(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101432651 B
(45)授权公告日 2013.07.17

(21)申请号 200780015801.3
(22)申请日 2007.04.25
(30)优先权数据
127714/2006 2006.05.01 JP
112167/2007 2007.04.20 JP
127719/2006 2006.05.01 JP
(85)PCT申请进入国家阶段日
2008.10.31
(86)PCT申请的申请数据
PCT/JP2007/059419 2007.04.25
(87)PCT申请的公布数据
WO2007/129677 JA 2007.11.15
(73)专利权人 株式会社尼康
地址 日本东京
(72)发明人 武俊典
(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 谢丽娜 关兆辉
(51)Int.Cl.
G02B 15/16(2006.01)
G02B 13/18(2006.01)
G02B 7/10(2006.01)
G03B 17/17(2006.01)
(56)对比文件
CN 1682141 A,2005.10.12, 全文.
US 2005/0248669 A1,2005.11.10, 全文.
JP 2000-131610 A,2000.05.12, 全文.
CN 1646965 A,2005.07.27, 全文.
US 2005/0275948 A1,2005.12.15, 全文.
审查员 刘汉承

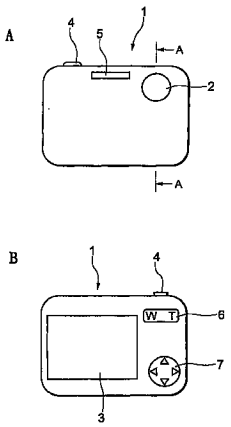
权利要求书4页 说明书61页 附图32页

(54)发明名称

变焦透镜及具有该变焦透镜的光学装置

(57)摘要

提供一种适用于配置变焦透镜的场所受限的光学装置的、小型且简单、具有良好成像性能的可进行像移位的变焦透镜、及具有该变焦透镜的光学装置，其中，沿着光轴从物体侧开始依次包括：第1透镜组(G1)，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第2透镜组(G2)，具有负的屈光力；第3透镜组(G3)，具有正的屈光力；第4透镜组(G4)，具有正的屈光力，在焦点距离从广角端状态W到望远端状态T为止变化时，上述第1透镜组(G1)和上述第3透镜组(G3)相对于像面(I)固定，上述第2透镜组(G2)和上述第4透镜组(G4)沿光轴移动，通过使上述第3透镜组(G3)全体或一部分作为移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位，可进行像面(I)上的像移位，上述第1透镜组(G1)包括负透镜，并满足预定的条件。



CN 101432651 B

1. 一种变焦透镜，其特征在于，

由四组透镜组构成，该四组透镜组沿着光轴从物体侧开始依次为：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，

在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 1 透镜组和上述第 3 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少，

上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，

并满足以下条件式：

$nd1 > 1.900$

其中 nd1 是上述负透镜相对于 d 线的折射率，该 d 线的波长 λ=587.6nm。

2. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，

上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，

上述负透镜满足以下条件式：

$nd1 > 1.940$

其中 nd1 是上述负透镜相对于 d 线的折射率，该 d 线的波长 λ=587.6nm。

3. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，

上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，

上述负透镜满足以下条件：

$\nu d1 < 21.00$

其中 νd1 是上述负透镜相对于 d 线的阿贝数，该 d 线的波长 λ=5876nm。

4. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，

上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，

上述负透镜满足以下条件：

$\nu d1 < 20.50$

其中 νd1 是上述负透镜相对于 d 线的阿贝数，该 d 线的波长 λ=587.6nm。

5. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，上述第 3 透镜组至少具有一个复合透镜。

6. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，上述第 3 透镜组沿着光轴从物体侧开始依次包括：正透镜，凸面朝向物体侧；和复合透镜，由凸面朝向物体侧的正透镜和凹面朝向像侧的负透镜组成，具有负的屈光力。

7. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，上述第 4 透镜组沿着光轴从物体侧开始依次包括：正透镜，凸面朝向物体侧；和复合透镜，由凸面朝向物体侧的正透镜和凹面朝向像侧的负透镜组成，具有负的屈光力。

8. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，

满足以下条件：

$0.5 < f4/f3 < 1.1$

其中，f3 是上述第 3 透镜组的焦点距离，

f4 是上述第 4 透镜组的焦点距离。

9. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，

上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，

上述第 1 透镜组的上述负透镜是凸面朝向物体侧的负凹凸透镜，

上述第 1 透镜组沿着光轴从物体侧开始依次包括：上述负凹凸透镜；上述光路弯折光学元件；和凸面朝向物体侧的正透镜。

10. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，

上述光路弯折光学元件是直角棱镜，

满足以下条件：

$ndp > 1.800$

其中 ndp 是上述直角棱镜相对于 d 线的折射率，该 d 线的波长 $\lambda = 587.6nm$。

11. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，上述第 1 透镜组中至少包括一个非球面透镜。

12. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，上述第 2 透镜组沿着光轴从物体侧开始依次包括：负透镜，凹面朝向像侧；和复合透镜，由凹面朝向物体侧的负透镜和正透镜组成，具有负的屈光力。

13. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，上述第 2 透镜组中至少包括一个非球面透镜。

14. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，满足以下条件式：

$0.8 < (-f2)/fw < 1.3$

其中，fw 是广角端状态下的变焦透镜系统整体的焦点距离，

f2 是上述第 2 透镜组的焦点距离。

15. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，使上述第 2 透镜组沿着光轴向物体侧移动，进行从无限远物体向近距离物体的焦点调节。

16. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，满足以下条件式：

$1.5 < f1/(-f2) < 4.0$

其中，f1 是上述第 1 透镜组的焦点距离，

f2 是上述第 2 透镜组的焦点距离。

17. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，上述第 3 透镜组中至少包括一个非球面透镜。

18. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，上述第 4 透镜组中至少包括一个非球面透镜。

19. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜，其特征在于，

上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组之间具有孔径光阑，

上述孔径光阑与上述第 3 透镜组的物体侧相邻配置。

20. 一种变焦透镜，其特征在于，

由四组透镜组构成，该四组透镜组沿着光轴从物体侧开始依次为：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；第 4 透镜组，具有正的屈光力，

在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 1 透镜组和上述第 3 透镜

组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少，

通过使上述第 3 透镜组全体或一部分作为移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位，而能够进行像面上的像移位。

21. 根据权利要求 20 所述的变焦透镜，其特征在于，

上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，

并满足以下条件式：

$nd1 > 1.900$

其中 nd1 是上述第 1 透镜组中的负透镜相对于 d 线的折射率，该 d 线的波长 $\lambda=587.6nm$。

22. 根据权利要求 20 所述的变焦透镜，其特征在于，

满足以下条件：

$0.75 < \beta bt \times (1-\beta at) < 1.2$

其中，βat 是望远端状态下的上述第 3 透镜组的使用横向倍率，

βbt 是位于望远端状态下的上述第 3 透镜组和像面之间的透镜系统整个系统的使用横向倍率。

23. 根据权利要求 20 所述的变焦透镜，其特征在于，

满足以下条件：

$0.3 < fw/f3 < 0.5$

其中，f3 是上述第 3 透镜组的焦点距离，

fw 是广角端状态下的变焦透镜整个系统的焦点距离。

24. 一种光学装置，其特征在于，搭载有权利要求 1 至权利要求 23 的任意一项所述的变焦透镜。

25. 一种变焦透镜的变倍方法，该变焦透镜由四组透镜组构成，该四组透镜组沿着光轴从物体侧开始依次为：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，

上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，上述负透镜满足以下条件：

$nd1 > 1.900$

其中，nd1 是上述负透镜相对于 d 线的折射率，该 d 线的波长 $\lambda=587.6nm$，

该变倍方法的特征在于，

在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 2 透镜组和上述第 4 透镜组沿着光轴移动，以使得上述第 1 透镜组和上述第 3 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少。

26. 一种变焦透镜的焦点调节方法，该变焦透镜由四组透镜组构成，该四组透镜组沿着光轴从物体侧开始依次为：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，

在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 1 透镜组和上述第 3 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述

第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少，

上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，上述负透镜满足以下条件：

$nd1 > 1.900$

其中，nd1 是上述负透镜相对于 d 线的折射率，该 d 线的波长 $\lambda = 587.6nm$，

该焦点调节方法的特征在于，

使上述第 2 透镜组沿着光轴向物体侧移动，进行从无限远物体向近距离物体的焦点调节。

27. 一种变焦透镜的像移位方法，该变焦透镜由四组透镜组构成，该四组透镜组沿着光轴从物体侧开始依次为：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，

在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 1 透镜组和上述第 3 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少，

该像移位方法的特征在于，

通过使上述第 3 透镜组全体或一部分作为移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位，而能够进行像面上的像移位。

28. 一种变焦透镜的焦点距离可变方法，该变焦透镜由四组透镜组构成，该四组透镜组沿着光轴从物体侧开始依次为：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，

通过使上述第 3 透镜组全体或一部分作为移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位，而能够进行像面上的像移位，

该焦点距离可变方法的特征在于，

在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，使上述第 2 透镜组和上述第 4 透镜组沿着光轴移动，以使得上述第 1 透镜组和上述第 3 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少。

变焦透镜及具有该变焦透镜的光学装置

技术领域

[0001] 本发明涉及到一种适用于使用了固体摄像元件等的摄影机、数字静像照相机等的变焦透镜、及具有该变焦透镜的光学装置。

背景技术

[0002] 以往，使用 CCD、CMOS 等固体摄像元件记录被拍摄物体的、例如数字静像照相机、摄影机等，一般都搭载变焦透镜。

[0003] 但是，在多数变焦透镜中，随着望远端状态的焦点距离变大，透镜系统全长变大，并且最靠近物体侧的透镜组的透镜外径大型化，结果造成镜筒部件大型化，携带性不佳。

[0004] 因此，在携带数字静像照相机时，为了使各透镜组的间隔最小，在缩小各透镜组间隔的状态下将其收容在照相机主体内，以提高携带性。

[0005] 进一步，为了减小收容状态下的数字静像照相机的厚度，还考虑由部分镜筒构成，减小各部分镜筒的长度。但要使照相机的厚度小于各部分镜筒长度是不可能的。

[0006] 现在非常重视携带数字静像照相机等时的携带性，为了实现照相机主体的小型化、薄型化、轻量化，要实现作为摄影透镜的变焦透镜的小型化及轻量化。

[0007] 因此，提出了在透镜系统的一部分上具有使光路大致弯折 90 度的光学元件的变焦透镜的方案。通过搭载这种变焦透镜，从收容状态向使用状态移位时，透镜系统不会从照相机主体突出，在使用状态下也具有良好的移位性。并且，大大有助于照相机的小型化、薄型化。进一步，可动部分存在于照相机主体内部，表面上不存在可动部分，因此在防水、防滴、防尘等方面也很有效果。

[0008] 现有的弯折了光路的变焦透镜公开了由如下透镜组构成的正负正正的 4 组类型的变焦透镜，从物体侧开始依次有：具有正的屈光力的第 1 透镜组、具有负的屈光力的第 2 透镜组、具有正的屈光力的第 3 透镜组、具有正的屈光力的第 4 透镜组（例如参照 JP 特开 2003-302576 号公报及 JP 特开 2004-264585 号公报）。

[0009] 但是，在 JP 特开 2003-302576 号公报的公开例中，在变倍时使第 2 透镜组、第 3 透镜组、第 4 透镜组的空气间隔有效可变，有助于小型化，但由于移位三个透镜组，可动的透镜组变多，存在可动机构复杂化的问题。

[0010] 并且，在 JP 特开 2004-264585 号公报公开的变焦透镜中存在以下问题：因摄影时产生的微小的照相机的抖动，例如摄影者按快门时产生的照相机的抖动等，发生像抖动，画质下降。因此，需要一种具有如下手抖动校正功能的变焦透镜：使变焦透镜的光学系统的一部分根据通过检测照相机的抖动的检测系统所输出的值，向与光轴基本垂直的方向移位，从而校正像面上的像抖动。

[0011] 另外，US2005/0275948A1 是与本申请最接近的现有技术。

发明内容

[0012] 本发明鉴于以上问题而产生，其目的在于提供一种适用于配置变焦透镜的场所受

限的光学装置的、以小型且简单的可动机构而具有良好的成像性能的变焦透镜、及可进行像移位的变焦透镜。此外本发明的目的还在于提供一种具有该变焦透镜的光学装置。

[0013] 本发明的第 1 方式提供一种变焦透镜，其特征在于，沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 1 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少，上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，满足以下条件式：

[0014] $nd1 > 1.900$

[0015] 其中，nd1 是上述负透镜相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的折射率。

[0016] 本发明的第 2 方式提供一种变焦透镜，其特征在于，沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 1 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少，通过使上述第 3 透镜组全体或一部分作为移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位，能够进行像面上的像移位。

[0017] 本发明的第 3 方式提供一种光学装置，其特征在于，搭载有第 1 或第 2 方式所述的变焦透镜。

[0018] 本发明的第 4 方式提供一种变焦透镜的变倍方法，该变焦透镜沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，上述负透镜满足以下条件：

[0019] $nd1 > 1.900$

[0020] 其中，nd1 是上述负透镜相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的折射率，

[0021] 该变倍方法的特征在于，在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 2 透镜组和上述第 4 透镜组沿着光轴移位，以使得上述第 1 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少。

[0022] 本发明的第 5 方式提供一种变焦透镜的焦点调节方法，该变焦透镜沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 1 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少，上述第 1 透镜组至少包括一个负透镜，上述负透镜满足以下条件：

[0023] $nd1 > 1.900$

[0024] 其中，nd1 是上述负透镜相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的折射率，

[0025] 该焦点调节方法的特征在于，使上述第 2 透镜组沿着光轴向物体侧移动，进行从

无限远物体向近距离物体的焦点调节。

[0026] 本发明的第 6 方式提供一种变焦透镜的像移位方法，该变焦透镜沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 1 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少，该方法的特征在于，通过使上述第 3 透镜组全体或一部分作为移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位，能够进行像面上的像移位。

[0027] 本发明的第 7 方式提供一种变焦透镜的焦点距离可变方法，该变焦透镜沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；和第 4 透镜组，具有正的屈光力，通过使上述第 3 透镜组全体或一部分作为移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位，能够进行像面上的像移位，该方法的特征在于，在焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，使上述第 2 透镜组和上述第 4 透镜组沿着光轴移动，以使得上述第 1 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少。

[0028] 根据本发明，可提供一种适用于配置变焦透镜的场所受限的光学装置的、在小型且简单的可动机构中具有良好的成像性能的弯折变焦透镜、能够像移位的变焦透镜、及具有该变焦透镜的光学装置。

附图说明

[0029] 图 1A、1B 表示搭载了本申请的实施方式涉及的变焦透镜的作为光学装置的电子静像照相机，图 1A 是正面图，图 1B 是背面图。

[0030] 图 2 是沿着图 1A 的 A-A 线的截面图，表示本申请的实施方式涉及的变焦透镜的配置概要。

[0031] 图 3 是表示本申请的实施方式涉及的变焦透镜的屈光力分配、及与从广角端状态 W 到望远端状态 T 的焦点距离变化对应的各透镜组的移位轨迹的图。

[0032] 图 4 是表示沿光轴展开第 1 实施方式的第 1 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0033] 图 5A、5B 是第 1 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的广角端状态（f ＝ 6.49mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 5A 是无透镜移位的各像差图，图 5B 是透镜移位时的横向像差图。

[0034] 图 6A、6B 是第 1 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的中间焦点距离状态（f ＝ 13.00mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 6A 是无透镜移位的各像差图，图 6B 是透镜移位时的横向像差图。

[0035] 图 7A、7B 是第 1 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的望远端状态（f ＝ 18.35mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 7A 是无透镜移位的各像差图，图 7B 是透镜移位时的横向像差图。

[0036] 图 8 是表示沿光轴展开第 1 实施方式的第 2 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的

图。

[0037] 图 9A、9B 是第 2 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的广角端状态（f = 6.49mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 9A 是无透镜移位的各像差图，图 9B 是透镜移位时的横向像差图。

[0038] 图 10A、10B 是第 2 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的中间焦点距离状态（f = 12.42mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 10A 是无透镜移位的各像差图，图 10B 是透镜移位时的横向像差图。

[0039] 图 11A、11B 是第 2 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的望远端状态（f = 18.35mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 11A 是无透镜移位的各像差图，图 11B 是透镜移位时的横向像差图。

[0040] 图 12 是表示沿光轴展开第 1 实施方式的第 3 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0041] 图 13A、13B 是第 3 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的广角端状态（f = 6.49mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 13A 是无透镜移位的各像差图，图 13B 是透镜移位时的横向像差图。

[0042] 图 14A、14B 是第 3 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的中间焦点距离状态（f = 12.42mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 14A 是无透镜移位的各像差图，图 14B 是透镜移位时的横向像差图。

[0043] 图 15A、15B 是第 3 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的望远端状态（f = 18.35mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 15A 是无透镜移位的各像差图，图 15B 是透镜移位时的横向像差图。

[0044] 图 16 是表示沿光轴展开第 1 实施方式的第 4 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0045] 图 17A、17B 是第 1 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的广角端状态（f = 6.49mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 17A 是无透镜移位的各像差图，图 17B 是透镜移位时的横向像差图。

[0046] 图 18A、18B 是第 4 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的中间焦点距离状态（f = 12.42mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 18A 是无透镜移位的各像差图，图 18B 是透镜移位时的横向像差图。

[0047] 图 19A、19B 是第 4 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的望远端状态（f = 18.35mm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 19A 是无透镜移位的各像差图，图 19B 是透镜移位时的横向像差图。

[0048] 图 20 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 5 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0049] 图 21A、21B、21C 是第 5 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 21A 表示广角端状态（f = 6.49mm）下的各像差，图 21B 表示中间焦点距离状态（f = 13.00mm）下的各像差，图 21C 表示望远端状态（f = 18.35mm）下的各像差。

[0050] 图 22 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 6 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成

的图。

[0051] 图 23A、23B、23C 是第 6 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 23A 表示广角端状态（f ＝ 6.49mm）下的各像差，图 23B 表示中间焦点距离状态（f ＝ 12.42mm）下的各像差，图 23C 表示望远端状态（f ＝ 18.35mm）下的各像差。

[0052] 图 24 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 7 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0053] 图 25A、25B、25C 是第 7 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 25A 表示广角端状态（f ＝ 6.49mm）下的各像差，图 25B 表示中间焦点距离状态（f ＝ 12.42mm）下的各像差，图 25C 表示望远端状态（f ＝ 18.35mm）下的各像差。

[0054] 图 26 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 8 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0055] 图 27A、27B、27C 是第 8 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 27A 表示广角端状态（f ＝ 6.49mm）下的各像差，图 27B 表示中间焦点距离状态（f ＝ 12.42mm）下的各像差，图 27C 表示望远端状态（f ＝ 18.35mm）下的各像差。

[0056] 图 28 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 9 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0057] 图 29 是第 9 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的广角端状态（f ＝ 6.49mm）的无限远聚焦状态下的各像差图。

[0058] 图 30 是第 9 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的中间焦点距离状态（f ＝ 13.00mm）的无限远聚焦状态下的各像差图。

[0059] 图 31 是第 9 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的望远端状态（f ＝ 18.35mm）的无限远聚焦状态下的各像差图。

[0060] 图 32 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 10 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0061] 图 33 是第 10 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的广角端状态（f ＝ 6.49mm）的无限远聚焦状态下的各像差图。

[0062] 图 34 是第 10 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的中间焦点距离状态（f ＝ 12.42mm）的无限远聚焦状态下的各像差图。

[0063] 图 35 是第 10 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的望远端状态（f ＝ 18.35mm）的无限远聚焦状态下的各像差图。

[0064] 图 36 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 11 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0065] 图 37 是第 11 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的广角端状态（f ＝ 6.49mm）的无限远聚焦状态下的各像差图。

[0066] 图 38 是第 11 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的中间焦点距离状态（f ＝ 12.42mm）的无限远聚焦状态下的各像差图。

[0067] 图 39 是第 11 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的望远端状态（f ＝ 18.35mm）的无限远聚焦状态下的各像差图。

具体实施方式

[0068] 以下参照附图说明本申请的各实施方式。

[0069] 图 1A、1B 表示搭载了下述本申请的实施方式涉及的变焦透镜的作为光学装置的电子静像照相机，图 1A 表示正面图，图 1B 表示背面图。图 2 是沿着图 1A 的 A-A 线的截面图，表示下述本申请的实施方式涉及的变焦透镜的配置概要。

[0070] 在图 1A、1B、图 2 中，本申请涉及的电子静像照相机 1 在按下未图示的电源键后，摄影透镜的未图示的快门打开，通过摄影透镜 2，来自未图示的被拍摄体的光被聚集，并在配置于像面 I 上的摄像元件 C 中成像。摄像装置 C 上成像的被拍摄体像显示在电子静像照相机 1 的后侧配置的液晶监视器 3 上。拍摄者察看液晶监视器 3 的同时决定被拍摄体像的构图，之后按下释放键 4，用摄像元件 C 拍摄被拍摄体像，并记录保存到未图示的存储器。

[0071] 摄影透镜 2 由下述本申请的实施方式涉及的变焦透镜 2 构成，从电子静像照相机 1 的正面射入的光通过下述变焦透镜 2 内的棱镜 P 向大致 90 度下方（图 2 的纸面下方）偏向，因此可使电子静像照相机 1 薄型化。

[0072] 并且，电子静像照相机 1 中配置有：辅助光发光部 5，当被拍摄体较暗时发出辅助光；广角 - 望远 (W-T) 键 6，用于使作为摄影透镜 2 的变焦透镜 2 从广角端状态 (W) 向望远端状态 (T) 变焦；用于进行电子静像照相机 1 的各种条件设定等的功能键 7 等。

[0073] 如此构成内置了下述本申请的实施方式涉及的变焦透镜 2 的作为光学装置的电子静像照相机 1。

[0074] 接着说明本申请的各实施方式涉及的变焦透镜。

[0075] （第 1 实施方式）

[0076] 接着说明第 1 实施方式涉及的变焦透镜。

[0077] 本申请的第 1 实施方式涉及的变焦透镜的构成为，沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；第 4 透镜组，具有正的屈光力。从广角端状态到望远端状态为止焦点距离变化时，第 1 透镜组和第 3 透镜组相对于像面固定，第 1 透镜组和第 2 透镜组的间隔增大，第 2 透镜组和第 3 透镜组的间隔减少，第 3 透镜组和第 4 透镜组的间隔减少，通过使上述第 3 透镜组全体或一部分作为移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位，可进行像面上的像移位。

[0078] 第 1 透镜组具有使光路弯折大致 90 度的作用，并且具有收敛光束的作用。从广角端状态到望远端状态为止焦点距离变化时，第 1 透镜组总是固定，通过固定各透镜组中最大、最重的透镜组，可使构造简化。

[0079] 第 2 透镜组具有放大由第 1 透镜组形成的被拍摄体的像的作用，随着从广角端状态变为望远端状态，扩大第 1 透镜组和第 2 透镜组的间隔，从而提高放大率，使焦点距离改变。

[0080] 第 3 透镜组具有收敛由第 2 透镜组放大的光束的作用，为了实现高性能化，第 3 透镜组可由多个透镜组构成。

[0081] 并且，为了使第 3 透镜组在透镜移位时也可获得良好的像，需要成为球面像差及正弦条件、珀兹伐和 (Petzval sum) 被较好地校正的状态。球面像差及正弦条件的校正是为了抑制使移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位时在画面中心部产生的偏心彗差。并且，珀兹伐和的校正是为了抑制使移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位时在画面周边产生的像面弯曲。

[0082] 并且，使第 3 透镜组的全体或一部分向与光轴基本垂直的方向移位从而进行像移位，校正手抖动发生时像面上的像抖动。

[0083] 第 4 透镜组具有进一步收敛由第 3 透镜组收敛的光束的作用，在广角端状态向望远端状态改变焦点距离时，通过积极改变第 3 透镜组和第 4 透镜组的间隔，可抑制与焦点距离变化相对的像面的变动。

[0084] 通过如上构成各透镜组，可实现一种在手抖动发生时可进行像移位的、小型且具有良好的成像性能的变焦透镜。

[0085] 并且，在本申请的第 1 实施方式涉及的变焦透镜中，第 3 透镜组为了对第 3 透镜组单独产生的球面像差进行良好的校正并且使出射光瞳位置尽量远离像面，优选包括具有正的屈光力的单透镜和具有负的屈光力的复合透镜，沿着光轴从物体侧依次具有：凸面朝向物体侧的正透镜、以及凸面朝向物体侧的正透镜和凹面朝向像侧的负透镜的复合负透镜。

[0086] 通过凸面朝向物体侧的正透镜，轴外光束被收敛而不会离开光轴，从而可实现透镜直径的小型化。

[0087] 并且，本申请的第 1 实施方式涉及的变焦透镜为了将透镜移位时的成像性能的变化抑制到最低限度，优选满足以下条件式 (1)。

[0088] $0.75 < \beta bt \times (1-\beta at) < 1.2$ (1)

[0089] 其中，βat 是望远端状态下的第 3 透镜组的使用横向倍率，βbt 是位于望远端状态下的第 3 透镜组和像面之间的透镜系统整个系统中的使用横向倍率。

[0090] 条件式 (1) 是所谓“抖动系数”，对于与望远端状态下的第 3 透镜组从光轴向基本垂直方向的移动量相对的、像面上的像从光轴向垂直方向的移动量，规定了适当范围。

[0091] 其中，抖动系数是指，使移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位而使像面上的像移位时，与移位透镜组的移动量 δ 相对的像的移动量 Δ，由下述公式 (a) 表示。

[0092] $\Delta = \delta \times (1-\beta a) \times \beta b$

[0093] 对上式进行变形，则

[0094] $\Delta / \delta = (1-\beta a) \times \beta b$ (a)

[0095] 其中，βa 是移位透镜组的横向倍率，βb 是配置在移位透镜组的像侧的透镜组的横向倍率。公式 (a) 右边的 $(1-\beta a) \times \beta b$ 称为抖动系数。

[0096] 当超过条件式 (1) 的上限值时，与第 3 透镜组自光轴的移动量相对的像的移动量过大，只要第 3 透镜组微量移动，像就会大幅移动，因此移位透镜组的位置控制变得困难，无法获得充分的精度。并且出现彗差恶化的问题。

[0097] 另一方面，当小于条件式 (1) 的下限值时，与第 3 透镜组自光轴的移动量相对的像的移动量相对变小，为了消除手抖动等引起的像抖动所需的移位透镜组的移动量变得极大。结果，使移位透镜组移动的驱动机构变得大型化，无法实现透镜直径的小型化。并且，彗差恶化。

[0098] 此外，为了切实获得本申请的效果，条件式 (1) 的上限值优选为 1.1。为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (1) 的上限值进一步优选为 1.05。且为了切实地获得本申请的效果，条件式 (1) 的下限值优选为 0.80。此外为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (1) 的下限值进一步优选为 0.85。

[0099] 并且，本申请第 1 实施方式涉及的变焦透镜优选满足以下条件式 (2)。

[0100] $0.3 < fw/f3 < 0.5$ (2)

[0101] 其中，f3 是第 3 透镜组的焦点距离，fw 是广角端状态下的变焦透镜整个系统的焦点距离。

[0102] 条件式 (2) 是用于规定第 3 透镜组的焦点距离的条件式。

[0103] 当超过条件式 (2) 的上限值时，第 3 透镜组的屈光力变强，在第 3 透镜组单体中产生的球面像差变大。

[0104] 当小于条件式 (2) 的下限值时，第 3 透镜组的屈光力变弱，不再是远焦的，因此使透镜移位时，像面弯曲的变化增大。

[0105] 并且，为了切实地获得本申请的效果，条件式 (2) 的上限值优选为 0.47。为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (2) 的上限值进一步优选为 0.45。为了切实地获得本申请的效果，条件式 (2) 的下限值优选为 0.32。为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (2) 的下限值进一步优选为 0.35。

[0106] 并且，本申请第 1 实施方式涉及的变焦透镜优选满足以下条件式 (3)。

[0107] $0.5 < f4/f3 < 1.1$ (3)

[0108] 其中，f3 是第 3 透镜组的焦点距离，f4 是第 4 透镜组的焦点距离。

[0109] 条件式 (3) 是规定第 3 透镜组和第 4 透镜组的最佳焦点距离比的范围的条件式。

[0110] 当超过条件式 (3) 的上限值时，第 3 透镜组的屈光力相对变弱，第 3 透镜组难以有效地用于变倍，变倍比无法确保 3 倍左右的高变倍比。进一步，由于第 4 透镜组的屈光力相对变强，第 4 透镜组中产生的彗差及像散过大，无法实现作为本发明目的的良好的光学性能。

[0111] 当小于条件式 (3) 的下限值时，第 3 透镜组的屈光力相对变强，变焦时第 3 透镜组中产生的像面弯曲的变动增大。并且，第 4 透镜组的屈光力相对变弱，变焦时移动量变大，第 4 透镜组中产生的彗差及像散变大。结果在广角端状态到望远端状态的所有变焦范围内，难以抑制性能恶化。

[0112] 并且，为了切实地获得本申请的效果，条件式 (3) 的上限值优选为 1.0。为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (3) 的上限值进一步优选为 0.95。为了切实地获得本申请的效果，条件式 (3) 的下限值优选为 0.55。为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (3) 的下限值进一步优选为 0.60。

[0113] 并且，本发明的第 1 实施方式涉及的变焦透镜为了进一步平衡高性能化和透镜移位时的性能恶化，优选 ：在第 2 透镜组和第 3 透镜组之间具有孔径光阑，与第 3 透镜组的物体侧相邻配置孔径光阑。

[0114] 一般情况下，可使像移位的透镜组为了将透镜移位时的性能恶化抑制到最低限度，在变焦时，通过在距离轴外光束经过光轴附近的光圈较近的透镜组中进行透镜移位，可良好地保持成像性能。

[0115] 并且，在本申请的第 1 实施方式涉及的变焦透镜中，光路弯折光学元件是直角棱镜，优选满足以下条件式 (4)。

[0116] $ndp > 1.800$ (4)

[0117] 其中，ndp 是直角棱镜对 d 线（波长 λ=587.6nm）的折射率。

[0118] 条件式 (4) 是规定以弯折光路为目的的、直角棱镜的适当的折射率的范围的条件式。直角棱镜可通过全反射使光路偏向以降低光量损耗，并且可紧凑地构成光学系统。

[0119] 当小于条件式 (4) 的下限值时，会导致直角棱镜的形状变大，变焦透镜整体变大。并且，在第 1 透镜组中产生的彗差及倍率色像差恶化。结果也影响到照相机主体的厚度，难实现小型化。此外，光路弯折光学元件除了直角棱镜外还可使用反射镜、光纤等。

[0120] 并且为了切实地获得本申请的效果，条件式 (4) 的下限值优选为 1.820。为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (4) 的下限值进一步优选为 1.830。

[0121] 并且，在本申请第 1 实施方式涉及的变焦透镜中，第 1 透镜组优选包括负透镜，并满足以下条件式 (5)。

[0122] $nd1 > 1.900$ (5)

[0123] 其中，nd1 是上述第 1 透镜组中的负透镜对 d 线（波长 λ=587.6nm）的折射率。

[0124] 条件式 (5) 是规定了第 1 透镜组中的负透镜的折射率的条件式。

[0125] 当小于条件式 (5) 的下限值时，会导致第 1 透镜组中的负透镜的有效直径及外径变大，变焦透镜整体变大。结果会影响照相机主体的厚度，难实现小型化。并且彗差及畸变像差恶化。

[0126] 并且为了切实地获得本申请的效果，条件式 (5) 的下限值优选为 1.910。为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (5) 的下限值进一步优选为 1.920、1.930、1.940 中的任意一个。并且，满足条件式 (5) 的负透镜可具有多个。

[0127] 并且本申请第 1 实施方式的变焦透镜优选满足以下条件式 (6)。

[0128] $1.5 < f1/(-f2) < 4.0$ (6)

[0129] 其中，f1 是第 1 透镜组的焦点距离，f2 是第 2 透镜组的焦点距离。

[0130] 条件式 (6) 是对第 1 透镜组和第 2 透镜组的焦点距离的比规定适当范围的条件式。

[0131] 当超过条件式 (6) 的上限值时，第 1 透镜组的屈光力相对变弱，第 1 透镜组整体的透镜外径变大，无法实现小型化。并且，第 2 透镜组的屈光力相对变强，无法抑制彗差的产生，不能获得较高的光学性能。

[0132] 当低于条件式 (6) 的下限值时，第 1 透镜组的屈光力相对变强，有利于小型化，但变焦时的球面像差及像面弯曲的变动变大。并且，第 2 透镜组的屈光力相对变弱，第 2 透镜组无法有效地用于变倍，不能确保变倍所需的移动量。

[0133] 并且为了切实地获得本申请的效果，条件式 (6) 的上限值优选为 3.5。并且为了更切实地获得本申请，条件式 (6) 的上限值进一步优选为 3.0。为了切实地获得本申请的效果，条件式 (6) 的下限值优选为 1.7。为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (6) 下限值进一步优选为 2.0。

[0134] 并且，在本申请第 1 实施方式涉及的变焦透镜中，第 4 透镜组优为了对第 4 透镜组单独产生的球面像差进行良好的校正并且使出射光瞳位置尽量远离像面，优选包括具有正

的屈光力的单透镜和具有负的屈光力的复合透镜，优选沿着光轴从物体侧依次包括：凸面朝向物体侧的正透镜、以及凸面朝向物体侧的正透镜和凹面朝向像侧的负透镜的复合负透镜。

[0135] 通过凸面朝向物体侧的正透镜，轴外光束被收敛而不会离开光轴，从而可实现透镜直径的小型化。并且，第 4 透镜组整体具有正的屈光力，从而可使出射光瞳位置远离像面，适用于将固体摄像元件作为受光元件使用的光学系统。

[0136] 此外，本申请第 1 实施方式涉及的变焦透镜优选在第 1 透镜组至第 4 透镜组中分别配置非球面透镜。

[0137] 例如，通过在第 1 透镜组中配置非球面透镜，可良好地校正在焦点距离从广角端状态到望远端状态变化时所产生的彗差的变动。并且，有助于第 1 透镜组的小型化。

[0138] 并且，通过在第 2 透镜组中配置非球面透镜，可良好地校正在焦点距离从广角端状态到望远端状态变化时所产生的彗差及像散变动。

[0139] 并且，通过在第 3 透镜组中配置非球面透镜，可良好地校正在第 3 透镜组单体上产生的球面像差及彗差的变动，进一步也可将透镜移位时的性能恶化抑制到最低限度，有助于像面弯曲的校正。

[0140] 并且，通过在第 4 透镜组中配置非球面透镜，可良好地校正在第 4 透镜组单体上产生的球面像差的变动。

[0141] 并且，本申请第 1 实施方式涉及的变焦透镜的像移位方法中，该变焦透镜沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；第 4 透镜组，具有正的屈光力，焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，上述第 1 透镜组和上述第 3 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少，该变焦透镜的像移位方法中，优选通过使上述第 3 透镜组全体或一部分作为移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位，而使像面上的像移位。

[0142] 通过采用这种像移位方法，在沿着光轴离开物体的位置上向与光轴垂直的方向移位，因此可实现一种减小移位量的像移位方法。

[0143] 并且，本申请第 1 实施方式涉及的变焦透镜的焦点距离可变方法中，该变焦透镜沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；第 4 透镜组，具有正的屈光力，通过使上述第 3 透镜组全体或一部分作为移位透镜组向与光轴基本垂直的方向移位，可使像面上的像移位，该焦点距离可变方法的特征为，焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，使上述第 2 透镜组和上述第 4 透镜组沿着光轴移动，以使上述第 1 透镜组和上述第 3 透镜组相对于像面固定，上述第 1 透镜组和上述第 2 透镜组的间隔增大，上述第 2 透镜组和上述第 3 透镜组的间隔减少，上述第 3 透镜组和上述第 4 透镜组的间隔减少。

[0144] 通过采用这种焦点距离可变方法，可减少可动透镜组，使驱动机构简化。

[0145] （实施例）

[0146] 以下参照附图说明第 1 实施方式涉及的变焦透镜的各实施例。

[0147] 图 3 是表示本申请的各实施例涉及的变焦透镜的屈光力分配、及与焦点距离从广

角端状态 (W) 到望远端状态 (T) 的变化相对的各透镜组的移位轨迹的图。

[0148] 如图 3 所示，本申请的各实施例涉及的变焦透镜沿着光轴从物体侧开始依次包括：第 1 透镜组 G1，具有正的屈光力；第 2 透镜组 G2，具有负的屈光力；第 3 透镜组 G3，具有正的屈光力；第 4 透镜组 G4，具有正的屈光力；和滤波器组 FL，由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。并且，焦点距离从广角端状态 W 到望远端状态 T 为止变化时（即变焦时），第 1 透镜组 G1 和第 3 透镜组 G3 相对于像面 I 固定，第 1 透镜组 G1 和第 2 透镜组 G2 的间隔增大，第 2 透镜组 G2 和第 3 透镜组 G3 的间隔减少，第 3 透镜组 G3 和第 4 透镜组 G4 的间隔减少。

[0149] 以下在各实施方式的各实施例中，设非球面在与光轴垂直的方向上的高度为 y，从高度 y 下的各非球面的顶点的切平面到各非球面为止的沿着光轴的距离（下陷量）为 S(y)，基准球面的曲率半径（近轴曲率半径）为 r，圆锥常数为 κ，n 次的非球面系数为 Cn 时，由以下公式表示。

[0150] $S(y) = (y^2/r)/\{1+(1-K\times y^2/r^2)^{1/2}\}$

[0151] $+C4\times y^4+C6\times y^6+C8\times y^8+C10\times y^{10}$

[0152] 此外，在各实施例中，2 次的非球面系数 C2 为 0。各实施例的表中对非球面在面编号的左侧加＊标记。

[0153] （第 1 实施例）

[0154] 图 4 是表示沿光轴展开第 1 实施方式的第 1 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0155] 在图 4 中，第 1 透镜组 G1 沿着光轴从物体侧开始依次包括：凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L11；用于使光路弯折大致 90 度的直角棱镜 P；和物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L12。

[0156] 第 2 透镜组 G2 沿着光轴从物体侧开始依次包括：凸面朝向物体侧且在像面 I 侧具有非球面的负凹凸透镜 L21；由双凹状的负透镜和凸面朝向物体侧的正凹凸透镜的贴合构成的复合负透镜 L22。

[0157] 第 3 透镜组 G3 沿着光轴从物体侧开始依次包括：物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L31；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L32。并且，手抖动校正通过以下方式实现：使第 3 透镜组 G3 向与光轴垂直的方向移位，从而进行手抖动发生时的像面 I 上的像移位。

[0158] 第 4 透镜组 G4 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面的双凸状的正透镜 L41；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L42。

[0159] 并且，滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0160] 像面 I 形成在未图示的摄像元件上，该摄像元件由 CCD、CMOS 等构成（在以下各实施例中一样）。

[0161] 并且，孔径光阑 S 配置在第 3 透镜组 G3 的最靠近物体侧，从广角端状态 W 向望远端状态 T 变焦时，相对于像面 I 固定。

[0162] 在下述表 1 中记载本申请第 1 实施例涉及的变焦透镜的各个参数的值。表中的“整体参数”中的 W 表示广角端状态，M 表示中间焦点距离状态，T 表示望远端状态，f 表示焦点距离，FNO 表示 F 号码，2ω 表示视角（单位：度），Bf 表示后焦点。“透镜数据”中的面编号 N

表示沿着光前进方向的从物体侧开始的透镜面的顺序，曲率半径 r 表示各透镜面的曲率半径，面间隔 d 表示各透镜面的面间隔，折射率 nd 及阿贝数 νd 分别表示对 d 线（λ=587.6nm）的值。此外，曲率半径 0.0000 表示平面，空气的折射率为 1.00000，省略了其记载。“非球面数据”中，分别表示面编号、圆锥系数 κ、及各非球面系数 C4~C10 的值。并且，“E-n”（n：整数）表示“$\times 10^{-n}$”。

[0163] “可变间隔数据”中，分别表示焦点距离 f、各可变间隔、及后焦点 Bf 的值。“条件式对应值”中分别表示和各条件式对应的值。

[0164] 此外，以下各个值中记载的焦点距离 f、曲率半径 r、面间隔 d、其他长度单位一般使用“mm”，但在光学系统中，即使比例放大或缩小也可获得同样的光学性能，因此不限于此。并且，上述标记在其他实施例中也一样，省略重复说明。

[0165] （表 1）

[0166]

(整体参数)

	W	M	T
f =	6.49	13.00	18.35
FNO =	3.25	3.92	4.44
2ω =	63.46	31.68	22.52

[0167]

(透镜数据)

N	r	d	nd	νd	
1	30.0000	0.80	1.92286	18.90	
2	10.8266	2.76			
3	0.0000	10.50	1.88300	40.76	
4	0.0000	0.20			
* 5	17.6854	2.54	1.77377	47.18	
6	-24.9579	(d6)			
7	49.4226	1.00	1.80610	40.88	
* 8	10.1943	1.32			
9	-11.0741	0.70	1.77250	49.60	
10	8.9104	1.40	1.92286	18.90	
11	66.6471	(d11)			
12	0.0000	0.50			(孔径光阑)
*13	8.0543	1.33	1.69350	53.20	
14	-23.6288	0.10			
15	14.5229	1.55	1.65160	58.55	

[0168]

16	-5.8631	0.70	1.83481	42.71
17	8.2446	(d17)		
18	9.6258	2.04	1.58913	61.16
*19	-11.5184	0.10		
20	6.9573	2.15	1.48749	70.23
21	-18.4789	0.80	1.79504	28.54
22	5.7682	(d22)		
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51
24	0.0000	0.40		
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14
26	0.0000	(Bf)		

(非球面数据)

(第 5 面)

κ = -1.8966

C4= +3.3740E-5

C6= -2.5195E-7

C8= +2.9256E-9

C10= -2.3805E-11

(第 8 面)

κ = -8.9802

C4= +1.2224E-3

C6= -3.6939E-5

C8= +1.5818E-6

C10= -1.8716E-8

(第 13 面)

κ = +0.3629

[0169]

C4= +2.1443E-5

C6= +9.5031E-6

C8= -4.2244E-7

C10= +3.9902E-8

(第 19 面)

κ= +5.7565

C4= +7.8405E-4

C6= +1.7280E-5

C8= -2.5355E-7

C10= +2.9997E-8

(可变间隔数据)

	W	M	T
f	6.4900	12.9997	18.3499
d6	1.3662	5.9198	7.7019
d11	7.3857	2.8321	1.0500
d17	5.4454	2.6465	1.1000
d22	6.1696	8.9684	10.5150
Bf	0.5900	0.5900	0.5900

(条件式对应值)

(1):βbt×(1-βat) = 0.94264

(2):fw/f3= 0.37025

(3):f4/f3= 0.71550

(4):ndp= 1.88300

(5):nd1= 1.92286

(6):f1/(-f2) = 2.49132

[0170] 图 5A、5B~ 图 7A、7B 是第 1 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线(波长 λ=587.6nm)的无限远聚焦状态下的各像差图。图 5A 是广角端状态(f = 6.49mm)下的各

像差图，图 5B 是广角端状态下的透镜移位时的横向像差图。图 6A 中间焦点距离状态 (f ＝ 13.00mm) 下的各像差图，图 6B 是中间焦点距离状态下的透镜移位时的横向像差图。图 7A 是望远端状态 (f ＝ 18.35mm) 下的各像差图，图 7B 是望远端状态下的透镜移位时的横向像差图。

[0171] 在各像差图中，FNO 表示 F 号码，A 表示半视角 (单位 :度)。并且，在表示像散的像差图中，实线表示矢状像面，虚线表示子午像面。进一步，在表示球面像差的像差图中，实线表示球面像差，虚线表示正弦条件。此外，上述标记在其他实施例中也同样，省略重复的说明。

[0172] 如各像差图所示，在第 1 实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态及各状态下的透镜移位时，各像差被良好地校正，具有良好的成像性能。

[0173] (第 2 实施例)

[0174] 图 8 是表示沿光轴展开第 1 实施方式的第 2 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0175] 在图 8 中，第 1 透镜组 G1 沿着光轴从物体侧开始依次包括 :凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L11 ;用于使光路弯折大致 90 度的直角棱镜 P ;物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L12。

[0176] 第 2 透镜组 G2 沿着光轴从物体侧开始依次包括 :凸面朝向物体侧且在像面 I 侧具有非球面的负凹凸透镜 L21 ;由双凹状的负透镜和双凸状的正透镜的贴合构成的复合负透镜 L22。

[0177] 第 3 透镜组 G3 沿着光轴从物体侧开始依次包括 :物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L31 ;由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L32。并且，手抖动校正通过以下方式实现 :使第 3 透镜组 G3 向与光轴垂直的方向移位，从而进行手抖动发生时的像面 I 上的像移位。

[0178] 第 4 透镜组 G4 沿着光轴从物体侧开始依次包括 :像面 I 侧具有非球面的双凸状的正透镜 L41 ;由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L42。

[0179] 并且，滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0180] 并且，孔径光阑 S 配置在第 3 透镜组 G3 的最靠近物体侧，从广角端状态 W 向望远端状态 T 变焦时，相对于像面 I 固定。

[0181] 下述表 2 中记载第 2 实施例涉及的变焦透镜的各个参数的值。

[0182] (表 2)

[0183]

(整体参数)

	W	M	T
f =	6.49	12.42	18.35
FNO =	3.28	3.89	4.40
2ω =	63.45	33.20	22.52

(透镜数据)

N	r	d	nd	νd
1	24.5000	0.80	1.92286	18.90
2	9.9772	2.95		
3	0.0000	8.50	1.83481	42.71

[0184]

4	0.0000	0.20			
* 5	16.6000	2.63	1.77377	47.18	
6	-24.8401	(d6)			
7	74.7674	1.00	1.82080	42.71	
* 8	9.4961	1.39			
9	-10.0785	0.70	1.78800	47.37	
10	11.0108	1.35	1.92286	18.90	
11	-140.1574	(d11)			
12	0.0000	0.50			(孔径光阑 S)
*13	7.2743	1.39	1.69350	53.20	
14	-26.2141	0.15			
15	13.0403	1.59	1.65160	58.55	
16	-5.7472	0.70	1.83481	42.71	
17	7.0000	(d17)			
18	9.8799	1.69	1.58913	61.16	
*19	-11.2538	0.10			
20	6.8394	2.19	1.48749	70.23	
21	-15.4997	0.80	1.79504	28.54	
22	6.0883	(d22)			
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51	
24	0.0000	0.40			
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14	
26	0.0000	(Bf)			

(非球面数据)

(第 5 面)

κ = -1.5215

[0185]

C4= +3.9133E-5

C6= -1.9315E-7

C8= +3.1162E-9

C10= -3.5747E-11

(第 8 面)

κ= -9.0000

C4= +1.4631E-3

C6= -4.9164E-5

C8= +2.1048E-6

C10= -2.6229E-8

(第 13 面)

κ= +0.3110

C4= +4.3394E-5

C6= +1.0663E-5

C8= -4.6198E-7

C10= +4.5396E-8

(第 19 面)

κ= -1.7610

C4= +1.0693E-4

C6= +6.5769E-6

C8= -2.4528E-7

C10= +8.6823E-10

(可变间隔数据)

	W	M	T
f	6.4900	12.4200	18.3500
d6	1.3733	5.6158	7.7020

[0186]

d11	7.3787	3.1362	1.0500
d17	5.0253	2.6114	1.1000
d22	5.9477	8.3616	9.8730
Bf	0.6000	0.6000	0.6000

(条件式对应值)

(1)：βbt×(1－βat) = 0.89966

(2)：fw／f3= 0.38073

(3)：f4／f3= 0.70338

(4)：ndp= 1.83481

(5)：nd1= 1.92286

(6)：f1／(－f2) = 2.51707

[0187] 图 9A、9B~ 图 11A、11B 是第 2 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的无限远聚焦状态下的各像差图。图 9A 是广角端状态（f ＝ 6.49mm）下的各像差图，图 9B 是广角端状态下的透镜移位时的横向像差图。图 10A 中间焦点距离状态（f ＝ 12.42mm）下的各像差图，图 10B 是中间焦点距离状态下的透镜移位时的横向像差图。图 11A 是望远端状态（f ＝ 18.35mm）下的各像差图，图 11B 是望远端状态下的透镜移位时的横向像差图。

[0188] 如各像差图所示，第 2 实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态及各状态下的透镜移位时，各像差被良好地校正，具有良好的成像性能。

[0189] （第 3 实施例）

[0190] 图 12 是表示沿光轴展开第 1 实施方式的第 3 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0191] 在图 12 中，第 1 透镜组 G1 沿着光轴从物体侧开始依次包括：凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L11；用于使光路弯折大致 90 度的直角棱镜 P；物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L12。

[0192] 第 2 透镜组 G2 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面的双凹状的负透镜 L21；由双凹状的负透镜和双凸状的正透镜的贴合构成的复合负透镜 L22。

[0193] 第 3 透镜组 G3 沿着光轴从物体侧开始依次包括：物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L31；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L32。并且，手抖动校正通过以下方式实现：使第 3 透镜组 G3 向与光轴垂直的方向移位，从而进行手抖动发生时的像面 I 上的像移位。

[0194] 第 4 透镜组 G4 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面的双凸状的正透镜 L41；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L42。

[0195] 并且，滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0196] 并且，孔径光阑 S 配置在第 3 透镜组 G3 的最靠近物体侧，从广角端状态 W 向望远

端状态 T 变焦时，相对于像面 I 固定。

[0197] 下述表 3 中记载第 3 实施例涉及的变焦透镜的各个值。

[0198] （表 3）

[0199]

(整体参数)

	W	M	T
f =	6.49	12.42	18.35
FNO =	3.46	4.04	4.41
2ω =	63.44	33.20	22.52

[0200]

(透镜数据)

N	r	d	nd	νd	
1	33.7718	0.80	1.94595	17.98	
2	11.7461	2.50			
3	0.0000	9.00	1.83481	42.71	
4	0.0000	0.20			
* 5	13.9344	2.60	1.77377	47.18	
6	-27.5986	(d6)			
7	-61.3807	0.90	1.82080	42.71	
* 8	8.9234	1.40			
9	-12.0258	0.80	1.81600	46.62	
10	11.6524	1.35	1.94595	17.98	
11	-97.7336	(d11)			
12	0.0000	0.50			(孔径光阑 S)
*13	7.7058	1.50	1.68863	52.85	
14	-25.9720	0.15			
15	13.8124	1.90	1.65160	58.55	
16	-4.5044	0.80	1.83481	42.71	
17	9.1795	(d17)			
18	10.2475	2.15	1.58913	61.16	
*19	-10.8582	0.10			
20	6.9779	2.15	1.48749	70.23	
21	-13.5284	0.80	1.79504	28.54	
22	5.9758	(d22)			
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51	
24	0.0000	0.40			

[0201]

25	0.0000	0.50	1.51633	64.14
26	0.0000	(Bf)		

(非球面数据)

(第 5 面)

κ = -1.5628

C4= +5.9482E-5

C6= -5.0922E-7

C8= +3.3737E-9

C10= -3.2731E-11

(第 8 面)

κ = -9.0000

C4= +1.6926E-3

C6= -5.7910E-5

C8= +6.6386E-7

C10= +9.8033E-8

(第 13 面)

κ = +0.4479

C4= +1.1451E-4

C6= +2.1327E-5

C8= -1.1862E-6

C10= +1.2675E-7

(第 19 面)

[0202]

κ= -9.0000

C4= -5.6183E-4

C6= +3.8657E-5

C8= -1.1222E-6

C10= +2.5253E-9

(可变间隔数据)

f	6.4900	12.4198	18.3496
d6	1.3281	5.1577	7.2028
d11	6.9247	3.0950	1.0500
d17	4.7633	2.4074	1.2377
d22	5.7268	8.0827	9.2525
Bf	0.5998	0.5997	0.5997

(条件式对应值)

(1) :βbt×(1−βat) = 1.03506

(2) :fw／f3= 0.42959

(3) :f4／f3= 0.85941

(4) :ndp= 1.83481

(5) :nd1= 1.94595

(6) :f1／(−f2) = 2.50823

[0203] 图 13A、13B~ 图 15A、15B 是第 3 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的无限远聚焦状态下的各像差图。图 13A 是广角端状态（f = 6.49mm）下的各像差图，图 13B 是广角端状态下的透镜移位时的横向像差图。图 14A 中间焦点距离状态（f = 12.42mm）下的各像差图，图 14B 是中间焦点距离状态下的透镜移位时的横向像差图。图 15A 是望远端状态（f = 18.35mm）下的各像差图，图 15B 是望远端状态下的透镜移位时的横向像差图。

[0204] 如各像差图所示，第 3 实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态及各状态下的透镜移位时，各像差被良好地校正，具有良好的成像性能。

[0205] （第 4 实施例）

[0206] 图 16 是表示沿光轴展开第 1 实施方式的第 4 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0207] 在图 16 中，第 1 透镜组 G1 沿着光轴从物体侧开始依次包括：凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L11；用于使光路弯折大致 90 度的直角棱镜 P；物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L12。

[0208] 第 2 透镜组 G2 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面的双凹状的负透镜 L21；由双凹状的负透镜和双凸状的正透镜的贴合构成的复合负透镜 L22。

[0209] 第 3 透镜组 G3 沿着光轴从物体侧开始依次包括：物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L31；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L32。并且，手抖动校正通过以下方式实现：使第 3 透镜组 G3 向与光轴垂直的方向移位，从而进行手抖动发生时的像面 I 上的像移位。

[0210] 第 4 透镜组 G4 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面的双凸状的正透镜 L41；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L42。

[0211] 并且，滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0212] 并且，孔径光阑 S 配置在第 3 透镜组 G3 的最靠近物体侧，从广角端状态 W 向望远端状态 T 变焦时，相对于像面 I 固定。

[0213] 下述表 4 中记载第 4 实施例涉及的变焦透镜的各个值。

[0214] （表 4）

[0215]

(整体参数)

	W	M	T
f =	6.49	12.42	18.35
FNO =	3.48	4.07	4.44
2ω =	63.43	33.20	22.52

(透镜数据)

[0216]

N	r	d	nd	νd	
1	29.3816	0.85	1.94595	17.98	
2	10.9980	2.45			
3	0.0000	9.00	1.83481	42.71	
4	0.0000	0.20			
* 5	14.0983	2.60	1.77377	47.18	
6	-26.4642	(d6)			
7	-64.2210	0.90	1.82080	42.71	
* 8	9.3699	1.40			
9	-12.3854	0.80	1.81600	46.62	
10	10.6993	1.35	1.94595	17.98	
11	-299.4574	(d11)			
12	0.0000	0.50			(孔径光阑 S)
*13	7.7797	1.45	1.68863	52.85	
14	-22.4777	0.20			
15	14.8768	1.90	1.64000	60.09	
16	-4.8081	0.80	1.83481	42.71	
17	9.2275	(d17)			
18	9.8310	2.15	1.58913	61.16	
*19	-11.1803	0.10			

[0217]

20	7.1100	2.15	1.48749	70.23
21	-13.1759	0.80	1.79504	28.69
22	6.0262	(d22)		
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51
24	0.0000	1.40		
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14
26	0.0000	(Bf)		

(非球面数据)

(第 5 面)

κ = -1.5628

C4= +5.9061E-5

C6= -4.2880E-7

C8= +6.8266E-10

C10= +2.1560E-11

(第 8 面)

κ = -9.0000

C4= +1.4768E-3

C6= -4.2970E-5

C8= +3.4527E-7

C10= +8.8838E-8

(第 13 面)

κ = +0.4479

C4= +4.1008E-5

C6= +2.5708E-5

C8= -2.5079E-6

C10= +1.8686E-7

[0218]

(第 19 面)

κ= -9.0000

C4= -4.8117E-4

C6= +3.5584E-5

C8= -1.1993E-6

C10= +1.2638E-8

(可变间隔数据)

f	6.4900	12.4198	18.3496
d6	1.3281	5.1578	7.2028
d11	7.0747	3.2450	1.2000
d17	4.7632	2.4074	1.2377
d22	4.6997	7.0555	8.2252
Bf	0.5997	0.5997	0.5997

(条件式对应值)

(1) :βbt×(1−βat) = 1.03477

(2) :fw／f3= 0.42960

(3) :f4／f3= 0.85941

(4) :ndp= 1.83481

(5) :nd1= 1.94595

(6) :f1／(−f2) = 2.50823

[0219] 图 17A、17B~ 图 19A、19B 是第 4 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线(波长 λ=587.6nm)的无限远聚焦状态下的各像差图。图 17A 是广角端状态(f = 6.49mm)下的各像差图,图 17B 是广角端状态下的透镜移位时的横向像差图。图 18A 中间焦点距离状态(f = 12.42mm)下的各像差图,图 18B 是中间焦点距离状态下的透镜移位时的横向像差图。图 19A 是望远端状态(f = 18.35mm)下的各像差图,图 19B 是望远端状态下的透镜移位时的横向像差图。

[0220] 如各像差图所示,第 4 实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态及各状态下的透镜移位时,各像差被良好地校正,具有良好的成像性能。

[0221] (第 2 实施方式)

[0222] 本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜的构成为,沿着光轴从物体侧开始依次具有:第 1 透镜组,具有光路弯折光学元件,并具有正的屈光力;第 2 透镜组,具有负的屈光

力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；第 4 透镜组，具有正的屈光力，焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，第 1 透镜组和第 3 透镜组相对于像面固定，第 1 透镜组和第 2 透镜组的间隔增大，第 2 透镜组和第 3 透镜组的间隔减少，第 3 透镜组和第 4 透镜组的间隔减少。

[0223] 第 1 透镜组具有使光路弯折大致 90 度的作用、及收敛光束的作用。并且，焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，第 1 透镜组总是固定。这样一来，使构成变焦透镜的透镜组中最大、最重的第 1 透镜组不可动地固定，因此可使构造简化。

[0224] 第 2 透镜组具有放大由第 1 透镜组形成的被拍摄体的像的作用，随着焦点距离从广角端状态到望远端状态的变化，扩大第 1 透镜组和第 2 透镜组的间隔，从而提高放大率，使焦点距离改变。

[0225] 第 3 透镜组具有收敛由第 2 透镜组放大的光束的作用，为了实现高性能化，第 3 透镜组由多个透镜组构成，实现球面像差及正弦条件、珀兹伐和被良好校正的状态。

[0226] 第 4 透镜组具有进一步收敛由第 3 透镜组收敛的光束的作用，在焦点距离从广角端状态到望远端状态变化时，通过积极改变第 3 透镜组和第 4 透镜组的间隔，可抑制与焦点距离变化相对的像面的变动。

[0227] 通过如上构成各透镜组，可实现一种小型且具有良好的成像性能的变焦透镜。

[0228] 并且，本申请的第 1 实施方式涉及的变焦透镜为了实现小型化，在第 1 透镜组中含有负透镜，该负透镜优选满足以下条件式 (5)。

[0229] $nd1 > 1.900$ (5)

[0230] 其中，nd1 是第 1 透镜组中的负透镜对 d 线 (波长 λ=587.6nm) 的折射率。

[0231] 条件式 (5) 是规定了第 1 透镜组中的负透镜的折射率的条件式，前面已经论述过，省略重复的记述。

[0232] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜为了实现小型化，第 1 透镜组的负透镜优选满足以下条件式 (7)。

[0233] $\nu d1 < 21.00$ (7)

[0234] 其中，$\nu d1$ 是第 1 透镜组中的负透镜对 d 线 (波长 λ=587.6nm) 的阿贝数。

[0235] 条件式 (7) 是规定第 1 透镜组中的负透镜的阿贝数的条件式。超过条件式 (7) 的上限值时，第 1 透镜组单体中产生的色像差变大，难于良好地校正。

[0236] 此外，为了切实地获得本申请的效果，条件式 (7) 的上限值优选为 20.50、20.30 中的任意一个。并且为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (7) 的上限值进一步优选为 20.00。

[0237] 并且，在本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜中，第 3 透镜组为了对第 3 透镜组单独产生的球面像差进行良好的校正并且使出射光瞳位置尽量远离像面，优选包括具有正的屈光力的单透镜和具有负的屈光力的复合透镜，并优选沿着光轴从物体侧开始依次包括：凸面朝向物体侧的正透镜、以及凸面朝向物体侧的正透镜和凹面朝向像侧的负透镜的复合负透镜。

[0238] 通过第 3 透镜组的上述构成，利用凸面朝向物体侧的正透镜，轴外光束被收敛而不会离开光轴，从而可实现透镜直径的小型化。

[0239] 并且，在本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜中，第 4 透镜组为了对第 4 透镜组单独产生的球面像差进行良好的校正并且使出射光瞳位置尽量远离像面，优选包括具有

正的屈光力的单透镜和具有负的屈光力的复合透镜，并优选沿着光轴从物体侧开始依次包括：凸面朝向物体侧的正透镜、以及凸面朝向物体侧的正透镜和凹面朝向像侧的负透镜的复合负透镜。

[0240] 通过第 4 透镜组的上述构成，利用凸面朝向物体侧的正透镜，轴外光束被收敛而不会离开光轴，从而可实现透镜直径的小型化。并且，由于第 4 透镜组整体具有正的屈光力，可使出射光瞳位置远离像面，适用于将固体摄像元件作为受光元件使用的光学系统。

[0241] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜优选满足以下条件式 (3)。

[0242] $0.5 < f4/f3 < 1.1$ (3)

[0243] 其中，f3 是第 3 透镜组的焦点距离，f4 是第 4 透镜组的焦点距离。

[0244] 条件式 (3) 是规定第 3 透镜组和第 4 透镜组的最佳焦点距离比的范围的条件式，前面已经说明过了，省略重复记载。

[0245] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜为了进一步平衡高性能化和小型化，优选：第 1 透镜组的负透镜是凸面朝向物体侧的负凹凸透镜，第 1 透镜组沿着光轴从物体侧开始依次包括：负凹凸透镜、光路弯折光学元件、和凸面朝向物体侧的正透镜。

[0246] 通过上述第 1 透镜组的构成，可使构造简化，并以最小限度的构成个数良好地校正第 1 透镜组单独产生的球面像差及彗差。

[0247] 并且，在本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜中，光路弯折光学元件是直角棱镜，优选满足以下条件式 (4)。

[0248] $ndp > 1.800$ (4)

[0249] 其中，ndp 是直角棱镜对 d 线的折射率。

[0250] 条件式 (4) 是规定以弯折光路为目的的、直角棱镜的适当的折射率的范围的条件式，前面已经论述过，在此省略重复记述。

[0251] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜优选第 1 透镜组中至少包括一个非球面透镜。通过在第 1 透镜组中配置非球面透镜，可良好地校正焦点距离从广角端状态向望远端状态变化时产生的彗差及像散的变动。进一步，也有助于第 1 透镜组的透镜外径的小型化。

[0252] 并且，在本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜中，为了平衡进一步的高性能化和小型化，优选第 2 透镜组沿着光轴从物体侧开始依次包括：凹面朝向像侧的负透镜、以及凹面朝向物体侧的负透镜和正透镜的复合负透镜。

[0253] 通过上述第 2 透镜组的构成，可使构造简化，良好地校正第 2 透镜组单独产生的彗差及倍率色像差。

[0254] 并且，本发明的第 2 实施方式涉及的变焦透镜为了进一步实现高性能化，优选第 2 透镜组中至少包括一个非球面透镜。因此，通过在第 2 透镜组中配置非球面透镜，可良好地校正从广角端状态向望远端状态焦点距离变化时产生的彗差的变动。

[0255] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜优选：使第 2 透镜组沿着光轴向物体侧移位，进行从无限远物体向近距离物体的焦点调节。在本申请的变焦透镜中，第 2 透镜组在广角端状态下，第 1 透镜组和第 2 透镜组的空气间隔接近，而在焦点调节后，第 2 透镜组到物体侧的伸出量非常小，因此可避免透镜或支撑透镜的机械配件等的干扰。并且，在广角端状态到望远端状态的所有焦点距离状态下，可确保第 2 透镜组的伸出量，进行所谓微距

摄影。

[0256] 另一方面，也可考虑通过第 4 透镜组进行无限远物体到近距离物体的焦点调节，但在望远端状态下，第 4 透镜组和第 3 透镜组接近，难于确保所需的伸出量。进一步在望远端状态下，扩大第 3 透镜组和第 4 透镜组的空气间隔时，望远端状态的球面像差、像面弯曲退化变大。

[0257] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜优选满足以下条件式 (8)。

[0258] $0.8 < (-f2)/fw < 1.3$ (8)

[0259] 其中，f2 是第 2 透镜组的焦点距离，fw 是广角端状态下的变焦透镜系统整体的焦点距离。

[0260] 条件式 (8) 是规定第 2 透镜组的适当的焦点距离的范围的条件式。

[0261] 当超过条件式 (8) 的上限值时，第 2 透镜组的屈光力变强，第 2 透镜组单独产生的彗差及像散过大，近距离摄影时的性能变化变大。结果难于缩短最短摄影距离。

[0262] 当小于条件式 (8) 的下限值时，第 2 透镜组的屈光力变弱，焦点调节时的移动量变大，移位时需要的驱动系统的配件等大型化，可能对其他部件产生干扰。并且，要小型化时，球面像差恶化。结果是，收容在照相机主体内时，难以实现节约空间。

[0263] 并且，为了切实地获得本申请的效果，条件式 (8) 的上限值优选为 1.25。并且为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (8) 的上限值进一步优选 1.20。为了切实地获得本申请的效果，条件式 (8) 的下限值优选为 0.85，为了更切实地获得本申请的效果，条件式 (8) 的下限值进一步优选为 0.90。

[0264] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜优选满足以下条件式 (6)。

[0265] $1.5 < f1/(-f2) < 4.0$ (6)

[0266] 其中，f1 是第 1 透镜组的焦点距离，f2 是第 2 透镜组的焦点距离。

[0267] 条件式 (6) 规定第 1 透镜组和第 2 透镜组的焦点距离比的适当范围的条件式，前面已经论述过，在此省略重复记述。

[0268] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜为了进一步实现高性能化，优选在第 3 透镜组中至少配置一个非球面透镜。通过在第 3 透镜组中配置非球面透镜，可良好地校正焦点距离从广角端状态到望远端状态变化时产生的球面像差及彗差。

[0269] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜为了进一步实现高性能化，优选在第 4 透镜组中至少配置一个非球面透镜。通过在第 4 透镜组中配置非球面透镜，可良好地校正焦点距离从广角端状态到望远端状态变化时产生的像面弯曲的变动。

[0270] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜的变倍方法中，该变焦透镜沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；第 4 透镜组，具有正的屈光力，第 1 透镜组包括负透镜，该负透镜满足以下条件式 (5)，上述变倍方法的特征为，焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，第 2 透镜组和第 4 透镜组沿着光轴移动，以使第 1 透镜组和第 3 透镜组相对于像面固定，第 1 透镜组和第 2 透镜组的间隔增大，第 2 透镜组和第 3 透镜组的间隔减少，第 3 透镜组和第 4 透镜组的间隔减少。

[0271] $nd1 > 1.900$ (5)

[0272] 其中，nd1 是负透镜的 d 线的折射率。

[0273] 通过采用这种变倍方法，可减少可动透镜组，简化驱动机构。

[0274] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜的焦点调节方法中，该变焦透镜沿着光轴从物体侧开始依次具有：第 1 透镜组，具有光路弯折光学元件，并具有正的屈光力；第 2 透镜组，具有负的屈光力；第 3 透镜组，具有正的屈光力；第 4 透镜组，具有正的屈光力，焦点距离从广角端状态到望远端状态为止变化时，第 1 透镜组和第 3 透镜组相对于像面固定，第 1 透镜组和第 2 透镜组的间隔增大，第 2 透镜组和第 3 透镜组的间隔减少，第 3 透镜组和第 4 透镜组的间隔减少，第 1 透镜组包括负透镜，该负透镜满足以下条件式 (5)，上述焦点调节方法的特征为，使第 2 透镜组沿着光轴向物体侧移动，进行从无限远物体向近距离物体的焦点调节。

[0275] $nd1 > 1.900$ (5)

[0276] 其中，nd1 是负透镜的 d 线的折射率。

[0277] 通过采用这种焦点调节方法，焦点调节时使用透镜伸出量少的第 2 透镜组，因此可避免透镜或支撑透镜的机械配件等的干扰，并且在从广角端状态向望远端状态的所有焦点距离状态下，可确保第 2 透镜组的伸出量，可进行所谓微距摄影。

[0278] 并且，本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜为了防止高变倍变焦透镜中易产生的源自手抖动的像抖动造成的摄影失败，将检测透镜系统的抖动的抖动检测系统及驱动单元组合到透镜系统中，使构成透镜系统的透镜组中的一个透镜组的全体或一部分作为移位透镜组，使之相对于光轴偏心，从而校正由抖动检测系统检测出的透镜系统的抖动造成的像抖动（像面位置的变动），通过驱动单元驱动移位透镜组，使像面上的像移位，从而可校正像抖动。如上所述，本申请的变焦透镜可作为所谓防振光学作用。

[0279] （实施例）

[0280] 以下参照附图说明本申请的第 2 实施方式涉及的变焦透镜的各实施例。

[0281] 图 3 是表示本申请的各实施例涉及的变焦透镜的屈光力分配、及与焦点距离从广角端状态 W 到望远端状态 T 的变化相对的各透镜组的移位轨迹的图。如图 3 所示，本申请的各实施例涉及的变焦透镜沿着光轴从物体侧开始依次包括：第 1 透镜组 G1，具有正的屈光力；第 2 透镜组 G2，具有负的屈光力；第 3 透镜组 G3，具有正的屈光力；第 4 透镜组 G4，具有正的屈光力；滤波器组 FL，由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。并且，焦点距离从广角端状态 W 到望远端状态 T 为止变化时（即变焦时），第 1 透镜组 G1 和第 3 透镜组 G3 相对于像面 I 固定，第 1 透镜组 G1 和第 2 透镜组 G2 的间隔增大，第 2 透镜组 G2 和第 3 透镜组 G3 的间隔减少，第 3 透镜组 G3 和第 4 透镜组 G4 的间隔减少。

[0282] （第 5 实施例）

[0283] 图 20 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 5 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0284] 在图 20 中，第 1 透镜组 G1 沿着光轴从物体侧开始依次包括：凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L11；用于使光路弯折大致 90 度的直角棱镜 P；物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L12。

[0285] 第 2 透镜组 G2 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面且凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L21；由双凹状的负透镜和凸面朝向物体侧的正凹凸透镜的贴合构成的复合负透镜 L22。

[0286] 第3透镜组G3沿着光轴从物体侧开始依次包括：物体侧具有非球面的双凸状的正透镜L31；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜L32。

[0287] 第4透镜组G4沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面侧具有非球面的双凸状的正透镜L41；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜L42。

[0288] 并且，从无限远物体向近距离物体的焦点调节通过使第2透镜组G2沿着光轴向物体侧移动来进行。

[0289] 进一步，滤波器组FL由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0290] 像面I形成在未图示的摄像元件上，该摄像元件由CCD、CMOS等构成（在以下各实施例中相同）。

[0291] 并且，孔径光阑S配置在第2透镜组G2和第3透镜组G3之间，从广角端状态W向望远端状态T变焦时，相对于像面I固定。

[0292] 下述表5中记载第5实施例涉及的变焦透镜的各个参数的值。（表5）

[0293]

(整体参数)

	W	M	T
f =	6.49	13.00	18.35
FNO =	3.23	3.88	4.36
2ω =	63.45	31.73	22.52

(透镜数据)

N	r	d	nd	νd
1	25.0000	0.80	1.92286	18.90
2	10.1687	2.92		
3	0.0000	8.00	1.83481	42.71
4	0.0000	0.20		
* 5	16.5591	2.59	1.77377	47.18
6	-26.6813	(d6)		
7	43.1399	1.00	1.80610	40.88
* 8	9.6052	1.42		

[0294]

9	-10.6311	0.70	1.78800	47.37	
10	9.2523	1.54	1.92286	18.90	
11	139.6780	(d11)			
12	0.0000	0.50			(孔径光阑 S)
*13	7.9234	1.32	1.69350	53.20	
14	-27.4529	0.20			
15	11.7142	1.57	1.65160	58.55	
16	-6.2105	0.70	1.83481	42.71	
17	7.4146	(d17)			
18	10.0252	1.55	1.58913	61.16	
*19	-11.6786	0.10			
20	6.5080	2.28	1.48749	70.23	
21	-18.1248	0.75	1.79504	28.54	
22	5.7167	(d22)			
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51	
24	0.0000	0.40			
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14	
26	0.0000	(Bf)			

(非球面数据)

(第 5 面)

κ = -1.4495

C4= +4.2291E-5

C6= -1.2508E-7

C8= +3.0136E-9

C10= -4.1299E-11

(第 8 面)

[0295]

κ = -9.0000

C4= +1.4000E-3

C6= -3.9508E-5

C8= +1.3308E-6

C10= -4.6579E-9

(第 13 面)

κ = +0.3527

C4= +1.7586E-5

C6= +1.2242E-5

C8= -8.6518E-7

C10= +5.7865E-8

(第 19 面)

κ = +5.6263

C4= +7.1091E-4

C6= +1.4030E-5

C8= -1.5418E-7

C10= +2.2411E-8

(可变间隔数据)

	W	M	T
f	6.4900	13.0000	18.3500
d6	1.3806	6.0114	7.8333
d11	7.5027	2.8719	1.0500
d17	5.2220	2.5639	1.1150
d22	5.6760	8.3341	9.7830
Bf	0.5900	0.5900	0.5900

(条件式对应值)

[0296]

(3) : f 4 / f 3 = 0.74169

(4) : n d p = 1.83481

(5) : n d 1 = 1.92286

(6) : f 1 / (− f 2) = 2.65137

(7) : ν d 1 = 18.90

(8) : (− f 2) / f w = 1.13206

[0297] 图21A、21B、21C是相对第5实施例涉及的变焦透镜相对于d线(波长 λ=587.6nm)的无限远聚焦状态下的各像差图。图21A表示广角端状态(f = 6.49mm)下的各像差,图21B表示中间焦点距离状态(f = 13.00mm)下的各像差,图21C表示望远端状态(f = 18.35mm)下的各像差。

[0298] 如各像差图所示,第5实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态下,各像差被良好地校正,具有良好的成像性能。

[0299] (第6实施例)

[0300] 图22是表示沿光轴展开第2实施方式的第6实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0301] 在图22中,第1透镜组G1沿着光轴从物体侧开始依次包括:凸面朝向物体侧的负凹凸透镜L11;用于使光路弯折大致90度的直角棱镜P;物体侧具有非球面的双凸状的正透镜L12。

[0302] 第2透镜组G2沿着光轴从物体侧开始依次包括:像面I侧具有非球面且凸面朝向物体侧的负凹凸透镜L21;由双凹状的负透镜和双凸状的正透镜的贴合构成的复合负透镜L22。

[0303] 第3透镜组G3沿着光轴从物体侧开始依次包括:物体侧具有非球面的双凸状的正透镜L31;由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜L32。

[0304] 第4透镜组G4沿着光轴从物体侧开始依次包括:像面侧具有非球面的双凸状的正透镜L41;由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜L42。

[0305] 并且,从无限远物体向近距离物体的焦点调节通过使第2透镜组G2沿着光轴向物体侧移动来进行。

[0306] 进一步,滤波器组FL由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0307] 并且,孔径光阑S配置在第2透镜组G2和第3透镜组G3之间,从广角端状态W向望远端状态T变焦时,相对于像面I固定。

[0308] 下述表6中记载第6实施例涉及的变焦透镜的各个参数的值。

[0309] (表6)

[0310]

(整体参数)

	W	M	T
f =	6.49	12.42	18.35
FNO =	3.29	3.89	4.40
2ω =	63.45	33.16	22.52

(透镜数据)

N	r	d	nd	νd
1	37.3815	0.80	1.92286	18.90
2	11.4743	2.50		
3	0.0000	9.00	1.80420	46.50
4	0.0000	0.20		
* 5	15.6194	2.52	1.77377	47.18

[0311]

6	-26.0835	(d6)			
7	33.9415	0.90	1.82080	42.71	
* 8	8.3923	1.47			
9	-9.3559	0.70	1.80400	46.57	
10	10.5119	1.31	1.92286	18.90	
11	-104.7189	(d11)			
12	0.0000	0.50			(孔径光阑 S)
*13	7.2921	1.40	1.69350	53.20	
14	-24.0200	0.15			
15	12.7408	1.68	1.65160	58.55	
16	-4.9883	0.70	1.83481	42.71	
17	7.2495	(d17)			
18	9.8677	1.86	1.58913	61.16	
*19	-11.3223	0.10			
20	7.1768	2.06	1.49700	81.54	
21	-21.5501	0.80	1.79504	28.54	
22	5.9728	(d22)			
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51	
24	0.0000	0.40			
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14	
26	0.0000	(Bf)			

(非球面数据)

(第 5 面)

κ = -1.2861

C4= +2.7530E-5

C6= -1.9665E-7

[0312]

C8= +6.3806E-10

C10= -1.9119E-12

(第 8 面)

κ = -9.0000

C4= +2.0979E-3

C6= -9.3712E-5

C8= +4.3205E-6

C10= -6.7633E-8

(第 13 面)

κ = +0.4009

C4= +7.1395E-5

C6= +1.4244E-5

C8= -4.5095E-7

C10= +6.1718E-8

(第 19 面)

κ = -9.0000

C4= -4.4999E-4

C6= +3.2020E-5

C8= -1.0016E-6

C10= +1.0650E-8

(可变间隔数据)

	W	M	T
f	6.4900	12.4200	18.3500
d6	1.3518	5.5097	7.5388
d11	7.2370	3.0791	1.0500
d17	5.2070	2.6787	1.1000

[0313]

d22	5.8964	8.4247	10.0034
Bf	0.6000	0.6000	0.6000

(条件式对应值)

(3)：f4／f3＝ 0.77620

(4)：ndp＝ 1.80420

(5)：nd1＝ 1.92286

(6)：f1／(－f2) ＝ 2.52762

(7)：νd1＝ 18.90

(8)：(－f2) ／fw＝ 1.08310

[0314] 图 23A、23B、23C 是第 6 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的无限远聚焦状态下的各像差图。图 23A 表示广角端状态（f＝6.49mm）下的各像差，图 23B 表示中间焦点距离状态（f＝12.42mm）下的各像差，图 23C 表示望远端状态（f＝18.35mm）下的各像差。

[0315] 如各像差图所示，第 6 实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态下，各像差被良好地校正，具有良好的成像性能。

[0316] （第 7 实施例）

[0317] 图 24 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 7 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0318] 在图 24 中，第 1 透镜组 G1 沿着光轴从物体侧开始依次包括：凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L11；用于使光路弯折大致 90 度的直角棱镜 P；物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L12。

[0319] 第 2 透镜组 G2 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面且凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L21；由双凹状的负透镜和双凸状的正透镜的贴合构成的复合负透镜 L22。

[0320] 第 3 透镜组 G3 沿着光轴从物体侧开始依次包括：物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L31；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L32。

[0321] 第 4 透镜组 G4 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面的双凸状的正透镜 L41；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L42。

[0322] 并且，从无限远物体向近距离物体的焦点调节通过使第 2 透镜组 G2 沿着光轴向物体侧移动来进行。

[0323] 进一步，滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0324] 并且，孔径光阑 S 配置在第 2 透镜组 G2 和第 3 透镜组 G3 之间，从广角端状态 W 向望远端状态 T 变焦时，相对于像面 I 固定。

[0325] 下述表 7 中记载第 7 实施例涉及的变焦透镜的各个参数的值。

[0326] （表 7）

[0327]

(整体参数)

	W	M	T
f =	6.49	12.42	18.35
FNO =	3.46	4.03	4.40
2ω =	63.45	33.21	22.52

(透镜数据)

N	r	d	nd	νd
1	37.2624	0.90	1.92286	18.90
2	11.1482	2.45		

[0328]

3	0.0000	9.00	1.83481	42.71	
4	0.0000	0.20			
* 5	15.1979	2.57	1.77377	47.18	
6	-25.3799	(d6)			
7	41.2336	0.90	1.82080	42.71	
* 8	8.4256	1.50			
9	-9.2831	0.70	1.78800	47.37	
10	12.0522	1.30	1.92286	18.90	
11	-68.6250	(d11)			
12	0.0000	0.50			(孔径光阑 S)
*13	7.6045	1.45	1.69350	53.20	
14	-34.1354	0.15			
15	10.6131	1.87	1.65160	58.55	
16	-5.3841	0.70	1.83481	42.71	
17	7.0835	(d17)			
18	10.0717	1.99	1.58913	61.16	
*19	-10.9249	0.10			
20	7.5031	2.19	1.48749	70.23	
21	-11.3937	0.80	1.79504	28.54	
22	6.7316	(d22)			
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51	
24	0.0000	0.40			
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14	
26	0.0000	(Bf)			

(非球面数据)

(第 5 面)

[0329]

κ = -5.8159

C4= +1.8991E-4

C6= -2.5581E-6

C8= +2.9511E-8E-8

C10= -2.0089E-10

(第 8 面)

κ = -9.0000

C4= +2.0520E-3

C6= -8.7500E-5

C8= +3.6741E-6

C10= -4.7536E-8

(第 13 面)

κ = +0.4028

C4= +8.0510E-5

C6= +1.5444E-5

C8= -9.1869E-7

C10= +7.2852E-8

(第 19 面)

κ = -9.0000

C4= -5.8178E-4

C6= +3.4645E-5

C8= -1.1500E-6

C10= +1.5550E-8

(可变间隔数据)

	W	M	T
f	6.4900	12.4200	18.3500

[0330]

d6	1.3774	5.6717	7.9738
d11	7.6464	3.3521	1.0500
d17	4.4527	2.2134	1.1000
d22	5.6029	7.8422	8.9556
Bf	0.5999	0.6000	0.6000

(条件式对应值)

(3) : f4／f3= 0.79595

(4) : ndp= 1.83481

(5) : nd1= 1.92286

(6) : f1／(－f2) = 2.42205

(7) : νd1= 18.90

(8) : (－f2) ／fw= 1.10029

[0331] 图 25A、25B、25C 是第 7 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的无限远聚焦状态下的各像差图。图 25A 表示广角端状态（f＝6.49mm）下的各像差，图 25B 表示中间焦点距离状态（f＝12.42mm）下的各像差，图 25C 表示望远端状态（f＝18.35mm）下的各像差。

[0332] 如各像差图所示，第 7 实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态下，各像差被良好地校正，具有良好的成像性能。

[0333] （第 8 实施例）

[0334] 图 26 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 8 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0335] 在图 26 中，第 1 透镜组 G1 沿着光轴从物体侧开始依次包括：凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L11；用于使光路弯折大致 90 度的直角棱镜 P；物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L12。

[0336] 第 2 透镜组 G2 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面的双凹状的负透镜 L21；由双凹状的负透镜和双凸状的正透镜的贴合构成的复合负透镜 L22。

[0337] 第 3 透镜组 G3 沿着光轴从物体侧开始依次包括：物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L31；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L32。

[0338] 第 4 透镜组 G4 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面的双凸状的正透镜 L41；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L42。

[0339] 并且，从无限远物体向近距离物体的焦点调节通过使第 2 透镜组 G2 沿着光轴向物体侧移动来进行。

[0340] 进一步，滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0341] 并且，孔径光阑 S 配置在第 2 透镜组 G2 和第 3 透镜组 G3 之间，从广角端状态 W 向望远端状态 T 变焦时，相对于像面 I 固定。

[0342] 下述表 8 中记载第 8 实施例涉及的变焦透镜的各个参数的值。

[0343] （表 8）

[0344]

(整体参数)

	W	M	T
f =	6.49	12.42	18.35
FNO =	3.46	4.04	4.41
2ω =	63.44	33.20	22.52

(透镜数据)

N	r	d	nd	νd

[0345]

	1	33.7718	0.80	1.94595	17.98
	2	11.7461	2.50		
	3	0.0000	9.00	1.83481	42.71
	4	0.0000	0.20		
*	5	13.9344	2.60	1.77377	47.18
	6	-27.5986	(d6)		
	7	-61.3807	0.90	1.82080	42.71
*	8	8.9234	1.40		
	9	-12.0258	0.80	1.81600	46.62
	10	11.6524	1.35	1.94595	17.98
	11	-97.7336	(d11)		
	12	0.0000	0.50		(孔径光阑 S)
*	13	7.7058	1.50	1.68863	52.85
	14	-25.9720	0.15		
	15	13.8124	1.90	1.65160	58.55
	16	-4.5044	0.80	1.83481	42.71
	17	9.1795	(d17)		
	18	10.2475	2.15	1.58913	61.16
*	19	-10.8582	0.10		
	20	6.9779	2.15	1.48749	70.23
	21	-13.5284	0.80	1.79504	28.54
	22	5.9758	(d22)		
	23	0.0000	0.65	1.54437	70.51
	24	0.0000	0.40		
	25	0.0000	0.50	1.51633	64.14
	26	0.0000	(Bf)		

[0346]

(非球面数据)

(第 5 面)

κ = −1.5628

C4= +5.9482E-5

C6= −5.0922E-7

C8= +3.3737E-9

C10= −3.2731E-11

(第 8 面)

κ = −9.0000

C4= +1.6926E-3

C6= −5.7910E-5

C8= +6.6386E-7

C10= +9.8033E-8

(第 13 面)

κ = +0.4479

C4= +1.1451E-4

C6= +2.1327E-5

C8= −1.1862E-6

C10= +1.2675E-7

(第 19 面)

κ = −9.0000

C4= −5.6183E-4

C6= +3.8657E-5

C8= −1.1222E-6

C10= +2.5253E-9

(可变间隔数据)

[0347]

	W	M	T
f	6.4900	12.4198	18.3496
d6	1.3281	5.1577	7.2028
d11	6.9247	3.0950	1.0500
d17	4.7633	2.4074	1.2377
d22	5.7268	8.0827	9.2525
Bf	0.5998	0.5997	0.5997

(条件式对应值)

(3) : f 4／f 3＝ 0.85941

(4) : n d p＝ 1.83481

(5) : n d 1＝ 1.94595

(6) : f 1／ (－ f 2) ＝ 2.50823

(7) : ν d 1＝ 17.98

(8) : (－ f 2) ／f w＝ 0.97871

[0348] 图 27A、27B、27C 是第 8 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线 (波长 λ =587.6nm) 的无限远聚焦状态下的各像差图。图 27A 表示广角端状态 (f ＝ 6.49mm) 下的各像差，图 27B 表示中间焦点距离状态 (f ＝ 12.42mm) 下的各像差，图 27C 表示望远端状态 (f ＝ 18.35mm) 下的各像差。

[0349] 如各像差图所示，第 8 实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态下，各像差被良好地校正，具有良好的成像性能。

[0350] (第 9 实施例)

[0351] 图 28 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 9 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0352] 在图 28 中，第 1 透镜组 G1 沿着光轴从物体侧开始依次包括 : 凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L11 ; 用于使光路弯折大致 90 度的直角棱镜 P ; 物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L12。

[0353] 第 2 透镜组 G2 沿着光轴从物体侧开始依次包括 : 凸面朝向物体侧且像面 I 侧具有非球面的负凹凸透镜 L21 ; 由双凹状的负透镜和凸面朝向物体侧的正凹凸透镜的贴合构成的复合负透镜 L22。

[0354] 第 3 透镜组 G3 沿着光轴从物体侧开始依次包括 : 物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L31 ; 由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L32。

[0355] 第 4 透镜组 G4 沿着光轴从物体侧开始依次包括 : 像面 I 侧具有非球面的双凸状的正透镜 L41 ; 由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L42。

[0356] 并且，从无限远物体向近距离物体的焦点调节通过使第 2 透镜组 G2 沿着光轴向物

体侧移动来进行。

[0357] 进一步，滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0358] 并且，孔径光阑 S 配置在第 2 透镜组 G2 和第 3 透镜组 G3 之间，从广角端状态 W 向望远端状态 T 变焦时，相对于像面 I 固定。

[0359] 下述表 9 中记载第 9 实施例涉及的变焦透镜的各个参数的值。

[0360] （表 9）

[0361]

(整体参数)

	W	M	T
f =	6.49	13.00	18.35
FNO =	3.25	3.92	4.44
2ω =	63.46	31.68	22.52

[0362]

(透镜数据)

N	r	d	nd	νd	
1	30.0000	0.80	1.92286	18.90	
2	10.8266	2.76			
3	0.0000	10.50	1.88300	40.76	
4	0.0000	0.20			
* 5	17.6854	2.54	1.77377	47.18	
6	-24.9579	(d6)			
7	49.4226	1.00	1.80610	40.88	
* 8	10.1943	1.32			
9	-11.0741	0.70	1.77250	49.60	
10	8.9104	1.40	1.92286	18.90	
11	66.6471	(d11)			
12	0.0000	0.50			(孔径光阑 S)
*13	8.0543	1.33	1.69350	53.20	
14	-23.6288	0.10			
15	14.5229	1.55	1.65160	58.55	
16	-5.8631	0.70	1.83481	42.71	
17	8.2446	(d17)			
18	9.6258	2.04	1.58913	61.16	
*19	-11.5184	0.10			
20	6.9573	2.15	1.48749	70.23	
21	-18.4789	0.80	1.79504	28.54	
22	5.7682	(d22)			
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51	
24	0.0000	0.40			

[0363]

25	0.0000	0.50	1.51633	64.14
26	0.0000	(Bf)		

(非球面数据)

(第 5 面)

κ = −1.8966

C4= +3.3740E−5

C6= −2.5195E−7

C8= .+2.9256E−9

C10= −2.3805E−11

(第 8 面)

κ = −8.9802

C4= +1.2224E−3

C6= −3.6939E−5

C8= +1.5818E−6

C10= −1.8716E−8

(第 13 面)

κ = +0.3629

C4= +2.1443E−5

C6= +9.5031E−6

C8= −4.2244E−7

C10= +3.9902E−8

(第 19 面)

κ = +5.7565

C4= +7.8405E−4

C6= +1.7280E−5

C8= −2.5355E−7

[0364]

C10= +2.9997E-8

(可变间隔数据)

	W	M	T
f	6.4900	12.9997	18.3499
d6	1.3662	5.9198	7.7019
d11	7.3857	2.8321	1.0500
d17	5.4454	2.6465	1.1000
d22	6.1696	8.9684	10.5150
Bf	0.5900	0.5900	0.5900

(条件式对应值)

(3) : f 4 / f 3 = 0.71550

(4) : n d p = 1.88300

(5) : n d 1 = 1.92286

(6) : f 1 / (− f 2) = 2.49132

(7) : ν d 1 = 18.90

(8) : (− f 2) / f w = 1.14409

[0365] 图 29~ 图 31 是第 9 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线 (波长 λ =587.6nm) 的无限远聚焦状态下的各像差图,图 29 表示广角端状态 (f = 6.49mm) 下的各像差,图 30 表示中间焦点距离状态 (f = 13.00mm) 下的各像差,图 31 表示望远端状态 (f = 18.35mm) 下的各像差。

[0366] 如各像差图所示,第 9 实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态下,各像差被良好地校正,具有良好的成像性能。

[0367] (第 10 实施例)

[0368] 图 32 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 10 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0369] 在图 32 中,第 1 透镜组 G1 沿着光轴从物体侧开始依次包括 :凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L11 ;用于使光路弯折大致 90 度的直角棱镜 P ;物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L12。

[0370] 第 2 透镜组 G2 沿着光轴从物体侧开始依次包括 :凸面朝向物体侧且像面 I 侧具有非球面的负凹凸透镜 L21 ;由双凹状的负透镜和双凸状的正透镜的贴合构成的复合负透镜 L22。

[0371] 第 3 透镜组 G3 沿着光轴从物体侧开始依次包括 :物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L31 ;由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L32。

[0372] 第 4 透镜组 G4 沿着光轴从物体侧开始依次包括 :像面侧具有非球面的双凸状的正透镜 L41 ;由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L42。

[0373] 并且，从无限远物体向近距离物体的焦点调节通过使第 2 透镜组 G2 沿着光轴向物体侧移位来进行。

[0374] 进一步，滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0375] 并且，孔径光阑 S 配置距第 3 透镜组 G3 的最靠近物体的侧，从广角端状态 W 向望远端状态 T 变焦时，相对于像面 I 固定。

[0376] 下述表 10 中记载第 10 实施例涉及的变焦透镜的各个参数的值。

[0377] （表 10）

[0378]

(整体参数)

	W	M	T
f =	6.49	12.42	18.35

[0379]

FNO =	3.28	3.89	4.40
2ω'=	63.45	33.20	22.52

(透镜数据)

N	r	d	nd	νd	
1	24.5000	0.80	1.92286	18.90	
2	9.9772	2.95			
3	0.0000	8.50	1.83481	42.71	
4	0.0000	0.20			
* 5	16.6000	2.63	1.77377	47.18	
6	-24.8401	(d6)			
7	74.7674	1.00	1.82080	42.71	
* 8	9.4961	1.39			
9	-10.0785	0.70	1.78800	47.37	
10	11.0108	1.35	1.92286	18.90	
11	-140.1574	(d11)			
12	0.0000	0.50			(孔径光阑 S)
*13	7.2743	1.39	1.69350	53.20	
14	-26.2141	0.15			
15	13.0403	1.59	1.65160	58.55	
16	-5.7472	0.70	1.83481	42.71	
17	7.0000	(d17)			
18	9.8799	1.69	1.58913	61.16	
*19	-11.2538	0.10			
20	6.8394	2.19	1.48749	70.23	
21	-15.4997	0.80	1.79504	28.54	
22	6.0883	(d22)			

[0380]

23	0.0000	0.65	1.54437	70.51
24	0.0000	0.40		
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14
26	0.0000	(Bf)		

(非球面数据)

(第 5 面)

κ = -1.5215

C4= +3.9133E-5

C6= -1.9315E-7

C8= +3.1162E-9

C10= -3.5747E-11

(第 8 面)

κ = -9.0000

C4= +1.4631E-3

C6= -4.9164E-5

C8= +2.1048E-6

C10= -2.6229E-8

(第 13 面)

κ = +0.3110

C4= +4.3394E-5

C6= +1.0663E-5

C8= -4.6198E-7

C10= +4.5396E-8

(第 19 面)

κ = -1.7610

C4= +1.0693E-4

[0381]

C6= +6.5769E-6

C8= -2.4528E-7

C10= +8.6823E-10

(可变间隔数据)

	W	M	T
f	6.4900	12.4200	18.3500
d6	1.3733	5.6158	7.7020
d11	7.3787	3.1362	1.0500
d17	5.0253	2.6114	1.1000
d22	5.9477	8.3616	9.8730
Bf	0.6000	0.6000	0.6000

(条件式对应值)

(3) : f4／f3= 0.70338

(4) : ndp= 1.83481

(5) : nd1= 1.92286

(6) : f1／(－f2) = 2.51707

(7) : νd1= 18.90

(8) : (－f2)／fw= 1.11448

[0382] 图 33~ 图 35 是第 10 实施例涉及的变焦透镜的相对于 d 线（波长 λ=587.6nm）的无限远聚焦状态下的各像差图，图 33 表示广角端状态（f = 6.49mm）下的各像差，图 34 表示中间焦点距离状态（f = 12.42mm）下的各像差，图 35 表示望远端状态（f = 18.35mm）下的各像差。

[0383] 如各像差图所示，第 10 实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态下，各像差被良好地校正，具有良好的成像性能。

[0384] （第 11 实施例）

[0385] 图 36 是表示沿光轴展开第 2 实施方式的第 11 实施例涉及的变焦透镜的透镜构成的图。

[0386] 在图 36 中，第 1 透镜组 G1 沿着光轴从物体侧开始依次包括：凸面朝向物体侧的负凹凸透镜 L11；用于使光路弯折 90 度的直角棱镜 P；物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L12。

[0387] 第 2 透镜组 G2 沿着光轴从物体侧开始依次包括：像面 I 侧具有非球面的双凹状的负透镜 L21；由双凹状的负透镜和双凸状的正透镜的贴合构成的复合负透镜 L22。

[0388] 第 3 透镜组 G3 沿着光轴从物体侧开始依次包括：物体侧具有非球面的双凸状的正透镜 L31；由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L32。

[0389] 第 4 透镜组 G4 沿着光轴从物体侧开始依次包括 :像面 I 侧具有非球面的双凸状的正透镜 L41 ;由双凸状的正透镜和双凹状的负透镜的贴合构成的复合负透镜 L42。

[0390] 并且,从无限远物体向近距离物体的焦点调节通过使第 2 透镜组 G2 沿着光轴向物体侧移动来进行。

[0391] 进一步,滤波器组 FL 由低通滤波器、红外截止滤波器等构成。

[0392] 并且,孔径光阑 S 配置距第 3 透镜组 G3 的最靠近物体的侧,从广角端状态 W 向望远端状态 T 变焦时,相对于像面 I 固定。

[0393] 下述表 11 中记载第 11 实施例涉及的变焦透镜的各个参数的值。

[0394] (表 11)

[0395]

(整体参数)

W	M	T

[0396]

f =	6.49	12.42	18.35
FNO =	3.48	4.07	4.44
2ω =	63.43	33.20	22.52

(透镜数据)

N	r	d	nd	νd
1	29.3816	0.85	1.94595	17.98
2	10.9980	2.45		
3	0.0000	9.00	1.83481	42.71
4	0.0000	0.20		
* 5	14.0983	2.60	1.77377	47.18
6	-26.4642	(d6)		
7	-64.2210	0.90	1.82080	42.71
* 8	9.3699	1.40		
9	-12.3854	0.80	1.81600	46.62
10	10.6993	1.35	1.94595	17.98
11	-299.4574	(d11)		
12	0.0000	0.50		(孔径光阑 S)
*13	7.7797	1.45	1.68863	52.85
14	-22.4777	0.20		
15	14.8768	1.90	1.64000	60.09
16	-4.8081	0.80	1.83481	42.71
17	9.2275	(d17)		
18	9.8310	2.15	1.58913	61.16
*19	-11.1803	0.10		
20	7.1100	2.15	1.48749	70.23
21	-13.1759	0.80	1.79504	28.69

[0397]

22	6.0262	(d22)		
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51
24	0.0000	1.40		
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14
26	0.0000	(Bf)		

(非球面数据)

(第 5 面)

κ = -1.5628

C4= +5.9061E-5

C6= -4.2880E-7

C8= +6.8266E-10

C10= +2.1560E-11

(第 8 面)

κ = -9.0000

C4= +1.4768E-3

C6= -4.2970E-5

C8= +3.4527E-7

C10= +8.8838E-8

(第 13 面)

κ = +0.4479

C4= +4.1008E-5

C6= +2.5708E-5

C8= -2.5079E-6

C10= +1.8686E-7

(第 19 面)

κ = -9.0000

[0398]

C4= -4.8117E-4

C6= +3.5584E-5

C8= -1.1993E-6

C10= +1.2638E-8

(可变间隔数据)

	W	M	T
f	6.4900	12.4198	18.3496
d6	1.3281	5.1578	7.2028
d11	7.0747	3.2450	1.2000
d17	4.7632	2.4074	1.2377
d22	4.6997	7.0555	8.2252
Bf	0.5997	0.5997	0.5997

(条件式对应值)

(3):f4/f3= 0.85941

(4):ndp= 1.83481

(5):nd1= 1.94595

(6):f1/(-f2) = 2.50823

(7):νd1= 17.98

(8): (-f2)/fw= 0.97868

[0399] 图37~图39是第11实施例涉及的变焦透镜的相对于d线(波长λ=587.6nm)的无限远聚焦状态下的各像差图,图37表示广角端状态(f=6.49mm)下的各像差,图38表示中间焦点距离状态(f=12.42mm)下的各像差,图39表示望远端状态(f=18.35mm)下的各像差。

[0400] 如各像差图所示,第11实施方式涉及的变焦透镜从广角端状态到望远端状态的各焦点距离状态下,各像差被良好地校正,具有良好的成像性能。

[0401] 如上所述,根据本申请,可提供一种适用于使用了固体摄像元件等的摄影机、数字静像照相机等的变焦透镜,及具有该变焦透镜的光学装置(例如照相机等),该变焦透镜考虑到了配置变焦透镜的场所受限的情况,变倍比为3倍左右,小型且具有良好的成像性能。

[0402] 此外,在本申请的各实施方式涉及的变焦透镜中,以下内容在不破坏光学性能的范围内可适当采用。

[0403] 本实施方式的4组构成的透镜系统可对最靠近像面侧附加一个透镜组,形成5组构成的透镜系统。此时,附加的第5透镜组可采用具有正屈光力和具有负屈光力的两种。5组构成的透镜系统可将第3透镜组和第5透镜组的至少一个作为移位透镜组,向与光轴基本垂直的方向移位。

[0404] 并且，也可是如下聚焦透镜组：使单独或多个透镜组、或部分透镜组向光轴方向移动，进行从无限远物体到近距离物体的聚焦。并且，上述聚焦透镜组也可适用于自动聚焦、或自动聚焦用的（超声波电机等）的电机驱动。尤其优选将第 2 透镜组或第 4 透镜组作为聚焦透镜组。

[0405] 并且，本实施方式的变焦透镜将第 3 透镜组作为移位透镜组，也可将其他透镜组或部分组作为移位透镜组。本实施方式的变焦透镜将第 3 透镜组作为调焦时的固定组，因此优选将第 3 透镜组作为移位透镜组，但也可将第 2 透镜组作为移位透镜组。并且，移位透镜组至少具有二个单透镜即可，优选具有复合了二个单透镜的一个复合透镜。

[0406] 并且，各透镜面也可是非球面。该非球面可以是以下任意一种：研削加工后的非球面、用模具使玻璃形成为非球面形状的玻璃模非球面、在玻璃表面使树脂形成为非球面形状的复合型非球面。

[0407] 并且，对各透镜面可加上较宽波长区域的、具有较高透过率的防反射膜。这样一来，可减少闪烁、重影，实现对比度高的光学性能。

[0408] 此外，上述实施方式仅是示例，不限于上述构成、形状，在本发明的范围内可适当修正、变更。

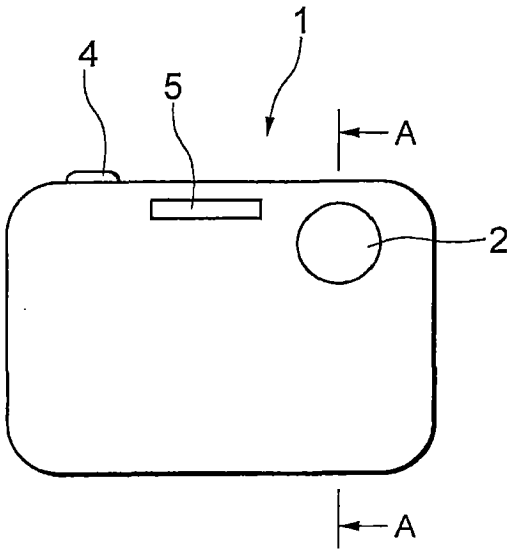


图 1A

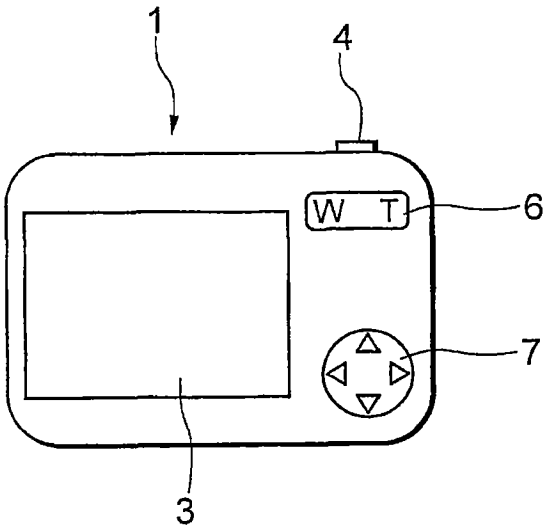


图 1B

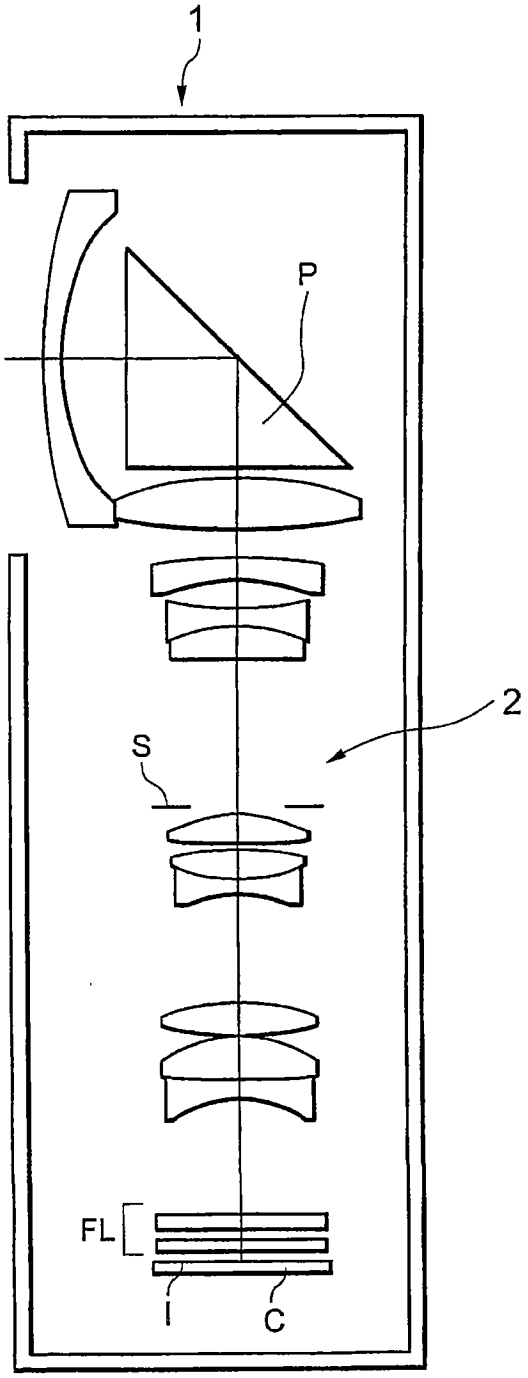


图 2

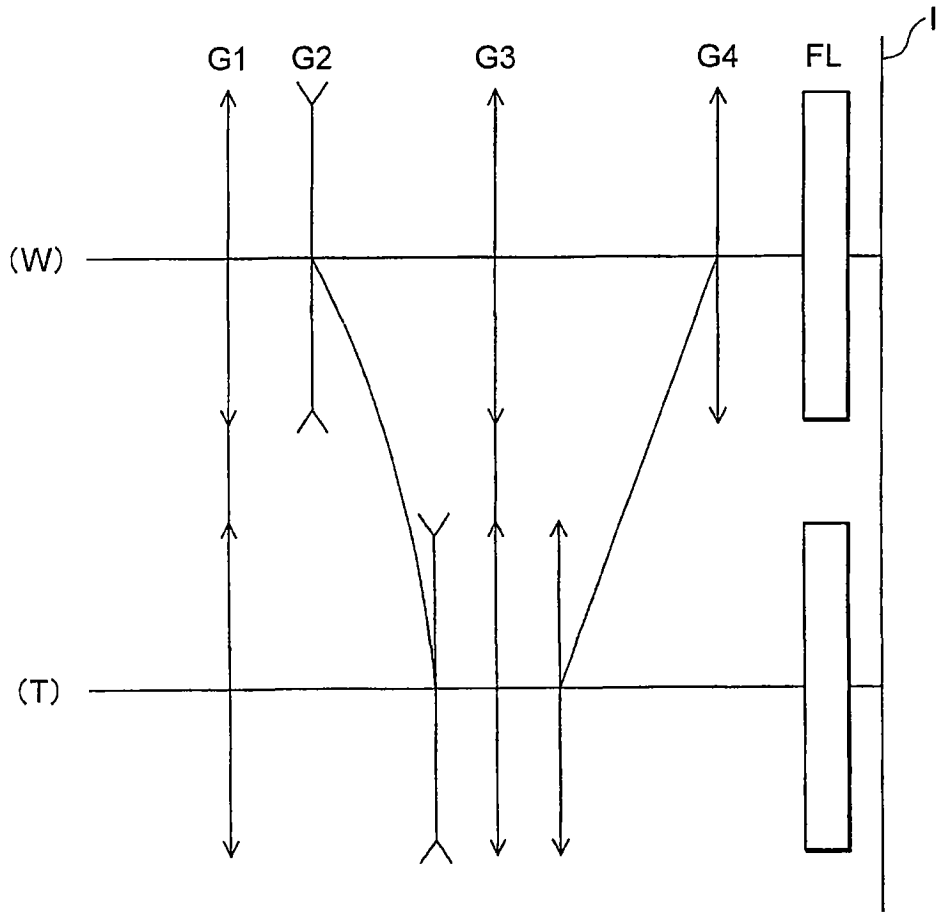


图 3

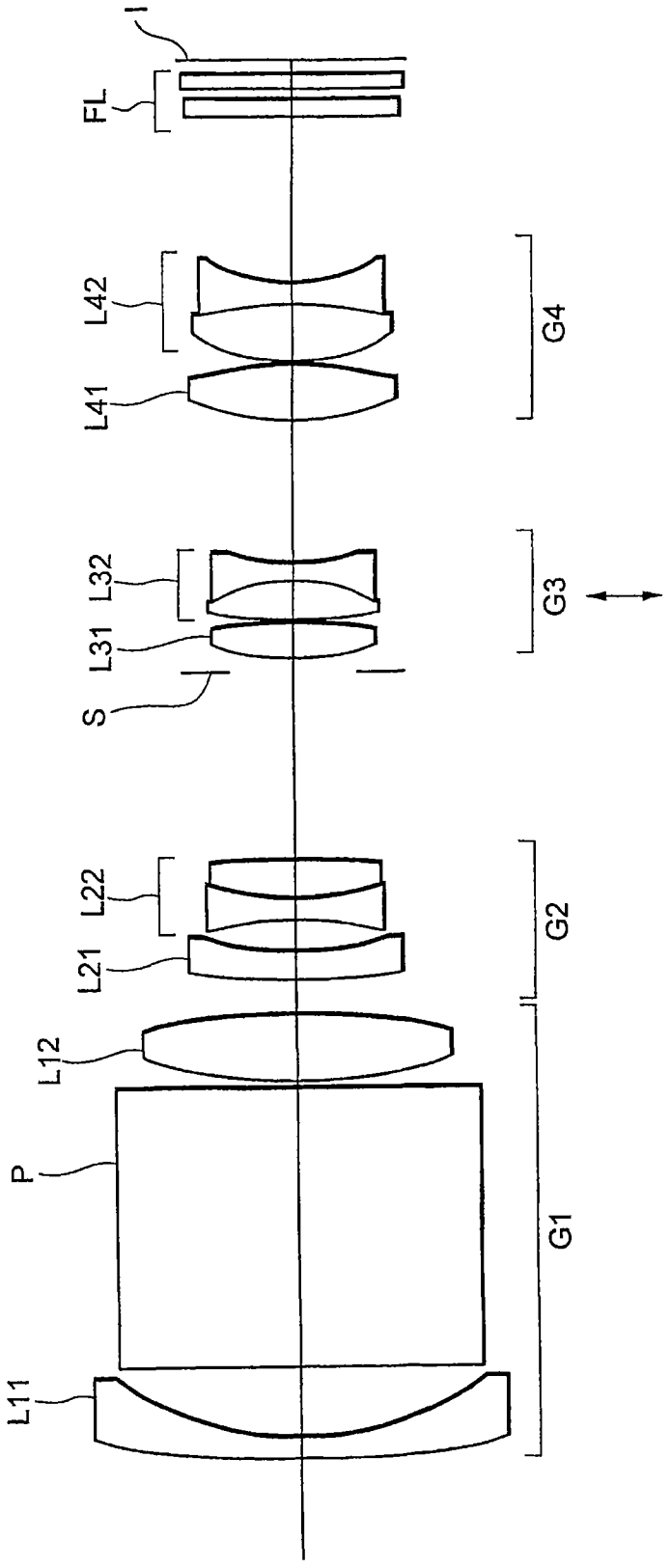
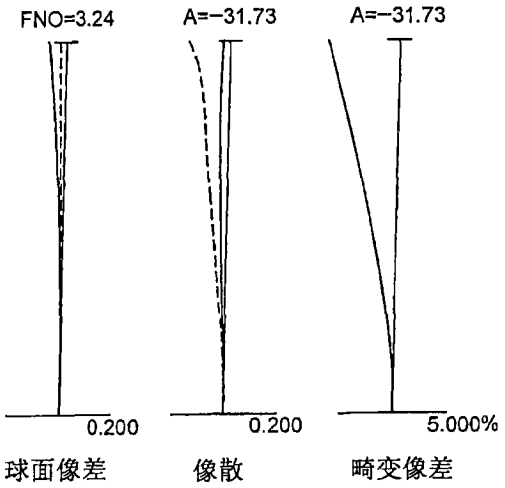


图4


FNO=3.24
A=−31.73
A=−31.73
0.200
0.200
5.000%
球面像差
像散
畸变像差

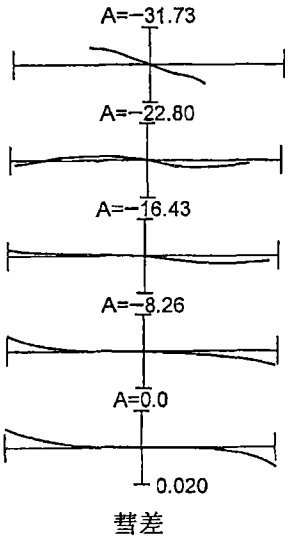

A=−31.73
A=−22.80
A=−16.43
A=−8.26
A=0.0
0.020
彗差

图 5A

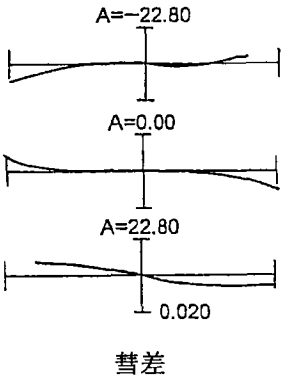

A=−22.80
A=0.00
A=22.80
0.020
彗差

图 5B

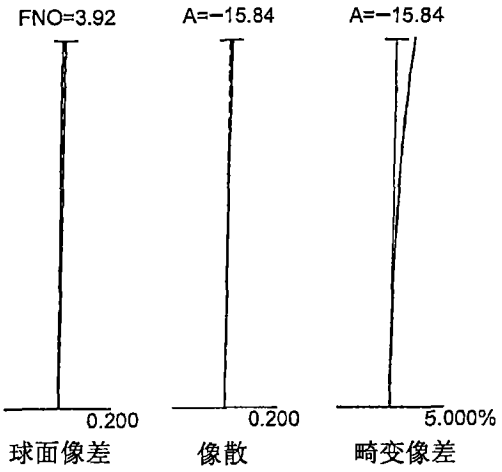
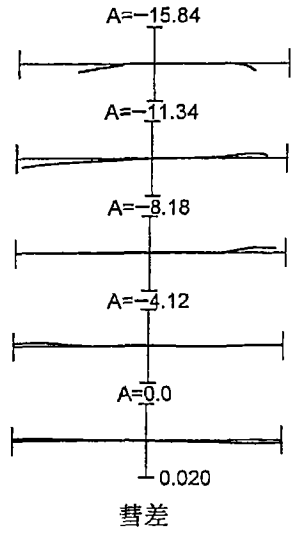

FNO=3.92
A=−15.84
A=−15.84
0.200
0.200
5.000%
球面像差
像散
畸变像差

图 6A


A=-15.84
A=-11.34
A=-8.18
A=-4.12
A=0.0
0.020
彗差

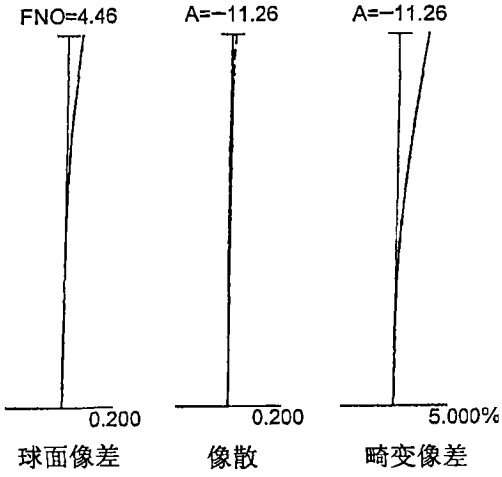

FNO=4.46
0.200
球面像差
A=-11.26
0.200
像散
A=-11.26
5.000%
畸变像差

图 7A

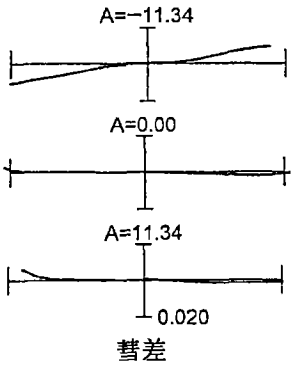
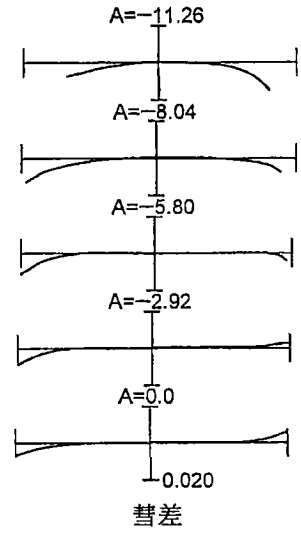

A=-11.34
A=0.00
A=11.34
0.020
彗差

图 6B


A=-11.26
A=-8.04
A=-5.80
A=-2.92
A=0.0
0.020
彗差

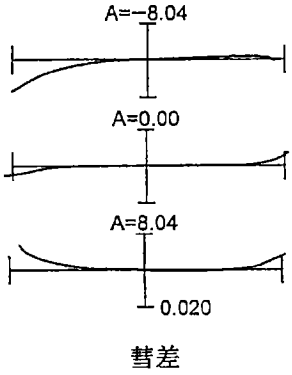

A=-8.04
A=0.00
A=8.04
0.020
彗差

图 7B

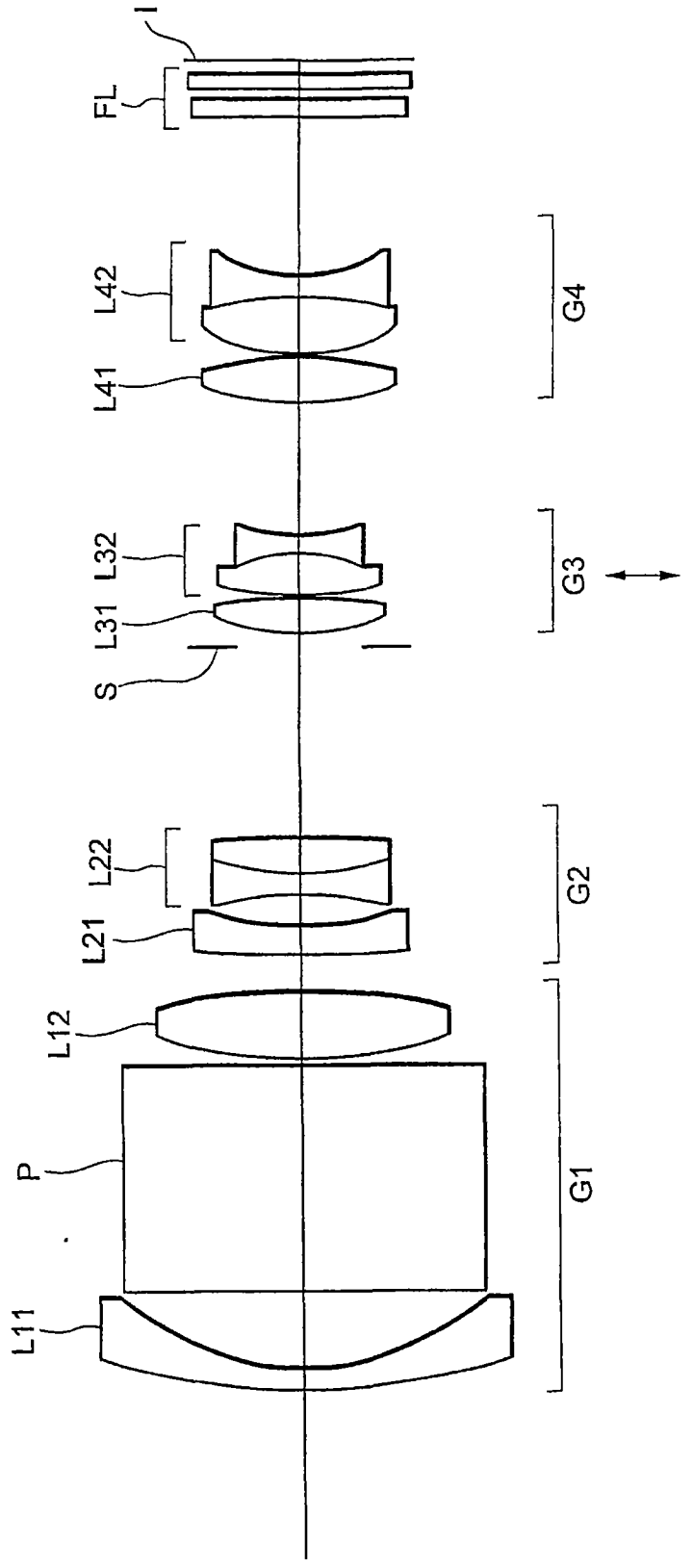


图8

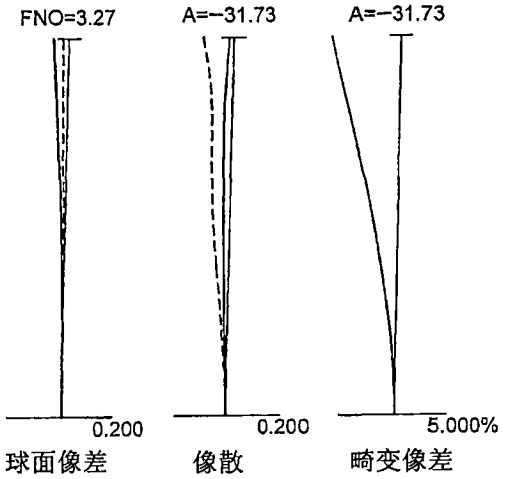

FNO=3.27
A=−31.73
A=−31.73
0.200
0.200
5.000%
球面像差
像散
畸变像差

图 9A

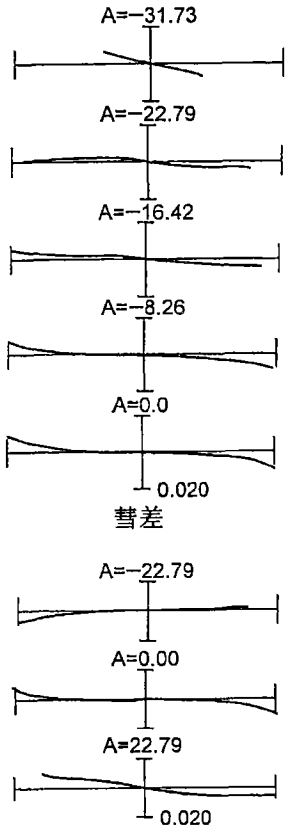

A=−31.73
A=−22.79
A=−16.42
A=−8.26
A=0.0
0.020
彗差
A=−22.79
A=0.00
A=22.79
0.020
彗差

图 9B

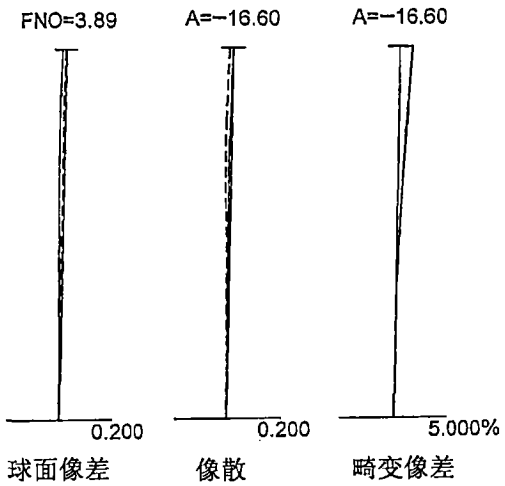
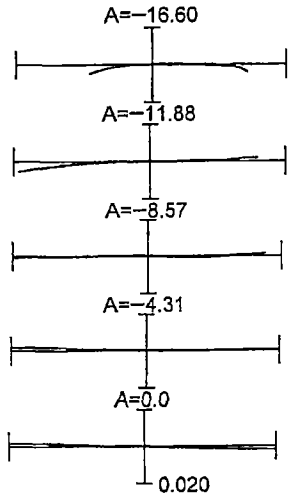

FNO=3.89
A=−16.60
A=−16.60
0.200
0.200
5.000%
球面像差
像散
畸变像差

图 10A



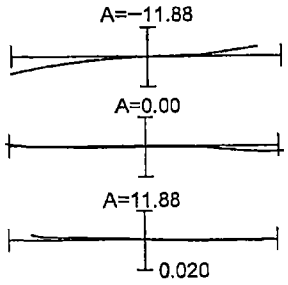


图 10B

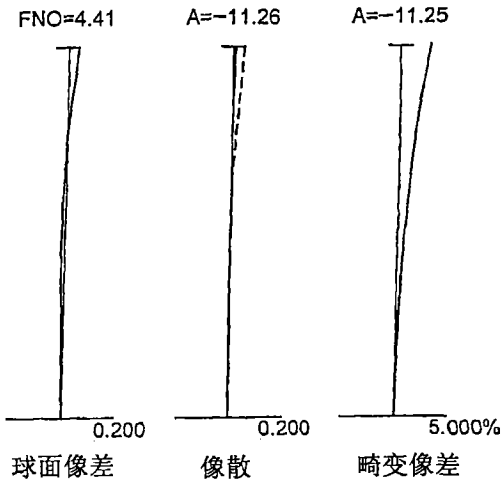
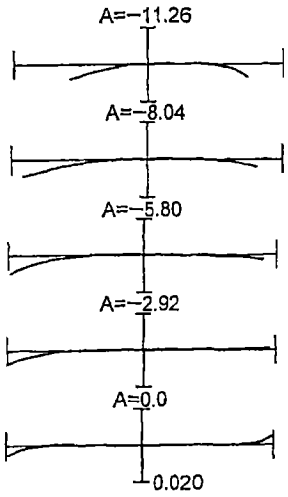


图 11A



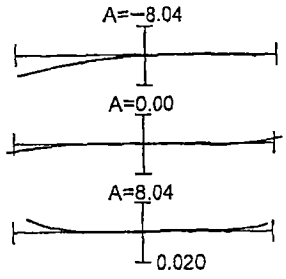


图 11B

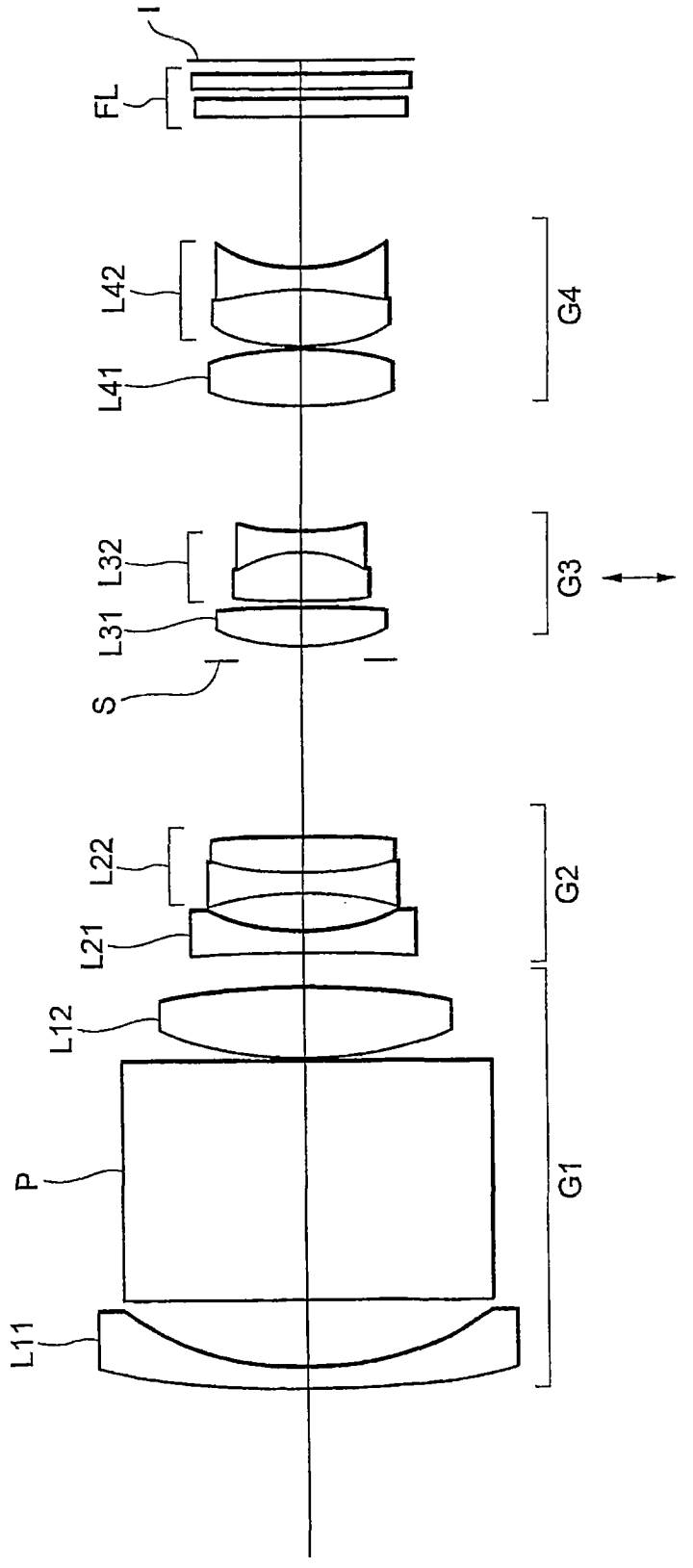


图12

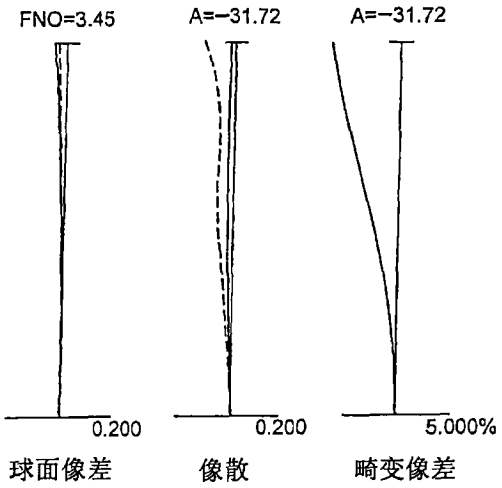


图 13A

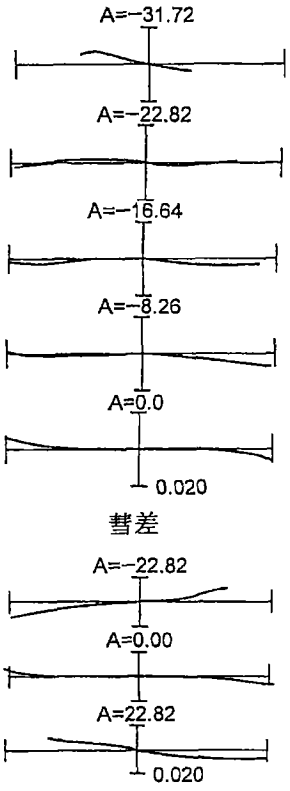


图 13B

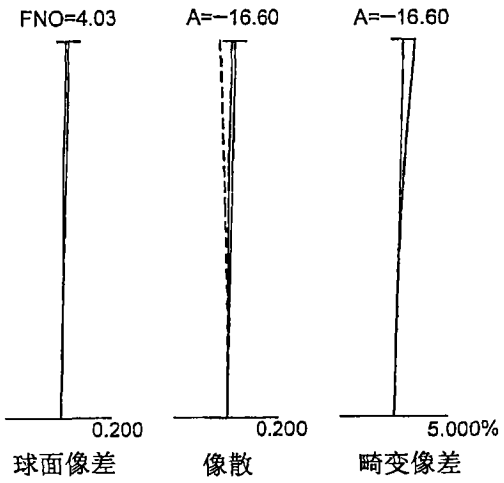


图 14A

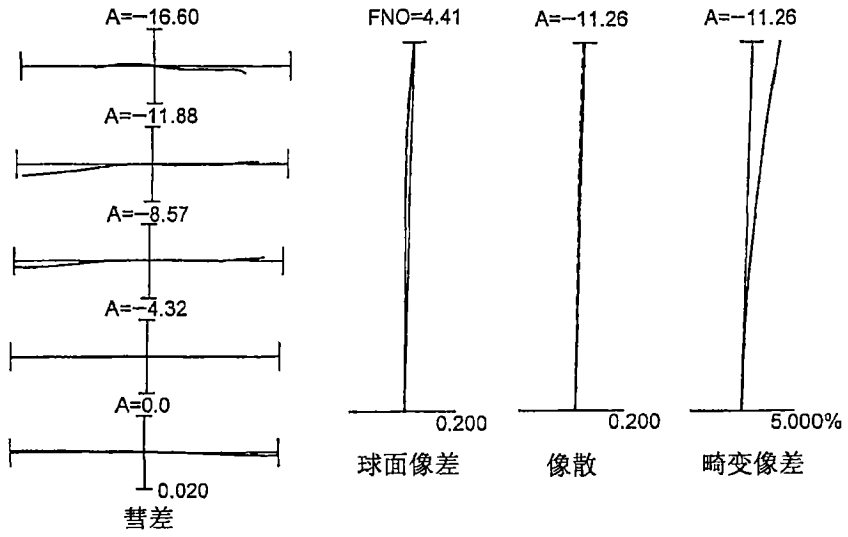


图 15A

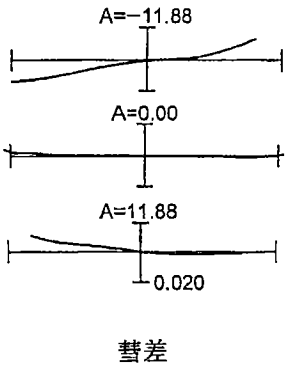


图 14B

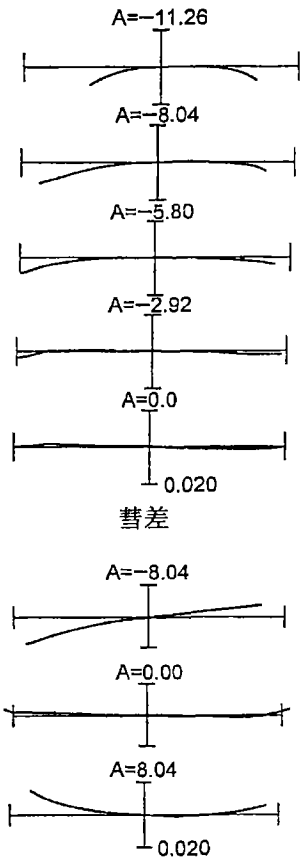


图 15B

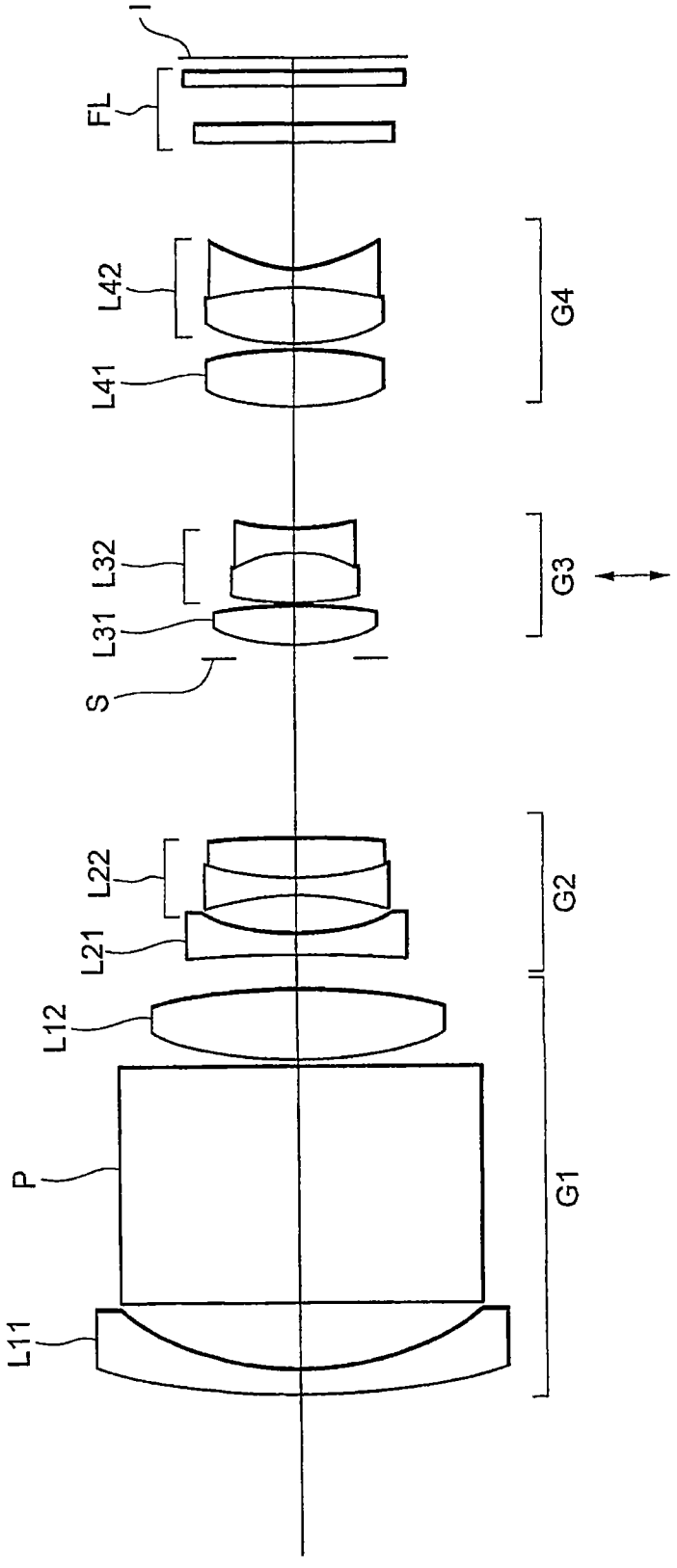


图16

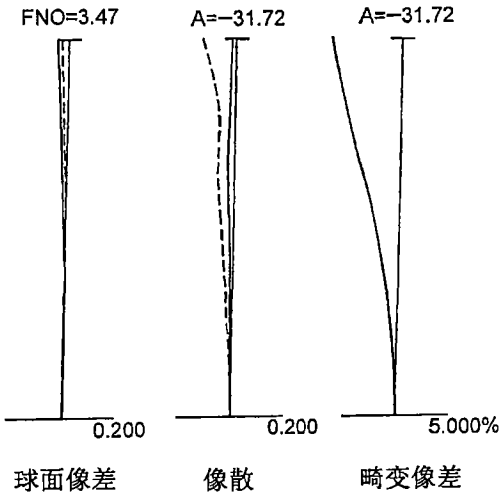


图 17A

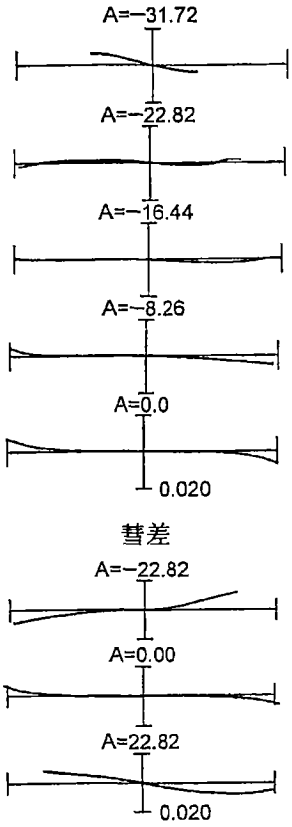


图 17B

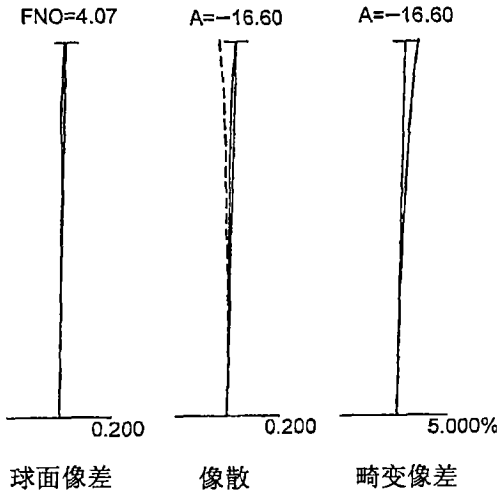


图 18A

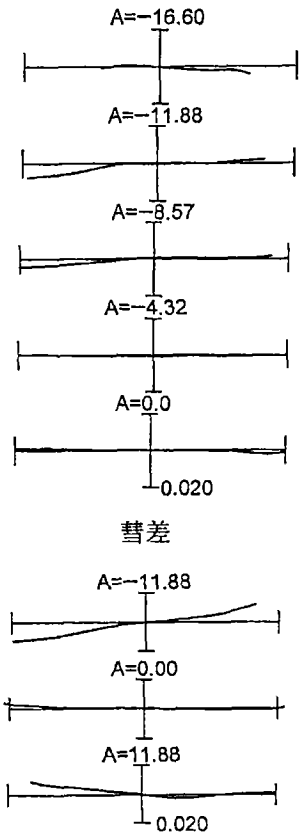


图 18B

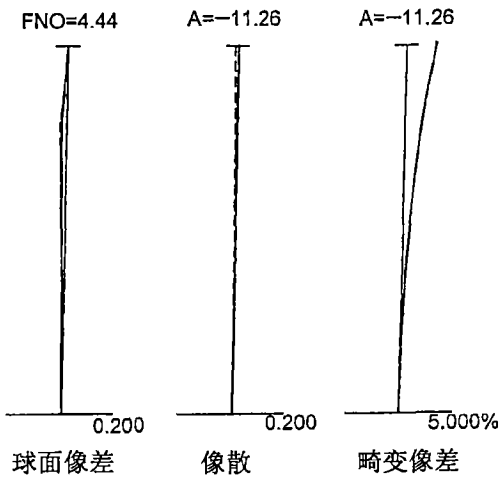


图 19A

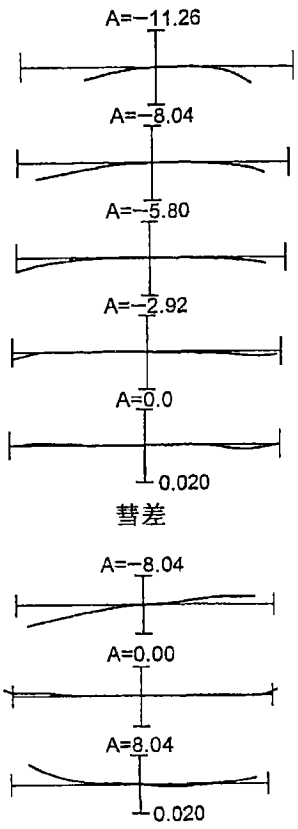


图 19B

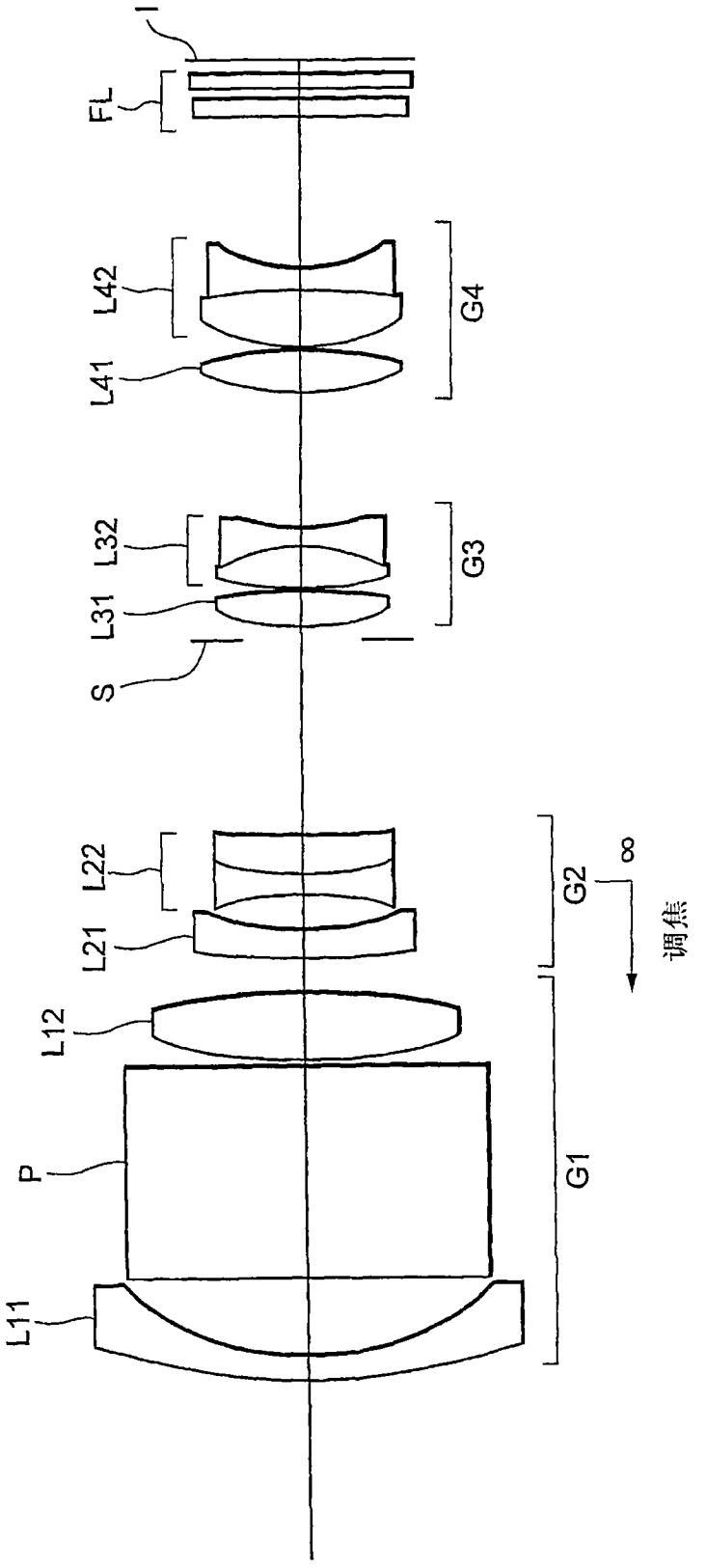


图20

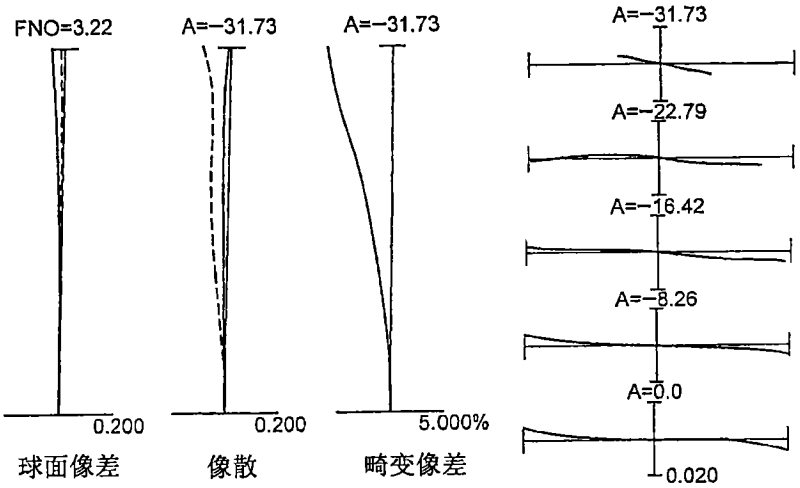


图21A

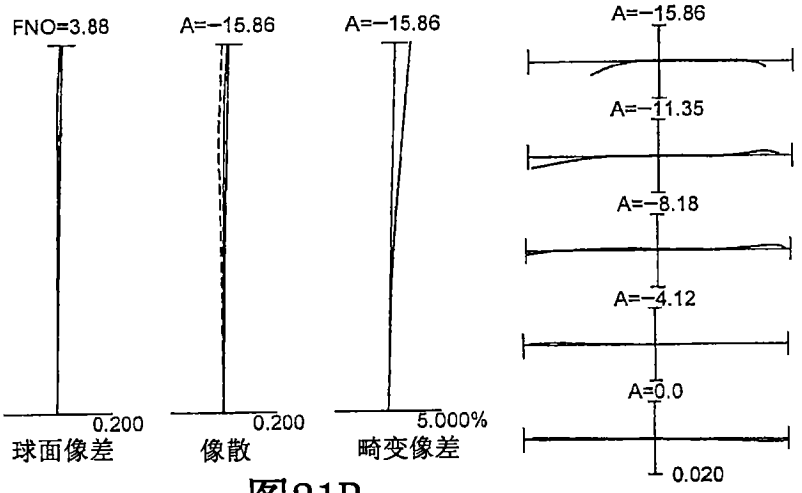


图21B

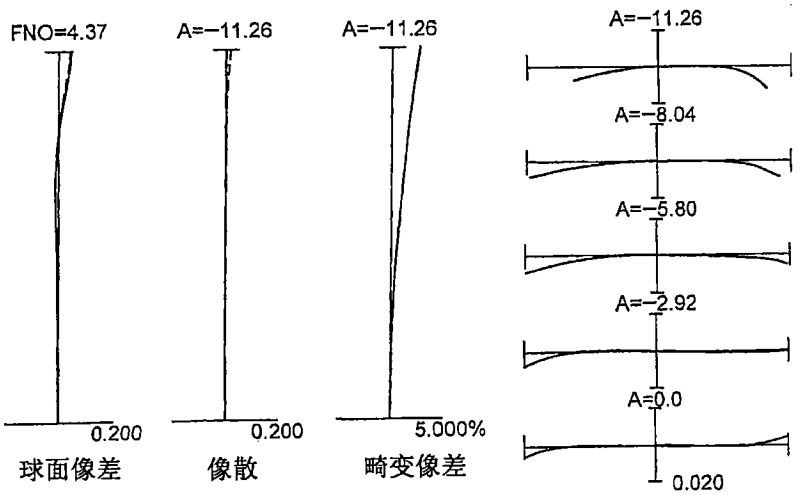


图21C

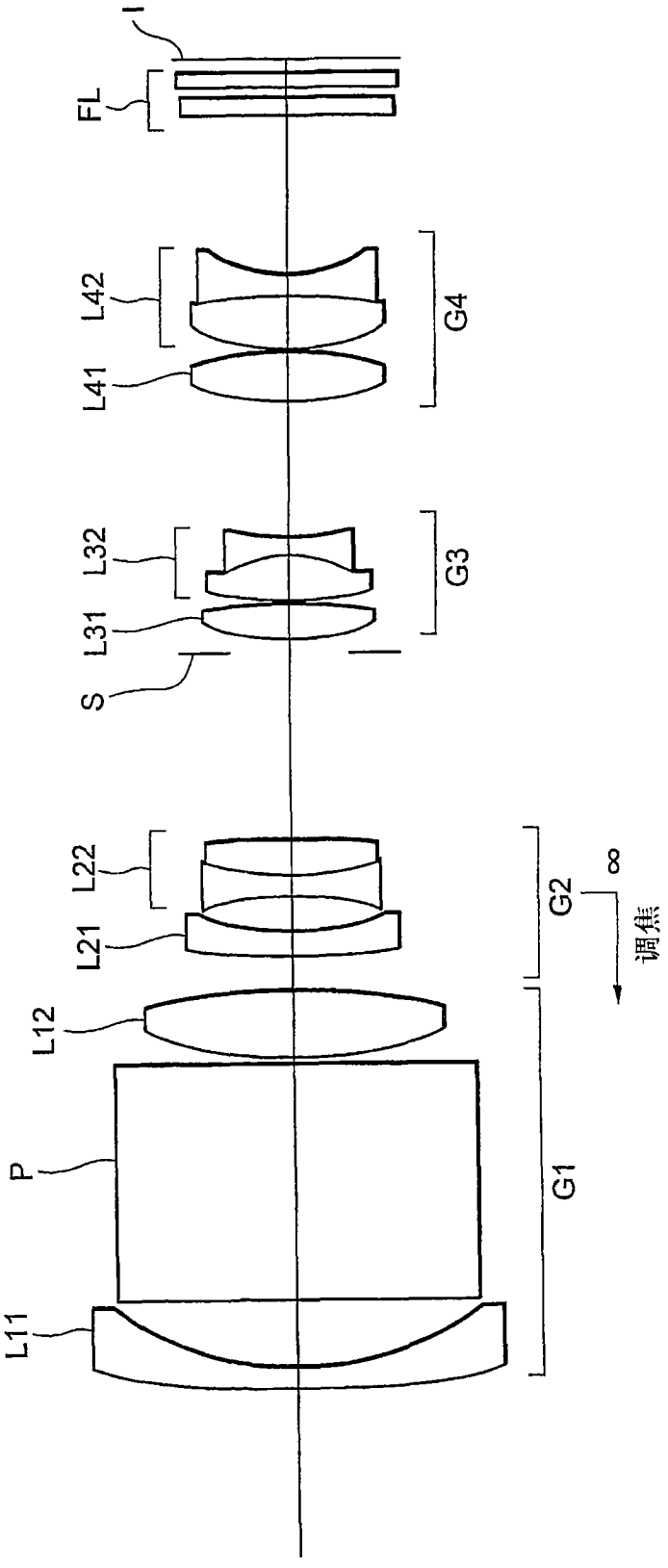


图22

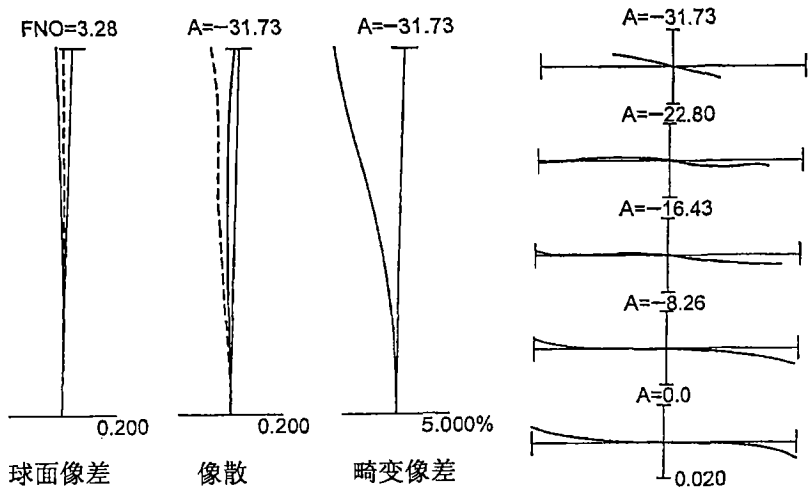


图23A

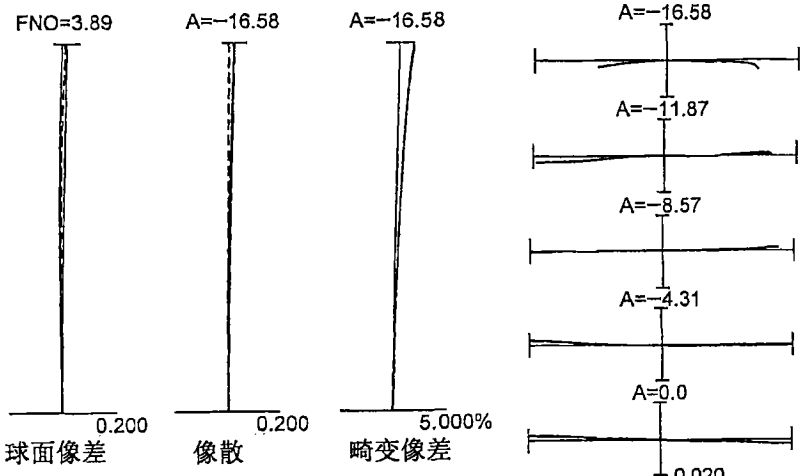


图23B

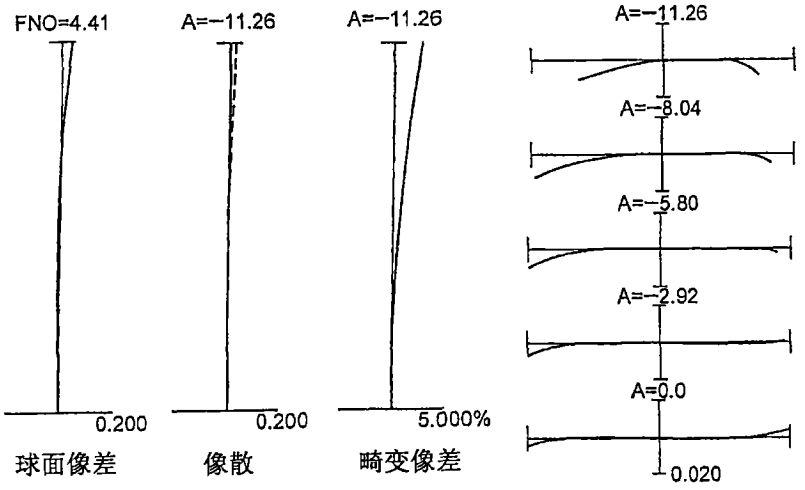


图23C

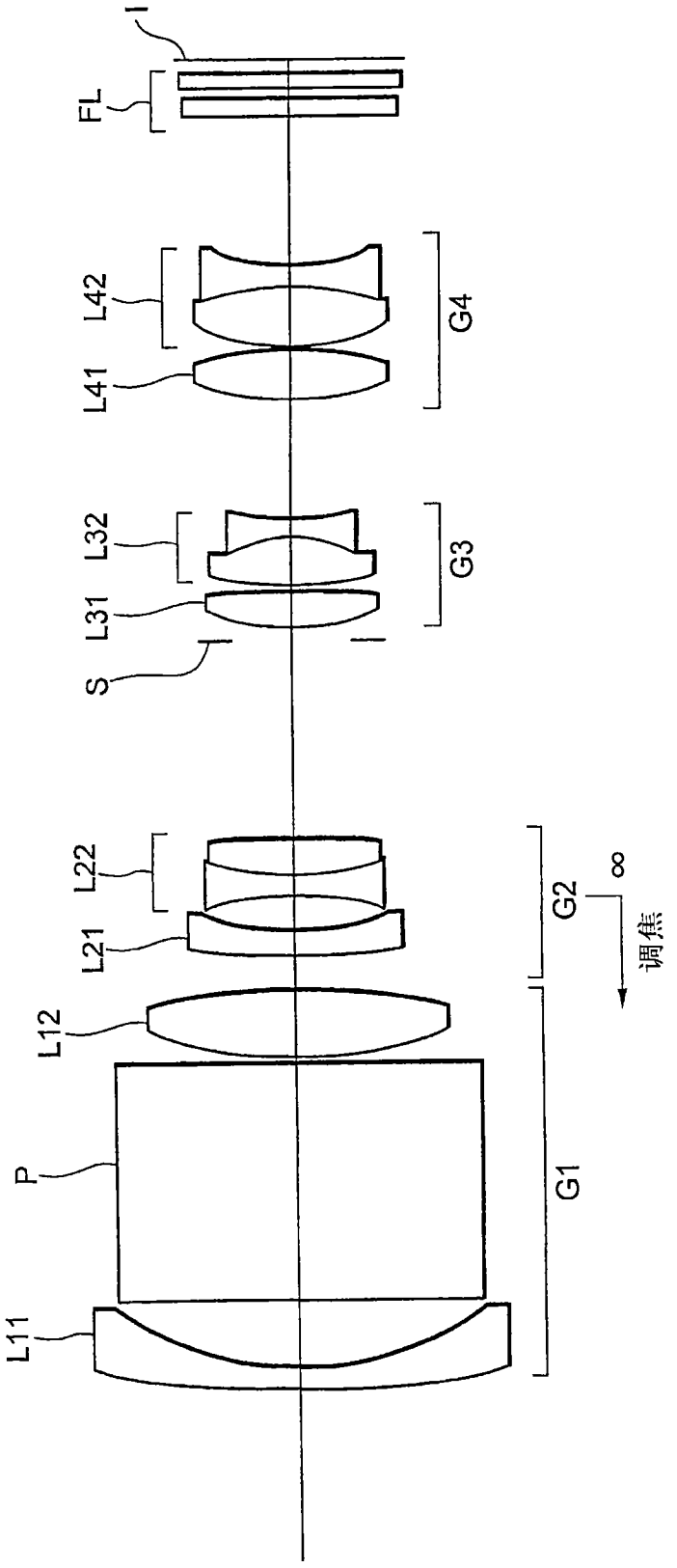


图24

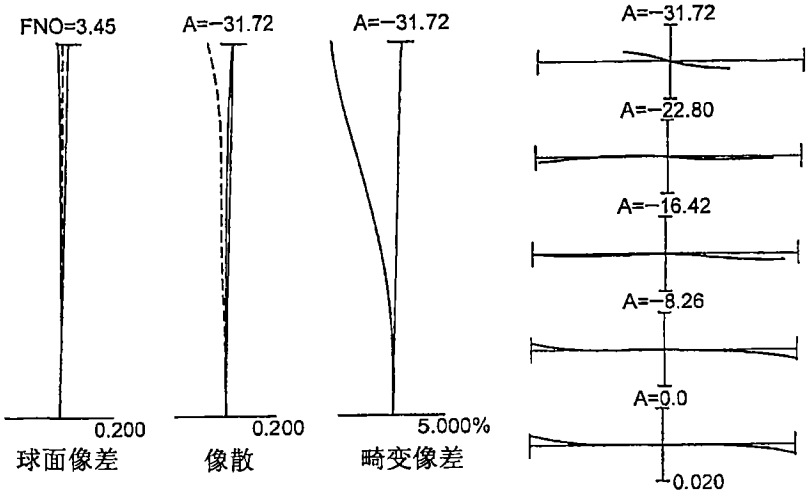


图25A

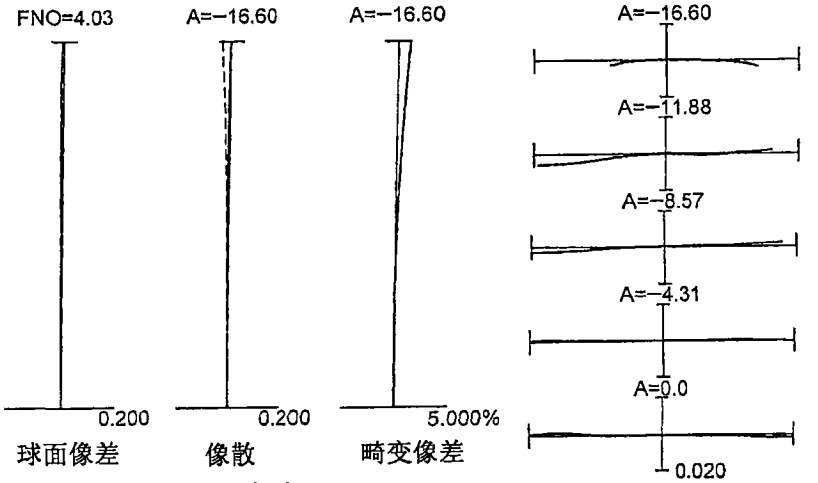


图25B

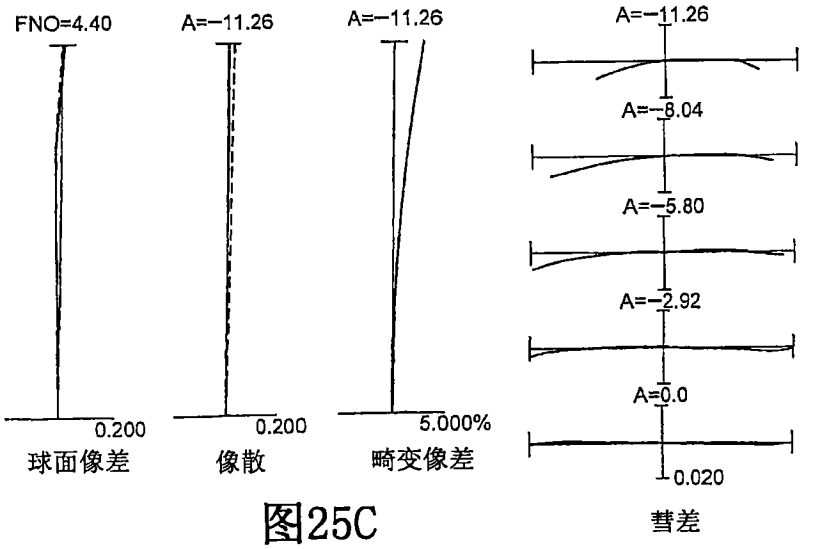


图25C

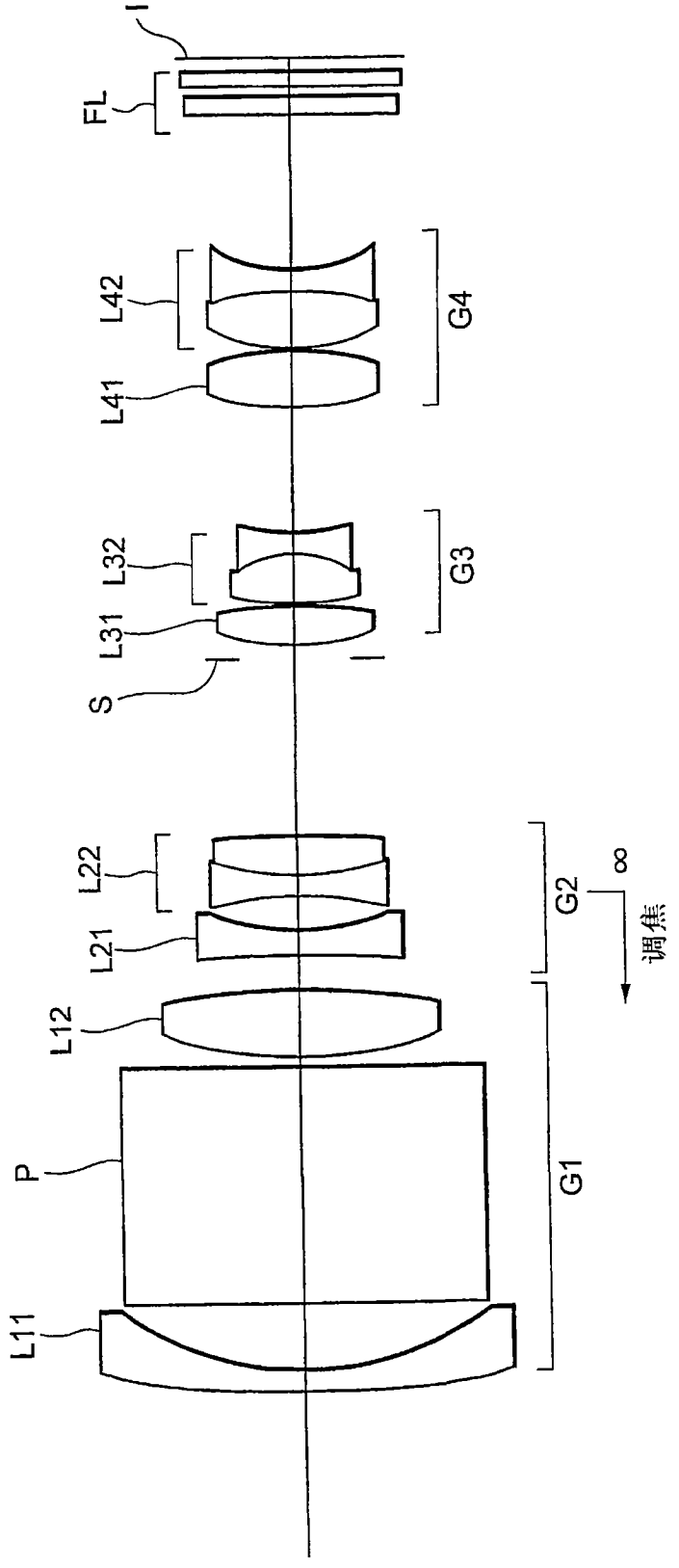


图26

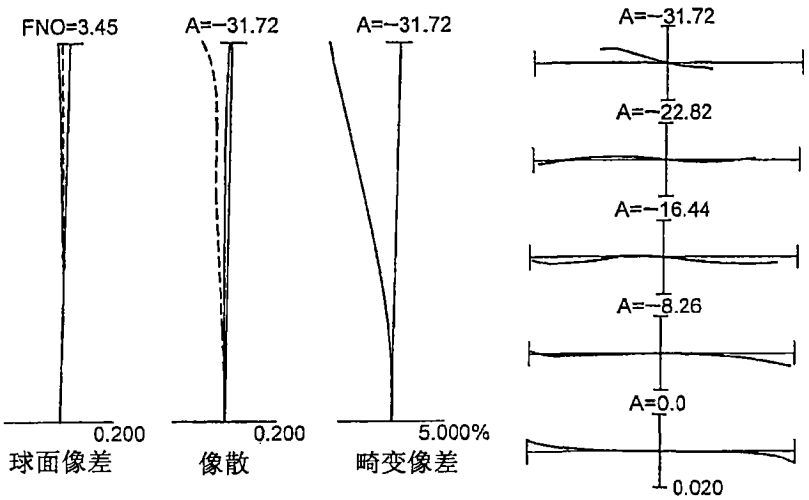


图27A

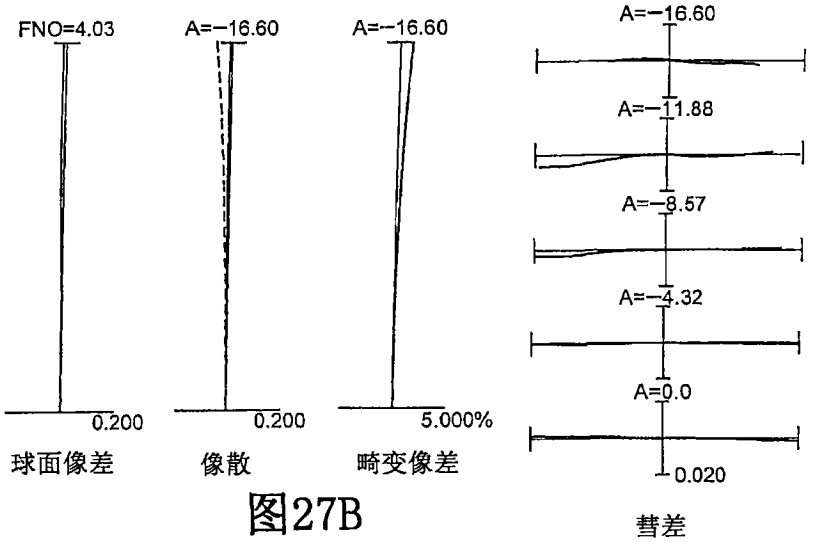


图27B

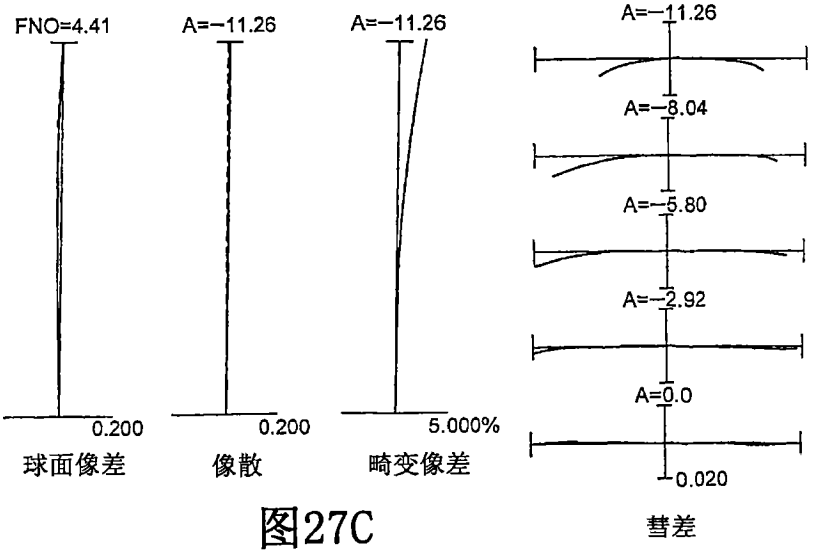


图27C

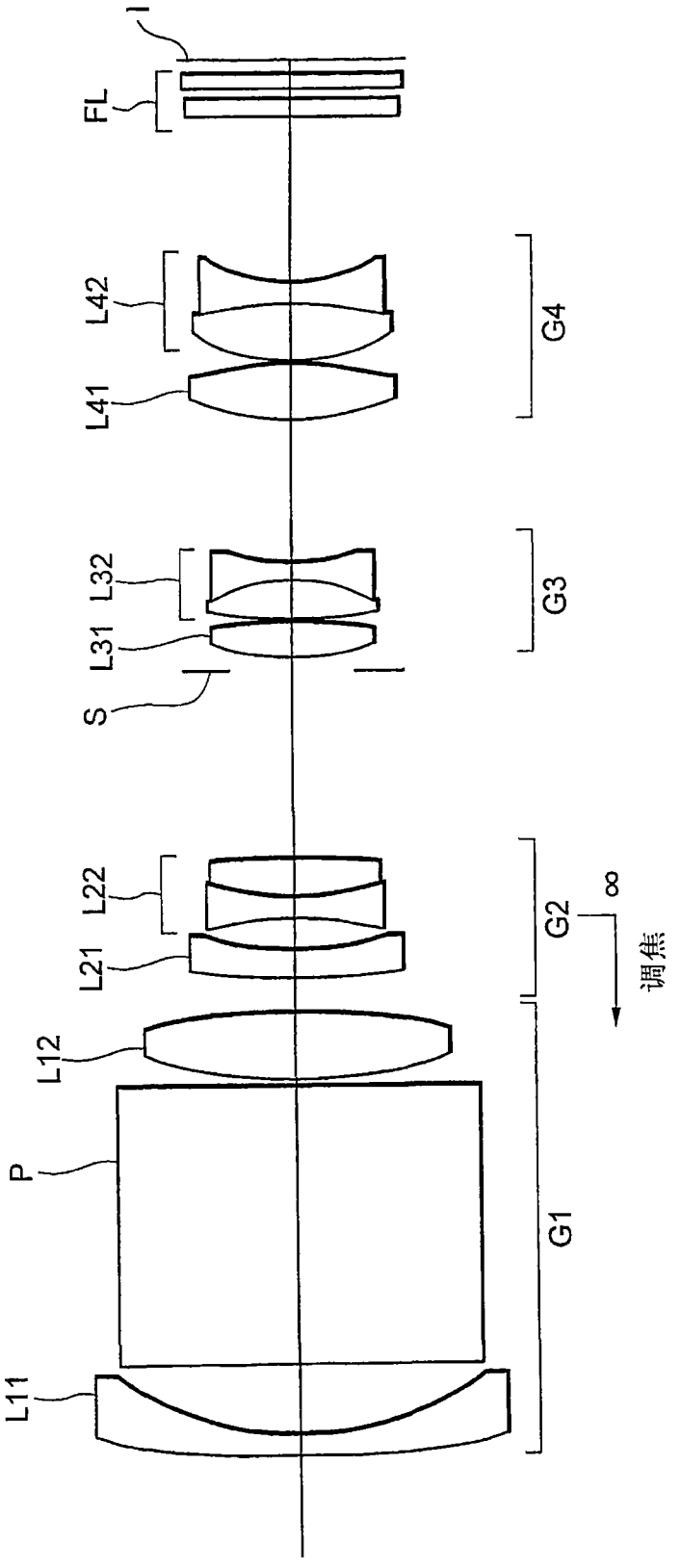


图28

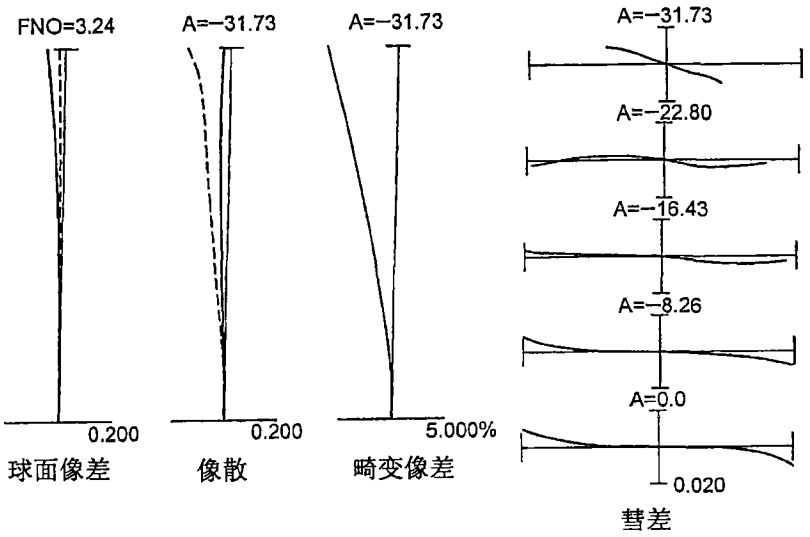

FNO=3.24
A=−31.73
A=−31.73
A=−31.73
A=−22.80
A=−16.43
A=−8.26
A=0.0
0.020
0.200
0.200
5.000%
球面像差
像散
畸变像差
彗差

图 29

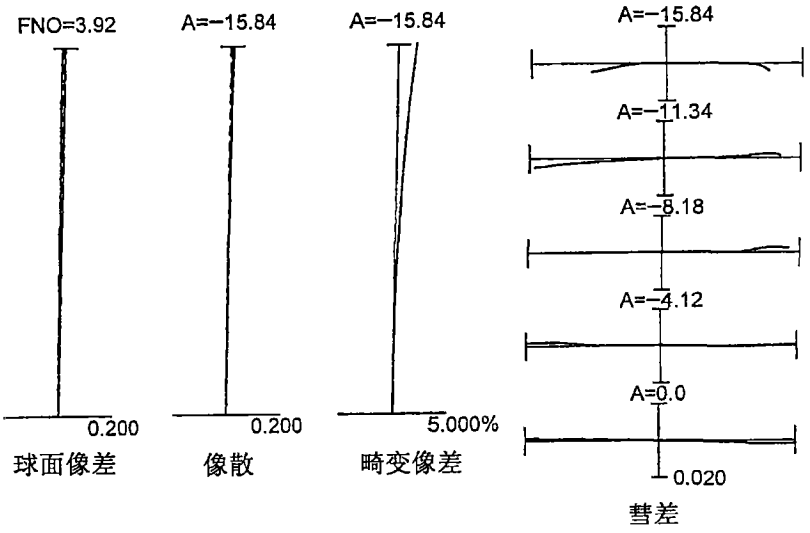

FNO=3.92
A=−15.84
A=−15.84
A=−15.84
A=−11.34
A=−8.18
A=−4.12
A=0.0
0.020
0.200
0.200
5.000%
球面像差
像散
畸变像差
彗差

图 30

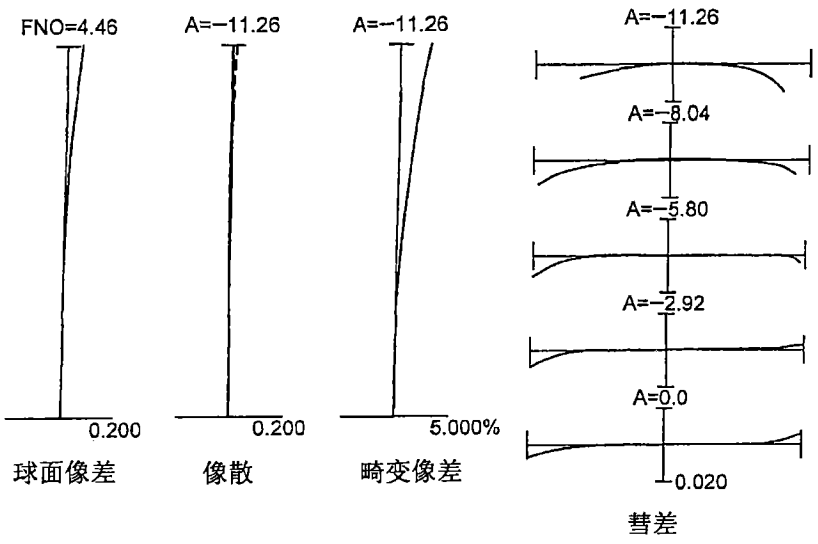

FNO=4.46
0.200
球面像差
A=−11.26
0.200
像散
A=−11.26
5.000%
畸变像差
A=−11.26
A=−8.04
A=−5.80
A=−2.92
A=0.0
0.020
彗差

图 31

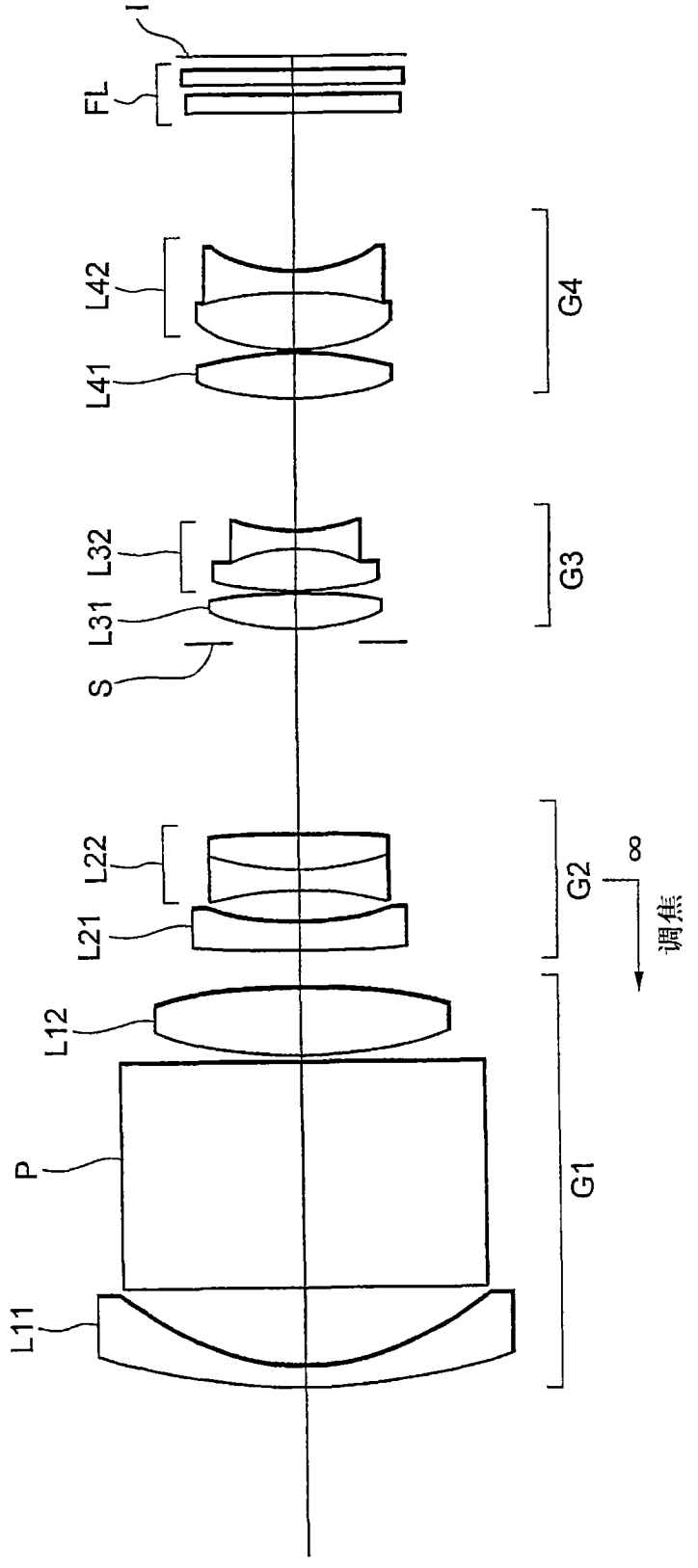


图32

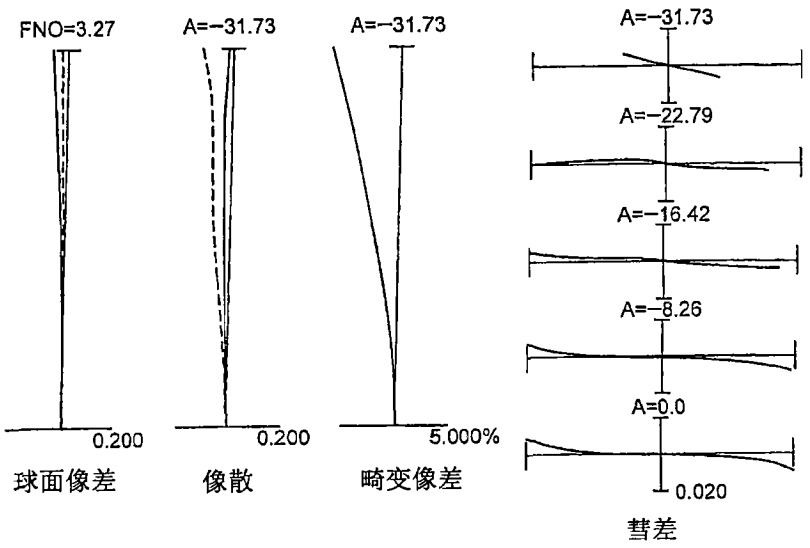

FNO=3.27
A=−31.73
A=−31.73
A=−31.73
A=−22.79
A=−16.42
A=−8.26
A=0.0
0.200
0.200
5.000%
0.020
球面像差
像散
畸变像差
彗差

图 33

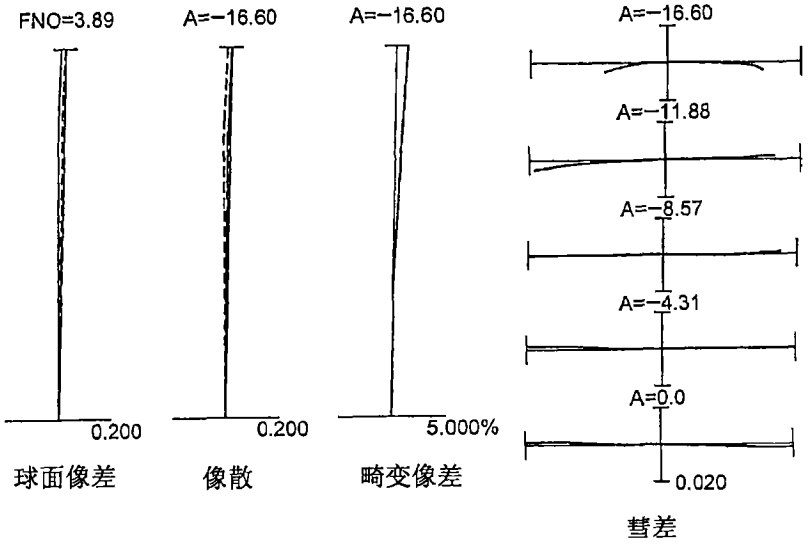

FNO=3.89
A=−16.60
A=−16.60
A=−16.60
A=−11.88
A=−8.57
A=−4.31
A=0.0
0.200
0.200
5.000%
0.020
球面像差
像散
畸变像差
彗差

图 34

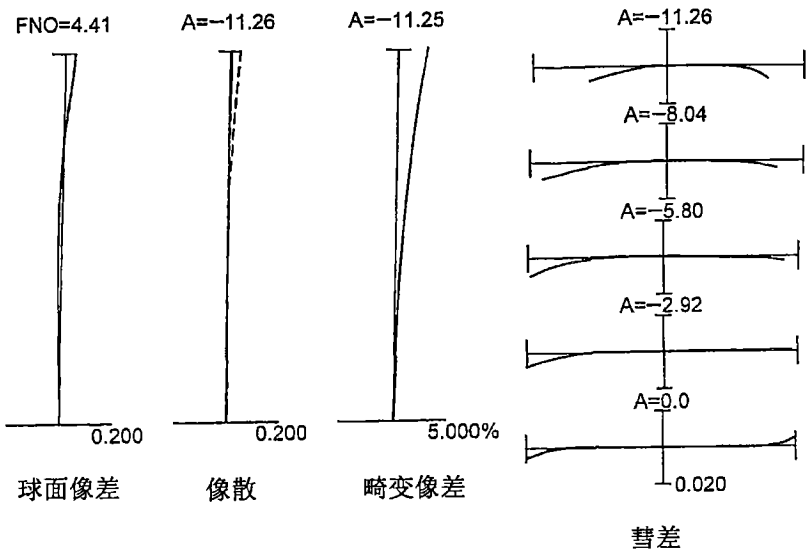

FNO=4.41
0.200
球面像差
A=−11.26
0.200
像散
A=−11.25
5.000%
畸变像差
A=−11.26
A=−8.04
A=−5.80
A=−2.92
A=0.0
0.020
彗差

图 35

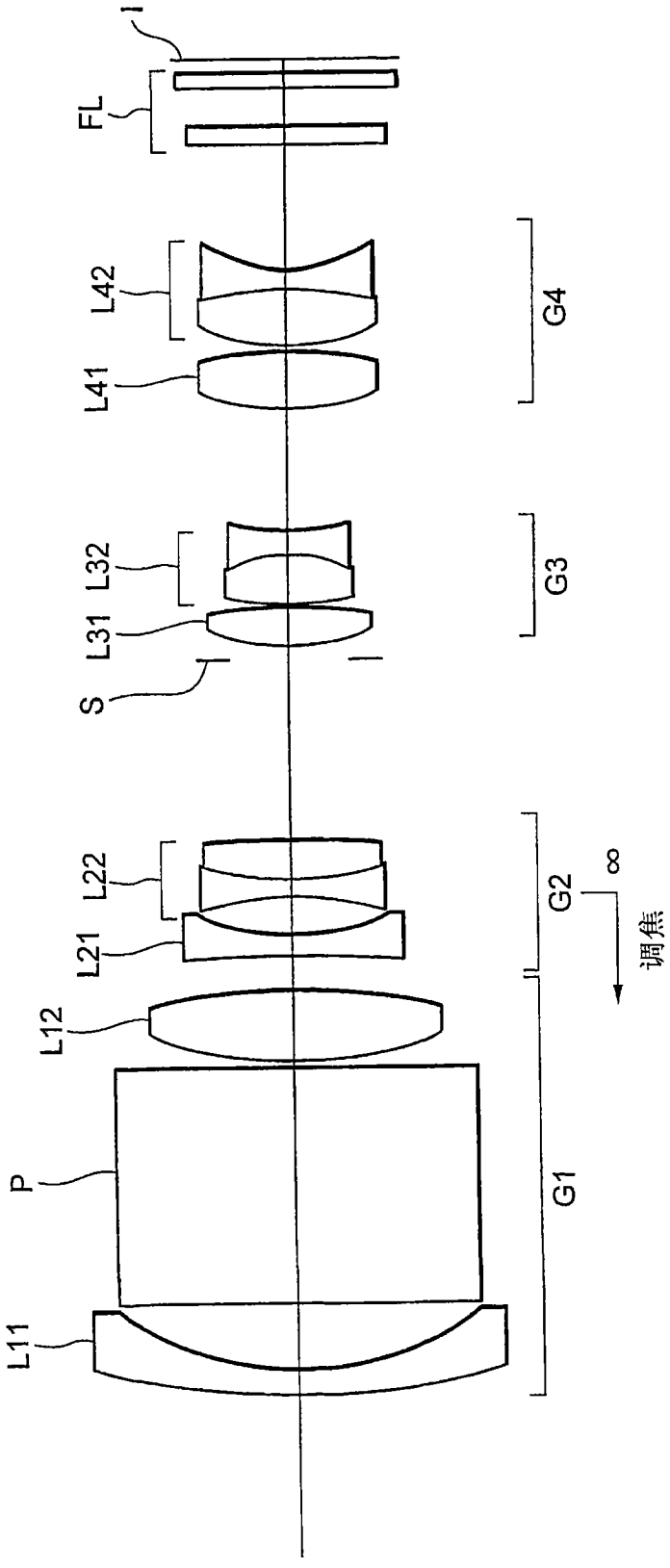


图36

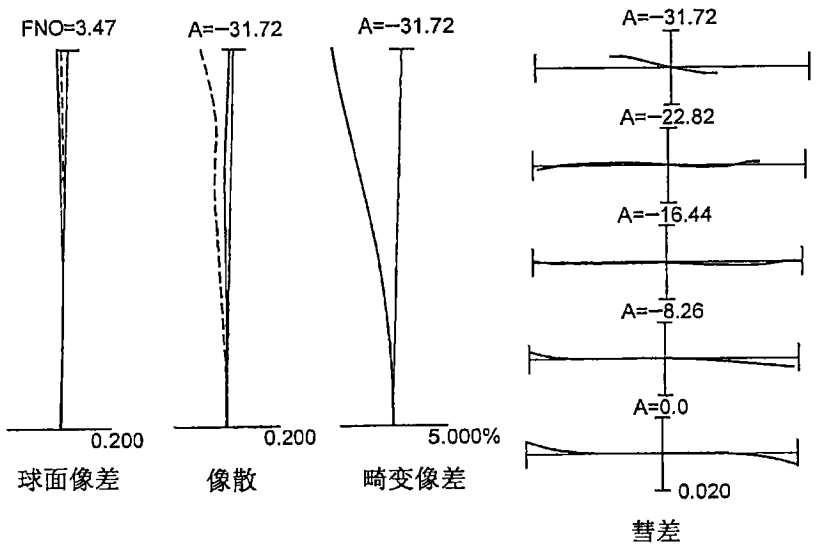

FNO=3.47
A=-31.72
A=-31.72
A=-31.72
A=-22.82
A=-16.44
A=-8.26
A=0.0
0.200
0.200
5.000%
0.020
球面像差
像散
畸变像差
彗差

图 37

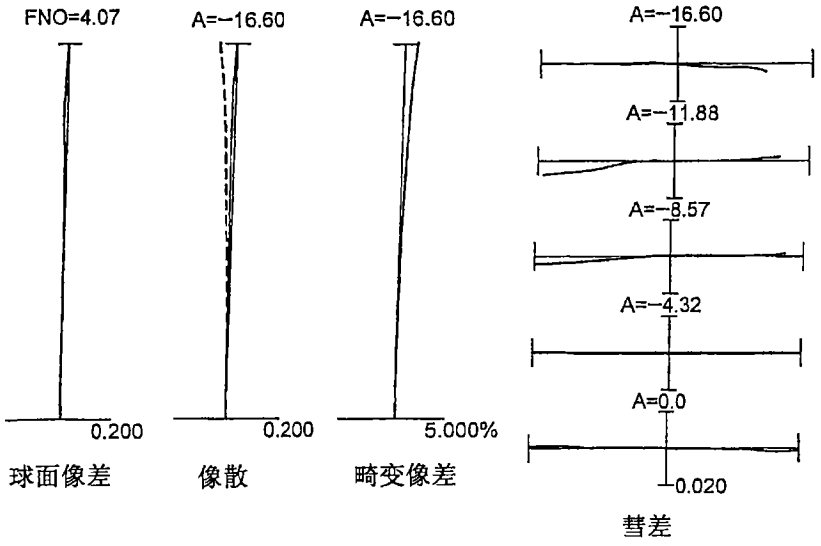

FNO=4.07
A=-16.60
A=-16.60
A=-16.60
A=-11.88
A=-8.57
A=-4.32
A=0.0
0.200
0.200
5.000%
0.020
球面像差
像散
畸变像差
彗差

图 38

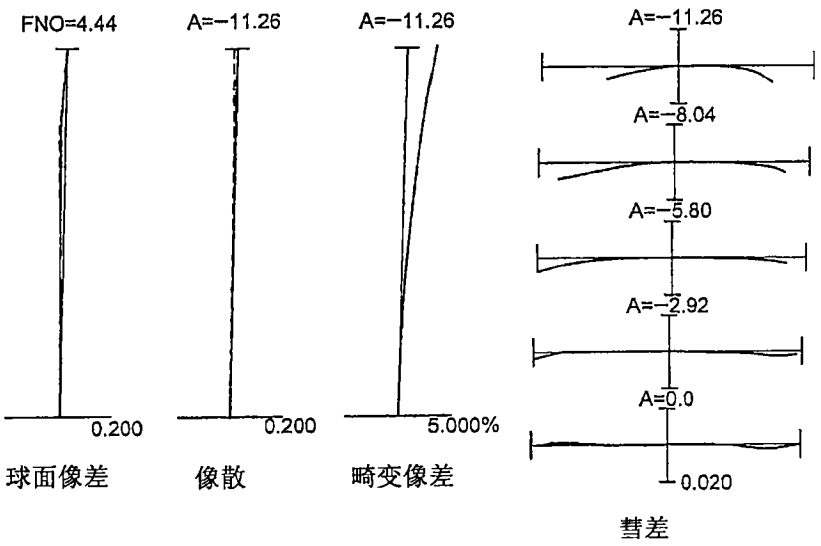

FNO=4.44
0.200
球面像差
A=−11.26
0.200
像散
A=−11.26
5.000%
畸变像差
A=−11.26
A=−8.04
A=−5.80
A=−2.92
A=0.0
0.020
彗差

图 39