



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102346292 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201110216839. 5

(22) 申请日 2011. 07. 29

(30) 优先权数据

2010-169991 2010. 07. 29 JP

(73) 专利权人 富士胶片株式会社

地址 日本国东京都

(72) 发明人 青井敏浩

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 杨静

(51) Int. Cl.

G02B 15/173(2006. 01)

H04N 5/225(2006. 01)

审查员 杜乃锋

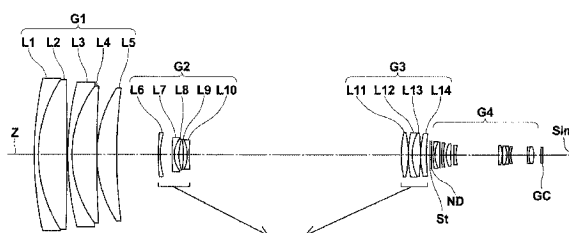
权利要求书2页 说明书24页 附图16页

(54) 发明名称

变焦透镜和成像装置

(57) 摘要

本发明提供了一种变焦透镜,包括正第一透镜组、负第二透镜组、正第三透镜组,和正第四透镜组,这些透镜组从变焦透镜的物体侧以此顺序布置。通过改变第二透镜组与第三透镜组之间的距离来改变变焦透镜的整个系统的焦距。第一透镜组包括两个接合透镜,和正透镜,两个接合透镜和正透镜从物体侧以此顺序布置,每个接合透镜由负凹凸透镜和正透镜从物体侧以此顺序接合在一起而构成。此外,满足与第一透镜组的焦距和整个系统的焦距相关联的预定公式。



1. 一种变焦透镜,包括:

具有正折射能力的第一透镜组;

具有负折射能力的第二透镜组;

具有正折射能力的第三透镜组;以及

具有正折射能力的第四透镜组,所述第一透镜组、第二透镜组、第三透镜组和第四透镜组从变焦透镜的物体侧以此顺序布置,

其中,通过沿变焦透镜的光轴移动第二透镜组和第三透镜组来改变第二透镜组和第三透镜组之间的距离,能够改变变焦透镜的整个系统的焦距,

其中,第一透镜组包括两个接合透镜,和正透镜,所述两个接合透镜和所述正透镜从物体侧以此顺序布置,每个接合透镜由负凹凸透镜和正透镜从物体侧以此顺序接合在一起构成,负凹凸透镜是负透镜,以及

其中,满足以下公式(1):

$$0.14 < fG1/f_t < 0.26 \quad (1), \text{其中,}$$

$fG1$ 是第一透镜组的焦距,以及

f_t 是整个系统在远摄端上的焦距。

2. 根据权利要求1所限定的变焦透镜,其中,满足以下公式(2)和公式(3):

$$v_n > 48 \quad (2); \text{以及}$$

$$v_p > 75 \quad (3), \text{其中}$$

v_n 是包括在第一透镜组中的所有负透镜针对 d 线的阿贝数的平均值,以及

v_p 是包括在第一透镜组中的所有正透镜针对 d 线的阿贝数的平均值。

3. 根据权利要求1所限定的变焦透镜,其中,当第一透镜组中的由负凹凸透镜和正透镜接合在一起所构成的接合透镜中的最靠近物体侧的接合透镜是第一接合透镜,并且第一透镜组中的接合透镜中位于距物体侧第二位置处的接合透镜是第二接合透镜时,满足以下公式(4)和公式(5):

$$\Delta v_1 < 11 \quad (4); \text{以及}$$

$$\Delta v_2 > 50 \quad (5), \text{其中}$$

Δv_1 是组成第一接合透镜的负凹凸透镜与正透镜针对 d 线的阿贝数之间的差的绝对值,以及

Δv_2 是组成第二接合透镜的负凹凸透镜与正透镜针对 d 线的阿贝数之间的差的绝对值。

4. 根据权利要求1所限定的变焦透镜,其中,第一透镜组由五个透镜组成,所述五个透镜是:由负凹凸透镜和正透镜从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜、由负凹凸透镜和正透镜从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜、以及正透镜;所述两个接合透镜和所述正透镜从物体侧以此顺序布置。

5. 根据权利要求1所限定的变焦透镜,其中,第四透镜组包括第一负透镜组和布置在第一负透镜组的图像侧的第二负透镜组,以及

其中,第一负透镜组包括正透镜和负透镜,以及

其中,将第二负透镜组在与光轴相垂直的方向上移动,以补偿摄影图像中的抖动模糊,以及

其中,满足以下公式 (6) :

$$1.5 < f_{4a}/f_{4b} < 3.5 \quad (6), \text{其中}$$

f_{4a} 是第一负透镜组的焦距,以及

f_{4b} 是第二负透镜组的焦距。

6. 根据权利要求 1 所限定的变焦透镜,其中,第二透镜组具有“3 组 5 元件”构造,在该构造中,负凹凸透镜、由负透镜和正透镜从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜、由正透镜和负透镜从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜从物体侧以此顺序布置。

7. 根据权利要求 1 所限定的变焦透镜,其中,以可拆卸的方法将扩展器直接布置在第四透镜组中的第二负透镜组的图像侧,通过将扩展器插入变焦透镜的光路,来将变焦透镜的整个系统的焦距向长焦侧改变。

8. 一种成像装置,包括:

根据权利要求 1 至权利要求 7 中任一权利要求所限定的变焦透镜。

变焦透镜和成像装置

技术领域

[0001] 本发明涉及变焦透镜和成像装置。具体地,本发明涉及具有高可变放大比率的变焦透镜,以及包括该变焦透镜的成像装置,该变焦透镜适合用于用来监测长距离区域的监视摄像机。

背景技术

[0002] 传统地,变焦透镜作为光学系统用于监视摄像机,用来在港口等地监测或观察长距离区域。用于这种目的的变焦透镜需要具有至少 50 倍的高可变放大比率以及高性能。此外,这种变焦透镜需要应对近红外区中的波长从而在夜晚或浓雾中执行照相。此外,由于变焦透镜是高放大比率光学系统,所以期望提供抗振动功能。

[0003] 针对具有高可变放大比率且适合于监测长距离区域的摄像机的变焦透镜,例如,日本未审专利公开 No. 2006-039005(专利文件 1)公开了具有大约 60 倍的可变放大比率的变焦透镜。该透镜系统由正第一透镜组、负第二透镜组、正第三透镜组以及负第四透镜组构成。此外,通过将第二透镜组和第三透镜组沿着变焦透镜的光轴移动可以改变放大率。此外,日本未审专利公开 No. 2008-241884(专利文件 2)公开了具有大约 20 倍的可变放大比率的变焦透镜。在专利文件 2 所公开的透镜系统中,用卓越的方法通过在第一透镜组中适当地设置折射能力的布置、阿贝数等来校正像差,尤其是色差。

[0004] 专利文件 1 公开的变焦透镜获得了高可变放大比率。然而,为满足近年来高性能变焦透镜的要求,需要改进像差的校正,尤其是远摄端的色差的校正。同时,专利文件 2 所公开的变焦透镜具有高性能,但是可变放大比率大约为 20 倍。因此,当变焦透镜用于在港口等地的监视操作中监测长距离区域时,期望更高的可变放大比率。如上所述,很难在获得高可变放大比率的同时提供在整个可变放大范围内都具有卓越性能,并且在可见光到近红外光的波长带中可用的光学系统。此外,光学系统的尺寸具有变大的趋势以同时满足这些要求。然而,近年来,装置的紧凑性变得十分必要。

发明内容

[0005] 考虑到以上情况,本发明的目的是提供具有高可变放大比率和高性能的变焦透镜,该变焦透镜可用在可见光到近红外光的波长带中而不会造成透镜系统尺寸变大。此外,本发明的另一目的是提供包括该变焦透镜的成像装置。

[0006] 本发明的变焦透镜包括:

[0007] 具有正折射能力的第一透镜组;

[0008] 具有负折射能力的第二透镜组;

[0009] 具有正折射能力的第三透镜组;以及

[0010] 具有正折射能力的第四透镜组,这些透镜组从变焦透镜的物体侧按此顺序布置,

[0011] 其中,通过沿变焦透镜的光轴移动第二透镜组和第三透镜组来改变它们之间的距离,从而改变变焦透镜的整个系统的焦距,以及

[0012] 其中,第一透镜组包括两个接合透镜,和正透镜,两个接合透镜和正透镜从物体侧以此顺序布置,每个接合透镜由负凹凸透镜和正透镜从物体侧以此顺序接合在一起构成,负凹凸透镜是负透镜,以及

[0013] 其中,满足以下公式 (1) :

[0014] $0.14 < f_{G1}/f_t < 0.26$ (1), 其中,

[0015] f_{G1} 是第一透镜组的焦距, 以及

[0016] f_t 是整个系统在远摄端上的焦距。

[0017] 在本发明的变焦透镜的第一透镜组中的两个接合透镜的每一个接合透镜中,负凹凸透镜和正透镜从变焦透镜的物体侧以此顺序接合在一起。

[0018] 在本发明的变焦透镜中,第一透镜组可以由五个透镜构成(换言之,第一透镜组可以仅由五个透镜构成),即:由负凹凸透镜和正透镜从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜、由负凹凸透镜和正透镜从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜,以及正透镜;两个接合透镜和正透镜从物体侧以此顺序布置。

[0019] 在本发明的变焦透镜中,期望满足以下公式 (2) 和公式 (3) :

[0020] $v_n > 48$ (2); 以及

[0021] $v_p > 75$ (3), 其中

[0022] v_n 是包括在第一透镜组中的所有负透镜针对 d 线的阿贝数的平均值, 以及

[0023] v_p 是包括在第一透镜组中的所有正透镜针对 d 线的阿贝数的平均值。

[0024] 在本发明的变焦透镜中,期望的是,当第一透镜组中的接合透镜(每个接合透镜由负凹凸透镜和正透镜接合在一起所构成)中的最靠近物体侧的接合透镜是第一接合透镜,并且第一透镜组中的接合透镜中位于距物体侧第二位置处的接合透镜是第二接合透镜时,满足以下公式 (4) 和公式 (5) :

[0025] $\Delta v_1 < 11$ (4); 以及

[0026] $\Delta v_2 > 50$ (5), 其中

[0027] Δv_1 是组成第一接合透镜的负凹凸透镜与正透镜针对 d 线的阿贝数之间的差的绝对值, 以及

[0028] Δv_2 是组成第二接合透镜的负凹凸透镜与正透镜针对 d 线的阿贝数之间的差的绝对值。

[0029] 在本发明的变焦透镜中,期望第四透镜组包括第一负透镜组和布置在第一负透镜组的图像侧的第二负透镜组。此外,期望第一负透镜组包括正透镜和负透镜。此外,期望在与光轴相垂直的方向上移动第二负透镜组以补偿摄影图像中的抖动模糊。此外,期望满足以下公式 (6) :

[0030] $1.5 < f_{4a}/f_{4b} < 3.5$ (6), 其中

[0031] f_{4a} 是第一负透镜组的焦距, 以及

[0032] f_{4b} 是第二负透镜组的焦距。

[0033] 此外,本发明的变焦透镜中的第二透镜组可以具有“3组5元件”构造,在该构造中,负凹凸透镜、由负透镜和正透镜从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜、由正透镜和负透镜从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜从物体侧以此顺序布置。

[0034] 在本发明的变焦透镜中,可以以可拆卸的方法将扩展器直接布置在第四透镜组中

的第二负透镜组的图像侧,通过将扩展器插入变焦透镜的光路,来将变焦透镜的整个系统的焦距向长焦侧改变。“直接”的意思是没有光学组件布置在第二负透镜组与扩展器之间。

[0035] 在可能的或期望的本发明的变焦透镜中,术语“负凹凸透镜”、术语“正透镜”,和术语“负透镜”指的是当透镜是非球面透镜时透镜的近轴区域。

[0036] 本发明的成像装置包括本发明的上述变焦透镜中的任何一个变焦透镜。

[0037] 本发明的变焦透镜包括正第一透镜组、负第二透镜组、正第三透镜组,和正第四透镜组,这些透镜组从变焦透镜的物体侧以此顺序布置。此外,可以通过沿变焦透镜的光轴移动第二透镜组和第三透镜组以改变它们之间的距离从而来改变变焦透镜的整个系统的焦距。在变焦透镜中,适当地设置第一透镜组的结构,并满足公式(1)。因此,变焦透镜具有高可变放大比率和高性能,并可用在可见光到近红外光的很宽的波长带中而不会造成透镜系统的尺寸变大。

[0038] 本发明的成像装置包括本发明的变焦透镜。因此,成像装置是紧凑的,并且可用在可见光到近红外光的很宽的波长带中。此外,成像装置可以在高可变放大比率上获得高质量的视频图像(图像)。

附图说明

[0039] 图1示出了根据本发明的实施例的变焦透镜的结构截面图;

[0040] 图2示出了图1所示的第四透镜组的结构截面图;

[0041] 图3示出了当将扩展器(extender)插入第四透镜组时图2所示的第四透镜组的结构截面图;

[0042] 图4A示出了在广角端的本发明的示例1中的变焦透镜的截面图;

[0043] 图4B示出了在远摄端的本发明的示例1中的变焦透镜的截面图;

[0044] 图5A示出了在广角端的本发明的示例2中的变焦透镜的截面图;

[0045] 图5B示出了在远摄端的本发明的示例2中的变焦透镜的截面图;

[0046] 图6A示出了在广角端的本发明的示例3中的变焦透镜的截面图;

[0047] 图6B示出了在远摄端的本发明的示例3中的变焦透镜的截面图;

[0048] 图7A示出了在广角端的本发明的示例4中的变焦透镜的截面图;

[0049] 图7B示出了在远摄端的本发明的示例4中的变焦透镜的截面图;

[0050] 图8A示出了在广角端的本发明的示例5中的变焦透镜的截面图;

[0051] 图8B示出了在远摄端的本发明的示例5的变焦透镜的截面图;

[0052] 图9A至9L的图表示出了本发明的示例1中的变焦透镜的多种像差;

[0053] 图10A至10L的图表示出了本发明的示例2中的变焦透镜的多种像差;

[0054] 图11A至11L的图表示出了本发明的示例3中的变焦透镜的多种像差;

[0055] 图12A至12L的图表示出了本发明的示例4中的变焦透镜的多种像差;

[0056] 图13A至13L的图表示出了本发明的示例5中的变焦透镜的多种像差;

[0057] 图14A示出了当将扩展器插入变焦透镜时在广角端的本发明的示例1中的变焦透镜的截面图;

[0058] 图14B示出了当将扩展器插入变焦透镜时在远摄端的本发明的示例1中的变焦透镜的截面图;

[0059] 图 15A 示出了当将扩展器插入变焦透镜时在广角端的本发明的示例 2 中的变焦透镜的截面图；

[0060] 图 15B 示出了当将扩展器插入变焦透镜时在远摄端的本发明的示例 2 中的变焦透镜的截面图；

[0061] 图 16 的示意图示出了根据本发明实施例的成像装置的配置。

具体实施方式

[0062] 在下文中,将参考附图详细描述本发明的实施例。首先,将参考图 1 描述根据本发明的实施例的变焦透镜。图 1 示出了根据本发明的实施例的变焦透镜的构成的示例的截面图。图 1 与示例 1 中的变焦透镜相对应,之后将描述示例 1 中的变焦透镜。在图 1 中,左侧是变焦透镜的物体侧,右侧是变焦透镜的图像侧。图 1 示出了当变焦透镜聚焦于无限远处的物体时,在广角端的透镜的布置。

[0063] 根据该实施例的变焦透镜包括具有正折射能力的第一透镜组 G1、具有负折射能力的第二透镜组 G2、具有正折射能力的第三透镜组 G3,以及具有正折射能力的第四透镜组 G4, G1、G2、G3 和 G4 按此顺序从变焦透镜的物体侧沿光轴 Z 布置。在图 1 所示的变焦透镜中,孔径光阑 St 和 ND 滤光器 ND 布置在第三透镜组 G3 与第四透镜组 G4 之间,当变焦透镜的放大率改变时,孔径光阑 St 是固定的。图 1 所示的孔径光阑 St 不一定表示孔径光阑 St 的尺寸和形状,但表示了孔径光阑 St 位于光轴 Z 上的位置。

[0064] ND 滤光器 ND 不是本发明的变焦透镜中的必要元件。然而,例如,当 ND 滤光器 ND 具有从光轴上的点开始在直径方向上的密度分布时,可以减小由放大率改变而引起的图像平面上的照明强度的波动。

[0065] 该变焦透镜可以获得大约 60 倍的高可变放大比率,并且适合用在监视摄像机中以在港口等地监测长距离区域。当变焦透镜应用于成像装置时,基于安装有变焦透镜的摄像机的结构,期望将盖玻璃、多种滤光器等布置在光学系统与图像平面 Sim 之间。在图 1 中,假设平行平板形状的光学组件 GC 是这种元件,则将平行平板形状的光学组件 GC 布置在第四透镜组 G4 与图像平面 Sim 之间。

[0066] 通过沿光轴 Z 移动第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 来改变它们之间的距离,从而连续地改变变焦透镜的整个系统的焦距,变焦透镜的放大率是可改变的。图 1 示意地示出了当放大率从广角端改变为远摄端时,第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 的移动路径。第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 下面的箭头分别表示了这些透镜组的移动路径。同时,当放大率改变时,第一透镜组 G1 和第四透镜组 G3 相对于光轴的方向是固定的。

[0067] 第一透镜组 G1 包括由透镜 L1 和透镜 L2 组成的接合透镜、由透镜 L3 和透镜 L4 组成的接合透镜,以及透镜 L5,其中透镜 L1 是负凹凸透镜,透镜 L2 是正透镜,透镜 L1 和 L2 从物体侧以此顺序接合在一起,透镜 L3 是负凹凸透镜,透镜 L4 是正透镜,透镜 L3 和透镜 L4 从物体侧以顺序接合在一起,透镜 L5 是正透镜。这两个接合透镜和正透镜从物体侧以此顺序布置。第一透镜组 G1 可以进一步包括一个或多个透镜。然而,考虑到变焦透镜的尺寸的减小,期望第一透镜组 G1 具有“3 组 5 元件”构造,在这种构造中布置有上述 5 个透镜。

[0068] 第一透镜组 G1 的构造包括两个接合透镜,每个接合透镜由正透镜和负透镜组成,第一透镜组 G1 的构造有利于色差的校正。此外,由于具有被规定的能力和形状 of 每个透镜

以上述顺序布置在第一透镜组 G1 中,与专利文件 1 的示例所描述的光学系统相对比,可以实现更灵活的像差校正。在本发明中,可以以均衡的方式来校正纵向色差和参考波长上的像差,纵向色差包括远摄端的残余次级光谱,在高放大率变焦透镜中对其校正是困难的。此外,可以提供高性能的光学系统,其可用于可见光到近红外光的宽波长带中。

[0069] 特别地,例如,第一透镜组 G1 可以具有“3 组 5 元件”构造,在该构造中,由具有面向物体侧的凸面表面的负凹凸透镜和双凸面透镜从物体侧以此顺序接合在一起组成的接合透镜、由具有面向物体侧的凸面表面的负凹凸透镜和具有面向物体侧的凸面表面的正凹凸透镜从物体侧以此顺序接合在一起组成的接合透镜,以及具有面向物体侧的凸面表面的正凹凸透镜从物体侧以此顺序布置。

[0070] 将变焦透镜按这种方式构造以满足以下公式 (1) :

[0071] $0.14 < fG1/f_t < 0.26$ (1), 其中,

[0072] $fG1$ 是第一透镜组 G1 的焦距, 以及

[0073] f_t 是整个系统在远摄端上的焦距。

[0074] 公式 (1) 规定了第一透镜组 G1 的焦距与整个系统在远摄端上的焦距的比率。当 $fG1/f_t$ 的值比由公式 (1) 所限定的下限低时,第一透镜组 G1 的折射能力变强。从而,远摄端的负球差增加,而这是不期望的,因为像差的校正变得困难。当 $fG1/f_t$ 的值超过由公式 (1) 所限定的上限时,用于获得期望放大率的变焦冲程变长。因此,光学系统的尺寸变大,而这是不期望的。

[0075] 更期望满足以下公式 (1-1) :

[0076] $0.16 < fG1/f_t < 0.24$ (1-1)。

[0077] 当满足公式 (1-1) 时,与满足公式 (1) 的情况相比较,可以获得甚至更好的效果。

[0078] 此外,在该变焦透镜中,期望满足公式 (2) 和公式 (3) :

[0079] $v_n > 48$ (2); 以及

[0080] $v_p > 75$ (3), 其中

[0081] v_n 是包括在第一透镜组 G1 中的所有负透镜的针对 d 线的阿贝数的平均值, 以及

[0082] v_p 是包括在第一透镜组 G1 中的所有正透镜的针对 d 线的阿贝数的平均值。

[0083] 公式 (2) 规定了第一透镜组 G1 中的负透镜的阿贝数,公式 (3) 规定了第一透镜组 G1 中的正透镜的阿贝数。为了提供具有高可变放大比率和高性能,并且可以用于利用近红外光成像的变焦透镜,残余次级光谱必须小,并且甚至当放大率改变为高可变放大比率时,色差的波动量必须小。为此,期望正透镜的材料和负透镜的材料都具有大的阿贝数。当 v_n 的值比由公式 (2) 所限定的下限低并且 v_p 的值比由公式 (3) 所限定的下限低时,纵向色差的残余次级光谱增加,在所获得的图像中产生色模糊。因此,变得难以获得卓越图像。

[0084] 更期望满足以下公式 (2-1) :

[0085] $48 < v_n < 60$ (2-1)。

[0086] 当 v_n 的值超过由公式 (2-1) 所限定的上限时,正透镜的阿贝数的平均值与负透镜的阿贝数的平均值之间的差距变得太小,则初级消色差变得困难。

[0087] 更期望满足以下公式 (2-2) :

[0088] $50 < v_n < 58$ (2-2)。

[0089] 当满足公式 (2-2) 时,与满足公式 (2-1) 的情况相比,获得甚至更好的效果。

[0090] 相对于公式 (3), 更期望满足以下公式 (3-1) :

[0091] $v_p > 78$ (3-1)。

[0092] 当满足公式 (3-1) 时, 与满足公式 (3) 的情况相比, 获得甚至更好的效果。

[0093] 此外, 在该变焦透镜中, 更期望的是, 当第一透镜组 G1 中的接合透镜 (每个接合透镜由负凹凸透镜和正凹凸透镜接合在一起所构成) 的最靠近物体侧的接合透镜是第一接合透镜, 并且第一透镜组 G1 中的接合透镜中位于距物体侧第二位置处的接合透镜是第二接合透镜时, 满足以下公式 (4) 和公式 (5) :

[0094] $\Delta v_1 < 11$ (4); 以及

[0095] $\Delta v_2 > 50$ (5), 其中

[0096] Δv_1 是组成第一接合透镜的负凹凸透镜与正透镜的针对 d 线的阿贝数之间的差的绝对值, 以及

[0097] Δv_2 是组成第二接合透镜的负凹凸透镜与正透镜的针对 d 线的阿贝数之间的差的绝对值。

[0098] 第一透镜组 G1 中的第一接合透镜校正远摄端的参考波长上的色差、像差, 尤其是球差。第一透镜组 G1 中的第二接合透镜主要校正远摄端的色差。当 Δv_1 的值超过由公式 (4) 所限定的上限时, 色差的波动量变大。此外, 当第一接合透镜由超过由公式 (4) 所限定的上限的光学材料所制成的负凹凸透镜和正凹凸透镜的组合而构成时, 以卓越方式在参考波长上校正像差变得困难。当 Δv_2 的值比由公式 (5) 所限定的下限低时, 以卓越方式校正色差, 尤其是远摄端的色差变得困难。

[0099] 相对于公式 (4) 和公式 (5), 更期望满足以下公式 (4-1) 和公式 (5-1) :

[0100] $\Delta v_1 < 9$ (4-1); 以及

[0101] $\Delta v_2 > 52$ (5-1)。

[0102] 当满足公式 (4-1) 和公式 (5-1) 时, 分别与满足公式 (4) 和公式 (5) 的情况相比, 获得甚至更好的效果。

[0103] 例如, 第二透镜组 G2 可以具有“3 组 5 元件”构造, 在该构造中, 负凹凸透镜、由负透镜和正透镜从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜, 以及由正透镜和负透镜从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜从物体侧以此顺序布置。当以这种方法构造第二透镜组 G2 时, 可以以卓越的方式贯穿整个可变放大率范围来校正多种像差, 而通过在第二透镜组 G2 中使用最少数量的透镜来减小变焦透镜的尺寸。特别地, 可以在中间焦距至远摄端的范围内轻易地校正纵向色差和横向色差。

[0104] 更特别地, 第二透镜组 G2 可以具有“3 组 5 元件”构造, 例如如图 1 所示。在图 1 中, 透镜 L6、由透镜 L7 和 L8 从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜, 以及由透镜 L9 和 L10 从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜从物体侧以此顺序布置。透镜 L6 是具有面向物体侧的凸面表面的负凹凸透镜。透镜 L7 是具有面向物体侧的凸面表面的负凹凸透镜, 透镜 L8 是具有面向物体侧的凸面表面的正凹凸透镜。透镜 L9 是具有面向图像侧的凸面表面的正凹凸透镜, 透镜 L10 是双凹面透镜。第二透镜组 G2 是可移动组, 包括两个接合透镜, 并使用许多凹凸透镜, 每个接合透镜由正透镜和负透镜构成。第二透镜组 G2 的这种结构有利于色差的校正。此外, 可以以卓越的方式贯穿整个可变放大率范围来校正多种像差。

[0105] 第三透镜组 G3 可以具有“3 组 4 元件”构造,例如图 1 所示。在图 1 中,透镜 L11、由透镜 L12 和 L13 从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜,以及透镜 L14 从物体侧以此顺序布置。透镜 L11 是双凸面透镜。透镜 L12 是具有面向物体侧的凸面表面的负凹凸透镜,透镜 L13 是双凸面透镜。透镜 L14 是具有面向物体侧的凸面表面的正凹凸透镜。

[0106] 图 2 的放大图示出了图 1 所示的变焦透镜中第四透镜组 G4 及其周围区域。在图 2 所示的示例中,第四透镜组 G4 具有由透镜 L15 至透镜 L25 所构成的“8 组 11 元件”构造。

[0107] 期望第四透镜组 G4 包括第一负透镜组 G4a 和布置在第一负透镜组 G4a 的图像侧的第二负透镜组 G4b。此外,期望第一负透镜组 G4a 包括至少一个正透镜和至少一个负透镜,并且总体上具有负折射能力。期望第二负透镜组 G4b 通过在与光轴 Z 相垂直的方向上移动而具有用于补偿摄影图像中的抖动模糊的抗振动功能,并期望第二负透镜组 G4b 总体上具有负折射能力。

[0108] 此外,如之后所描述的,期望将扩展器插入第四透镜组 G4 以增加可变放大比率。此外,期望光的平行射线进入扩展器,使得当插入扩展器时,相对于光轴方向的扩展器的位置的更大的误差是可允许的。通常,从第三透镜组 G3 输出的光射线是汇聚射线。因此,期望位于第三透镜组 G3 与扩展器之间的透镜组整体上具有负折射能力。

[0109] 当第三透镜组 G3 与在第四透镜组 G4 中的第一负透镜组 G4a 之间的距离变长时,进入第一负透镜组 G4a 的射线的高度变低。因此,组成第一负透镜组 G4a 的每个透镜的折射能力变强以获得期望的出射视角,而制造 (production) 中的可允许误差变小,这是不期望的。相似地,当第四透镜组 G4 中的第一负透镜组 G4a 与第二负透镜组 G4b 之间的距离变长时,进入第二负透镜组 G4b 的射线高度变低。因此,构成第二负透镜组 G4b 的每个透镜的折射能力变强以获得期望的出射视角,而制造中的可允许误差变小,这是不期望的。

[0110] 因此,期望第一负透镜组 G4a 位于第四透镜组 G4 中的最靠近物体侧。此外,期望第二负透镜组 G4b 直接位于第四透镜组 G4 中的第一负透镜组 G4a 的图像侧。特别地,期望第一负透镜组 G4a 和第二负透镜组 G4b 布置在第三透镜组 G3 与扩展器所插入的位置之间。如上所述,期望位于第三透镜组 G3 与扩展器之间的透镜组整体上具有负折射能力。如果第一负透镜组 G4a 和第二负透镜组 G4b 中的一个为正透镜组,则作为负透镜组的其他透镜组需要具有强的负能力以消除正透镜组的正能力。因此,生产中的可允许误差变小,这是不期望的。因此,期望第四透镜组 G4 中的第一负透镜组 G4a 和第二负透镜组 G4b 都是负透镜组。

[0111] 例如,如图 2 所示,第一负透镜组 G4a 可以具有“2 组 3 元件”构造,在该构造中由透镜 L15 和透镜 L16 从物体侧以此顺序接合在一起所构成的接合透镜,和透镜 L17 从物体侧以此顺序布置。透镜 L15 是具有面向物体侧的凸面表面的负凹凸透镜,透镜 L16 是具有面向物体侧的凸面表面的正凹凸透镜。透镜 L17 是具有面向物体侧的凸面表面的负凹凸透镜。

[0112] 例如,如图 2 所示,第二负透镜组 G4b 可以具有“2 组 2 元件”构造,在该构造中,透镜 L18 和透镜 L19 从物体侧以此顺序布置。透镜 L18 是具有面向物体侧的凸面表面的正凹凸透镜,透镜 L19 是双凹面透镜。

[0113] 不一定将第一负透镜组 G4a 和第二负透镜组 G4b 构造为如图 2 所示。例如,第一负透镜组 G4a 可以具有由接合透镜所构成的“1 组 2 元件”构造。此外,接合透镜可由具有面向物体侧的凸面表面的负凹凸透镜,和具有面向物体侧的凸面表面的正凹凸透镜从物体

侧以此顺序接合在一起而构成。此外,第二负透镜组 G4b 可以具有“3 组 3 元件”构造,在该构造中,具有面向物体侧的凸面表面的负凹凸透镜、具有面向物体侧的凸面表面的正凹凸透镜,以及双凹面透镜从物体侧以此顺序布置。

[0114] 当由正透镜和负透镜构成的接合透镜布置在第一负透镜组 G4a 中的最靠近物体侧时,该接合透镜与孔径光阑 St 之间的距离变短。因此,可以以合适的方式来校正纵向色差而实质上不影响横向色差。

[0115] 在第二负透镜组 G4b 中,期望位于布置在最靠近图像侧的负单一透镜的物体侧的透镜组具有正折射能力。例如,在图 2 中,期望透镜 L18 是正透镜,透镜 L18 位于透镜 L19 的物体侧。在第二负透镜组 G4b 中,如果位于布置在最靠近图像侧的负单一透镜的物体侧的透镜组具有负折射能力,那么从位于负单一透镜的物体侧的该透镜组所输出的光射线是发散射线。因此,第二负透镜组 G4b 中位于最靠近图像侧的负单一透镜的直径变大,负单一透镜的重量变重。因此,当移动第二负透镜组 G4b 时,驱动系统上的负载变大,而这是不期望的。

[0116] 当第四透镜组 G4 包括第一负透镜组 G4a 和布置在第一负透镜组 G4a 的图像侧上的第二负透镜组 G4b,并且第一负透镜组 G4a 包括正透镜和负透镜,并且在与光轴相垂直的方向上移动第二负透镜组 G4b 以补偿摄影图像中的抖动模糊时,期望满足以下公式 (6) :

[0117] $1.5 < f_{4a}/f_{4b} < 3.5$ (6), 其中

[0118] f_{4a} 是第一负透镜组 G4a 的焦距, 以及

[0119] f_{4b} 是第二负透镜组 G4b 的焦距。

[0120] 公式 (6) 规定了第一负透镜组 G4a 的焦距与第二负透镜组 G4b 的焦距的比率,第二负透镜组 G4b 在与光轴相垂直的方向上是可移动的以实现抗振动功能。当 f_{4a}/f_{4b} 的值比由公式 (6) 所限定的下限低时,第一负透镜组 G4a 的折射能力变强,第一负透镜组 G4a 的射线的发散程度变高。因此,第二负透镜组 G4b 的尺寸变大,第二负透镜组 G4b 的重量变重。因此,快速抗振动控制变得困难。当 f_{4a}/f_{4b} 的值超过由公式 (6) 所限定的上限时,第一负透镜组 G4a 的折射能力变弱,组成第二负透镜组 G4b 的透镜的生产误差或装配误差极大地改变第二负透镜组 G4b 的性能。因此,图像质量容易恶化,而这是不期望的。

[0121] 因此,更期望满足以下公式 (6-1) 而不是公式 (6) :

[0122] $1.8 < f_{4a}/f_{4b} < 3.2$ (6-1)。

[0123] 当满足公式 (6-1) 时,与满足公式 (6) 的情况相比,甚至更好的效果是可获得的。

[0124] 在该变焦透镜中,可以以可拆卸的方法来布置扩展器,通过将扩展器插入变焦透镜的光路,来将变焦透镜的整个系统的焦距向长焦侧改变。在这种情况下,期望将扩展器直接布置在第二负透镜组 G4b 的图像侧,如图 3 所示。图 3 示出了第四透镜组 G4' 的结构的截面图,在第四透镜组 G4' 中,扩展器 Ex 插入图 2 所示的第四透镜组 G4。第二负透镜组 G4b 和扩展器需要由驱动设备来驱动,第二负透镜组 G4b 是抗振动组。因此,如果将固定的组布置在抗振动组与扩展器之间,机制变得复杂,而这是不期望的。

[0125] 此外,当变焦透镜需要具有环境耐受性时,换言之,需要耐严酷条件时,期望变焦透镜的整个系统中的最靠近物体侧透镜由玻璃制成。当变焦透镜通过安装在监视摄像机等上而用在户外时,布置在变焦透镜的最靠近物体侧的透镜经常暴露在阳光中。因此,如果最靠近物体侧透镜是塑料玻璃,会有最靠近物体侧透镜的质量恶化或改变的风险。

[0126] 当该变焦透镜用在严酷环境或条件中时,期望应用用于保护的多层涂层。此外,可以单独使用用于减小虚光 (ghost light) 的抗反射涂层,或将其与保护涂层一起使用。

[0127] 在图 1 所示的示例中,光学组件 GC 布置在透镜系统与图像形成平面之间。可以布置低通滤光器、用于滤除特定波长带等的多种滤光器等作为光学组件 GC。这种滤光器可以布置在透镜之间而不是布置在透镜系统与图像形成平面之间。备选地,与滤光器具有相似作用的涂层可以应用于透镜之一的表面。

[0128] 接下来,将描述本发明的变焦透镜的数值示例。图 4A 和 4B 示出了示例 1 中的变焦透镜的截面图。图 4A 示出了广角端的透镜的布置,图 4B 示出了当变焦透镜聚焦于无限远处的物体时,远摄端的透镜的布置。在图 4A 和 4B 中,左侧是物体侧,右侧是图像侧。以与图 1 类似的方法,图 4A 和 4B 中也示出了孔径光阑 St、ND 滤光器 ND 以及光学组件 GC。

[0129] 类似地,图 5A 和 5B 是示例 2 中的变焦透镜的截面图。图 6A 和 6B 是示例 3 中的变焦透镜的截面图。图 7A 和 7B 是示例 4 中的变焦透镜的截面图。图 8A 和 8B 是示例 5 中的变焦透镜的截面图。

[0130] 此外,表格 1 显示了关于示例 1 的变焦透镜的基本透镜数据,表格 2 显示了关于示例 1 的变焦透镜的变焦的数据。类似地,表格 3 至表格 10 显示了关于示例 2 至示例 5 的变焦透镜的基本透镜数据和变焦的数据。表格中标记的含义将通过使用用于示例 1 的表格来描述。示例 2 至示例 5 中的含义基本上类似于示例 1。

[0131] 在表格 1 的基本透镜数据中,列 S_i 显示了第 i ($i = 1, 2, 3, \dots$) 表面的表面号。最靠近物体侧元件的物体侧表面的表面号是 1,表面号向图像侧连续地增加。列 R_i 显示了第 i 表面的曲率半径。列 D_i 显示在光轴 Z 上在第 i 表面与第 $(i+1)$ 表面之间的距离。列 N_{dj} 显示了当最靠近物体侧光学元件是第一光学元件时,第 j ($j = 1, 2, 3, \dots$) 光学组件针对 d 线 (波长是 587.6nm) 的折射率, j 的值向图像侧连续地增加。此外, vd_j 的列显示了 j -th 光学组件针对 d 线的阿贝数。

[0132] 当朝向物体侧的表面是凸面时,曲率半径的标记 (+ 或 -) 为正,当朝向图像侧的表面是凸面时,曲率半径的标记为负。此外,透镜数据包括孔径光阑 St、ND 滤光器 ND,和光学组件 GC。在曲率半径的列中,术语“(孔径光阑)”是写在与孔径光阑 St 相对应的行上。在表面间距的列的底部的数值是光学组件 GC 的表面与图像平面之间的距离。

[0133] 表格 1 中的表面间距的列显示了透镜数据,在该列中, D_8 、 D_{16} 和 D_{23} 写在当放大率改变时表面距离也改变的行中。 D_8 是第一透镜组 G_1 与第二透镜组 G_2 之间的距离。 D_{16} 是第二透镜组 G_2 与第三透镜组 G_3 之间的距离。 D_{23} 是第三透镜组 G_3 与孔径光阑 St 之间的距离。

[0134] 表格 2 显示了关于变焦的数据。表格 2 显示了整个系统针对 d 线的焦距 f 、 F 值 ($F_{no.}$)、视角的全角度 2ω ,以及 D_8 、 D_{16} 和 D_{23} 在广角端、中间焦距位置以及远摄端的值。

[0135] 在以下表格中,按预定的小数位四舍五入。此外,“度”用作角度单位,“mm”用作长度单位。然而,可以通过按比例放大或按比例缩小来使用光学系统。因此,其他合适的单位可用于这些值。

[0136] [表格 1]

[0137] 示例 1 :基本透镜数据

[0138]

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
表面号	半径曲率	表面间距	折射率	阿贝数
1	233.6026	2.900	1.51633	64.14
2	93.1487	20.486	1.618	63.33
3	-3833.7762	0.650		
4	191.658	2.928	1.834807	42.71
5	78.1878	17.551	1.43875	94.93
6	635.5842	0.120		
7	84.7498	14.210	1.43875	94.93
8	335.9694	D8		
9	175.2338	1.304	1.882997	40.76
10	49.2827	8.414		
11	131.2409	1.750	1.72342	37.95
12	17.9408	3.389	1.92286	18.9
13	34.6022	3.273		
14	-56.1166	2.733	1.846609	23.78
15	-23.5633	1.200	1.882997	40.76
16	90.8451	D16		
17	73.4854	4.856	1.43875	94.93
18	-74.1927	0.120		
19	70.0324	2.791	1.903658	31.32
20	34.9293	5.792	1.43875	94.93
21	-176.776	0.120		
22	60.0622	4.266	1.696797	55.53
23	165.8201	D23		
	∞			
24	孔径光阑	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	1.033		
27	50.5827	1.201	1.882997	40.76
28	17.832	3.316	1.698947	30.13
29	93.2505	1.022		
30	62.3932	1.223	1.620041	36.26
31	37.5485	2.498		
32	15.9019	2.867	1.48749	70.23
33	34.9466	2.761		
34	-122.4569	1.200	1.882997	40.76
35	25.8067	29.974		
36	107.1766	2.823	1.6727	32.1
37	-22.524	0.532		
38	60.5761	3.656	1.48749	70.23
39	-15.3746	1.200	1.882997	40.76
40	-130.3878	0.153		
41	23.6367	1.200	1.785896	44.2
42	18.0173	10.541		
43	-117.9177	1.498	1.834807	42.71
44	19.9485	5.361	1.496999	81.54
45	-18.6671	5.000		
46	∞	1.200	1.516329	64.1
47	∞	17.711		

[0139] [表格 2]

[0140] 示例 1 :关于变焦的数据

[0141]

	广角端	中间	远摄端
f	16.972	128.133	967.384
Fno.	3.6	3.601	9.042

2 ω	28. 113	3. 881	0. 516
D8	28. 907	89. 878	108. 12
D16	150. 303	68. 143	4. 961
D23	2. 473	23. 662	68. 601

[0142] [表格 3]

[0143] 示例 2 :基本透镜数据

[0144]

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
表面号	半径曲率	表面间距	折射率	阿贝数
1	294.3607	2.900	1.51633	64.14
2	97.8299	18.532	1.618	63.33
3	-1069.1708	0.120		
4	192.7874	2.900	1.834807	42.71
5	77.4382	16.911	1.43875	94.93
6	662.8557	0.120		
7	81.0121	13.454	1.43875	94.93
8	327.3442	D8		
9	225.4275	1.200	1.882997	40.76
10	52.5241	2.143		
11	148.6586	1.200	1.72342	37.95
12	16.7483	4.047	1.92286	18.9
13	35.1682	7.008		
14	-44.9107	2.058	1.846609	23.78
15	-25.7974	1.200	1.882997	40.76
16	73.8616	D16		
17	73.8167	5.252	1.43875	94.93
18	-69.2646	0.120		
19	70.1794	1.200	1.903658	31.32
20	35.2461	6.269	1.43875	94.93
21	-152.5383	0.120		
22	60.0153	3.078	1.696797	55.53
23	222.4074	D23		
24	∞ 孔径光阑	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	1.439		
27	117.5173	1.200	1.806098	40.92
28	15.6108	3.814	1.6668	33.05
29	149.9867	1.260		
30	41.9588	1.200	1.581439	40.75
31	25.7300	0.120		
32	13.5546	3.421	1.48749	70.23
33	55.1078	3.259		
34	-53.4304	1.588	1.834807	42.71
35	28.9919	24.471		
36	188.1151	2.551	1.698947	30.13
37	-25.4125	7.044		
38	23.8037	4.104	1.48749	70.23
39	-11.5194	1.200	1.834807	42.71
40	326.0944	0.389		
41	29.2000	1.200	1.785896	44.2
42	17.2835	11.147		
43	-69.3281	1.200	1.834807	42.71
44	41.5446	3.480	1.43875	94.93
45	-11.6179	5.000		
46	∞	1.200	1.516329	64.1
47	∞	9.848		

[0145] [表格 4]

[0146] 示例 2 :关于变焦的数据

[0147]

	广角端	中间	远摄端
f	16. 972	128. 133	967. 379

Fno.	3. 6	3. 6	9. 051
2 ω	25. 675	3. 544	0. 47
D8	40. 725	96. 664	113. 322
D16	138. 681	63. 073	4. 964
D23	2. 529	22. 197	63. 648

[0148] [表格 5]

[0149] 示例 3 :基本透镜数据

[0150]

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
表面号	半径曲率	表面间距	折射率	阿贝数
1	208.9115	3.309	1.522494	59.84
2	99.4181	18.674	1.592399	68.3
3	-1685.0654	1.987		
4	166.830	6.211	1.834807	42.71
5	77.2468	18.340	1.43875	94.93
6	573.8424	0.584		
7	77.8302	14.794	1.43875	94.93
8	256.4075	D8		
9	327.3412	3.410	1.882997	40.76
10	46.7393	12.659		
11	885.5311	4.395	1.701536	41.24
12	19.6615	2.220	1.92286	18.9
13	37.7421	2.406		
14	-52.8041	2.776	1.846609	23.78
15	-20.3287	1.200	1.882997	40.76
16	131.418	D16		
17	73.5018	5.836	1.43875	94.93
18	-70.0534	1.330		
19	68.1318	1.264	1.903658	31.32
20	34.9274	5.568	1.43875	94.93
21	-146.4106	0.299		
22	60.702	2.840	1.670029	47.23
23	194.5105	D23		
24	∞ 孔径光阑	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	0.763		
27	53.7394	1.217	1.882997	40.76
28	17.2512	3.418	1.698947	30.13
29	95.3722	1.045		
30	56.6147	1.290	1.620041	36.26
31	34.2113	2.486		
32	15.7566	2.636	1.496999	81.54
33	33.0112	2.848		
34	-119.5627	1.827	1.882997	40.76
35	28.3539	34.965		
36	96.7319	8.089	1.6727	32.1
37	-22.1327	0.246		
38	61.7716	3.286	1.496999	81.54
39	-15.2823	5.638	1.882997	40.76
40	-271.6175	0.120		
41	22.8343	1.242	1.785896	44.2
42	17.5214	17.292		
43	-534.2052	1.304	1.834807	42.71
44	18.6756	2.864	1.496999	81.54
45	-18.8972	5.000		
46	∞	1.200	1.516329	64.1
47	∞	11.124		

[0151] [表格 6]

[0152] 示例 3 :关于变焦的数据

[0153]

	广角端	中间	远摄端
f	16.107	121.605	918.094
Fno.	3.6	3.601	8.596
2ω	29.397	3.997	0.469
D8	19.605	73.2	88.871
D16	137.121	63.235	5.626
D23	2.178	22.469	64.407

[0154] [表格 7]

[0155] 示例 4 :基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
表面号	半径曲率	表面间距	折射率	阿贝数
1	215.5379	3.171	1.48749	70.23
2	88.9466	20.054	1.618	63.33
3	-9653.7791	0.168		
4	211.6353	3.926	1.834807	42.71
5	74.9054	17.360	1.43875	94.93
6	509.263	0.200		
7	86.9727	15.646	1.496999	81.54
8	288.7008	D8		
9	147.2507	1.419	1.882997	40.76
10	51.9298	8.297		
11	119.3308	4.559	1.72342	37.95
12	18.3142	3.172	1.92286	18.9
13	33.9007	2.964		
14	-55.4132	3.997	1.846609	23.78
15	-23.3736	1.914	1.882997	40.76
16	82.8884	D16		
17	71.4644	5.630	1.43875	94.93
18	-73.375	0.315		
19	67.8967	2.026	1.903658	31.32
20	34.7263	12.063	1.43875	94.93
21	-142.0527	0.281		
22	55.2241	2.959	1.696797	55.53
23	134.1399	D23		
24	∞ 孔径光阑	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	0.500		
27	55.8484	1.200	1.882997	40.76
28	15.4202	3.322	1.698947	30.13
29	98.4491	1.000		
30	52.6359	1.286	1.620041	36.26
31	37.2841	2.221		
32	15.9249	2.008	1.48749	70.23
33	32.8095	2.315		
34	-141.4064	2.913	1.882997	40.76
35	27.4315	27.626		
36	109.332	3.493	1.6727	32.1
37	-22.7693	0.323		
38	71.4068	3.753	1.48749	70.23
39	-15.6159	2.207	1.882997	40.76
40	-144.2752	0.120		
41	23.7766	1.278	1.785896	44.2
42	18.4809	6.274		
43	-136.8969	3.720	1.834807	42.71
44	20.8142	4.417	1.496999	81.54
45	-18.5541	5.000		
46	∞	1.200	1.516329	64.1
47	∞	21.715		

[0156]

[0157] [表格 8]

[0158] 示例 4 :关于变焦的数据

[0159]

	广角端	中间	远摄端
f	14.219	107.352	810.492
Fno.	3.6	3.599	7.596
2ω	33.401	4.541	0.541
D8	19.548	89.355	110.646
D16	158.928	69.948	8.081
D23	1.818	20.99	61.567

[0160] [表格 9]

[0161] 示例 5 :基本透镜数据

[0162]

Si	Ri	Di	Nd _i	ν d _i
表面号	半径曲率	表面间距	折射率	阿贝数
1	210.9815	3.218	1.522494	59.84
2	102.8806	18.559	1.569075	71.3
3	-995.4027	1.985		
4	165.4025	7.408	1.834807	42.71
5	78.124	18.093	1.43875	94.93
6	592.3707	0.510		
7	77.8117	14.387	1.43875	94.93
8	256.1136	D8		
9	391.5615	2.461	1.882997	40.76
10	47.8569	12.291		
11	-4632.254	3.973	1.701536	41.24
12	19.5322	4.713	1.92286	18.9
13	38.949	2.391		
14	-49.7582	2.632	1.846609	23.78
15	-22.7716	1.649	1.882997	40.76
16	136.257	D16		
17	73.7514	5.870	1.43875	94.93
18	-72.0202	1.112		
19	68.0002	1.216	1.903658	31.32
20	34.8202	5.893	1.43875	94.93
21	-142.5488	0.452		
22	60.8314	2.823	1.670029	47.23
23	205.5119	D23		
24	∞ 孔径光阑	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	0.606		
27	57.4733	1.200	1.882997	40.76
28	20.1516	3.398	1.698947	30.13
29	107.9817	1.069		
30	56.5096	1.281	1.595509	39.24
31	33.3219	2.572		
32	16.0258	2.586	1.592399	68.3
33	26.652	2.927		
34	-106.0408	1.792	1.882997	40.76
35	28.5321	34.535		
36	101.1469	7.551	1.6727	32.1
37	-22.1168	0.221		
38	60.4887	3.273	1.496999	81.54
39	-15.3263	5.657	1.882997	40.76
40	-268.4097	0.120		
41	22.7552	1.253	1.785896	44.2
42	17.406	17.315		
43	-637.7136	1.325	1.834807	42.71
44	18.7193	2.870	1.496999	81.54
45	-18.8568	5.000		
46	∞	1.200	1.516329	64.1
47	∞	11.622		

[0163] [表格 10]

[0164] 示例 5 :关于变焦的数据

[0165]

	广角端	中间	远摄端
f	15.671	118.31	893.222
Fno.	3.6	3.6	8.351
2 ω	30.093	4.099	0.486
D8	18.02	71.956	87.705
D16	138.092	64.077	7.047
D23	2.097	22.176	63.456

[0166] 表格 11 显示了根据公式 (1) 至公式 (6) 的相对于示例 1 至示例 5 中的变焦透镜的值。表格 11 显示了针对 d 线的值。

[0167] [表格 11]

[0168]

	示例 1	示例 2	示例 3	示例 4	示例 5
(1) fG1/ft	0.178	0.176	0.168	0.223	0.171
(2) vn	53.4	53.4	51.3	56.5	51.3
(3) vp	84.4	84.4	86.1	79.9	87.1
(4) $\Delta v1$	0.8	0.8	8.5	6.9	11.5
(5) $\Delta v2$	52.2	52.2	52.2	52.2	52.2
(6) f4a/f4b	3.03	3.01	2.06	2.42	2.67
fG1	172.309	169.958	154.659	180.521	152.962
f4a	-157.60	-154.58	-122.35	-130.86	-142.27
f4b	-52.08	-51.43	-59.38	-54.07	-53.35

[0169] 图 9A 至 9D 的图表示出了在广角端示例 1 中的变焦透镜的多种像差 (分别是球差、像散、失真, 以及横向色差)。图 9E 至 9H 的图表示出了在中间焦距位置示例 1 中的变焦透镜的多种像差 (分别是球差、像散、失真, 以及横向色差)。图 9I 至 9L 的图表示出了在远摄端示例 1 的变焦透镜的多种像差 (分别是球差、像散、失真, 以及横向色差)。

[0170] 图表示出了针对 d 线的像差。此外, 球差的图表示出了针对 g 线 (波长是 435.8nm)、C 线 (波长是 656.3nm) 和 880nm 的波长的球差。此外, 横向色差的图表示出了针对 g 线、C 线和 880nm 的波长的横向色差。此外, 在像散的图表中, 针对径向方向的像差

由实线表示,针对切线方向的像差由虚线表示。在球差的图表中,标记“Fno.”表示 F 值,在其他图表中, ω 表示视角的半角度。

[0171] 类似地,图 10A 至 10L 的图表示出了在广角端、中间焦距位置和远摄端示例 2 中的变焦透镜的多种像差。图 11A 至 11L 的图表示出了在广角端、中间焦距位置和远摄端示例 3 中的变焦透镜的多种像差。图 12A 至 12L 的图表示出了在广角端、中间焦距位置和远摄端示例 4 中的变焦透镜的多种像差。图 13A 至 13L 的图表示出了在广角端、中间焦距位置和远摄端示例 5 中的变焦透镜的多种像差。所有的像差的图表示出了当与物体的距离是 50m 时的像差。

[0172] 示例 1 至示例 5 中的变焦透镜具有大约 57 倍的高可变放大比率。尽管变焦透镜作为高可变放大率光学系统而言相对紧凑,但变焦透镜仍可以获得高光学性能,其中可以以卓越的方式方法贯穿整个可变放大率范围在可见光至近红外域的很宽的波长带中校正像差。

[0173] 图 14A 至 14B 是当插入具有 2 倍放大率(倍数)的扩展器 Ex 时,示例 1 中变焦透镜的横截面。图 15A 和 15B 是当插入具有 2 倍的放大率(倍数)的扩展器 Ex 时,示例 2 中变焦透镜的横截面。在图 14A、14B、15A 和 15B 所示的每个变焦透镜中,扩展器 Ex 直接插入在第四透镜组 G4 中的第二负透镜组 G4b 的图像侧。当扩展器 Ex 插入第四透镜组 G4 时,第四透镜组由标记“G4”表示。

[0174] 表格 12 显示了当插入扩展器时示例 1 中变焦透镜的基本透镜数据。表格 13 显示了当插入扩展器时关于示例 1 中变焦透镜的变焦的数据。表格 14 显示了当插入扩展器时示例 2 中变焦透镜的基本透镜数据。表格 15 显示了当插入扩展器时关于示例 2 中变焦透镜的变焦的数据。表格 12 至表格 15 中标记的含义与已描述的示例 1 中的标记含义类似。

[0175] [表格 12]

[0176] 示例 1+ 扩展器 :基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
表面号	半径曲率	表面间距	折射率	阿贝数
1	233.6026	2.900	1.51633	64.14
2	93.1487	20.486	1.618	63.33
3	-3833.7762	0.650		
4	191.658	2.928	1.834807	42.71
5	78.1878	17.551	1.43875	94.93
6	635.5842	0.120		
7	84.7498	14.210	1.43875	94.93
8	335.9694	D8		
9	175.2338	1.304	1.882997	40.76
10	49.2827	8.414		
11	131.2409	1.750	1.72342	37.95
12	17.9408	3.389	1.92286	18.9
13	34.6022	3.273		
14	-56.1166	2.733	1.846609	23.78
15	-23.5633	1.200	1.882997	40.76
16	90.8451	D16		
17	73.4854	4.856	1.43875	94.93
18	-74.1927	0.120		
19	70.0324	2.791	1.903658	31.32
20	34.9293	5.792	1.43875	94.93
21	-176.776	0.120		
22	60.0622	4.266	1.696797	55.53
23	165.8201	D23		
	∞			
24	孔径光阑	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	1.033		
27	50.5827	1.201	1.882997	40.76
28	17.832	3.316	1.698947	30.13
29	93.2505	1.022		
30	62.3932	1.223	1.620041	36.26
31	37.5485	2.498		
32	15.9019	2.867	1.48749	70.23
33	34.9466	2.761		
34	-122.4569	1.200	1.882997	40.76
35	25.8067	3.000		
36	18.2704	3.195	1.496999	81.54
37	-59.5365	2.429		
38	61.1442	3.307	1.808095	22.76
39	-12.7863	1.201	1.84666	23.78
40	32.5616	7.022		
41	-678.118	1.200	1.788001	47.37
42	7.1441	2.078	1.84666	23.78
43	14.2896	6.542		
44	107.1766	2.823	1.6727	32.1
45	-22.524	0.532		
46	60.5761	3.656	1.48749	70.23
47	-15.3746	1.200	1.882997	40.76
48	-130.3878	0.153		
49	23.6367	1.200	1.785896	44.2
50	18.0173	10.541		
51	-117.9177	1.498	1.834807	42.71
52	19.9485	5.361	1.496999	81.54
53	-18.6671	5.000		
54	∞	1.200	1.516329	64.1
55	∞	17.742		

[0177]

[0178] [表格 13]

[0179] 示例 1+ 扩展器 : 关于变焦的数据

[0180]

	广角端	中间	远摄端
f	33.171	250.435	1890.744
Fno.	7.059	7.061	17.495
2 ω	15.005	2.008	0.266
D8	28.907	89.878	108.12
D16	150.303	68.143	4.961
D23	2.473	23.662	68.601

[0181] [表格 14]:示例 2+ 扩展器 :基本透镜数据

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
表面号	半径曲率	表面间距	折射率	阿贝数
1	294.3607	2.900	1.51633	64.14
2	97.8299	18.532	1.618	63.33
3	-1069.1708	0.120		
4	192.7874	2.900	1.834807	42.71
5	77.4382	16.911	1.43875	94.93
6	662.8557	0.120		
7	81.0121	13.454	1.43875	94.93
8	327.3442	D8		
9	225.4275	1.200	1.882997	40.76
10	52.5241	2.143		
11	148.6586	1.200	1.72342	37.95
12	16.7483	4.047	1.92286	18.9
13	35.1682	7.008		
14	-44.9107	2.058	1.846609	23.78
15	-25.7974	1.200	1.882997	40.76
16	73.8616	D16		
17	73.8167	5.252	1.43875	94.93
18	-69.2646	0.120		
19	70.1794	1.200	1.903658	31.32
20	35.2461	6.269	1.43875	94.93
21	-152.5383	0.120		
22	60.0153	3.078	1.696797	55.53
23	222.4074	D23		
24	∞			
	孔径光阑	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	1.439		
27	117.5173	1.200	1.806098	40.92
28	15.6108	3.814	1.6668	33.05
29	149.9867	1.260		
30	41.9588	1.200	1.581439	40.75
31	25.73	0.120		
32	13.5546	3.421	1.48749	70.23
33	55.1078	3.259		
34	-53.4304	1.588	1.834807	42.71
35	28.9919	2.738		
36	19.1928	3.204	1.496999	81.54
37	-54.8105	3.708		
38	49.6926	3.395	1.808372	24.61
39	-13.6858	2.668	1.84666	23.78
40	93.0784	1.863		
41	-97.2381	1.083	1.882997	40.76
42	5.7136	2.887	1.84666	23.78
43	13.542	2.926		
44	188.1151	2.551	1.698947	30.13
45	-25.4125	7.044		
46	23.8037	4.104	1.48749	70.23
47	-11.5194	1.200	1.834807	42.71
48	326.0944	0.389		
49	29.2	1.200	1.785896	44.2
50	17.2835	11.147		
51	-69.3281	1.200	1.834807	42.71
52	41.5446	3.480	1.43875	94.93
53	-11.6179	5.000		
54	∞	1.200	1.516329	64.1
55	∞	9.889		

[0182]

[0183] [表格 15]

[0184] 示例 2+ 扩展器 : 关于变焦的数据

[0185]

	广角端	中间	远摄端
f	32.946	248.734	1877.898
Fno.	7.038	7.019	17.545
2ω	13.727	1.835	0.243
D8	40.725	96.664	113.322
D16	138.681	63.073	4.964
D23	2.529	22.197	63.648

[0186] 图 16 的示意图示出了根据本发明的实施例的成像装置的示例的配置。成像装置使用根据本发明的实施例的变焦透镜。成像装置是例如监视摄像机、摄影机、电子照相机等。

[0187] 图 16 所示的成像装置 10 包括变焦透镜 1、滤光器 2、成像设备 3、信号处理单元 4，和变焦控制单元 5。滤光器 2 布置在变焦透镜 1 的图像侧。成像设备 3 在由变焦透镜 1 形成的物体的图像上执行成像。信号处理单元 4 对成像设备 3 输出的信号执行运算处理。提供变焦控制单元 5 以改变变焦透镜 1 的放大率。

[0188] 变焦透镜 1 包括具有正折射能力的第一透镜组 G1、具有负折射能力的第二透镜组 G2、具有正折射能力的第三透镜组 G3、孔径光阑 St 和具有正折射能力的第四透镜组 G4。在图 16 中，示意性地示出了这些透镜组。成像设备 3 将变焦透镜 1 所形成的光学图像转换为电信号。以这样的方式放置成像设备 3 使得成像设备 3 的成像表面与变焦透镜的图像平面成为同一平面。例如，CCD、CMOS 等可以用作成像设备 3。

[0189] 到目前为止，已经通过利用实施例和示例描述了本发明。然而，本发明不限制于实施例和示例，可以有多种修改。例如，诸如每个透镜元件的曲率半径、表面间距、折射率和阿贝数等值不限制于数字示例中的值，而可以是其它值。

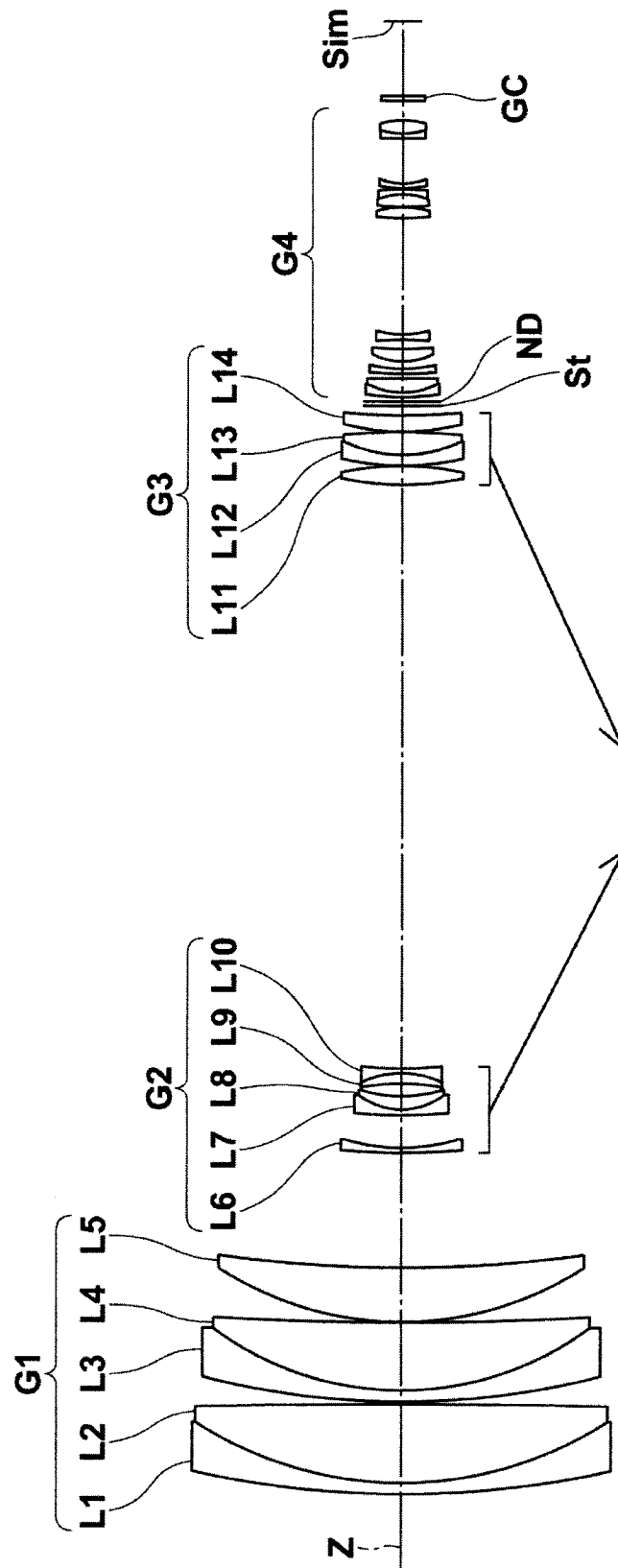


图 1

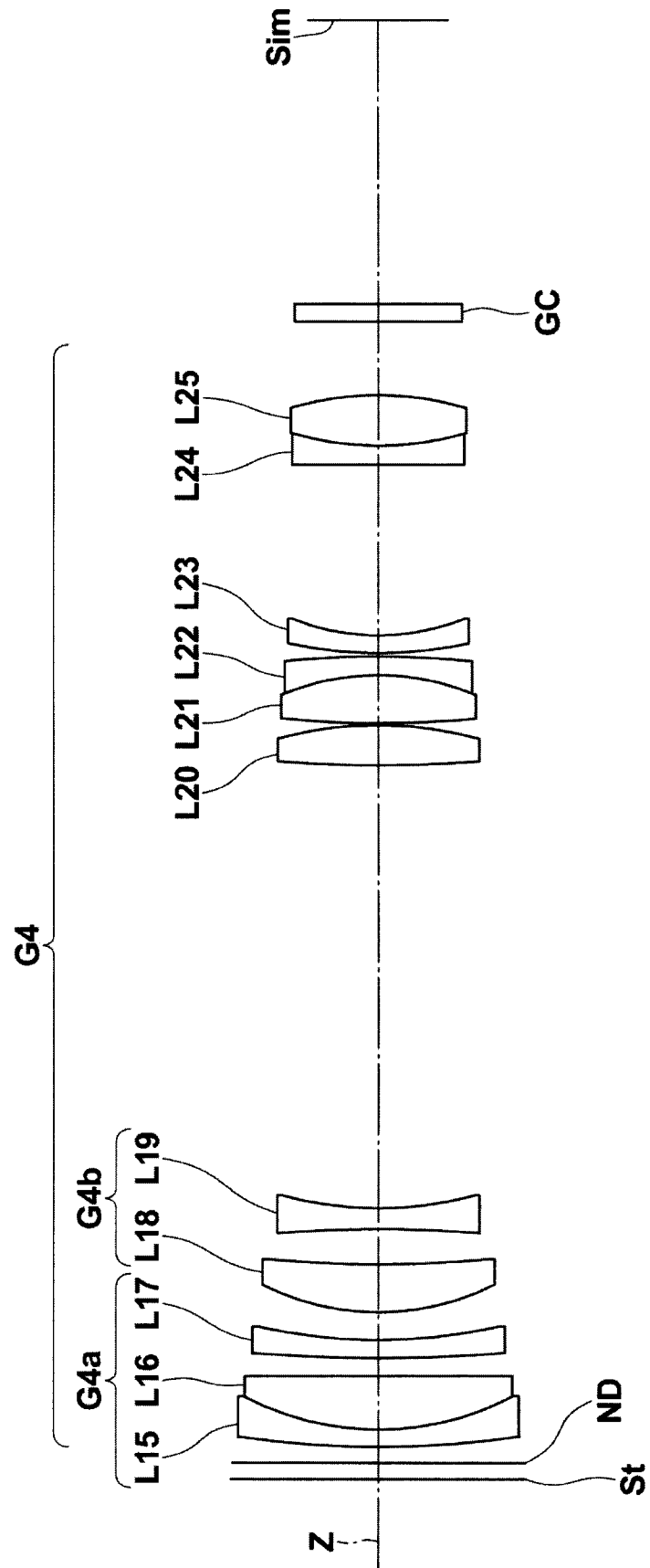


图 2

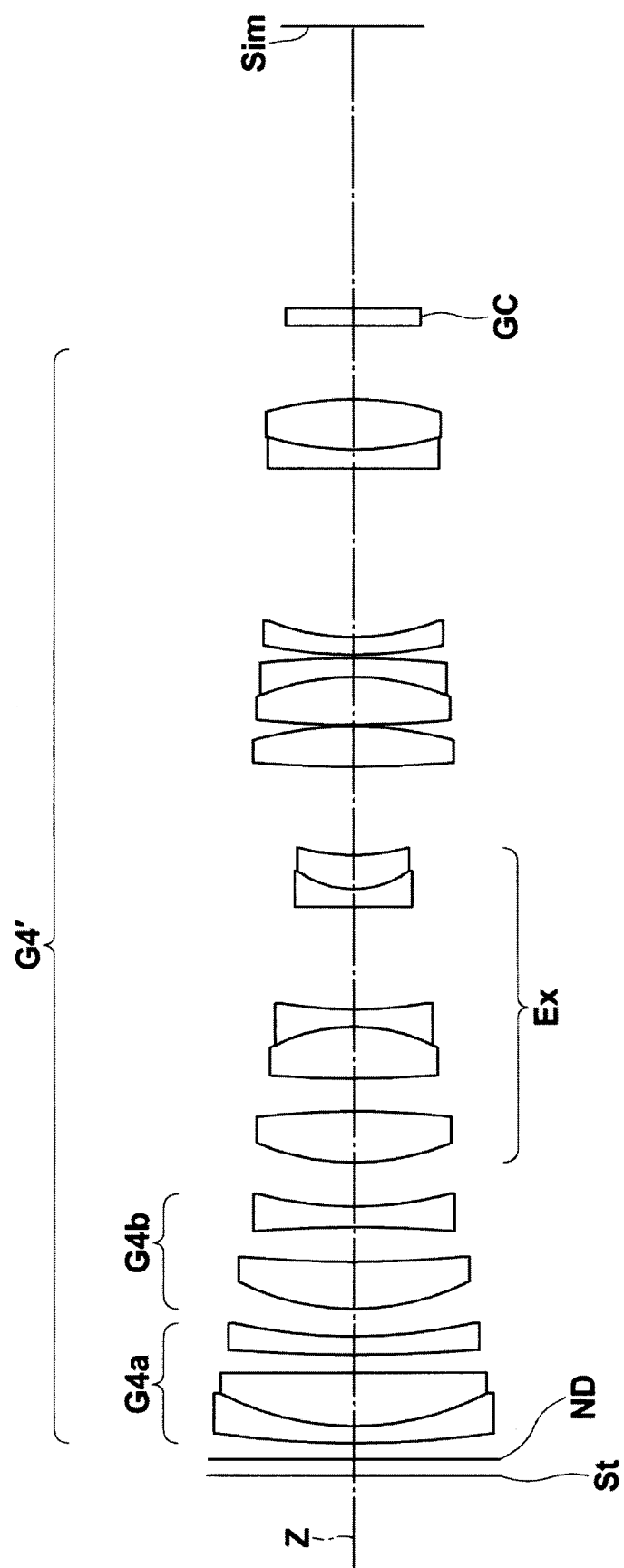


图 3

示例 1

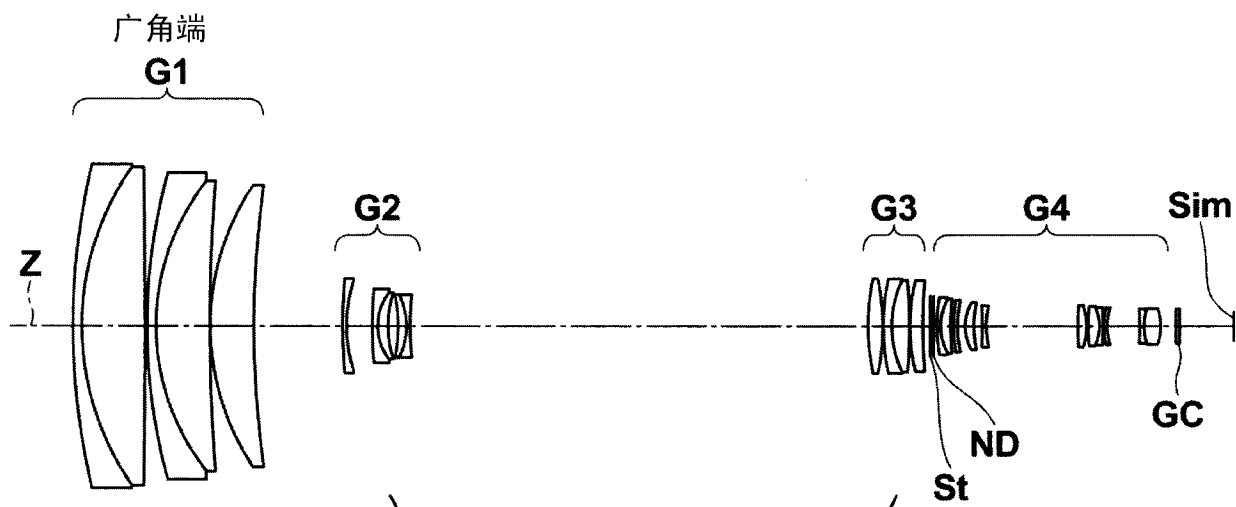


图 4A

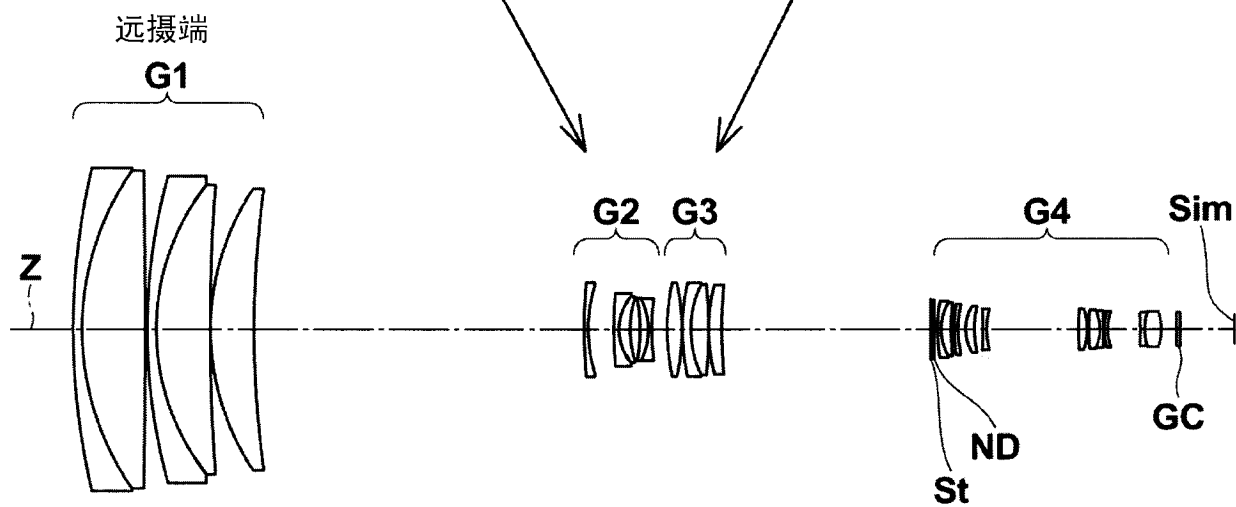
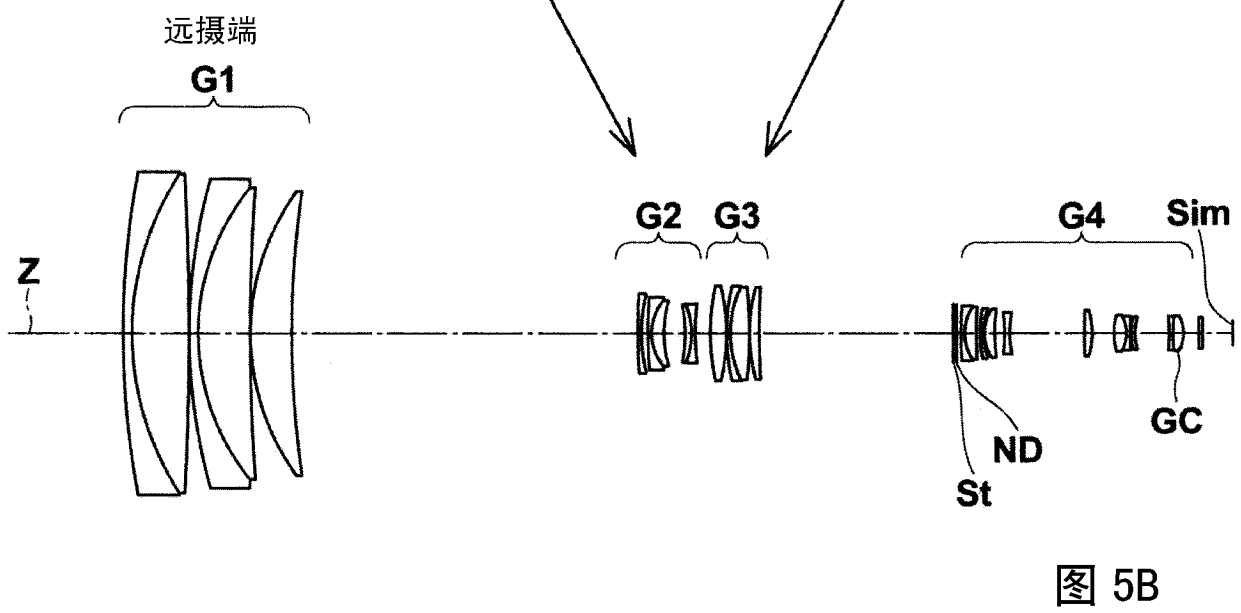
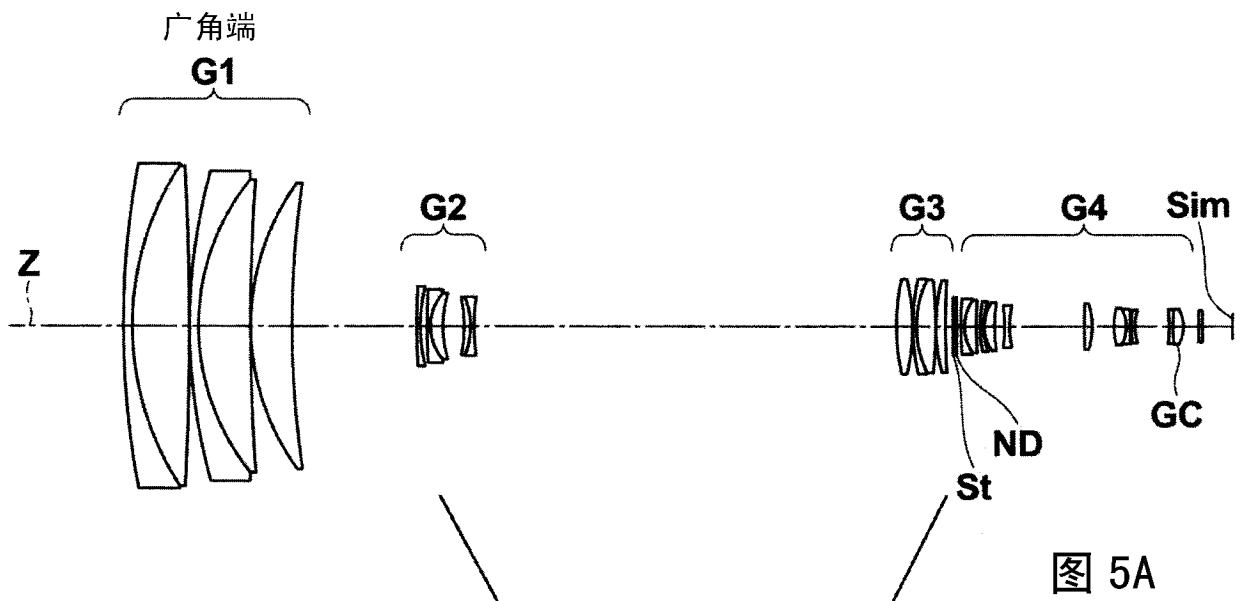


图 4B

示例 2



示例 3

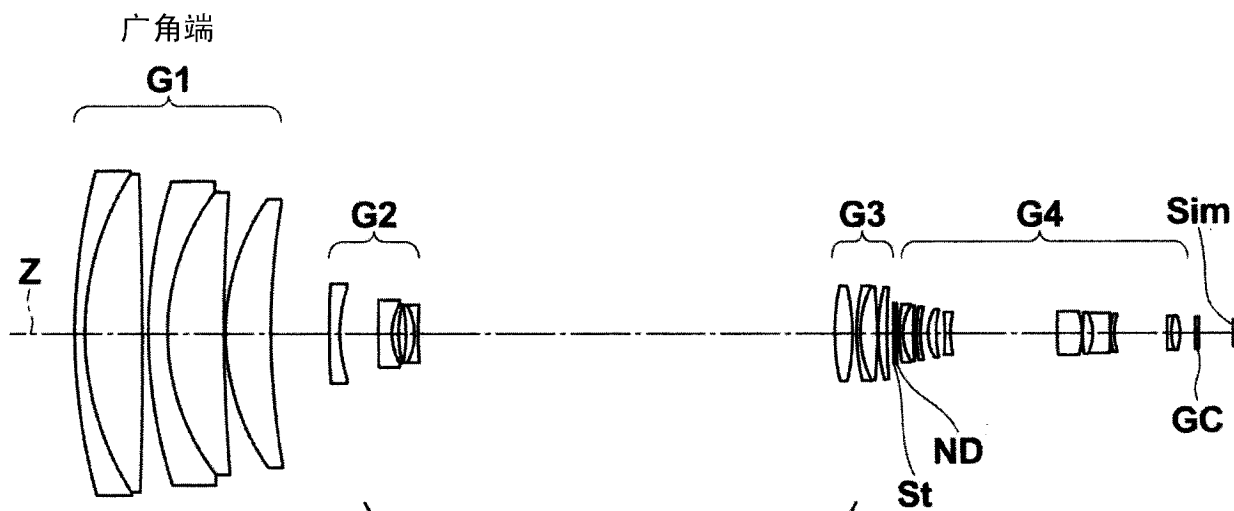


图 6A

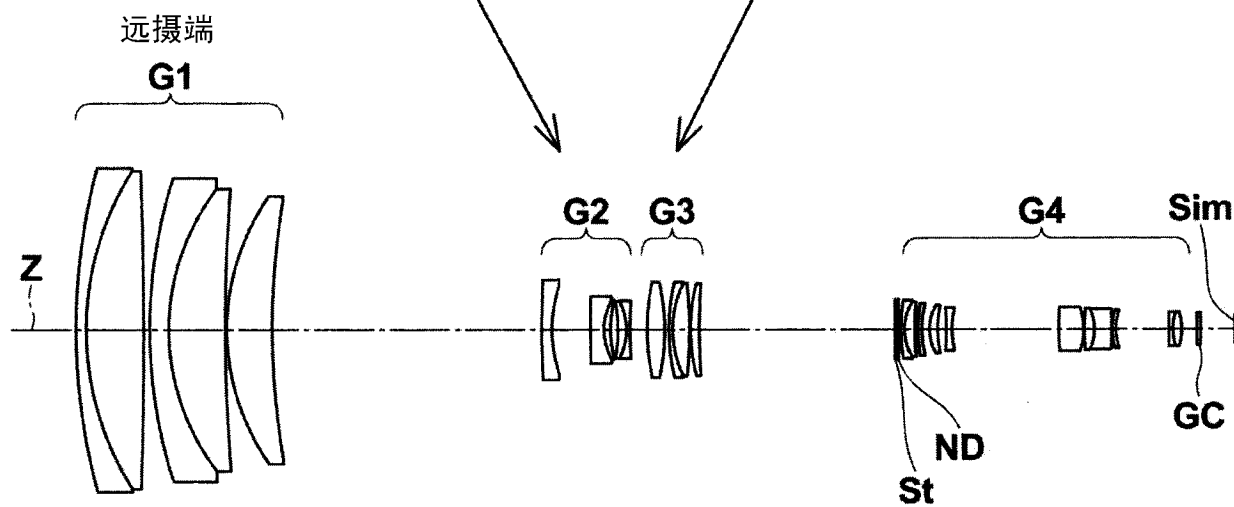


图 6B

示例 4

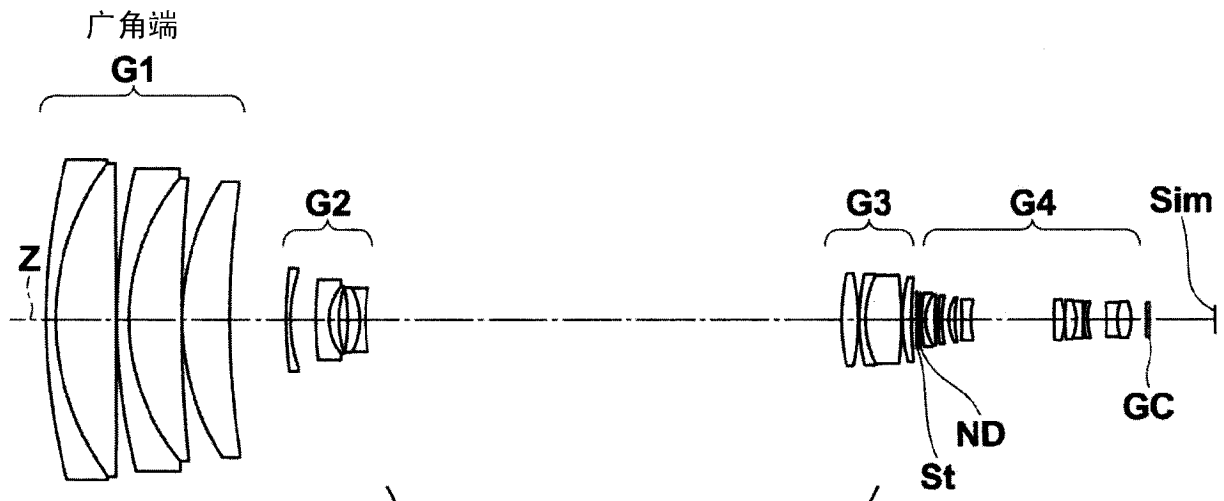


图 7A

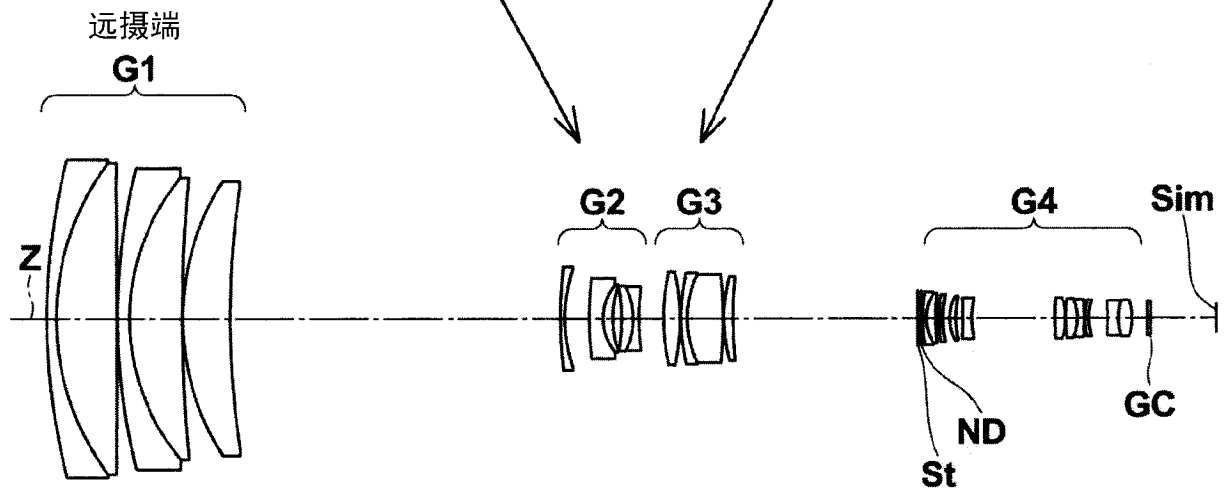


图 7B

示例 5

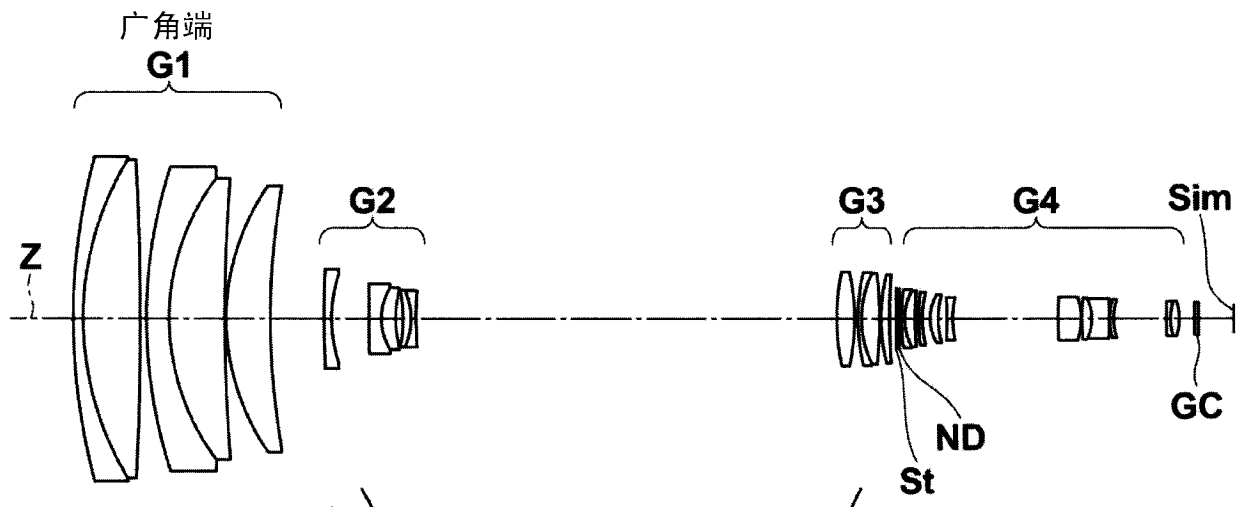


图 8A

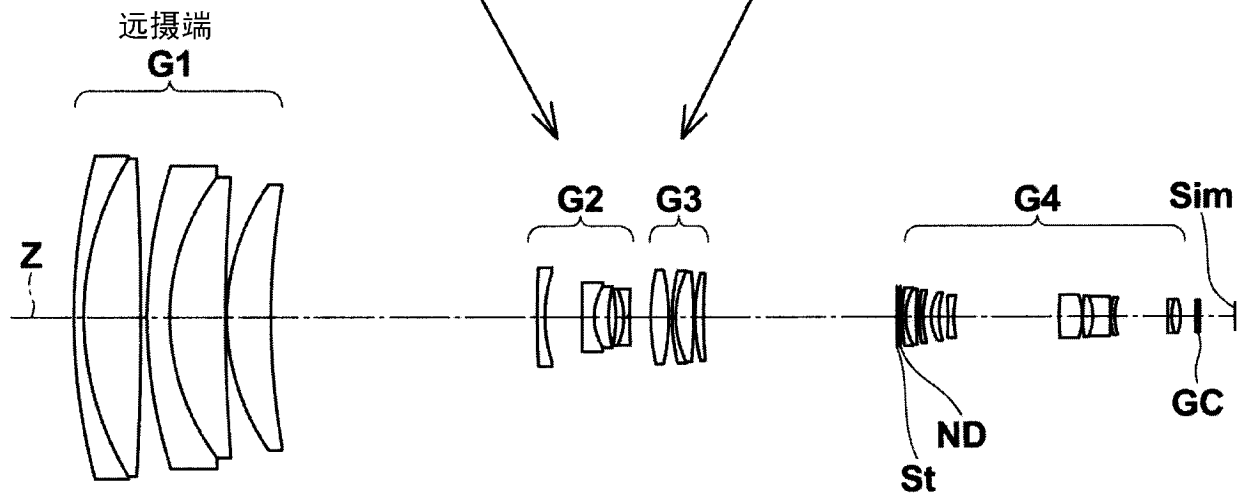
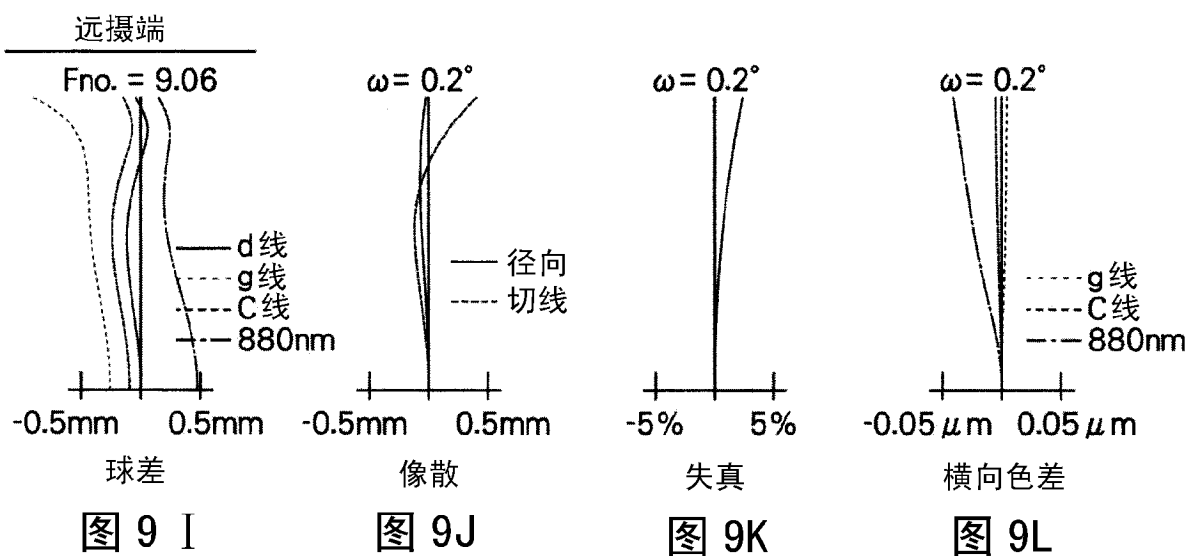
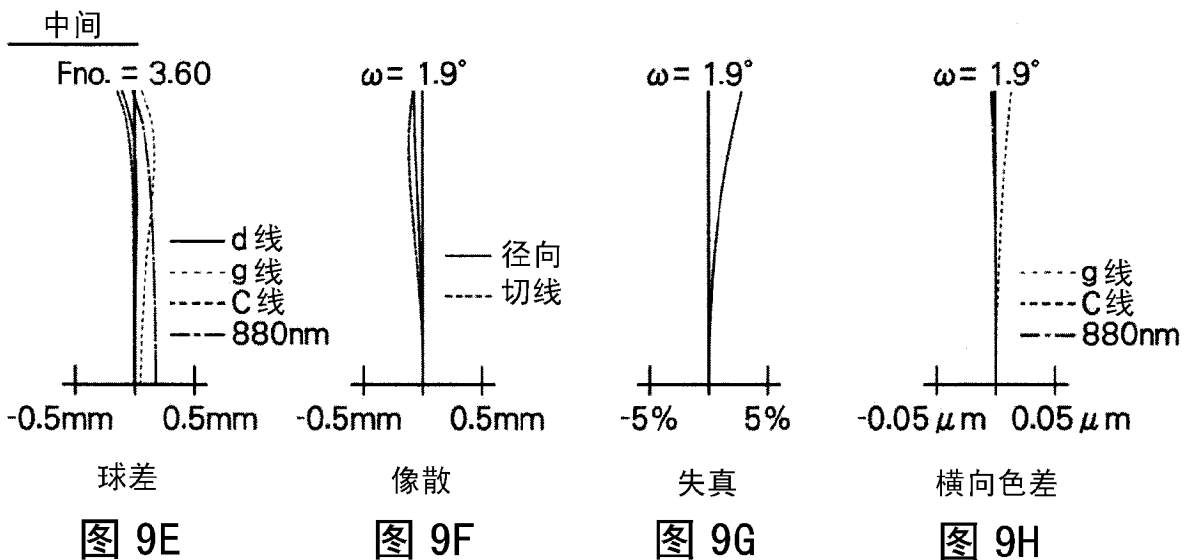
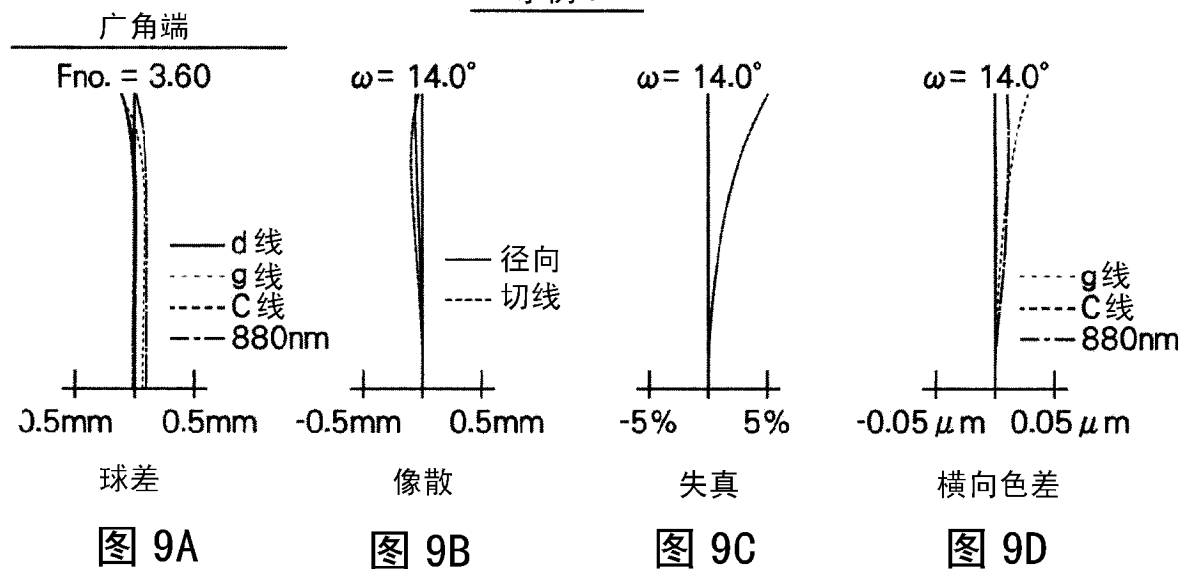
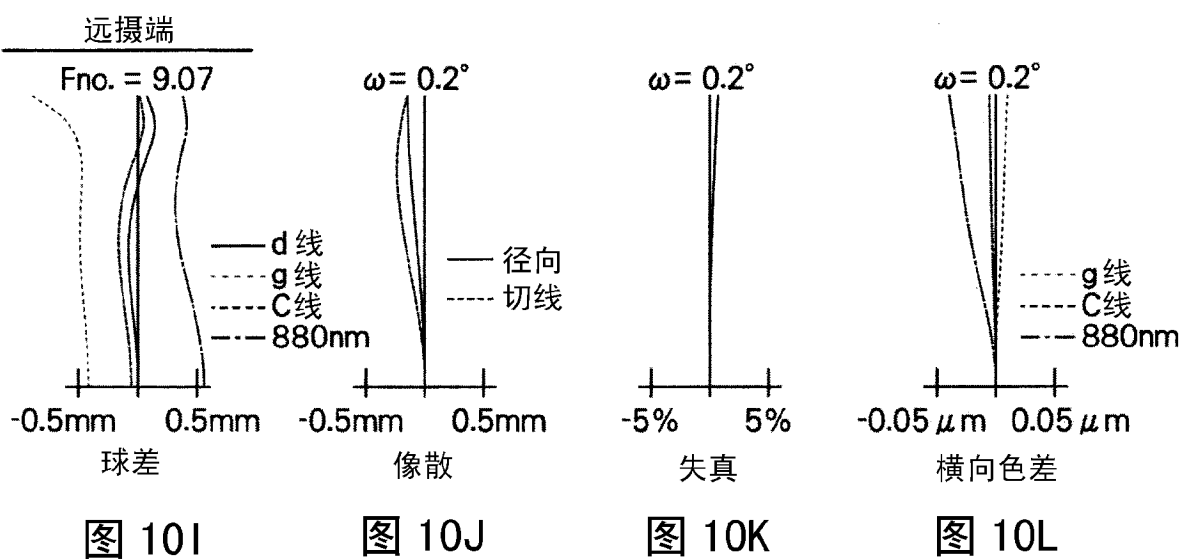
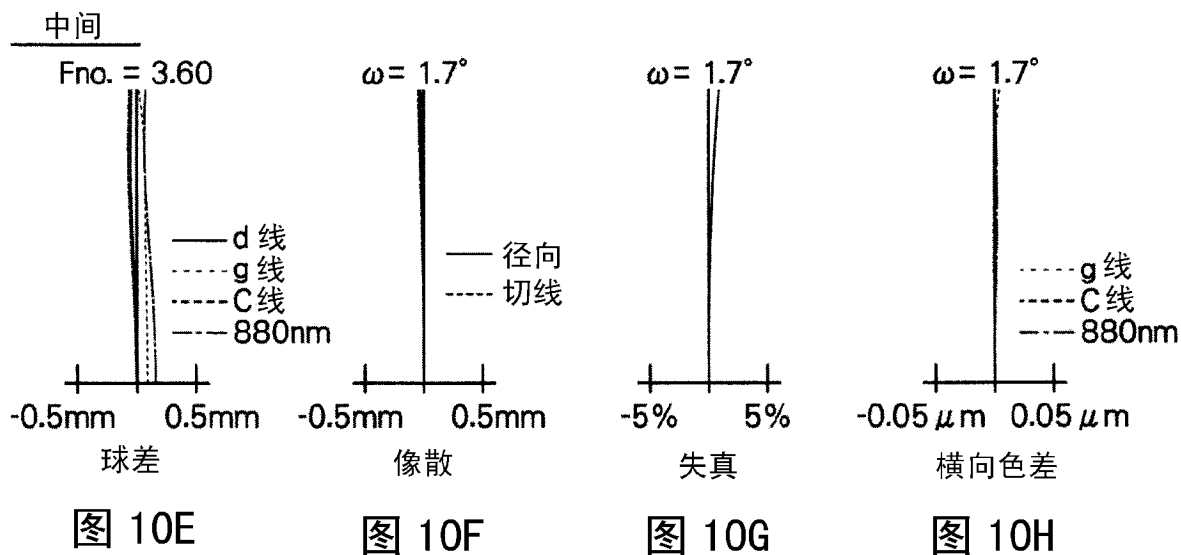
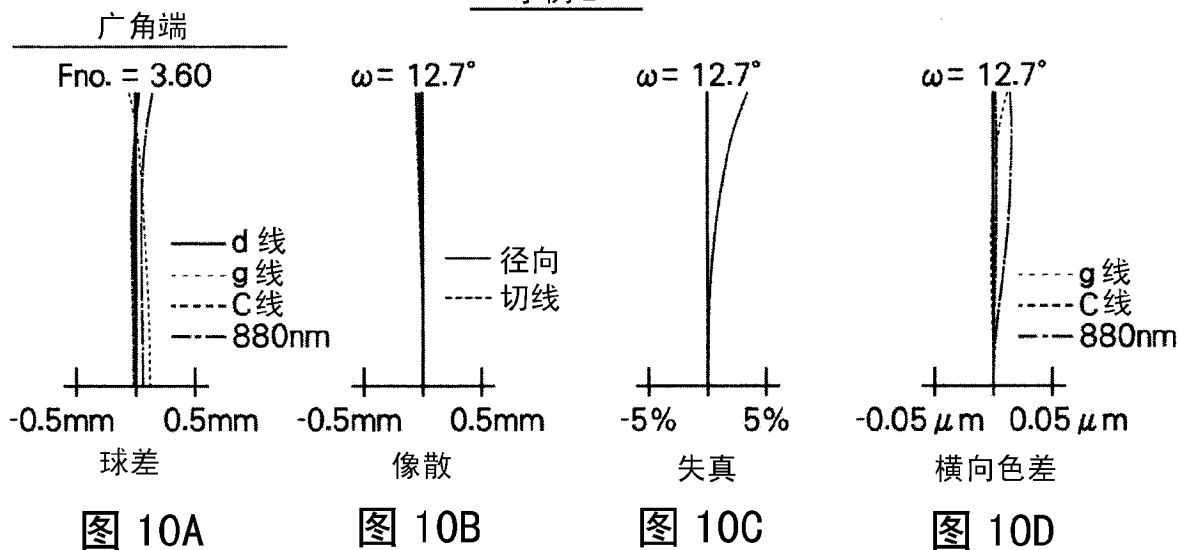


图 8B

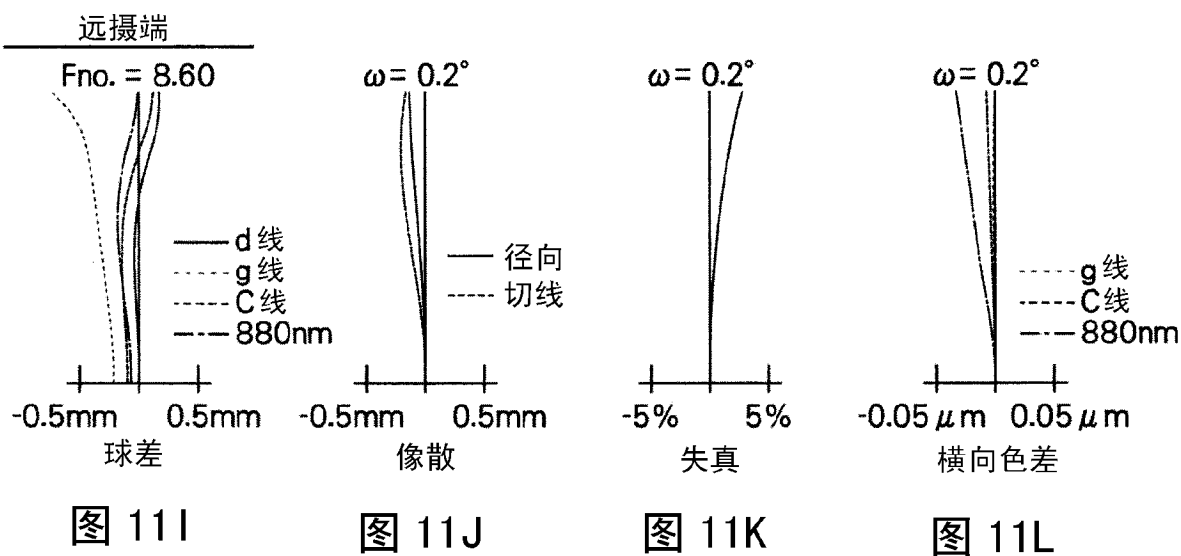
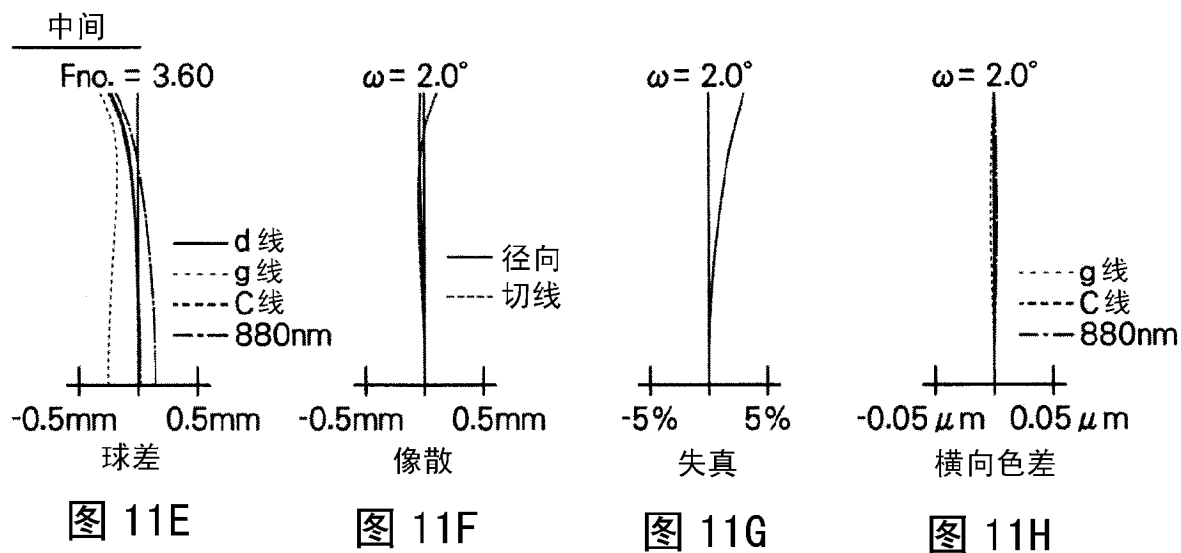
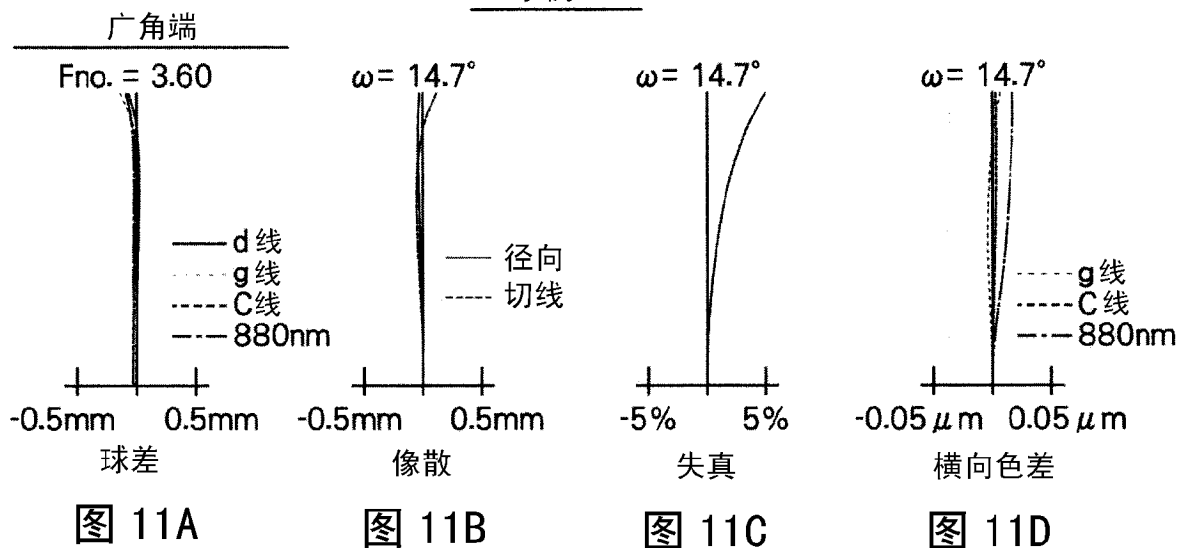
示例 1



示例 2



示例 3



示例 4

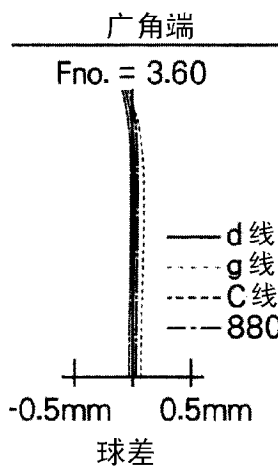


图 12A

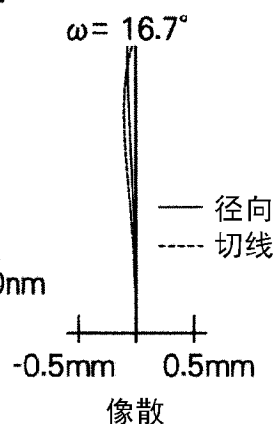


图 12B

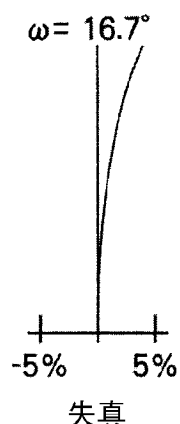


图 12C

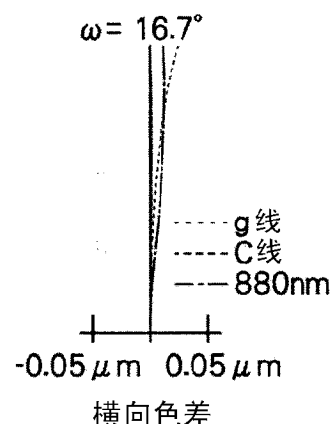


图 12D

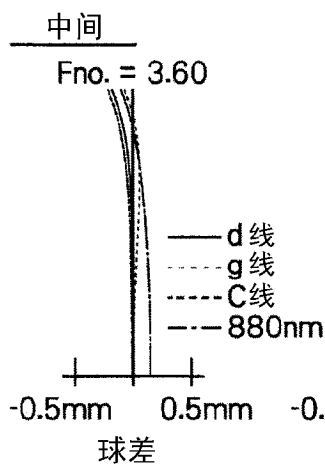


图 12E

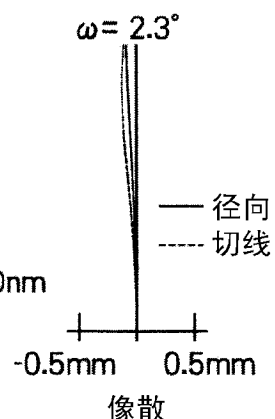


图 12F

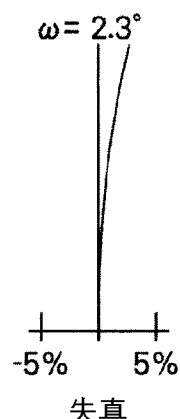


图 12G

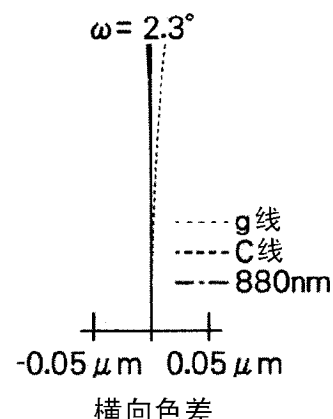


图 12H

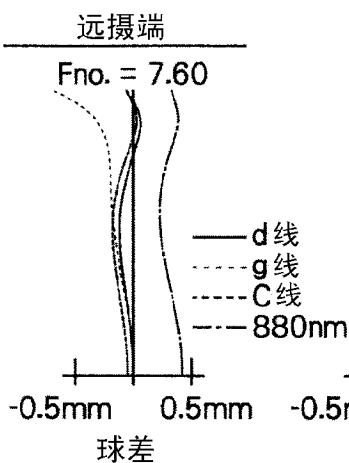


图 12I

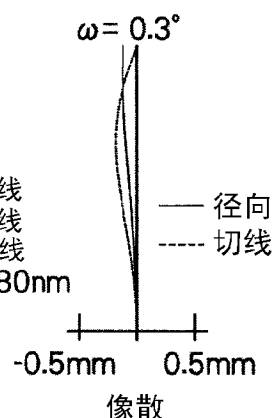


图 12J

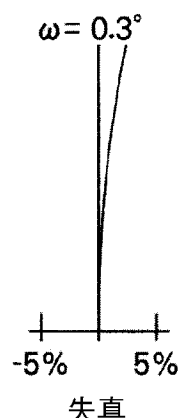


图 12K

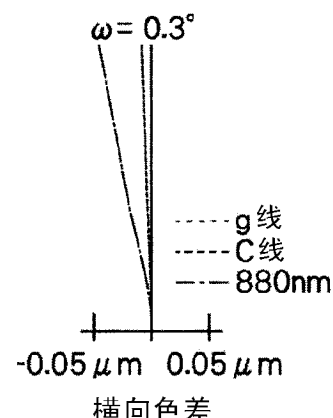


图 12L

示例 5

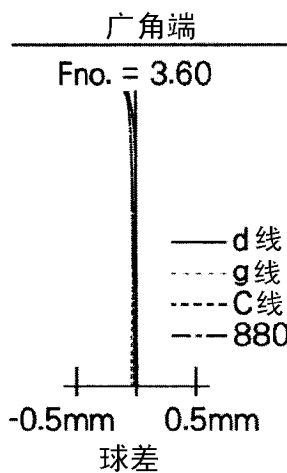


图 13A

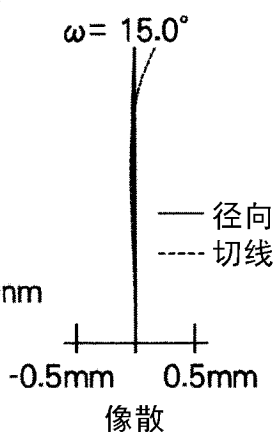


图 13B

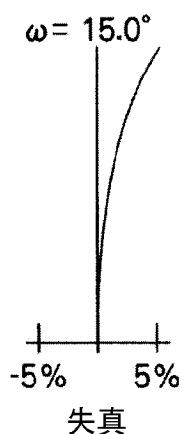


图 13C

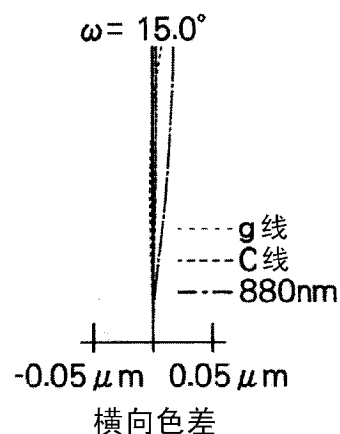


图 13D

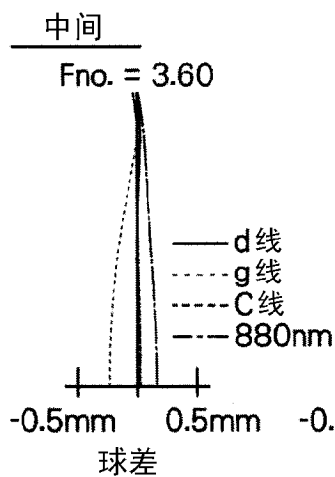


图 13E

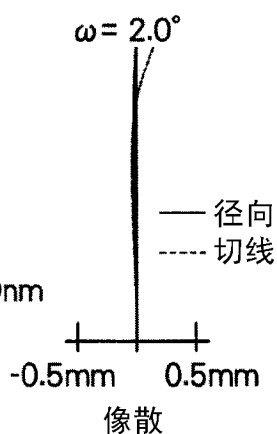


图 13F

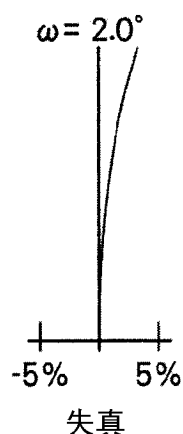


图 13G

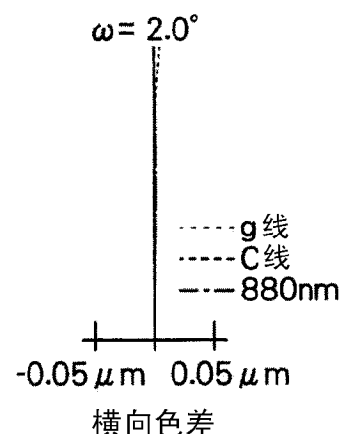


图 13H

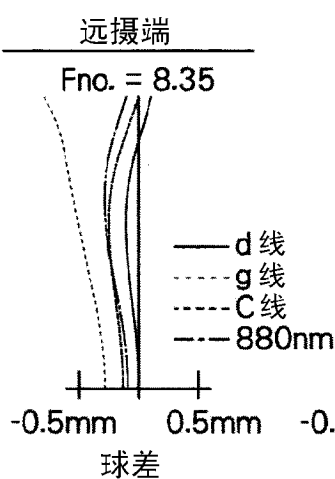


图 13I

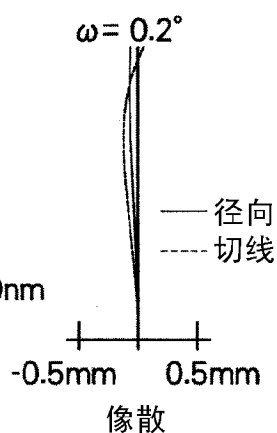


图 13J

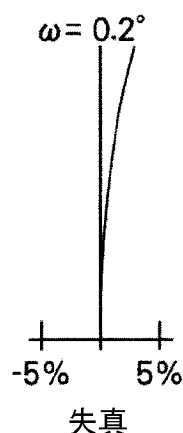


图 13K

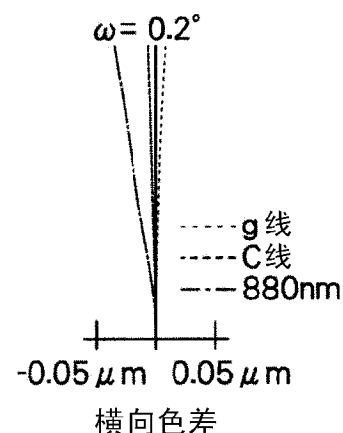


图 13L

示例 1+扩展器

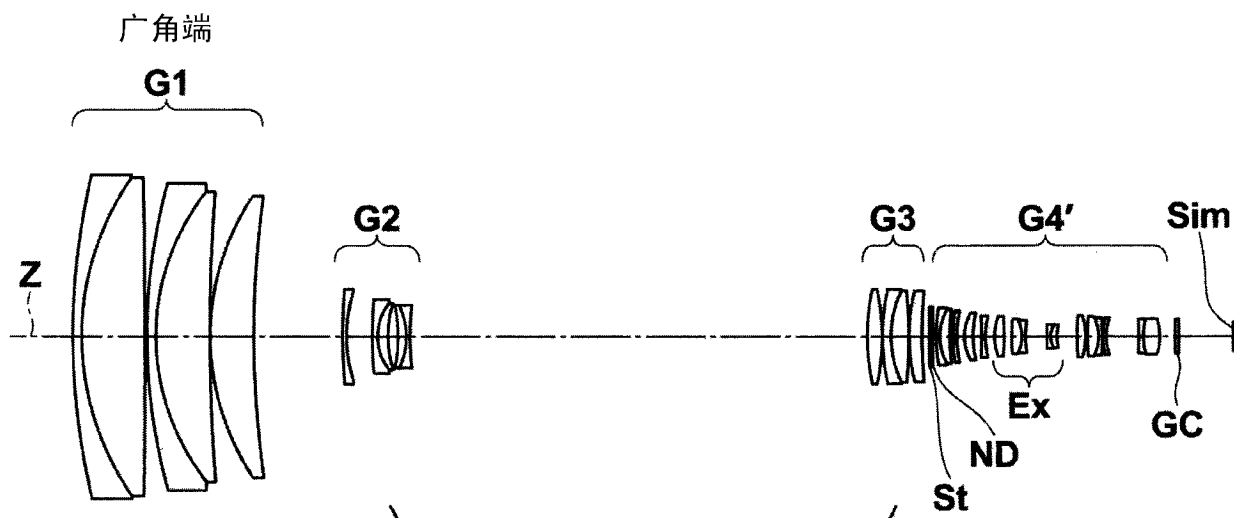


图 14A

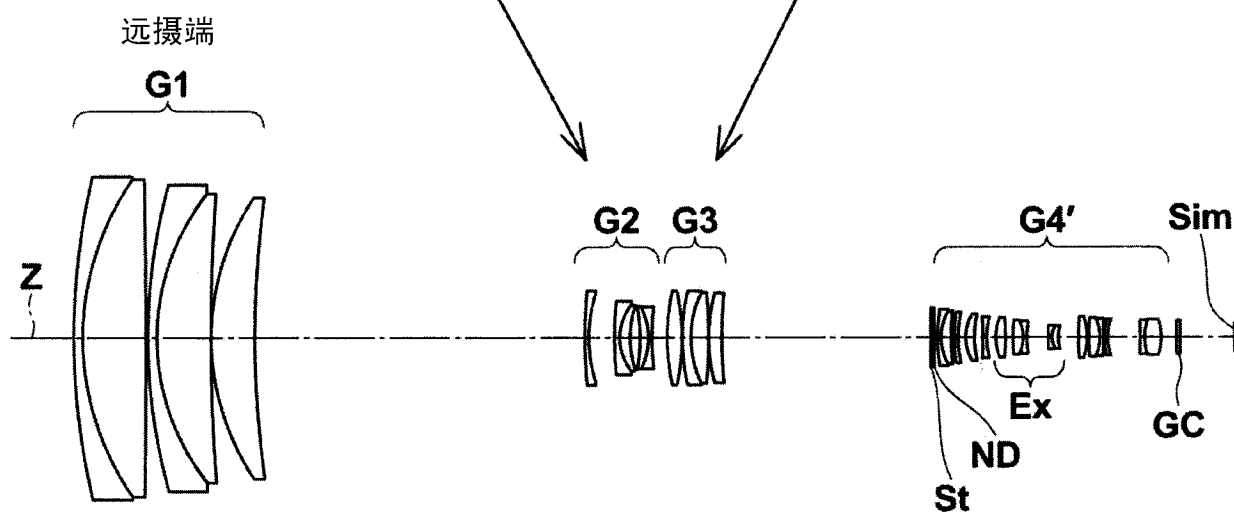


图 14B

示例 2+ 扩展器

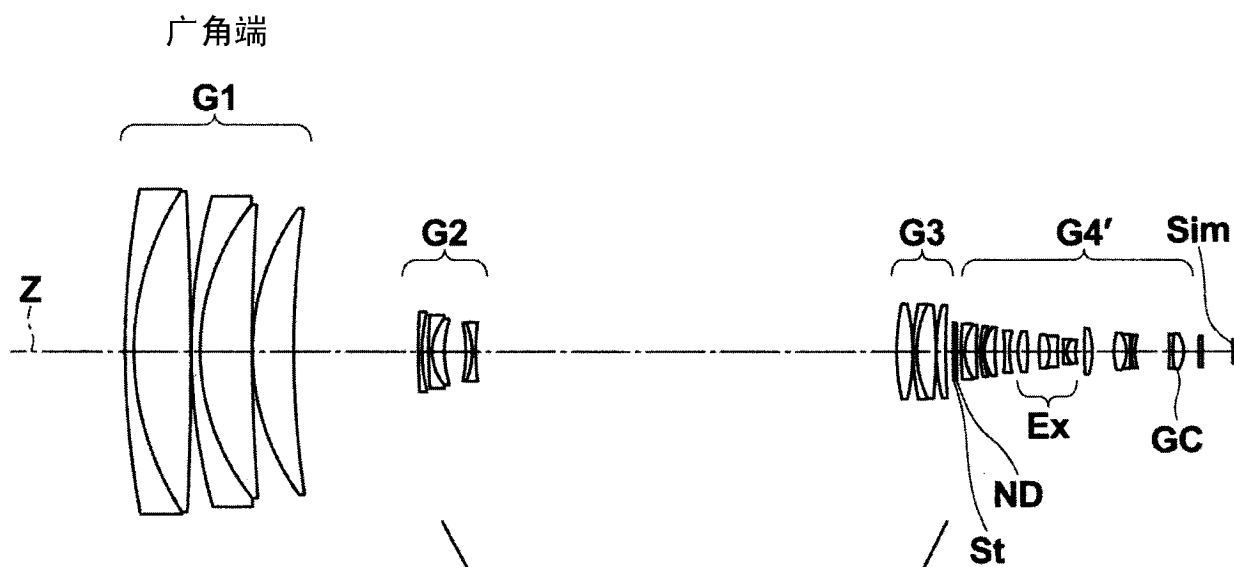


图 15A

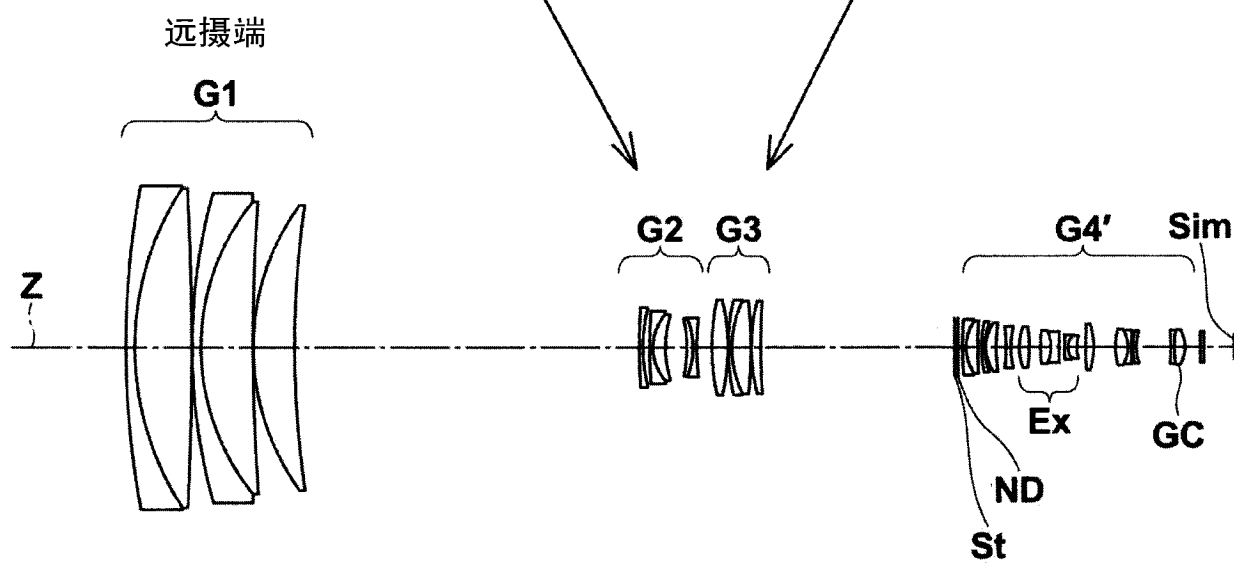


图 15B

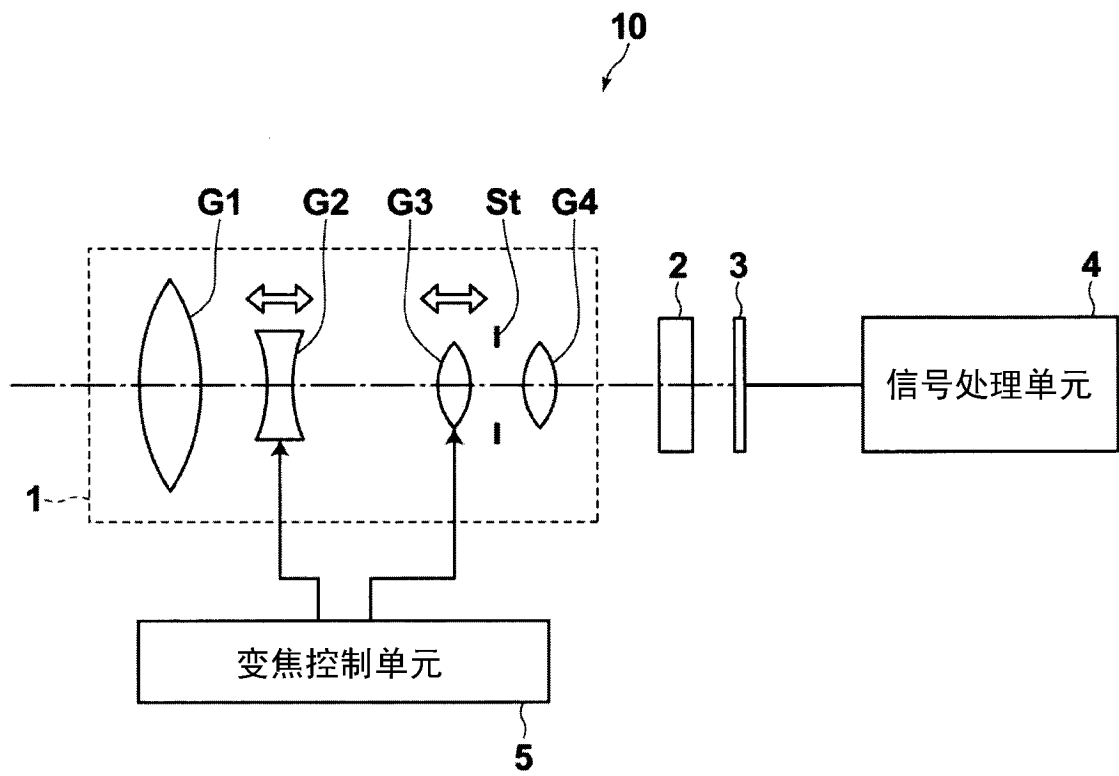


图 16