



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107390353 A

(43)申请公布日 2017. 11. 24

(21)申请号 201710561371.0

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2013.10.22

G02B 15/14(2006.01)

(30)优先权数据

2012-233961 2012.10.23 JP

2012-233963 2012.10.23 JP

2012-233964 2012.10.23 JP

2012-233965 2012.10.23 JP

(62)分案原申请数据

201380055140.2 2013.10.22

(71)申请人 株式会社尼康

地址 日本东京

(72)发明人 小滨昭彦 山下雅史

(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 鲁山 孙志湧

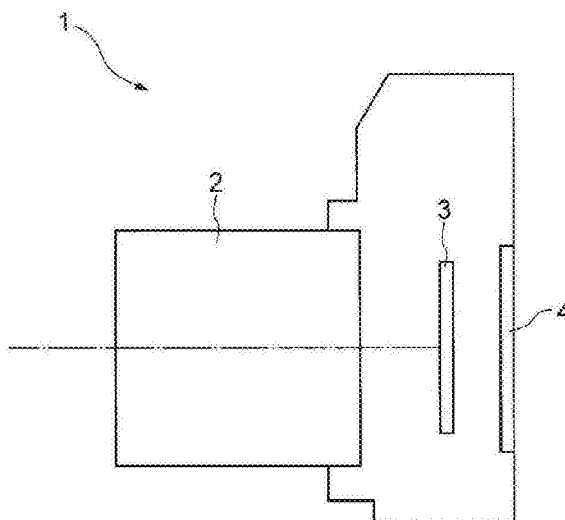
权利要求书1页 说明书59页 附图22页

(54)发明名称

变倍光学系统、光学装置

(57)摘要

提供了一种变倍光学系统、光学装置和制造变倍光学系统的方法。变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组(G1)、具有负屈光力的第二透镜组(G2)、孔径光阑(S)、具有正屈光力的第三透镜组(G3)和后透镜组(GR);在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使后透镜组(GR)移向物体侧,并且改变第一透镜组(G1)和第二透镜组(G2)之间的距离、第二透镜组(G2)和第三透镜组(G3)之间的距离,以及第三透镜组(G3)和后透镜组(GR)之间的距离;在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴的方向中,整体移动第三透镜组(G3);至少将后透镜组(GR)的一部分作为减振透镜组移动以在垂直于光轴的方向中具有分量。



1. 一种变倍光学系统,按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组;

所述第三透镜组包括通过正透镜与负透镜胶合构造的胶合透镜;

在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使所述后透镜组移向物体侧,并且改变所述第一透镜组和所述第二透镜组之间的距离、所述第二透镜组和所述第三透镜组之间的距离以及所述第三透镜组和所述后透镜组之间的距离;并且

在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴的方向中,整体移动所述第三透镜组。

2. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其中,满足下述条件式:

$$0.42 < f_3 / f_R < 0.80$$

其中, f_3 表示所述第三透镜组的焦距,以及 f_R 表示广角端状态中,所述后透镜组的焦距。

3. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其中,满足下述条件式:

$$5.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00$$

其中, f_1 表示所述第一透镜组的焦距,以及 f_2 表示所述第二透镜组的焦距。

4. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其中,满足下述条件式:

$$0.10 < (-f_2) / f_3 < 0.38$$

其中, f_2 表示所述第二透镜组的焦距,以及 f_3 表示所述第三透镜组的焦距。

5. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其中,所述第一透镜组具有满足下述条件式的负透镜:

$$1.90 < n_{d1}$$

其中, n_{d1} 表示所述第一透镜组中,所述负透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率。

6. 一种光学装置,具有根据权利要求1所述的变倍光学系统。

变倍光学系统、光学装置

[0001] 分案声明：

[0002] 本申请是申请日为2013年10月22日、发明名称为“变倍光学系统、光学装置和制造变倍光学系统的方法”、申请号为：201380055140.2的中国发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0003] 本发明涉及变倍光学系统、光学装置和制造变倍光学系统的方法。

背景技术

[0004] 例如，在日本专利申请公开No.2009-251114和日本专利申请公开No.2010-237455中，已经提出了一种适合于拍摄的相机、电子静态相机、视频摄像机等等的变倍光学系统。

[0005] 现有技术

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1：日本专利申请公开公报No.2009-251114

[0008] 专利文献2：日本专利申请公开公报No.2010-237455

发明内容

[0009] 本发明要解决的技术问题

[0010] 然而，在如上所述的现有的变倍光学系统中，存在不能实现良好校正像差的问题。

[0011] 鉴于上述问题，实现本发明，并且本发明的目的在于提供能实现良好光学性能的变倍光学系统、光学装置和制造该变倍光学系统的方法。

[0012] 技术方案

[0013] 为了解决上述问题，根据本发明的第一方面，提供一种变倍光学系统，按从物体侧的顺序，包括：具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组，和后透镜组；

[0014] 在从广角端状态变焦到远摄端状态时，至少使后透镜组移向物体侧，并且改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离以及第三透镜组和后透镜组之间的距离；

[0015] 在从无穷远物体聚焦到近距离物体时，在光轴的方向中，整体移动第三透镜组；

[0016] 后透镜组的至少一部分移动为减振透镜组来在垂直于光轴的方向中具有分量；以及

[0017] 减振透镜组具有负屈光力。

[0018] 此外，根据本发明的第二方面，提供具有根据本发明的第一方面的变倍光学系统的光学装置。

[0019] 此外，根据本发明的第三方面，提供一种变倍光学系统，按从物体侧的顺序，包括：具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、具有正屈光力的第三透镜组，和后透镜组；

[0020] 当从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使第一透镜组和后透镜组移向物体侧,并且改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离以及第三透镜组和第四透镜组之间的距离;

[0021] 在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴的方向中,整体移动第三透镜组;

[0022] 使后透镜组的至少一部分作为减振透镜组移动以在垂直于光轴的方向中具有分量;

[0023] 减振透镜组具有负屈光力;并且

[0024] 满足下述条件式:

[0025] $0.20 < (-f_{VR}) / f_3 < 1.20$

[0026] 其中, f_{VR} 表示减振透镜组的焦距,以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0027] 此外,根据本发明的第四方面,提供具有根据本发明的第三方面的变倍光学系统的光学装置。

[0028] 此外,根据本发明的第五方面,提供一种变倍光学系统,按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组;

[0029] 第三透镜组由通过正透镜与负透镜胶合构造的胶合透镜构成;

[0030] 在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使后透镜组移向物体侧,并且改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离以及第三透镜组和后透镜组之间的距离;并且

[0031] 在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴的方向中,整体移动第三透镜组。

[0032] 此外,根据本发明的第六方面,提供具有根据本发明的第五方面的变倍光学系统的光学装置。

[0033] 此外,根据本发明的第七方面,提供一种变倍光学系统,按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、具有正屈光力的第三透镜组和具有正屈光力的第四透镜组;

[0034] 在从广角端状态变焦到远摄端状态时,改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离,以及第三透镜组和第四透镜组之间的距离,以及

[0035] 该变倍光学系统具有满足下述条件式的至少一个透镜:

[0036] $1.928 < n_{dh}$

[0037] $28.60 < v_{dh}$

[0038] 其中, n_{dh} 表示透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率,以及 v_{dh} 表示透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的阿贝数。

[0039] 此外,根据本发明的第八方面,提供一种具有根据本发明的第七方面的变倍光学系统的光学装置。

[0040] 此外,根据本发明的第九方面,提供一种制造变倍光学系统的方法,该变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组;

[0041] 该方法包括下述步骤:

[0042] 构造成在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使后透镜组移向物体侧,并且

改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离以及第三透镜组和后透镜组之间的距离；

[0043] 构造成在从无穷远物体聚焦到近距离物体时，在光轴的方向中，整体移动第三透镜组；

[0044] 构造成后透镜组的至少一部分移动为减振透镜组以便在垂直于光轴的方向中具有分量；以及

[0045] 构造减振透镜组以具有负屈光力。

[0046] 根据本发明的第十方面，提供一种制造变倍光学系统的方法，该变倍光学系统按从物体侧的顺序，包括：具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、具有正屈光力的第三透镜组，和后透镜组；

[0047] 该方法包括下述步骤：

[0048] 构造成当从广角端状态变焦到远摄端状态时，至少使第一透镜组和后透镜组移向物体侧，并且改变第一透镜组和后透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离以及第三透镜组和后透镜组之间的距离；

[0049] 构造成在从无穷远物体聚焦到近距离物体时，在光轴的方向中，整体移动第三透镜组；

[0050] 构造成使后透镜组的至少一部分作为减振透镜组移动以在垂直于光轴的方向中具有分量；

[0051] 构造减振透镜组以具有负屈光力；并且

[0052] 构造第三透镜组和减振透镜组以满足下述条件式：

[0053] $0.20 < (-f_{VR}) / f_3 < 1.20$

[0054] 其中， f_{VR} 表示减振透镜组的焦距，以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0055] 此外，根据本发明的第十一方面，提供一种制造变倍光学系统的方法，该变倍光学系统按从物体侧的顺序，包括：具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组和具有正屈光力的后透镜组；

[0056] 该方法包括下述步骤：

[0057] 构造成第三透镜组由通过正透镜与负透镜胶合构造的胶合透镜构成；

[0058] 构造成在从广角端状态变焦到远摄端状态时，至少改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离以及第三透镜组和后透镜组之间的距离；并且

[0059] 构造成在从无穷远物体聚焦到近距离物体时，在光轴的方向中，整体移动第三透镜组。

[0060] 此外，根据本发明的第十二方面，提供一种变倍光学系统，该变倍光学系统按从物体侧的顺序，包括：具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、具有正屈光力的第三透镜组和具有正屈光力的第四透镜组；

[0061] 构造变倍光学系统以具有满足下述条件式的至少一个透镜：

[0062] $1.928 < n_{dh}$

[0063] $28.60 < v_{dh}$

[0064] 其中， n_{dh} 表示透镜的d线（波长 $\lambda = 587.6\text{nm}$ ）处的折射率，以及 v_{dh} 表示透镜的d线

(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的阿贝数;并且

[0065] 构造成在从广角端状态变焦到远摄端状态时,改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、改变第二透镜组和第三透镜组之间的距离,以及改变第三透镜组和第四透镜组之间的距离。

[0066] 本发明的效果

[0067] 根据本发明的第一至第六方面以及第九至第十一方面,提供具有高变倍比、小型且具有良好光学性能的变倍光学系统,光学装置和制造该变倍光学系统的方法。

[0068] 根据本发明的第七、第八和第十二方面,提供小型且具有良好光学性能的变倍光学系统、光学装置和制造该变倍光学系统的方法。

附图说明

[0069] 图1A、1B和1C是示出根据本申请的第一至第三实施例共通的第一示例的变倍光学系统的截面图,其中,图1A示出广角端状态的截面图,图1B示出中间焦距状态的截面图,以及图1C示出远摄端状态的截面图。

[0070] 图2A、2B和2C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第一示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图2A示出广角端状态的各种像差,图2B示出中间焦距状态的各种像差,以及图2C示出远摄端状态的各种像差。

[0071] 图3A和3B是示出在聚焦无穷远物体并且实施减振时,根据本申请的第一示例的变倍光学系统的子午横像差的图,其中,图3A表示广角端状态子午横像差,以及图3B表示远摄端状态子午横像差。

[0072] 图4A、4B和4C是示出根据本申请的第一至第三实施例共通的第二示例的变倍光学系统的截面图,其中,图4A示出广角端状态的截面图,图4B示出中间焦距状态的截面图,以及图4C示出远摄端状态的截面图。

[0073] 图5A、5B和5C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第二示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图5A示出广角端状态的各种像差,图5B示出中间焦距状态的各种像差,以及图5C示出远摄端状态的各种像差。

[0074] 图6A和6B是示出在聚焦无穷远物体并且实施减振时,根据本申请的第二示例的变倍光学系统的子午横像差的图,其中,图6A表示广角端状态子午横像差,以及图6B表示远摄端状态子午横像差。

[0075] 图7A、7B和7C是示出根据本申请的第一至第三实施例共通的第三示例的变倍光学系统的截面图,其中,图7A示出广角端状态的截面图,图7B示出中间焦距状态的截面图,以及图7C示出远摄端状态的截面图。

[0076] 图8A、8B和8C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第三示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图8A示出广角端状态的各种像差,图8B示出中间焦距状态的各种像差,以及图8C示出远摄端状态的各种像差。

[0077] 图9A和9B是示出在聚焦无穷远物体并且实施减振时,根据本申请的第三示例的变倍光学系统的子午横像差的图,其中,图9A表示广角端状态子午横像差,以及图9B表示远摄端状态子午横像差。

[0078] 图10A、10B和10C是示出根据本申请的第四实施例的第四示例的变倍光学系统的

截面图,其中,图10A示出广角端状态的截面图,图10B示出中间焦距状态的截面图,以及图10C示出远摄端状态的截面图。

[0079] 图11A、11B和11C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第四示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图11A示出广角端状态的各种像差,图11B示出中间焦距状态的各种像差,以及图11C示出远摄端状态的各种像差。

[0080] 图12A、12B和12C是示出根据本申请的第四实施例的第五示例的变倍光学系统的截面图,其中,图12A示出广角端状态的截面图,图12B示出中间焦距状态的截面图,以及图12C示出远摄端状态的截面图。

[0081] 图13A、13B和13C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第五示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图13A示出广角端状态的各种像差,图13B示出中间焦距状态的各种像差,以及图13C示出远摄端状态的各种像差。

[0082] 图14A、14B和14C是示出根据本申请的第四实施例的第六示例的变倍光学系统的截面图,其中,图14A示出广角端状态的截面图,图14B示出中间焦距状态的截面图,以及图14C示出远摄端状态的截面图。

[0083] 图15A、15B和15C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第六示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图15A示出广角端状态的各种像差,图15B示出中间焦距状态的各种像差,以及图15C示出远摄端状态的各种像差。

[0084] 图16A、16B和16C是示出根据本申请的第四实施例的第七示例的变倍光学系统的截面图,其中,图16A示出广角端状态的截面图,图16B示出中间焦距状态的截面图,以及图16C示出远摄端状态的截面图。

[0085] 图17A、17B和17C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第七示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图17A示出广角端状态的各种像差,图17B示出中间焦距状态的各种像差,以及图17C示出远摄端状态的各种像差。

[0086] 图18A、18B和18C是示出根据本申请的第四实施例的第八示例的变倍光学系统的截面图,其中,图18A示出广角端状态的截面图,图18B示出中间焦距状态的截面图,以及图18C示出远摄端状态的截面图。

[0087] 图19A、19B和19C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第八示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图19A示出广角端状态的各种像差,图19B示出中间焦距状态的各种像差,以及图19C示出远摄端状态的各种像差。

[0088] 图20是示出具有根据第一至第四实施例的变倍光学系统的相机的结构的视图。

[0089] 图21是示意性地说明制造根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的方法的流程图。

[0090] 图22是示意性地说明制造根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的方法的流程图。

[0091] 图23是示意性地说明制造根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的方法的流程图。

[0092] 图24是示意性地说明制造根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的方法的流程图。

具体实施方式

[0093] 在下文中,将说明根据本申请的第一实施例的变倍光学系统、光学装置和制造该变倍光学系统的方法。

[0094] 根据本申请的第一实施例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组;

[0095] 在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使后透镜组移向物体侧,以及改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离,以及第三透镜组和后透镜组之间的距离;

[0096] 在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴方向中,整体移动第三透镜组;

[0097] 至少后透镜组的一部分作为减振透镜组移动,使得在垂直于光轴的方向中具有分量;以及

[0098] 减振透镜组具有负屈光力。

[0099] 在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中,第三透镜组设置在孔径光阑附近,并且通过在光轴方向中,整体移动第三透镜组,执行从无穷远物体聚焦到近距离物体。由于这种结构,在聚焦近距离物体时,能抑制场曲的变化,因此,是优选的。

[0100] 在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中,至少后透镜组的一部分作为减振透镜组移动,在垂直于光轴的方向中具有分量,并且减振透镜组具有负屈光力。由于此结构,能实施相机抖动时导致的像模糊的校正,即减振。此外,能通过小型透镜组实施减振,因此,能使减振的机构小型化并且重量轻,由此,能使透镜筒小型化。这是优选的。

[0101] 由于上述结构,能实现具有高变倍比、小型化和具有良好光学性能的变倍光学系统。

[0102] 在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(1):

$$[0103] \quad 0.60 < f_1/f_3 < 2.60 \quad (1)$$

[0104] 其中, f_1 表示第一透镜组的焦距,以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0105] 条件式(1)定义相对于第三透镜组的焦距的第一透镜组的焦距。通过满足条件式(1),根据本申请的第一实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中,聚焦于近距离物体时的球面像差以及远摄端状态的球面像差。

[0106] 当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式(1)的 f_1/f_3 的值等于或大于上限时,第三透镜组的屈光力变大,并且在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时,变得难以校正球面像差。这不是优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(1)的上限值设定为2.50。

[0107] 另一方面,当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式(1)的 f_1/f_3 的值等于或小于下限时,第一透镜组的屈光力增加。由此,在远摄端状态中产生球面像差,因此,是不期望的。

[0108] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(1)的下限值设定为0.40。

[0109] 此外,在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(2):

[0110] $5.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00$ (2)

[0111] 其中, f_1 表示第一透镜组的焦距, 以及 f_2 表示第二透镜组的焦距。

[0112] 条件式 (2) 定义相对于第二透镜组的焦距的第一透镜组的焦距。通过满足条件式 (2), 根据本发明的第一实施例的变倍光学系统能极好地校正广角端状态中聚焦时的球面像差和远摄端状态的球面像差。

[0113] 当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式 (2) 的 $f_1 / (-f_2)$ 的值等于或大于上限时, 第二透镜组的屈光力变大, 变得难以校正广角端状态的场曲。这不是优选的。同时, 为了更确保本申请的有益效果, 优选将条件式 (2) 的上限值设定为 8.00。

[0114] 另一方面, 当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式 (2) 的 $f_1 / (-f_2)$ 的值等于或小于下限时, 第一透镜组的屈光力变大。由此, 在远摄端状态中产生球面像差, 因此是不期望的。

[0115] 同时, 为了更确保获得本申请的有益效果, 优选将条件式 (2) 的下限值设定为 6.00。

[0116] 此外, 在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中, 优选满足下述条件式 (3):

[0117] $0.20 < (-f_{VR}) / f_3 < 1.20$ (3)

[0118] 其中, f_{VR} 表示减振透镜组的焦距, 以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0119] 条件式 (3) 定义相对于第三透镜组的焦距的减振透镜组的焦距。通过满足条件式 (3), 根据本发明的第一实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中, 聚焦于近距离物体时的球面像差, 以及在实施减振时的偏心彗差。

[0120] 当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式 (3) 的 $(-f_{VR}) / f_3$ 的值等于或大于上限时, 第三透镜组的屈光力变大, 并且变得在远摄端状态中, 聚焦于近距离物体时, 难以校正球面像差。同时, 为了更确保获得本申请的有益效果, 优选将条件式 (3) 的上限值设定为 1.00。

[0121] 另一方面, 当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式 (3) 的 $(-f_{VR}) / f_3$ 的值等于或小于下限时, 减振透镜组的屈光力增加。因此, 在实施减振时产生偏心彗差, 这是不期望的。同时, 为了更确保获得本申请的有益效果, 优选将条件式 (3) 的下限值设定为 0.40。

[0122] 此外, 在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中, 优选满足下述条件式 (4):

[0123] $0.10 < (-f_2) / f_3 < 0.38$ (4)

[0124] 其中, f_2 表示第二透镜组的焦距, 以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0125] 条件式 (4) 定义相对于第三透镜组的焦距的第二透镜组的焦距。根据本发明的第一实施例的变倍光学系统能通过满足条件式 (4), 良好地校正远摄端状态中, 聚焦于近距离物体时的球面像差, 以及广角端状态中的场曲。

[0126] 当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式 (4) 的 $(-f_2) / f_3$ 的值等于或大于上限时, 第三透镜组的屈光力变大, 并且在远摄端状态中, 聚焦于近距离物体时, 变得难以校正球面像差。这不是优选的。同时, 为了更确保获得本申请的有益效果, 优选将条件式 (4) 的上限值设定为 0.36。

[0127] 另一方面, 当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式 (4) 的 $(-f_2) / f_3$ 的值等于或小于下限时, 第二透镜组的屈光力增加。由此, 变得难以校正广角端状态中的场

曲,因此是不期望的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(4)的下限值设定为0.15。

[0128] 在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(5):

$$[0129] \quad 0.42 < f_3/f_R < 0.80 \quad (5)$$

[0130] 其中, f_3 表示第三透镜组的焦距,以及 f_R 表示广角端状态中,后透镜组的焦距。

[0131] 条件式(5)定义相对于第三透镜组的焦距的广角端状态中的后透镜组的焦距。顺便提一下,在后透镜组由多个透镜组构成的情况下, f_R 表示多个透镜组的合成焦距。通过满足条件式(5),根据本发明的第一实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中,聚焦于近距离物体时的球面像差,以及在实施减振时的偏心彗差。

[0132] 当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式(5)的 f_3/f_R 的值等于或大于上限时,第三透镜组的屈光力变大,因此,在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时,变得难以校正球面像差。这不是优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(5)的上限值设定为1.00。

[0133] 另一方面,当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式(5)的 f_3/f_R 的值等于或小于下限时,在实施减振时,产生偏心彗差,这不是优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(5)的下限值设定为0.40。

[0134] 此外,在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中,优选减振透镜组由通过正透镜与负透镜胶合构造的胶合透镜构成。通过该结构,能极好地校正在实施减振时产生的偏心彗差。

[0135] 在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中,优选第一透镜组具有满足下述条件式(6)的负透镜:

$$[0136] \quad 1.90 < n_{d1} \quad (6)$$

[0137] 其中, n_{d1} 表示第一透镜组中,负透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率。

[0138] 条件式(6)定义第一透镜组中的负透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率。通过满足条件式(6),根据本申请的第一实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中的球面像差。

[0139] 当根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的条件式(6)的 n_{d1} 的值等于或小于下限时,变得难以校正远摄端状态中的球面像差,因此是不期望的。

[0140] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(6)的下限值设定为1.92。

[0141] 此外,在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中,优选在从广角端状态变焦到远摄端状态时,在光轴方向中移动第二透镜组。通过采用这种结构,能极好地校正场曲。

[0142] 此外,在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中,优选在从广角端状态变焦到远摄端状态时,在光轴的方向中移动第三透镜组。通过采用这种结构,能极好地校正球面像差。

[0143] 此外,在根据本申请的第一实施例的变倍光学系统中,优选,在从广角端状态变焦到远摄端状态时,在光轴的方向中移动第一透镜组。通过采用这种结构,能获得更高变倍比。

[0144] 本申请的光学装置的特征在于提供具有上述结构的根据本申请的第一实施例的

变倍光学系统。由于此,能实现具有高变倍比、小型化和具有极好光学性能的光学装置。

[0145] 制造根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的方法是制造变倍光学系统的方法,该变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组;

[0146] 该方法的特征在于,包括下述步骤:

[0147] 构造成在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使后透镜组移向物体侧,并且改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离以及第三透镜组和后透镜组之间的距离;

[0148] 构造成在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴方向中,整体移动第三透镜组;

[0149] 构造成移动后透镜组的至少一部分,作为减振透镜组,使得在垂直于光轴的方向中具有分量;以及

[0150] 构造减振透镜组以具有负屈光力。

[0151] 通过该方法,可以制造具有高变倍比、小型化并且具有极好光学性能的变倍光学系统。

[0152] 接着,在下文中,说明根据本申请的第二实施例的变倍光学系统、光学装置和制造该变倍光学系统的方法。

[0153] 根据本申请的第二实施例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组;

[0154] 在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使第一透镜组和后透镜组移向物体侧,以及改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离,以及第三透镜组和后透镜组之间的距离;

[0155] 在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴方向中,整体移动第三透镜组;

[0156] 至少后透镜组的一部分作为减振透镜组移动,以便在垂直于光轴的方向中具有分量;以及

[0157] 减振透镜组具有负屈光力;以及

[0158] 满足下述条件式(3):

$$[0159] \quad 0.20 < (-f_{VR}) / f_3 < 1.20 \quad (3)$$

[0160] 其中, f_{VR} 表示减振透镜组的焦距,以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0161] 在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴的方向中整体移动第三透镜组。由于这种结构,能优选地抑制聚焦于近距离物体时的场曲的变化。

[0162] 在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,至少为后透镜组的一部分的部分作为减振透镜组移动,以便在垂直于光轴的方向中具有分量,并且减振透镜组具有负屈光力。由于这种结构,能校正相机抖动时的图像模糊,即会影响减振。更进一步,由于通过小型化透镜组,实施减振,能小型化减振机构并且使得重量轻,因此,能更好地小型化透镜筒。

[0163] 条件式(3)定义相对于第三透镜组的焦距的减振透镜组的焦距。根据本申请的第二实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中,聚焦于近距离物体时的球面像差,以及在实施减振时的偏心彗差。

[0164] 当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(3)的 $(-f_{VR})/f_3$ 的值等于或大于上限时,第三透镜组的屈光力变大,并且变得在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时,难以校正球面像差。这不是优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(3)的上限值设定为1.00。

[0165] 另一方面,当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(3)的 $(-f_{VR})/f_3$ 的值等于或小于下限时,减振透镜组的屈光力增加。因此,在实施减振时产生偏心彗差,因此,是不期望的。

[0166] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(3)的下限值设定为0.40。

[0167] 由于上述结构,能实现具有高变倍比、小型化和具有极好光学性能的变倍光学系统。

[0168] 此外,在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(4):

$$[0169] \quad 0.10 < (-f_2)/f_3 < 0.38 \quad (4)$$

[0170] 其中, f_2 表示第二透镜组的焦距,以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0171] 条件式(4)定义相对于第三透镜组的焦距的第二透镜组的焦距。根据本申请的第二实施例的变倍光学系统能良好地校正在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时的球面像差,以及广角端状态中的场曲。

[0172] 当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(4)的 $(-f_2)/f_3$ 的值等于或大于上限时,第三透镜组的屈光力变大,并且在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时,变得难以校正球面像差。这不是优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(4)的上限值设定为0.36。

[0173] 另一方面,当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(4)的 $(-f_2)/f_3$ 的值等于或小于下限时,第二透镜组的屈光力增加。由此,变得难以校正广角端状态中的场曲,因此是不期望的。

[0174] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(4)的下限值设定为0.15。

[0175] 在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(1):

$$[0176] \quad 0.60 < f_1/f_3 < 2.60 \quad (1)$$

[0177] 其中, f_1 表示第一透镜组的焦距,以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0178] 条件式(1)定义相对于第三透镜组的焦距的第一透镜组的焦距。通过满足条件式(1),根据本申请的第二实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中,聚焦于近距离物体时的球面像差以及远摄端状态的球面像差。

[0179] 当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(1)的 f_1/f_3 的值等于或大于上限时,第三透镜组的屈光力变大,并且在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时,变得难以校正球面像差。这不是优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(1)的上限值设定为2.50。

[0180] 另一方面,当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(1)的 f_1/f_3 的值等于或小于下限时,第一透镜组的屈光力增加。由此,在远摄端状态中产生球面像差,因此,是不期望的。

[0181] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(1)的下限值设定为0.40。

[0182] 此外,在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(2):

$$[0183] \quad 5.00 < f1/(-f2) < 10.00 \quad (2)$$

[0184] 其中, $f1$ 表示第一透镜组的焦距,以及 $f2$ 表示第二透镜组的焦距。

[0185] 条件式(2)定义相对于第二透镜组的焦距的第一透镜组的焦距。通过满足条件式(2),根据本申请的第二实施例的变倍光学系统能极好地校正广角端状态中的场曲和远摄端状态的球面像差。

[0186] 当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(2)的 $f1/(-f2)$ 的值等于或大于上限时,第二透镜组的屈光力变大,因此,变得难以校正广角端状态的场曲。这不是优选的。同时,为了确保本申请的有益效果,优选将条件式(2)的上限值设定为8.00。

[0187] 另一方面,当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(2)的 $f1/(-f2)$ 的值等于或小于下限时,第一透镜组的屈光力变大。由此,在远摄端状态中产生球面像差,因此是不期望的。

[0188] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(2)的下限值设定为6.00。

[0189] 在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(5):

$$[0190] \quad 0.42 < f3/fR < 0.80 \quad (5)$$

[0191] 其中, $f3$ 表示第三透镜组的焦距,以及 fR 表示广角端状态中,后透镜组的焦距。

[0192] 条件式(5)定义相对于第三透镜组的焦距的广角端状态中的后透镜组的焦距。顺便提一下,在后透镜组由多个透镜组构成的情况下, fR 表示多个透镜组的合成焦距。通过满足条件式(5),根据本申请的第二实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中,聚焦于近距离物体时的球面像差,以及在实施减振时的偏心彗差。

[0193] 当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(5)的 $f3/fR$ 的值等于或大于上限时,第三透镜组的屈光力变大,因此,在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时,变得难以校正球面像差。这不是优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(5)的上限值设定为1.00。

[0194] 另一方面,当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(5)的 $f3/fR$ 的值等于或小于下限时,后透镜组的屈光力变大。由于此,在实施减振时,产生偏心彗差,因此是不优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(5)的下限值设定为0.40。

[0195] 此外,在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,优选减振透镜组由通过正透镜与负透镜胶合构造的胶合透镜构成。通过该结构,能极好地校正在实施减振时产生的偏心彗差。

[0196] 在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,优选第一透镜组具有满足下述条件式(6)的负透镜:

$$[0197] \quad 1.90 < nd1 \quad (6)$$

[0198] 其中, $nd1$ 表示第一透镜组中,负透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率。

[0199] 条件式(6)定义第一透镜组中的负透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率。通过

满足条件式(6),根据本申请的第二实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中的球面像差。

[0200] 当根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的条件式(6)的 $nd1$ 的值等于或小于下限时,变得难以校正远摄端状态中的球面像差,因此是不期望的。

[0201] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(6)的下限值设定为1.92。

[0202] 此外,在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,优选在从广角端状态变焦到远摄端状态时,在光轴方向中移动第二透镜组。通过采用这种结构,能极好地校正场曲。

[0203] 此外,在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,优选在从广角端状态变焦到远摄端状态时,在光轴的方向中移动第三透镜组。通过采用这种结构,能极好地校正球面像差。

[0204] 此外,在根据本申请的第二实施例的变倍光学系统中,优选,在从广角端状态变焦到远摄端状态时,在光轴的方向中移动第一透镜组。通过采用这种结构,能获得更高变倍比。

[0205] 本申请的光学装置的特征在于提供具有上述结构的根据本申请的第二实施例的变倍光学系统。由于此,能实现具有高变倍比、小型化和具有极好光学性能的光学装置。

[0206] 制造根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的方法是制造变倍光学系统的方法,该变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组;

[0207] 其特征在于,包括下述步骤:

[0208] 构造成在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使第一透镜组和后透镜组移向物体侧,并且改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离以及第三透镜组和后透镜组之间的距离;

[0209] 构造成在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴方向中,整体移动第三透镜组;

[0210] 构造成移动后透镜组的至少一部分,作为减振透镜组,使得在垂直于光轴的方向中具有分量;以及

[0211] 构造减振透镜组以具有负屈光力;以及

[0212] 构造成第三透镜组和减振透镜组满足下述条件式(3):

[0213] $0.20 < (-f_{VR}) / f_3 < 1.20$ (3)

[0214] 其中, f_{VR} 表示减振透镜组的焦距,以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0215] 通过该方法,可以制造具有高变倍比、小型化并且具有极好光学性能的变倍光学系统。

[0216] 接着,在下文中,说明根据本申请的第三实施例的变倍光学系统、光学装置和制造该变倍光学系统的方法。

[0217] 根据本申请的第三实施例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组;第三透镜组由通过正透镜与负透镜胶合构造的胶合透镜构成;

[0218] 在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使后透镜组移向物体侧,以及改变第

一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离,以及第三透镜组和后透镜组之间的距离;以及

[0219] 在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴方向中,整体移动第三透镜组。

[0220] 在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,通过在光轴方向中,整体移动设置在孔径光阑附近的第三透镜组,执行从无穷远物体聚焦到近距离物体。由于这种结构,能良好地抑制聚焦于近距离物体时的场曲变化。此外,第三透镜组由通过正透镜与负透镜胶合构造的胶合透镜构成,由此,能抑制聚焦于近距离物体时的球面像差的变化和纵向色差的变化,因此是优选的。

[0221] 通过这种结构,能实现具有高变倍比、小型化和具有良好光学性能的变倍光学系统。

[0222] 在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(5):

$$[0223] \quad 0.42 < f_3 / f_R < 0.80 \quad (5)$$

[0224] 其中, f_3 表示第三透镜组的焦距,以及 f_R 表示广角端状态中,后透镜组的焦距。

[0225] 条件式(5)定义相对于第三透镜组的焦距的广角端状态中的后透镜组的焦距。顺便提一下,在后透镜组由多个透镜组构成的情况下, f_R 表示多个透镜组的合成焦距。通过满足条件式(5),根据本发明的第三实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中,聚焦于近距离物体时的球面像差。此外,在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统被配置成执行减振的情况下,可以极好地校正实施减振时的偏心彗差。

[0226] 当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(5)的 f_3 / f_R 的值等于或大于上限时,第三透镜组的屈光力变大,因此,在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时,变得难以校正球面像差。这不是优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(5)的上限值设定为1.00。

[0227] 另一方面,当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(5)的 f_3 / f_R 的值等于或小于下限时,后透镜组的屈光力变大。由于此,在根据本发明的第三实施例的变倍光学系统被配置成实施减振的情况下,在实施减振时,产生偏心彗差,因此是不优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(5)的下限值设定为0.40。

[0228] 此外,在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(2):

$$[0229] \quad 5.00 < f_1 / (-f_2) < 10.00 \quad (2)$$

[0230] 其中, f_1 表示第一透镜组的焦距,以及 f_2 表示第二透镜组的焦距。

[0231] 条件式(2)定义相对于第二透镜组的焦距的第一透镜组的焦距。通过满足条件式(2),根据本申请的第三实施例的变倍光学系统能极好地校正广角端状态的场曲和远摄端状态的球面像差。

[0232] 当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(2)的 $f_1 / (-f_2)$ 的值等于或大于上限时,第二透镜组的屈光力变大,变得难以校正广角端状态的场曲。这不是优选的。同时,为了确保本申请的有益效果,优选将条件式(2)的上限值设定为8.00。

[0233] 另一方面,当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(2)的 $f_1 / (-f_2)$ 的值等于或小于下限时,第一透镜组的屈光力变大。由此,在远摄端状态中产生球面像差,因此是不期望的。

[0234] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(2)的下限值设定为

6.00。

[0235] 在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(1):

$$[0236] \quad 0.60 < f1/f3 < 2.60 \quad (1)$$

[0237] 其中,f1表示第一透镜组的焦距,以及f3表示第三透镜组的焦距。

[0238] 条件式(1)定义相对于第三透镜组的焦距的第一透镜组的焦距。通过满足条件式(1),根据本发明的第三实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中,聚焦于近距离物体时的球面像差以及远摄端状态的球面像差。

[0239] 当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(1)的f1/f3的值等于或大于上限时,第三透镜组的屈光力变大,并且在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时,变得难以校正球面像差。这不是优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(1)的上限值设定为2.50。

[0240] 另一方面,当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(1)的f1/f3的值等于或小于下限时,第一透镜组的屈光力增加。由此,在远摄端状态中产生球面像差,因此,是不期望的。

[0241] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(1)的下限值设定为0.40。

[0242] 此外,在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(4):

$$[0243] \quad 0.10 < (-f2)/f3 < 0.38 \quad (4)$$

[0244] 其中,f2表示第二透镜组的焦距,以及f3表示第三透镜组的焦距。

[0245] 条件式(4)定义相对于第三透镜组的焦距的第二透镜组的焦距。根据本发明的第三实施例的变倍光学系统能通过满足条件式(4),良好地校正远摄端状态中,聚焦于近距离物体时的球面像差,以及广角端状态中的场曲。

[0246] 当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(4)的(-f2)/f3的值等于或大于上限时,第三透镜组的屈光力变大,并且在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时,变得难以校正球面像差。这不是优选的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(4)的上限值设定为0.36。

[0247] 另一方面,当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(4)的(-f2)/f3的值等于或小于下限时,第二透镜组的屈光力增加。由此,变得难以校正广角端状态中的场曲,因此是不期望的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(4)的下限值设定为0.15。

[0248] 在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选第一透镜组具有满足下述条件式(6)的负透镜:

$$[0249] \quad 1.90 < nd1 \quad (6)$$

[0250] 其中,nd1表示第一透镜组中,负透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率。

[0251] 条件式(6)定义第一透镜组中的负透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率。通过满足条件式(6),根据本申请的第三实施例的变倍光学系统能极好地校正远摄端状态中的球面像差。

[0252] 当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(6)的nd1的值等于或小于下限时,变得难以校正远摄端状态中的球面像差,因此是不期望的。

[0253] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(6)的下限值设定为1.92。

[0254] 此外,在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选,移动作为后透镜组的至少一部分的透镜以便在垂直于光轴的方向中具有分量,并且减振透镜具有负屈光力。通过这种结构,可以校正相机抖动时产生的图像模糊,即,实施减振。此外,能通过具有小直径的透镜组,实施减振,因此,能小型化减振机构,并且重量轻。由此,能小型化透镜筒。这是优选的。

[0255] 此外,在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选减振透镜组由通过正透镜和负透镜构造的胶合透镜构成。由于这种结构,能良好地校正在实施减振时的偏心彗差。

[0256] 此外,在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(3):

$$[0257] \quad 0.20 < (-f_{VR}) / f_3 < 1.20 \quad (3)$$

[0258] 其中, f_{VR} 表示减振透镜组的焦距,以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0259] 条件式(3)定义相对于第三透镜组的焦距的减振透镜组的焦距。通过满足条件式(3),根据本发明的第三实施例的变倍光学系统能极好地校正在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时的球面像差,以及在实施减振时的偏心彗差。

[0260] 当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(3)的 $(-f_{VR}) / f_3$ 的值等于或大于上限时,第三透镜组的屈光力变大,并且变得在远摄端状态中,聚焦于近距离物体时,难以校正球面像差。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(3)的上限值设定为1.00。

[0261] 另一方面,当根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的条件式(3)的 $(-f_{VR}) / f_3$ 的值等于或小于下限时,减振透镜组的屈光力增加。因此,在实施减振时产生偏心彗差,因此,是不期望的。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(3)的下限值设定为0.40。

[0262] 此外,在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选在从广角端状态变焦到远摄端状态时,在光轴方向中移动第二透镜组。通过采用这种结构,能极好地校正场曲。

[0263] 此外,在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选在从广角端状态变焦到远摄端状态时,在光轴的方向中移动第三透镜组。通过采用这种结构,能极好地校正球面像差。

[0264] 此外,在根据本申请的第三实施例的变倍光学系统中,优选,在从广角端状态变焦到远摄端状态时,在光轴的方向中移动第一透镜组。通过采用这种结构,能获得更高变倍比。

[0265] 本申请的光学装置的特征在于提供具有上述结构的根据本申请的第三实施例的变倍光学系统。由于此,能实现具有高变倍比、小型化和具有极好光学性能的光学装置。

[0266] 制造根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的方法是制造变倍光学系统的方法,该变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组,并且其特征在于包括下述步骤:

[0267] 构造成第三透镜组由通过正透镜与负透镜胶合构造的胶合透镜构成;

[0268] 构造成在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使后透镜组移向物体侧,并且改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离以及第三透镜组和后透镜组之间的距离;

[0269] 构造成在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴方向中,整体移动第三透镜组。

[0270] 通过该方法,可以制造具有高变倍比、小型化并且具有极好光学性能的变倍光学系统。

[0271] 在下文中,将说明根据本申请的第四实施例的变倍光学系统、光学装置和制造该变倍光学系统的方法。

[0272] 根据本申请的第四实施例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、具有正屈光力的第三透镜组和具有正屈光力的第四透镜组;

[0273] 在从广角端状态变焦到远摄端状态时,改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离以及第三透镜组和第四透镜组之间的距离。

[0274] 通过这种结构,根据本申请的第四实施例的变倍光学系统能实现从广角端状态变焦到远摄端状态,并且能抑制在变焦时引起的畸变的变化。

[0275] 此外,根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的特征在于具有满足下述条件式(7)和(8)的至少一个透镜:

[0276] $1.928 < n_{dh}$ (7)

[0277] $28.60 < v_{dh}$ (8)

[0278] 其中, n_{dh} 表示透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率,以及 v_{dh} 表示透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的阿贝数。

[0279] 条件式(7)定义透镜的最佳折射率。通过满足条件式(7),根据本申请的第四实施例的变倍光学系统能抑制变焦时球面像差的变化以及像散的变化,同时小型化。

[0280] 当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(7)的 n_{dh} 的值等于或小于下限时,变得在变焦时,难以抑制球面像差的变化和像散的变化,因此,不能实现高光学性能。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(7)的下限值设定为1.940。

[0281] 为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(7)的上限值设定为2.800。如果使 n_{dh} 的值小于2.800,针对透镜的材料,可以充分地确保可见光线的透射比。

[0282] 条件式(8)定义透镜的最佳阿贝数。通过满足条件式(8),根据本申请的第四实施例的变倍光学系统能在变焦时,抑制纵向色差的变化和横向色差的变化,同时小型化。

[0283] 当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(8)的 v_{dh} 的值等于或小于下限时,在变焦时,变得难以抑制纵向色差的变化和横向色差的变化,因此,不能实现高光学性能。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(8)的下限值设定为29.00。为了确保获得本申请的有益效果,进一步将条件式(8)的下限值设定为32.00。

[0284] 为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(8)的上限值设定为50.00。如果使 v_{dh} 的值小于50.00,可以在变焦时,抑制除在所述透镜外的其他透镜处产生的纵向色差的和横向色差的变化,因此,能实现高光学性能。

[0285] 由于上述结构,能实现小型化并且具有高光学性能的变倍光学系统。

[0286] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第一透镜组具有至少一个所述透镜。通过这种结构,可以抑制在变焦时,在第一透镜组处产生的球面像差、像散、纵向色差和横向色差的各自的变化。

[0287] 此外,在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(9):

$$[0288] \quad 5.50 < f1/(-f2) < 15.00 \quad (9)$$

[0289] 其中, $f1$ 表示第一透镜组的焦距,以及 $f2$ 表示第二透镜组的焦距。

[0290] 条件式(9)定义相对于第二透镜组的焦距的第一透镜组的焦距。通过满足条件式(9),根据本发明的第四实施例的变倍光学系统能在变焦时,抑制像散的变化,同时保持高变倍比。

[0291] 当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(9)的 $f1/(-f2)$ 的值等于或小于下限时,在广角端状态中,产生大的像散,使得变得不可能获得高光学性能。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(9)的下限值设定为5.90。

[0292] 另一方面,当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(9)的 $f1/(-f2)$ 的值等于或大于上限时,变得在变焦时,难以抑制在第二透镜组处产生的像散的变化。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(9)的上限值设定为11.50。此外,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(9)的上限值设定为10.20。

[0293] 由于上述结构,能够实现小型化并且具有高光学性能的变倍光学系统。

[0294] 此外,在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选满足下述条件式(10):

$$[0295] \quad 0.220 < (-f2)/f3 < 0.530 \quad (10)$$

[0296] 其中, $f2$ 表示第二透镜组的焦距,以及 $f3$ 表示第三透镜组的焦距。

[0297] 条件式(10)定义第二透镜组的焦距与第三透镜组的焦距的比的适当范围。根据本申请的第四实施例的变倍光学系统能通过满足条件式(10),在变焦时,抑制球面像差的变化和像散的变化,同时保持高变倍比。

[0298] 当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(10)的 $(-f2)/f3$ 的值等于或小于下限时,在变焦时,变得难以抑制在第二透镜组处产生的像散的变化。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(10)的下限值设定为0.270。

[0299] 另一方面,当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(10)的 $(-f2)/f3$ 的值等于或大于上限时,变得难以抑制在变焦时,在第三透镜组处产生的球面像差的变化。同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(10)的上限值设定为0.490。此外,优选将条件式(10)的上限值设定为0.450。

[0300] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第一透镜组具有满足下述条件式(11)的至少一个透镜:

$$[0301] \quad 0.450 < |fh/f1| < 1.400 \quad (11)$$

[0302] 其中, fh 表示第一透镜组中的透镜的焦距,以及 $f1$ 表示第一透镜组的焦距。

[0303] 条件式(11)定义第一透镜组中的所述透镜的适当焦距范围。同时,当所述透镜与其他透镜胶合时, fh 表示所述透镜本身的焦距。在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第一透镜组具有至少一个所述透镜。根据本申请的第四实施例的变倍光学系统能通过满足条件式(11),抑制在变焦时产生的球面像差、像散、纵向色差和横向色差的各自的变化。

[0304] 其中,关于条件式(11),将单独地说明所述透镜具有正屈光力和所述透镜具有负屈光力的情形。

[0305] 在所述透镜具有正屈光力的情况下,当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(11)的 $|f_h/f_1|$ 的值等于或小于下限时,变得难以抑制在变焦时,在所述透镜处产生的纵向色差的变化和横向色差的变化,使得不能实现高光学性能。另一方面,当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(11)的 $|f_h/f_1|$ 的值等于或大于上限时,变得难以抑制在远摄端状态中,在第二透镜组处产生的正球面像差,由此变得不可能实现高光学性能。

[0306] 在所述透镜具有负屈光力的情况下,当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(11)的 $|f_h/f_1|$ 的值等于或小于下限时,变得难以抑制变焦时,在所述透镜处产生的像散的变化,使得不能实现高光学性能。另一方面,当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(11)的 $|f_h/f_1|$ 的值等于或大于上限时,变得难以抑制变焦时,在除所述透镜外的其他透镜处产生的纵向色差的变化和横向色差的变化,因此,不能实现高光学性能。

[0307] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(11)的下限值设定为0.620。进一步,优选将条件式(11)的上限值设定为1.290。

[0308] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第四透镜组具有至少一个所述透镜。通过该结构,可以抑制在从广角端状态变焦到远摄端状态时,在第四透镜组处产生的球面像差、像散、纵向色差和横向色差的各自的变化。

[0309] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第二透镜组具有至少一个所述透镜。通过该结构,可以抑制在从广角端状态变焦到远摄端状态时,变焦时在第二透镜组处产生的球面像差、像散、纵向色差和横向色差的各自的变化。

[0310] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第三透镜组具有至少一个所述透镜。通过该结构,可以抑制在从广角端状态变焦到远摄端状态时,变焦时在第三透镜组处产生的球面像差、像散、纵向色差和横向色差的各自的变化。

[0311] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第一透镜组包含具有负屈光力的至少一个所述透镜。通过该结构,可以抑制变焦时,在第一透镜组处产生的像散的变化、球面像差的变化、纵向色差,尤其是二次色差的变化,由此变得有可能实现高光学性能。

[0312] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第四透镜组包含具有负屈光力的至少一个所述透镜。通过该结构,可以抑制在变焦时,在第四透镜组处产生的像散的变化、球面像差的变化和纵向色差,由此变得可以实现高光学性能。

[0313] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第四透镜组具有满足下述条件式(12)的至少一个所述透镜:

$$[0314] \quad 31.60 < v_{dh4} \quad (12)$$

[0315] 其中, v_{dh4} 表示第四透镜组中的所述透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的阿贝数。

[0316] 条件式(12)定义第四透镜组中的所述透镜的阿贝数。通过满足条件式(12),根据本申请的第四实施例的变倍光学系统能抑制纵向色差和横向色差。

[0317] 当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(12)的 v_{dh4} 的值等于或小于下限时,变得难以抑制在除所述透镜外的其他透镜处产生的纵向色差和横向色差,使得不能实现高光学性能。

[0318] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第二透镜组包含具有负屈光力的至少一个所述透镜。通过该结构,可以抑制在第二透镜组处产生的纵向色差的变化、横向色差,尤其是二次色差,由此变得可以实现高光学性能。

[0319] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第三透镜组具有至少一个所述透镜,具有负屈光力。通过该结构,可以抑制在第三透镜组处产生的纵向色差,尤其是二次色差,由此变得可以实现高光学性能。

[0320] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第一透镜组具有满足下述条件式(13)的至少一个正透镜:

$$[0321] \quad 75.00 < v_{dp1} \quad (13)$$

[0322] 其中, v_{dp1} 表示第一透镜组中的所述正透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的阿贝数。

[0323] 条件式(13)定义第一透镜组中的所述正透镜的最佳阿贝数。通过满足条件式(13),根据本申请的第四实施例的变倍光学系统能抑制变焦时的纵向色差的变化和横向色差的变化。

[0324] 当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(13)的 v_{dp1} 的值等于或小于下限时,变得难以抑制变焦时的纵向色差的变化和横向色差的变化,使得不能实现高光学性能。

[0325] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(13)的上限值设定为99.00。如果根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(13)的 v_{dp1} 的值小于99.00,可以抑制变焦时,在除所述正透镜外的其他透镜处产生的纵向色差的变化和横向色差的变化,因此,能实现高光学性能。

[0326] 在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选第四透镜组具有满足下述条件式(14)的正透镜:

$$[0327] \quad 75.00 < v_{dp4} \quad (14)$$

[0328] 其中, v_{dp4} 表示在第四透镜组中的所述正透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的阿贝数。

[0329] 条件式(14)定义第四透镜组中的所述正透镜的最佳阿贝数。通过满足条件式(14),根据本申请的第四实施例的变倍光学系统能抑制变焦时的纵向色差的变化和横向色差的变化。

[0330] 当根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(14)的 v_{dp4} 的值等于或小于下限时,变得难以抑制变焦时的纵向色差的变化,使得不能实现高光学性能。

[0331] 同时,为了确保获得本申请的有益效果,优选将条件式(14)的上限值设定为99.00。如果根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的条件式(14)中的 v_{dp4} 的值小于99.00,可以抑制在除所述正透镜外的其他透镜处产生的纵向色差的变化,因此能实现高光学性能。

[0332] 此外,在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选在从广角端状态变焦到远摄端状态时,第一透镜组和第二透镜组之间的距离增加。通过该结构,能使第一透镜组的焦距和第二透镜组的焦距适当。同时,能抑制在每一透镜处产生的球面像差和像散,以及能抑制变焦时的球面像差的变化和像散的变化。

[0333] 此外,在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选在从广角端状态变焦

到远摄端状态时,第二透镜组和第三透镜组之间的距离减小。通过该结构,能使第二透镜组的焦距和第三透镜组的焦距适当。同时,能抑制在每一透镜处产生的球面像差和像散,以及能抑制变焦时的球面像差的变化和像散的变化。

[0334] 此外,在根据本申请的第四实施例的变倍光学系统中,优选在从广角端状态变焦到远摄端状态时,第三透镜组和第四透镜组之间的距离增加。通过该结构,能抑制变焦时,在第三透镜组和第四透镜组处产生的球面像差的变化和像散的变化。

[0335] 本申请的光学装置的特征在于提供具有上述结构的、根据本申请的第四实施例的变倍光学系统。由于此,能实现小型化并且具有高光学性能的光学装置。

[0336] 制造根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的方法是一种制造变倍光学系统的方法,该变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、具有正屈光力的第三透镜组和具有正屈光力的第四透镜组,并且其特征在于,包括下述步骤:

[0337] 构成满足下述条件式(7)和(8)的至少一个透镜:

[0338] $1.928 < n_{dh}$ (7)

[0339] $28.60 < v_{dh}$ (8)

[0340] 其中, n_{dh} 表示所述透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率,以及 v_{dh} 表示所述透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的阿贝数;以及

[0341] 构造成在从广角端状态变焦到远摄端状态时,改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离和第三透镜组和第四透镜组之间的距离。

[0342] 通过这种结构,可以制造小型化并且具有高光学性能的变倍光学系统。

[0343] 在下文中,将参考附图,说明与根据本申请的第一至第三实施例的数值示例有关的变倍光学系统。同时,第一至第三示例对所有第一至第三实施例均是共通的。

[0344] (第一示例)

[0345] 图1A、1B和1C是示出根据本申请的第一至第三实施例共通的第一示例的变倍光学系统的截面图,其中,图1A示出广角端状态的截面图,图1B示出中间焦距状态的截面图,以及图1C示出远摄端状态的截面图。

[0346] 根据本示例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一透镜组G1、具有负屈光力的第二透镜组G2、具有正屈光力的第三透镜组G3和具有正屈光力的后透镜组GR构成。后透镜组GR按从物体侧的顺序,由具有负屈光力的第四透镜组G4和具有正屈光力的第五透镜组G5构成。

[0347] 第一透镜组G1按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L11与双凸正透镜L12胶合构造的胶合透镜,以及具有面向物体侧的凸表面的正弯月透镜L13组成。

[0348] 第二透镜组G2按从物体侧的顺序,由具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L21、双凹负透镜L22、双凸正透镜L23和具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L24组成。第二透镜组G2中的最物体侧负弯月透镜L21是非球面成形其物体侧透镜表面的非球面透镜。

[0349] 第三透镜组G3按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L31与双凸正透镜L32胶合构造的胶合透镜组成。孔径光阑S设置在第三透镜组G3的物体侧。

[0350] 第四透镜组G4按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一部分透镜组G41和具有

负屈光力的第二部分透镜组G42组成。

[0351] 第一部分透镜组G41按从物体侧的顺序,由通过双凸正透镜L41与具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L42胶合构造的胶合透镜组成。

[0352] 第二部分透镜组G42按从物体侧的顺序,由通过双凹负透镜L43与具有面向物体侧的凸表面的正弯月透镜L44胶合构造的胶合透镜组成。第二部分透镜组G42中的最物体侧负透镜L43是非球面成形其物体侧表面的非球面透镜。

[0353] 第五透镜组G5按从物体侧的顺序,由双凸正透镜L51和通过双凸正透镜L52与具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L53胶合构造的胶合透镜组成。第五透镜组G5中的最物体侧正透镜L51是非球面成形其物体侧表面的非球面透镜。

[0354] 在根据本示例的变倍光学系统中,通过沿光轴,使第一透镜组G1、第三透镜组G3、第四透镜组G4和第五透镜组G5移向物体侧,以及沿光轴,移动第二透镜组G2和孔径光阑S,使得增加第一透镜组G1和第二透镜组G2之间的距离、减小第二透镜组G2和第三透镜组G3之间的距离、改变第三透镜组G3和第四透镜组G4之间的距离,以及减小第四透镜组G4和第五透镜组G5之间的距离,实现从广角端状态变焦到远摄端状态。

[0355] 在根据本示例的变倍光学系统中,沿光轴,使第三组G3整体移向像侧,由此实施从无穷远物体聚焦到近距离物体。

[0356] 在根据本示例的变倍光学系统中,仅移动第四透镜组G4中的第二部分透镜组G42,作为减振透镜组,以便在垂直于光轴的方向中具有分量,由此实施减振。

[0357] 应注意到,在具有整个镜头系统的焦距 f 和实施减振时,作为像平面I上的像的移动量与减振透镜组的移动量的比的减振系数 K 的镜头系统中,可以通过使减振透镜组垂直于光轴移动 $(f \cdot \tan\theta) / K$ 的量,可以校正角度 θ 的旋转相机抖动。

[0358] 因此,在根据本示例的变倍光学系统中,在广角端状态中,减振系数 K 为-1.03,并且焦距为10.30 (mm),使得,用于校正0.62度的旋转相机抖动的第二部分透镜组G42的移动量为-0.11 (mm)。在远摄端状态中,减振系数 K 为-1.87,并且焦距为97.00 (mm),使得,用于校正0.20度的旋转相机抖动的第二部分透镜组G42的移动量为-0.18 (mm)。

[0359] 下表1示出根据本示例的变倍光学系统的各种值。

[0360] 在表1中, f 表示焦距,以及BF表示后焦距(最像侧透镜表面与像平面I之间的光轴上的距离)。

[0361] 在[表面数据]中, m 表示从物体侧计数的光学表面的顺序, r 表示曲率半径, d 表示表面到表面的距离(从第 n 表面到第 $(n+1)$ 表面的间隔,其中, n 为整数), n_d 表示针对 d 线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)的折射率,以及 v_d 表示针对 d 线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)的阿贝数。此外,OP表示物体表面,并且I表示像平面。同时,曲率半径 $r=\infty$ 表示平表面。通过在表面编号上加“*”,表示非球面表面的位置,以及在曲率半径列中,示出了近轴曲率半径。

[0362] 在[非球面数据]中,相对于[表面数据]中所示的非球面表面,在通过下述表达式呈现非球面表面的情况下,示出了非球面表面系数和圆锥系数:

$$[0363] \quad X = (h^2/r) / [1 + [1 - \kappa (h^2/r^2)]^{1/2}] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10}$$

[0364] 其中, h 表示离光轴的垂直高度, X 表示作为在离光轴垂直高度处,沿光轴从非球面的顶点的切面到非球面的距离的垂度, κ 表示圆锥系数, A_4 、 A_6 、 A_8 和 A_{10} 表示各个非球面系数, r 表示作为基准球面的曲率半径的近轴曲率半径。“E-n”,其中, n 是整数,表示“ $\times 10^{-n}$ ”,

例如“1.234E-5”表示“ 1.234×10^{-5} ”。2次非球面系数A2为0,在本说明书中省略。

[0365] 在[各种数据]中,FN0表示F数, 2ω 表示视角(单位:“°”),Y表示像高度,TL表示变倍光学系统的全长,即,沿光轴,从第一表面到像平面I的距离,dn表示第n表面和第(n+1)表面之间的可变间隔, β 表示在聚焦于0.45mm的物体时的拍摄倍率。同时,W表示广角端状态,M表示中间焦距状态,以及T表示远摄端状态。

[0366] 在[透镜组数据]中,示出了起始表面ST和每一透镜组的焦距。

[0367] 在[条件式的值]中,示出了对应于各个条件式的值。

[0368] 在此应注意到,“mm”通常用于长度的单位,诸如焦距f、曲率半径r和用于表1中所示的其他长度的单位。然而,由于通过成比例放大或缩小其尺寸的光学系统,能获得类似的光学性能,因此,单位不一定限于“mm”。

[0369] 上述表1中的参考符号的说明在其他示例的表中是相同的。

[0370] (表1) 第一示例

[0371] [表面数据]

	m	r	d	nd	vd
	OP	∞			
	1	149.869	1.600	1.94967	27.56
	2	44.374	6.840	1.49782	82.51
	3	-243.506	0.100	1.00000	
[0372]	4	45.376	5.351	1.86790	41.78
	5	311.414	d5	1.00000	
	*6	89.024	1.200	1.83481	42.73
	7	8.490	3.758	1.00000	
	8	-15.726	1.000	1.83481	42.73

	9		250.000	0.100	1.00000	
	10		25.275	3.293	1.80809	22.74
	11		-17.475	0.548	1.00000	
	12		-12.620	1.000	1.81600	46.59
	13		-33.425	d13	1.00000	
	14		∞	d14	1.00000	孔径光阑S
	15		29.168	1.000	1.88904	39.77
	16		18.240	3.207	1.59313	66.16
	17		-26.526	d17	1.00000	
[0373]	18		14.286	3.565	1.49782	82.51
	19		-21.978	1.000	1.90200	25.23
	20		-82.840	2.205	1.00000	
	*21		-52.307	1.000	1.84898	43.01
	22		9.141	2.692	1.95000	29.37
	23		25.864	d23	1.00000	
	*24		35.441	3.335	1.58913	61.22
	25		-21.319	0.300	1.00000	
	26		42.310	4.403	1.58144	40.98
	27		-10.198	1.200	1.95400	33.46
	28		-300.472	BF	1.00000	
	I		∞			
[0374]	[非球面表面数据]					
	m	κ	A4	A6	A8	A10
[0375]	6	1.00000	3.46E-05	-1.39E-07	-5.60E-11	1.26E-11
	21	1.00000	1.74E-06	1.28E-07	-2.64E-09	
[0376]	24	1.00000	-1.23E-05	1.47E-07	-5.49E-10	
[0377]	[各种数据]					

	变倍比	9.42		
		W	M	T
[0378]	f	10.30	50.00	97.00
	FNO	3.50	5.20	5.60
	2 ω	79.80	18.04	9.37
	Y	8.19	8.19	8.19
	TL	99.26	129.21	139.68
[0379]	[当聚焦无穷远物体时]			
		W	M	T
	f	10.30	50.00	97.00
	d5	2.000	30.682	41.260
[0380]	d13	18.534	4.142	2.000
	d14	3.765	2.963	1.400
	d17	3.542	4.343	5.907
	d23	8.018	3.307	3.300
	BF	14.70	35.08	37.11
[0381]	[当聚焦于近距离物体时]			
		W	M	T
	β	-0.025	-0.103	-0.153
	d5	2.000	30.682	41.260
[0382]	d13	18.534	4.142	2.000
	d14	4.216	4.444	5.211
	d17	3.090	2.863	2.096
	d23	8.018	3.307	3.300
[0383]	BF	14.70	35.08	37.11
[0384]	[透镜组数据]			

	ST	f	
	G1	1	66.85
	G2	6	-9.36
[0385]	G3	15	27.88
	G4	18	-160.92
	G5	24	33.56
	GR	18	53.0

[0386] [条件式的值]

[0387] (1) $f1/f3=2.40$

[0388] (2) $f1/(-f2)=7.14$

[0389] (3) $(-fVR)/f3=0.85$

[0390] (4) $(-f2)/f3=0.34$

[0391] (5) $f3/fR=0.53$

[0392] (6) $nd1=1.94967$

[0393] 图2A、2B和2C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第一示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图2A处于广角端状态,图2B处于中间焦距状态,以及图2C处于远摄端状态。

[0394] 图3A和3B是示出在广角端状态中,聚焦于无穷远物体并且实施减振时,根据第一示例的变倍光学系统的子午横像差的图,其中,图3A是针对广角端状态中,0.62度的旋转相机抖动,以及图3B是在远摄端状态中,针对0.20度的旋转相机抖动。

[0395] 在各个图中,FNO表示f数,Y表示像高度。在各个图中,d表示在d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)时的像差曲线,以及g表示在g线(波长 $\lambda=435.8\text{nm}$)时的像差曲线。在示出像散的图中,实线指示矢状像平面,并且虚线指示子午像平面。

[0396] 顺便提一下,有关各种像差图的上述说明与其他示例相同。

[0397] 如从各个图可以看出,根据本示例的变倍光学系统由于对从广角端状态到远摄端状态的各种像差的良好校正,示出极好光学性能,同时还示出在执行减振时的极好光学性能。

[0398] (第二示例)

[0399] 图4A、4B和4C是示出根据本申请的第一至第三实施例共通的第二示例的变倍光学系统的截面图,其中,图4A示出广角端状态的截面图,图4B示出中间焦距状态的截面图,以及图4C示出远摄端状态的截面图。

[0400] 根据本示例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一透镜组G1、具有负屈光力的第二透镜组G2、具有正屈光力的第三透镜组G3和具有正屈光力的后透镜组GR构成。后透镜组GR按从物体侧的顺序,由具有负屈光力的第四透镜组G4和具有正屈光力的第五透镜组G5构成。

[0401] 第一透镜组G1按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L11与双凸正透镜L12胶合构造的胶合透镜,以及具有面向物体侧的凸表面的正弯月透镜

L13组成。

[0402] 第二透镜组G2按从物体侧的顺序,由具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L21、双凹负透镜L22、通过双凸正透镜L23和具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L24胶合构成的胶合透镜组成。第二透镜组G2中的最物体侧负弯月透镜L21是非球面成形其物体侧透镜表面的非球面透镜。

[0403] 第三透镜组G3按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L31与双凸正透镜L32胶合构造的胶合透镜组成。孔径光阑S设置在第三透镜组G3的物体侧。

[0404] 第四透镜组G4按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一部分透镜组G41和具有负屈光力的第二部分透镜组G42组成。

[0405] 第一部分透镜组G41按从物体侧的顺序,由通过双凸正透镜L41与具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L42胶合构造的胶合透镜组成。

[0406] 第二部分透镜组G42按从物体侧的顺序,由通过双凹负透镜L43与双凸正透镜L44胶合构造的胶合透镜组成。第二部分透镜组G42中的最物体侧负透镜L43是非球面成形其物体侧表面的非球面透镜。

[0407] 第五透镜组G5按从物体侧的顺序,由双凸正透镜L51和通过双凸正透镜L52与具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L53胶合构造的胶合透镜组成。第五透镜组G5中的最物体侧正透镜L51是非球面成形其物体侧表面的非球面透镜。

[0408] 在根据本示例的变倍光学系统中,通过沿光轴,使第一透镜组G1、第三透镜组G3、第四透镜组G4和第五透镜组G5移向物体侧,以及沿光轴,移动第二透镜组G2和孔径光阑S,使得增加第一透镜组G1和第二透镜组G2之间的距离、减小第二透镜组G2和第三透镜组G3之间的距离、改变第三透镜组G3和第四透镜组G4之间的距离,以及减小第四透镜组G4和第五透镜组G5之间的距离,实现从广角端状态变焦到远摄端状态。

[0409] 在根据本示例的变倍光学系统中,沿光轴,使第三组G3整体移向像侧,由此实施从无穷远物体聚焦到近距离物体。

[0410] 在根据本示例的变倍光学系统中,仅移动第四透镜组G4中的第二部分透镜组G42,作为减振透镜组,以便在垂直于光轴的方向中具有分量,由此实施减振。

[0411] 在根据本示例的变倍光学系统中,在广角端状态中,减振系数为-1.43,并且焦距为10.30 (mm),使得,用于校正0.62度的旋转相机抖动的第二部分透镜组G42的移动量为-0.08 (mm)。在远摄端状态中,减振系数为-2.59,并且焦距为97.00 (mm),使得,用于校正0.20度的旋转相机抖动的第二部分透镜组G42的移动量为-0.13 (mm)。

[0412] (表2) 第二示例

[0413] [表面数据]

	m	r	d	nd	vd
	OP	∞			
	1	161.271	1.600	1.95000	29.37
	2	49.424	6.736	1.49782	82.51
	3	-163.134	0.100	1.00000	
	4	42.661	5.130	1.80400	46.60
	5	174.429	d5	1.00000	
[0414]	*6	81.138	1.200	1.81600	46.59
	7	8.430	3.674	1.00000	
	8	-20.479	1.000	1.88300	40.76
	9	120.000	0.100	1.00000	
	10	20.642	3.336	1.80809	22.74
	11	-21.855	1.000	1.83481	42.73
	12	-2443.660	d12	1.00000	
	13	∞	d13	1.00000	孔径光阑S
	14	32.818	1.000	1.95400	33.46
	15	12.652	3.417	1.75484	52.35
	16	-38.178	d16	1.00000	
	17	14.363	4.402	1.49782	82.51
	18	-19.407	1.000	1.88087	27.51
	19	-31.773	2.035	1.00000	
	*20	-36.627	1.000	1.88300	40.66
[0415]	21	7.873	2.750	1.95000	29.37
	22	20.460	d22	1.00000	
	*23	34.272	3.115	1.61800	63.34
	24	-25.939	0.100	1.00000	
	25	29.742	4.552	1.58144	40.98
	26	-10.558	1.200	1.95400	33.46
	27	-228.600	BF	1.00000	
[0416]	I	∞			
	[非球面表面数据]				

	m	κ	A4	A6	A8
[0417]	6	1.00000	-2.03E-06	2.60E-08	-4.85E-10
	20	1.00000	2.72E-05	-6.63E-08	
	23	1.00000	-9.13E-06	3.14E-08	
[0418]	[各种数据]				
	变倍比	9.42			
		W	M	T	
[0419]	f	10.30	50.00	97.00	
	FNO	3.50	5.20	5.60	
	2 ω	79.80	18.04	9.37	
	Y	8.19	8.19	8.19	
	TL	98.69	127.23	138.71	
[0420]	[当聚焦无穷远物体时]				
		W	M	T	
	f	10.30	50.00	97.00	
	d5	2.000	30.607	41.889	
[0421]	d12	18.865	3.375	2.000	
	d13	5.283	4.127	1.400	
	d16	2.502	3.658	6.385	
	d22	7.241	3.302	3.300	
	BF	14.35	33.71	35.29	
[0422]	[当聚焦于近距离物体时]				
		W	M	T	
	β	-0.025	-0.103	-0.152	
	d5	2.000	30.607	41.889	
[0423]	d12	18.865	3.375	2.000	
	d13	5.785	5.785	5.774	
	d16	2.000	2.000	2.011	
	d22	7.241	3.302	3.300	
	BF	14.35	33.71	35.29	
[0424]	[透镜组数据]				

	ST	f
G1	1	69.02
G2	6	-10.07
[0425] G3	14	30.75
G4	17	-167.27
G5	23	28.42
GR	17	46.2

[0426] [条件式的值]

[0427] (1) $f_1/f_3=2.24$

[0428] (2) $f_1/(-f_2)=6.85$

[0429] (3) $(-f_{VR})/f_3=0.51$

[0430] (4) $(-f_2)/f_3=0.33$

[0431] (5) $f_3/f_R=0.67$

[0432] (6) $nd_1=1.95000$

[0433] 图5A、5B和5C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第二示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图5A处于广角端状态,图5B处于中间焦距状态,以及图5C处于远摄端状态。

[0434] 图6A和6B是示出在广角端状态中,聚焦于无穷远物体并且实施减振时,根据第二示例的变倍光学系统的子午横像差的图,其中,图6A是针对广角端状态中,0.62度的旋转相机抖动,以及图6B是在远摄端状态中,针对0.20度的旋转相机抖动。

[0435] 如从各个图可以看出,根据本示例的变倍光学系统由于对从广角端状态到远摄端状态的各种像差的良好校正,示出极好光学性能,同时还示出在执行减振时的极好光学性能。

[0436] (第三示例)

[0437] 图7A、7B和7C是示出根据本申请的第一至第三实施例共通的第三示例的变倍光学系统的截面图,其中,图7A示出广角端状态的截面图,图7B示出中间焦距状态的截面图,以及图7C示出远摄端状态的截面图。

[0438] 根据本示例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一透镜组G1、具有负屈光力的第二透镜组G2、具有正屈光力的第三透镜组G3和具有正屈光力的后透镜组GR构成。后透镜组GR由具有正屈光力的第四透镜组G4组成。

[0439] 第一透镜组G1按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L11与双凸正透镜L12胶合构造的胶合透镜,以及具有面向物体侧的凸表面的平凸正透镜L13组成。

[0440] 第二透镜组G2按从物体侧的顺序,由具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L21、具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L22、通过双凸正透镜L23和具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L24胶合构成的胶合透镜组成。第二透镜组G2中的最物体侧负弯月透镜L21是其物体侧透镜表面具有形成非球面表面的树脂层的非球面透镜。

[0441] 第三透镜组G3按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L31与双凸正透镜L32胶合构造的胶合透镜组成。孔径光阑S设置在第三透镜组G3的物体侧。

[0442] 第四透镜组G4按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一部分透镜组G41、具有负屈光力的第二部分透镜组G42和具有正屈光力的第三部分透镜组G43组成。

[0443] 第一部分透镜组G41按从物体侧的顺序,由通过双凸正透镜L401与具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L402胶合构造的胶合透镜组成。

[0444] 第二部分透镜组G42按从物体侧的顺序,由通过正弯月透镜L403与双凹负透镜L404胶合构造的胶合透镜组成。第二部分透镜组G42中的像侧负透镜L404是非球面成形其像侧表面的非球面透镜。

[0445] 第三部分透镜组G43按从物体侧的顺序,由双凸正透镜L405、通过双凸正透镜L406与双凹负透镜L407胶合构造的胶合透镜、由双凸正透镜L408与具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L409胶合构造的胶合透镜,以及具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜组成。第三部分透镜组G43中的最像侧负透镜L410是非球面成形其像侧表面的非球面透镜。

[0446] 通过上述结构,在根据本示例的变倍光学系统中,通过沿光轴,使第一透镜组G1、第三透镜组G3和第四透镜组G4移向物体侧,以及沿光轴,移动第二透镜组G2和孔径光阑S,使得增加第一透镜组G1和第二透镜组G2之间的距离、减小第二透镜组G2和第三透镜组G3之间的距离,以及改变第三透镜组G3和第四透镜组G4之间的距离,实现从广角端状态变焦到远摄端状态。

[0447] 在根据本示例的变倍光学系统中,沿光轴,使第三组G3整体移向像侧,由此实施从无穷远物体聚焦到近距离物体。

[0448] 在根据本示例的变倍光学系统中,仅移动第四透镜组G4中的第二部分透镜组G42,作为减振透镜组,以便在垂直于光轴的方向中具有分量,由此实施减振。

[0449] 在根据本示例的变倍光学系统中,在广角端状态中,减振系数为-0.92,并且焦距为10.30 (mm),使得,用于校正0.62度的旋转相机抖动的第二部分透镜组G42的移动量为-0.12 (mm)。在远摄端状态中,减振系数为-1.68,并且焦距为97.00 (mm),使得,用于校正0.20度的旋转相机抖动的第二部分透镜组G42的移动量为-0.20 (mm)。

[0450] 下表3表示本示例的变倍的各种值。

[0451] (表3) 第三示例

[0452] [表面数据]

[0453] m r d nd vd

OP	∞				
1	145.183	1.700	2.00100	29.14	
2	36.639	8.100	1.49782	82.57	
3	-399.352	0.100	1.00000		
4	43.208	6.000	1.88300	40.66	
5	∞	d5	1.00000		
*6	436.597	0.100	1.55389	38.09	
7	87.003	1.100	1.83481	42.73	
8	8.300	5.350	1.00000		
9	-12.607	1.000	1.75500	52.34	
10	-32.799	0.800	1.00000		
11	41.120	2.950	1.80809	22.74	
12	-19.604	0.900	1.88300	40.66	
[0454] 13	-73.132	d13	1.00000		
14	∞	d14	1.00000		孔径光阑S
15	22.373	0.900	1.90265	35.73	
16	12.230	3.450	1.67003	47.14	
17	-59.699	d17	1.00000		
18	13.739	3.600	1.49782	82.57	
19	-24.820	0.900	2.00069	25.46	
20	-270.014	2.200	1.00000		
21	-117.055	2.050	1.84666	23.80	
22	-15.985	1.000	1.77377	47.25	
*23	24.175	2.084	1.00000		
24	66.365	2.800	1.56883	56.00	
25	-15.447	0.100	1.00000		

	26	44.994	2.750	1.51742	52.20	
	27	-15.201	0.900	1.90366	31.27	
	28	29.993	0.300	1.00000		
	29	14.609	5.050	1.67270	32.19	
[0455]	30	-9.200	0.900	2.00069	25.46	
	31	-24.389	1.400	1.00000		
	32	-12.862	1.000	1.85135	40.10	
	*33	-27.495	BF	1.00000		
	I	∞				
[0456]	[非球面表面数据]					
	m	κ	A4	A6	A8	A10
[0457]	6	20.00000	9.17E-05	-6.52E-07	2.70E-09	-1.24E-11
	23	0.48230	-7.25E-06	-3.60E-07	4.06E-09	
	33	-20.00000	-1.23E-04	8.28E-07	-6.05E-09	-9.89E-11
[0458]	[各种数据]					
	变倍比	9.42				
		W	M	T		
[0459]	f	10.30	30.00	96.99		
	FNO	4.12	5.48	5.80		
	2 ω	80.89	29.72	9.45		
	Y	8.19	8.19	8.19		
	TL	103.03	121.38	143.32		
[0460]	[当聚焦无穷远物体时]					
[0461]		W	M	T		
	f	10.30	30.00	96.99		
	d5	2.106	20.131	40.209		
	d13	19.664	6.244	1.800		
[0462]	d14	4.279	4.974	1.800		
	d17	3.438	2.743	5.916		
	BF	14.06	27.81	34.12		

[0463] [当聚焦于近距离物体时]			
	W	M	T
β	-0.032	-0.068	-0.116
d5	2.106	20.131	40.209
[0464] d13	19.664	6.244	1.800
d14	4.983	5.899	5.217
d17	2.733	1.818	2.499
BF	14.06	27.81	34.12
[0465] [透镜组数据]			
	ST	f	
G1	1	64.10	
[0466] G2	6	-10.17	
G3	15	31.06	
G4(R)	18	67.06	

[0467] [条件式的值]

[0468] (1) $f1/f3=2.06$

[0469] (2) $f1/(-f2)=6.30$

[0470] (3) $(-fVR)/f3=0.92$

[0471] (4) $(-f2)/f3=0.33$

[0472] (5) $f3/fR=0.46$

[0473] (6) $nd1=2.00100$

[0474] 图8A、8B和8C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第三示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图8A处于广角端状态,图8B处于中间焦距状态,以及图8C处于远摄端状态。

[0475] 图9A和9B是示出在广角端状态中,聚焦无穷远物体并且实施减振时,根据第三示例的变倍光学系统的子午横像差的图,其中,图9A是针对广角端状态中,0.62度的旋转相机抖动,以及图9B是在远摄端状态中,针对0.20度的旋转相机抖动。

[0476] 如从各个图可以看出,根据本示例的变倍光学系统由于对从广角端状态到远摄端状态的各种像差的良好校正,示出极好光学性能,同时还示出在执行减振时的极好光学性能。

[0477] 根据第一至第三示例,能实现具有高变倍比、小型化并且良好光学性能的变倍光学系统。特别地,根据第一至第三示例的变倍光学系统具有减振功能和约10的变倍比,并且结构紧凑和重量轻,以及广角端状态下的视角大于70度,并且能良好地校正聚焦于近距离物体时的各种像差的变化。

[0478] 在下文中,将参考附图,说明与根据本申请的第四实施例的数值示例有关的变倍光学系统。同时,第四至第八示例均是第四实施例。

[0479] (第四示例)

[0480] 图10A、10B和10C是示出根据本申请的第四实施例的第四示例的变倍光学系统的截面图,其中,图10A示出广角端状态的截面图,图10B示出中间焦距状态的截面图,以及图10C示出远摄端状态的截面图。

[0481] 根据本示例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一透镜组G1、具有负屈光力的第二透镜组G2、具有正屈光力的第三透镜组G3和具有正屈光力的第四透镜组G4构成。

[0482] 第一透镜组G1按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L11与双凸正透镜L12胶合构造的胶合透镜,以及具有面向物体侧的凸表面的正弯月透镜L13组成。

[0483] 第二透镜组G2按从物体侧的顺序,由具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L21、双凹负透镜L22、双凸正透镜L23和具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L24组成。最物体侧负弯月透镜L21是非球面成形其物体侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0484] 第三透镜组G3按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L31与双凸正透镜L32胶合构造的胶合透镜组成。孔径光阑S设置在第三透镜组G3的物体侧。

[0485] 第四透镜组G4按从物体侧的顺序,由具有负屈光力的前组G4F和具有正屈光力的后组G4R组成。

[0486] 前组G4F按从物体侧的顺序,由通过双凸正透镜L401与双凹负透镜L402胶合构造的胶合透镜以及通过双凹负透镜L403和具有面向物体侧的凸表面的正弯月透镜L404胶合构造的胶合透镜组成。负透镜L403是非球面成形其物体侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0487] 后组G4R按从物体侧的顺序,由双凸正透镜L405、通过双凸正透镜L406与具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L407胶合构造的胶合透镜、通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L408和双凸正透镜L409胶合构造的胶合透镜,以及具有面向像侧的凸表面的负弯月透镜L410组成。负弯月透镜L410是非球面成形其像侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0488] 顺便提一下,在根据本示例的变倍光学系统中,能在第四透镜组G4和像平面之间设置低通滤波器和用于传感器的玻璃盖。

[0489] 在根据本示例的变倍光学系统中,通过沿光轴移动第一透镜组G1至第四透镜组G4以及通过第四透镜组G4中的前组G4F,在本体中移动孔径光阑S,使得增加第一透镜组G1与第二透镜组G2之间的距离、减小第二透镜组G2与第三透镜组G3之间的距离、增加第三透镜组G3与第四透镜组G4之间的距离,以及减小孔径光阑S与第三透镜组G3之间的距离,实现从广角端状态变焦到远摄端状态。更详细地说,在变焦时,使第一透镜组G1和第三透镜组G3移向物体侧。从广角端状态变焦到中间焦距状态,第二透镜组G2移向物体侧,并且从中间焦距状态到远摄端状态,移向像侧。在第四透镜组G4中,在从广角端状态变焦到远摄端状态时,从广角端状态到中间焦距状态,前组G4F和后组G4R移向物体侧,以及从中间焦距状态到远摄端状态,移向像侧,使得减小前组G4F和后组G4R之间的距离。

[0490] 下表4示出根据本示例的变倍光学系统的各种值。

[0491] 在表4中,f表示焦距,以及BF表示后焦距(最像侧透镜表面与像平面I之间的光轴

上的距离)。

[0492] 在[表面数据]中,m表示从物体侧计数的光学表面的顺序,r表示曲率半径,d表示表面到表面的距离(从第n表面到第(n+1)表面的间隔,其中,n为整数),nd表示针对d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)的折射率,以及vd表示针对d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)的阿贝数。此外,OP表示物体表面,并且I表示像平面。同时,曲率半径 $r=\infty$ 表示平表面。通过在表面编号上加“*”,表示非球面表面的位置,以及在曲率半径列中,示出了近轴曲率半径。

[0493] 在[非球面数据]中,相对于[表面数据]中所示的非球面表面,在通过下述表达式呈现非球面表面的情况下,示出了非球面表面系数和圆锥系数:

$$[0494] \quad X = (h^2/r) / [1 + [1 - \kappa (h^2/r^2)]^{1/2}] + A4h^4 + A6h^6 + A8h^8 + A10h^{10}$$

[0495] 其中,h表示离光轴的垂直高度,X表示作为在离光轴垂直高度处,沿光轴从非球面的顶点的切面到非球面的距离的垂度, κ 表示圆锥系数,A4、A6、A8和A10表示各个非球面系数,r表示作为基准球面的曲率半径的近轴曲率半径。“E-n”,其中,n是整数,表示“ $\times 10^{-n}$ ”,例如“1.234E-5”表示“ 1.234×10^{-5} ”。

[0496] 2次非球面系数A2为0,在本说明书中省略。

[0497] 在[各种数据]中,FNO表示F数, ω 表示半视角(单位:“°”),Y表示像高度,TL表示变焦光学系统的总长,即,在聚焦于无穷远物体时,沿光轴,从第一表面到像平面I的距离,dn表示第n表面和第(n+1)表面之间的可变间隔。 Φ 表示孔径光阑S的直径f。同时,W表示广角端状态,M表示中间焦距状态,以及T表示远摄端状态。

[0498] 在[透镜组数据]中,示出了起始表面ST和每一透镜组的焦距。

[0499] 在[条件式的值]中,示出了对应于各个条件式的值。

[0500] 在此应注意到,“mm”通常用于长度的单位,诸如焦距f、曲率半径r和用于表4中所示的其他长度的单位。然而,由于通过成比例放大或缩小其尺寸的光学系统,能获得类似的光学性能,因此,单位不一定限于“mm”。

[0501] 上述表4中的参考符号的说明对第五至第八示例的表是相同的。(表4)第四示例

[0502] [表面数据]

[0503] m r d nd vd

OP	∞			
1	104.5118	1.6000	2.003300	28.27
2	39.3751	7.4000	1.497820	82.57
3	-463.5701	0.1000		
4	40.3116	5.4000	1.834810	42.73
5	241.9089	d5		
*6	79.9711	1.0000	1.851350	40.10
7	8.1252	4.8500		
8	-14.2116	1.0000	1.883000	40.66
9	124.9279	0.1000		
10	30.8124	3.3500	1.808090	22.74
11	-15.1873	0.3000		
[0504] 12	-13.2222	1.0000	1.883000	40.66
13	-23.0302	d13		
14	∞	d14		孔径光阑S
15	26.1923	1.0000	1.954000	33.46
16	12.2483	2.8500	1.719990	50.27
17	-43.5073	d17		
18	14.5527	2.8500	1.497820	82.57
19	-40.3302	1.0000	1.950000	29.37
20	173.4596	2.1500		
*21	-105.0156	1.0000	1.806100	40.71
22	10.9037	2.2000	1.808090	22.74
23	28.6084	d23		

	24	30.6882	2.8500	1.579570	53.74
	25	-18.3905	0.1000		
	26	18.8919	3.6000	1.518230	58.82
	27	-13.1344	1.0000	2.000690	25.46
	28	-2198.5412	0.7500		
[0505]	29	412.2295	1.0000	1.954000	33.46
	30	12.8823	3.5000	1.755200	27.57
	31	-23.7185	1.1500		
	32	-16.1296	1.0000	1.806100	40.71
	*33	-97.3104	BF		

	I	∞
[0506]	[非球面表面数据]	
	m	6
	κ	-8.7294
	A4	4.64796E-05
	A6	-4.09659E-07
	A8	2.44519E-09
	A10	-9.90503E-12

[0507]	m	21
	κ	-1.5760
	A4	1.72590E-05
	A6	9.45415E-08
	A8	-1.00397E-09
	A10	0.00000E+00

	m	33
	κ	-19.8082

A4 -1.67719E-05
 [0508] A6 -2.11776E-07
 A8 -4.15932E-10
 A10 -1.15008E-11

[0509] [各种数据]

变倍比 9.42

	W		T
f	10.30	~	97.00
FNO	4.09	~	5.81
ω	40.21	~	4.76°
Y	8.19	~	8.19

	W	M	T
[0510] f	10.30000	50.00013	97.00039
ω	40.21337	9.15519	4.75685
FNO	4.09	5.78	5.81
φ	7.68	8.50	9.20
TL	100.29944	130.25093	139.59967
d5	2.10000	28.50000	39.66696
d13	17.38897	3.31447	2.00000
d14	4.87082	3.98262	1.60000
d17	2.59389	3.48209	5.86471
d23	5.29632	3.42829	3.30000
BF	13.94944	33.44346	33.06800

[0511] [透镜组数据]

	ST	f
[0512] G1	1	64.38705

	G2	6	-9.57903
	G3	15	29.91408
[0513]	G4	18	58.41425(W),61.26584(M),61.47193(T)
	G4F	18	-81.48313
	G4R	24	28.77173

[0514] [条件式的值]

[0515] (7) $ndh=1.954(L31), 1.950(L402), 1.954(L408)$

[0516] (8) $vdh=33.46(L31), 29.37(L402), 33.46(L408)$

[0517] (9) $f1/(-f2)=6.72$

[0518] (10) $(-f2)/f3=0.320$

[0519] (12) $vdh4=33.46(L408)$

[0520] (13) $vdp1=82.57(L12)$

[0521] (14) $vdp4=82.57(L401)$

[0522] 图11A、11B和11C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第四示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图11A处于广角端状态,图11B处于中间焦距状态,以及图11C处于远摄端状态。

[0523] 在各个图中,FN0表示f数,A表示光线的入射角,即,半视角(单位“°”)。d表示在d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)时的像差曲线,以及g表示在g线(波长 $\lambda=435.8\text{nm}$)时的像差曲线。没有d或g的曲线表示d线处的像差。在示出像散的图中,实线指示矢状像平面,并且虚线指示子午像平面。顺便提一下,有关本示例的各种像差图的符号与下述第五至第八示例的其他示例相同。

[0524] 如从各个图可以看出,根据本示例的变倍光学系统由于对从广角端状态到远摄端状态的各种像差的良好校正,示出极好光学性能。

[0525] (第五示例)

[0526] 图12A、12B和12C是示出根据本申请的第四实施例的第五示例的变倍光学系统的截面图,其中,图12A示出广角端状态的截面图,图12B示出中间焦距状态的截面图,以及图12C示出远摄端状态的截面图。

[0527] 根据本示例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一透镜组G1、具有负屈光力的第二透镜组G2、具有正屈光力的第三透镜组G3和第四透镜组G4构成。

[0528] 第一透镜组G1按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L11与双凸正透镜L12胶合构造的胶合透镜,以及具有面向物体侧的凸表面的正弯月透镜L13组成。

[0529] 第二透镜组G2按从物体侧的顺序,由双凹负透镜L21、双凹负透镜L22、双凸正透镜L23和具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L24组成。

[0530] 第三透镜组G3按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L31与双凸正透镜L32胶合构造的胶合透镜组成。孔径光阑S设置在第三透镜组G3的物体侧。

[0531] 第四透镜组G4按从物体侧的顺序,由具有负屈光力的前组G4F和具有正屈光力的后组G4R组成。

[0532] 前组G4F按从物体侧的顺序,由通过双凸正透镜L401与双凹负透镜L402胶合构造的胶合透镜以及通过双凹负透镜L403和具有面向物体侧的凸表面的正弯月透镜L404胶合构造的胶合透镜组成。负透镜L403是非球面成形其物体侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0533] 后组G4R按从物体侧的顺序,由双凸正透镜L405和通过具有面向物体侧的凹表面的正弯月透镜L406与具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L407胶合构造的胶合透镜组成。正透镜L405是非球面成形其像侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0534] 顺便提一下,在根据本示例的变倍光学系统中,能在第四透镜组G4和像平面之间设置低通滤波器和用于传感器的玻璃盖。

[0535] 在根据本示例的变倍光学系统中,通过沿光轴移动第一透镜组G1至第四透镜组G4以及通过第四透镜组G4中的前组G4F,在本体中移动孔径光阑S,使得增加第一透镜组G1与第二透镜组G2之间的距离、减小第二透镜组G2与第三透镜组G3之间的距离、增加第三透镜组G3与第四透镜组G4之间的距离,以及减小孔径光阑S与第三透镜组G3之间的距离,实现从广角端状态变焦到远摄端状态。更详细地说,在变焦时,使第一透镜组G1和第三透镜组G3移向物体侧。从广角端状态变焦到中间焦距状态,第二透镜组G2移向物体侧,并且从中间焦距状态到远摄端状态,移向像侧。在第四透镜组G4中,在从广角端状态变焦到远摄端状态时,前组G4F和后组G4R移向物体侧,使得减小前组G4F和后组G4R之间的距离。

[0536] 下表5示出根据本示例的变倍光学系统的各种值。

[0537] (表5) 第五示例

[0538] [表面数据]

	m	r	d	nd	vd
	OP	∞			
[0539]	1	251.8446	1.6000	1.950000	29.37
	2	36.8495	7.9000	1.497820	82.57
	3	-162.8867	0.1000		
	4	41.6898	5.7500	1.883000	40.66

	5	7827.2710	d5		
	6	-808.8261	1.0000	1.883000	40.66
	7	9.5148	3.6000		
	8	-15.5435	1.0000	1.883000	40.66
	9	143.0303	0.1000		
	10	28.6318	3.0500	1.808090	22.74
	11	-13.3111	0.2500		
	12	-12.1771	1.0000	1.834810	42.73
	13	-36.4394	d13		
	14	∞	d14		孔径光阑S
	15	27.0772	1.0000	2.000690	25.46
[0540]	16	15.7705	2.5000	1.744000	44.80
	17	-35.2142	d17		
	18	12.6941	2.9500	1.497820	82.57
	19	-24.8876	1.0000	1.846660	23.80
	20	775.1758	2.1500		
	*21	-227.6550	1.0000	1.806100	40.97
	22	8.8217	2.2000	1.846660	23.80
	23	19.5840	d23		
	*24	15.0000	3.1500	1.583130	59.42
	25	-23.9888	0.1000		
	26	-509.6518	4.2000	1.581440	40.98
	27	-7.8594	1.0000	1.954000	33.46
	28	-200.0000	BF		
[0541]	I	∞			
[0542]	[非球面表面数据]				

M 21
 κ -20.0000
 A4 1.61374E-05
 A6 -2.79859E-08
 A8 -1.22068E-09
 A10 0.00000E+00

[0543]

M 24
 κ 3.6281
 A4 -1.21377E-04
 A6 -7.10924E-07
 A8 1.36403E-08
 A10 -4.10781E-10

[0544] [各种数据]

变倍比 9.42

[0545]

	W	~	T
f	10.30	~	97.00
FNO	4.12	~	6.48
ω	43.07	~	4.70°
Y	8.19	~	8.19

	W	M	T
f	10.30000	50.00001	96.99995
ω	43.07103	9.11914	4.70123
FNO	4.12	5.81	6.48

	φ	6.80	7.90	7.90
	TL	90.80323	122.13334	131.09941
	d5	2.28937	28.97477	38.62002
[0546]	d13	13.12572	3.71901	2.00000
	d14	6.29895	3.32684	1.40000
	d17	2.43367	5.40578	7.33262
	d23	6.60623	3.30000	3.30000
	BF	13.44928	30.80693	31.84677
[0547]	[透镜组数据]			
		ST	f	
	G1	1	59.94630	
	G2	6	-8.99248	
[0548]	G3	15	24.34092	
	G4	18	71.07089(W), 75.48860(M), 75.48860(T)	
	G4F	18	-112.21259	
	G4R	24	35.78226	
[0549]	[条件式的值]			
[0550]	(7) ndh=1.950 (L11) , 1.954 (L407)			
[0551]	(8) vdh=29.37 (L11) , 33.46 (L407)			
[0552]	(9) f1/(-f2)=6.67			
[0553]	(10) (-f2)/f3=0.369			
[0554]	(11) fh/f1 =0.761 (L11)			
[0555]	(12) vdh4=33.46 (L407)			
[0556]	(13) vdp1=82.57 (L12)			
[0557]	(14) vdp4=82.57 (L401)			

[0558] 图13A、13B和13C是示出根据本申请的第五示例的变倍光学系统的截面图,其中,图13A示出广角端状态中的截面图,图13B示出中间焦距状态中的截面图,以及图13C示出远摄端状态中的截面图。

[0559] 如从各个图可以看出,根据本示例的变倍光学系统由于对从广角端状态到远摄端状态的各种像差的良好校正,示出极好光学性能。

[0560] (第六示例)

[0561] 图14A、14B和14C是示出根据本申请的第四实施例的第六示例的变倍光学系统的截面图,其中,图14A示出广角端状态的截面图,图14B示出中间焦距状态的截面图,以及图14C示出远摄端状态的截面图。

[0562] 根据本示例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一透镜组

G1、具有负屈光力的第二透镜组G2、具有正屈光力的第三透镜组G3和具有正屈光力的第四透镜组G4构成。

[0563] 第一透镜组G1按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L11与双凸正透镜L12胶合构造的胶合透镜,以及具有面向物体侧的凸表面的正弯月透镜L13组成。

[0564] 第二透镜组G2按从物体侧的顺序,由具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L21、双凹负透镜L22、双凸正透镜L23和具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L24组成。负弯月透镜L21是非球面成形其物体侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0565] 第三透镜组G3按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L31与双凸正透镜L32胶合构造的胶合透镜组成。孔径光阑S设置在第三透镜组G3的物体侧。

[0566] 第四透镜组G4按从物体侧的顺序,由具有负屈光力的前组G4F和具有正屈光力的后组G4R组成。

[0567] 前组G4F按从物体侧的顺序,由通过双凸正透镜L401与具有面向像侧的凸表面的负弯月透镜L402胶合构造的胶合透镜以及通过双凹负透镜L403和具有面向物体侧的凸表面的正弯月透镜L404胶合构造的胶合透镜组成。负透镜L403是非球面成形其物体侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0568] 后组G4R按从物体侧的顺序,由双凸正透镜L405和通过双凸正透镜L406与具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L407胶合构造的胶合透镜组成。正透镜L405是非球面成形其像侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0569] 顺便提一下,在根据本示例的变倍光学系统中,能在第四透镜组G4和像平面之间设置低通滤波器和用于传感器的玻璃盖。

[0570] 在根据本示例的变倍光学系统中,通过沿光轴移动第一透镜组G1至第四透镜组G4以及通过第四透镜组G4中的前组G4F,在本体中移动孔径光阑S,使得增加第一透镜组G1与第二透镜组G2之间的距离、减小第二透镜组G2与第三透镜组G3之间的距离、增加第三透镜组G3与第四透镜组G4之间的距离,以及减小孔径光阑S与第三透镜组G3之间的距离,实现从广角端状态变焦到远摄端状态。更详细地说,在变焦时,使第一透镜组G1和第三透镜组G3移向物体侧。从广角端状态变焦到中间焦距状态,第二透镜组G2移向物体侧,并且从中间焦距状态到远摄端状态,移向像侧。在第四透镜组G4中,在从广角端状态变焦到远摄端状态时,前组G4F和后组G4R移向物体侧,使得减小前组G4F和后组G4R之间的距离。

[0571] 下表6示出根据本示例的变倍光学系统的各种值。

[0572] (表6) 第六示例

[0573] [表面数据]

	m	r	d	nd	vd
	OP	∞			
	1	149.8692	1.6000	1.949665	27.56
	2	44.3736	6.8398	1.497820	82.51
	3	-243.5058	0.1000		
	4	45.3756	5.3508	1.867900	41.78
	5	311.4136	d5		
	*6	89.0243	1.2000	1.834810	42.73
	7	8.4900	3.7581		
	8	-15.7255	1.0000	1.834810	42.73
	9	250.0000	0.1000		
	10	25.2749	3.2925	1.808090	22.74
[0574]	11	-17.4750	0.5480		
	12	-12.6196	1.0000	1.816000	46.59
	13	-33.4252	d13		
	14	∞	d14		孔径光阑S
	15	29.1681	1.0000	1.889044	39.77
	16	18.2404	3.2071	1.593125	66.16
	17	-26.5261	d17		
	18	14.2857	3.5654	1.497820	82.51
	19	-21.9776	1.0000	1.902000	25.23
	20	-82.8398	2.2052		
	*21	-52.3071	1.0000	1.848976	43.01
	22	9.1414	2.6915	1.950000	29.37

	23	25.8642	d23		
	*24	35.4414	3.3350	1.589130	61.22
	25	-21.3191	0.3000		
[0575]	26	42.3100	4.4029	1.581440	40.98
	27	-10.1979	1.2000	1.954000	33.46
	28	-300.4717	BF		

	I	∞
[0576]	[非球面表面数据]	
	m	6
	κ	1.0000
	A4	3.45801E-05
	A6	-1.38520E-07
	A8	-5.59965E-11
	A10	1.26030E-11

	m	21
	κ	1.0000
[0577]	A4	1.74477E-06
	A6	1.28096E-07
	A8	-2.63692E-09
	A10	0.00000E+00

	m	24
	κ	1.0000
	A4	-1.22983E-05
	A6	1.47314E-07
	A8	-5.48742E-10
[0578]	A10	0.00000E+00
[0579]	[各种数据]	

	变倍比	9.42		
		W	T	
	f	10.30	~	97.00
	FNO	3.50	~	5.62
	ω	39.90	~	4.69°
	Y	8.19	~	8.19
		W	M	T
[0580]	f	10.30001	49.99971	96.99932
	ω	39.90076	9.01930	4.68610
	FNO	3.50	5.20	5.62
	φ	8.99	8.81	9.00
	TL	99.25773	129.21001	139.67596
	d5	1.99991	30.68218	41.26022
	d13	18.53440	4.14191	2.00000
	d14	3.76478	2.96318	1.40000
	d17	3.54181	4.34341	5.90655
	d23	8.01786	3.30678	3.30001
	BF	14.70262	35.07621	37.11281
[0581]	[透镜组数据]			
		ST	f	
	G1	1	66.85483	
[0582]	G2	6	-9.36043	
	G3	15	27.88295	
	G4	18	53.04244(W), 55.61603(M), 55.61991(T)	
	G4F	18	-160.91663	
[0583]	G4R	24	33.55859	
[0584]	[条件式的值]			
[0585]	(7) $ndh = 1.950$ (L404) , 1.954 (L407)			
[0586]	(8) $vdh = 29.37$ (L404) , 33.46 (L407)			
[0587]	(9) $f1 / (-f2) = 7.14$			

[0588] (10) $(-f_2)/f_3=0.336$

[0589] (12) $v_{dh4}=33.46$ (L407)

[0590] (13) $v_{dp1}=82.51$ (L12)

[0591] (14) $v_{dp4}=82.51$ (L401)

[0592] 图15A、15B和15C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第六示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图15A处于广角端状态,图15B处于中间焦距状态,以及图15C处于远摄端状态。

[0593] 如从各个图可以看出,根据本示例的变倍光学系统由于对从广角端状态到远摄端状态的各种像差的良好校正,示出极好光学性能。

[0594] (第七示例)

[0595] 图16A、16B和16C是示出根据本申请的第四实施例的第七示例的变倍光学系统的截面图,其中,图16A示出广角端状态的截面图,图16B示出中间焦距状态的截面图,以及图16C示出远摄端状态的截面图。

[0596] 根据本示例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一透镜组G1、具有负屈光力的第二透镜组G2、具有正屈光力的第三透镜组G3和具有正屈光力的第四透镜组G4构成。

[0597] 第一透镜组G1按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L11与双凸正透镜L12胶合构造的胶合透镜,以及具有面向物体侧的凸表面的正弯月透镜L13组成。

[0598] 第二透镜组G2按从物体侧的顺序,由具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L21、具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L22、双凸正透镜L23和具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L24组成。同时,负弯月透镜L21是非球面成形其物体侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0599] 第三透镜组G3按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L31与双凸正透镜L32胶合构造的胶合透镜组成。同时,孔径光阑S设置在第三透镜组G3的物体侧。

[0600] 第四透镜组G4按从物体侧的顺序,由通过双凸正透镜L401与具有面向像侧的凸表面的负弯月透镜L402胶合构造的胶合透镜、通过具有面向物体侧的凹表面的正弯月透镜L403与双凹负透镜L404胶合构造的胶合透镜、双凸正透镜L405、通过具有面向物体侧的凹表面的正弯月透镜L406与双凹负透镜L407胶合构造的胶合透镜、通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L408与双凸正透镜L409胶合构造的胶合透镜,以及具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L410组成。同时,正弯月透镜L403是非球面成形其物体侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜,以及负弯月透镜L410是非球面成形其像侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0601] 顺便提一下,在根据本示例的变倍光学系统中,能在第四透镜组G4和像平面之间设置低通滤波器和用于传感器的玻璃盖。

[0602] 在根据本示例的变倍光学系统中,通过沿光轴移动第一透镜组G1至第四透镜组G4以及通过第四透镜组G4,在本体中移动孔径光阑S,使得增加第一透镜组G1与第二透镜组G2之间的距离、减小第二透镜组G2与第三透镜组G3之间的距离、增加第三透镜组G3与第四透

镜组G4之间的距离,以及减小孔径光阑S与第三透镜组G3之间的距离,实现从广角端状态变焦到远摄端状态。更详细地说,在变焦时,使第一透镜组G1、第三透镜组G3和第四透镜组G4移向物体侧。从广角端状态变焦到中间焦距状态,第二透镜组G2移向物体侧,并且从中间焦距状态到远摄端状态,移向像侧。

[0603] 下表7示出根据本示例的变倍光学系统的各种值。

[0604] (表7) 第七示例

[0605] [表面数据]

	m	r	d	nd	vd
	OP	∞			
	1	134.9416	1.6000	2.001000	29.14
	2	37.4620	7.6500	1.497820	82.57
	3	-339.5674	0.1000		
	4	41.6639	5.5500	1.883000	40.66
	5	520.6025	d5		
[0606]	*6	2429.7649	1.0000	1.851350	40.10
	7	8.6673	5.7500		
	8	-10.8429	1.0000	1.487490	70.31
	9	-45.5363	0.8500		
	10	52.5147	3.1000	1.808090	22.74
	11	-17.4657	0.3000		
	12	-16.1357	1.0000	1.954000	33.46
	13	-39.2793	d13		
	14	∞	d14		孔径光阑S

	15	29.3843	1.0000	1.902650	35.73
	16	14.8567	2.8000	1.719990	50.27
	17	-55.5590	d17		
	18	13.5564	3.3500	1.497820	82.57
	19	-24.9755	1.0000	1.950000	29.37
	20	-183.0794	2.1500		
	*21	-145.2052	2.2500	1.802440	25.55
	22	-14.7800	1.0000	1.766840	46.78
	23	23.7425	2.8000		
[0607]	24	25.8106	3.0000	1.516800	63.88
	25	-15.0644	0.1000		
	26	-568.8377	3.0000	1.568830	56.00
	27	-9.3137	1.0000	1.954000	33.46
	28	98.3635	0.1000		
	29	15.0059	1.0000	1.950000	29.37
	30	7.0809	4.2500	1.647690	33.73
	31	-21.2496	1.4500		
	32	-11.4669	1.0000	1.743300	49.32
	*33	-29.8012	BF		

	I	∞
[0608]	[非球面表面数据]	
	m	6
	κ	-20.0000
[0609]	A4	9.19258E-05
	A6	-6.71049E-07
	A8	3.76181E-09

A10 -1.11659E-11
 m 21
 κ -13.2727
 A4 1.25451E-05
 A6 1.56196E-07
 A8 -2.20815E-09
 [0610] A10 0.00000E+00

m 33
 κ -0.9208
 A4 -8.91367E-05
 A6 -1.72158E-06
 A8 2.40673E-08
 A10 -6.77013E-10

[0611] [各种数据]
 变倍比 9.42

	W	~	T
f	10.30	~	97.00
FNO	4.08	~	5.83
ω	40.21	~	4.78°
[0612] Y	8.19	~	8.19

	W	M	T
f	10.30000	50.00021	97.00042
ω	40.21108	9.16962	4.78008
FNO	4.08	5.79	5.83
φ	8.40	9.20	10.10

	TL	102.69006	133.09448	142.59913
	d5	2.10000	29.30442	39.87067
[0613]	d13	19.87565	4.17251	2.00000
	d14	4.49060	3.80672	1.60000
	d17	3.02442	3.70831	5.91502
	BF	14.04941	32.95254	34.06346

[0614] [透镜组数据]

	ST	f	
	G1	1	63.95755
[0615]	G2	6	-10.21809
	G3	15	32.27954
	G4	18	70.96006

[0616] [条件式的值]

[0617] (7) $ndh=2.001$ (L11) , 1.954 (L24) , 1.950 (L402) ,

[0618] 1.954 (L407) , 1.950 (L408)

[0619] (8) $vdh=29.14$ (L11) , 33.46 (L24) , 29.37 (L402) ,

[0620] 33.46 (L407) , 29.37 (L408)

[0621] (9) $f1/(-f2)=6.26$

[0622] (10) $(-f2)/f3=0.317$

[0623] (11) $|fh/f1|=0.817$ (L11)

[0624] (12) $vdh4=33.46$ (L407)

[0625] (13) $vdp1=82.57$ (L12)

[0626] (14) $vdp4=82.57$ (L401)

[0627] 图17A、17B和17C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第七示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图17A处于广角端状态,图17B处于中间焦距状态,以及图17C处于远摄端状态。

[0628] 如从各个图可以看出,根据本示例的变倍光学系统由于对从广角端状态到远摄端状态的各种像差的良好校正,示出极好光学性能。

[0629] (第八示例)

[0630] 图18A、18B和18C是示出根据本申请的第四实施例的第八示例的变倍光学系统的截面图,其中,图18A示出广角端状态的截面图,图18B示出中间焦距状态的截面图,以及图18C示出远摄端状态的截面图。

[0631] 根据本示例的变倍光学系统按从物体侧的顺序,由具有正屈光力的第一透镜组G1、具有负屈光力的第二透镜组G2、具有正屈光力的第三透镜组G3和具有正屈光力的第四透镜组G4构成。

[0632] 第一透镜组G1按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜

L11与双凸正透镜L12胶合构造的胶合透镜,以及具有面向物体侧的凸表面的平凸透镜L13组成。

[0633] 第二透镜组G2按从物体侧的顺序,由具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L21、具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L22、双凸正透镜L23与具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L24胶合构成的胶合透镜组成。同时,负弯月透镜L21是其物体侧透镜表面具有树脂层的复合型非球面透镜。

[0634] 第三透镜组G3按从物体侧的顺序,由通过具有面向物体侧的凸表面的负弯月透镜L31与双凸正透镜L32胶合构造的胶合透镜组成。

[0635] 第四透镜组G4按从物体侧的顺序,由通过双凸正透镜L401与具有面向像侧的凸表面的负弯月透镜L402胶合构造的胶合透镜、通过具有面向物体侧的凹表面的正弯月透镜L403与双凹负透镜L404胶合构造的胶合透镜、双凸正透镜L405、通过双凸正透镜L406与双凹负透镜L407胶合构造的胶合透镜、通过双凸正透镜L408与具有面向像侧的凸表面的负弯月透镜L409构造的胶合透镜以及具有面向物体侧的凹表面的负弯月透镜L410组成。同时,负弯月透镜L404是非球面成形其像侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜,以及负弯月透镜L410是非球面成形其像侧透镜表面的玻璃模制型非球面透镜。

[0636] 顺便提一下,在根据本示例的变倍光学系统中,能在第四透镜组G4和像平面I之间设置低通滤波器和用于传感器的玻璃盖。

[0637] 在根据本示例的变倍光学系统中,通过沿光轴使第一透镜组G1至第四透镜组G4移向物体侧以及通过第四透镜组G4,在本体中移动孔径光阑S,使得增加第一透镜组G1与第二透镜组G2之间的距离、减小第二透镜组G2与第三透镜组G3之间的距离、第三透镜组G3与第四透镜组G4之间的距离从广角端状态到中间焦距状态增加,而从中间焦距状态到远摄端状态减小,以及孔径光阑S与第三透镜组G3之间的距离从广角端状态到中间焦距状态增加,而从中间焦距状态到远摄端状态减小,实现从广角端状态变焦到远摄端状态。

[0638] 下表8示出根据本示例的变倍光学系统的各种值。

[0639] (表8) 第八示例

[0640] [表面数据]

	m	r	d	nd	vd
	OP	∞			
[0641]	1	145.1831	1.7000	2.001000	29.14
	2	36.6390	8.1000	1.497820	82.57
	3	-399.3519	0.1000		
	4	43.2076	6.0000	1.883000	40.66
	5	∞	d5		

*6	436.5967	0.1000	1.553890	38.09
7	87.0031	1.1000	1.834810	42.73
8	8.3001	5.3500		
9	-12.6073	1.0000	1.755000	52.34
10	-32.7993	0.8000		
11	41.1197	2.9500	1.808090	22.74
12	-19.6043	0.9000	1.883000	40.66
13	-73.1316	d13		
14	∞	d14		孔径光阑S
15	22.3725	0.9000	1.902650	35.73
16	12.2299	3.4500	1.670030	47.14
17	-59.6992	d17		
[0642]				
18	13.7390	3.6000	1.497820	82.57
19	-24.8201	0.9000	2.000690	25.46
20	-270.0138	2.2000		
21	-117.0547	2.0500	1.846660	23.80
22	-15.9850	1.0000	1.773770	47.25
*23	24.1750	2.0836		
24	66.3654	2.8000	1.568830	56.00
25	-15.4473	0.1000		
26	44.9939	2.7500	1.517420	52.20
27	-15.2012	0.9000	1.903660	31.27
28	29.9926	0.3000		
29	14.6093	5.0500	1.672700	32.19
30	-9.1997	0.9000	2.000690	25.46
31	-24.3892	1.4000		

	32	-12.8617	1.0000	1.851350	40.10
[0643]	*33	-27.4946	BF		
	I		∞		
[0644]	[非球面表面数据]				
	m	6			
	κ	20.0000			
	A4	9.17458E-05			
	A6	-6.51986E-07			
	A8	2.69890E-09			
	A10	-1.23751E-11			
	m	23			
	κ	0.4823			
[0645]	A4	-7.24815E-06			
	A6	-3.60139E-07			
	A8	4.05630E-09			
	A10	0.00000E+00			
	m	33			
	κ	-20.0000			
	A4	-1.22780E-04			
	A6	8.28360E-07			
	A8	-6.05245E-09			
	A10	-9.88805E-11			
[0646]	[各种数据]				
[0647]	变倍比	9.42			

	W	T	
f	10.30	~	96.99
FNO	4.12	~	5.81
ω	40.44	~	4.73°
Y	8.19	~	8.19
	W	M	T
f	10.30260	30.00000	96.99284
[0648] ω	40.44283	14.85841	4.72723
FNO	4.12	5.48	5.81
ϕ	8.12	8.12	9.70
TL	103.02710	121.37977	143.32397
d5	2.10606	20.13084	40.20889
d13	19.66416	6.24359	1.80000
d14	4.27874	4.97381	1.80000
d17	3.43763	2.74256	5.91637
BF	14.05688	27.80535	34.11509
[0649] [透镜组数据]			
	ST	f	
G1	1	64.09778	
[0650] G2	6	-10.16794	
G3	15	31.06055	
G4	18	67.05869	
[0651] [条件式的值]			
[0652] (7) ndh=2.001 (L11)			
[0653] (8) vdh=29.14 (L11)			
[0654] (9) f1/(-f2)=6.31			
[0655] (10) (-f2)/f3=0.327			
[0656] (11) fh/f1 =0.770 (L11)			
[0657] (13) vdp1=82.57 (L12)			
[0658] (14) vdp4=82.57 (L401)			

[0659] 图19A、19B和19C是示出在聚焦于无穷远物体时,根据本申请的第八示例的变倍光学系统的各种像差的图,其中,图19A处于广角端状态,图19B处于中间焦距状态,以及图19C

处于远摄端状态。

[0660] 如从各个图可以看出,根据本示例的变倍光学系统由于对从广角端状态到远摄端状态的各种像差的良好校正,示出极好光学性能。

[0661] 根据第四至第八示例,能实现小型化并且具有高光学性能的变倍光学系统。

[0662] 顺便提一下,上述示例分别仅示出了本申请的发明的具体示例,因此,本发明不限于此。下述描述可以适当地用在不劣化根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统的光学性能的限制内。

[0663] 作为根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统的数值示例,尽管已经示出了具有四透镜组和五透镜组结构的变焦透镜,但本申请不限于它们,而是能应用于其他透镜结构,诸如6透镜组结构。具体地,将透镜或透镜组添加到最物体侧,或根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统的最像侧的透镜结构是可能的。顺便提一下,将透镜组定义为包括由空气间隔分开的至少一个透镜的部分。

[0664] 在根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统中,为了改变从无穷远物体聚焦到近物体,可以沿光轴,移动透镜组的一部分、单一透镜组或多个透镜组,作为聚焦透镜组。特别优选至少移动第二透镜组的一部分、第三透镜组的一部分或第四透镜组的一部分,作为聚焦透镜组。在这种情况下,聚焦透镜组能用于自动对焦,并且适合于由电机,诸如超声电机驱动。

[0665] 此外,在根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统中,可以移动作为整体的透镜组或透镜组的一部分,作为减振透镜组来在垂直于光轴的方向中具有分量,或在包括光轴的方向中倾斜(摇动),由此校正由相机抖动引起的图像模糊。特别地,优选至少使第三透镜组的一部分或第四透镜组的一部分作为减振透镜组。

[0666] 在根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统中,任何透镜表面可以是球面表面、平面或非球面表面。当透镜表面是球面或平面时,透镜加工、组装和调节变得容易,以及能防止由透镜加工、组装和调节误差引起的光学性能的劣化,因此是优选的。此外,即使平移像平面,光学性能的劣化小,因此是优选的。当透镜表面是非球面表面时,可以通过精细研磨工艺、通过模具,将玻璃材料成形为非球面形状的玻璃模制工艺,或将树脂材料成形为玻璃透镜表面上的非球面形状的复合型工艺,可以制作非球面表面。透镜表面可以是衍射光学表面,并且透镜可以是渐变折射率型透镜(GRIN透镜)或塑料透镜。

[0667] 在根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统中,尽管孔径光阑优选设置在第三透镜组中或第三透镜组的附近,可以由透镜框替代该功能,而不设置作为孔径光阑的构件。

[0668] 此外,由根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统构成的透镜的透镜表面可以应用有在宽波长范围中,具有高透射比的防反射涂层。通过本发明,通过减少耀斑和幻像,易于获得高对比度和高光学性能。

[0669] 在根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统中,变倍比为约5至20。

[0670] 接着,参考图20,将说明作为具有根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统的光学装置的相机。

[0671] 图20是示出具有根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统的相机的结构的视图。

[0672] 在图20中,相机1是具有作为成像透镜2的根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统的透镜互换型的所谓的无反光镜相机。

[0673] 在相机1中,从未示出的物体出射的光通过OLPF(光学低通滤波器),由成像镜头2会聚,,并且在成像部3的成像表面上形成物体图像。物体图像由在成像部3中提供的光电转换元件进行光电转换,以便形成物体的图片。该图片显示在EVF(电子取景器)4上。由此,拍摄者能通过EVF 4观察该物体。

[0674] 当拍摄者按下未示出的快门按钮时,将由成像部3形成的物体的图片存储在未示出的存储器中。以这种方式,拍摄者能通过相机1,拍摄物体的图片。

[0675] 在此,安装在相机1中,作为成像透镜2的根据第一示例的变倍光学系统是具有良好光学性能的变倍光学系统。因此,相机1能实现良好光学性能。此外,即使将根据第二至第八示例的变倍光学系统安装在相机中,作为成像透镜2,也能获得与相机1相同的效果。此外,即使将根据上述示例的每一个的变倍光学系统安装在具有快速返回反光镜的类型的单镜头反射相机中并且通过取景器光学系统,观察物体,也能获得与相机1相同的效果。

[0676] 最后,将参考图21至图24,描述用于制造根据本申请的第一至第四实施例的变倍光学系统的方法的概要。

[0677] 图21中所示的制造根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的方法是制造变倍光学系统的方法,该变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组,并且该方法包括下述步骤S11至S14。

[0678] 步骤S11:在透镜筒中,按从物体侧的顺序,设置每一透镜组和孔径光阑,并且通过在透镜筒中提供已知移动机构,构造成在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使后透镜组移向物体侧,并且改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离和第三透镜组和后透镜组之间的距离。

[0679] 步骤S12:在透镜筒中提供已知移动机构并且构造成在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,在光轴的方向中整体移动第三透镜组。

[0680] 步骤S13:提供已知移动机构并且构造后透镜组的至少一部分以便移动以在垂直于光轴的方向中具有分量,作为减振透镜组。

[0681] 步骤S14:构造成减振透镜组具有负屈光力。

[0682] 由此,制造根据本申请的第一实施例的变倍光学系统的方法使得可以制造具有高变倍比、小型化和良好光学性能的变倍光学系统。

[0683] 图22所示,制造根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的方法是制造变倍光学系统的方法,该变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组,并且该方法包括下述步骤S21至S25。

[0684] 步骤S21:按从物体侧的顺序,在透镜筒中设置各个透镜组,并且通过在透镜筒中提供已知移动机构,构造成在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使第一透镜组和后透镜组移向物体侧,并且改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离和第三透镜组和后透镜组之间的距离。

[0685] 步骤S22:在透镜筒中提供已知移动机构并且构造成在从无穷远物体聚焦到近距

离物体时,在光轴的方向中整体移动第三透镜组。

[0686] 步骤S23:提供已知移动机构并且构造后透镜组的至少一部分以便移动以在垂直于光轴的方向中具有分量,作为减振透镜组。

[0687] 步骤S24:构造成减振透镜组具有负屈光力。

[0688] 步骤S25:构造成第三透镜组和减振透镜组满足下述条件式(3):

$$[0689] \quad 0.20 < (-f_{VR}) / f_3 < 1.20 \quad (3)$$

[0690] 其中, f_{VR} 表示减振透镜组的焦距,以及 f_3 表示第三透镜组的焦距。

[0691] 由此,制造根据本申请的第二实施例的变倍光学系统的方法使得可以制造具有高变倍比、小型化和具有良好光学性能的变倍光学系统。

[0692] 图23中所示,制造根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的方法是制造变倍光学系统的方法,该变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、孔径光阑、具有正屈光力的第三透镜组,和后透镜组,并且该方法包括下述步骤S31至S33:

[0693] 步骤S31:构造成第三透镜组由通过正透镜和负透镜构造的胶合透镜构成。

[0694] 步骤S32:按从物体侧的顺序,在透镜筒中,设置每一透镜组和孔径光阑,并且通过在透镜筒中提供已知移动机构,构造成在从广角端状态变焦到远摄端状态时,至少使后透镜组移向物体侧,并且改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离,以及第三透镜组和后透镜组之间的距离。

[0695] 步骤S33:在透镜筒中提供已知移动机构并且构造成在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,使第三透镜组在光轴的方向中整体移动。

[0696] 由此,制造根据本申请的第三实施例的变倍光学系统的方法使得可以制造具有高变倍比、小型化和具有良好光学性能的变倍光学系统。

[0697] 图24中所示,制造根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的方法是制造变倍光学系统的方法,该变倍光学系统按从物体侧的顺序,包括:具有正屈光力的第一透镜组、具有负屈光力的第二透镜组、具有正屈光力的第三透镜组和具有正屈光力的第三透镜组,并且该方法包括下述步骤S41至S42:

[0698] 步骤S41:按从物体侧的顺序,将每一透镜组设置在透镜筒中,使得该变倍光学系统具有满足下述条件式(7)和(8)的至少一个透镜:

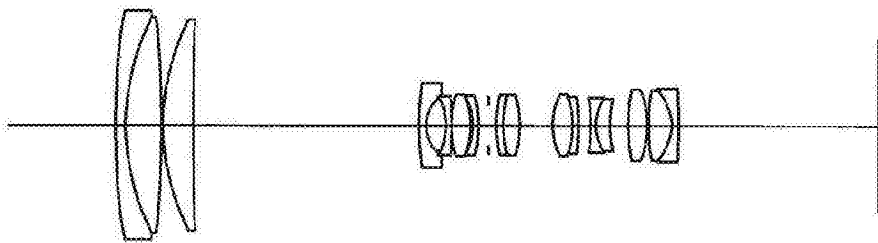
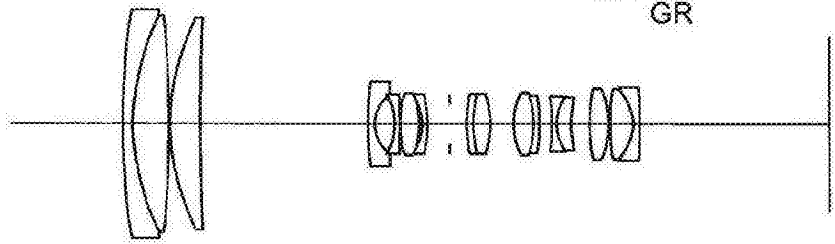
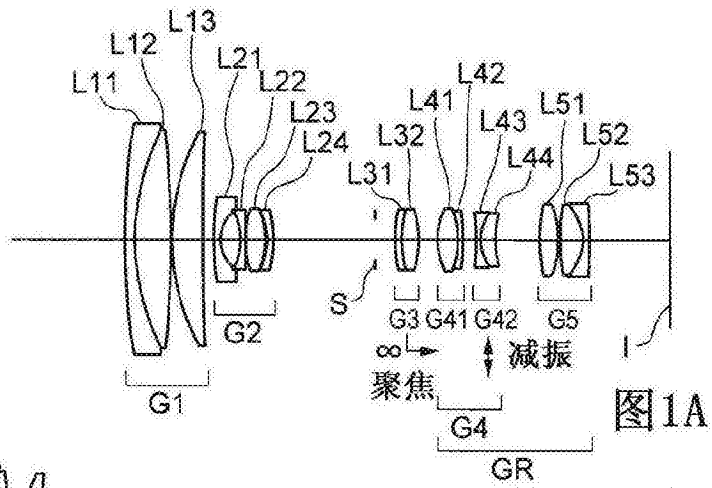
$$[0699] \quad 1.928 < n_{dh} \quad (7)$$

$$[0700] \quad 28.60 < v_{dh} \quad (8)$$

[0701] 其中, n_{dh} 表示所述透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的折射率,以及 v_{dh} 表示所述透镜的d线(波长 $\lambda=587.6\text{nm}$)处的阿贝数。

[0702] 步骤S42:在透镜筒中提供已知移动机构并且构造成在从无穷远物体聚焦到近距离物体时,改变第一透镜组和第二透镜组之间的距离、第二透镜组和第三透镜组之间的距离和第三透镜组和第四透镜组之间的距离。

[0703] 由此,制造根据本申请的第四实施例的变倍光学系统的方法使得可以制造小型化并且具有良好光学性能的变倍光学系统。



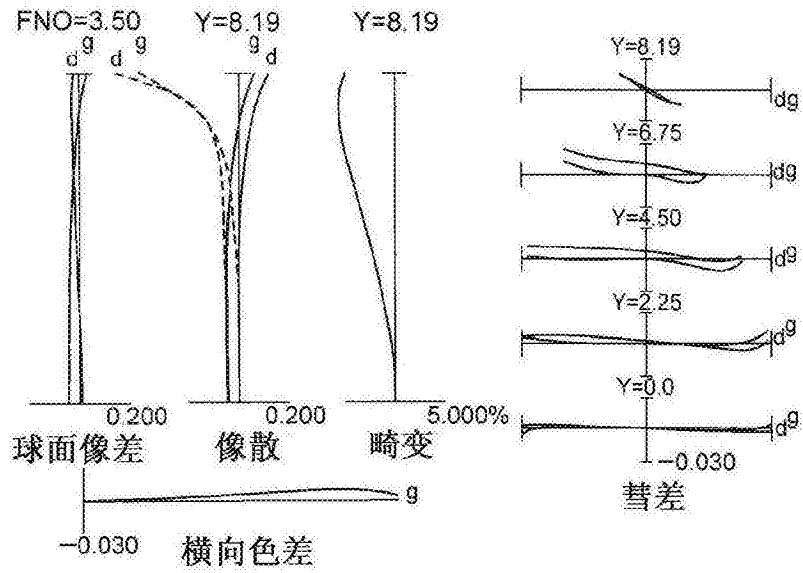


图2A

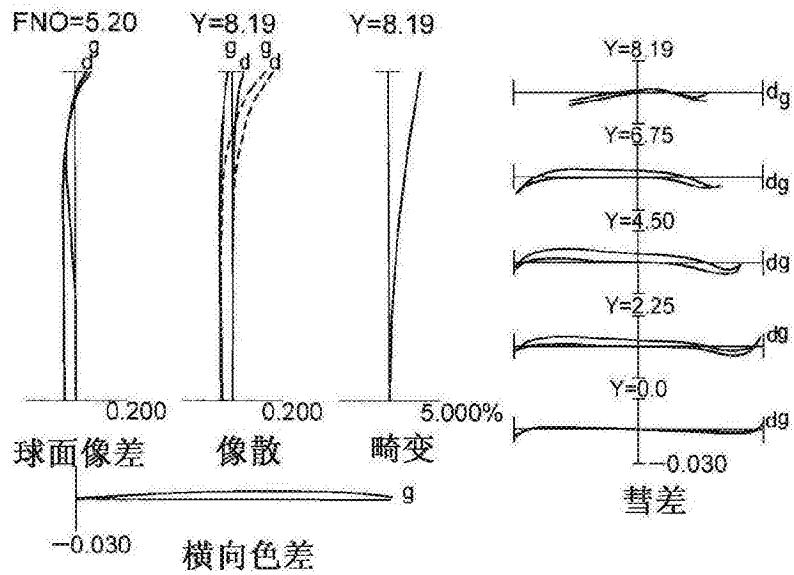


图2B

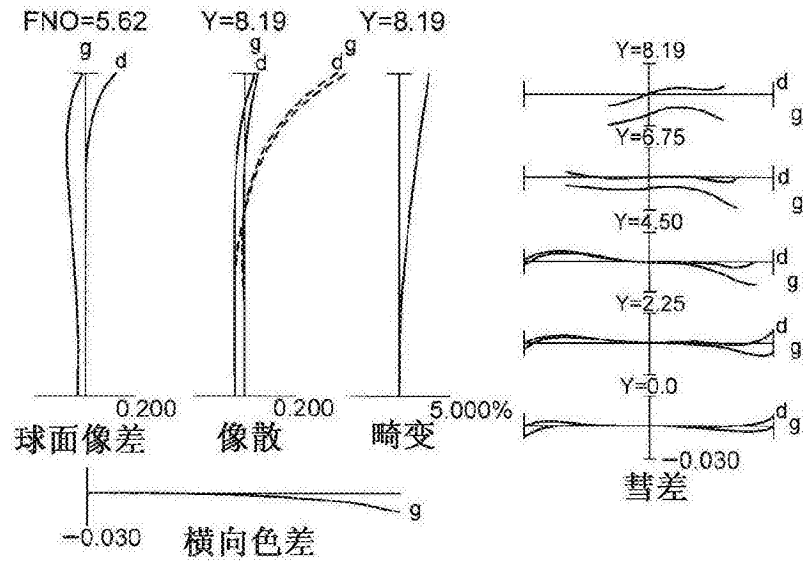


图2C

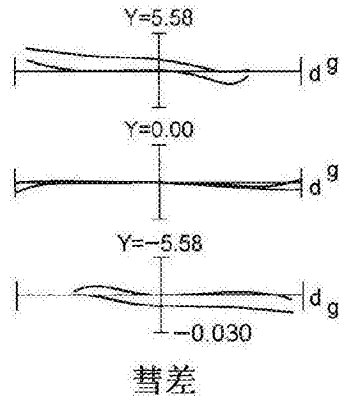


图3A

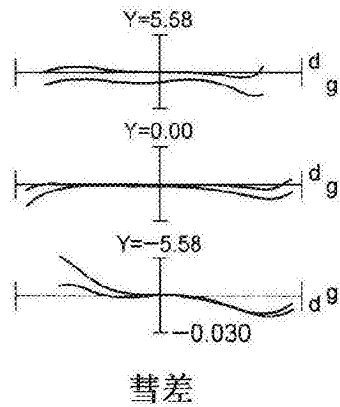


图3B

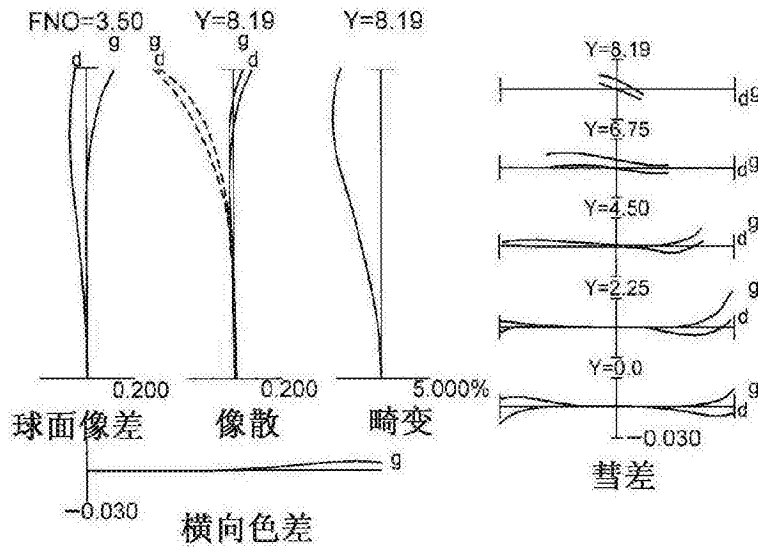
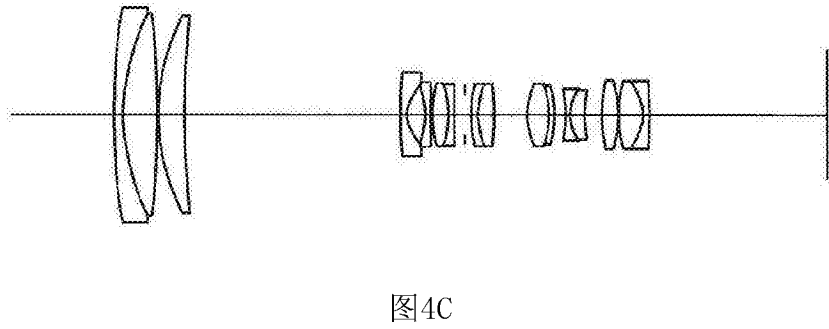
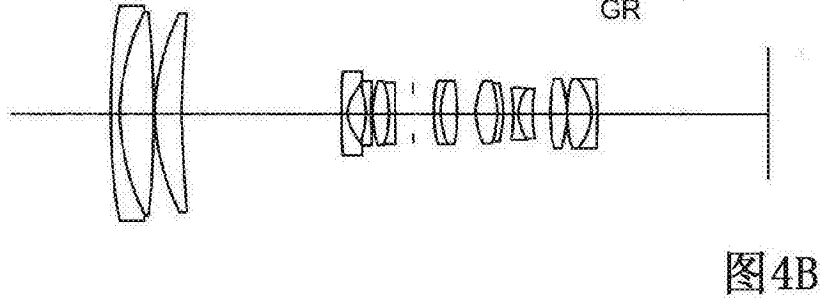
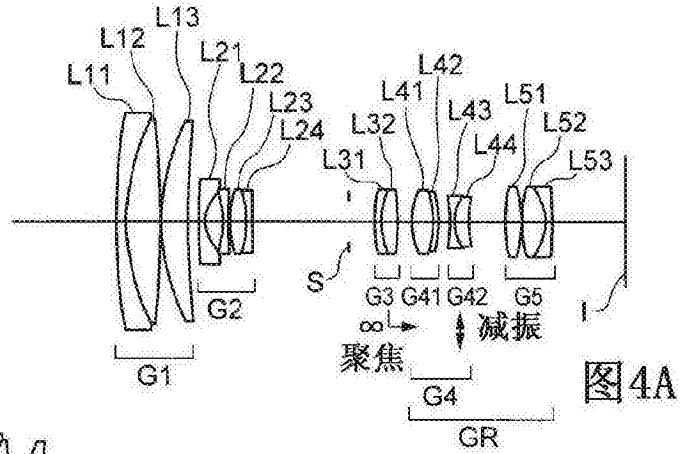


图5A

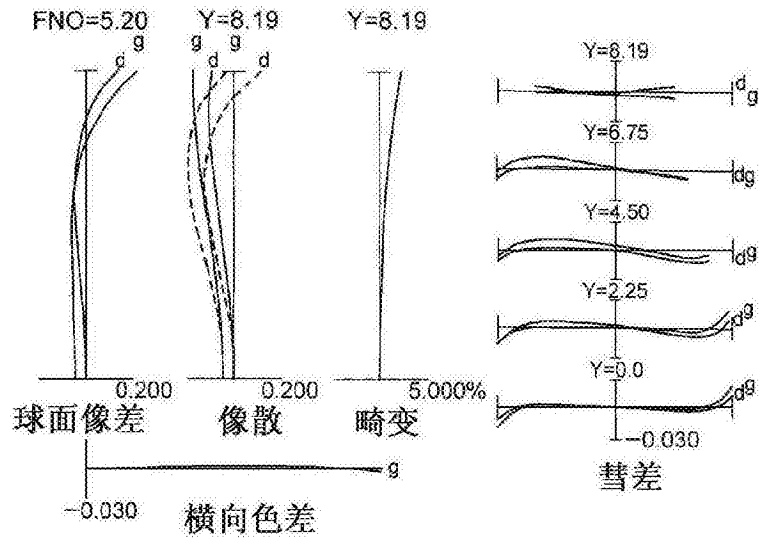


图5B

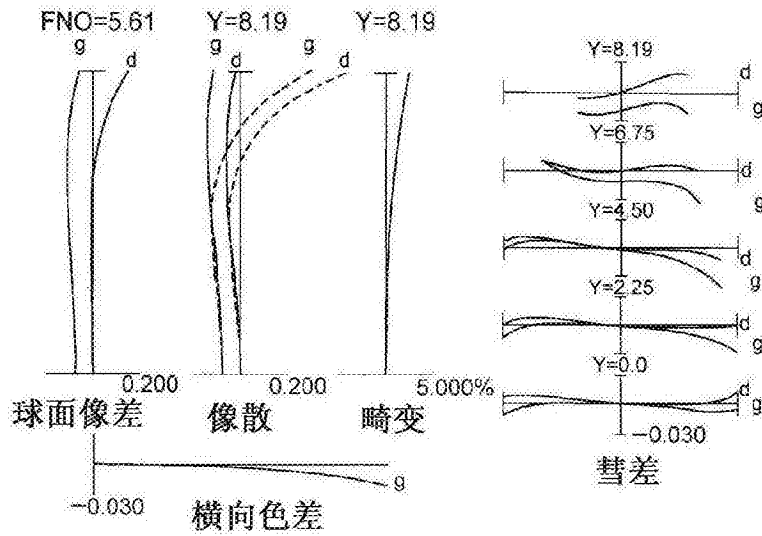


图5C

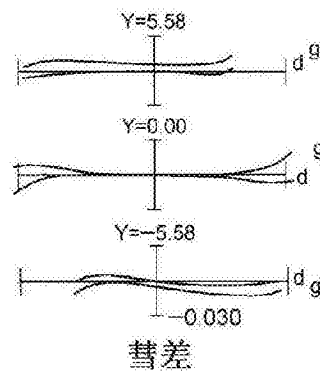
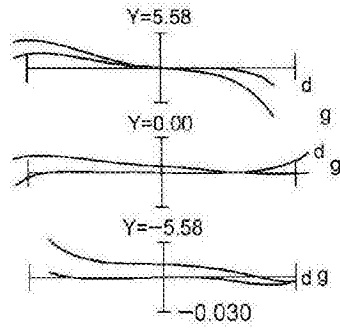


图6A



彗差

图6B

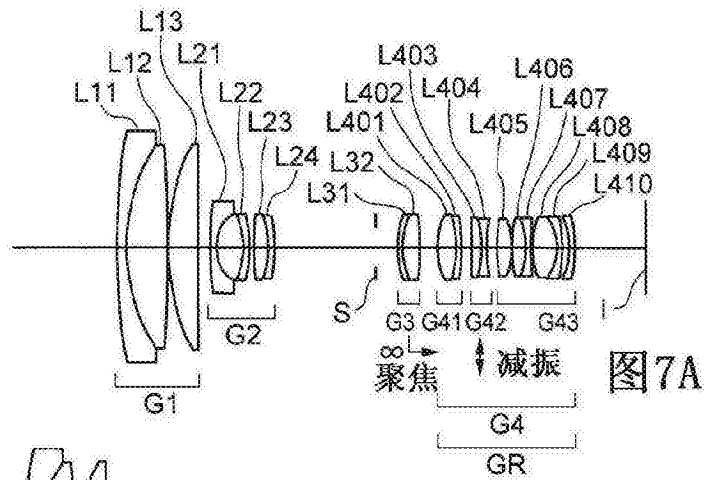


图7A

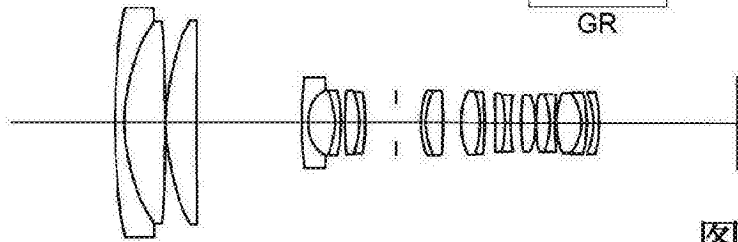


图7B

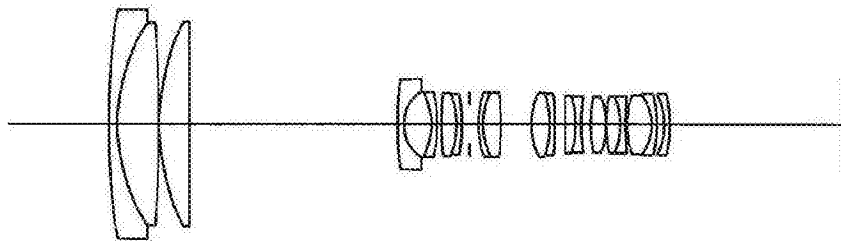


图7C

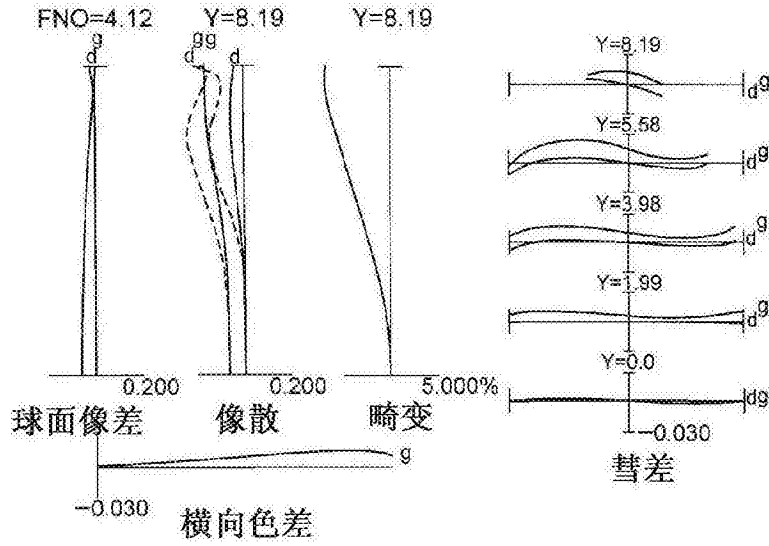


图8A

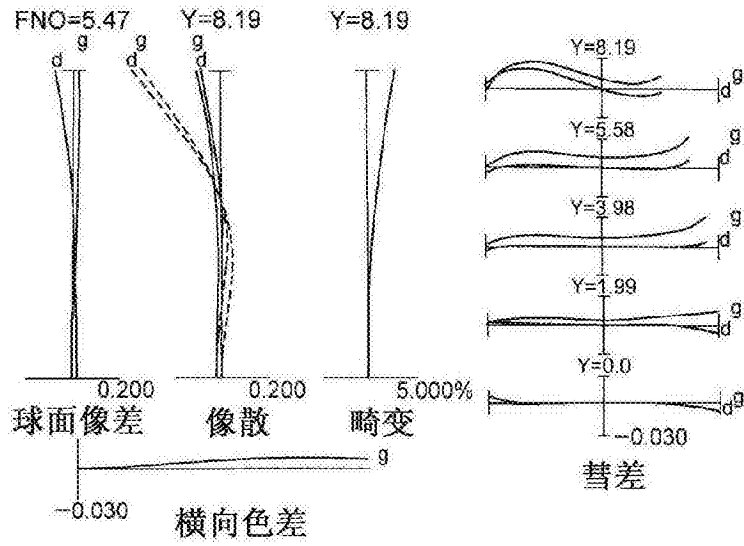


图8B

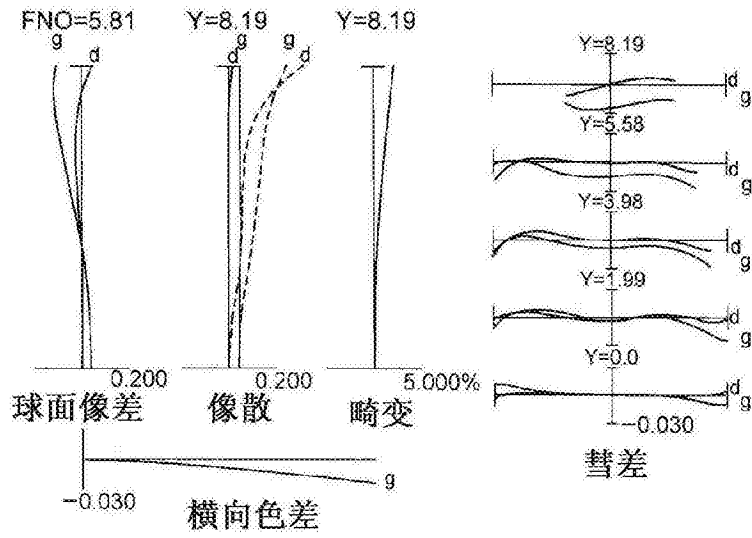


图8C

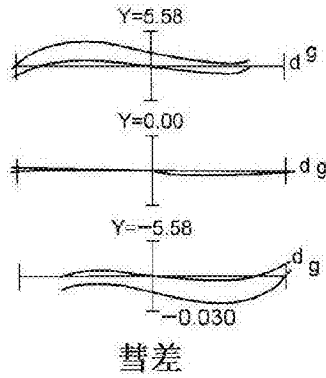


图9A

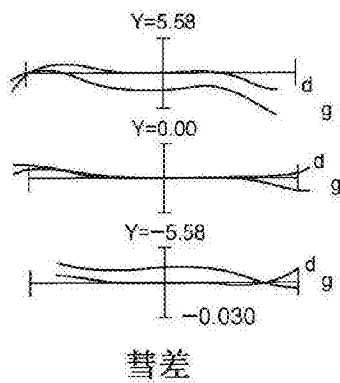


图9B

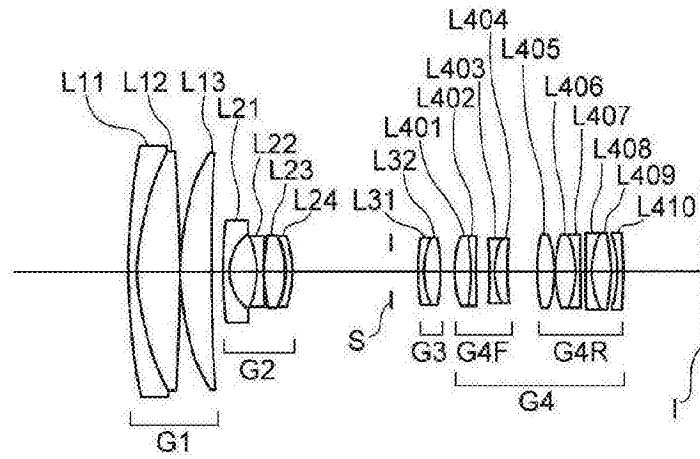


图10A

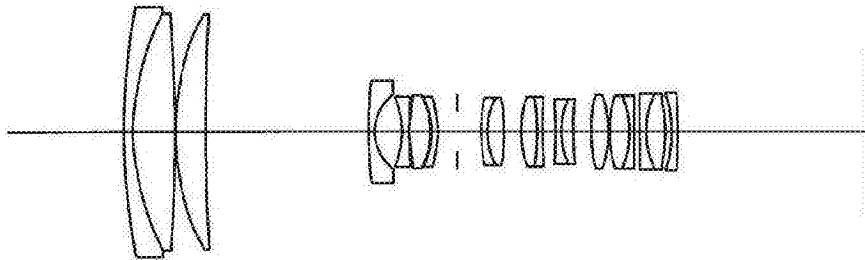


图10B

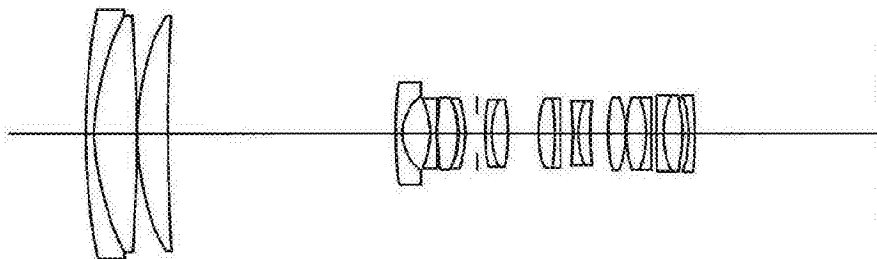


图10C

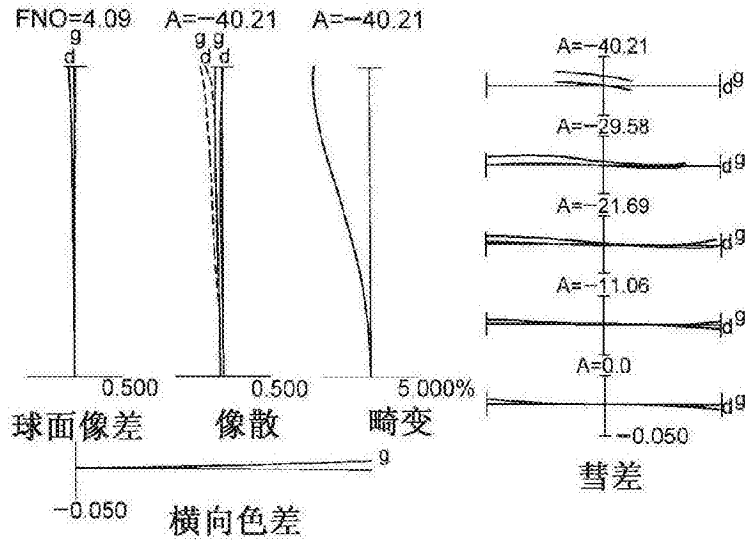


图11A

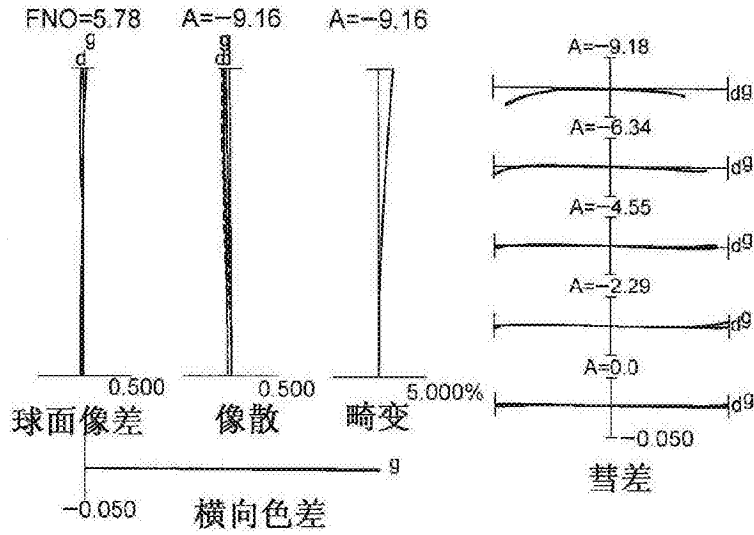


图11B

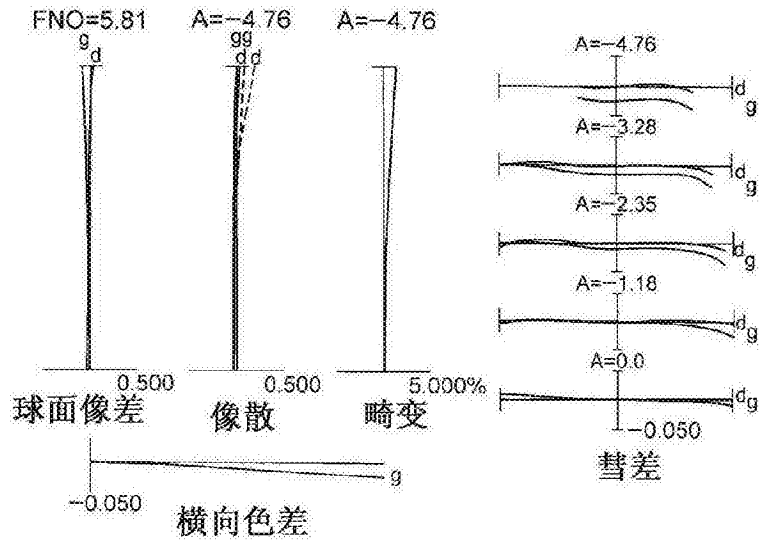


图11C

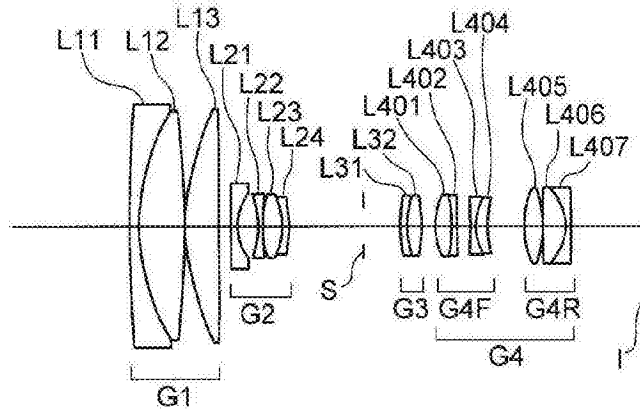


图12A

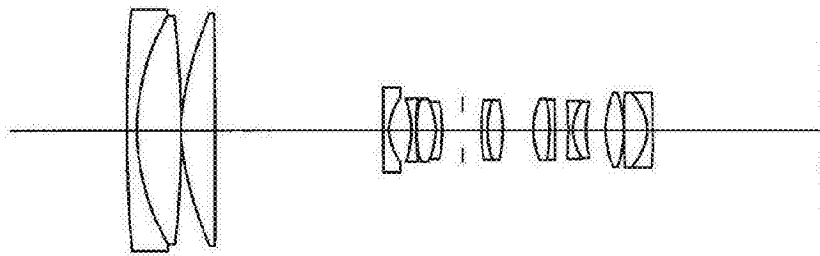


图12B

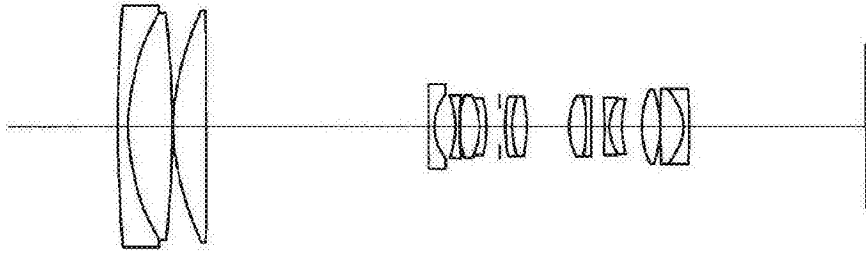


图12C

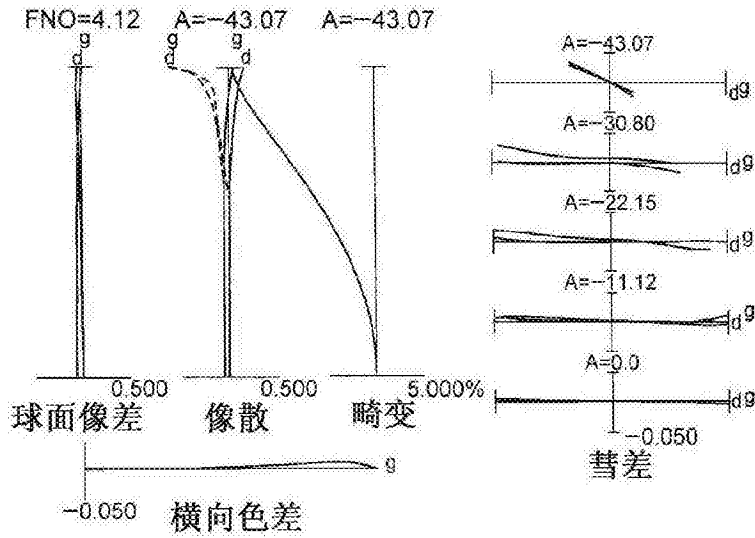


图13A

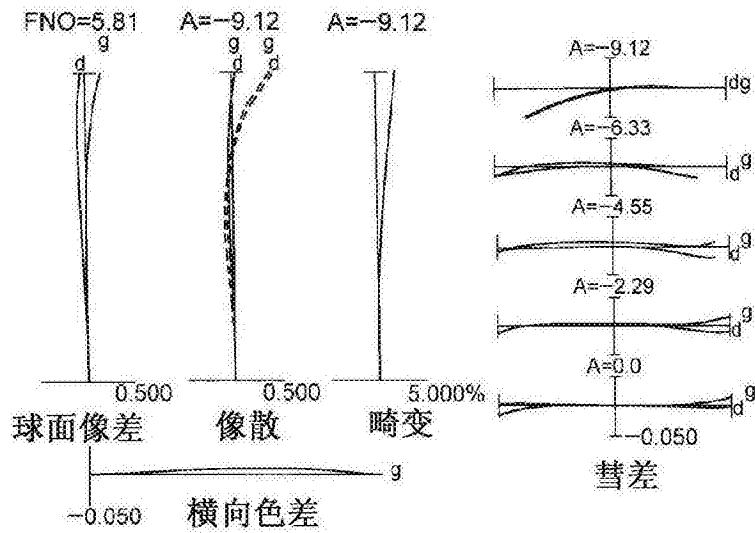


图13B

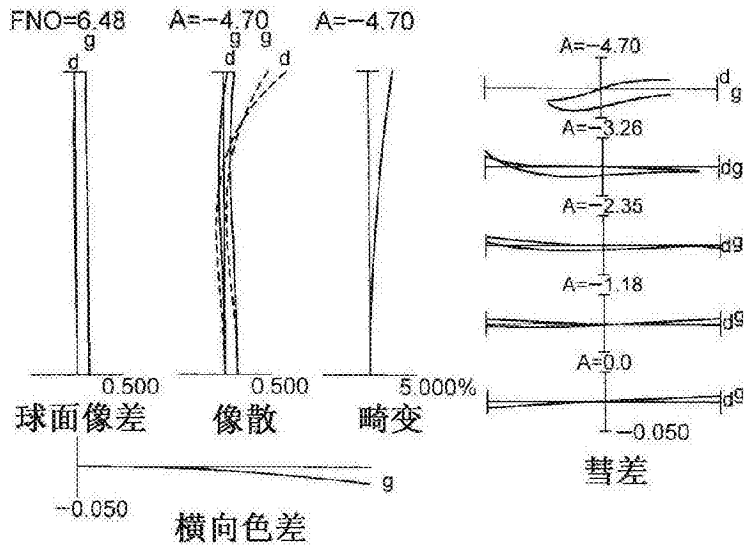


图13C

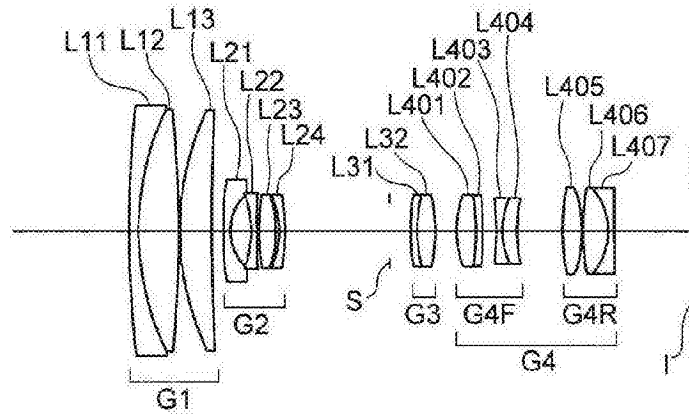


图14A

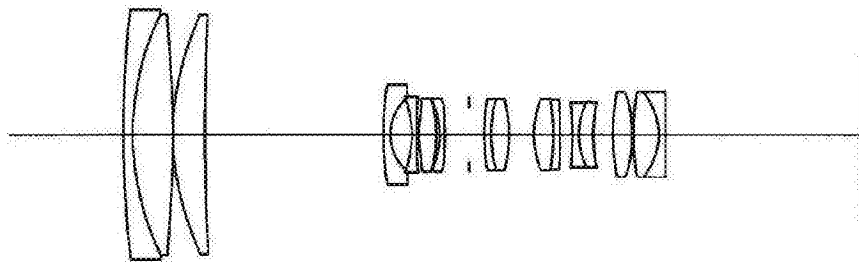


图14B

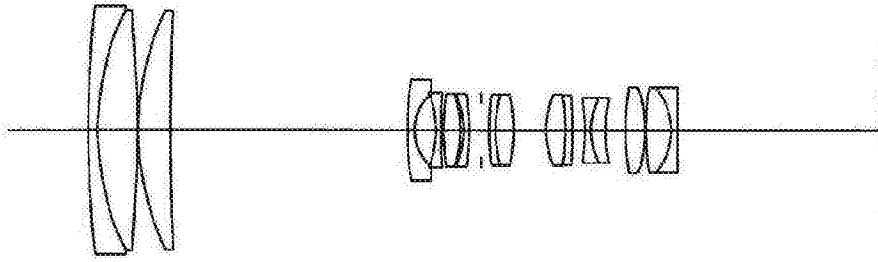


图14C

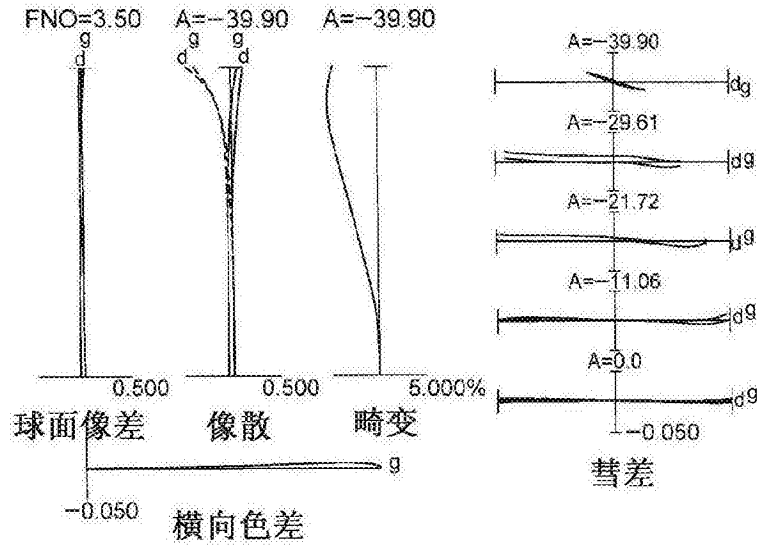


图15A

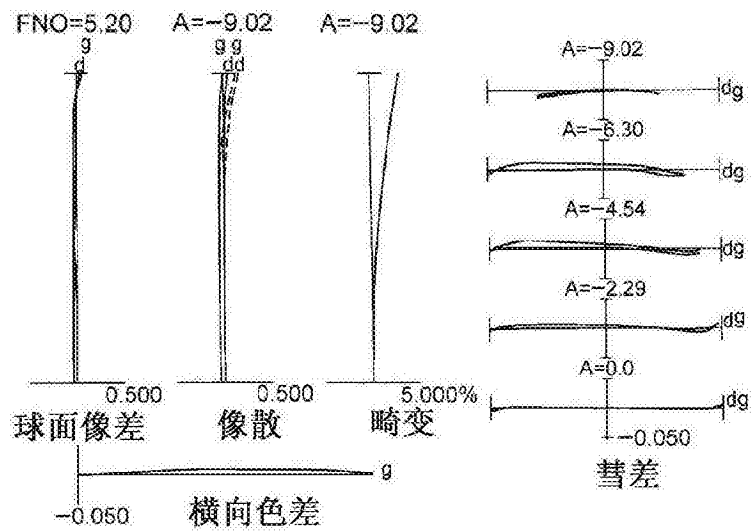


图15B

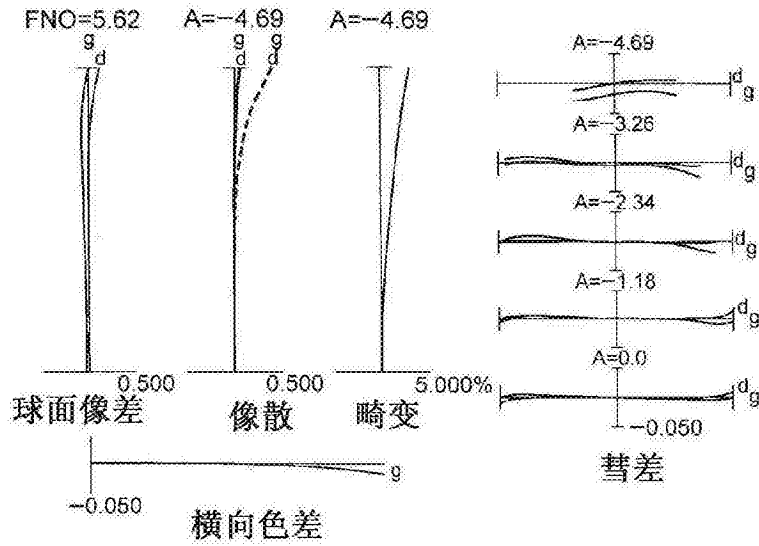


图15C

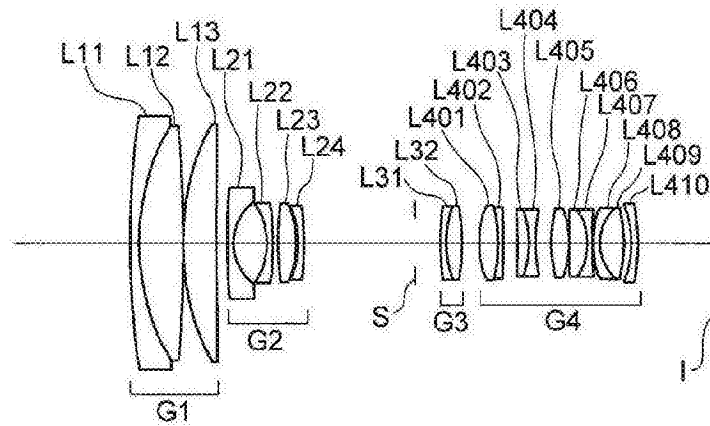


图16A

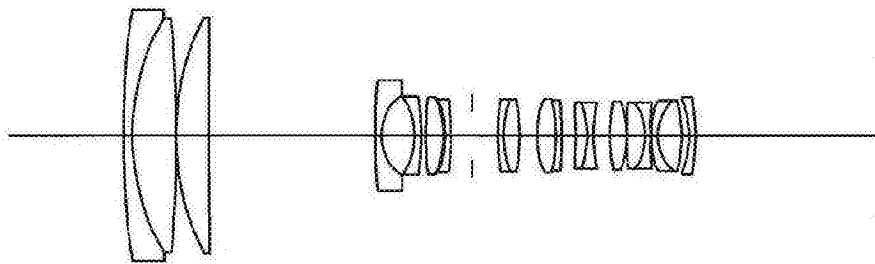


图16B

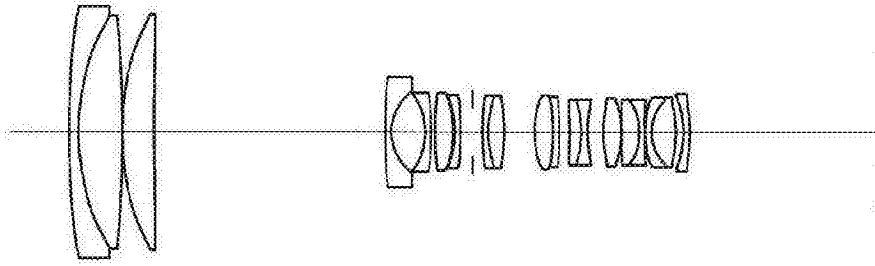


图16C

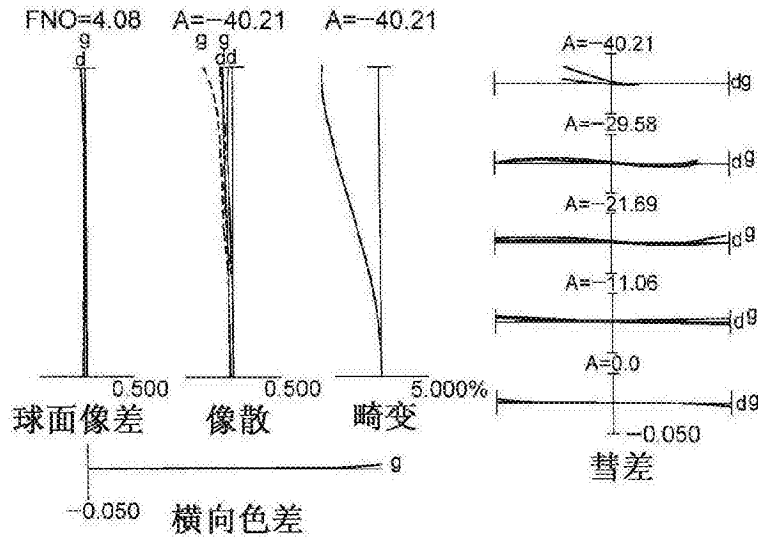


图17A

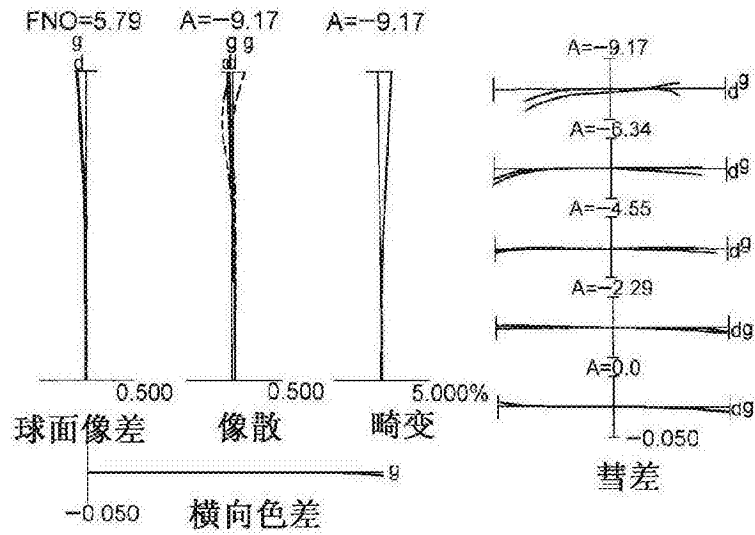


图17B

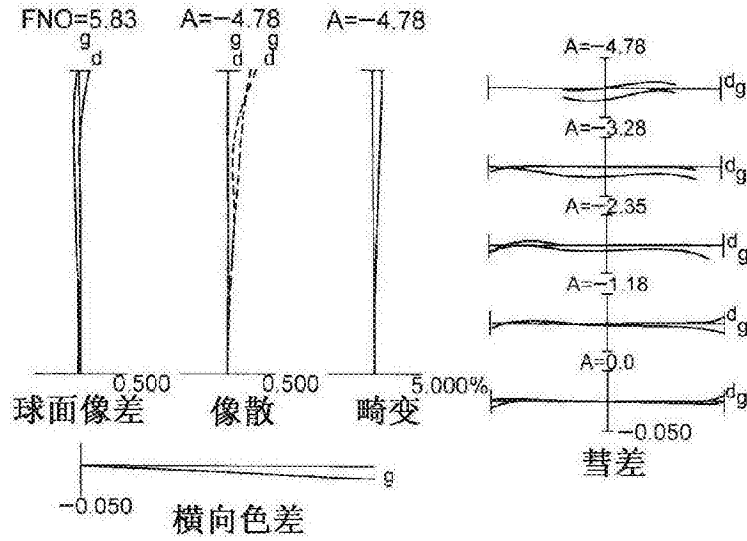


图17C

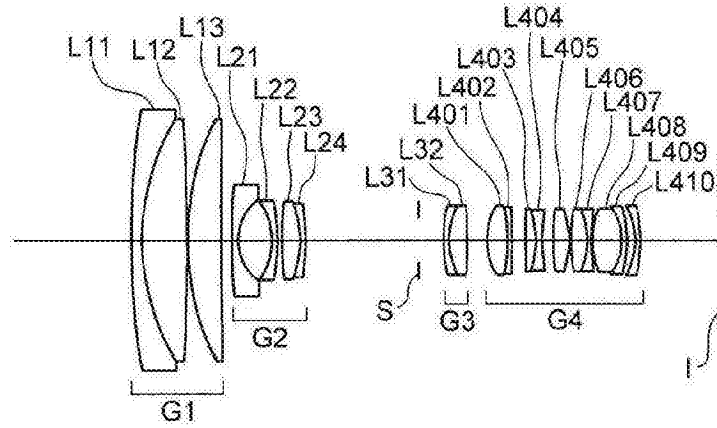


图18A

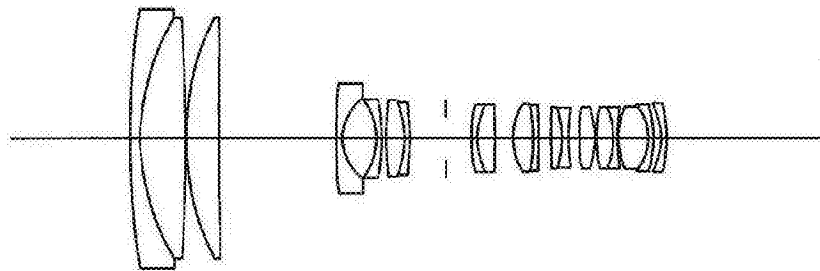


图18B

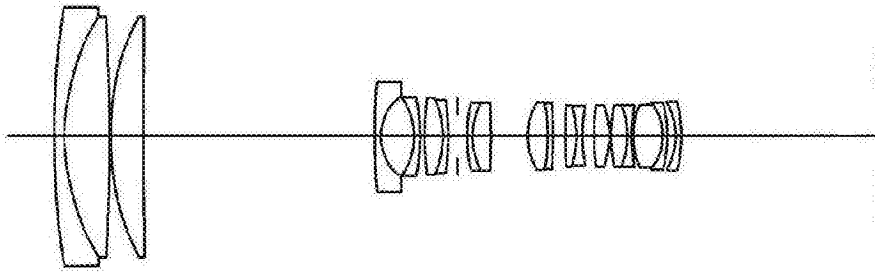


图18C

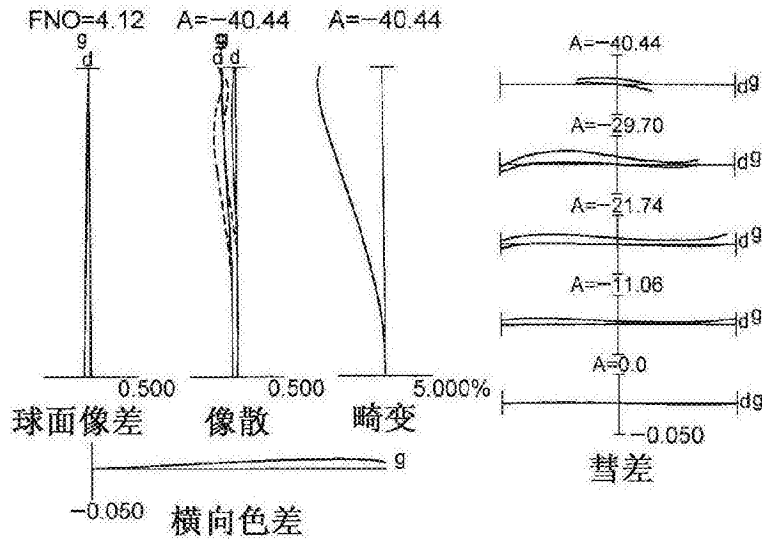


图19A

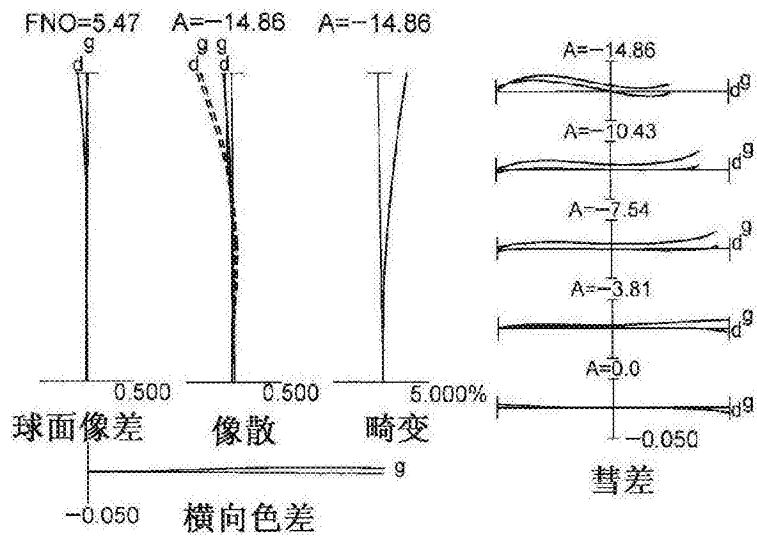


图19B

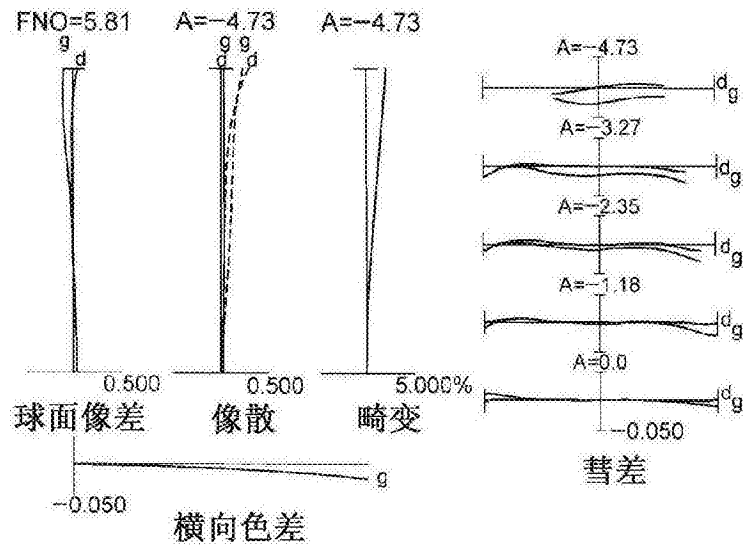


图19C

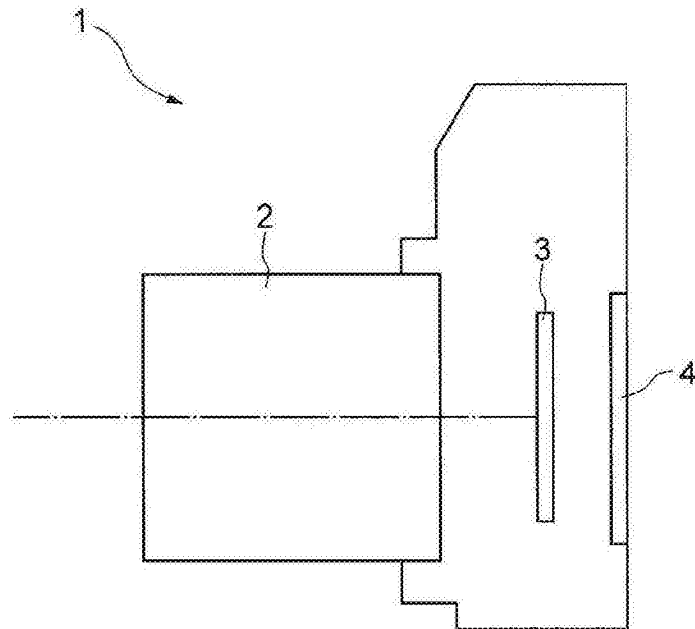


图20

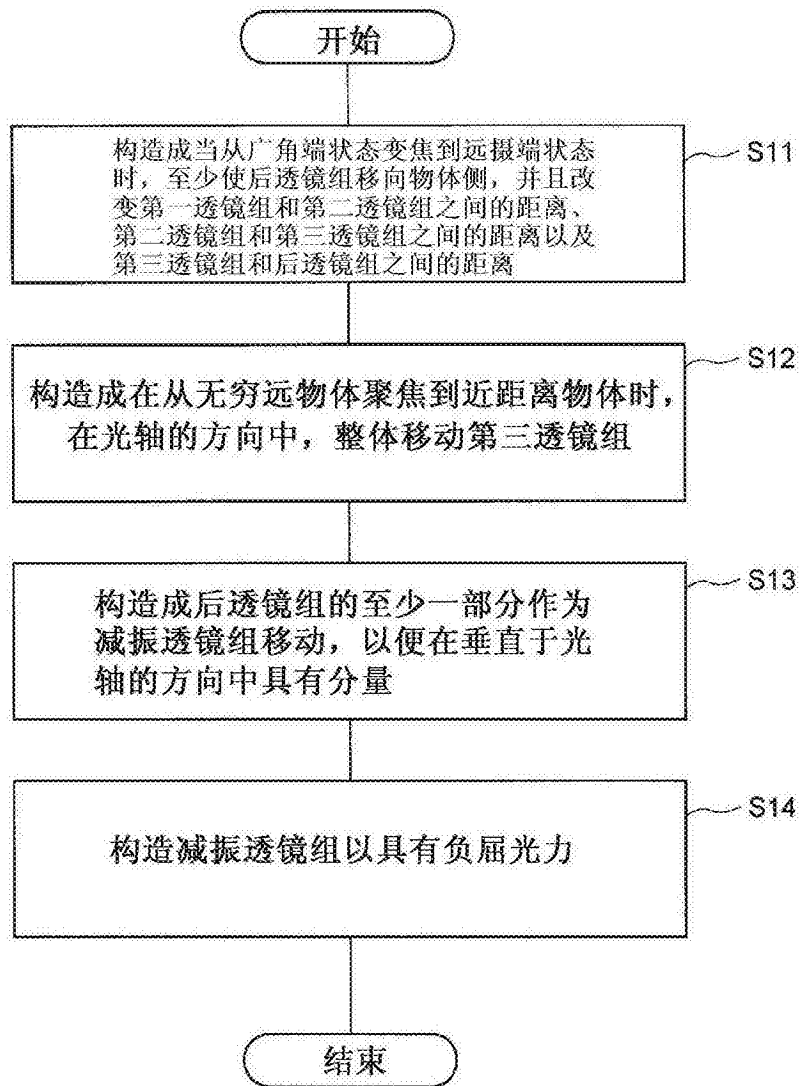


图21

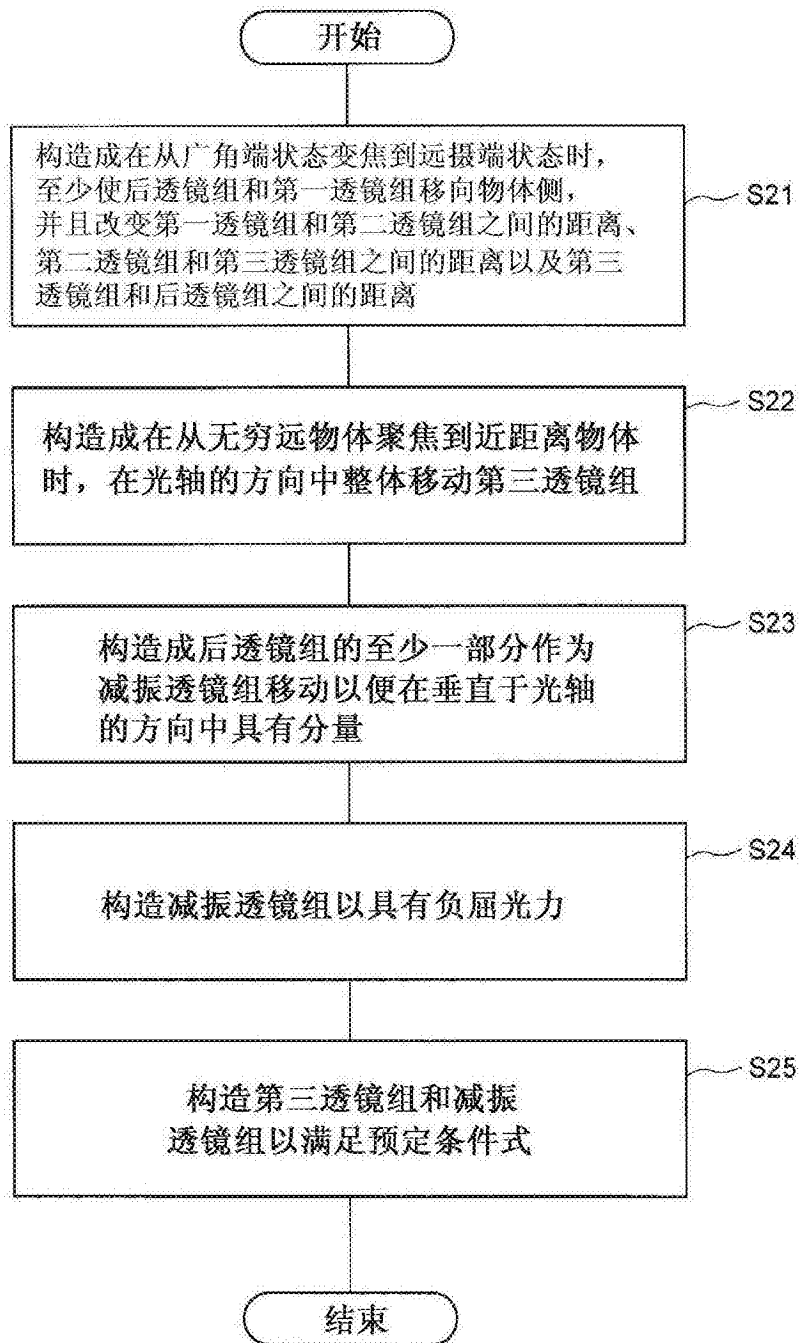


图22

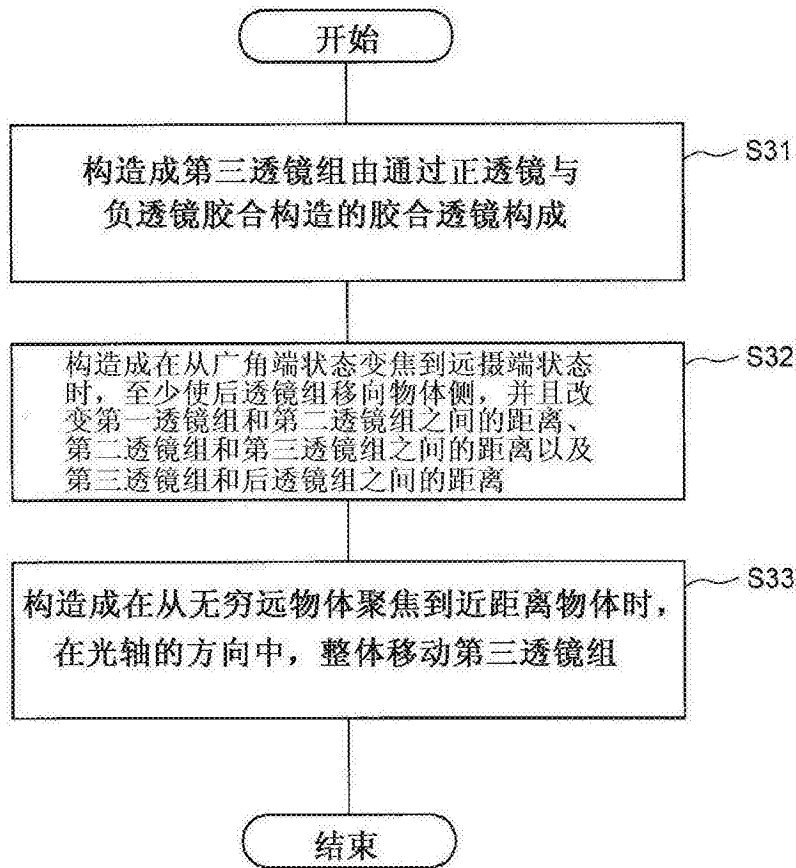


图23

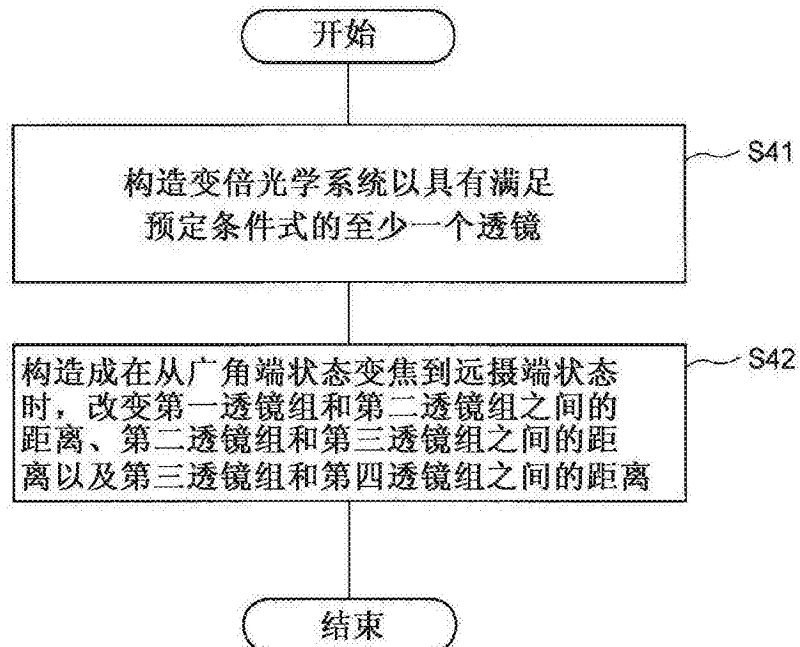


图24