

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510107047.9

[51] Int. Cl.

G02B 15/14 (2006.01)

G02B 9/34 (2006.01)

G02B 13/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 100510830C

[22] 申请日 2005.9.29

[21] 申请号 200510107047.9

[30] 优先权

[32] 2004.9.30 [33] JP [31] 2004-287420

[32] 2004.9.30 [33] JP [31] 2004-287421

[32] 2005.9.8 [33] JP [31] 2005-260879

[73] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 西尾彰宏 山崎真司

[56] 参考文献

US20040066561A1 2004.4.8

JP8-248318A 1996.9.27

JP2004-53993A 2004.2.19

US6104432A 2000.8.15

US6771432B2 2004.8.3

JP2002-277736A 2002.9.25

US5483380A 1996.1.9

US6515803B2 2003.2.4

JP2000-131610A 2000.5.12

US20040027685A1 2004.2.12

JP6-180423A 1994.6.28

审查员 张 瑜

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 康建忠

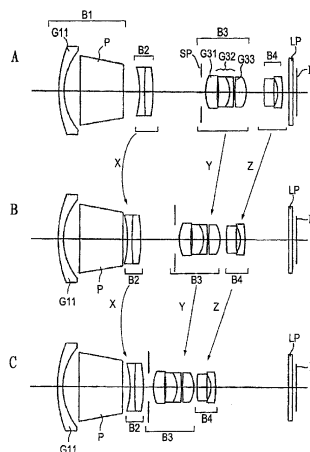
权利要求书 2 页 说明书 54 页 附图 55 页

[54] 发明名称

变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的图像拾
取装置

[57] 摘要

变焦透镜系统包括：第一透镜单元、设置在第一透镜单元的像侧的具有正光焦度的透镜单元和设置在具有正光焦度的透镜单元的像侧的具有负光焦度的透镜单元。在变焦透镜系统中，具有负光焦度的透镜单元最接近像侧。通过适当地设置变焦过程中的各透镜单元的移动和各透镜单元的光焦度，可以得到紧凑的变焦透镜系统。



1. 一种变焦透镜系统，包括：

包含使光路偏向的反射构件的第一透镜单元；

设置在所述第一透镜单元的像侧的具有正光焦度的透镜单元；

设置在所述具有正光焦度的透镜单元的像侧的具有负光焦度的透镜单元，所述具有负光焦度的透镜单元在所述变焦透镜系统中与所述像侧最接近，

其中，在从广角端到望远端的变焦过程中，所述第一透镜单元和所述具有正光焦度的透镜单元之间的距离以及所述具有正光焦度的透镜单元和所述具有负光焦度的透镜单元之间的距离发生变化，以及

当 F_e 是所述具有负光焦度的透镜单元的焦距、 F_w 是整个系统的在广角端的焦距时，满足以下表达式：

$$0.8 < |F_e/F_w| < 2.5.$$

2. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中，

当 β_{ew} 是所述具有负光焦度的透镜单元的所述广角端上的横向放大倍数、 β_{eT} 是所述具有负光焦度的透镜单元的所述望远端上的横向放大倍数时，满足以下表达式：

$$1.4 < \beta_{eT} / \beta_{ew} < 3.0.$$

3. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中，

在从广角端到望远端的变焦过程中，所述具有正光焦度的透镜单元和所述具有负光焦度的透镜单元均向物侧移动。

4. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中，

所述第一透镜单元包含负透镜和正透镜。

5. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中，

所述第一透镜单元包含在像侧具有凸表面的正弯月透镜，所述正弯月透镜在所述第一透镜单元中最接近像侧。

6. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中，

所述具有负光焦度的透镜单元只包含在像侧具有凸表面的负弯

月透镜。

7. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中，所述变焦透镜系统在固态图像拾取器件上形成图像。

8. 一种图像拾取装置，包括：

根据权利要求 1 的变焦透镜系统，和

接收由所述变焦透镜系统形成的图像的固态图像拾取器件。

变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的图像拾取装置

技术领域

本发明涉及变焦透镜系统，并且，尤其但不排它地涉及数字照相机的变焦透镜系统。

背景技术

最近，要求用于数字照相机和摄像机的成像透镜具有较小的透镜系统并提供较高的光学性能。另外，要求数字照相机具有更薄的厚度以向使用者提供更好的可携带性。

要减少照相机的厚度，透镜镜筒一般具有提供较高的收纳空间效率的可回缩结构。典型的可回缩结构具有用于使其在回缩状态尽可能薄的光学和机械系统。

可回缩透镜镜筒从回缩（收纳）状态转变为进行摄影的状态需要相对较长的时间。另外，需要复杂的机构，以便以较高的空间效率收纳透镜镜筒。

日本专利公开 No. 2004-37967 和 No. 2004-69808 公开了包含使光轴偏斜约 90° 以减少沿向物体的方向（沿照相机的深度）的光学厚度的光学系统。这样，在不使用可回缩结构的情况下可以减少照相机的厚度。

另一方面，在相对于开口的相对较深的位置（在孔内）上，设置典型的固态图像拾取器件的光电转换器。因此，如果入射光的方向与垂直方向大大不同，光会被开口阻挡，这会导致敏感度的降低。因此，使用常规的固态图像拾取器件的典型的摄影光学系统被设计为具有远心特性，使得即使在画面的周边区域中，向图像拾取器件入射的光线角度也接近垂直。

相比而言，日本专利公开 No. 11-68074（与美国专利 No. 6259083 对应）和日本专利公开 No. 2003-224249 讨论了具有的孔结构的固态图

像拾取器件，其中，即使当入射光的方向发生倾斜或变化，也可以在光电转换面上高效率地接收光线。

在小型数字照相机的摄影系统中使用的典型变焦透镜是焦点后移的光学系统，它包括：与物体最近的位置上的负部件（具有负折光力的透镜单元）；在负部件的像侧的第一正部件（具有正折光力的透镜单元）；和与像面最接近的位置上的第二正部件（具有正折光力的透镜单元）。

在变焦过程中，移动第一正部件，以改变放大倍数，同时使用负部件为像面的移动进行补偿。另外，第二正部件具有用于使像面上的入射光接近远心的折射作用。

在焦点后移光学系统中，要以较小量的移动得到放大倍数的一定的变化，系统可以使用如第一正部件那样具有较高的折光力的元件。

但是，要得到远心光学系统，第二正部件必须具有正的折光力且与第一正部件分开设置。当第一正部件和第二正部件的总的折光力被设置为一定的折光力时，由于第二部件必须具有整体为正的折光力的部分，因此可以降低第一部件的折光力。当可以减少第一正部件的折光力时，第一正部件在变焦过程中可以移动较长的距离，这增加了透镜系统的总长。

如上所述，在包含负、正和正部件的变焦透镜中，不能同时实现远心性和小型化。当使用上述日本专利公开 No. 11-68074 和 No. 2003-224249 讨论的固态图像拾取器件时，不要求光学系统具有较高的远心特性。因此，存在包含负、正和正部件的结构不是最佳变焦透镜结构的可能性。

发明内容

至少一个实例性实施例针对的是适合与不需要具有较高的远心特性的固态图像拾取器件一起使用的变焦透镜系统，其中，可以通过使用适当的透镜结构和透镜单元配置，减小整个透镜系统的尺寸。

根据至少一个示例性实施例的变焦透镜系统包括：第一透镜单元、在第一透镜单元的像侧的正光焦度的透镜单元、在具有正光焦度

的透镜单元的像侧的具有负光焦度的透镜单元。具有负光焦度的透镜单元最接近变焦透镜系统中的像面。

通过设置变焦过程中的各透镜单元的移动和各透镜单元的光焦度，可以减小根据至少一个示例性实施例的变焦透镜的尺寸。

通过参照附图说明以下示例性实施例，本发明的其它特征和优点将变得更加明显。

附图说明

图 1A~1C 表示第一示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。

图 2 表示第一示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。

图 3A~3C 表示第一示例性实施例的变焦透镜的像差图。

图 4A~4C 表示第二示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。

图 5 表示第二示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。

图 6A~6C 表示第二示例性实施例的变焦透镜的像差图。

图 7A~7C 表示第三示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。

图 8 表示第三示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。

图 9A~9C 表示第三示例性实施例的变焦透镜的像差图。

图 10A~10C 表示第四示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。

图 11 表示第四示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。

图 12A~12C 表示第四示例性实施例的变焦透镜的像差图。

图 13A~13C 表示第五示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。

图 14 表示第五示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。

图 15A~15C 表示第五示例性实施例的变焦透镜的像差图。

图 16A~16C 表示第六示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。

图 17 表示第六示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。

图 18A~18C 表示第六示例性实施例的变焦透镜的像差图。

图 19A~19C 表示第七示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。

图 20 表示第七示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。

图 21A~21C 表示第七示例性实施例的变焦透镜的像差图。

图 22A~22C 表示第八示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。

- 图 23 表示第八示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。
- 图 24A~24C 表示第八示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 25A~25C 表示第九示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。
- 图 26 表示第九示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。
- 图 27A~27C 表示第九示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 28A~28C 表示第十示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。
- 图 29 表示第十示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。
- 图 30A~30C 表示第十示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 31A~31C 表示第十一示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。
- 图 32 表示第十一示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。
- 图 33A~33C 表示第十一示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 34A~34C 表示第十二示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。
- 图 35 表示第十二示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。
- 图 36A~36C 表示第十二示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 37A~37C 表示第十三示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。
- 图 38A~38C 表示第十三示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 39A~39C 表示第十四示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。
- 图 40A~40C 表示第十四示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 41A~41C 表示第十五示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。
- 图 42A~42C 表示第十五示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 43A~43C 表示第十六示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。
- 图 44A~44C 表示第十六示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 45A~45C 表示第十七示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。
- 图 46A~46C 表示第十七示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 47A~47C 表示第十八示例性实施例的变焦透镜的光学截面图。
- 图 48A~48C 表示第十八示例性实施例的变焦透镜的像差图。
- 图 49 表示摄像装置的主要部分的示意图。

具体实施方式

示例性实施例的以下说明在本质上仅是说明性的，目的不在于限

定本发明、其应用或用途。

在操作上可将各示例性实施例连接到形成成像系统的各种成像装置（例如，电子照相机、摄像放像机、数字静物照相机、胶片摄影机、广播照相机（broadcast camera）、本领域技术人员公知的其它成像装置和等同物）。

对于本领域技术人员公知的工艺、技术、装置和材料不进行详述，但适当时候其应作为功能性说明(enabling description)的一部分。例如，在讨论透镜和透镜单元时，可形成透镜的任何材料（例如，玻璃、Si）都落入示例性实施例的范围内。另外，不能讨论透镜的实际尺寸，但是，从宏观透镜到纳米透镜的任何尺寸都应在示例性实施例的范围内（例如，具有纳米尺寸、微观尺寸、厘米尺寸和米尺寸的透镜）。

另外，示例性实施例不限于可见光成像装置（例如，光学照相系统），例如，可将系统设计为用于红外或其它波长成像系统。另外，示例性实施例可用于非数字系统以及数字系统（例如，使用 CCD 的照相系统）。

注意，在以下的附图中，相似的附图标记和字符表示相似的物品，因此仅在一个附图中对物品限定一次，在后面的附图中可能不对其进行讨论和进一步的限定。

以下，说明根据示例性实施例的变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的图像拾取装置。

首先，说明根据第一至第五实施例的变焦透镜。根据第一至第五实施例的变焦透镜的每一个包括：包含从物侧到像侧依次排列的具有负折光力的第一透镜单元（例如，B1、B1a、B1b、B1c、B1d）、具有正折光力或负折光力的第二透镜单元（例如，B2、B2a、B2b、B2c、B2d）、具有正折光力的第三透镜单元（例如，B3、B3a、B3b、B3c、B3d）和具有负折光力的第四透镜单元（例如，B4、B4a、B4b、B4c、B4d）的四个透镜单元。

图 1A~1C 分别表示根据第一示例性实施例的变焦透镜的在广角端（短焦距端）、中间变焦位置和望远端（长焦距端）的断面图。图

2 表示根据第一示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 3A~3C 分别表示根据第一示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 4A~4C 分别表示根据第二示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 5 表示根据第二示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 6A~6C 分别表示根据第二示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 7A~7C 分别表示根据第三示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 8 表示根据第三示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 9A~9C 分别表示根据第三示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 10A~10C 分别表示根据第四示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 11 表示根据第四示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 12A~12C 分别表示根据第四示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 13A~13C 分别表示根据第五示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 14 表示根据第五示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 15A~15C 分别表示根据第五示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

根据各示例性实施例的变焦透镜是可在图像拾取装置中使用的成像透镜系统。在各断面图中，物侧（前方）在左侧，像侧（后方）在右侧。

在各断面图中，B1、B1a、B1b、B1c 和 B1d 表示具有负折光力的第一透镜单元（光焦度是焦距的倒数）、B2、B2a、B2b、B2c 和 B2d 表示具有正折光力或负折光力的第二透镜单元、B3、B3a、B3b、B3c 和 B3d 表示具有正折光力的第三透镜单元、B4、B4a、B4b、B4c 和 B4d 表示具有负折光力的第四透镜单元。SP、Spa、SPb、Spc 和 SPd 分别表示位于第三透镜单元 B3、B3a、B3b、B3c 和 B3d 的物侧的孔径光阑（虹膜式光阑）。

在第一至第三和第五示例性实施例中，第二透镜单元（例如，B2、B2a、B2b、B2c、B2d）可以具有负折光力。在第四示例性实施例中，第二透镜单元（例如，B2c）可以具有正折光力。

P、Pa、Pb、Pc 和 Pd 分别表示在第一透镜单元 B1、B1a、B1b、B1c 和 B1d 中包含且具有用于使光路弯曲的反射表面的棱镜，OB 表示物体。

LP 表示与例如滤光器、面板（faceplate）、石英低通滤波器、红外截止滤波器(infrared-cut filter)对应的光学块（optical block），IP 表示像面。当使用各示例性实施例的变焦透镜作为摄像机或数字静物照相机的拍摄光学系统时，固态图像拾取器件（例如，光电转换器、电荷耦合装置（CCD）传感器、金属氧化物半导体（CMOS）传感器）的图像拾取面位于像面 IP 上。当使用各示例性实施例的变焦透镜作为胶片照相机的拍摄光学系统（例如，银盐膜）时，与膜表面对应的光敏表面位于像面 IP 上。

在像差图中，d 和 g 分别表示 d 线和 g 线。S. C 表示正弦条件， ΔM 和 ΔS 分别表示纵向像面和径向像面。畸变由 d 线表示，横向色差由 g 线表示。

在各示例性实施例中，广角端和望远端是与用于改变放大倍数的透镜单元处于可动范围的两端的状态对应的变焦位置。

在各示例性实施例中，在从广角端到望远端的变焦过程中，第三和第四透镜单元（例如，B3-B3d 和 B4-B4d）可以向物侧移动，使得第二和第三透镜单元（例如，B2-B2d 和 B3-B3d）之间的距离（间隔）以及第三和第四透镜单元（例如，B3-B3d 和 B4-B4d）之间的距离（间隔）同时减小。另外，第二透镜单元（例如，B2-B2d）可以沿轨迹凸面（例如，（X）、（X1）、（X2）、（X3）、（X4））向物侧或像侧移动。第一透镜单元（例如，B1-B1d）不必为了变焦沿光轴移动。

根据各示例性实施例的透镜结构，可以通过整个光学系统中的望远系统的光学效果，减少光学全长。结果，可以得到紧凑的变焦透镜。

另外，第一透镜单元（例如，B1、B1a、B1b、B1c、B1d）包含

具有负折光力的透镜元件（光学构件）（例如，G11、G11a、G11b、G11c、G11d）。因此，可将入射光瞳位置设在适当的位置，这使得可以平衡设置光学系统中的光瞳位置附近的透镜的外径。另外，可以适当地设置轴上和轴外光路，并可以减少像差，以提高图像质量。

通过改变第三和第四透镜单元（例如，B3-B3d 和 B4-B4d）之间的位置关系，可以得到光学系统的变焦功能。

第四透镜单元（例如，B4-B4d）可被配置为形成由第一、第二和第三透镜单元（B1-B1d~B3-B3d）的组合得到的物体的图像。然后，可以通过改变第四透镜单元（例如，B4-B4d）的相对于第三透镜单元（例如，B3-B3d）的位置，改变横向放大倍数，并由此改变放大倍数。可以通过同时移动第三和第四透镜单元（例如，B3-B3d 和 B4-B4d），为当改变放大倍数时导致的图像形成位置的移动进行补偿。

另外，也可以移动第二透镜单元（例如，B2-B2d），以减小在变焦过程中导致的图像场的曲率，使得即使在变焦比较高时也能得到高质量的图像。

第一透镜单元（例如，B1-B1d）包含使光轴（光路）上的光束改变设计的角度（例如，大约 90° ）的反射构件（例如，棱镜 P、Pa、Pb、Pc、Pd）。因此，可以减小沿向物体的方向（沿图像拾取装置的深度）的透镜厚度。

在各示例性实施例中，可以满足以下给出的条件表达式的一个或多个，以用较小的系统得到较高的图像质量。

当 F12w 是第一和第二透镜单元（例如，B1-B1d 和 B2-B2d）的广角端上的组合焦距、F3 和 F4 分别表示第三和第四透镜单元（例如，B3-B3d 和 B4-B4d）的焦距、Fw 是整个透镜系统的广角端上的组合焦距、 β_{4w} 是第四透镜单元（例如，B4-B4d）的成像放大倍数时，可以满足以下表达式中的一个或多个：

$$F2 < |F12w/Fw| < 6 \quad (1)$$

这里， $F12w < 0$

$$0.8 < F3/Fw < 1.6 \quad (2)$$

$$0.8 < |F4/Fw| < 1.5 \quad (3)$$

$$1 < \beta_{4w} < 1.7 \quad (4)$$

$$0.7 < |F3/F4| < 1.5 \quad (5)$$

条件表达式(1)表示在不过分减小后焦点(back focus)的情况下减小透镜直径并得到较高的图像质量的条件。

当条件表达式(1)的值在上限以上时,第一和第二透镜单元(例如,B1-B1d和B2-B2d)的总的负折光力太低(弱)。因此,由第一和第二透镜单元(例如,B1-B1d和B2-B2d)形成的物体的虚像位置向物侧偏移,并且,将在下面说明的由第三和第四透镜单元(例如,B3-B3d和B4-B4d)形成的物体图像的后焦点(back focus)可能变短。结果,可以增加第四透镜单元(例如,B4-B4d)的直径,以得到一定的周边光量。

当条件表达式(1)的值在下限以下时,第一和第二透镜单元(例如,B1-B1d和B2-B2d)在望远端的总的负折光力会太高。因此,可能出现难以用另一透镜单元校正的较大的正球面像差。

当第三透镜单元(例如,B3-B3d)的正折光力太低且条件表达式(2)的值在上限以上时,第四透镜单元(例如,B4-B4d)的负折光力会变小,以在广角端得到希望的张角(field angle)。结果,要将第二和第四透镜单元(例如,B2-B2d和B4-B4d)沿光轴移动较长的距离,以得到一定的放大倍数改变效果。因此,整个透镜系统的尺寸会增加。

当第三透镜单元(例如,B3-B3d)的正折光力太高且条件表达式(2)的值在下限以下时,后焦点太短,且用于放置滤光器和用于图像拾取器件的玻璃盖片的空间会变小。

条件表达式(3)表示广角端中的第四透镜单元B4的负折光力的条件。

当第四透镜单元B4的负折光力太低且条件表达式(3)的值在上限以上时,在变焦的过程中由第四透镜单元(例如B4-B4d)得到的放大倍数改变效果会减小。因此,各透镜单元要移动较长的距离,以得

到一定的变焦比。结果，整个透镜系统的长度会增加。

当条件表达式(3)的值在下限以下时，整个光学系统中的望远系统的效果会增加，并且，后焦点过度减小。另外，要增加第四透镜单元(例如，B4-B4d)的直径，以得到一定的周边光量。另外，大量的像面畸变和像散会出现。

当条件表达式(4)的值在上限以上时，后焦点会被过度减小。当条件表达式(4)的值在下限以下时，整个透镜系统的长度会增加。

当条件表达式(5)的值在数值范围以外时，在不增加光学系统的尺寸的情况下难以得到高质量的图像。

具体而言，当第四透镜单元(例如，B4-B4d)的折光力相对于第三透镜单元(例如，B3-B3d)为高且条件表达式(5)的值在上限以上时，由于可以增加望远系统的效果，因此，可以有效缩短光学系统的总长。但是，在第四透镜单元会出现难以校正的较大的高次轴外像差和横向色差。

相反，当条件表达式(5)的值在下限以下时，光学系统的总长会增加。另外，在第三透镜单元(例如，B3-B3d)会出现较大的球面像差。

也可以将条件表达式(1)~(5)的数值范围设置如下：

$$2.5 < |F_{12w}/F_w| < 5 \quad (1a)$$

$$1.0 < |F_3/F_w| < 1.4 \quad (2a)$$

$$0.9 < |F_4/F_w| < 1.4 \quad (3a)$$

$$1.1 < \beta_{4w} < 1.5 \quad (4a)$$

$$0.9 < |F_3/F_4| < 1.4 \quad (5a)$$

要得到包含数量较少的透镜的小尺寸、高性能光学系统，在第三和第四透镜单元(例如，B3-B3d 和 B4-B4d)的每一个中设置一个或更多个非球形表面是有效的。

当第三透镜单元(例如，B3-B3d)可以具有非球形表面时，它可被配置为主要减少球面像差。另外，当第四透镜单元(例如，B4-B4d)可以具有非球形表面时，可以以良好的平衡减少轴外像差。

要在不增加第一透镜单元（例如，B1、B1a、B1b、B1c、B1d）的外径（有效直径）的情况下保证整个变焦区的图像质量，在第二和第三透镜单元（例如，B2、B2a、B2b、B2c、B2d 和 B3、B3a、B3b、B3c、B3d）之间的间距（间隔）中设置孔径光阑（例如，SP、Spa、SPb、SPc、SPd）是有效的。

另外，要提高图像质量并降低成本，可以使用下述结构。

在各示例性实施例中，可以使用复合型非球面透镜（所谓复型（replica）非球面透镜作为具有非球形表面的透镜（非球面透镜），以增加考虑生产率时可以使用的透镜的种类的数量。

另外，为了易于制造，非球面透镜可以由塑料材料或相关技术领域人员公知的任何其它容易制造的光学材料和等同物制成。

可以通过在变焦过程中沿透镜单元的各光轴移动孔径光阑（例如，SP-SPd），设置入射光瞳位置。作为替代方案，也可以在变焦过程中将孔径光阑（例如，SP-SPd）固定到光轴上，以使机械结构简化。

透镜系统还可以包括衍射光学元件或梯度指数透镜（gradient index lens），以提高光学性能。

在拍摄过程中，要校正使图像质量劣化的图像抖动（例如，由手抖动产生的图像抖动），可以通过使透镜单元或在透镜单元中包含的元件偏心，旋转反射构件、或移动反射构件，改变偏向角度或偏向方向。

可以通过沿光轴向物侧移动第四透镜单元（例如，B4-B4d），进行从无限远物体向有限距离物体的调焦。作为替代方案，也可以通过沿光轴向物侧移动第三透镜单元（例如，B3-B3d）或基本上同时移动第三和第四透镜单元（例如，B3-B3d 和 B4-B4d），进行调焦。

以下，说明第一至第五示例性实施例的各透镜单元的结构。

第一透镜单元（例如，B1、B1a、B1b、B1c、B1d）可以包含从物侧到像侧依次排列的具有负折光力的第一透镜（例如，G11、G11a、G11b、G11c、G11d）和棱镜或反射镜等的偏向构件 P。在像侧的第一透镜 G11 的曲率的绝对值可以比在物侧的大。当偏向构件是棱镜时，

可以组合负透镜（例如，G11-G11d）和棱镜（例如，粘在一起、在操作上连在一起）。另外，棱镜的入射面或射出面可以是具有负折光力的凹面。

第二透镜单元（例如，B2、B2a、B2b、B2c、B2d）可以是通过将负透镜和正透镜组合在一起得到的组合透镜（例如，粘在一起、操作上连在一起，或相接触）。当第二透镜单元（例如，B2-B2d）具有这种结构时，可以抑制变焦过程中的色差的变化，并可以减少球面像差。

第三透镜单元（例如，B3、B3a、B3b、B3c、B3d）可以包含多个正透镜和至少一个负透镜。在各示例性实施例中，第三透镜单元（例如，B3-B3d）包含从物侧到像侧依次排列的正透镜元件（例如，G31、G31a、G31b、G31c、G31d）、负透镜元件（例如，G32、G32a、G32b、G32c、G32d）、和正透镜元件（例如，G33、G33a、G33b、G33c、G33d），并减少像差。

各透镜元件是一个或更多个透镜的组。

在第五示例性实施例中，第三透镜单元（例如，B3d）包含通过将包含正透镜、正透镜和负透镜的三个透镜和正透镜组合在一起得到的组合透镜。

具体而言，正透镜元件 G31d 包含位于物侧的两个简单的正透镜，负透镜元件 G32d 包含简单的负透镜。另外，正透镜元件 G33d 包含位于像侧的简单的正透镜。

第四透镜单元（例如，B4-B4d）可以包含一个或两个负透镜。

当第四透镜单元（例如，B4-B4d）包含简单的负透镜时，它可以具有这样一种形状，即，该形状使得像侧的透镜表面的曲率可以比物侧的大。

另外，为了提高图像质量，第四透镜单元（例如，B4-B4d）可以在物侧具有非球面表面的透镜的物侧包含在像侧具有凹表面的负透镜。

如上所述，根据第一至第五示例性实施例，可以得到提供良好的

光学性能的较小的变焦透镜。

可以在第一透镜单元（例如，B1-B1d）的物侧或在第四透镜单元（例如，B4-B4d）的像侧另外设置不会大大影响总的折光力配置的折光力较小的透镜单元。

以下，分别说明与第一至第五示例性实施例对应的第一至第五数值例。在各数值例中， i 表示从物侧计算的顺序号， R_i 表示第 i 个表面的曲率半径， D_i 表示第 i 个透镜表面和第 $(i+1)$ 个透镜表面之间的距离， N_i 和 v_i 分别表示基于 d 线的折射率和 Abbe 数。

最接近像侧的两个表面形成光学块（block）LP。另外，当 x 是在距光轴高度 h 沿光轴方向从表面顶点的位移时，非球面表面的形状由下式表示：

$$x=(h^2/R)/[1+\{1-(1+k)(h/R)^2\}^{1/2}]+Ah^2+Bh^4+Ch^6+Dh^8+Eh^{10}$$

这里， k 是圆锥常数， A 、 B 、 C 、 D 和 E 是非球面系数， R 是近轴曲率。

另外，“ $e-0X$ ”表示“ $\times 10^{-X}$ ”。另外， f 是焦距， Fno 是 F 数， ω 是半张角（half field angle）。表 1 给出各数值例中的上述条件表达式的值。

第一数值例

$f=5.82\sim 15.50$	$Fno=2.34\sim 5.00$	$2\omega=54.6\sim 21.9$	
$R1=17.420$	$D1=0.80$	$N1=1.696797$	$v1=55.5$
$R2=9.165$	$D2=2.50$		
$R3=\infty$	$D3=6.50$	$N2=1.696797$	$v2=55.5$
$R4=\infty$	$D4=\text{可变}$		
$R5=-13.555$	$D5=0.70$	$N3=1.696797$	$v3=55.5$
$R6=50.746$	$D6=1.30$	$N4=1.834000$	$v4=37.2$
$R7=-22.278$	$D7=\text{可变}$		
$R8=\text{光圈}$	$D8=0.70$		
$R9=5.953$	$D9=1.70$	$N5=1.733997$	$v5=51.5$
$R10=20.439$	$D10=0.25$		

R11=-13.273	D11=1.70	N6=1.719995	v6=50.2
R12=-3.864	D12=0.60	N7=1.800999	v7=35.0
R13=-38.096	D13=0.20		
*R14=13.106	D14=1.70	N8=1.487490	v8=70.2
*R15=-4.634	D15=可变		
*R16=159.392	D16=1.50	N9=1.491710	v9=57.4
*R17=112.510	D17=0.60		
R18=-3.771	D18=0.70	N10=1.729157	v10=54.7
R19=-18.062	D19=可变		
R20=∞	D20=0.60	N11=1.516330	v11=64.1
R21=∞			

焦距	5.82	10.46	15.50
可变距离			
D4	2.51	0.73	1.19
D7	7.30	5.16	0.80
D15	2.68	0.97	0.49
D19	1.00	6.62	11.01

非球面系数

第 14 表面

$$k=-2.39711e+01$$

$$A=0 \quad B=-2.63697e-03 \quad C=-3.10017e-04$$

$$D=-2.70261e-06 \quad E=-6.08507e-06$$

第 15 表面

$$k=3.75824e-01$$

$$A=0 \quad B=3.45097e-04 \quad C=-1.78596e-04$$

$$D=1.09833e-05 \quad E=-4.36814e-06$$

第 16 表面

$$k=-4.70761e+06$$

$$A=0 \quad B=6.47376e-03 \quad C=-2.44585e-04$$

$$D=1.35856e-04 \quad E=-1.02447e-05$$

第 17 表面

$$k=-3.93361e+06$$

$$A=0 \quad B=5.70058e-03 \quad C=2.84537e-04$$

$$D=-2.77559e-05 \quad E=2.99998e-05$$

第二数值例

$f=5.81\sim 17.40$	$F_{no}=2.17\sim 5.00$	$2\omega=54.6\sim 19.6$	
$R1=22.207$	$D1=0.80$	$N1=1.696797$	$v1=55.5$
$R2=10.567$	$D2=2.50$		
$R3=\infty$	$D3=6.50$	$N2=1.696797$	$v2=55.5$
$R4=\infty$	$D4=\text{可变}$		
$R5=-17.860$	$D5=0.70$	$N3=1.696797$	$v3=55.5$
$R6=22.922$	$D6=1.40$	$N4=1.834000$	$v4=37.2$
$R7=-37.907$	$D7=\text{可变}$		
$R8=\text{光圈}$	$D8=0.70$		
$R9=5.861$	$D9=1.70$	$N5=1.733997$	$v5=51.5$
$R10=16.392$	$D10=0.40$		
$R11=-13.982$	$D11=1.70$	$N6=1.719995$	$v6=50.2$
$R12=-3.927$	$D12=0.60$	$N7=1.800999$	$v7=35.0$
$R13=-33.158$	$D13=0.20$		
$*R14=14.057$	$D14=2.00$	$N8=1.487490$	$v8=70.2$
$*R15=-4.784$	$D15=\text{可变}$		
$*R16=1044.095$	$D16=1.20$	$N9=1.491710$	$v9=57.4$
$*R17=-2467.527$	$D17=0.70$		
$R18=-3.634$	$D18=0.70$	$N10=1.729157$	$v10=54.7$
$R19=-13.932$	$D19=\text{可变}$		
$R20=\infty$	$D20=0.60$	$N11=1.516330$	$v11=64.1$
$R21=\infty$			

焦距 可变距离	5.81	11.23	17.40
D4	4.02	1.66	1.69
D7	7.98	5.58	0.80
D15	2.96	1.01	0.55
D19	1.00	7.71	12.93

非球面系数

第 14 表面	k=1.21465e+01 A=0 B=-3.99646e-03 C=-2.24782e-04 D=9.20299e-06 E=-3.28205e-06
第 15 表面	k=3.31649e-01 A=0 B=4.71148e-04 C=-9.90586e-05 D=9.47969e-06 E=-1.90976e-06
第 16 表面	k=-4.70761e+06 A=0 B=7.60243e-03 C=-1.59383e-04 D=1.36597e-04 E=-6.94020e-06
第 17 表面	k=-3.93361e+06 A=0 B=5.98738e-03 C=5.26927e-04 D=-8.13470e-05 E=4.19792e-05

第三数值例

f=5.64~16.80	Fno=2.13~5.00	2 ω =56.0~20.2	
R1=26.248	D1=0.80	N1=1.696797	v1=55.5
R2=11.139	D2=2.50		
R3= ∞	D3=10.00	N2=1.696797	v2=55.5
R4= ∞	D4=可变		
R5=-34.597	D5=0.70	N3=1.603112	v3=60.6
R6=43.046	D6=1.40	N4=1.805181	v4=25.4
R7=-140.373	D7=可变		
R8=光圈	D8=0.70		
R9=5.194	D9=2.00	N5=1.487490	v5=70.2
R10=-164.837	D10=0.25		
R11=-14.903	D11=1.70	N6=1.666718	v6=48.3
R12=-4.462	D12=0.60	N7=1.834000	v7=37.2
R13=-64.758	D13=0.20		
*R14=13.569	D14=2.00	N8=1.487490	v8=70.2
*R15=-5.014	D15=可变		
*R16=88.288	D16=1.20	N9=1.491710	v9=57.4

***R17=67.332 D17=1.00**
R18=-3.408 D18=0.70 N10=1.729157 v10=54.7
R19=-12.646 D19=可变
R20=∞ D20=0.60 N11=1.516330 v11=64.1
R21=∞

焦距 可变距离	5.64	11.15	16.80
D4	1.50	6.60	4.01
D7	12.31	2.71	0.80
D15	3.17	1.40	0.88
D19	0.70	6.97	12.00

非球面系数

第 14 表面

k=1.49021e+01
A=0 B=-3.74979e-03 C=-2.23417e-04
D=1.27559e-05 E=-3.03564e-06

第 15 表面

k=2.94165e-01
A=0 B=4.67205e-04 C=-1.33565e-04
D=1.28139e-05 E=-1.54544e-06

第 16 表面

k=-4.70761e+06
A=0 B=6.490793e-03 C=-3.09883e-04
D=9.86846e-05 E=-1.24701e-06

第 17 表面

k=-3.93361e+06
A=0 B=5.49110e-03 C=-1.23267e-04
D=-1.25373e-06 E=2.46770e-05

第四数值例

f=5.63~16.80 Fno=2.08~5.00 2ω=56.1~20.2
R1=48.153 D1=0.80 N1=1.603112 v1=60.6
R2=11.083 D2=2.30
R3=∞ D3=10.00 N2=1.772499 v2=49.6

R4= ∞	D4=可变		
R5=199.961	D5=0.70	N3=1.772499	$v_3=49.6$
R6=22.845	D6=1.40	N4=1.805181	$v_4=25.4$
R7=242.865	D7=可变		
R8=光圈	D8=0.70		
R9=5.245	D9=2.00	N5=1.487490	$v_5=70.2$
R10=-35.017	D10=0.25		
R11=-12.568	D11=1.70	N6=1.719995	$v_6=50.2$
R12=-3.940	D12=0.60	N7=1.834000	$v_7=37.2$
R13=-109.961	D13=0.50		
*R14=18.634	D14=2.00	N8=1.583126	$v_8=59.4$
*R15=-5.135	D15=可变		
*R16=151.895	D16=1.20	N9=1.749497	$v_9=35.3$
*R17=121.189	D17=1.00		
R18=-3.555	D18=0.70	N10=1.729157	$v_{10}=54.7$
R19=-20.295	D19=可变		
R20= ∞	D20=0.60	N11=1.516330	$v_{11}=64.1$
R21= ∞			

 焦距 可变距离 	5.63	11.07	16.80
D4	0.95	2.52	1.84
D7	10.69	4.61	0.80
D15	2.77	0.98	0.51
D19	0.70	6.99	11.96

非球面系数

第 14 表面

$$k=1.66335e+01$$

$$A=0 \quad B=-3.21818e-03 \quad C=-1.86168e-04$$

$$D=5.40611e-06 \quad E=-2.02531e-06$$

第 15 表面

$$k=2.53718e-01$$

$$A=0 \quad B=3.69525e-04 \quad C=-1.49964e-04$$

$$D=1.18370e-05 \quad E=-1.34525e-06$$

第 16 表面 $k=-5.25720e+06$
 $A=0$ $B=5.24497e-03$ $C=-1.79913e-04$
 $D=7.42054e-05$ $E=-3.94180e-06$

第 17 表面 $k=-3.87782e+06$
 $A=0$ $B=4.24203e-03$ $C=4.38752e-05$
 $D=2.06324e-05$ $E=5.70011e-06$

第五数值例

$f=5.44\sim 10.80$ $Fno=2.33\sim 4.50$ $2\omega=57.8\sim 31.1$

$R1=28.789$	$D1=0.80$	$N1=1.603112$	$v1=60.6$
$R2=8.451$	$D2=1.80$		
$R3=\infty$	$D3=8.00$	$N2=1.772499$	$v2=49.6$
$R4=\infty$	$D4=\text{可变}$		
$R5=-106.294$	$D5=0.60$	$N3=1.772499$	$v3=49.6$
$R6=13.391$	$D6=1.30$	$N4=1.805181$	$v4=25.4$
$R7=196.529$	$D7=\text{可变}$		
$R8=\text{光圈}$	$D8=\text{可变}$		
$R9=5.241$	$D9=2.10$	$N5=1.487490$	$v5=70.2$
$R10=-12.689$	$D10=2.00$	$N6=1.719995$	$v6=50.2$
$R11=-3.116$	$D11=0.60$	$N7=1.834000$	$v7=37.2$
$R12=76.863$	$D12=0.50$		
$*R13=16.113$	$D13=2.20$	$N8=1.583126$	$v8=59.4$
$*R14=-4.841$	$D14=\text{可变}$		
$*R15=724.667$	$D15=1.20$	$N9=1.749497$	$v9=35.3$
$*R16=515.103$	$D16=1.20$		
$*R17=-3.899$	$D17=0.70$	$N10=1.729157$	$v10=54.7$
$R18=-23.118$	$D18=\text{可变}$		
$R19=\infty$	$D19=0.60$	$N11=1.516330$	$v11=64.1$
$R20=\infty$			

焦距 可变距离	5.44	8.80	10.80
D4	0.79	2.60	2.49
D7	2.61	0.80	0.91
D14	2.76	1.49	1.19
D18	0.70	4.57	6.43

非球面系数

第 13 表面 $k=7.45902e+00$ $A=0$ $B=-3.86276e-03$ $C=-7.97946e-05$ $D=-5.25583e-06$ $E=-1.40582e-06$ 第 14 表面 $k=2.62115e-01$ $A=0$ $B=1.24566e-04$ $C=-1.22168e-04$ $D=1.28930e-05$ $E=-1.31993e-06$ 第 15 表面 $k=-5.25720e+06$ $A=0$ $B=5.58683e-03$ $C=-3.26978e-04$ $D=7.10164e-05$ $E=-2.09598e-06$ 第 16 表面 $k=-3.87782e+06$ $A=0$ $B=5.30136e-03$ $C=-1.60201e-04$ $D=1.71346e-5$ $E=1.02599e-05$

表 1

条件表达式	例子 1	例子 2	例子 3	例子 4	例子 5
(1) $ F12w/Fw $	3.83	3.74	4.03	4.56	2.97
(2) $F3/Fw$	1.15	1.21	1.29	1.22	1.18
(3) $ F4/Fw $	1.14	1.20	1.13	1.03	1.12
(4) $\beta4w$	1.38	1.37	1.34	1.36	1.34
(5) $ F3/F4 $	1.01	1.01	1.15	1.19	1.06

以下,说明根据第六至第十三示例性实施例的变焦透镜。根据第六至第十三示例性实施例的变焦透镜的每一个包括:包含从物侧到图像依次排列的具有负折光力的第一透镜单元(例如,B1e、B1f、B1g、

B1h、B1i、B1j、B1k 和 B1l)、具有正折光力的第二透镜单元(例如, B2e、B2f、B2g、B2h、B2i、B2j、B2k 和 B2l)和具有负折光力的第三透镜单元(例如, B3e、B3f、B3g、B3h、B3i、B3j、B3k 和 B3l)的三个透镜单元。

图 16A~16C 分别表示根据第六示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 17 表示根据第六示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 18A~18C 分别表示根据第六示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 19A~19C 分别表示根据第七示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 20 表示根据第七示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 21A~21C 分别表示根据第七示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 22A~22C 分别表示根据第八示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 23 表示根据第八示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 24A~24C 分别表示根据第八示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 25A~25C 分别表示根据第九示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 26 表示根据第九示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 27A~27C 分别表示根据第九示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 28A~28C 分别表示根据第十示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 29 表示根据第十示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 30A~30C 分别表示根据第十示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 31A~31C 分别表示根据第十一示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 32 表示根据第十一示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 33A~33C 分别表示根据第

十一示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 34A~34C 分别表示根据第十二示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 35 表示根据第十二示例性实施例的变焦透镜的实际光路图。图 36A~36C 分别表示根据第十二示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 37A~37C 分别表示根据第十三示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 38A~38C 分别表示根据第十三示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

在第六至第十三示例性实施例的各断面图中，B1e、B1f、B1g、B1h、B1i、B1j、B1k 和 B1l 表示具有正折光力或负折光力的第一透镜单元，该第一透镜单元包含具有负折光力的透镜元件，B2e、B2f、B2g、B2h、B2i、B2j、B2k 和 B2l 表示具有正折光力的第二透镜单元，B3e、B3f、B3g、B3h、B3i、B3j、B3k 和 B3l 表示具有负折光力的第三透镜单元。SPe、SPf、SPg、SPh、SPi、SPj、SPk 和 SPL 表示位于第二透镜单元（例如，B2e-B2l）的物侧的孔径光阑（虹膜式光阑）。

在第六至第十一和第十三示例性实施例中，第一透镜单元（例如，B1e-B1l）可以具有负折光力。在第十二示例性实施例中，第一透镜单元 B1 可以具有正折光力。

Pe、Pf、Pg、Ph、Pi、Pj、Pk 和 Pl 表示在第一透镜单元（例如，B1e-B1l）中包含的具有用于使光路弯曲的反射表面的棱镜，OB 表示物体。

LP 表示光学块（optical block）（例如滤光器、面板（faceplate）、石英低通滤波器、红外截止滤波器（infrared-cut filter）或相关领域技术人员公知的其它滤光器）。IP 表示像面。与第一至第五示例性实施例类似，在像面 IP 上设置固态图像拾取器件（光电转换器）的图像拾取面或膜表面。

在像差图中使用的字符与在第一至第五示例性实施例的像差图中使用的相似。

在根据第六至第十三示例性实施例的变焦透镜中，在从广角端到

望远端的变焦过程中,第二和第三透镜单元(例如,B2e-B2l和B3e-B3l)可以向物侧移动(例如,Y5-Y12和Z5-Z12),使得第一和第二透镜单元(例如,B1e-B1l和B2e-B2l)之间以及第二和第三透镜单元(例如,B2e-B2l和B3e-B3l)之间的间隔在望远端比在广角端小。第一透镜单元(例如,B1e-B1l)不必为了变焦沿光轴移动。

可以通过进行变焦,减少光学全长,以增加整个光学系统中的望远系统的效果。

另外,第一透镜单元(例如,B1e-B1l)包含具有负折光力的透镜元件(例如,G11e-G11l)。因此,可将入射光瞳位置设在适当的位置,这使得可以平衡设置光学系统中的光瞳位置附近的透镜的外径。另外,可以适当地设置轴上和轴外光路,并可以减少像差,以提高图像质量。

第一透镜单元(例如,B1e-B1l)还包含具有正折光力的透镜元件(例如,G12e-G12l),因此,第一透镜单元(例如,B1e-B1l)的总的折光力可以为正或为负。

主要通过改变第二和第三透镜单元(例如,B2e-B2l和B3e-B3l)之间的位置关系,进行光学系统的变焦操作。

第三透镜单元(例如,B3e-B3l)可被配置为形成由第一和第二透镜单元(例如,B1e-B1l和B2e-B2l)的组合得到的物体的图像。然后,可以通过改变第三透镜单元(例如,B3e-B3l)的相对于第二透镜单元(例如,B2e-B2l)的位置,改变放大倍数。可以通过同时沿光轴移动第三透镜单元(例如,B3e-B3l),为当改变放大倍数时导致的图像形成位置的移动进行补偿。

在第六至第十二示例性实施例中,第一透镜单元(例如,B1e-B1l)包含使光轴改变设计的角度(例如,大约 90°)的反射构件。因此,可以减小沿向物体的方向(沿图像拾取装置的深度)的透镜厚度。

在第六至第十二示例性实施例中,使光轴改变设计的角度(例如,大约 90°)的反射构件可以是具有反射表面的棱镜(例如,Pe-Pj)。另外,可以在第十二示例性实施例中使用平面镜HM,在第十三示例性实施例中不使用反射构件。

在第六至第十三示例性实施例中,可以满足以下给出的条件表达式的一个或多个,以用较小的系统得到较高的图像质量。

当 F_i 是第 i 个透镜单元 ($i=1, 2, 3$) 的焦距, F_w 是在广角端的整个系统的焦距时, 可以满足以下表达式中的一个或多个:

$$-0.5 < F_w/F_1 < 0.1 \quad (6)$$

$$0.9 < F_2/F_w < 1.6 \quad (7)$$

$$0.9 < |F_3/F_w| < 1.9 \quad (8)$$

条件表达式 (6) 表示在广角端的第一透镜单元 (例如, B1e-B1l) 的折光力的条件。可以为减小透镜直径并得到较高的图像质量, 设置条件表达式 (6)。

当条件表达式 (6) 的值在上限以上时, 第一透镜单元 (例如, B1e-B1l) 的正折光力会太高, 因此由第一透镜单元 (例如, B1e-B1l) 形成的物体的虚像的位置向物侧偏移。因此, 由第二和第三透镜单元 (例如, B2e-B2l 和 B3e-B3l) 形成的物体图像的后焦点会减小。结果, 要增加第三透镜单元 (例如, B3e-B3l) 的直径, 以得到一定的周边光量。

当条件表达式 (6) 的值在下限以下时, 第一透镜单元 B1 的负折光力会太高, 因此, 当变焦位置在望远端时, 在第一透镜单元 (例如, B1e-B1l) 会出现难以校正的较大的正球面像差。

条件表达式 (7) 表示第二透镜单元 (例如, B2e-B2l) 的折光力的条件。

当第二透镜单元 (例如, B2e-B2l) 的正折光力太低且条件表达式 (7) 的值在上限以上时, 可以减小第三透镜单元 (例如, B3e-B3l) 的负折光力, 以在广角端得到希望的张角 (field angle)。

结果, 要沿光轴移动第二和第三透镜单元 B2 和 B3 较长的距离, 以得到一定的变焦效果, 这增加了整个透镜系统的尺寸。

当第二透镜单元 B2 的正折光力太高且条件表达式 (7) 的值在下限以下时, 后焦点太短, 并且不能保证用于放置滤波器和用于图像拾取器件的玻璃盖片的空间。

条件表达式 (8) 表示第三透镜单元 (例如, B3e-B3l) 的负折光力的条件。

当第三透镜单元 (例如, B3e-B3l) 的负折光力较低且条件表达式 (8) 值在上限以上时, 在变焦过程中由第三透镜单元 (例如, B3e-B3l) 得到的放大倍数改变效果会减小。因此, 各透镜单元要移

动较长的距离，以得到一定的变焦比。结果，整个透镜系统的长度会增加。

当条件表达式(8)的值在下限以下时，整个光学系统中的望远系统的效果会增加，且后焦距(back focus)过度减小。另外，要增加第三透镜单元(例如，B3e-B3l)的直径，以得到一定的周边光量，另外，大量的像面畸变和像散出现。

当在广角端的第三透镜单元(例如，B3e-B3l)的横向放大倍数为 β_{3w} 时，可以满足以下表达式：

$$1 < \beta_{3w} < 1.6 \quad (9)$$

当条件表达式(9)的值在上限以上时，后焦距(back focus)过度减小。当条件表达式(9)的值在下限以下时，整个透镜系统的长度会增加。

第三透镜单元(例如，B3e-B3l)的折光力与第二透镜单元(例如，B2e-B2l)的折光力的比可以满足以下表达式：

$$0.6 < |F_2/F_3| < 1.4 \quad (10)$$

当条件表达式(10)的值在数值范围以外时，难以在不增加光学系统的尺寸的情况下得到高质量图像。

具体而言，当条件表达式(10)值在上限以上时，第三透镜单元(例如，B3e-B3l)的折光力相对于第二透镜单元(例如，B2e-B2l)的折光力为高。由于这样可以增加望远系统的效果，因此可以减小光学系统的总长。但是，在第三透镜单元(例如，B3e-B3l)出现难以校正的较大的高次轴外像差和横向色差。

相反，当条件表达式(10)的值在下限以下时，可以增加光学系统的总长。另外，在第二透镜单元(例如，B2e-B2l)会出现较大的球面像差。

也可以将条件表达式(6)~(10)的数值范围设置如下：

$$-0.4 < F_w/F_1 < 0.05 \quad (6a)$$

$$1.0 < F_2/F_w < 1.5 \quad (7a)$$

$$1.0 < |F_3/F_w| < 1.7 \quad (8a)$$

$$1.1 < \beta_{3w} < 1.5 \quad (9a)$$

$$0.7 < |F_2/F_3| < 1.3 \quad (10a)$$

要得到包含数量较少的透镜的小尺寸、高性能光学系统，在第三

和第四透镜单元（例如，B3e-B3l 和 B4e-B4l）的每一个中设置一个或更多个非球形表面是有效的。当第二透镜单元（例如，B2e-B2l）具有非球形表面时，它可被配置为主要减小球面像差。当第三透镜单元（例如，B3e-B3l）具有非球形表面时，可以以良好的平衡减小轴外像差。

要在不增加第一透镜单元（例如，B1e-B1l）的外径（有效直径）情况下保证整个变焦区的图像质量，在第一和第二透镜单元（例如，B1e-B1l 和 B2e-B2l）之间设置孔径光阑（例如，SPe-SPl）是有效的。另外，为了提高图像质量并降低成本，可以使用下述的结构。

在各示例性实施例中，可以使用复合型非球面透镜（所谓复型（replica）非球面透镜作为具有非球形表面的透镜（非球面透镜），以增加考虑生产率时可以使用的透镜的种类的数量。

另外，为了易于制造，非球面透镜可以由塑料材料或相关技术领域人员公知的任何其它容易制造的光学材料和等同物制成。

可以通过在变焦过程中沿透镜单元的各光轴移动孔径光阑（例如，SPe-SPl），设置入射光瞳位置。作为替代方案，也可以在变焦过程中将孔径光阑（例如，SPe-SPl）固定到光轴上，以使机械结构简化。

透镜系统还可以包括衍射光学元件或梯度指数透镜（gradient index lens），以提高光学性能。

在拍摄过程中，要校正由手抖动导致的使图像质量劣化的图像抖动，可以通过使透镜单元或在透镜单元中包含的元件偏心，旋转反射构件、或移动反射构件，改变偏向角度或偏向方向。

可以通过沿光轴向物侧移动（例如，Z5-Z12）第三透镜单元（例如，B3e-B3l），进行从无限远物体向有限距离物体的调焦。作为替代方案，也可以通过沿光轴向物侧移动（例如，Y5-Y12）第二透镜单元 B2 或基本上同时移动第二和第三透镜单元 B2 和 B3，进行调焦。

以下，说明根据第六至第十三示例性实施例的透镜单元的结构。

第一透镜单元（例如，B1e-B1l）可以包含从物侧到像侧依次排列的具有负折光力的第十一透镜元件（例如，G11e-G11l）、偏向构件（例如，棱镜 P，反光镜或本领域技术人员公知的其它偏向构件和等同物）和具有正折光力的第十二透镜单元（例如，G12e-G12l）。

第十一透镜元件（例如，G11e-G11l）的曲率（曲率半径的倒数）在像侧可以比在物侧大。

各透镜元件包含一个或更多个透镜。当使用棱镜作为偏向构件时，第十二透镜元件（例如，G12e-G12l）可以与棱镜（例如，Pe-Pj）组合。棱镜（例如，Pe-Pj）的射出面可以形成为凸面形状，以提供正折光力。另外，棱镜（例如，Pe-Pj）的入射面可以形成为凹面形状，以提供负折光力。第十一透镜元件（例如，G11e-G11l）也可以与棱镜（例如，Pe-Pj）组合。

当光学系统中不需要偏向功能时，可以减小第十一和第十二透镜元件（例如，G11e-G11l 和 G12k-G12l）之间的空隙（间隔），以缩短光学系统的总长。

在这种情况下，可以将第十一透镜元件（例如，G11k-G11l）固定在光轴上，以使机构简化。但是，也可以将第十一透镜元件（例如，G11k-G11l）设计为在变焦过程中可动，以提高光学性能。

第二透镜单元（例如，B2k-B2l）可以包含多个正透镜和至少一个负透镜。例如，第二透镜单元（例如，B2k-B2l）包含从物侧到像侧依次排列的正透镜元件（例如，G21k-G21l）、负透镜元件（例如，G22k-G22l）和正透镜元件（例如，G23k-G23l）。

第三透镜单元（例如，B3k-B3l）包含仅包含一个负透镜或同时包含正透镜和负透镜的负透镜元件。

当第三透镜单元（例如，B3k-B3l）包含包含简单的负透镜的负透镜元件时，它可以形成为这样一种形状，即，该形状使得像侧的表面的曲率可以比物侧的表面的大。

另外，为了提高图像质量，第三透镜单元（例如，B3k-B3l）可以在在像侧具有非球面表面的透镜的物侧包含在像侧具有凹表面的负透镜。

可以在第一透镜单元（例如，B1e-B1l）的物侧或在第三透镜单元（例如，B3e-B3l）的像侧另外设置不会大大影响总的折光力配置的折光力较小的透镜单元。

以下，分别说明与第六至第十三示例性实施例对应的第六至第十三数值例。在各数值例中使用的符号与在第一至第五数值例中使用的类似，因此略去对其的解释。

表 2 示出第六至第十三示例性实施例的每一个中的条件表达式 (6) ~ (10) 的值。

第六数值例

$f=5.81\sim11.62$ $Fno=2.58\sim5.00$ $2\omega=54.6\sim28.9$			
$R1=31.228$	$D1=0.80$	$N1=1.696797$	$v1=55.5$
$R2=6.560$	$D2=2.50$		
$R3=\infty$	$D3=7.50$	$N2=1.696797$	$v2=55.5$
$R4=\infty$	$D4=0.20$		
$R5=17.090$	$D5=1.70$	$N3=1.719995$	$v3=50.2$
$R6=-184.750$	$D6=\text{可变}$		
$R7=\text{光圈}$	$D7=0.70$		
$R8=8.734$	$D8=1.70$	$N4=1.733997$	$v4=51.5$
$R9=20.421$	$D9=0.40$		
$R10=34.530$	$D10=1.70$	$N5=1.719995$	$v5=50.2$
$R11=-8.541$	$D11=0.60$	$N6=1.800999$	$v6=35.0$
$R12=12.151$	$D12=0.20$		
$*R13=7.827$	$D13=1.70$	$N7=1.487490$	$v7=70.2$
$*R14=-4.744$	$D14=\text{可变}$		
$*R15=926.758$	$D15=1.50$	$N8=1.749497$	$v8=35.3$
$*R16=-1871.398$	$D16=0.50$		
$*R17=-7.786$	$D17=0.70$	$N9=1.729157$	$v9=54.7$
$R18=12.012$	$D18=\text{可变}$		
$R19=\infty$	$D19=0.60$	$N10=1.516330$	$v10=64.1$
$R20=\infty$			

焦距 可变距离	5.81	8.13	11.62
D6	6.18	4.45	0.98
D14	2.93	1.53	0.49
D18	0.50	3.64	8.14

非球面系数

第 13 表面

$$k=-1.46645e+01$$

$$A=0 \ B=-6.87569e-04 \ C=-6.88440e-04$$

$$D=-3.51490e-05 \ E=-1.21669e-05$$

第 14 表面

$$k=7.03414e-01$$

$$A=0 \ B=1.17600e-04 \ C=-4.53702e-04$$

$$D=1.23625e-05 \ E=-8.60067e-06$$

第 15 表面

$$k=-4.70761e+06$$

$$A=0 \ B=4.09016e-03 \ C=-4.72506e-04$$

$$D=1.62987e-04 \ E=-1.49799e-05$$

第 16 表面

$$k=-3.93361e+06$$

$$A=0 \ B=4.73146e-03 \ C=-5.89916e-05$$

$$D=1.00802e-04 \ E=-2.00945e-06$$

第七数值例

$$f=5.91\sim 11.83 \quad FNo=2.57\sim 5.00 \quad 2\omega=53.8\sim 28.5$$

$$R1=15.692 \quad D1=0.80 \quad N1=1.696797 \quad v1=55.5$$

$$R2=5.961 \quad D2=2.50$$

$$R3=\infty \quad D3=7.50 \quad N2=1.491710 \quad v2=57.4$$

$$R4=\infty \quad D4=1.00 \quad N3=1.491710 \quad V3=57.4$$

$$*R5=-11.800 \quad D5=\text{可变}$$

$$R6=\text{光圈} \quad D6=0.70$$

$$R7=4.465 \quad D7=1.70 \quad N4=1.516330 \quad V4=64.1$$

$$R8=6.154 \quad D8=0.15$$

$$R9=21.445 \quad D9=1.70 \quad N5=1.719995 \quad V5=50.2$$

$$R10=11.791 \quad D10=0.60 \quad N6=1.846660 \quad V6=23.8$$

$$R11=6.475 \quad D11=0.40$$

$$*R12=5.672 \quad D12=1.70 \quad N7=1.583126 \quad V7=59.4$$

$$*R13=-5.766 \quad D13=\text{可变}$$

$$R14=53.004 \quad D14=0.80 \quad N8=1.806098 \quad V8=40.9$$

*R15=5.515 D15=可变
R16=∞ D16=0.60 N9=1.806098 V9=40.9
R17=∞

焦距 可变距离	5.91	8.28	11.83
D5	6.40	4.51	0.50
D13	3.73	1.96	0.64
D15	0.80	4.47	9.80

非球面系数

第 5 表面 k=-1.53416e+00
A=0 B=-6.35417e-05 C=5.63914e-08
D=3.57834e-07 E=-1.45081e-03

第 12 表面 k=-3.37130e+00
A=0 B=-1.45081e-03 C=-6.48134e-04
D=5.78733e-05 E=-2.29300e-05

第 13 表面 k=1.75909e+00
A=0 B=1.29360e-03 C=-5.63191e-04
D=4.14608e-05 E=-1.20433e-05

第 15 表面 k=2.69325e+00
A=0 B=-2.49330e-03 C=-2.68396e-04
D=7.85789e-05 E=-1.02456e-05

第八数值例

f=5.92~11.85 Fno=2.62~5.00 2ω=53.7~28.4
R1=14.211 D1=0.80 N1=1.696797 υ1=55.5
R2=6.127 D2=2.50
R3=∞ D3=7.50 N2=1.491710 υ2=57.4

R4=∞	D4=1.00	N3=1.491710	υ3=57.4
*R5=-14.152	D5=可变		
R6=光圈	D6=0.70		
R7=4.089	D7=1.70	N4=1.516330	υ4=64.1
R8=4.539	D8=0.30		
R9=15.349	D9=2.50	N5=1.846660	υ5=23.8
R10=6.833	D10=0.47		
*R11=5.404	D11=1.80	N6=1.583126	υ6=59.4
*R12=-5.275	D12=可变		
R13=54.937	D13=0.80	N7=1.806098	υ7=40.9
*R14=5.259	D14=可变		
*R15=∞	D15=0.60	N8=1.806098	υ8=40.9
R16=∞			

焦距 可变距离	5.92	8.29	11.85
D5	6.18	4.27	0.50
D12	3.24	1.65	0.49
D14	1.00	4.49	9.44

非球面系数

第 5 表面	k=-2.45148e+00
	A=0 B=-1.03381e-04 C=1.84803e-05
	D=-1.44811e-06 E=3.64019e-08
第 11 表面	k=-6.26930e+00
	A=0 B=-8.07681e-04 C=-6.45572e-04
	D=-1.08870e-04 E=-2.14301e-05
第 12 表面	k=2.14224e+00
	A=0 B=1.16212e-03 C=-5.93987e-04

第 14 表面

D=7.89318e-06 E=-1.37650e-05
k=2.20048e+00
A=0 B=-2.68794e-03 C=-1.97216e-04
D=7.61739e-05 E=-9.79035e-06

第九数值例

f=5.93~11.87

Fno=2.64~5.00

2ω=53.6~28.4

R1=12.912

D1=0.80

N1=1.696797

υ1=55.5

R2=6.375

D2=2.50

R3=∞

D3=8.50

N2=1.491710

υ2=57.4

R4=∞

D4=1.00

N3=1.491710

υ3=57.4

*R5=-17.336

D5=可变

R6=光圈

D6=0.70

R7=322.434

D7=1.70

N4=1.491710

υ4=57.4

R8=-8.961

D8=0.15

R9=17.520

D9=3.20

N5=1.846660

υ5=23.8

R10=7.208

D10=0.10

R11=10.962

D11=1.80

N6=1.696797

υ6=55.5

*R12=-6.532

D12=可变

R13=41.137

D13=0.80

N7=1.806098

υ7=40.9

*R14=5.701

D14=可变

*R15=∞

D15=0.60

N8=1.806098

υ8=40.9

R16=∞

焦距	5.93	8.31	11.87
可变距离			
D5	6.49	4.50	0.50
D12	3.69	1.84	0.49
D14	1.00	4.84	10.19

非球面系数

第 5 表面

$$k=-4.81713e+01$$

$$A=0 \ B=-9.73980e-04 \ C=5.78651e-05$$

$$D=-2.13889e-06 \ E=4.60793e-08$$

第 7 表面

$$k=-7.55840e+05$$

$$A=0 \ B=-6.77442e-04 \ C=-6.21837e-05$$

$$D=-5.42421e-05 \ E=1.10957e-05$$

第 14 表面

$$k=2.99027e+00$$

$$A=0 \ B=-2.40642e-03 \ C=3.74033e-05$$

$$D=-3.47200e-05 \ E=-1.26362e-06$$

第十数值例

$$f=5.92\sim 11.84 \quad Fno=2.83\sim 5.00 \quad 2\omega=53.8\sim 28.4$$

$$R1=13.901 \quad D1=0.80 \quad N1=1.696797 \quad \nu 1=55.5$$

$$R2=6.887 \quad D2=2.50$$

$$R3=\infty \quad D3=8.50 \quad N2=1.491710 \quad \nu 2=57.4$$

$$R4=\infty \quad D4=1.00 \quad N3=1.491710 \quad \nu 3=57.4$$

$$*R5=-47.696 \quad D5=\text{可变}$$

$$R6=\text{光圈} \quad D6=0.70$$

$$*R7=390.050 \quad D7=1.70 \quad N4=1.491710 \quad \nu 4=64.1$$

$$R8=-4.718 \quad D8=0.15$$

$$R9=13.728 \quad D9=3.00 \quad N5=1.846660 \quad \nu 5=23.8$$

$$R10=6.445 \quad D10=0.20$$

$$R11=-28.965 \quad D11=1.80 \quad N6=1.491710 \quad \nu 6=57.4$$

$$*R12=-3.873 \quad D12=\text{可变}$$

$$R13=62.333 \quad D13=0.80 \quad N7=1.583060 \quad \nu 7=30.2$$

$$*R14=4.834 \quad D14=\text{可变}$$

$$*R15=\infty \quad D15=0.60 \quad N8=1.516330 \quad \nu 8=64.1$$

R16= ∞

焦距 可变距离	5.92	8.28	11.84
D5	5.75	3.85	0.48
D12	3.51	1.68	0.48
D14	1.00	4.72	9.30

非球面系数

第 5 表面	k=-2.68908e+02 A=0 B=-3.87119e-04 C=1.06059e-04 D=-1.02065e-05 E=4.31045e-07
第 7 表面	k=-7.55840e+05 A=0 B=-3.18389e-03 C=-1.19637e-04 D=-4.73134e-05 E=1.19132e-05
第 12 表面	k=8.38632e-02 A=0 B=1.68911e-03 C=-3.04922e-04 D=-1.10847e-05 E=8.92638e-06
第 14 表面	k=1.89274e+00 A=0 B=-3.63853e-03 C=1.34005e-04 D=-1.45233e-05 E=-5.43804e-06

第十一数值例

f=5.93~11.86	Fno=2.53~4.90	2ω=53.7~28.4	
R1=14.850	D1=2.53	N1=1.696797	ν1=55.5
R2=6.000	D2=2.50		
R3=∞	D3=7.50	N2=1.696797	ν2=55.5
R4=∞	D4=0.20		
R5=15.414	D5=1.70	N3=1.719995	ν3=50.2

R6=101.631	D6=可变		
R7=光圈	D7=0.70		
R8=8.005	D8=2.00	N4=1.729157	υ4=54.7
R9=-10.983	D9=0.60	N5=1.800999	υ5=35.0
R10=10.278	D10=0.40		
*R11=16.834	D11=1.70	N6=1.583126	υ6=59.4
*R12=-4.797	D12=可变		
*R13=200.460	D13=1.50	N7=1.491710	υ7=57.4
*R14=140.915	D14=0.50		
R15=-10.529	D15=0.70	N8=1.799516	υ8=42.2
R16=9.677	D16=可变		
R17=∞	D17=0.60	N9=1.516330	υ9=64.1
R18=∞			

焦距 可变距离	5.93	8.30	11.86
D6	6.03	4.35	1.01
D12	2.80	1.45	0.45
D16	0.50	3.53	7.86

非球面系数

第 11 表面	k=-3.39128e+01
	A=0 B=-4.24625e-03 C=-6.45997e-04
	D=-3.15980e-05 E=-9.25428e-06
第 12 表面	k=1.53104e+00
	A=0 B=-2.36218e-04 C=-4.72887e-04
	D=8.34842e-05 E=-1.28464e-05
第 13 表面	k=-4.70761e+06
	A=0 B=4.40682e-03 C=-6.31844e-04

D=2.57699e-04 E=-2.64686e-05

第 14 表面 k=-3.93361e+06

A=0 B=6.67082e-03 C=-5.28202e-04

D=2.96821e-04 E=-2.08240e-05

第十二数值例

f=5.93~11.86 Fno=2.49~5.00 2ω=53.7~28.4

R1=18.708 D1=0.80 N1=1.696797 υ1=55.5

R2=7.473 D2=11.00

R3=20.885 D3=2.00 N2=1.491710 υ2=57.4

*R4=-40.235 D4=可变

R5=光圈 D5=0.70

*R6=26.740 D6=1.70 N3=1.491710 υ3=57.4

*R7=-9.798 D7=0.15

R8=13.824 D8=2.77 N4=1.846660 υ4=23.8

R9=5.059 D9=0.30

R10=5.955 D10=1.80 N5=1.491710 υ5=57.4

*R11=-4.398 D11=可变

R12=-20.197 D12=0.80 N6=1.491710 υ6=57.4

*R13=3.820 D13=可变

R14=∞ D14=0.60 N7=1.516330 υ7=64.1

R15=∞

焦距 可変距離	5.93	9.49	11.86
D4	7.12	3.78	0.88
D11	2.95	1.10	0.48
D13	1.00	6.20	9.71

非球面系数

第 4 表面	$k=-7.77277e+02$ $A=0$ $B=-1.20138e-03$ $C=1.43807e-04$ $D=-8.13715e-06$ $E=1.87133e-07$
第 6 表面	$k=-2.38206e+01$ $A=0$ $B=1.13757e-06$ $C=-1.34884e-04$ $D=2.17279e-05$ $E=3.36371e-06$
第 7 表面	$k=-1.77778e+00$ $A=0$ $B=9.70736e-04$ $C=2.10087e-06$ $D=4.64865e-06$ $E=5.30854e-06$
第 11 表面	$k=3.02269e-01$ $A=0$ $B=2.42257e-03$ $C=-4.12710e-04$ $D=-1.35887e-05$ $E=1.68140e-05$
第 13 表面	$k=4.37899e-01$ $A=0$ $B=-3.66696e-03$ $C=4.24352e-04$ $D=-9.46709e-05$ $E=5.73950e-06$

第十三数值例

$f=5.97\sim 11.97$	$Fno=3.50\sim 5.81$	$2\omega=53.3\sim 30.6$	
$R1=209.202$	$D1=0.70$	$N1=1.696797$	$\nu 1=55.5$
$R2=5.287$	$D2=3.50$		
$R3=9.454$	$D3=1.80$	$N2=1.491710$	$\nu 2=57.4$
$*R4=-100.183$	$D4=\text{可变}$		
$R5=\text{光圈}$	$D5=0.70$		
$*R6=10.729$	$D6=1.70$	$N3=1.491710$	$\nu 3=57.4$
$*R7=-6.370$	$D7=0.15$		
$R8=14.561$	$D8=3.76$	$N4=1.846660$	$\nu 4=23.8$
$R9=3.803$	$D9=0.40$		
$R10=4.806$	$D10=1.80$	$N5=1.491710$	$\nu 5=57.4$

*R11=-5.655 D11=可变
*R12=-348.275 D12=0.80 N6=1.583126 υ6=59.4
*R13=4.505 D13=可变
R14=∞ D14=0.60 N7=1.516330 υ7=64.1
R15=∞

焦距 可变距离	5.97	8.60	10.97
D4	4.36	2.42	0.48
D11	2.58	1.10	0.47
D13	1.00	4.43	6.99

非球面系数

第 4 表面 k=-1.92585e+03
 A=0 B=-4.32227e-04 C=9.20184e-05
 D=-1.02091e-05 E=8.78649e-07
第 6 表面 k=-2.47387e+01
 A=0 B=-7.74285e-04 C=-2.21213e-04
 D=3.51954e-05 E=8.81065e-06
第 7 表面 k=-2.68210e+00
 A=0 B=-2.63207e-03 C=-9.83717e-05
 D=3.02356e-05 E=-5.93077e-06
第 11 表面 k=4.99059e+00
 A=0 B=4.83772e-03 C=1.02007e-04
 D=-9.44702e-05 E=2.93900e-05
第 12 表面 k=2.68521e+04
 A=0 B=-5.91408e-04 C=-1.15506e-04
 D=-1.03795e-04 E=-9.30555e-06

第 13 表面 $k=1.98556e+00$
 $A=0$ $B=-4.57464e-03$ $C=-3.92360e-05$
 $D=-9.42590e-05$ $E=-1.31748e-05$

表 2

条件表达式	例子 6	例子 7	例子 8	例子 9	例子 10	例子 11	例子 12	例子 13
(6) $ F12w/Fw $	-0.06	-0.03	-0.06	-0.07	-0.20	-0.05	0.01	-0.27
(7) $F3/Fw$	1.28	1.31	1.23	1.23	1.23	1.18	1.23	1.23
(8) $ F4/Fw $	1.11	1.32	1.25	1.43	1.55	1.06	1.11	1.31
(9) $\beta 4w$	1.27	1.22	1.26	1.22	1.22	1.27	1.32	1.26
(10) $ F3/F4 $	1.15	0.99	0.98	0.86	0.79	1.11	1.11	0.94

以下，说明根据第十四至第十八示例性实施例的变焦透镜。根据第十四至第十八示例性实施例的变焦透镜的每一个包括：包含从物侧到图像依次排列的具有正折光力或负折光力的第一透镜单元（例如，B1m-B1q）、具有负折光力的第二透镜单元（例如，B2m-B2q）、具有正折光力的第三透镜单元（例如，B3m-B3q）和有负折光力的第四透镜单元（例如，B4m-B4q）的四个透镜单元。

图 39A~39C 分别表示根据第十四示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 40A~40C 分别表示根据第十四示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 41A~41C 分别表示根据第十五示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 42A~42C 分别表示根

据第十五示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 43A~43C 分别表示根据第十六示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 44A~44C 分别表示根据第十六示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 45A~45C 分别表示根据第十七示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 46A~46C 分别表示根据第十七示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

图 47A~47C 分别表示根据第十八示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的断面图。图 48A~48C 分别表示根据第十八示例性实施例的变焦透镜的在广角端、中间变焦位置和望远端的像差图。

在第十四至第十八示例性实施例的断面图中，B1m-B1q 表示具有正折光力或负折光力的第一透镜单元，B2m-B2q 表示具有负折光力的第二透镜单元，B3m-B3q 表示具有正折光力的第三透镜单元，B4m-B4q 表示具有负折光力的第四透镜单元。SPm-SPq 表示在第三透镜单元 B3m-B3q 的物侧设置的孔径光阑。

在第十四和第十五示例性实施例中，第一透镜单元（例如，B1m-B1q）可以具有正折光力，在第十六至第十八示例性实施例中，第一透镜单元（例如，B1m-B1q）可以具有负折光力。

Pm-Pq 表示在第一透镜单元（例如，B1m-B1q）中包含并具有用于弯曲光路的反射表面的棱镜。棱镜 Pm-Pq 的反射表面使来自物体的光束偏转设计的角度量（例如，约 90°）。LP 表示与例如滤光器、面板、石英低通滤波器、红外截止滤波器对应的光学块。IP 表示像面。与第一至第五示例性实施例类似，固态图像拾取器件的图像拾取面或膜表面位于像面 IP 上。

在像差图中使用的字符与在第一至第五示例性实施例的像差图

中使用的相似。

在根据第十四至第十八示例性实施例的变焦透镜中，在从广角端到望远端的变焦过程中，第二透镜单元（例如，B2m-B2q）可以沿弯曲的轨迹向像侧移动（例如，X13-X17），且第三和第四透镜单元（例如，B3m-B3q 和 B4m-B4q）可以向物侧移动（例如，Y13-Y17 和 Z13-Z17），以改变各透镜单元之间的间隔。第一透镜单元（例如，B1m-B1q）不必为了变焦沿光轴移动。

可以通过沿光轴移动（例如，Z13-Z17）第四透镜单元（例如，B4m-B4q），进行调焦。

在第十四至第十八示例性实施例的各变焦透镜中，第一透镜单元（例如，B1m-B1q）包含使光轴上的光路偏转设计的角度量（例如，约 90° ）的反射构件（例如，P1m-P1q）。因此，可以减小沿向物体的方向的透镜系统的（沿图像拾取装置的深度）的厚度。

另外，可以在第一透镜单元（B1m-B1q）和像面之间设置具有正折光力的透镜单元（例如，第三透镜单元 B3m-B3q）和具有负折光力的透镜单元（例如，第四透镜单元 B4m-B4q）。在从广角端到望远端的变焦过程中，这些负透镜单元和正透镜单元可以逐渐向物侧移动，同时改变其间的距离（间隔）。由于通过具有相反符号的折光力的两个透镜单元提供改变放大倍数的功能，因此，可以减小变焦过程中的移动距离。因此，可以减小光学系统的总长。

另外，在变焦过程可以移动具有负折光力的第二透镜单元，以为当改变放大倍数时导致的图像位置的移动进行补偿。另外，第二透镜单元可在变焦过程中减小像差。

另外，不仅第十四至第十八示例性实施例的变焦透镜，而且第一至第十八示例性实施例的变焦透镜，可以与在光学系统中不要求较高的远心特性的固态图像拾取器件一起使用，并且可以在接近像侧的位置上设置具有相对较高的折光力的负透镜单元。当在光学系统中的最接近像侧的位置上设置具有负折光力的透镜单元时，由于射出光瞳位置与像面接近，因此可以减小远心特性。另外，可以减小光学系统

的总长。

但是，固态图像拾取器件可以具有一定程度的远心特性。可以考虑固态图像拾取器件所需的远心特性和变焦透镜的尺寸的减小，以确定上述“相对较高的折光力”。具体而言，当 F_w 是广角端上的焦距， F_e 是最接近像侧的具有负折光力的透镜单元（第十四至第十八示例性实施例中的第四透镜单元（例如，B4m-B4q））的焦距时，可以满足以下条件：

$$0.8 < |F_e/F_w| < 2.5 \quad (11)$$

通过适当地设置最接近像侧的透镜单元的负折光力，可以在不增加像差的情况下减小透镜系统的总长。

当条件表达式（11）在下限以下时，最接近像侧的透镜单元的折光力太高，难以很好地保持各像差的平衡。另外，射出光瞳位置太接近像面，因此，即使使用在光学系统中不要求较高的远心特性的固态图像拾取器件，也难以使用变焦透镜。另外，对于最接近像侧的透镜单元的组装误差（位置偏离）的敏感性会增加，从制造的角度说，这是不希望的。当条件表达式（11）的值在上限以上时，最接近像侧的透镜单元的折光力会降低，因此透镜系统的总长会增加。

也可以将条件表达式（11）的数值范围设置如下：

$$1.1 < |F_e/F_w| < 2.0 \quad (11a)$$

另外，最接近像侧的透镜单元（例如，第四透镜单元 B4m-B4q）也可以用于改变放大倍数。因此，也可以满足以下表达式。具体而言，当 β_{eW} 和 β_{eT} 分别是广角端和望远端上的横向放大倍数时（在整个系统对无限远物体进行调焦），可以满足以下表达式：

$$1.4 < \beta_{eT} / \beta_{eW} < 3.0 \quad (12)$$

最接近像侧的透镜单元不仅用于形成图像，也用于改变放大倍数。当满足条件表达式（12）时，可以在不使光学性能劣化的情况下减小变焦过程中的透镜单元的移动距离以及整个透镜系统中的玻璃制品的数量。

当条件表达式（12）的值在上限以上时，虽然可以得到良好的

放大倍数改变效果,但最接近像侧的透镜单元的折光力会太高。因此,对于透镜单元的组装误差的敏感性会增加,从制造的角度说,这是不希望的。当条件表达式(12)的值在下限以下时,由最接近像侧的透镜单元得到的放大倍数改变效果较小,且难以得到希望的变焦比。虽然可以通过另外移动透镜单元得到希望的变焦比,但在这种情况下光学系统的总的尺寸会增加。

也可以将条件表达式(12)的数值范围设置如下:

$$1.6 < \beta_{eT} / \beta_{eW} < 2.2 \quad (12a)$$

具有相对较高的折光力的负透镜单元处于最接近像侧的位置且可以条件表达式(11)和(12)可以被满足的结构不限于第十四至第十八示例性实施例,它们也可用于第一至第十八示例性实施例的全部。

下面,说明在第十四至第十八示例性实施例的变焦透镜中包含的各透镜单元的结构。

第一透镜单元(例如,B1m-B1q)包含至少一个负透镜和至少一个正透镜。由于第一透镜单元(例如,B1m-B1q)最接近于物侧,因此它倾向于具有较大的直径。但是,可以通过使用负透镜和正透镜,在不增加像差的情况下将该直径设置为尽可能地小。

另外,可以在第一透镜单元(例如,B1m-B1q)中的最接近像侧的位置设置在像侧具有凸表面的正弯月透镜。当正弯月透镜的位置最接近像侧时,可以通过使在物侧的负透镜产生相反方向的像差,减少像差。特别地,可以在整个透镜系统中减少像散。

在第十四至第十八示例性实施例中,第一透镜单元(例如,B1m-B1q)包含从物侧到像侧依次排列的在物侧具有凸表面的负弯月透镜(例如,G11m-G11q)、直角棱镜(例如,Pm-Pq)和在像侧具有凸表面的正弯月透镜(例如,G12m-G12q)。

第二透镜单元(例如,B2m-B2q)包含至少一个双凹面透镜。第二透镜单元(例如,B2m-B2q)用作补偿器。当第二透镜单元(例如,B2m-B2q)包含双凹面透镜时,可以用数量较少的透镜得到校正

整个变焦范围中的像差所需要的折光力。另外，横向色差也可以得到校正。

在第十四和第十五示例性实施例中，第二透镜单元 B2 包含从物侧到像侧依次排列的双凹面负透镜（例如，G21m-G21q）和在物侧具有凸表面的正弯月透镜。在第十六至第十八示例性实施例中，可以将双凹面负透镜（例如，G21m-G21q）和正弯月透镜（例如，G22m-G22q）组合在一起，并且第二透镜单元（例如，B2m-B2q）可以由具有负折光力的组合透镜构成。

第三透镜单元（例如，B3m-B3q）包含至少一个非球形表面用于以较少数量的透镜减少像差。鉴于此，第三透镜单元 B3 可以具有在两个面都具有非球形表面的双凸面透镜。不对非球面透镜进行特别限定，它可以是通过使玻璃或塑料成型得到的透镜、通过切割得到的透镜、或用树脂涂敷玻璃表面的所谓复型非球面透镜等。

在第十四示例性实施例中，第三透镜单元（例如，B3m）包含从物侧到像侧依次排列的双凸面正透镜（例如，G31m）、在像侧具有凸表面的负弯月透镜（例如，G32m）、双凸面正透镜（例如，G33m）、在物侧具有凸表面的负弯月透镜（例如，G34m）。正透镜（例如，G31m）和负弯月透镜（例如，G32m）被组合在一起，以形成具有正折光力的组合透镜。双凸面正透镜（例如，G33m）可以在物侧和像侧同时具有非球形表面。负弯月透镜（例如，G34m）可以在物侧具有非球形表面。

在第十五和第十六示例性实施例中，第三透镜单元（例如，G3n-G3o）包含从物侧到像侧依次排列的双凸面正透镜（例如，G31n-G31o）、在像侧具有凸表面的负弯月透镜（例如，G32n-G32o）、双凸面正透镜（例如，G33n-G33o）和双凹面负透镜（例如，G34n-G34o）。正透镜（例如，G31n-G31o）和负弯月透镜（例如，G32n-G32o）可以被组合在一起，以形成具有正折光力的组合透镜。双凸面正透镜 G33 可以在物侧和像侧同时具有非球形表面。

在第十七示例性实施例中，第三透镜单元（例如，B3p）包含从

物侧到像侧依次排列的双凸面正透镜 G31、在像侧具有凸表面的负弯月透镜（例如，G32p）、双凸面正透镜（例如，G33p）、在物侧具有凸表面的负弯月透镜（例如，G34p）。正透镜（例如，G31p）和负弯月透镜 G32 被组合在一起，以形成具有正折光力的组合透镜。负弯月透镜（例如，G32p）可以在像侧具有非球形表面。双凸面正透镜（例如，G33p）可以在物侧和像侧同时具有非球形表面。

在第十八示例性实施例中，第三透镜单元（例如，B3q）包含从物侧到像侧依次排列的在物侧具有凸表面的正弯月透镜（例如，G31q）、双凸面正透镜（例如，G32q）、在像侧具有凸表面的负弯月透镜（例如，G33q）、在两侧具有非球形表面的双凸面正透镜（例如，G34q）和在物侧具有凸表面在像侧具有非球形表面的负弯月透镜（例如，G35q）。正透镜（例如，G32q）和负弯月透镜（例如，G33q）被组合在一起，以形成具有正折光力的组合透镜。双凸面正透镜（例如，G34q）可以在物侧和像侧同时具有非球形表面。负弯月透镜（例如，G35q）可以在像侧具有非球形表面。

在第十四至第十八示例性实施例中，第四透镜单元（例如，B4m-B4q）仅包含在像侧具有凸表面的负弯月透镜（G41m-G41q）。由于与像侧最接近的透镜可以具有在像侧具有凸表面的负弯月形状，因此透镜变得更加与孔径光阑（例如，SPm-SPq）同心。因此，可以在不增加像差的情况下减小总长度。

以下，分别说明与第十四至第十八示例性实施例对应的第十四至第十八数值例。在各数值例中使用的符号与在第一至第五数值例中使用的类似，因此略去对其的解释。

表 3 示出第一至第十八示例性实施例的每一个中的条件表达式（11）和（12）的值。

第十四数值例

f=6.3~23.3 Fno=2.4~5.7 ω=29.3°~8.5°

R1=18.611	D1=0.850	N1=1.9229	υ1=18.9
R2=10.025	D2=2.221		
R3=∞	D3=10.200	N2=1.8040	υ2=46.6
R4=∞	D4=0.490		
R5=-38.404	D5=1.180	N3=1.6990	υ3=30.1
R6=-14.412	D6=可变		
R7=-12.722	D7=0.400	N4=1.7440	υ4=44.8
R8=14.684	D8=0.200		
R9=13.385	D9=1.234	N5=1.9229	υ5=18.9
R10=85.033	D10=可变		
R11=6.786	D11=3.405	N6=1.4875	υ6=70.2
R12=-6.200	D12=0.350	N7=1.8340	υ7=37.2
*R13=-54.737	D13=0.285		
*R14=7.224	D14=2.307	N8=1.4875	υ8=70.2
*R15=-6.588	D15=0.050		
R16=7.601	D16=0.800	N9=1.8340	υ9=37.2
R17=4.467	D17=可变		
R18=-5.991	D18=0.500	N10=1.8340	υ10=37.2
R19=-19.654	D19=可变		
R20=∞	D20=0.600	N11=1.5163	υ11=64.1
R21=∞			

焦距 可变距离	广	中	远
D6	0.521	4.808	1.762
D10	11.962	3.713	0.255
D17	7.311	6.290	5.677
D19	0.200	5.183	12.300

非球面系数

第 13 表面 $k=0$ $A=0$ $B=1.5464\text{e-}04$ $C=2.3539\text{e-}05$ $D=1.4487\text{e-}06$ $E=-5.7241\text{e-}08$ 第 14 表面 $k=0$ $A=0$ $B=-1.4805\text{e-}03$ $C=-5.0395\text{e-}06$ $D=1.7754\text{e-}06$ $E=-1.2369\text{e-}08$ 第 15 表面 $k=0$ $A=0$ $B=4.1729\text{e-}04$ $C=-4.3939\text{e-}05$ $D=2.5998\text{e-}06$ $E=-2.8596\text{e-}08$

第十五数值例

 $f=6.3\sim 18.9$ $Fno=2.4\sim 5.0$ $\omega=29.3^\circ\sim 10.5^\circ$ $R1=15.924$ $D1=0.850$ $N1=1.9229$ $v1=18.9$ $R2=8.910$ $D2=2.500$ $R3=\infty$ $D3=11.000$ $N2=1.8040$ $v2=46.6$ $R4=\infty$ $D4=0.678$ $R5=-23.391$ $D5=1.177$ $N3=1.7552$ $v3=27.5$ $R6=-11.961$ $D6=\text{可变}$ $R7=-10.497$ $D7=0.400$ $N4=1.6223$ $v4=53.2$ $R8=12.206$ $D8=0.330$ $R9=11.620$ $D9=1.800$ $N5=1.8467$ $v5=23.8$ $R10=59.986$ $D10=\text{可变}$ $R11=6.292$ $D11=3.500$ $N6=1.4875$ $v6=70.2$ $R12=-6.754$ $D12=0.380$ $N7=1.8340$ $v7=37.2$ $R13=-31.948$ $D13=0.200$ $*R14=8.673$ $D14=2.222$ $N8=1.4875$ $v8=70.2$ $*R15=-6.441$ $D15=0.085$

R16=-18.741	D16=0.800	N9=1.8340	υ9=37.2
R17=30.035	D17=可变		
R18=-4.500	D18=0.500	N10=1.8340	υ10=37.2
R19=-10.130	D19=可变		
R20=∞	D20=0.600	N11=1.5163	υ11=64.1
R21=∞			

焦距 可变距离	广	中	远
D6	0.538	4.630	2.984
D10	11.323	3.560	0.977
D17	7.713	6.817	6.255
D19	0.200	4.767	9.558

非球面系数

第 14 表面 k=0
A=0 B=-7.8721e-04 C=-3.1700e-05
D=6.1625e-07 E=-1.0793e-07

第 15 表面 k=0
A=0 B=1.1193e-03 C=-3.4844e-05
D=1.3647e-06 E=-9.4562e-08

第十六数值例

f=6.3~22.1 Fno=2.4~5.6 ω=29.3°~9.0°

R1=16.819	D1=0.900	N1=1.9229	υ1=18.9
R2=9.713	D2=2.357		
R3=∞	D3=10.500	N2=1.8040	υ2=46.6
R4=∞	D4=0.690		
R5=-22.261	D5=1.027	N3=1.8467	υ3=23.8

R6=-13.462	D6=可变		
R7=-10.158	D7=0.550	N4=1.6393	υ4=44.9
R8=9.102	D8=1.385	N5=1.8467	υ5=23.8
R9=71.000	D9=0.000		
R10=∞	D10=可变		
R11=5.523	D11=3.231	N6=1.4875	υ6=70.2
R12=-6.804	D12=0.320	N7=1.8340	υ7=37.2
R13=-38.825	D13=0.267		
*R14=8.372	D14=1.991	N8=1.4875	V8=70.2
*R15=-6.012	D15=0.050		
R16=-18.912	D16=1.438	N9=1.8340	V9=37.2
R17=23.920	D17=可变		
R18=-4.599	D18=0.500	N10=1.8340	V10=42.7
R19=-11.103	D19=可变		
R20=∞	D20=0.600	N11=1.5163	V11=64.1
R21=∞			

焦距 可变距离	广	中	远
D6	1.284	4.784	2.160
D10	10.395	3.296	0.200
D17	6.708	6.116	5.749
D19	0.200	4.392	10.478

非球面系数

第 14 表面 k=0
A=0 B=-1.3486e-03 C=-3.9246e-05
D=-3.9584e-06 E=1.2667e-07

第 15 表面 k=0**A=0 B=1.2971e-03 C=-4.6161e-05****D=-7.7310e-07 E=8.0469e-08****第十七数值例****f=6.3~18.9 Fno=2.5~5.3 $\omega=29.3^\circ\sim 10.5^\circ$**

R1=20.645	D1=0.900	N1=1.9229	v1=18.9
R2=9.782	D2=1.700		
R3=∞	D3=10.500	N2=1.8040	v2=46.6
R4=∞	D4=0.347		
R5=-50.851	D5=0.979	N3=1.8467	v3=23.8
R6=-17.125	D6=可变		
R7=-11.058	D7=0.550	N4=1.7015	v4=41.2
R8=7.116	D8=1.577	N5=1.8467	v5=23.8
R9=67.121	D9=可变		
R10=5.278	D10=3.260	N6=1.4875	v6=70.2
R11=-5.803	D11=0.300	N7=1.8340	v7=37.2
*R12=-89.923	D12=0.200		
*R13=6.225	D13=2.332	N8=1.4875	v8=70.2
*R14=-5.699	D14=0.069		
R15=28.539	D15=0.801	N9=1.8340	v9=37.2
*R16=8.006	D16=可变		
R17=-5.316	D17=0.500	N10=1.8340	v10=42.7
R18=-24.116	D18=可变		
R19=∞	D19=0.600	N11=1.5163	v11=64.1
R20=∞			

焦距 可变距离	广	中	远
D6	0.672	2.516	0.408
D9	7.683	2.108	0.200
D16	5.545	4.820	4.479
D18	0.596	5.051	9.409

非球面系数

第 12 表面	k=0 A=0 B=4.7500e-04 C=1.1886e-05 D=-2.2869e-06 E=2.3746e-07
第 13 表面	k=0 A=0 B=-1.0867e-03 C=-5.8280e-05 D=-7.2467e-06 E=1.2741e-07
第 14 表面	k=0 A=0 B=8.9802e-04 C=-6.8994e-05 D=1.1690e-06 E=-1.7331e-07
第 16 表面	k=0 A=0 B=1.0330e-03 C=5.9134e-05 D=2.8816e-06 E=-7.2933e-07

第十八数值例

f=6.3~22.7 Fno=2.4~5.8 ω=29.3°~8.8°			
R1=17.853	D1=0.850	N1=1.9229	υ1=18.9
R2=9.459	D2=2.345		
R3=∞	D3=10.200	N2=1.8467	υ2=23.8
R4=∞	D4=0.706		
R5=-23.541	D5=1.113	N3=1.8052	υ3=25.4
R6=-13.196	D6=可变		

R7=-10.806	D7=0.400	N4=1.6177	υ4=49.8
R8=9.219	D8=1.256	N5=1.8467	υ5=23.8
R9=52.946	D9=可变		
R10=9.977	D10=0.900	N6=1.5163	υ6=64.1
R11=11.321	D11=0.050		
R12=6.284	D12=3.074	N7=1.4875	υ7=70.2
R13=-6.819	D13=0.320	N8=1.8340	υ8=37.2
R14=-11015.044	D14=0.200		
*R15=7.549	D15=2.589	N9=1.4875	υ9=70.2
*R16=-6.325	D16=0.175		
R17=-390.475	D17=2.000	N10=1.8340	υ10=37.2
*R18=13.185	D18=可变		
R19=-6.148	D19=0.500	N11=1.8040	υ11=46.6
R20=-21.695	D20=可变		
R21=∞	D21=0.600	N12=1.5163	υ12=64.1
R22=∞			

焦距 可变距离	广	中	远
D6	1.672	4.928	1.559
D9	10.421	3.328	0.100
D18	6.329	5.369	4.781
D20	0.200	4.997	12.182

非球面系数

第 15 表面 $k=0$
 $A=0$ $B=-8.8222e-04$ $C=-2.4577e-05$
 $D=-1.1520e-06$ $E=-1.1257e-07$

第 16 表面 $k=0$
 $A=0$ $B=1.4185e-03$ $C=-8.4337e-05$
 $D=2.5229e-06$ $E=-1.2053e-07$

第 18 表面 $k=0$
 $A=0$ $B=3.0022e-04$ $C=6.2597e-05$
 $D=1.2883e-06$ $E=-2.7774e-07$

表 3

	例子 1	例子 2	例子 3	例子 4	例子 5
条件表达式 (11)	1.14	1.20	1.13	1.03	1.12
条件表达式 (12)	2.10	2.25	2.28	2.38	1.66

	例子 6	例子 7	例子 8	例子 9	例子 10	例子 11	例子 12	例子 13
条件表达式 (11)	1.11	1.32	1.25	1.43	1.55	1.06	1.11	1.31
条件表达式 (12)	1.94	1.96	1.92	1.90	1.76	1.94	2.02	1.62

	例子 14	例子 15	例子 16	例子 17	例子 18
条件表达式 (11)	1.67	1.61	1.55	1.31	1.72
条件表达式 (12)	2.00	1.79	1.90	1.85	1.97

根据第十四至第十八示例性实施例，可以实现在广角端的 F 数为 2.4 以保证较高的亮度并具有约 3~3.7 的较高的变焦比的小型变焦透镜。

以下，参照图 49 说明包含根据示例性实施例的变焦透镜系统作为摄影光学系统的数字静物照相机。

参照图 49，数字静态照相机包括：照相机本体 10、包含根据示例性实施例的变焦透镜系统的光学摄影系统 11、容纳于照相机本体 10 中的闪光器 (stroboscope) 12、外部取景器 13、快门按钮 14。附图标记 15 表示在照相机本体内的变焦透镜系统的示意性光学配置关系。

如上所述，根据本发明的示例性实施例的变焦透镜系统适用于数字照相机等的图像拾取装置中。因此，可以得到具有较薄的照相机本体的小型、高光学性能图像拾取装置。

另外，在本例子中，反射构件使光轴偏转，使得偏转的光轴沿上下（垂直）方向延伸。但是，在配置光学系统时也可以使得偏转的光轴沿左右（水平）方向延伸。

除了数字静物照相机和数字摄像机等的图像拾取装置，根据至少一个示例性实施例的变焦透镜系统还可以被用于移动电话、个人计算机、个人数字助理中包含的图像拾取单元、相关技术领域人员公知的其它图像拾取单元和等同物中。

已参照各示例性实施例对本发明进行了说明，但应理解，本发明不限于公开的示例性实施例。应给予以下权利要求书的范围最宽的解释，使得其包含所有的变更方式、等同结构和功能。

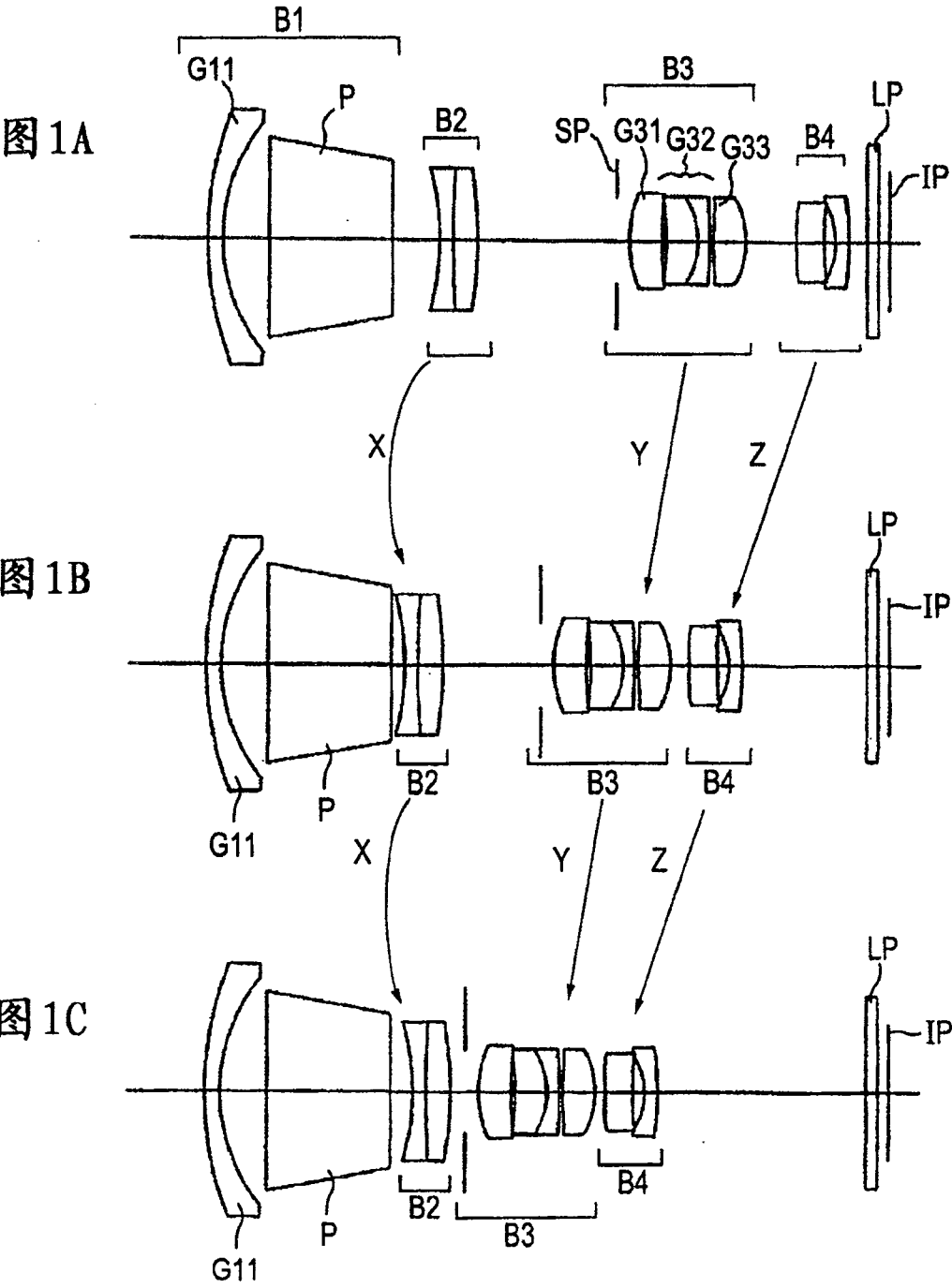


图 2

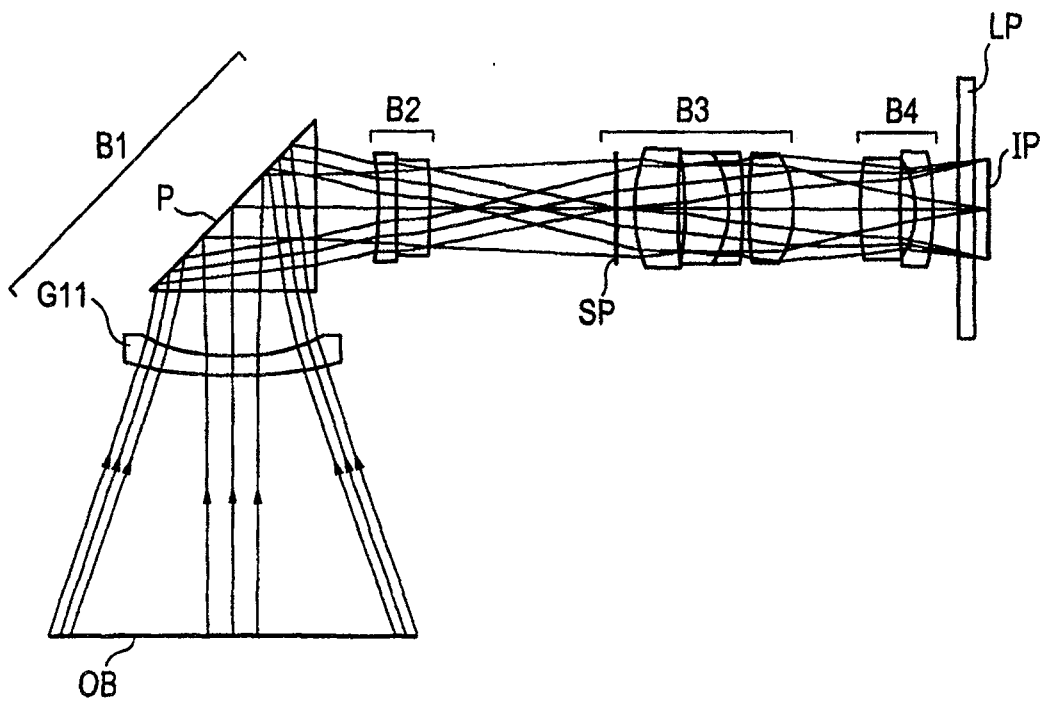


图 3A

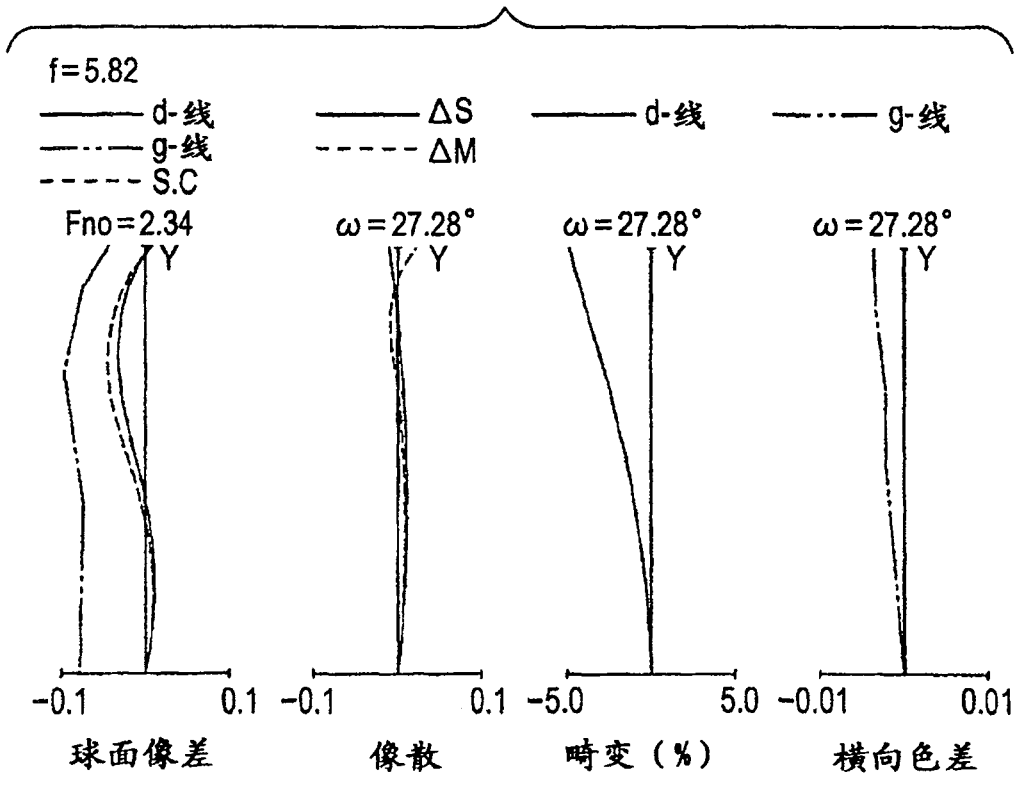


图 3B

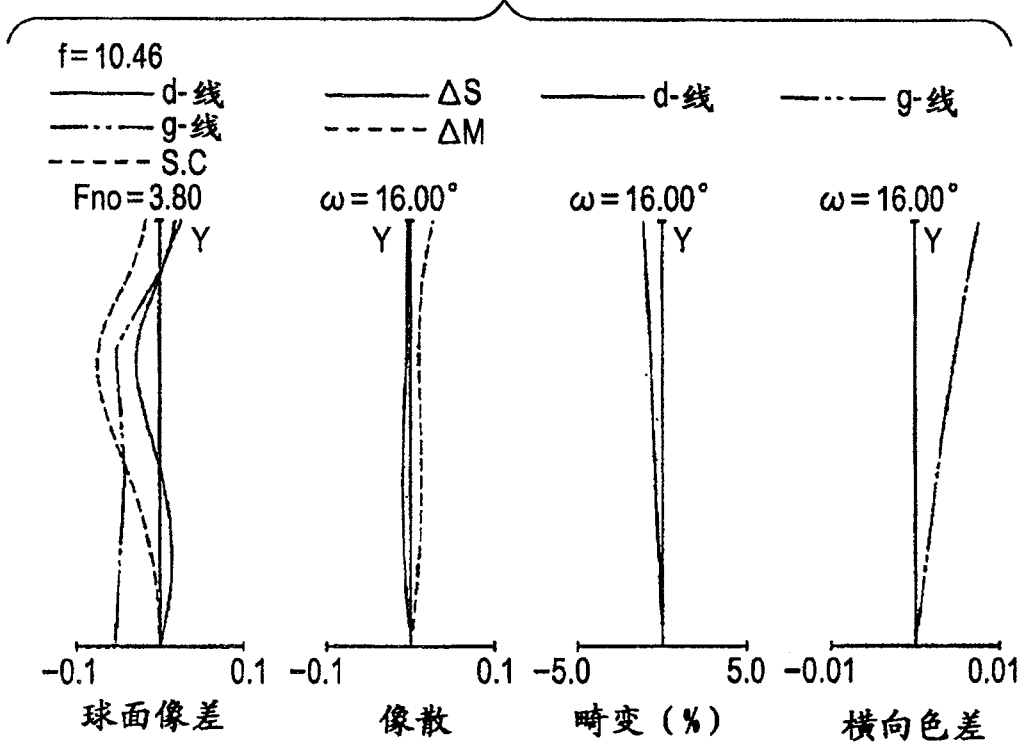
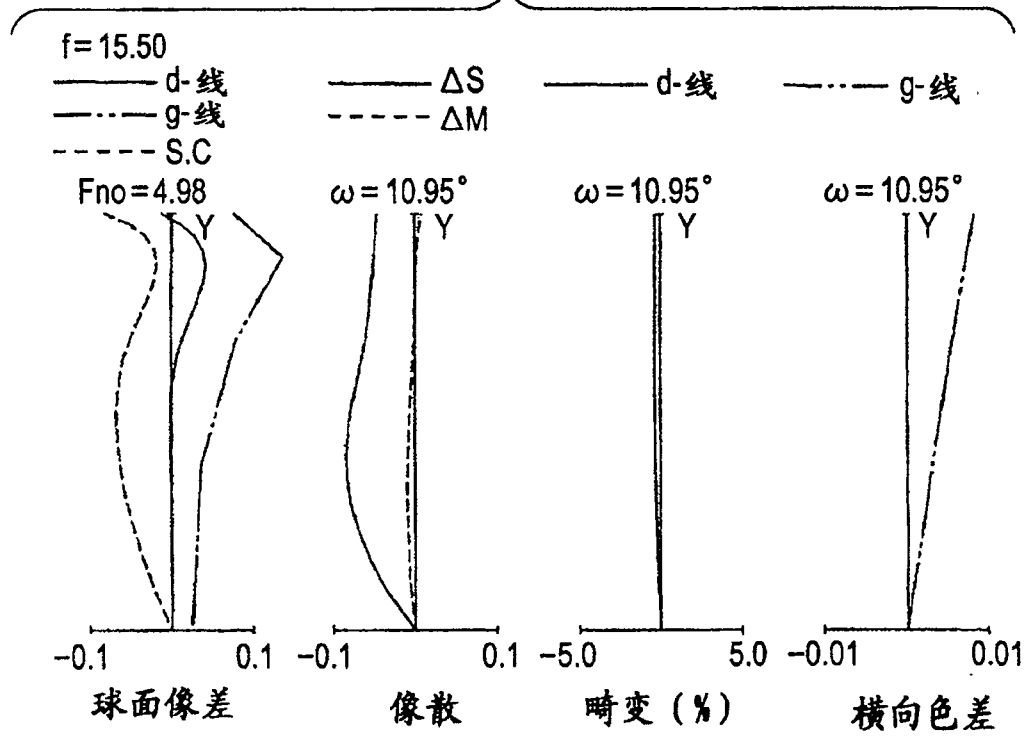


图 3C



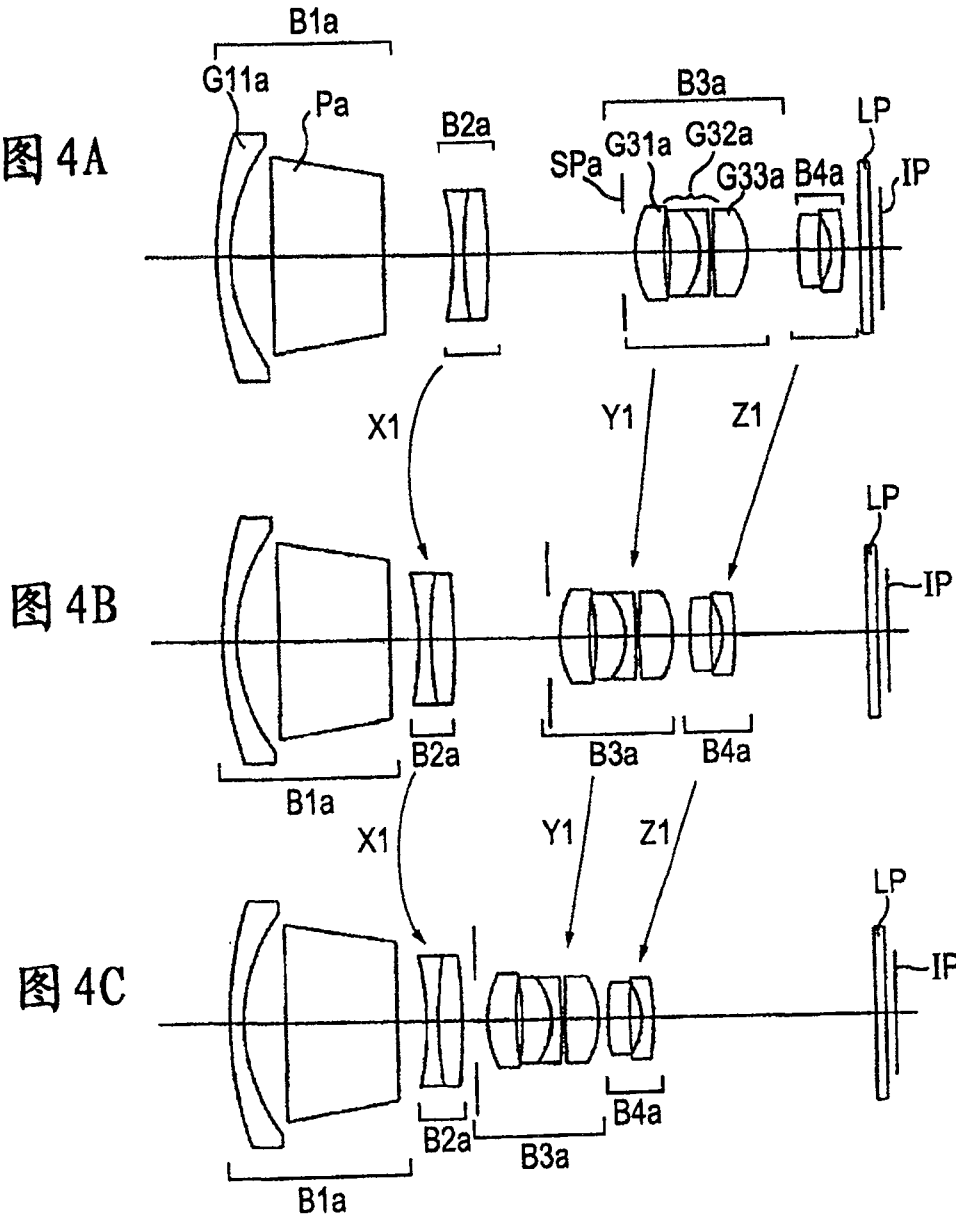


图5

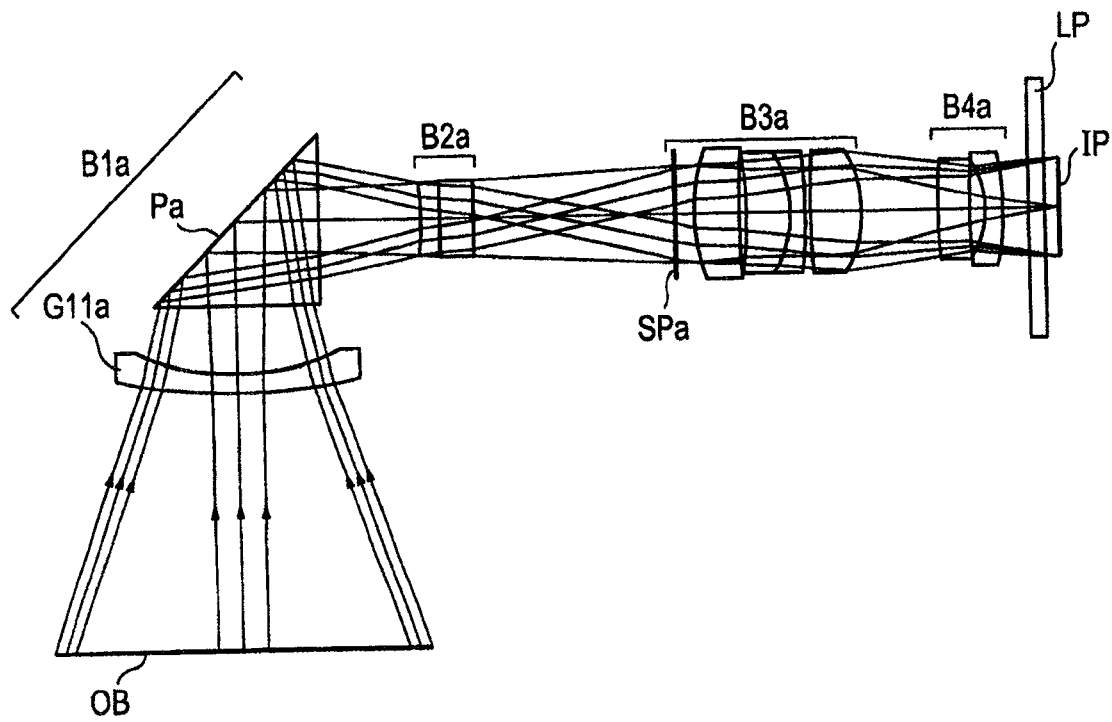


图6A

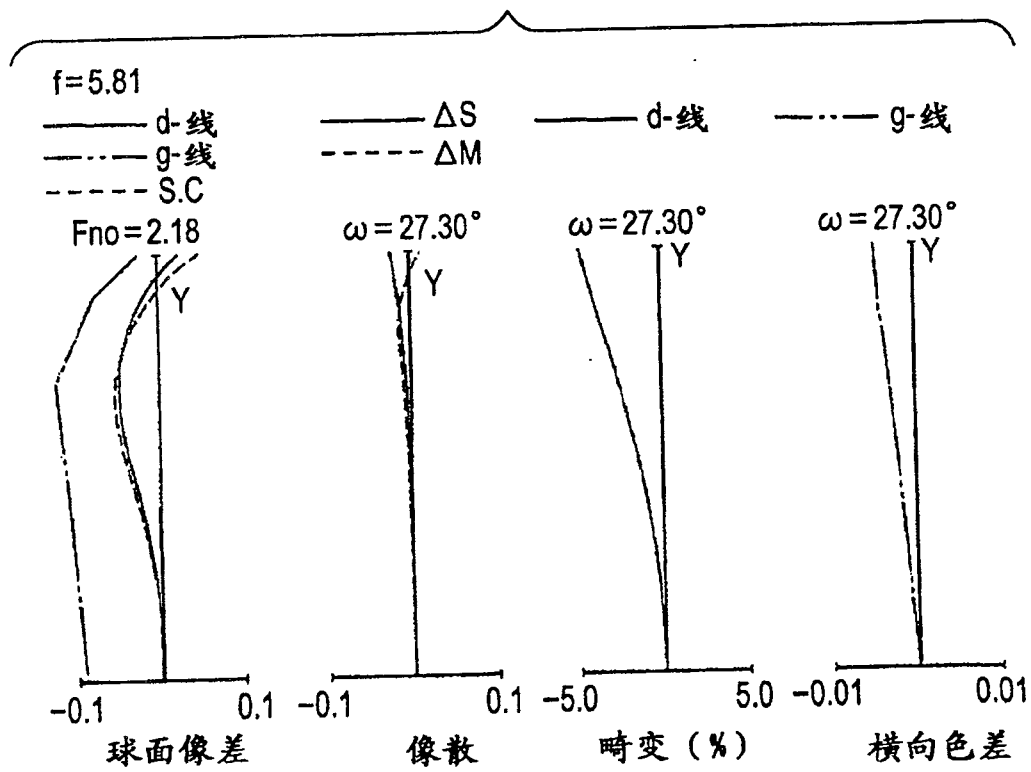


图 6B

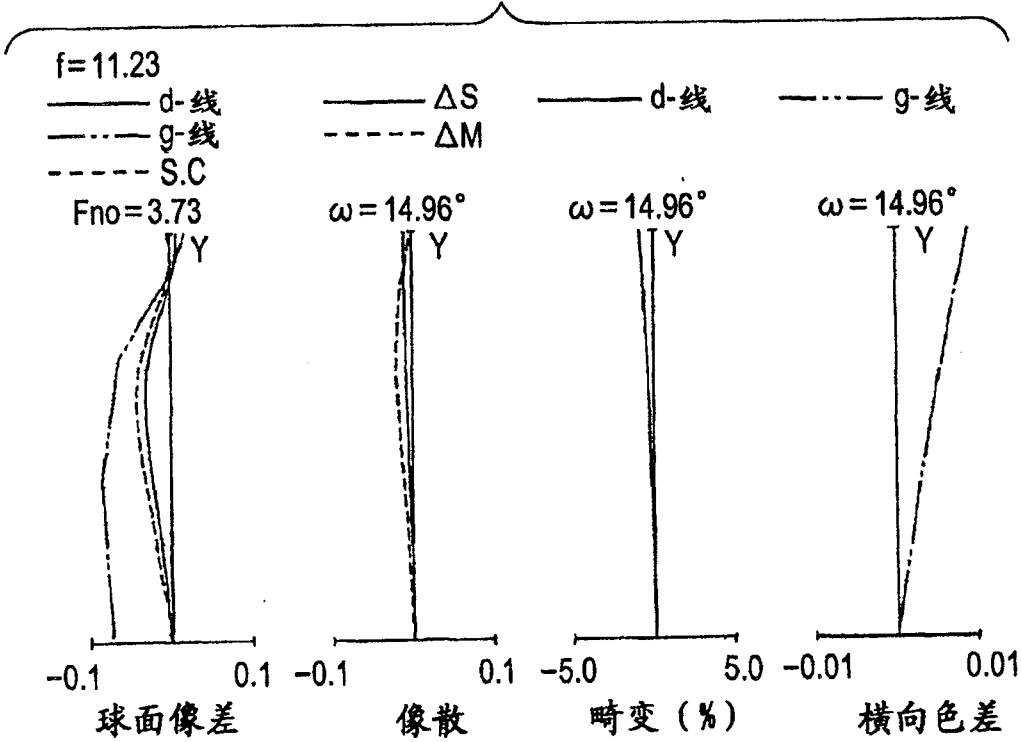
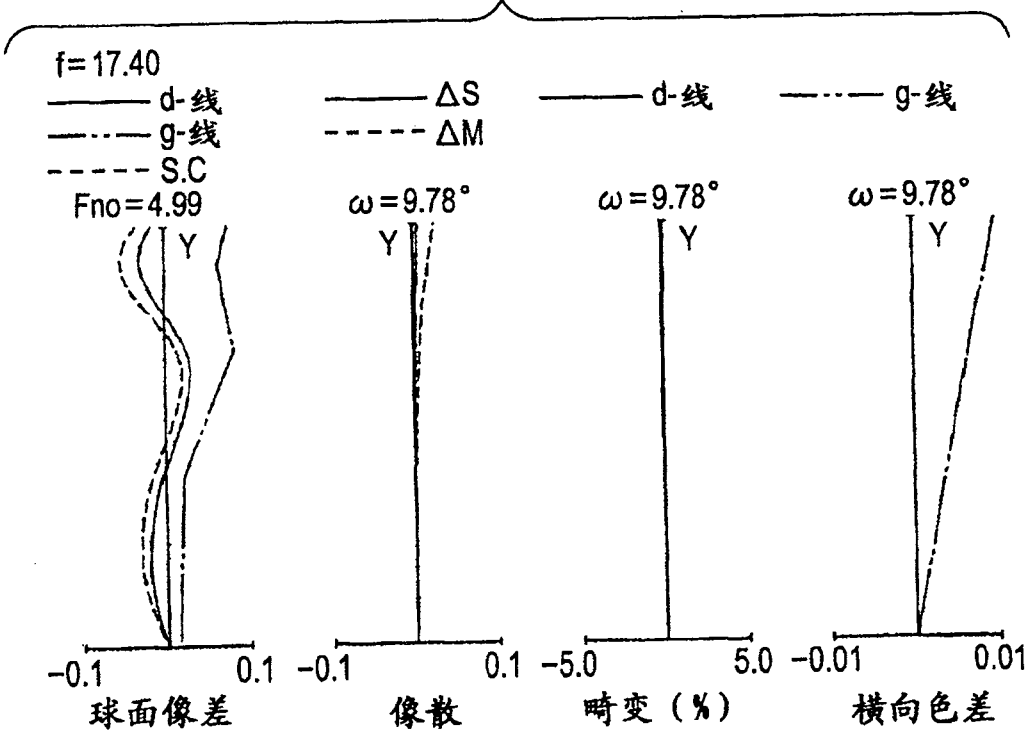


图 6C



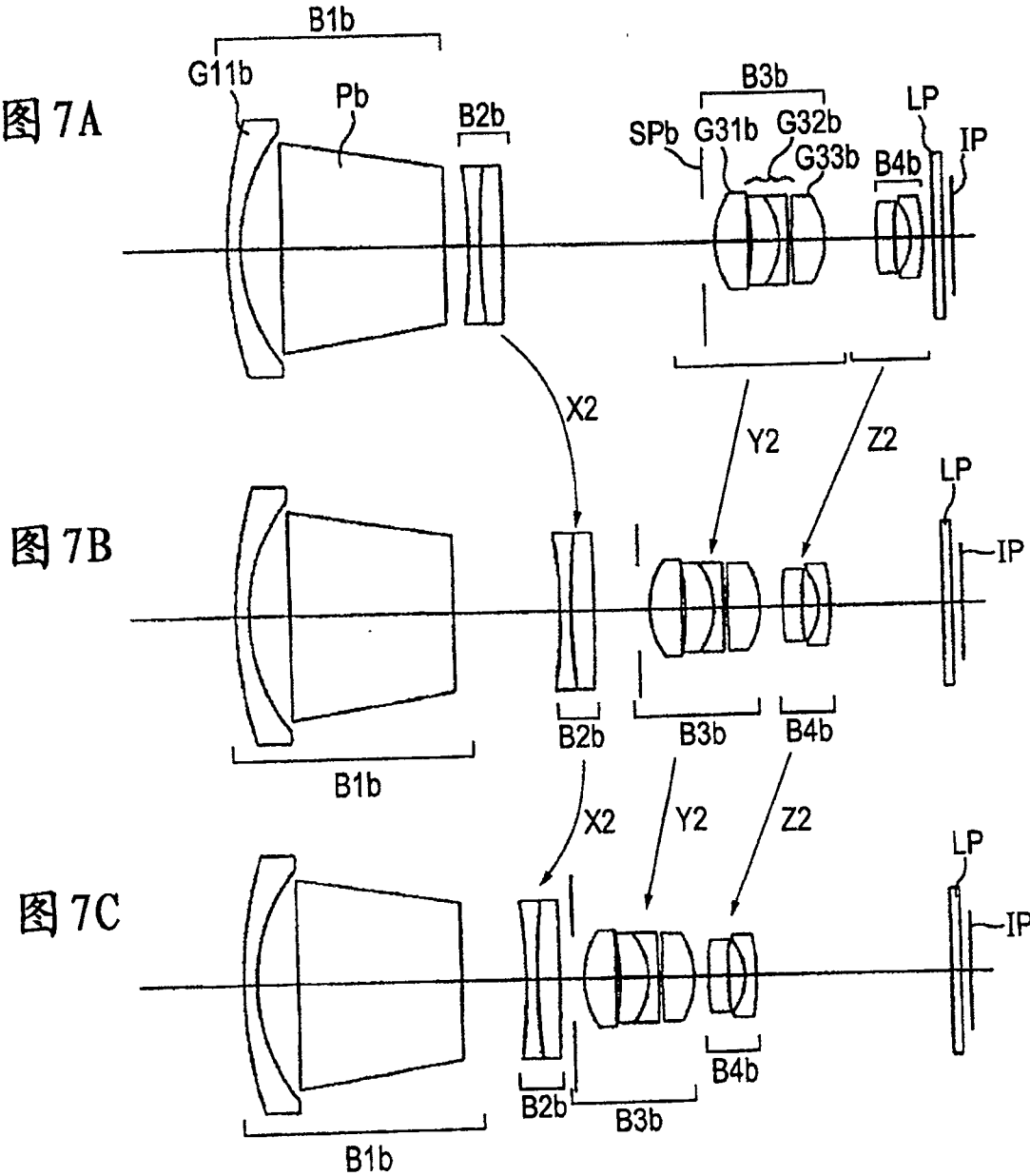


图8

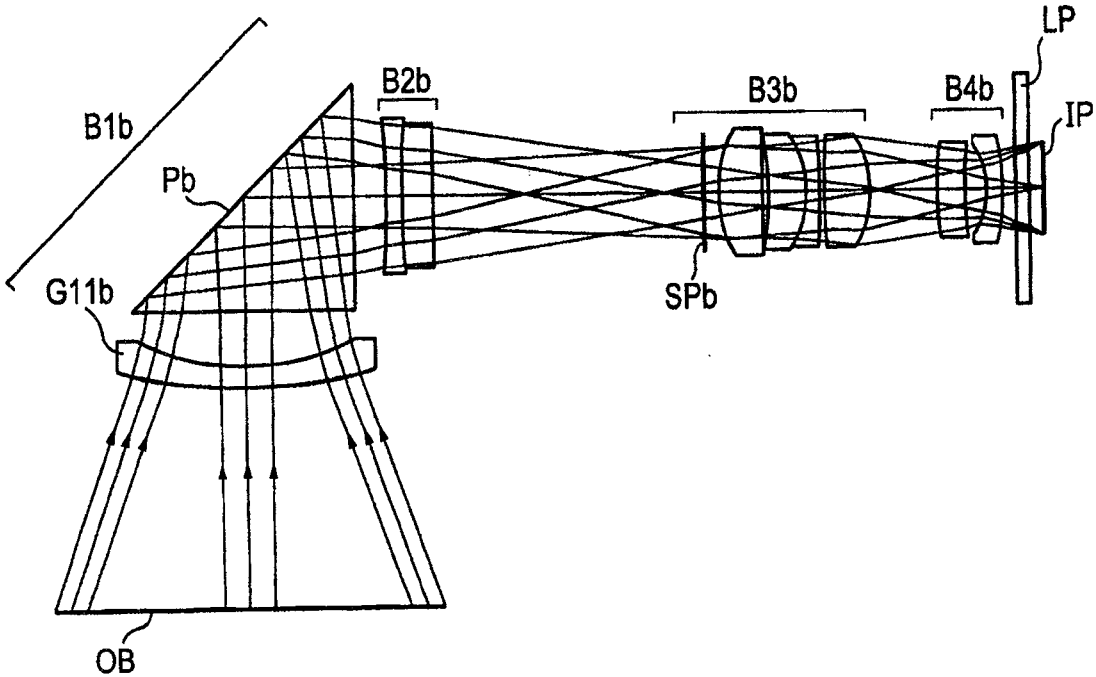


图9A

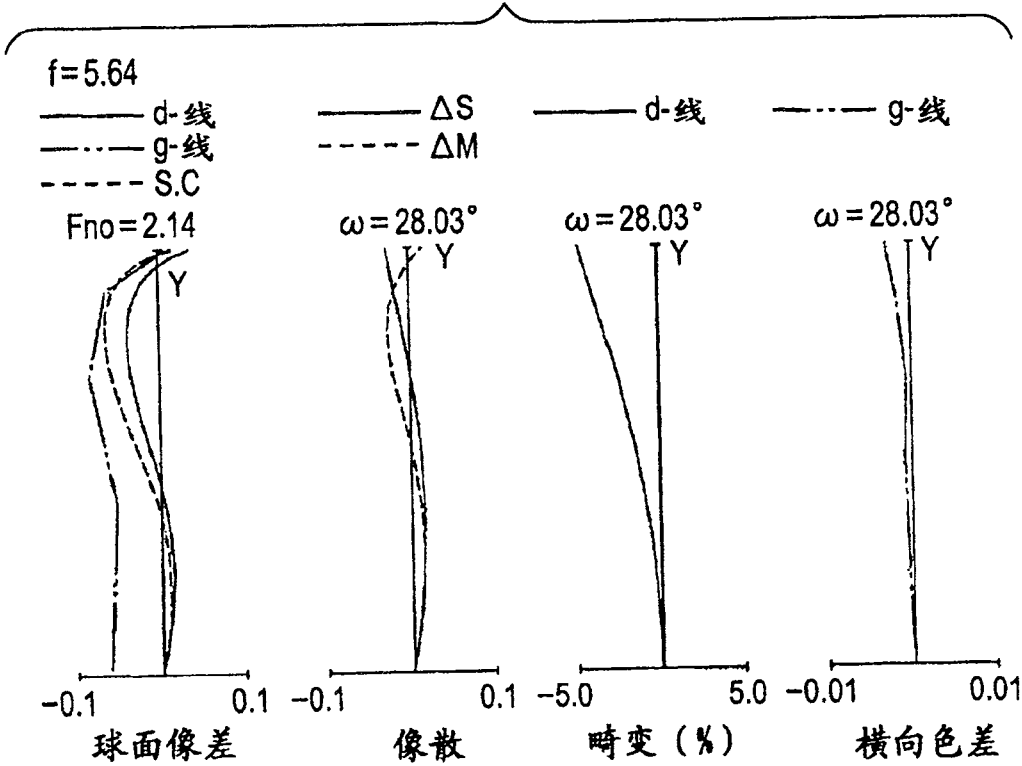


图9B

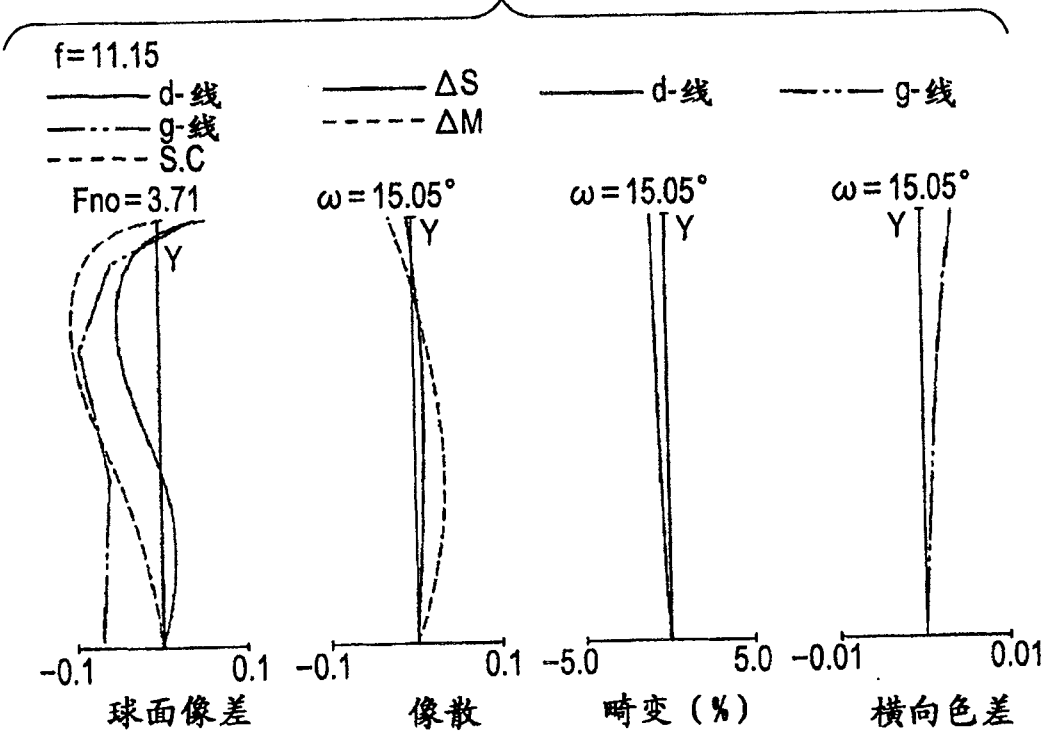
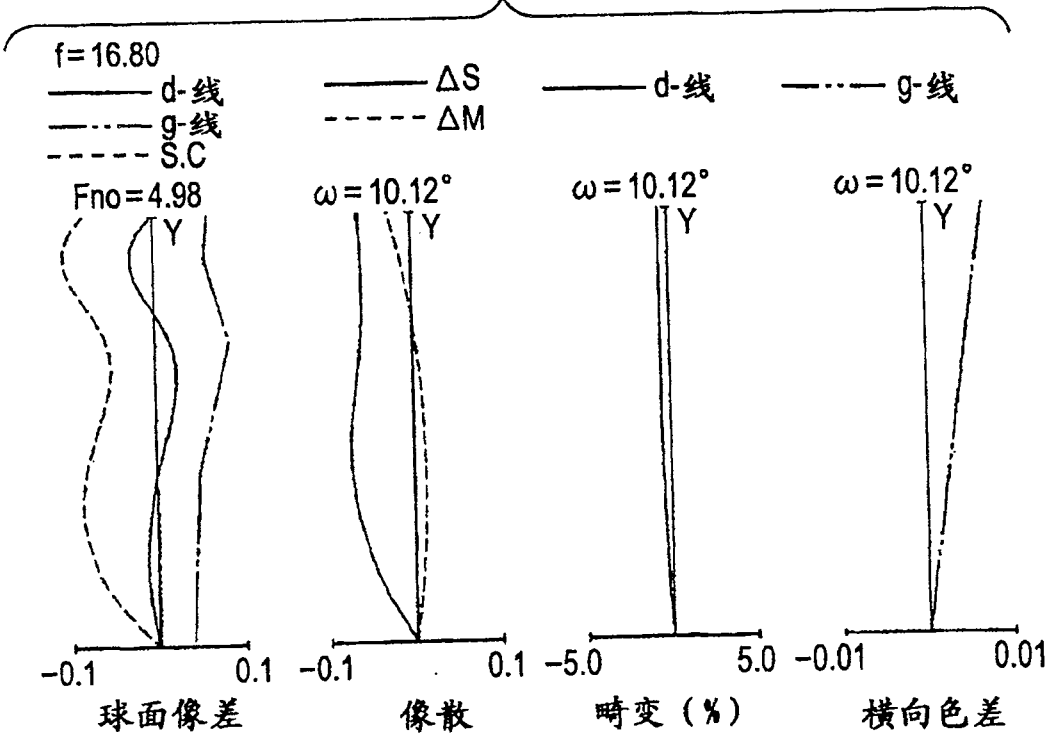


图9C



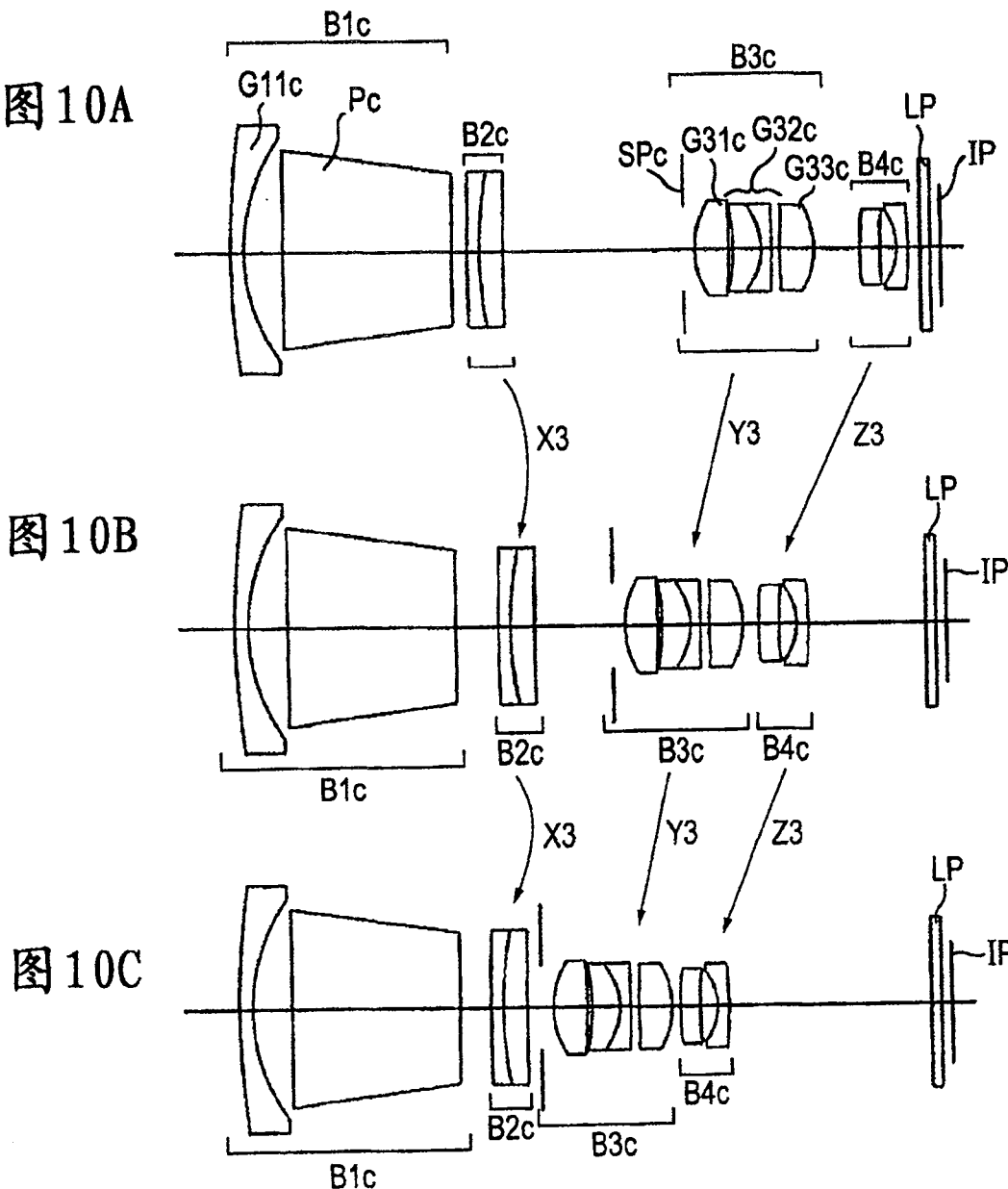


图11

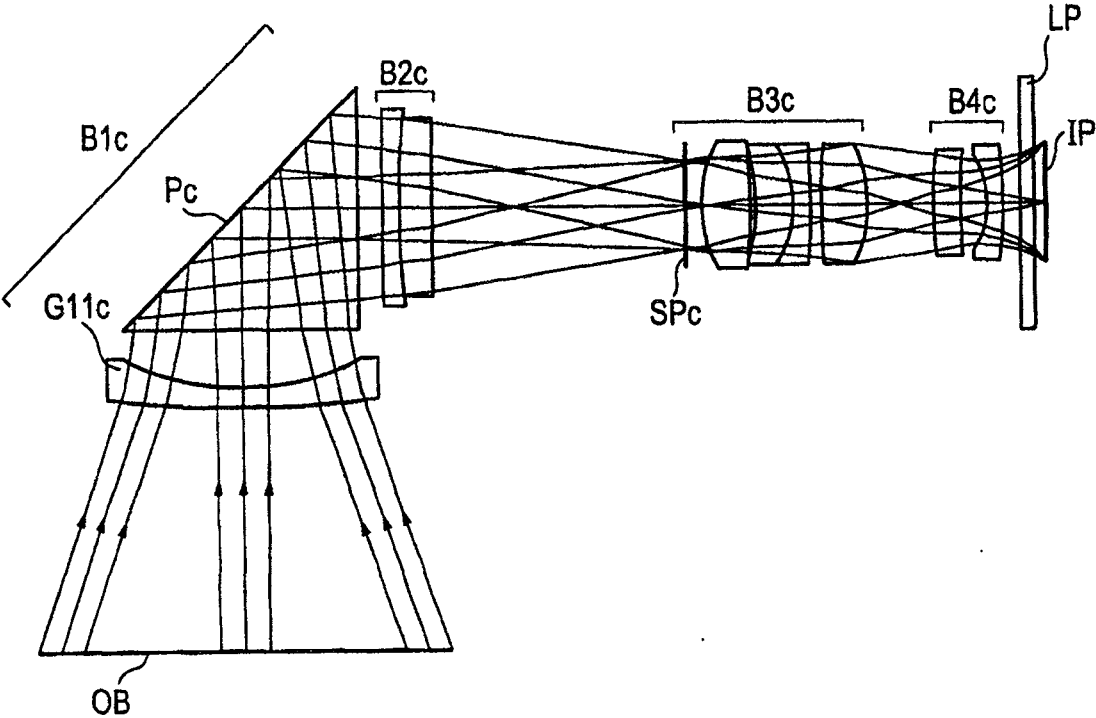


图12A

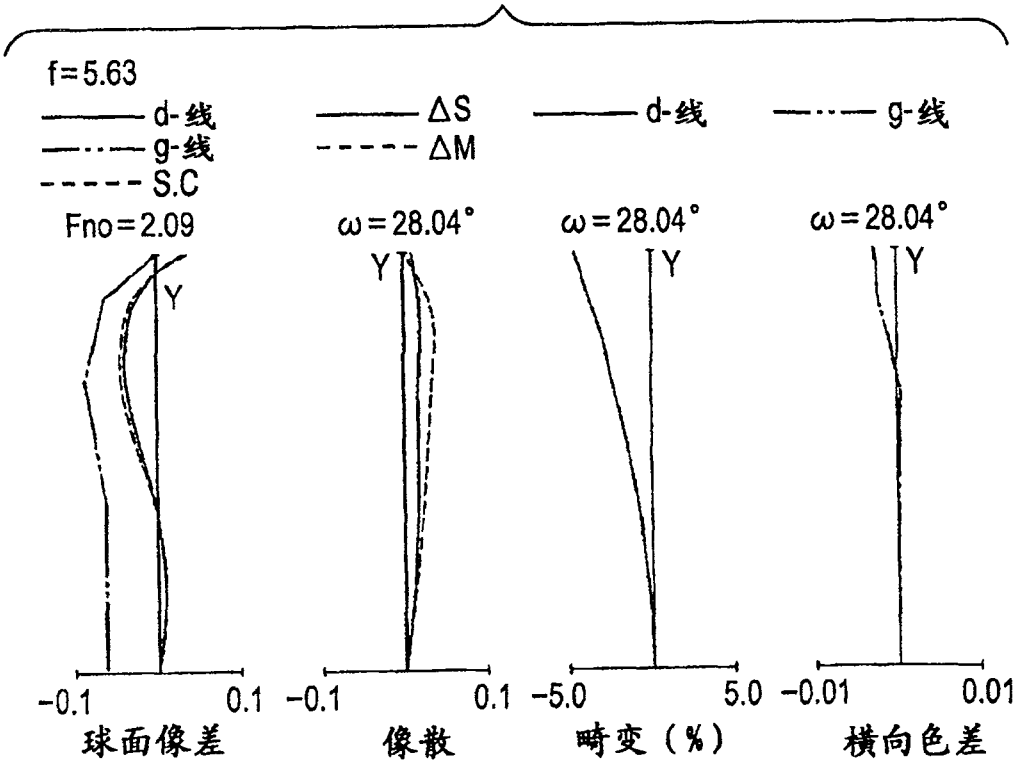


图12B

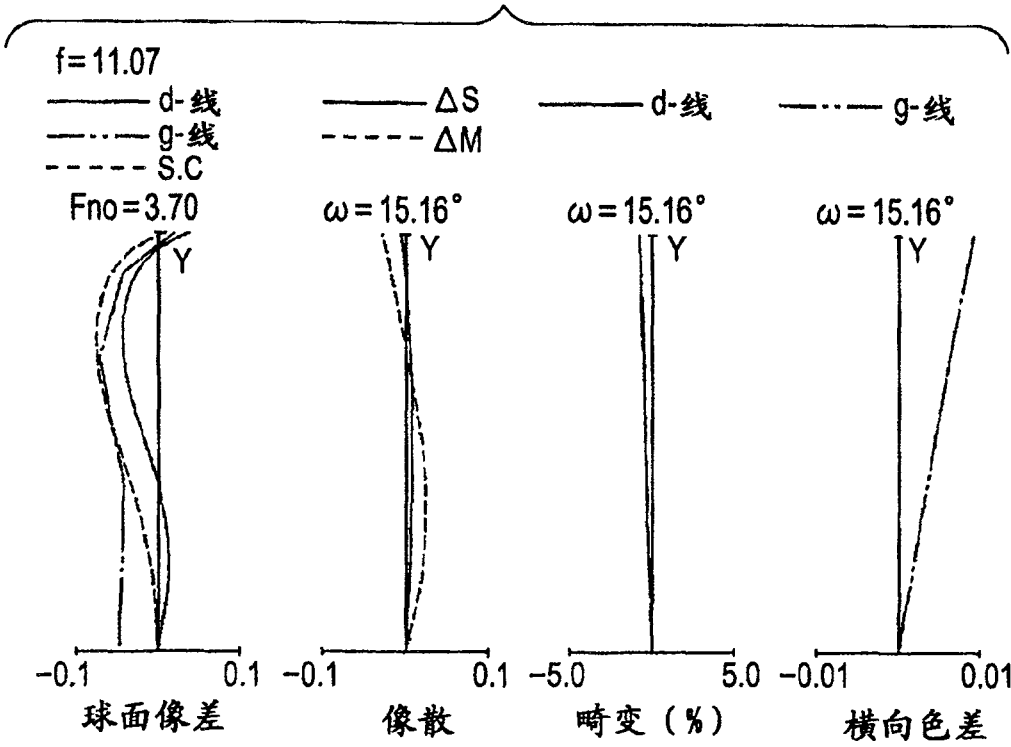
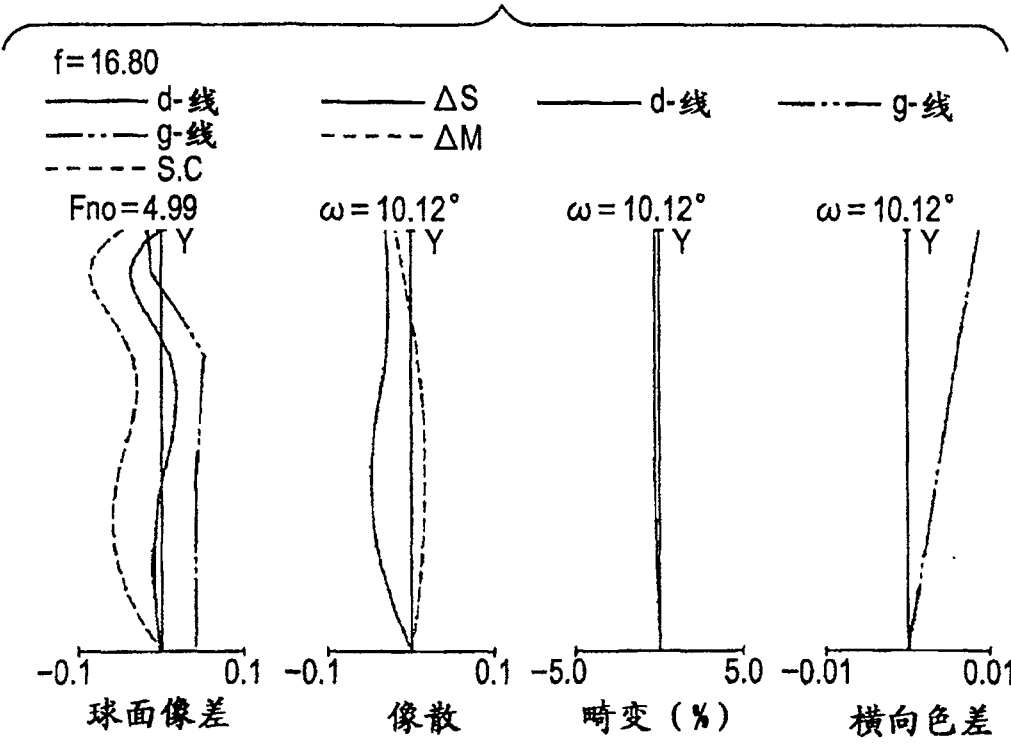


图12C



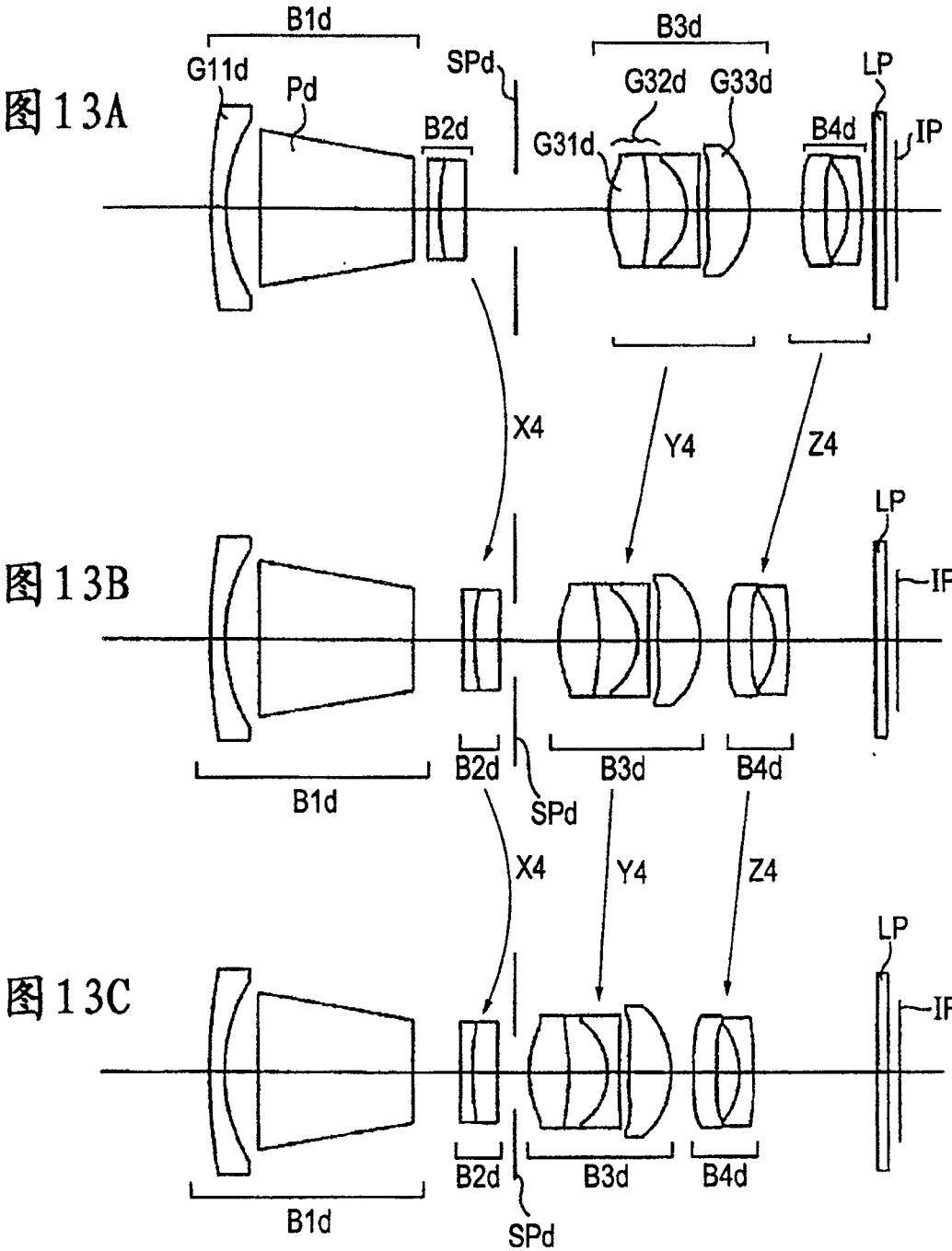


图 14

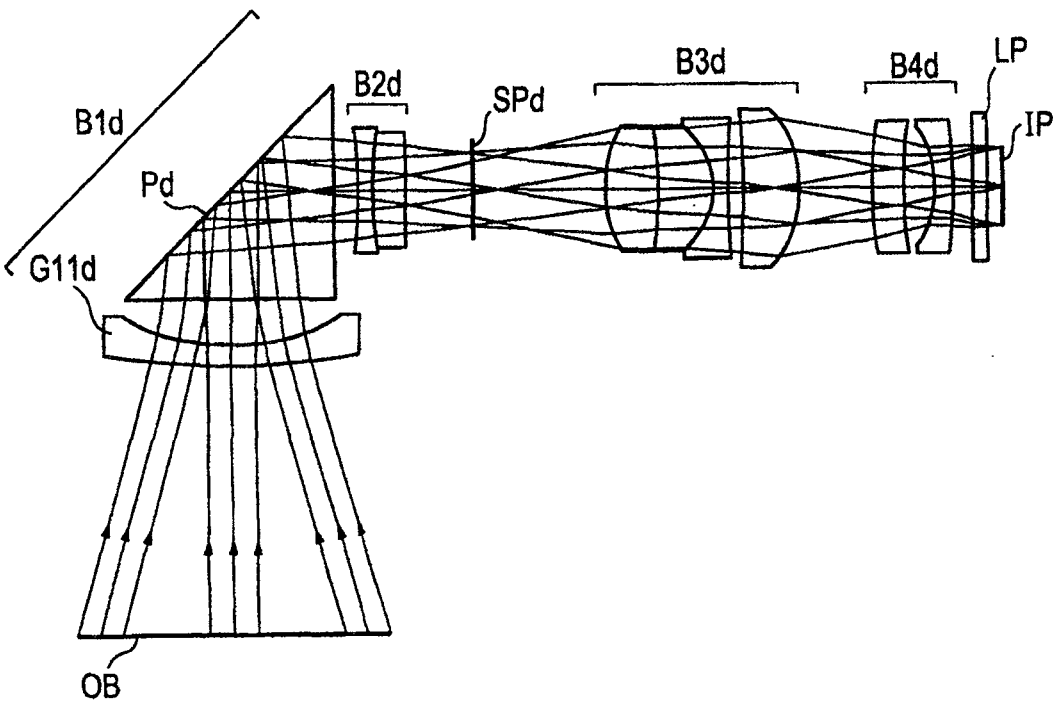


图 15A

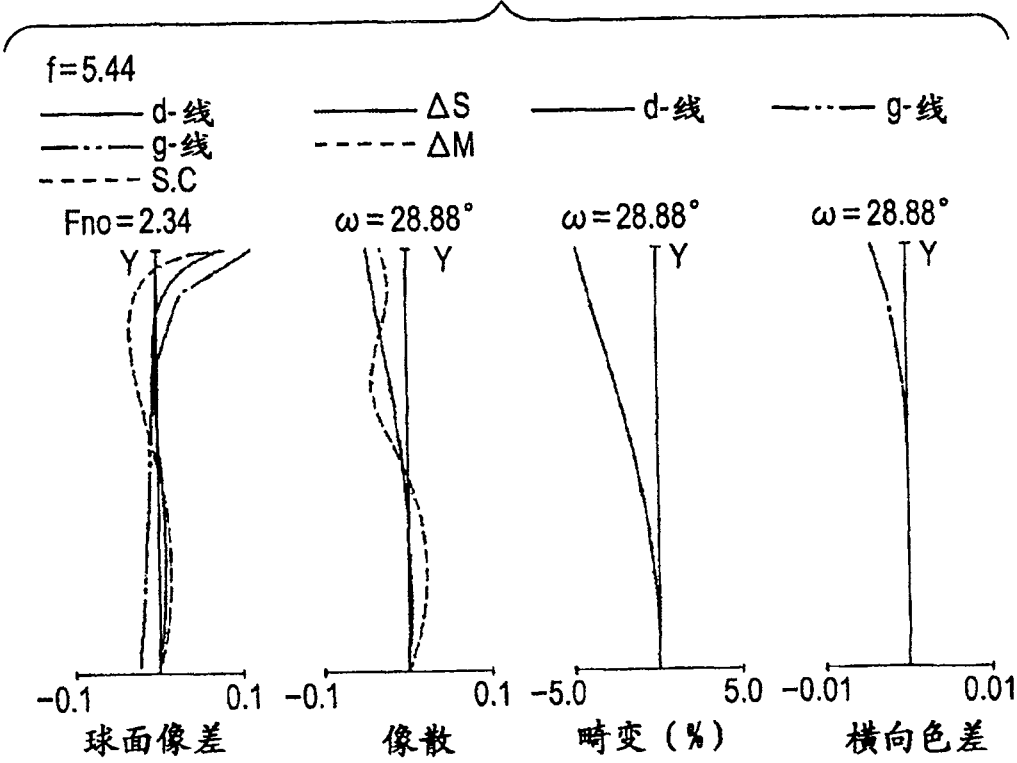


图 15B

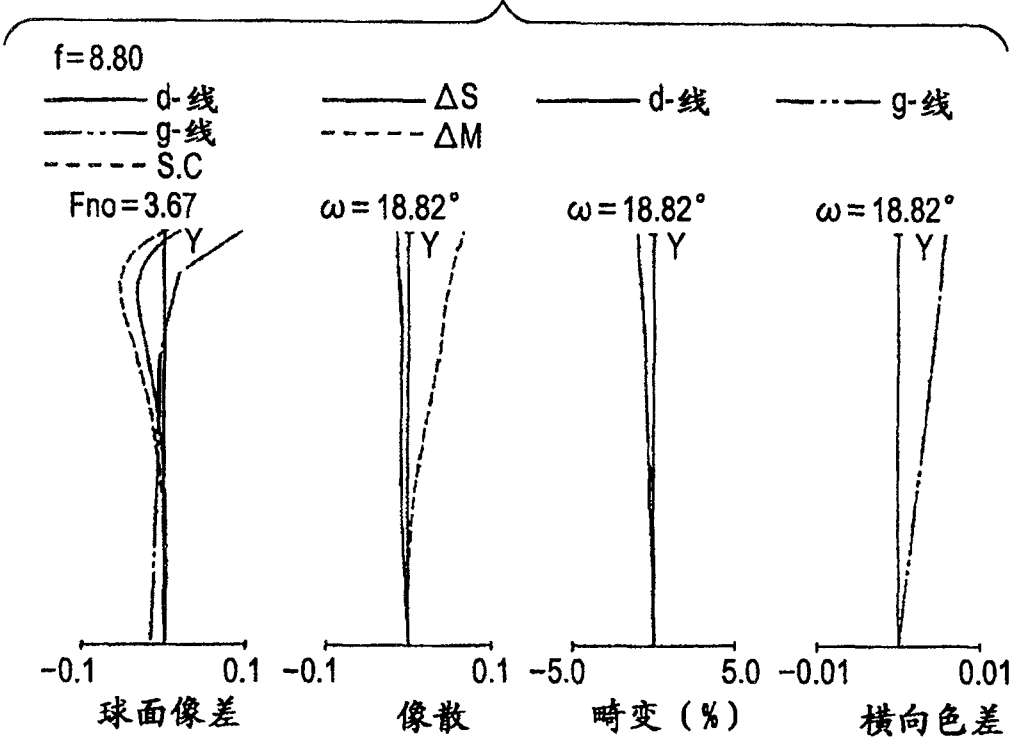
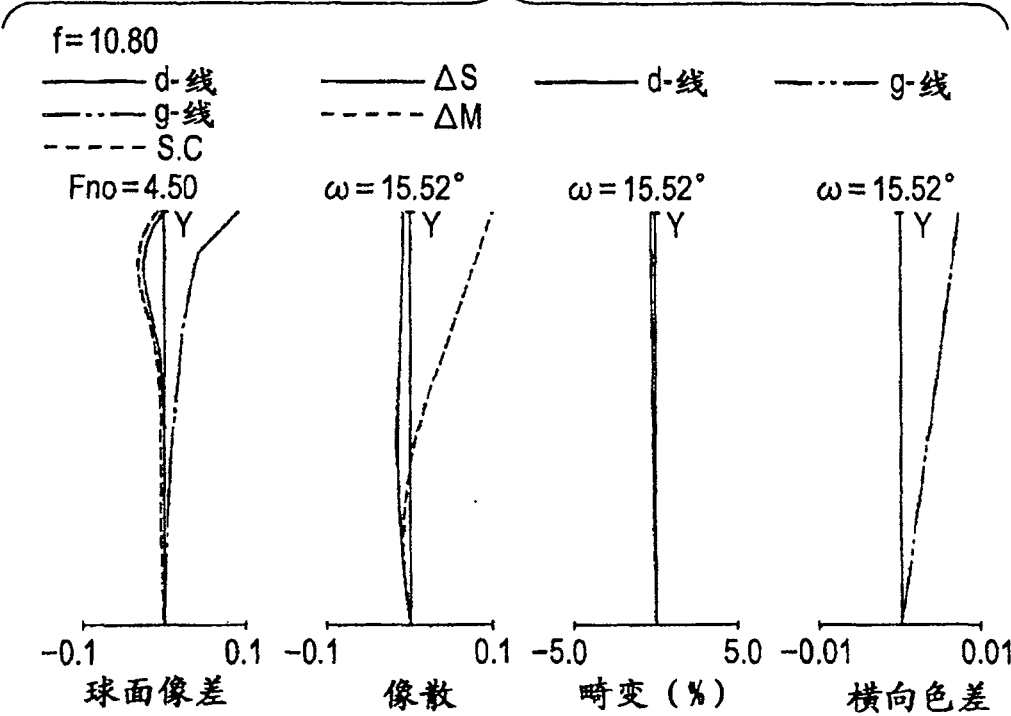


图 15C



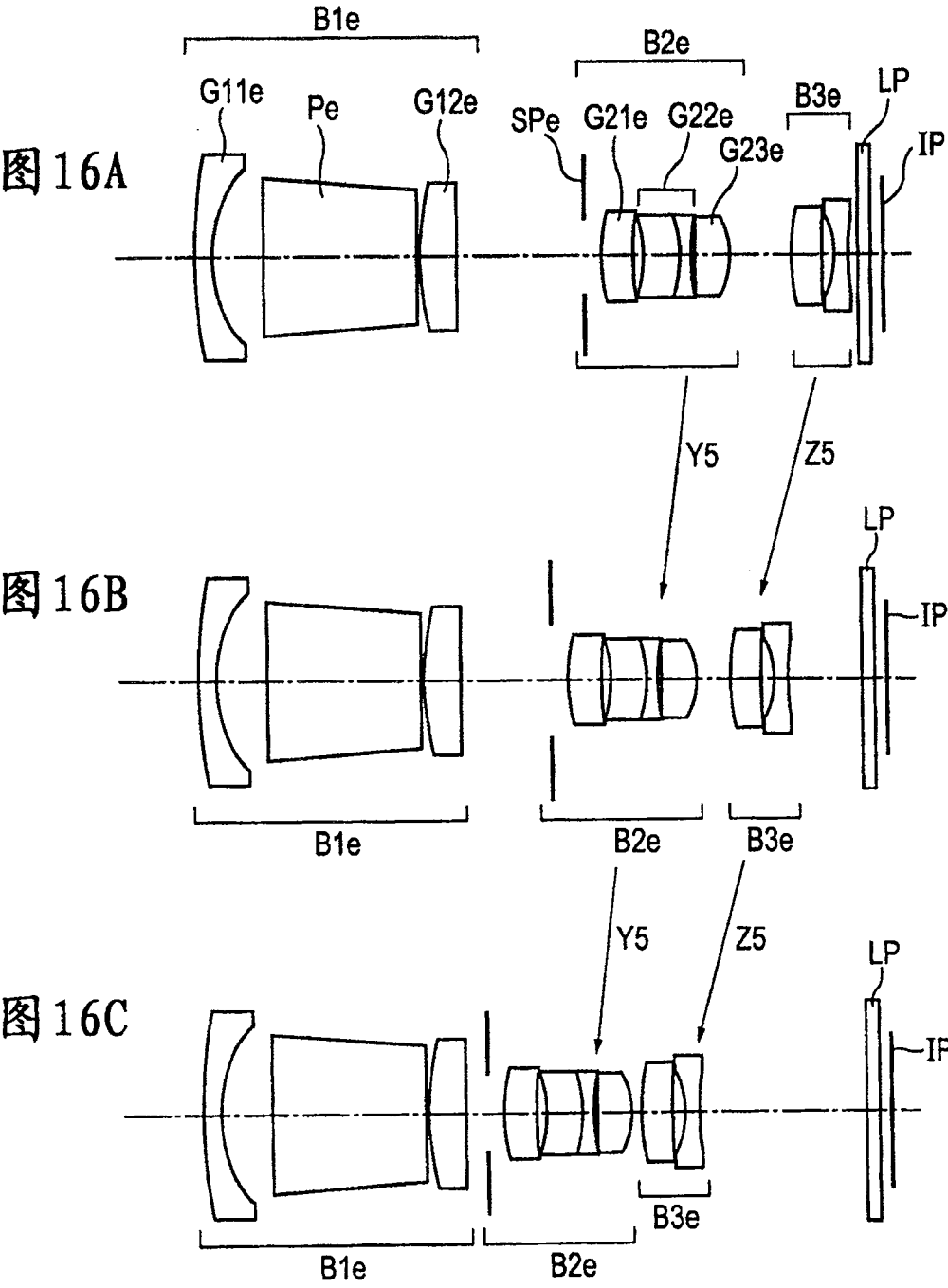


图 17

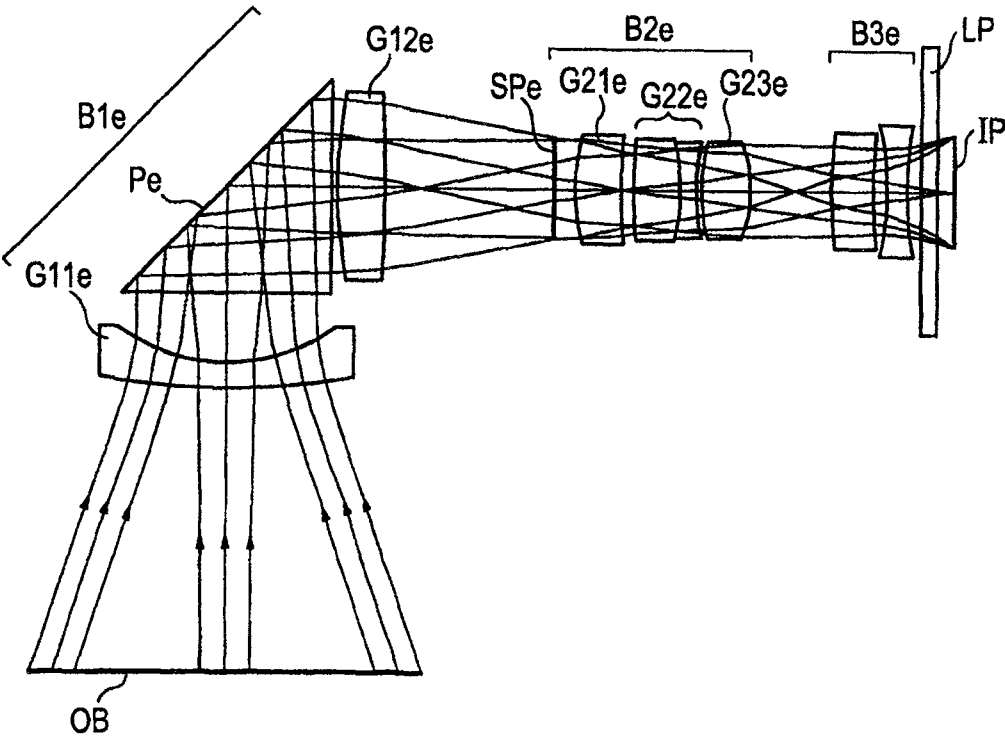


图 18A

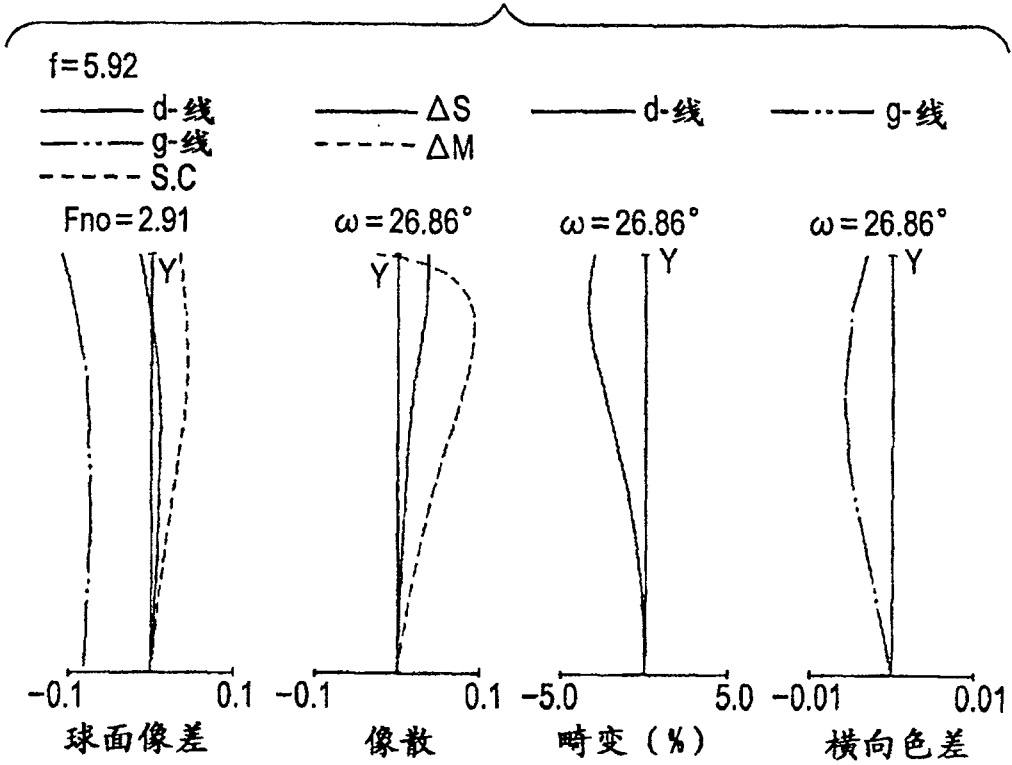


图 18B

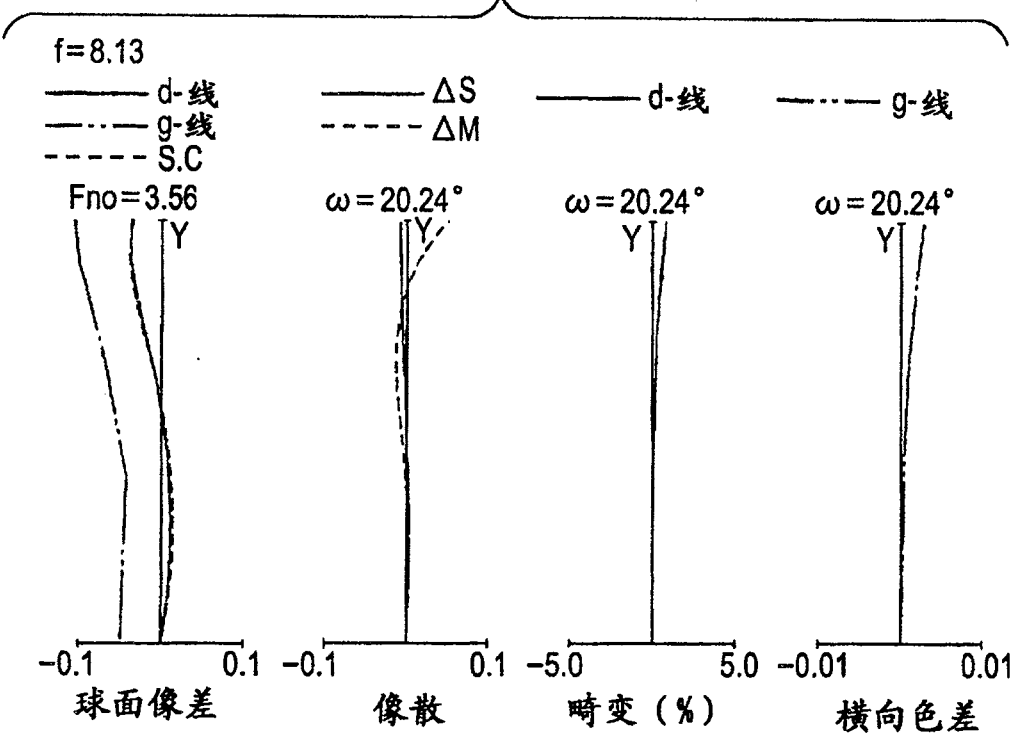
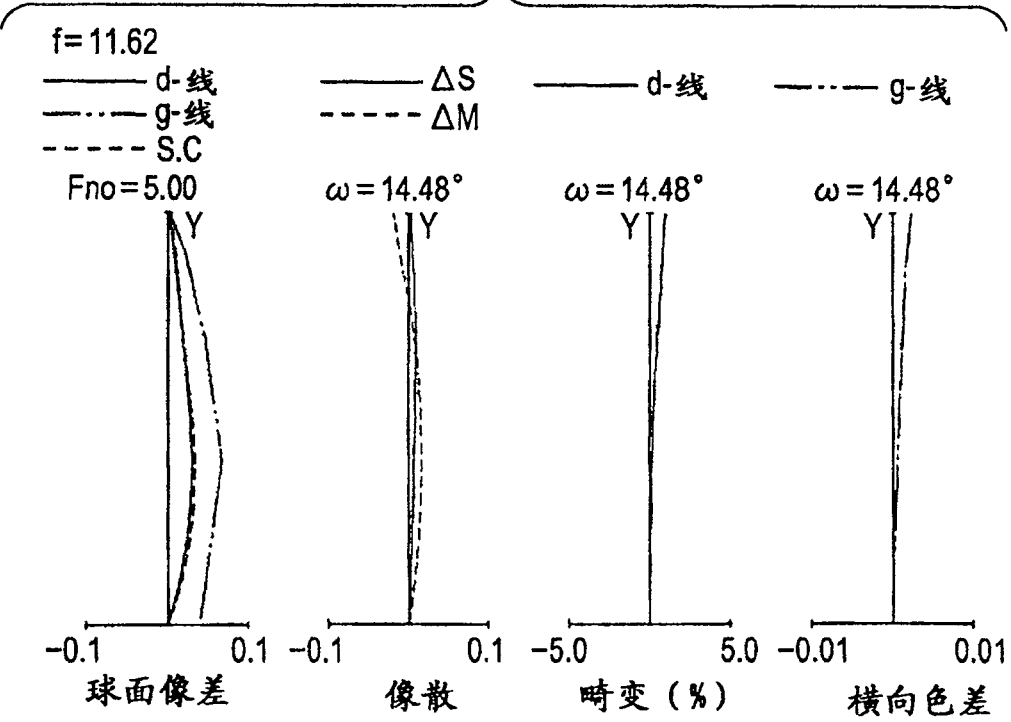


图 18C



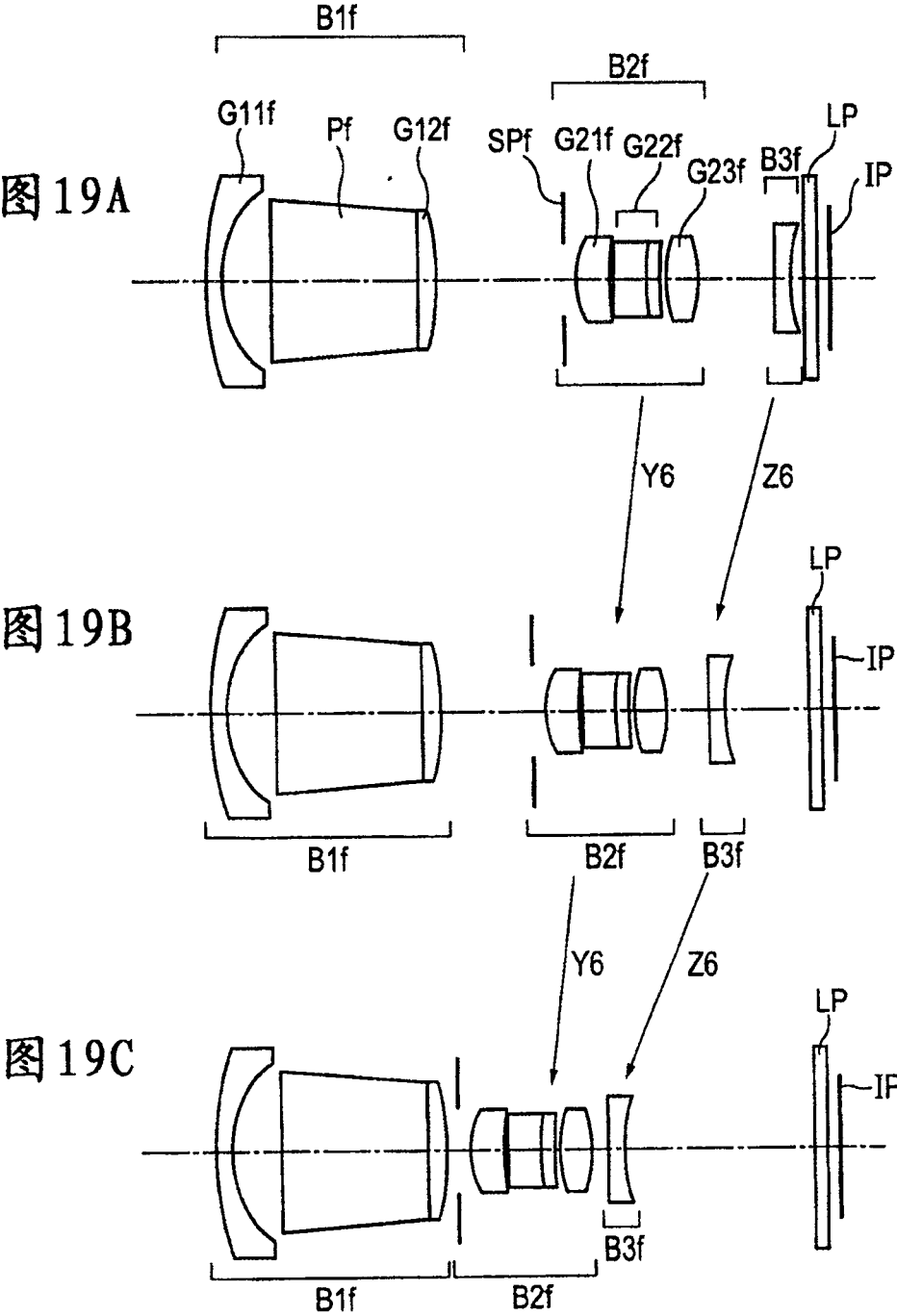


图 20

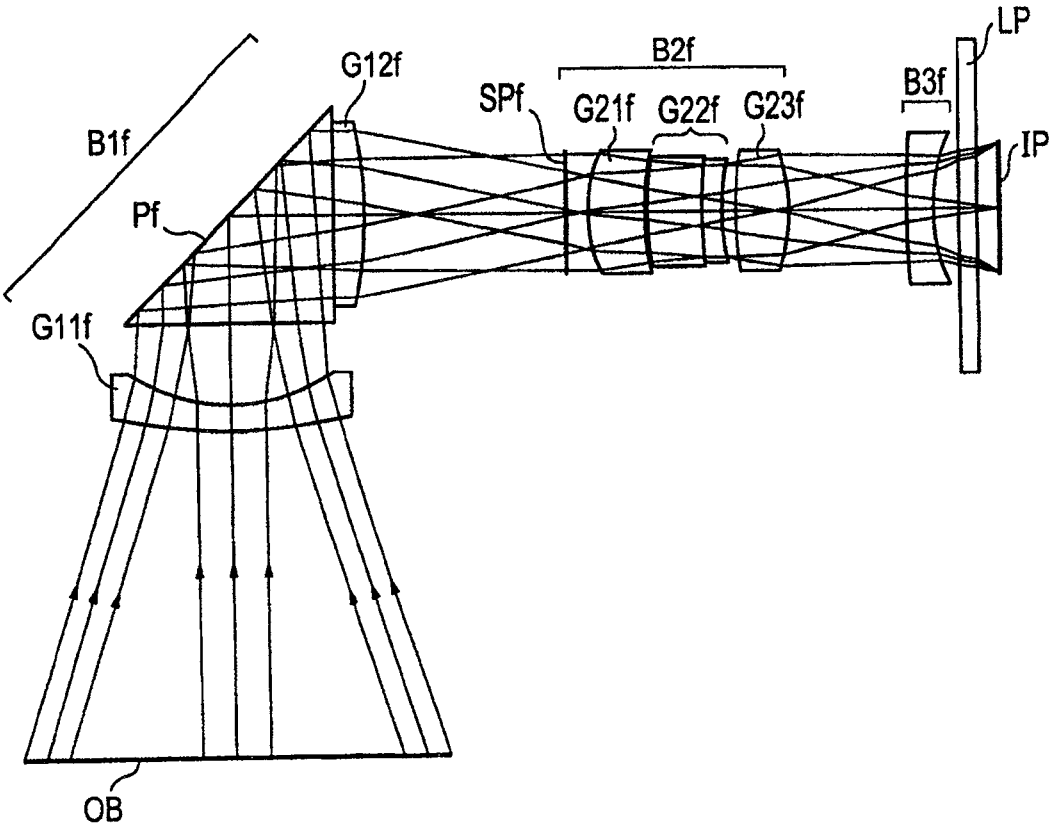


图 21A

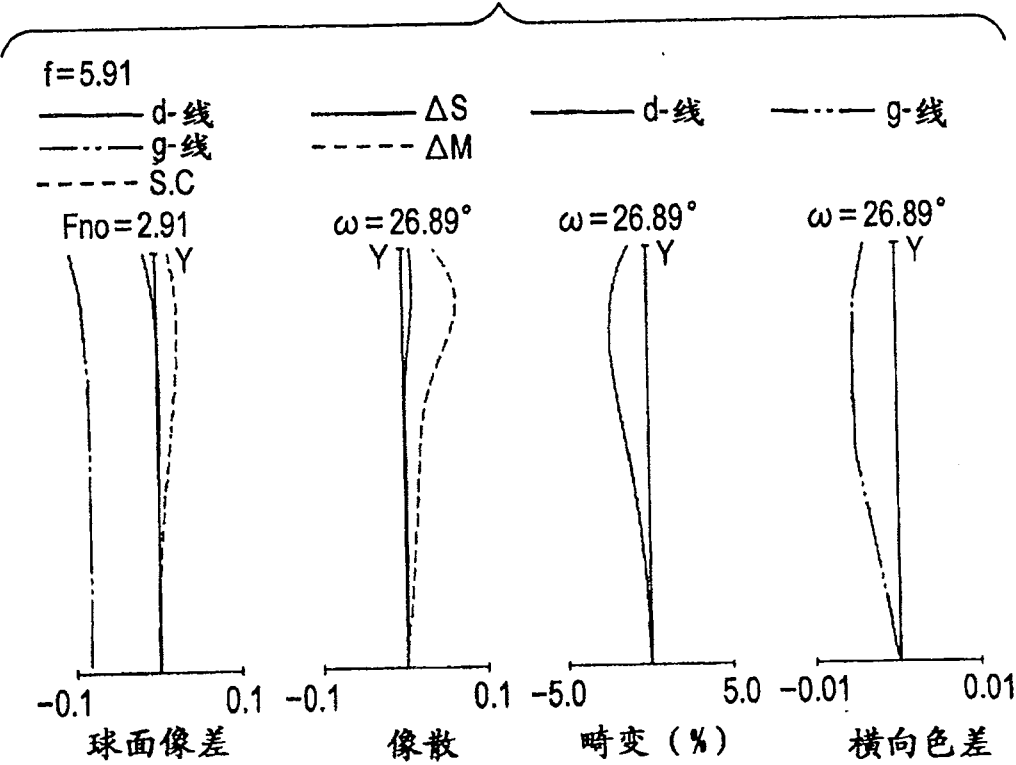


图 21B

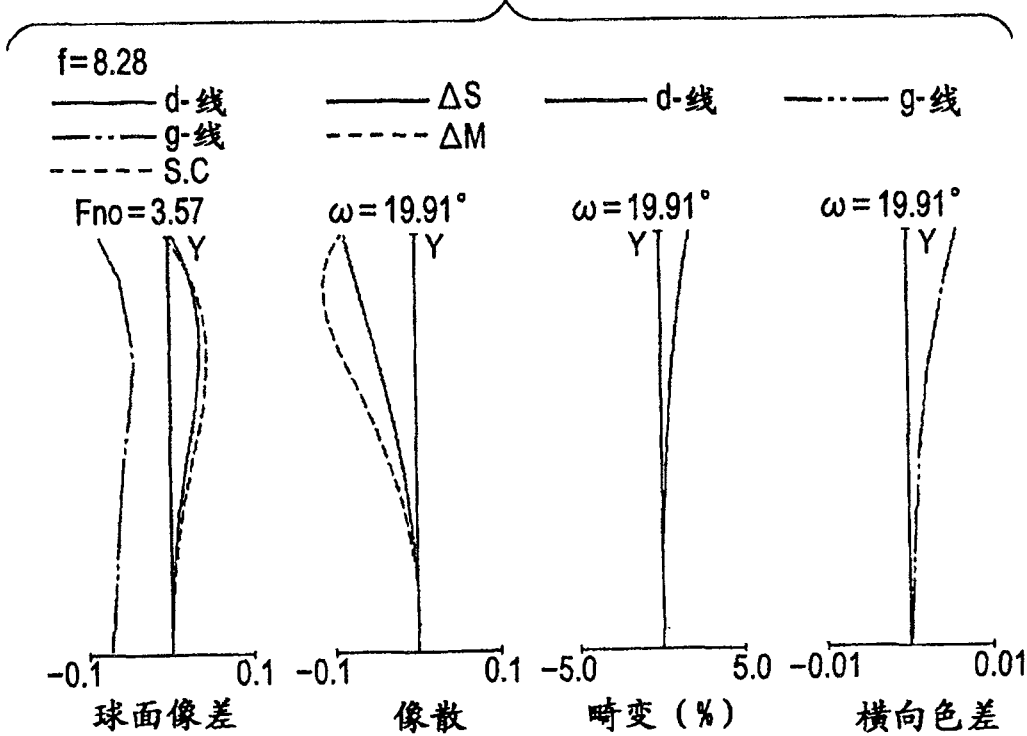
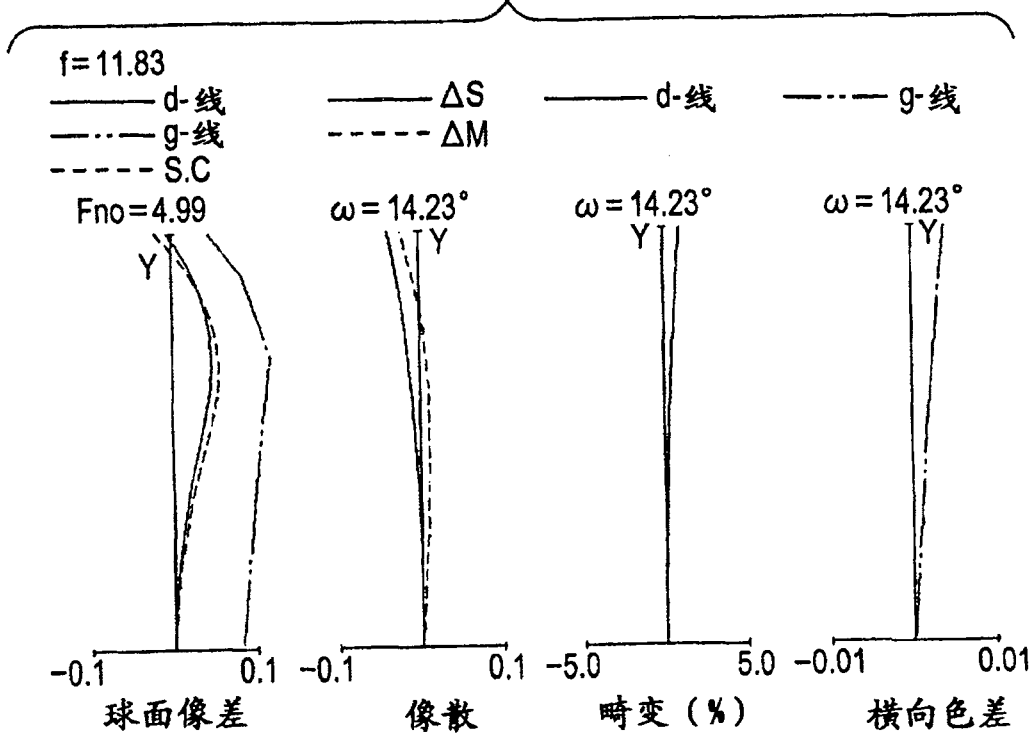


图 21C



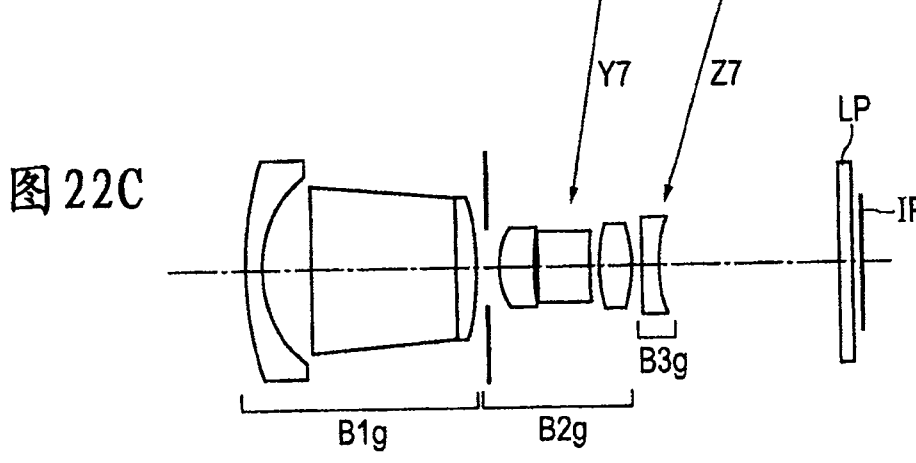
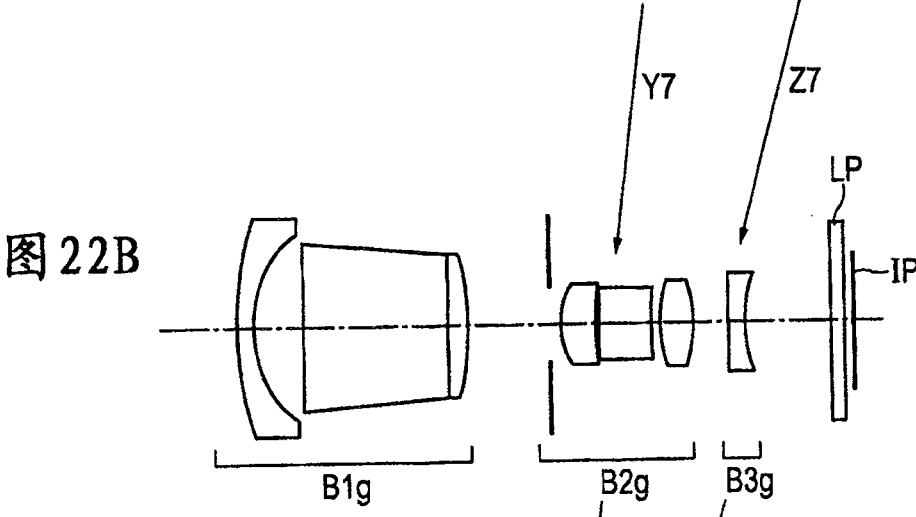
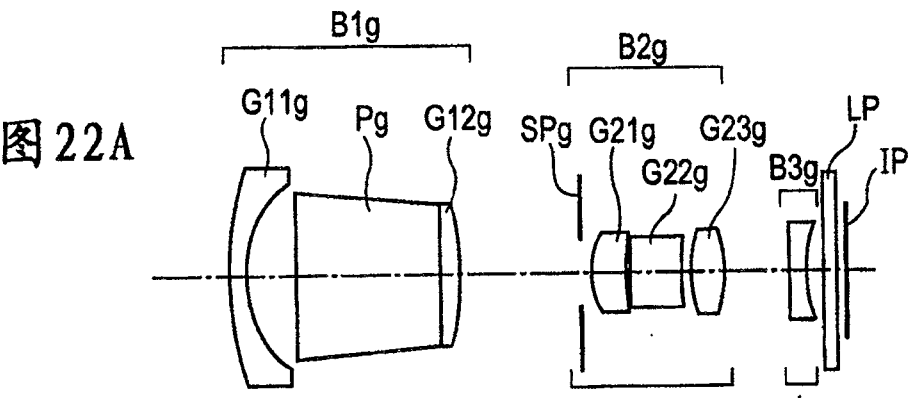


图 23

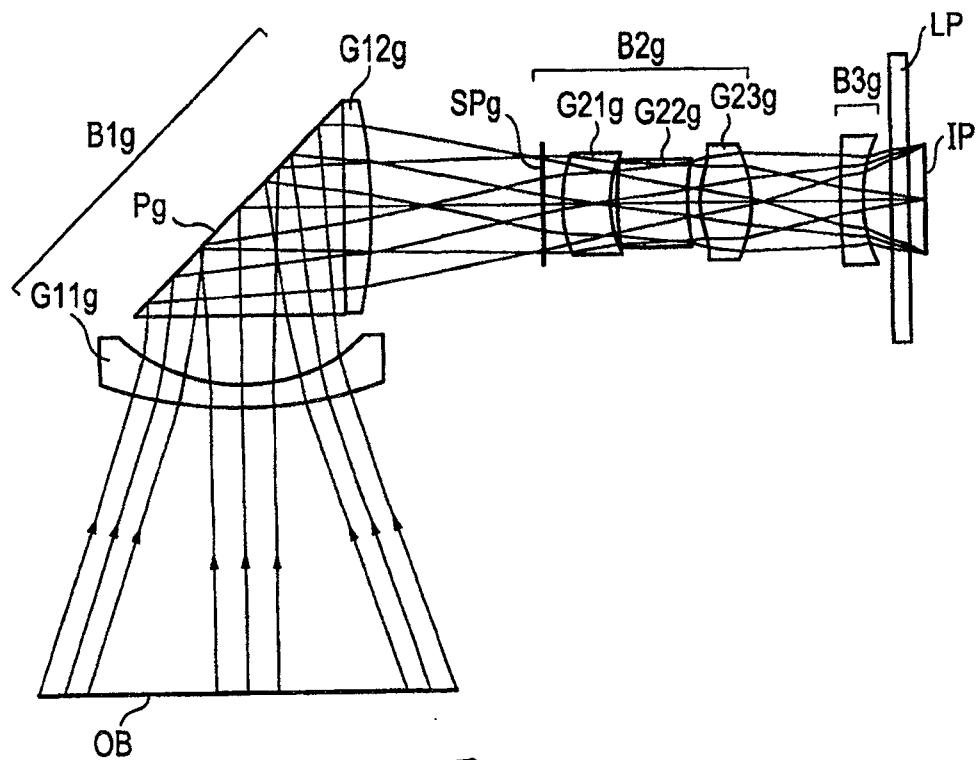


图 24A

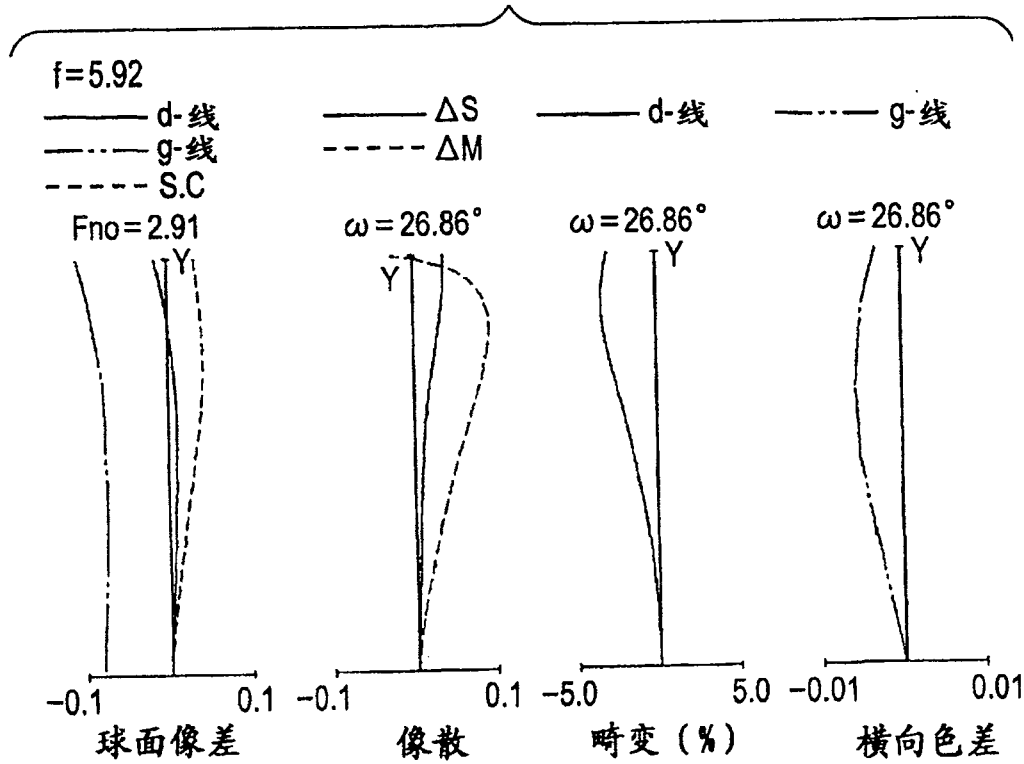


图 24B

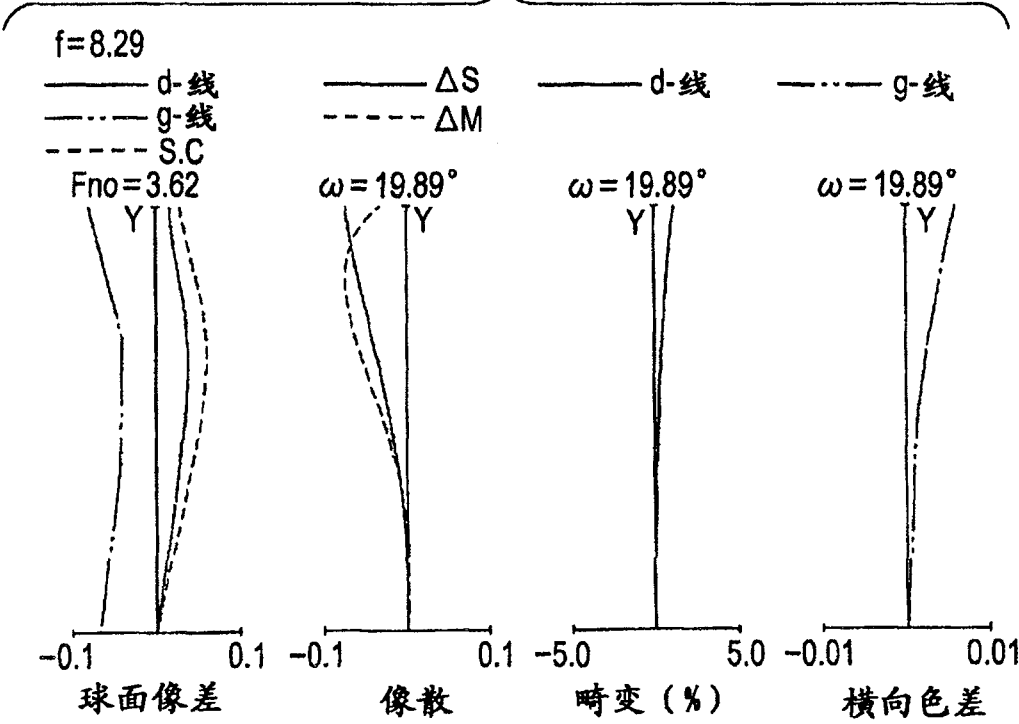
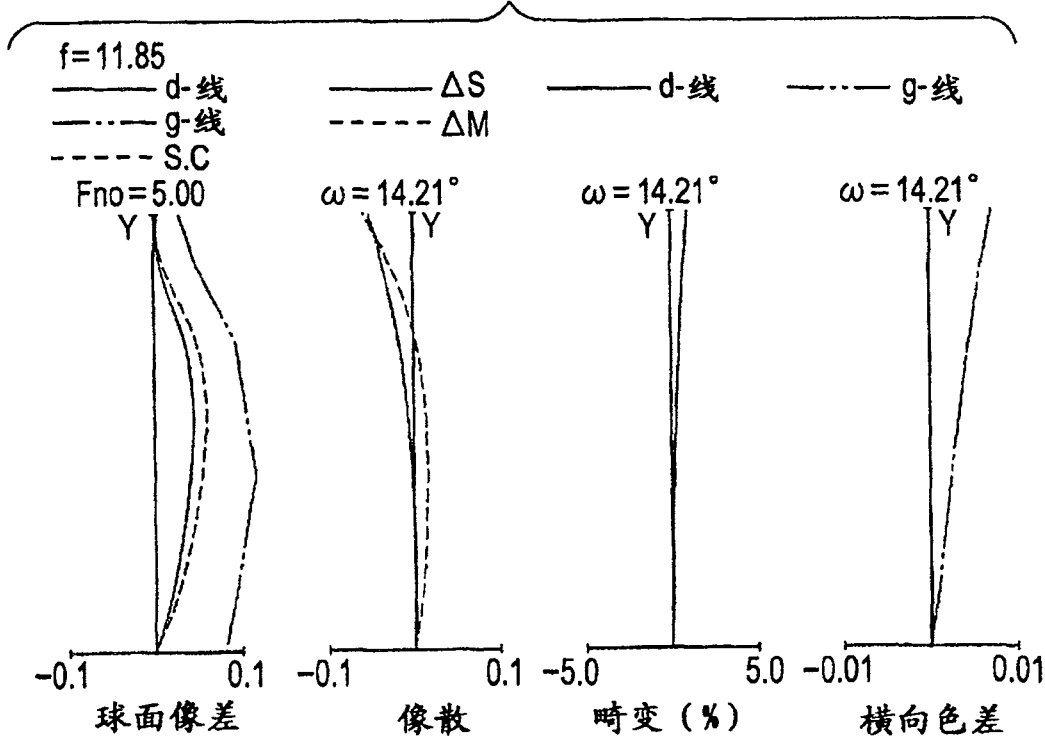


图 24C



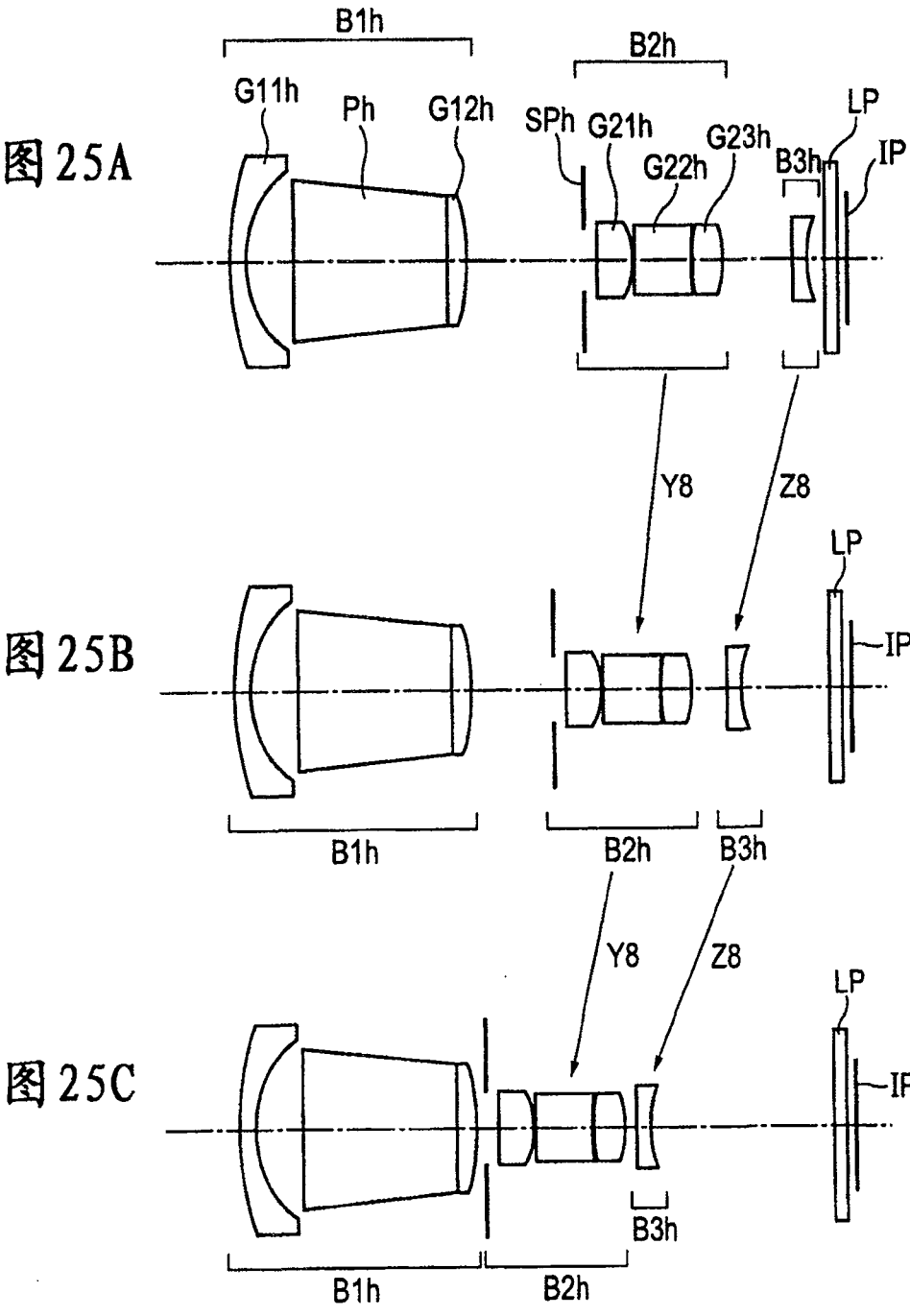


图 26

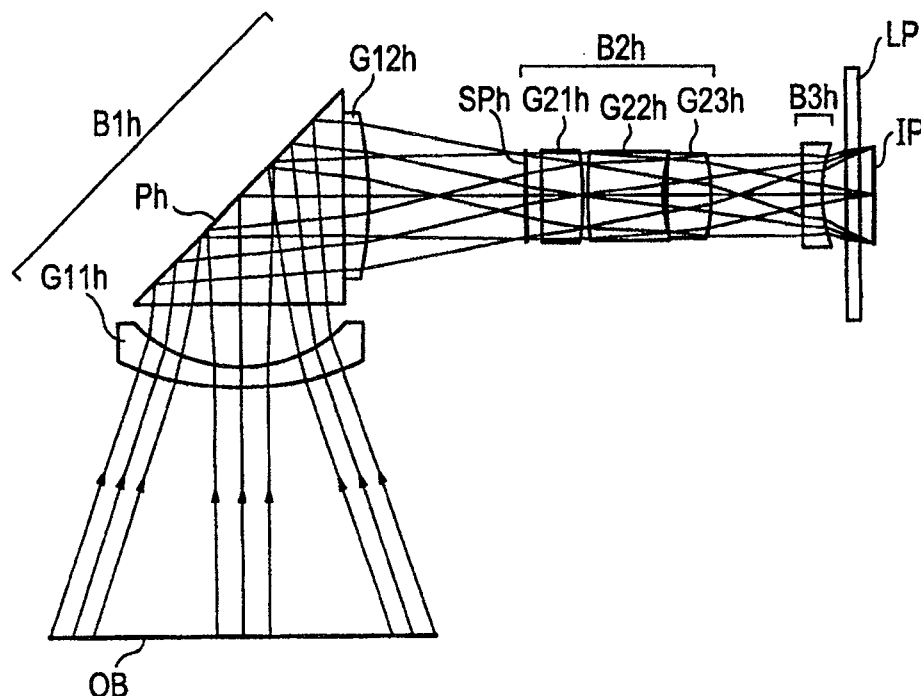


图 27A

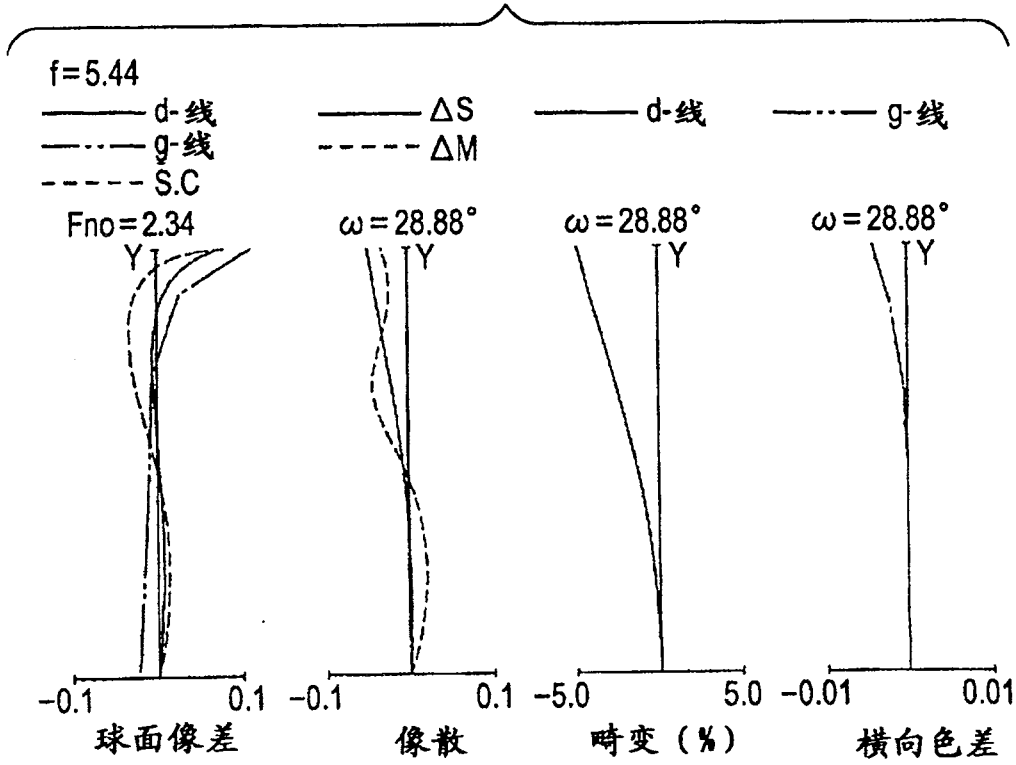


图 27B

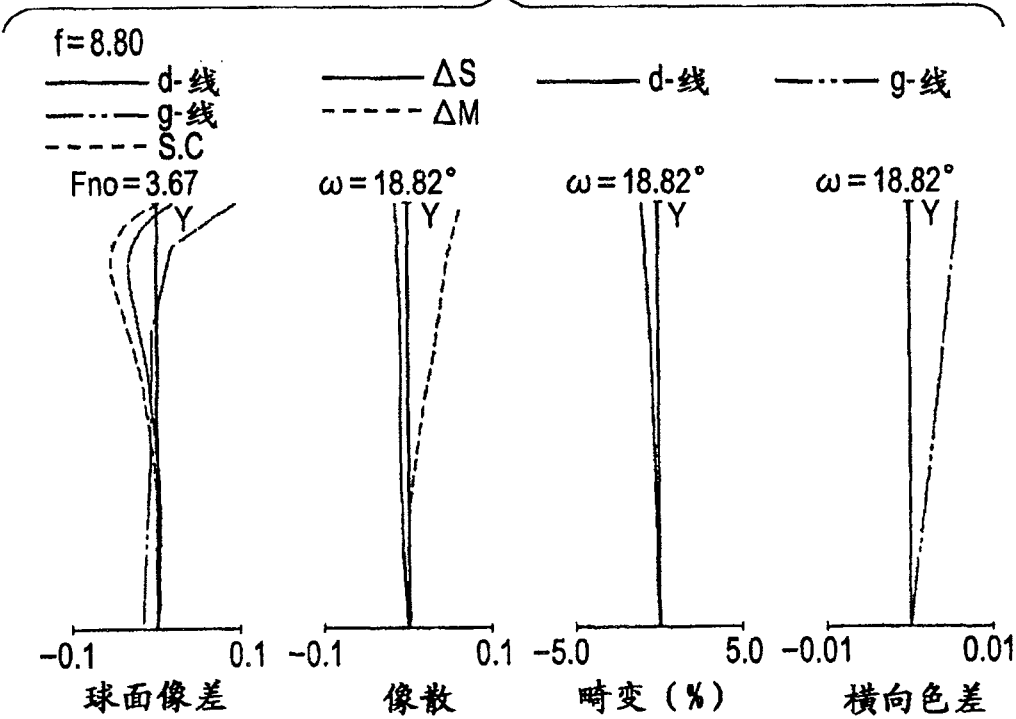
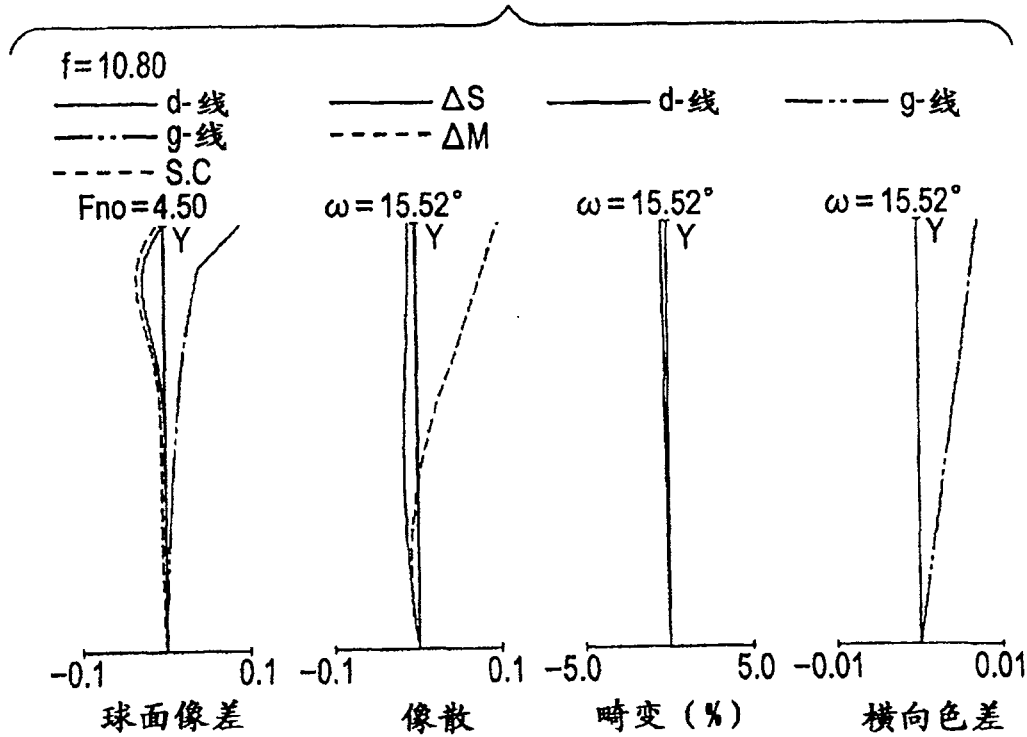


图 27C



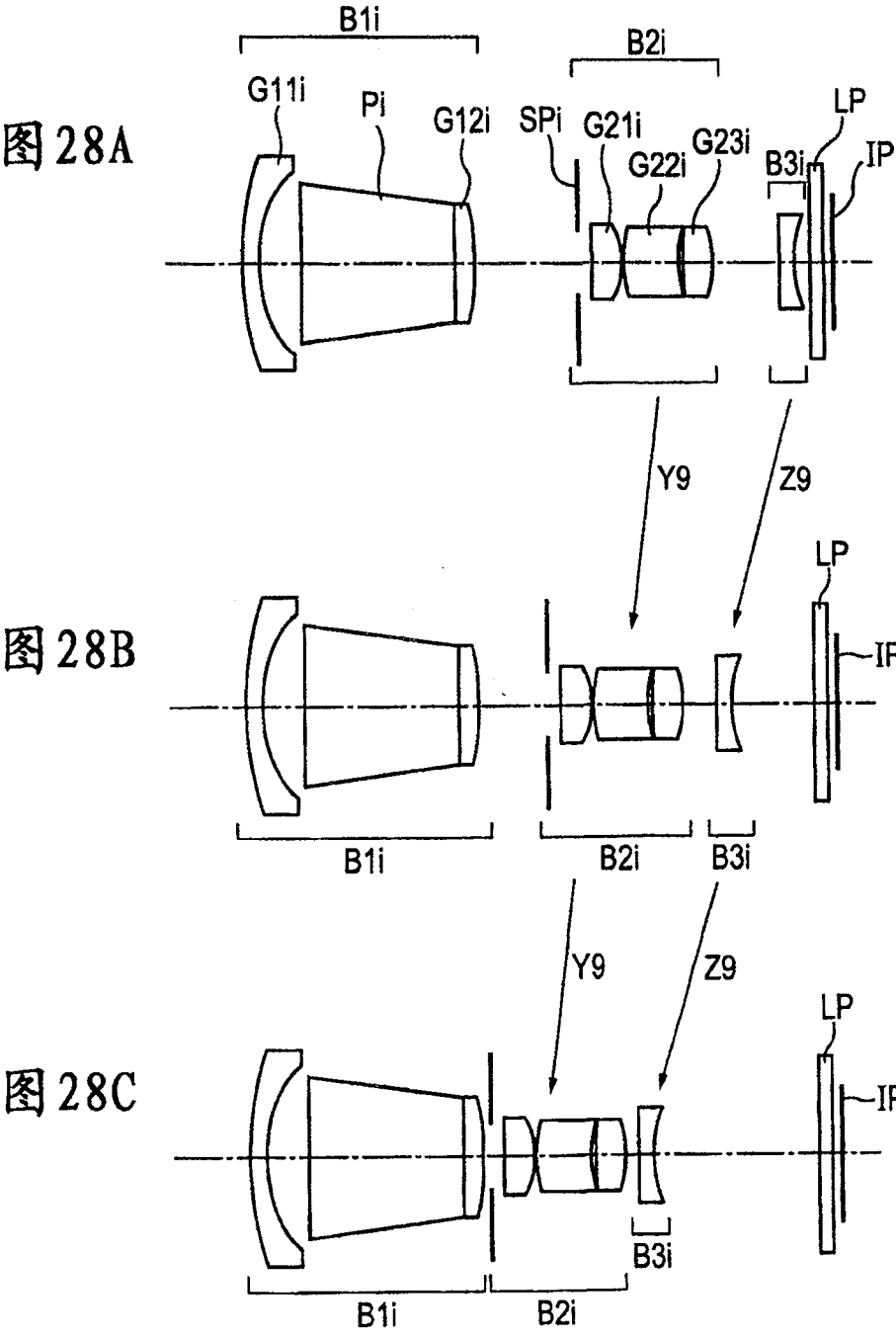


图 29

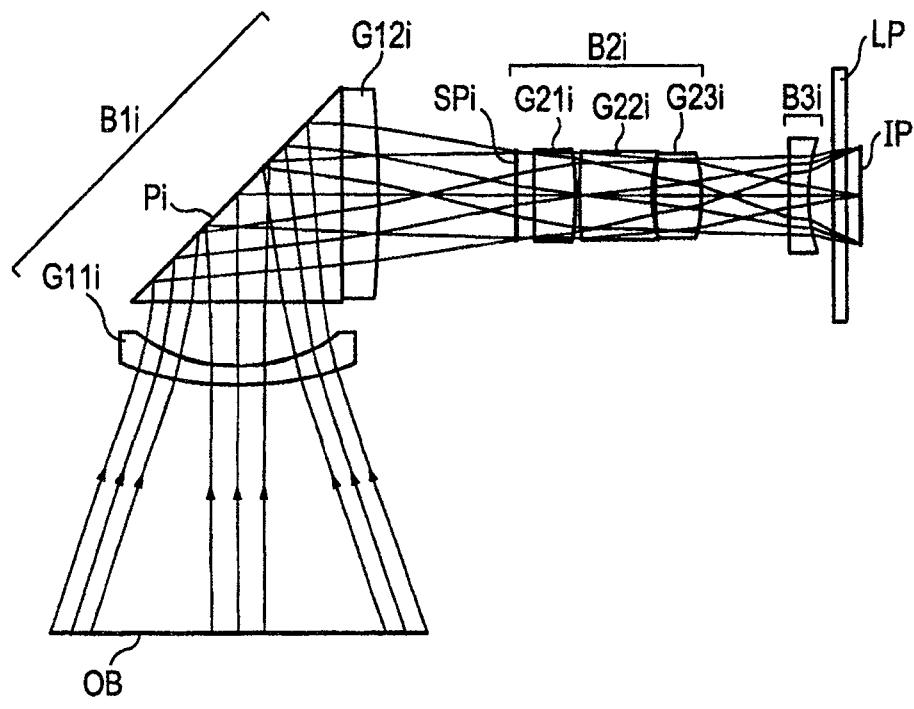


图 30A

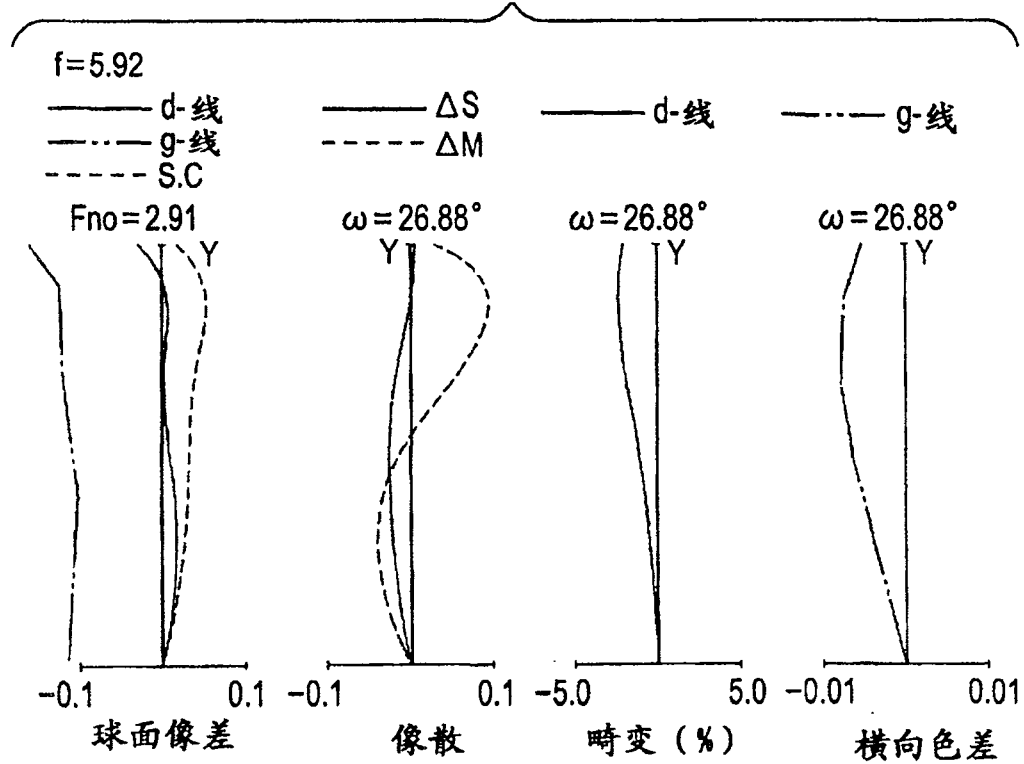


图 30B

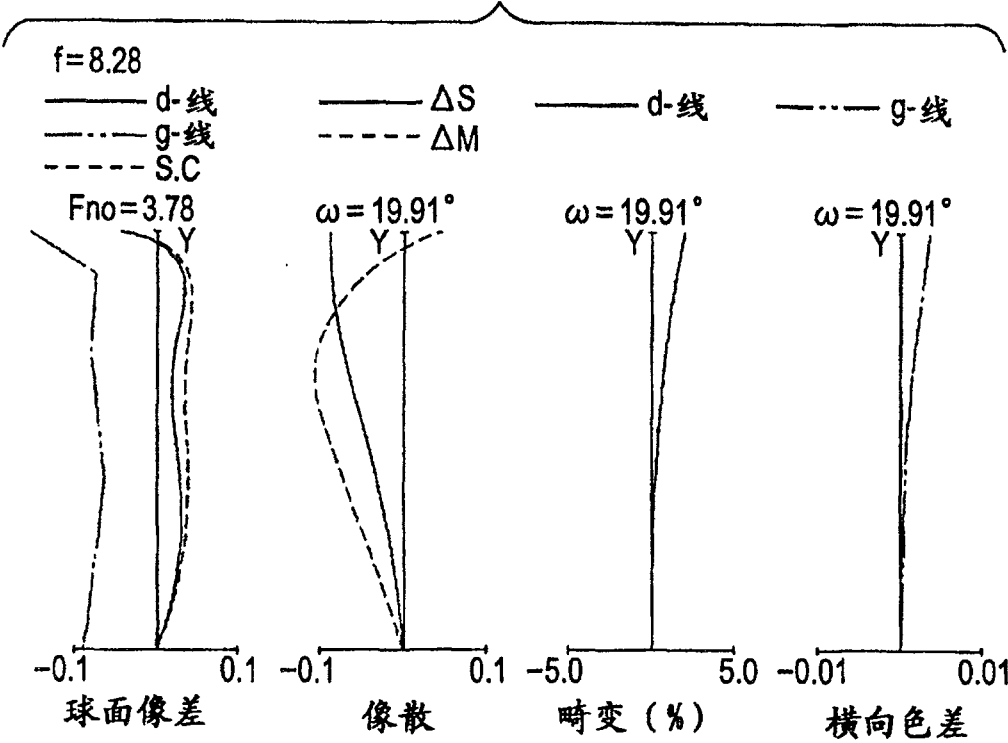
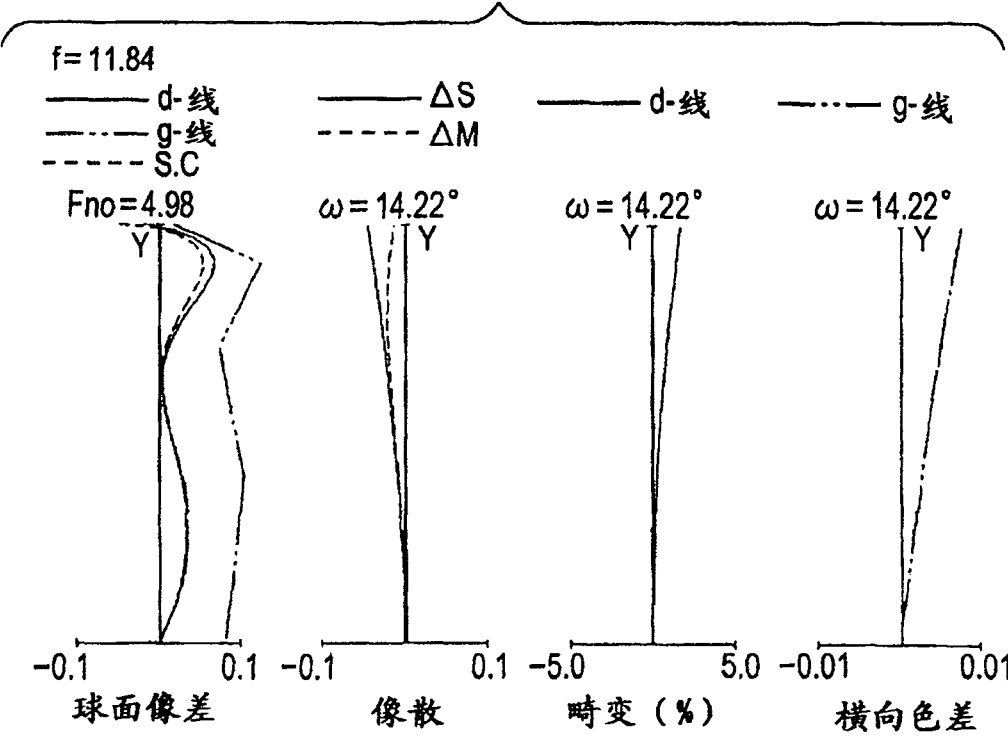


图 30C



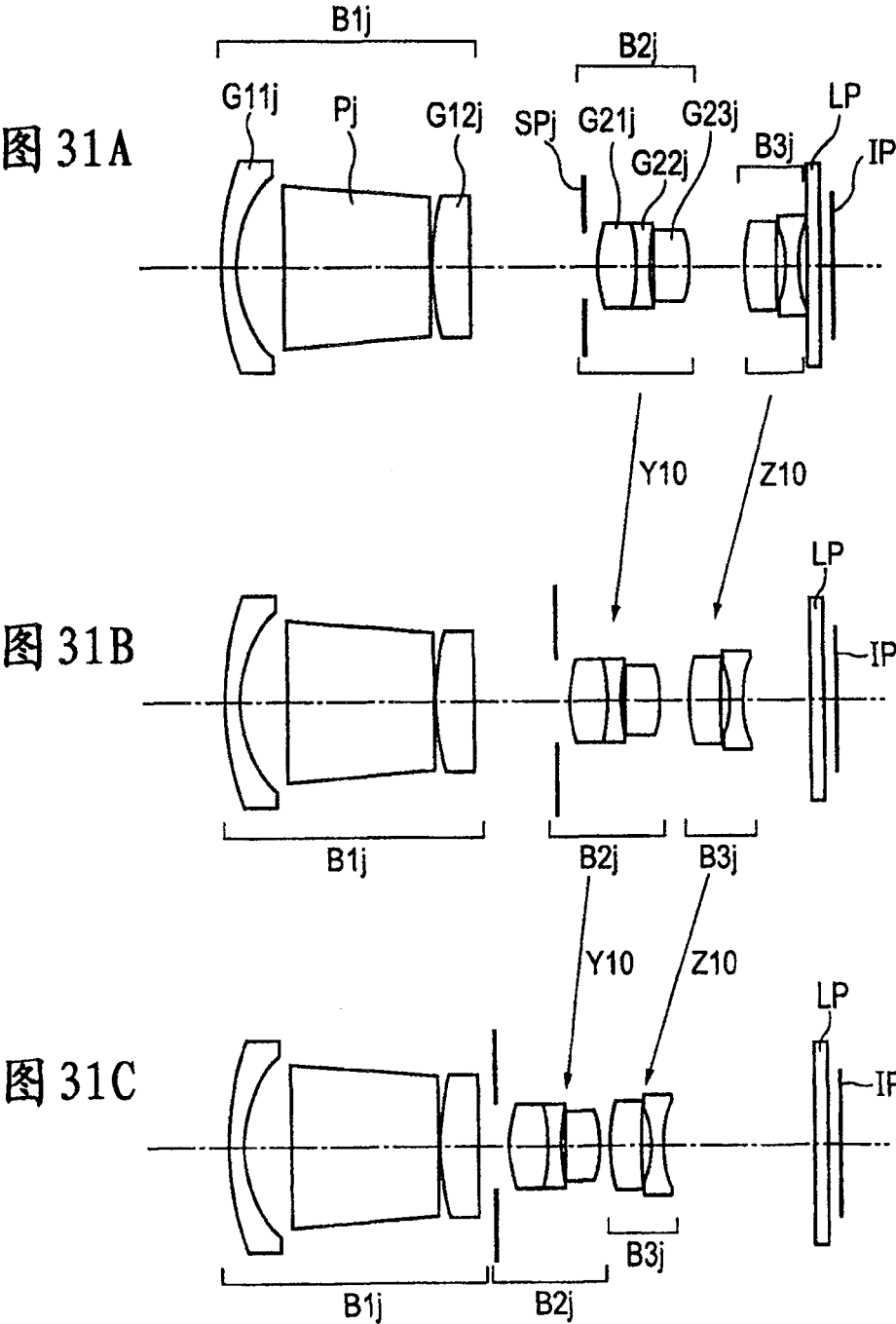


图 32

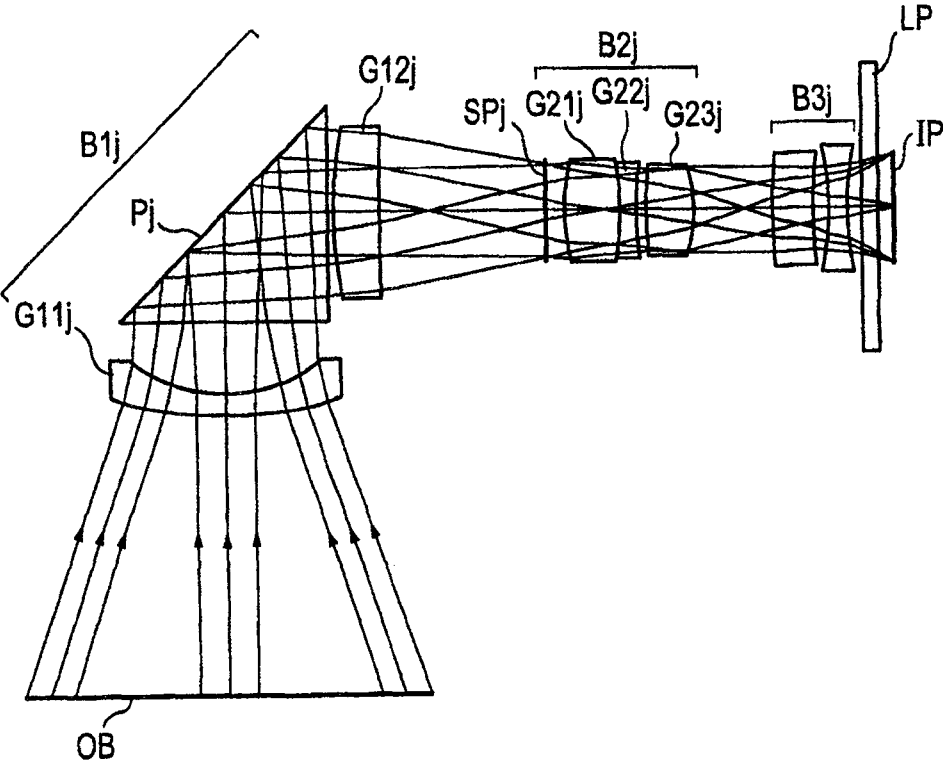


图 33A

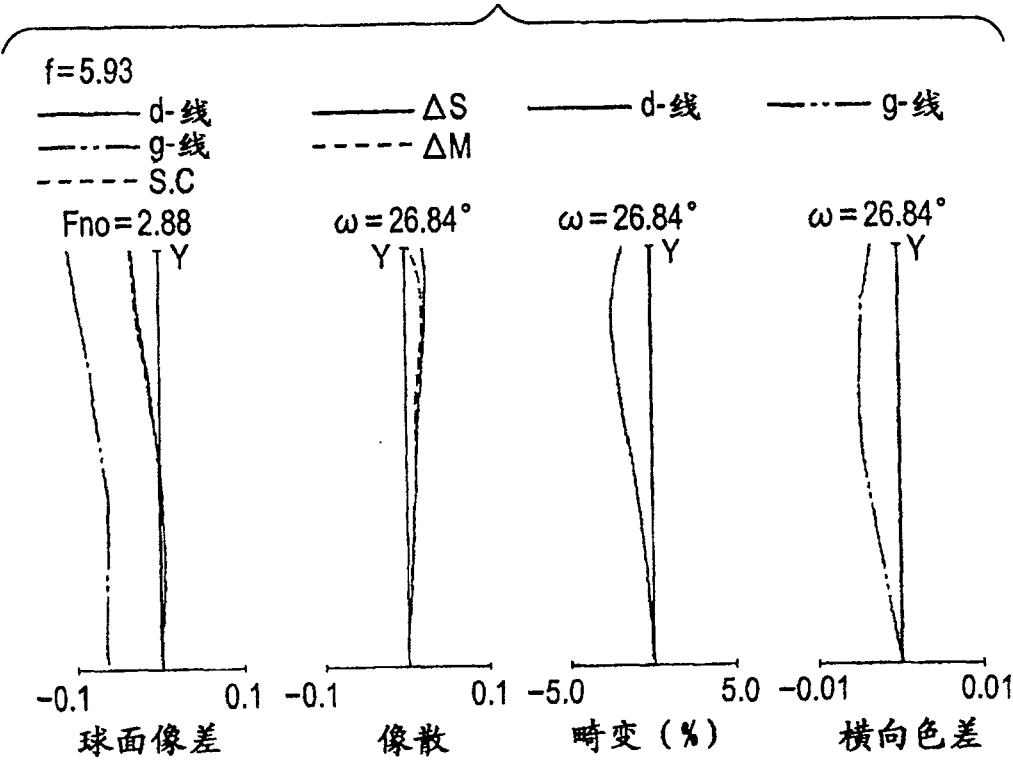


图 33B

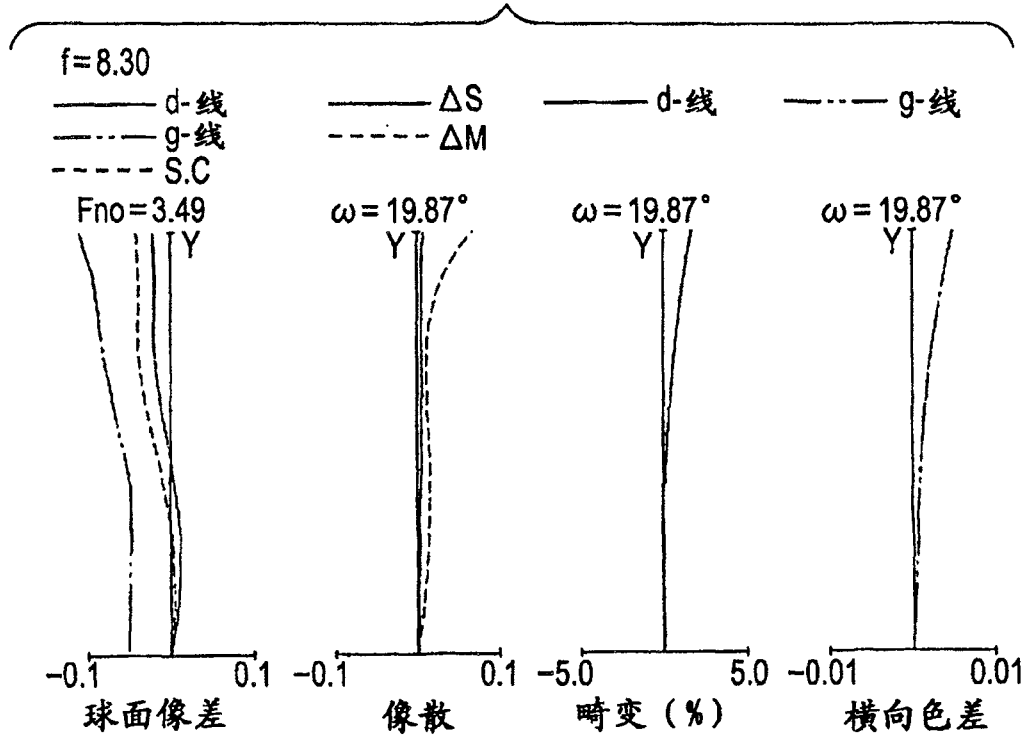
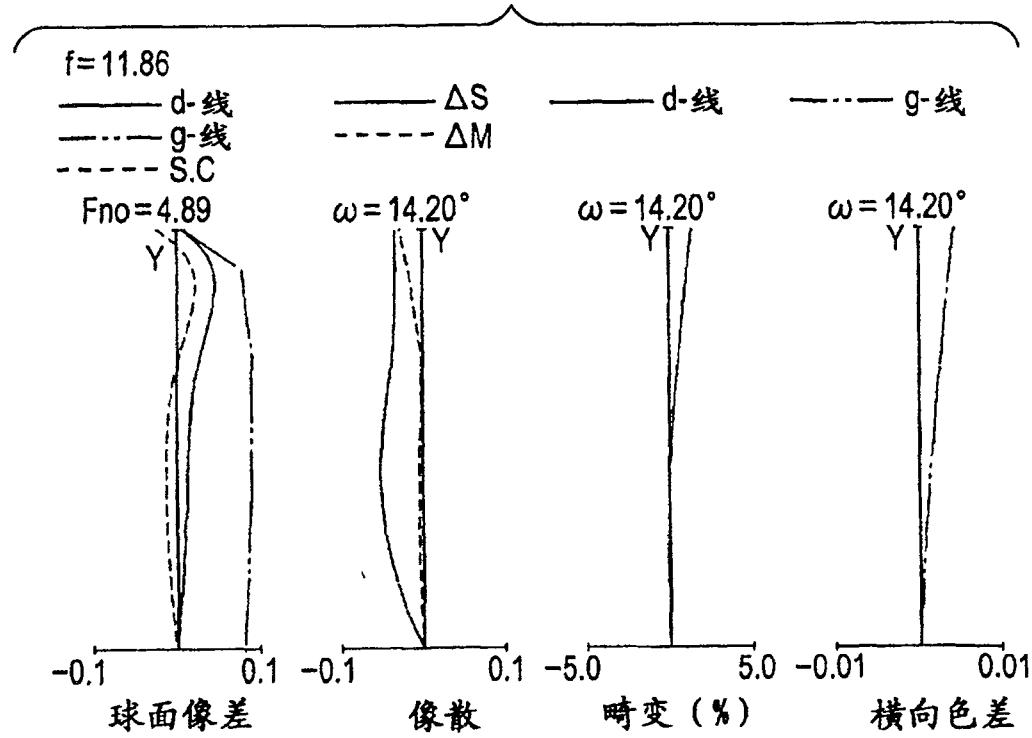


图 33C



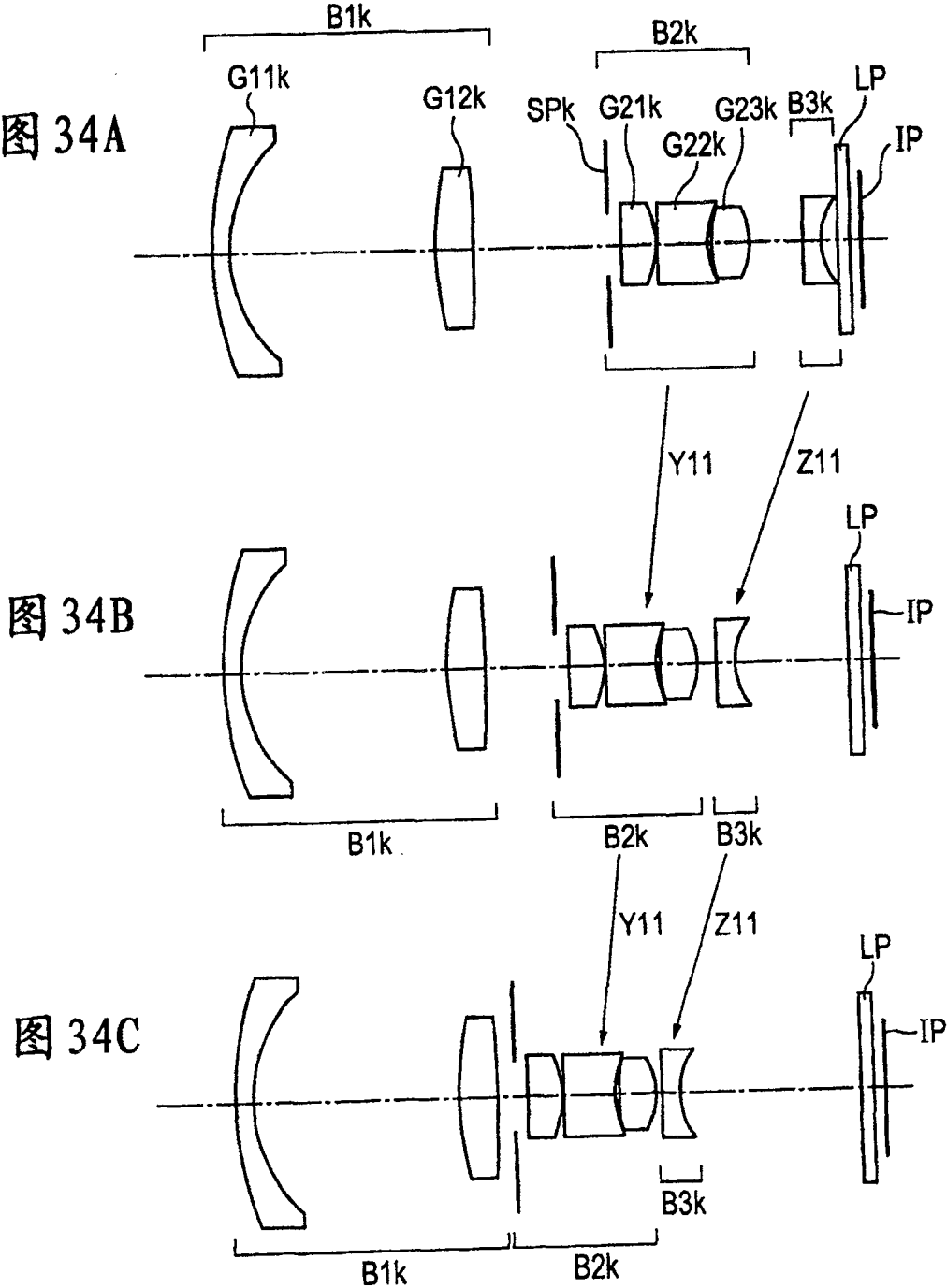


图 35

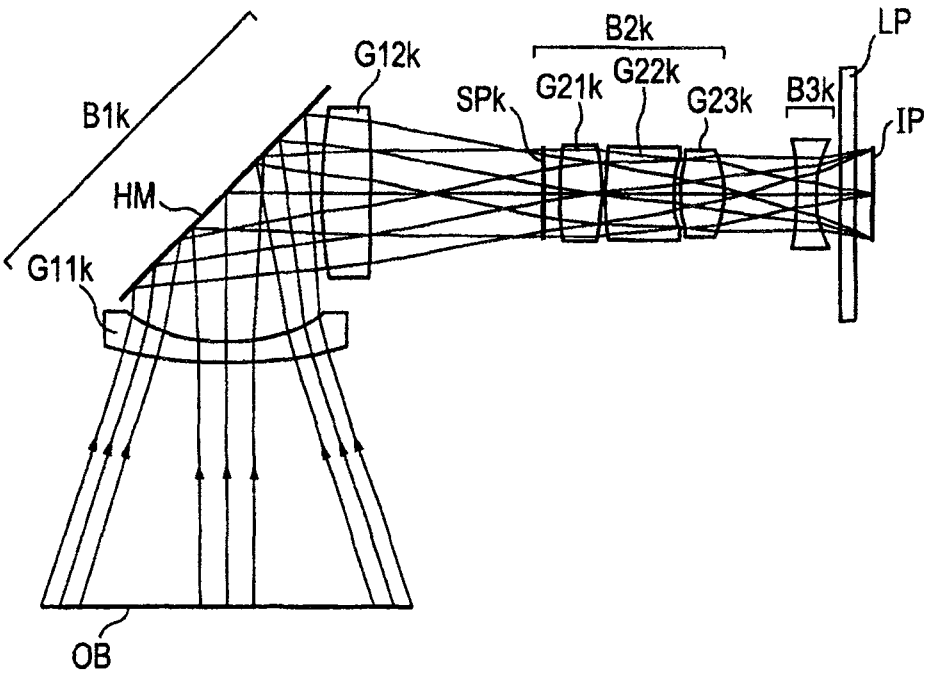


图 36A

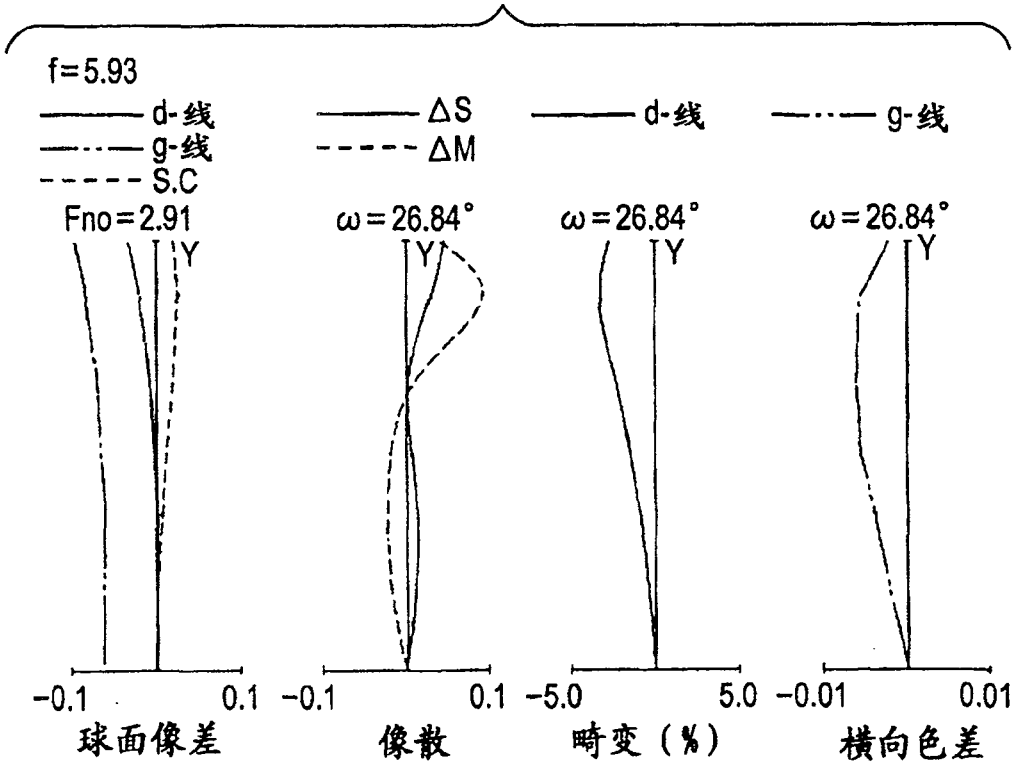


图 36B

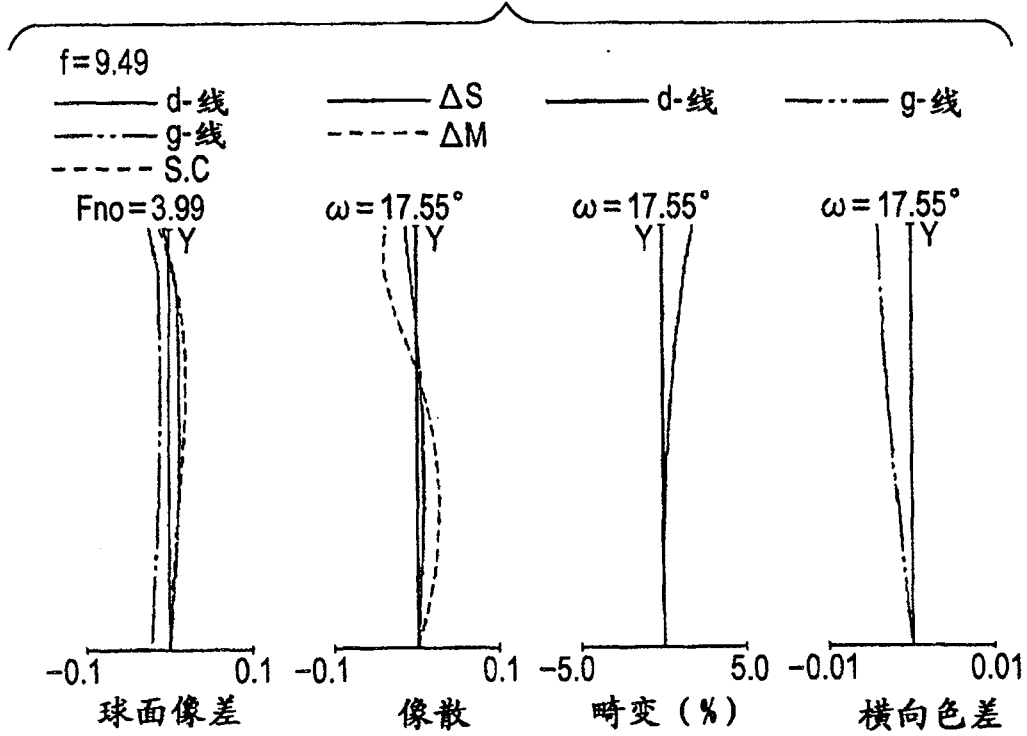
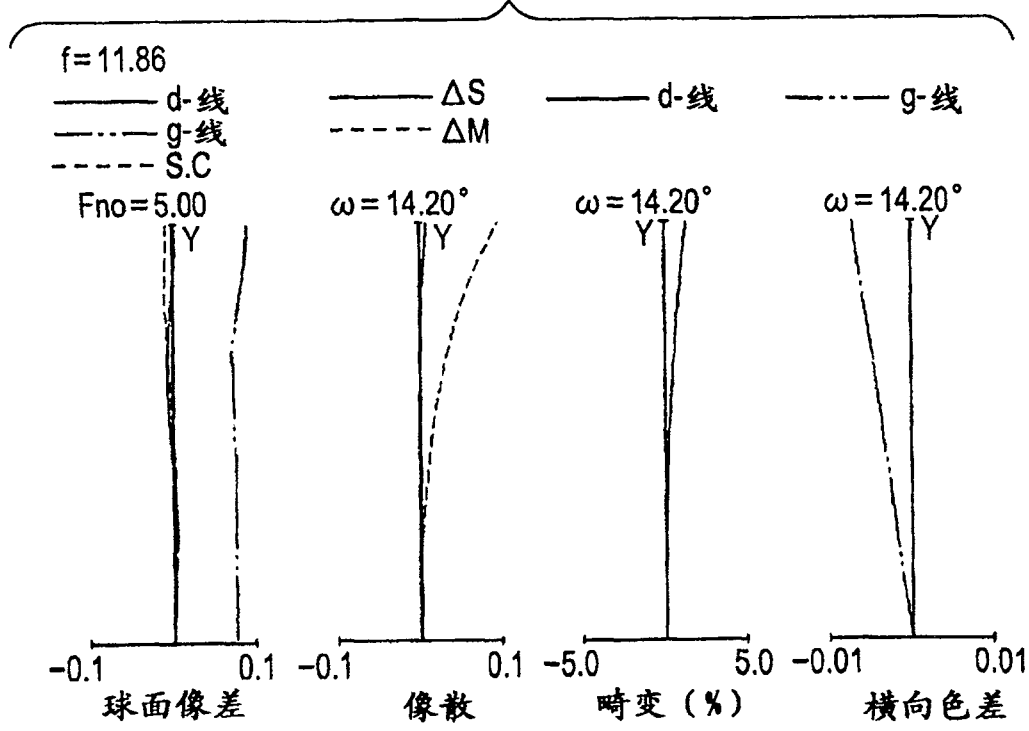


图 36C



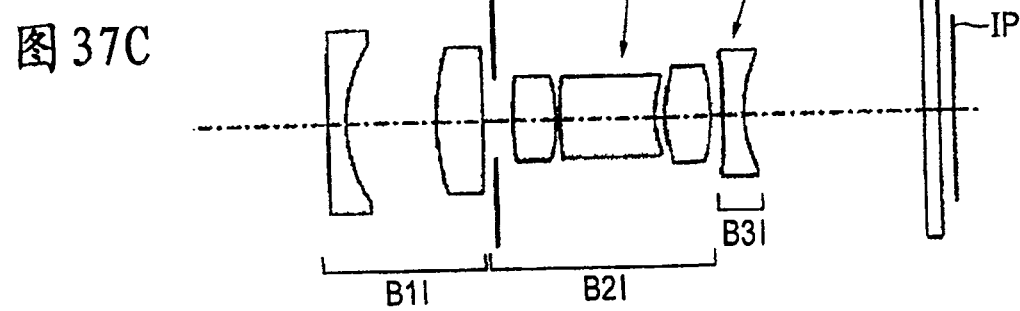
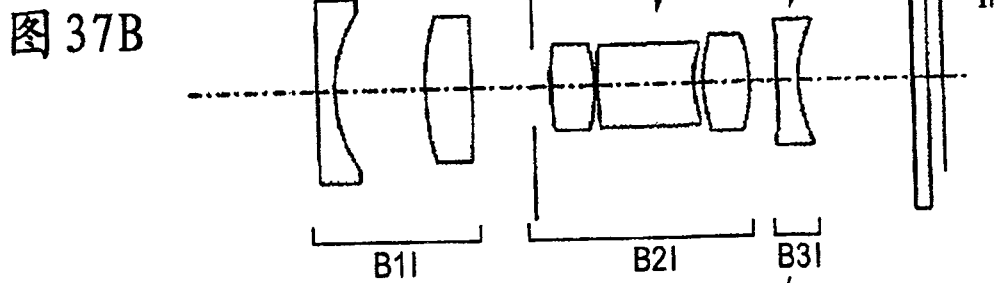
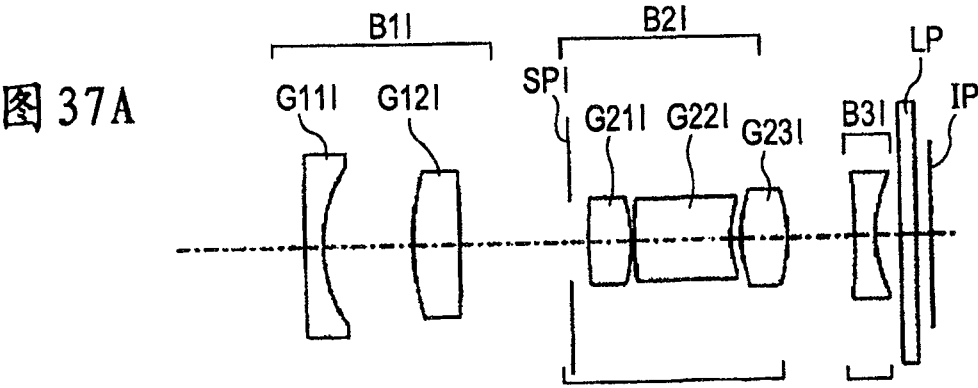


图 38A

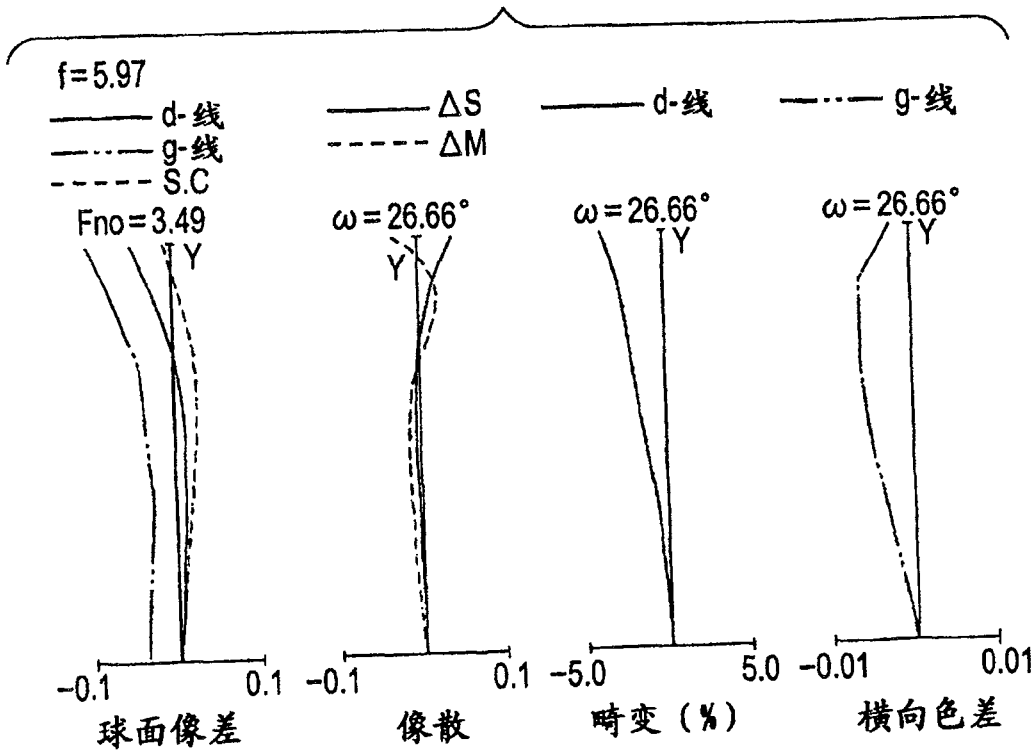


图 38B

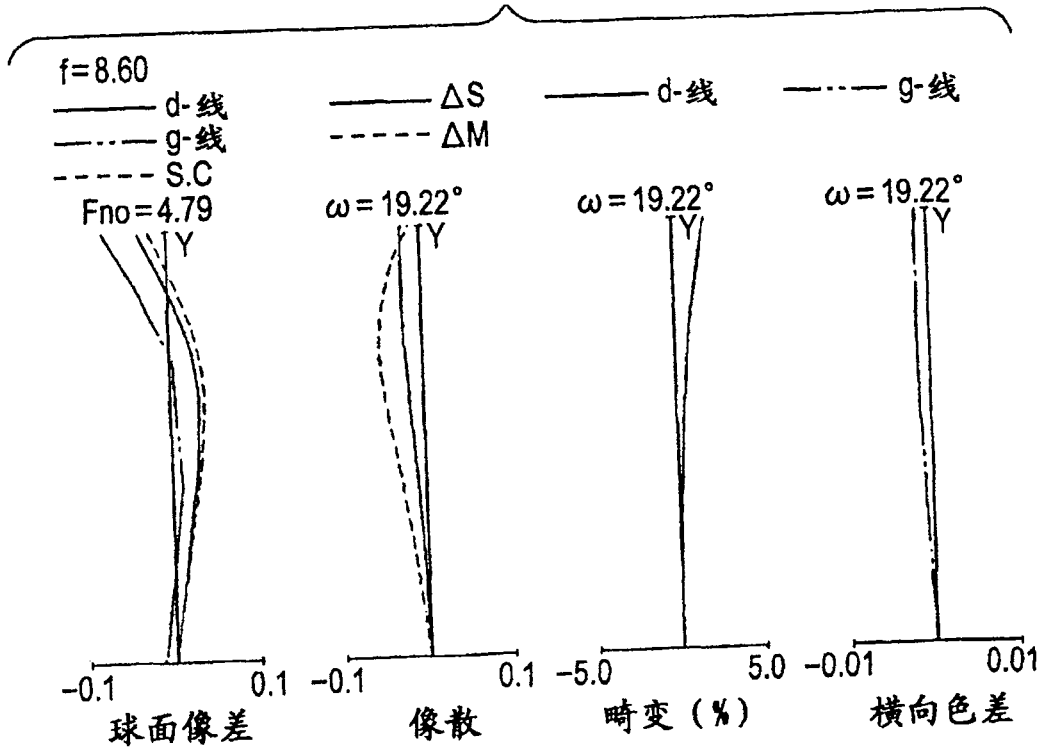


图 38C

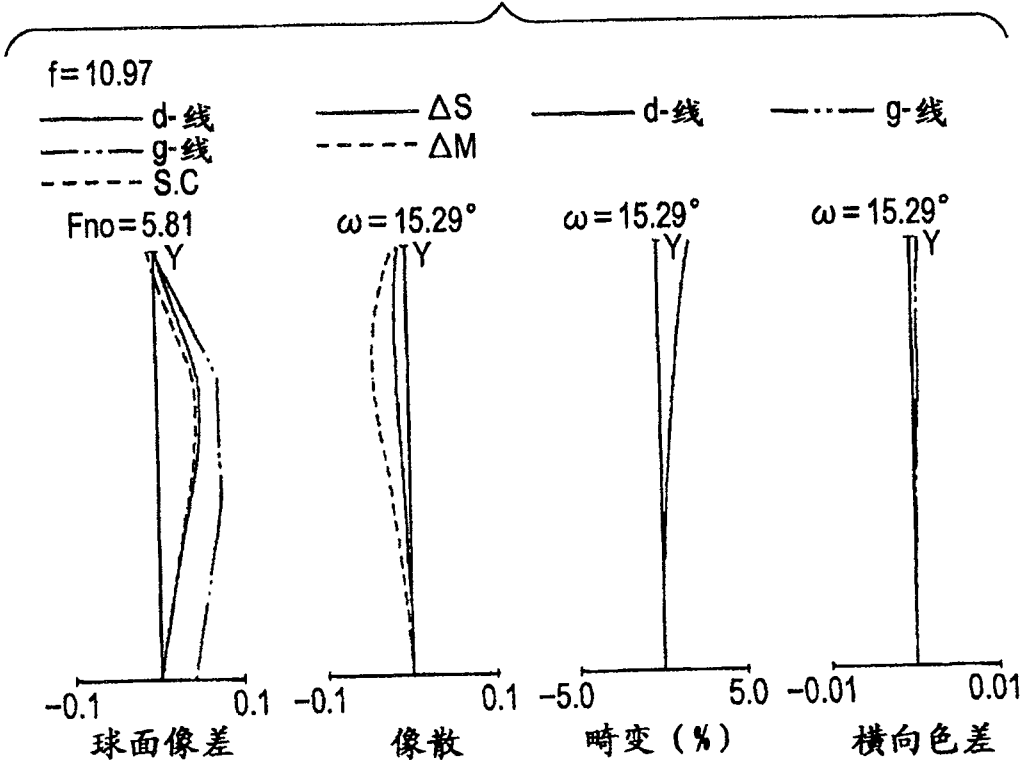


图 39A

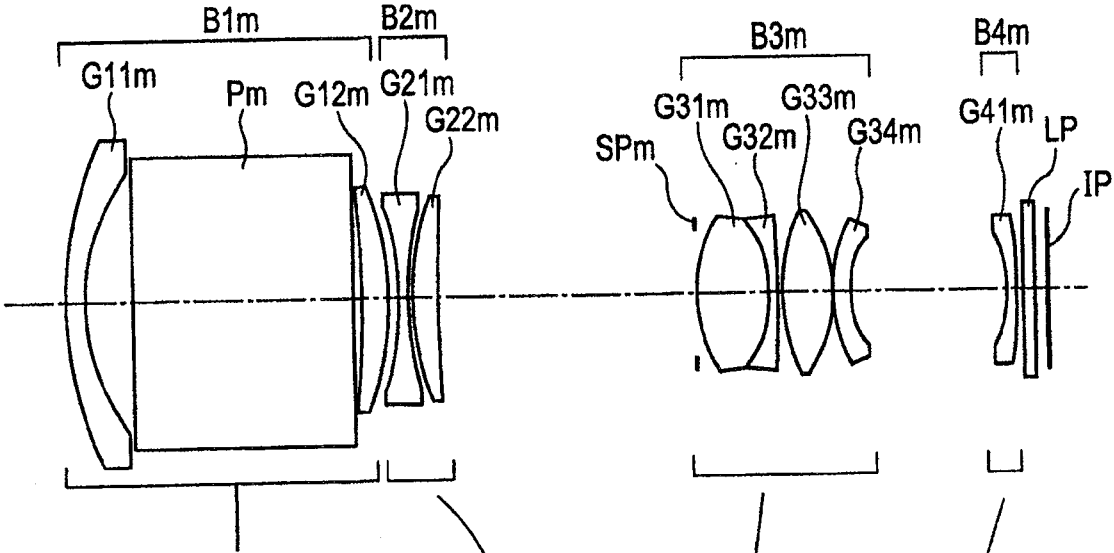


图 39B

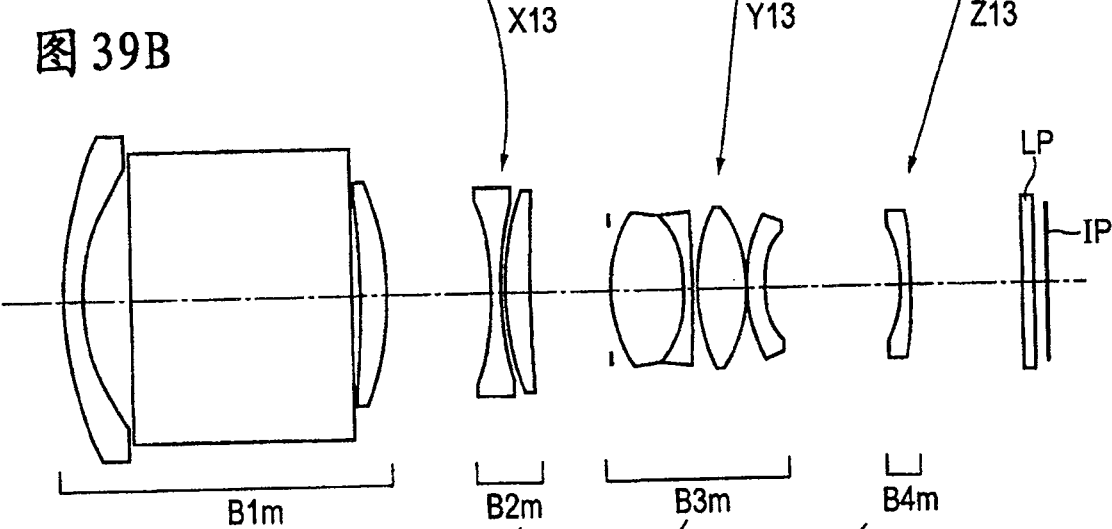


图 39C

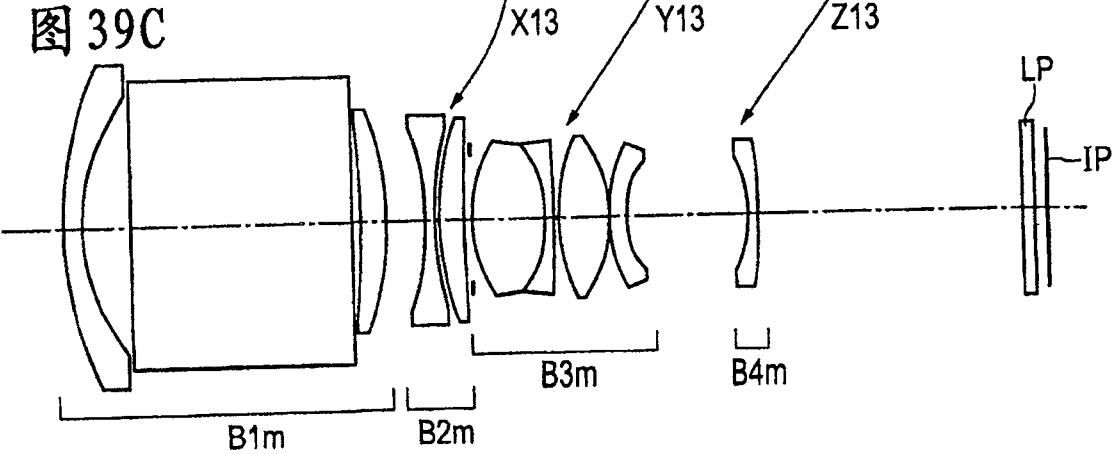


图 40A

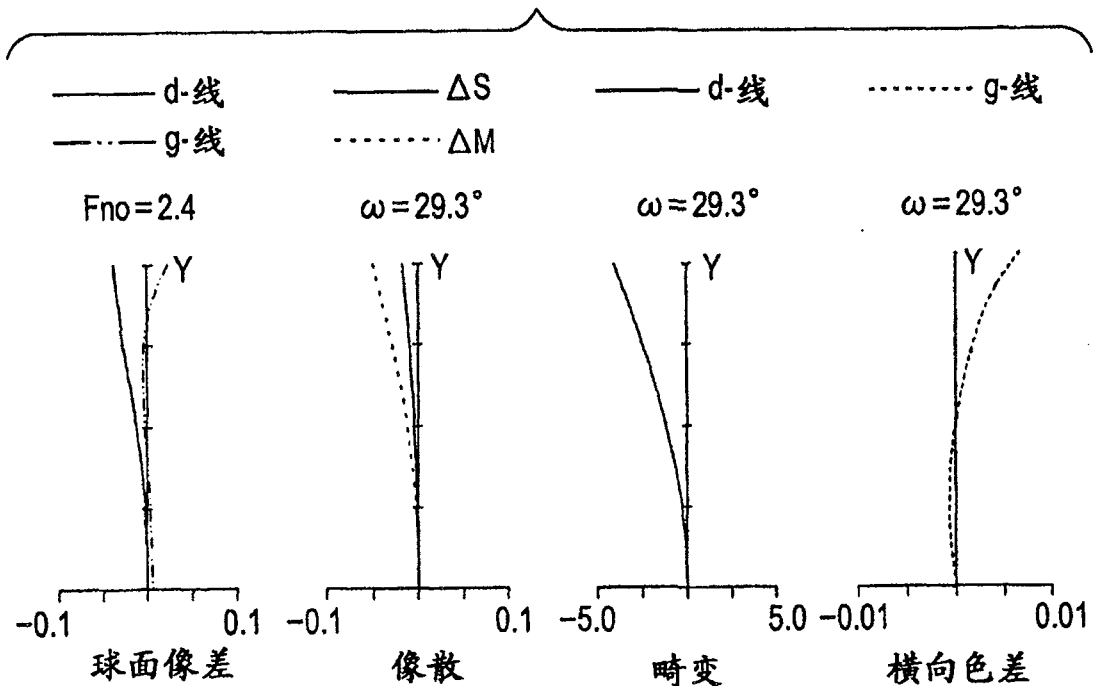


图 40B

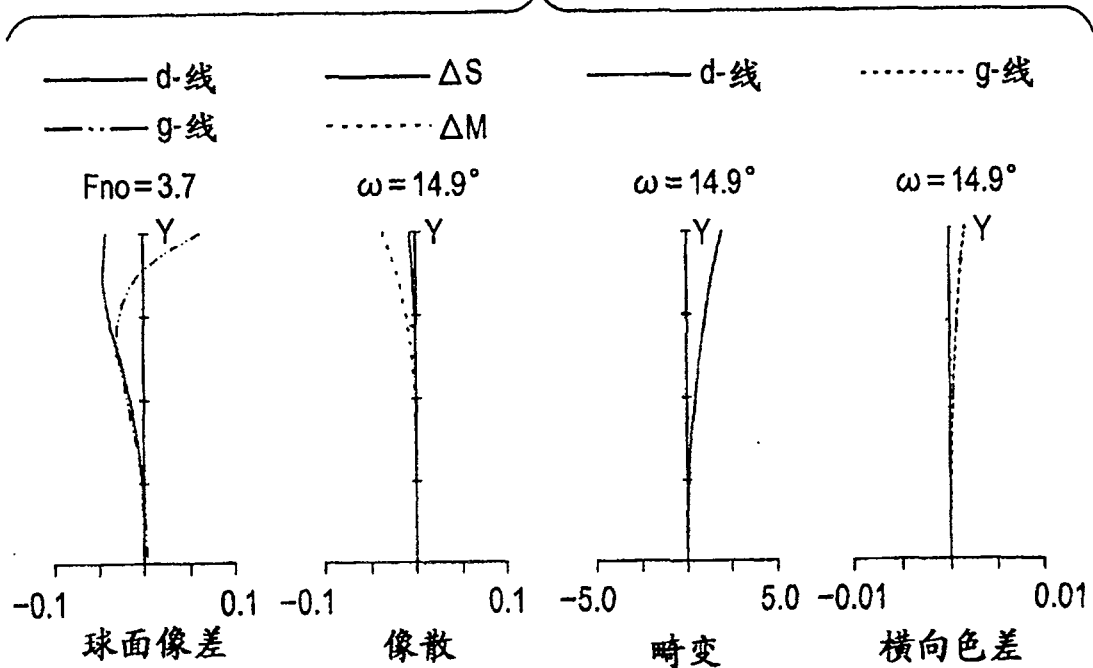


图 40C

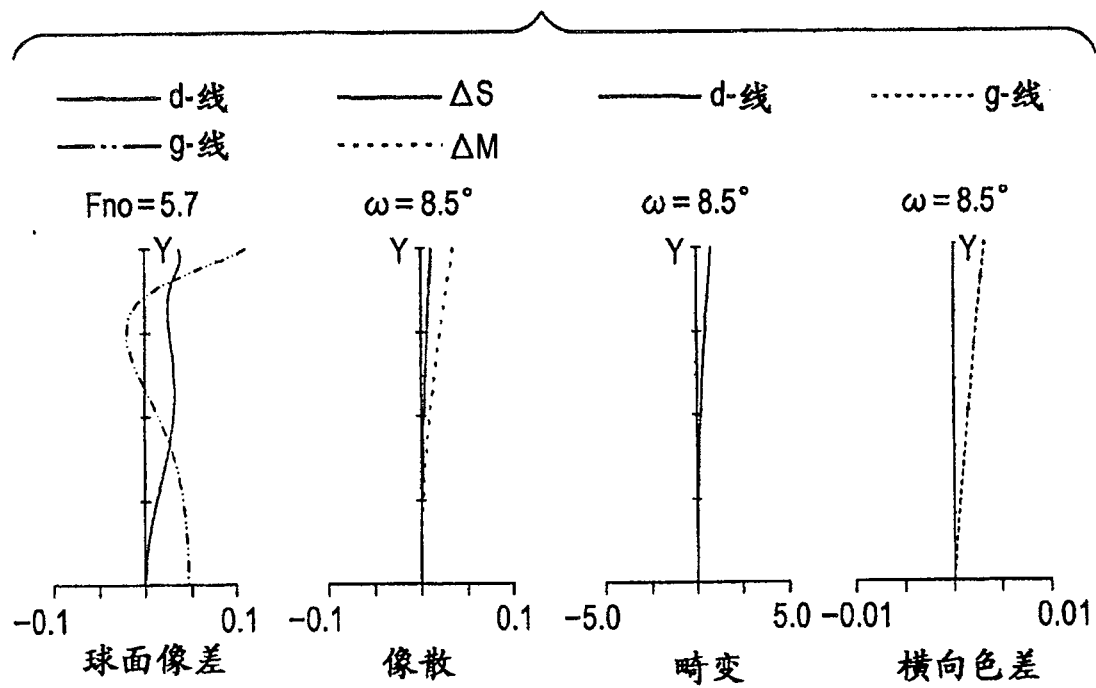


图 41A

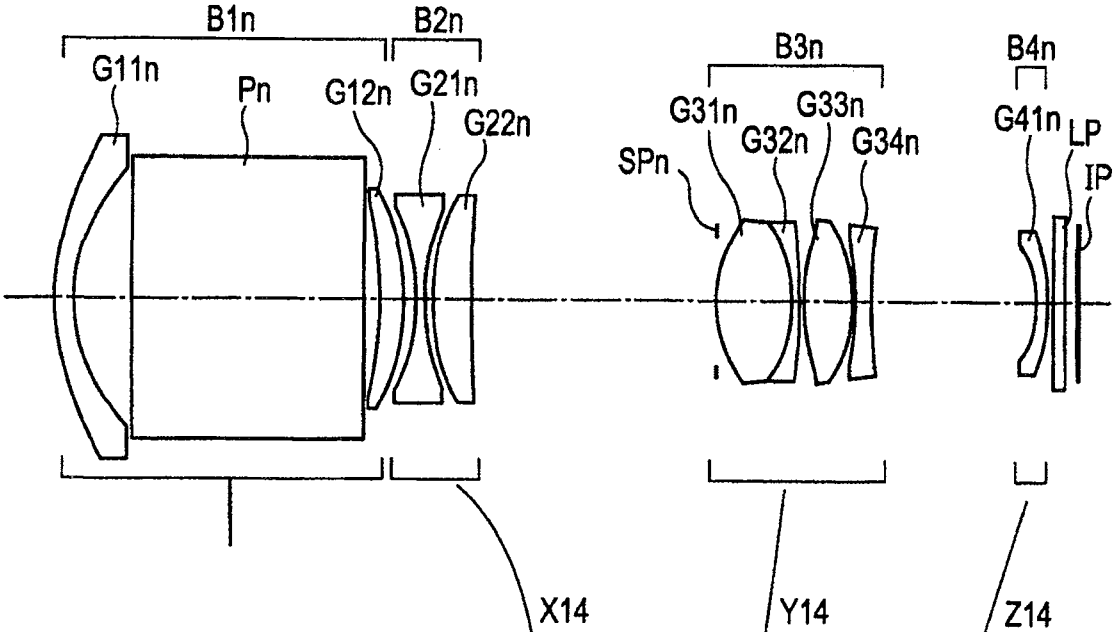


图 41B

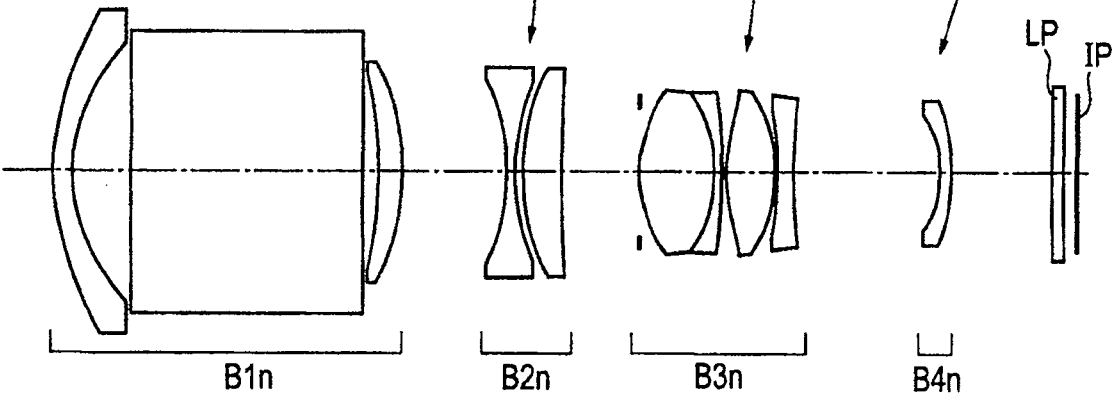


图 41C

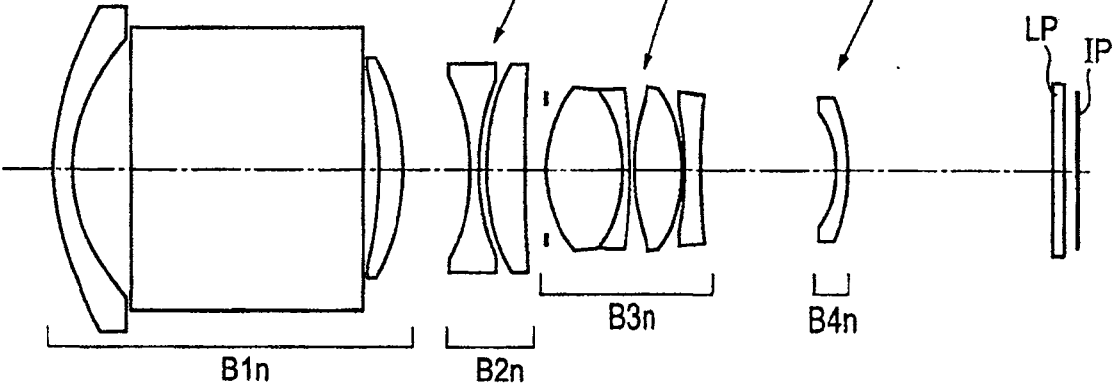


图 42A

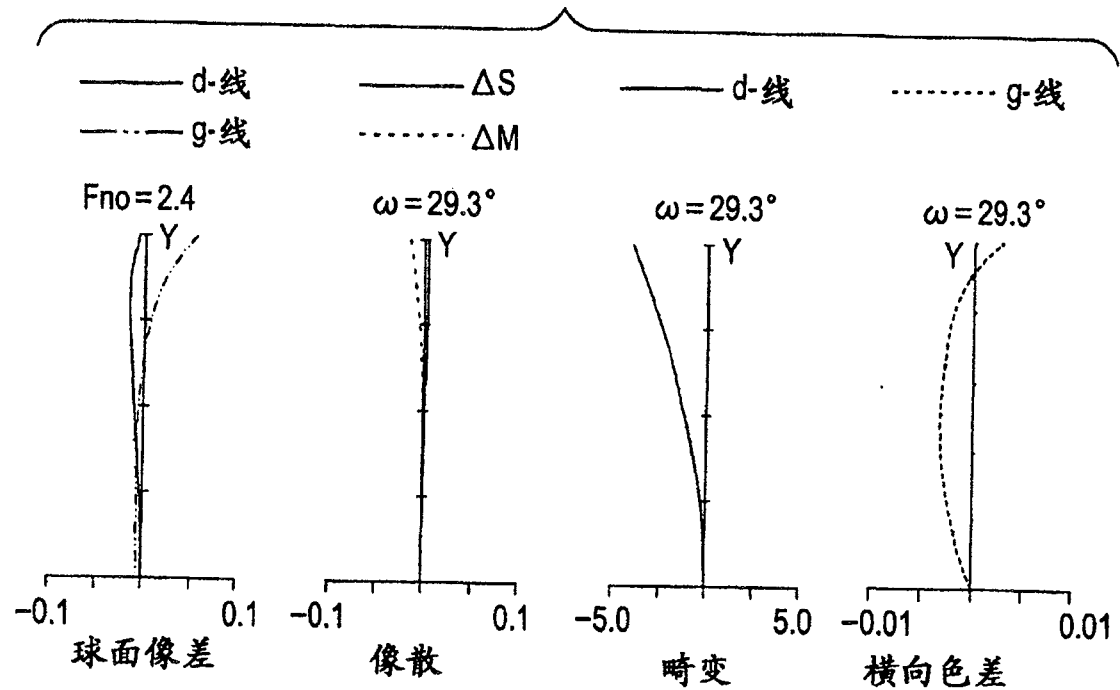


图 42B

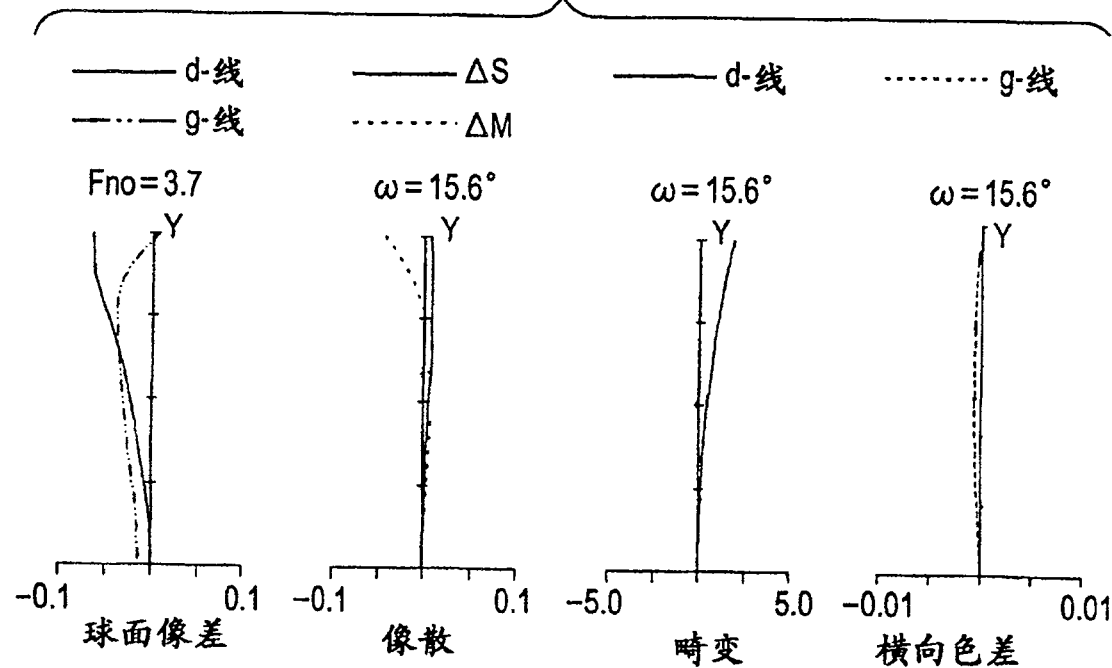
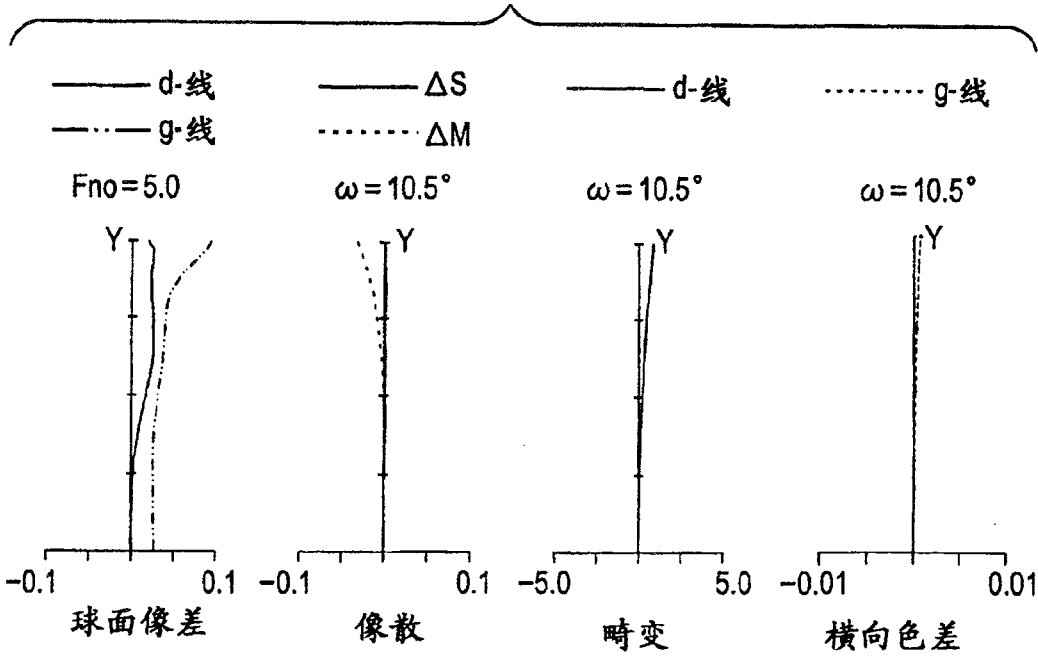


图 42C



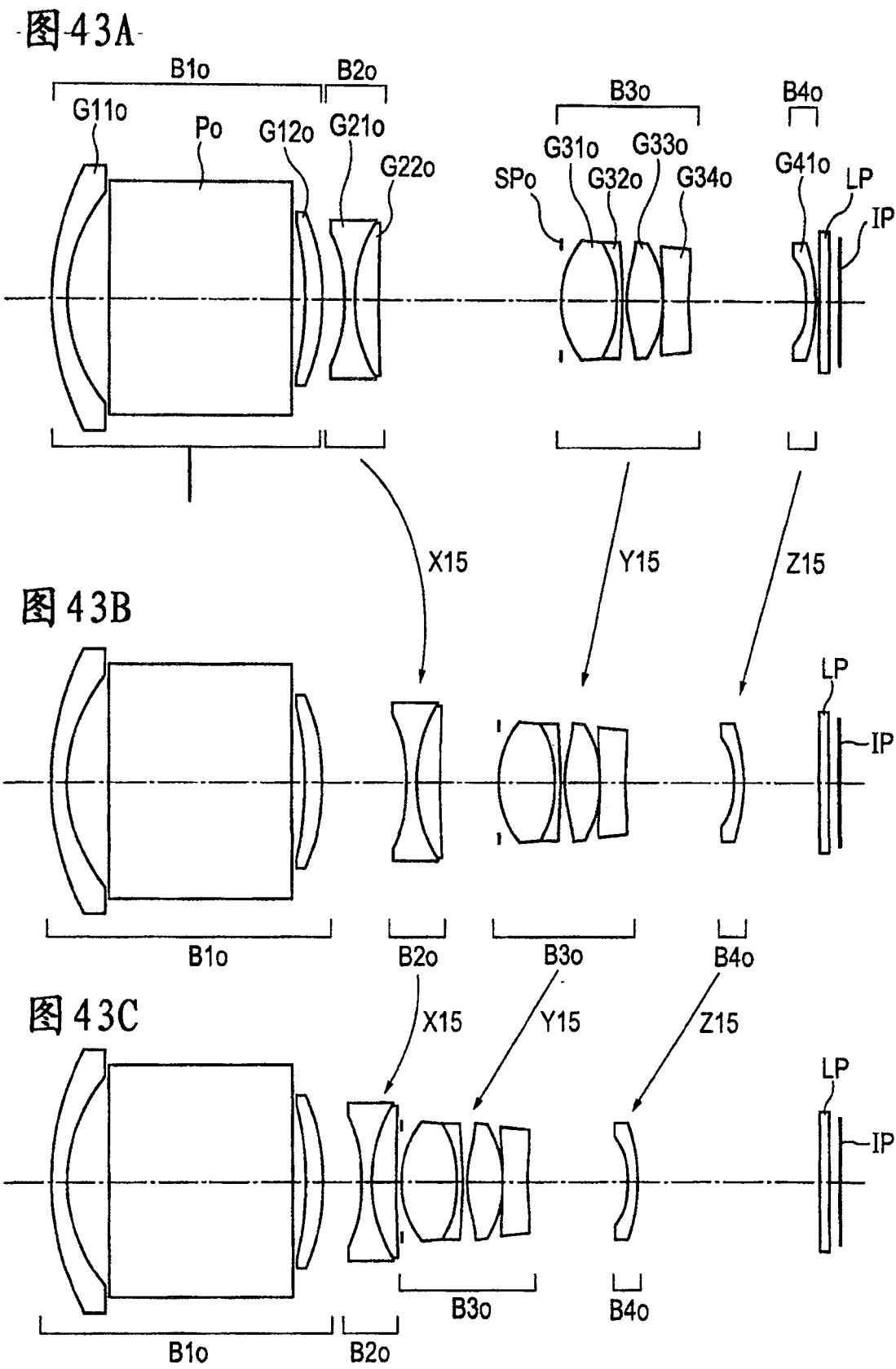


图 44A

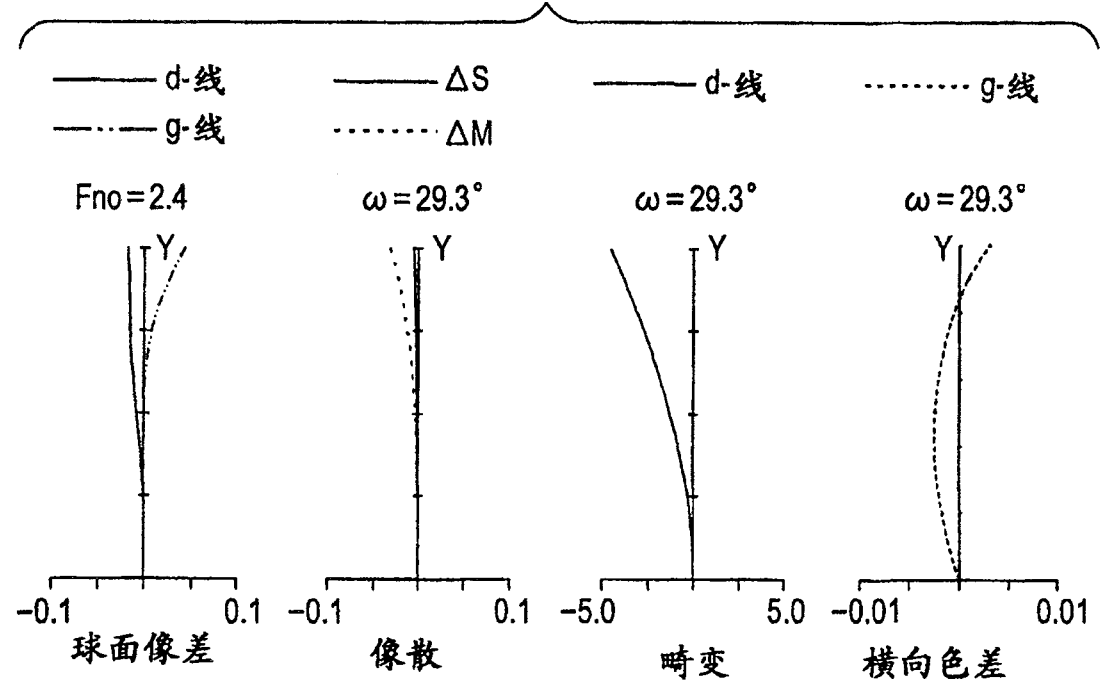


图 44B

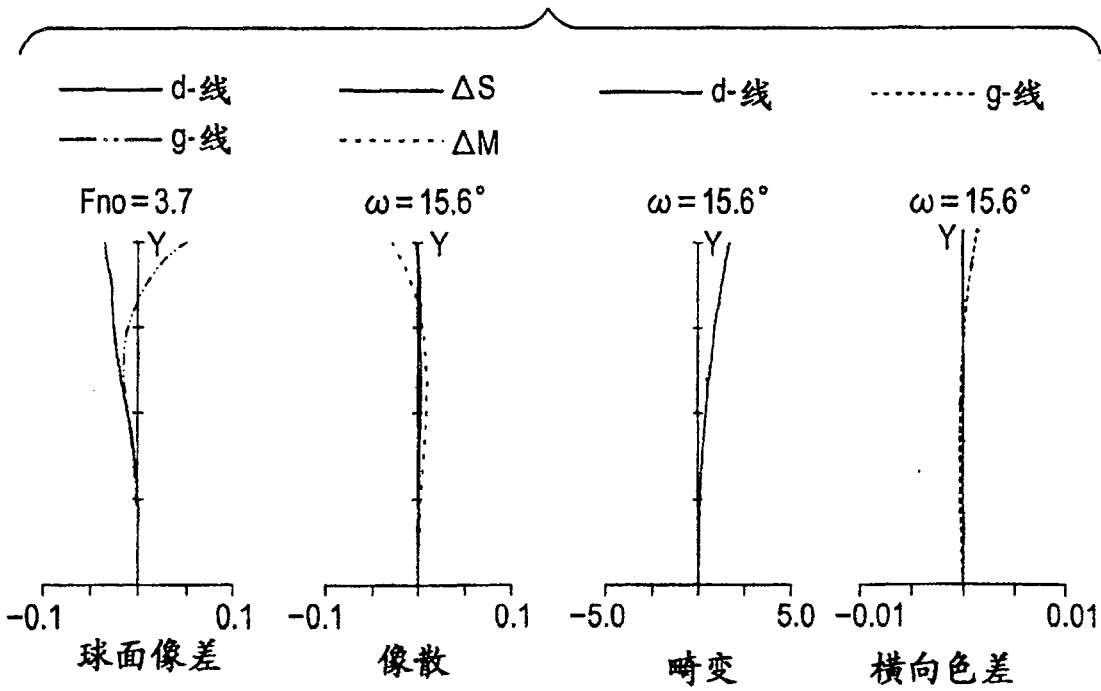


图 44C

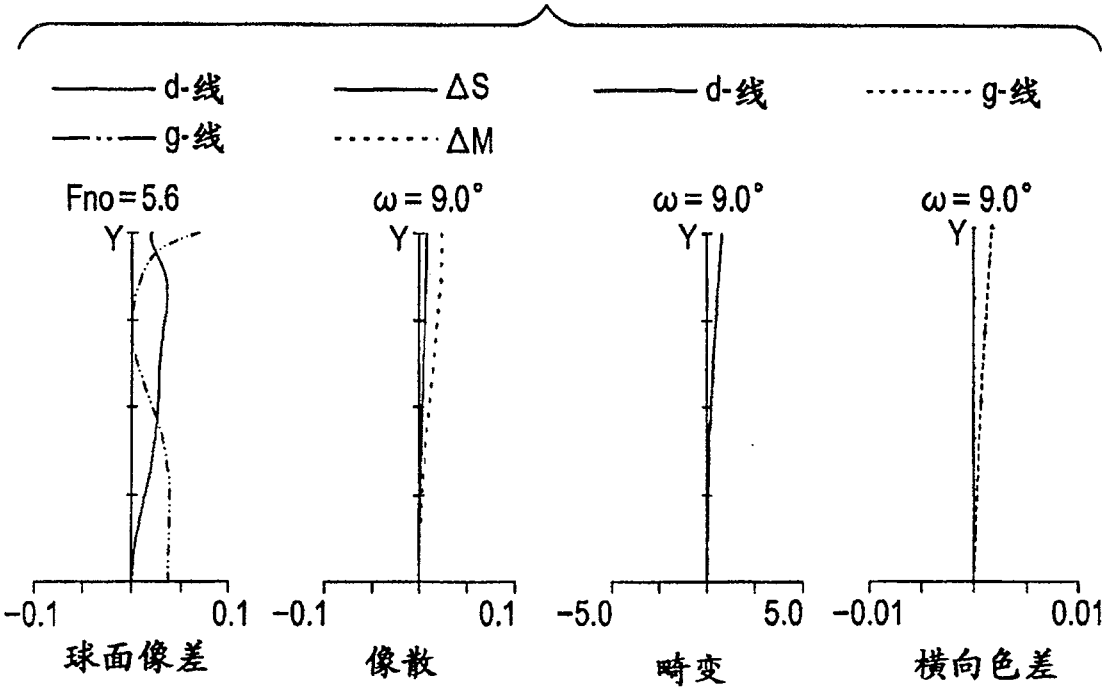


图 45A

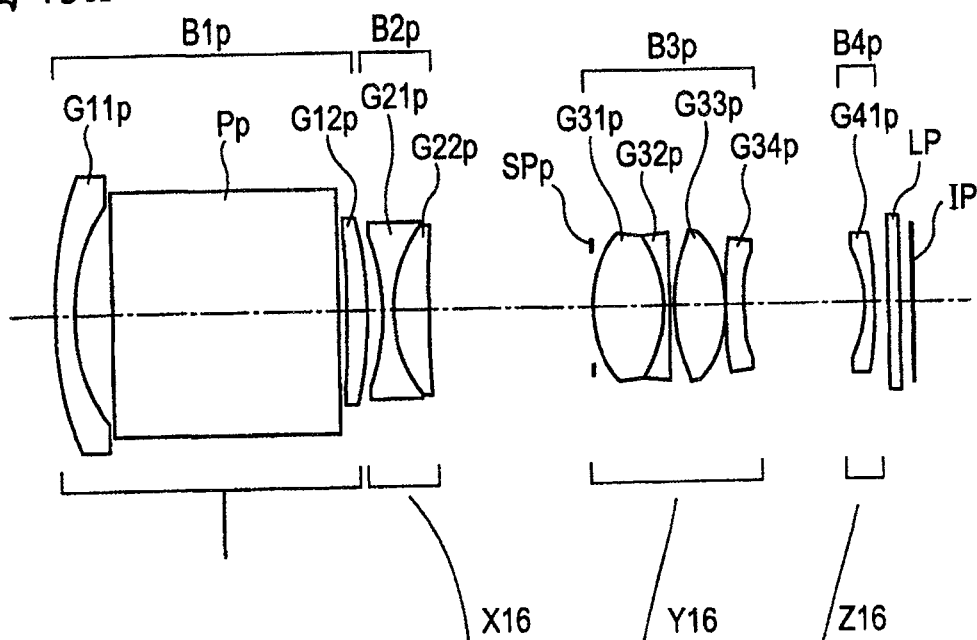


图 45B

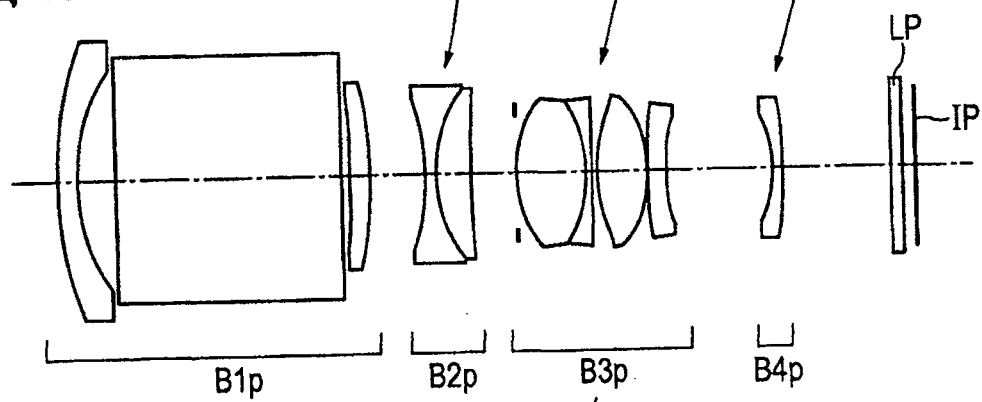


图 45C

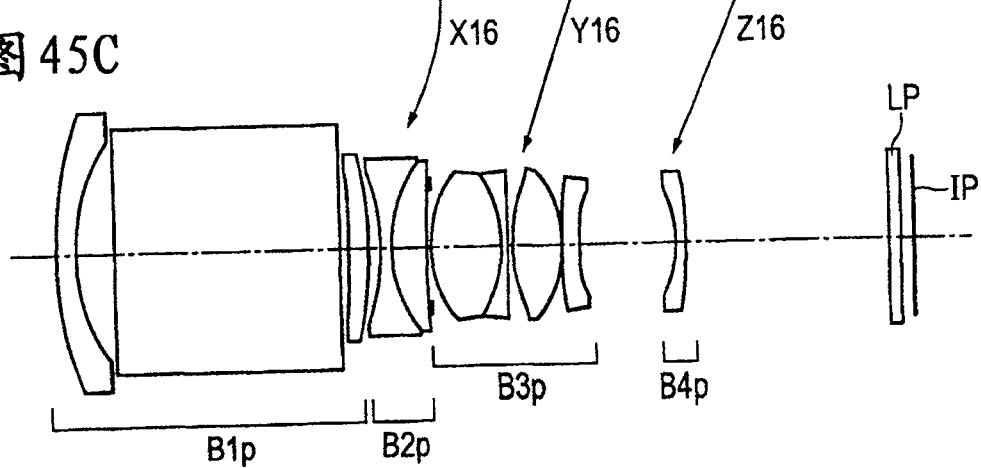


图 46A

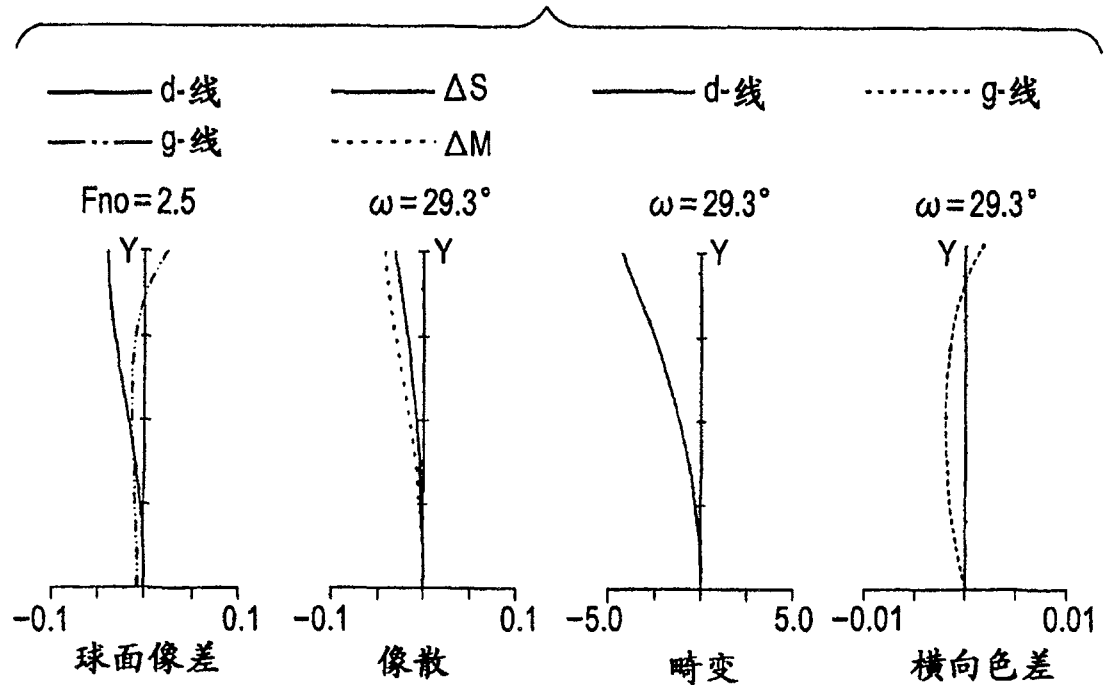


图 46B

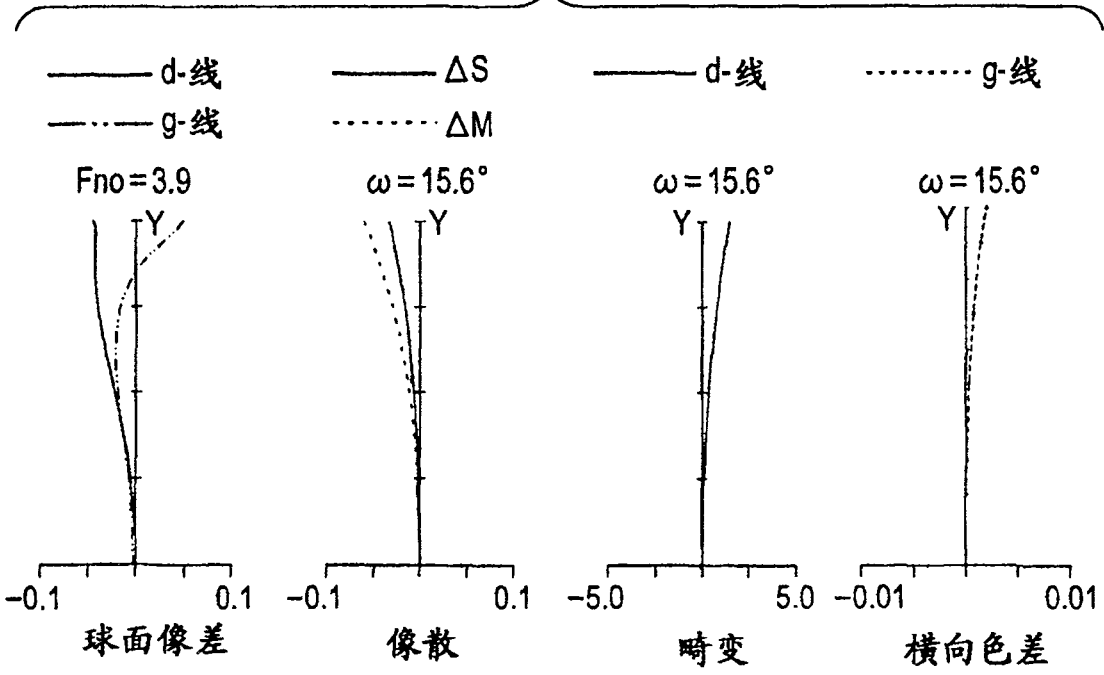


图 46C

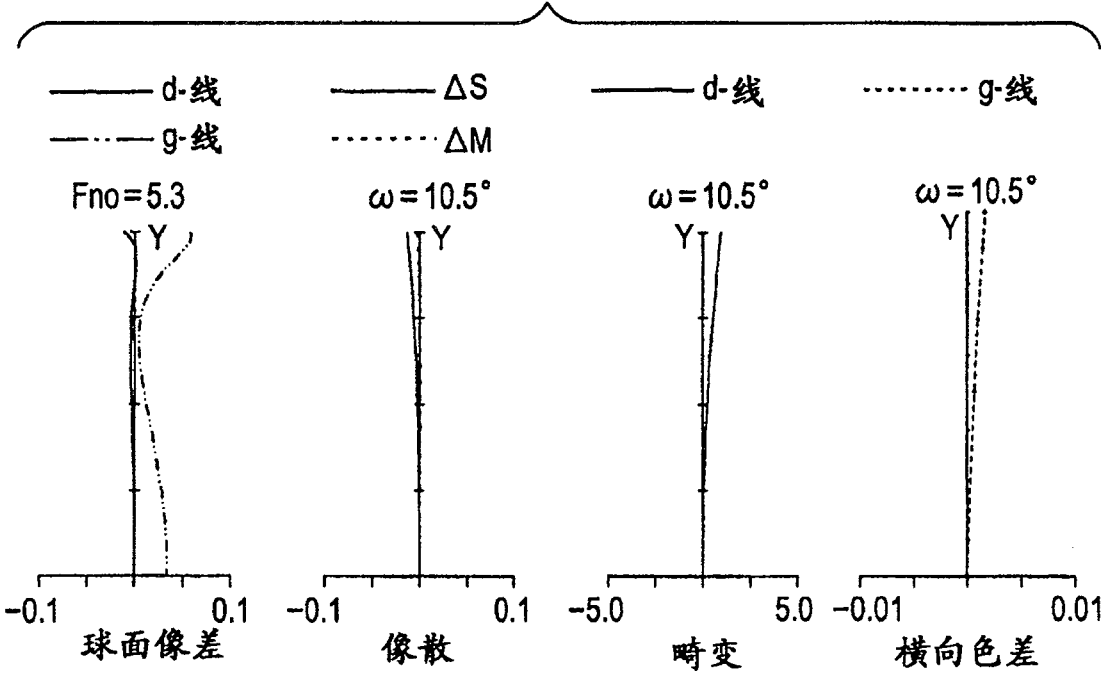


图 47A

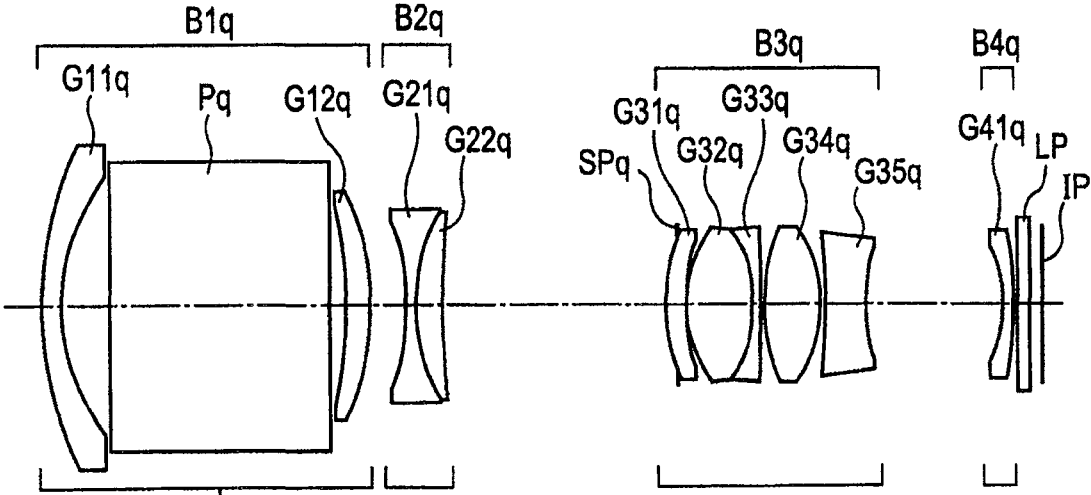


图 47B

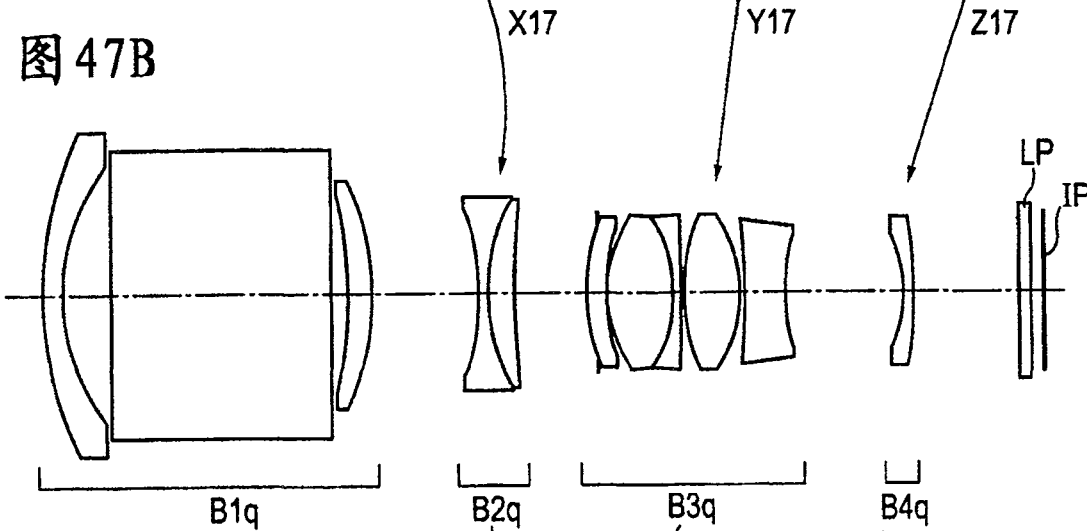


图 47C

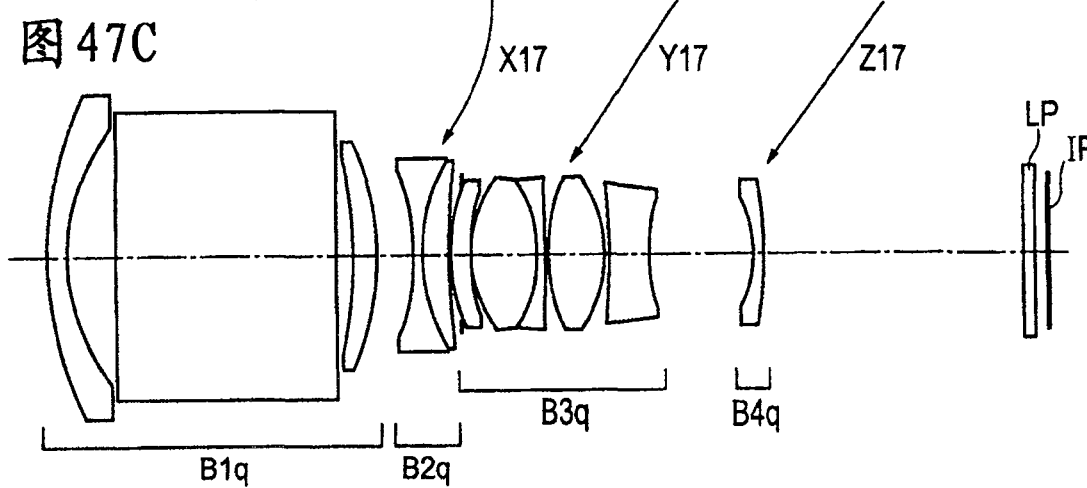


图 48A

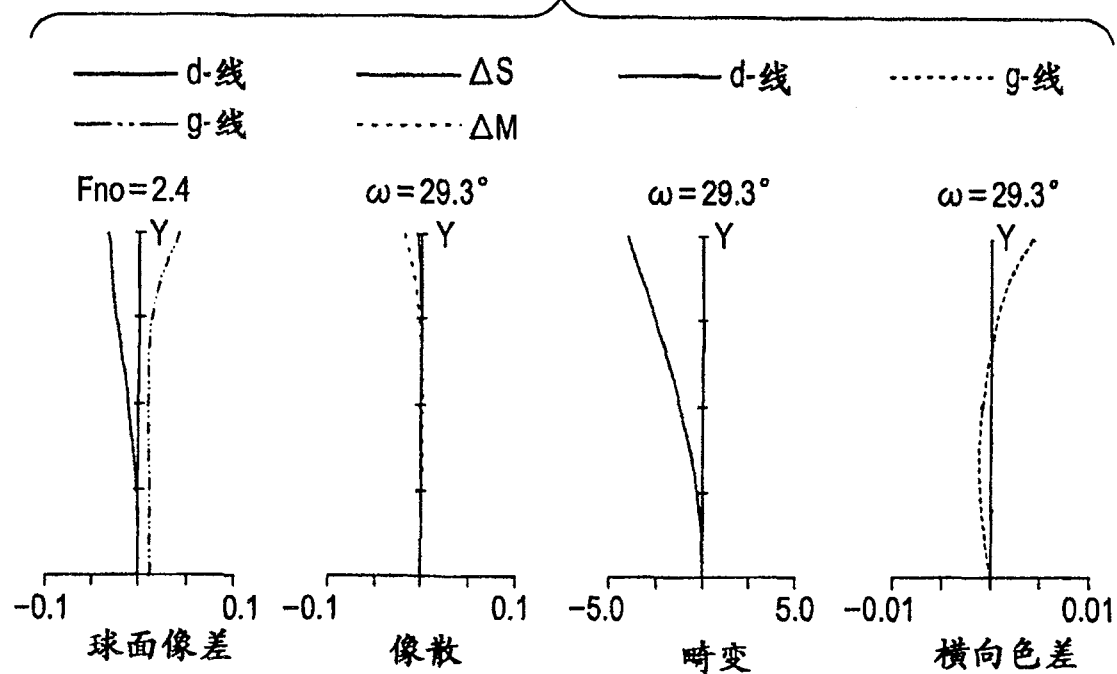


图 48B

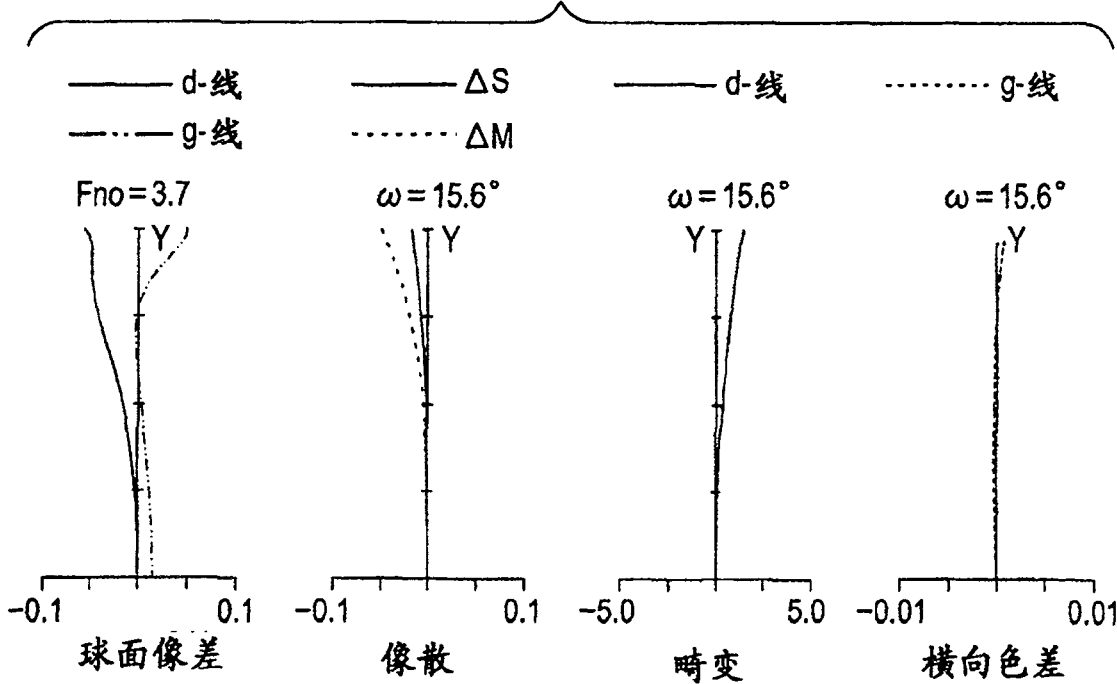


图 48C

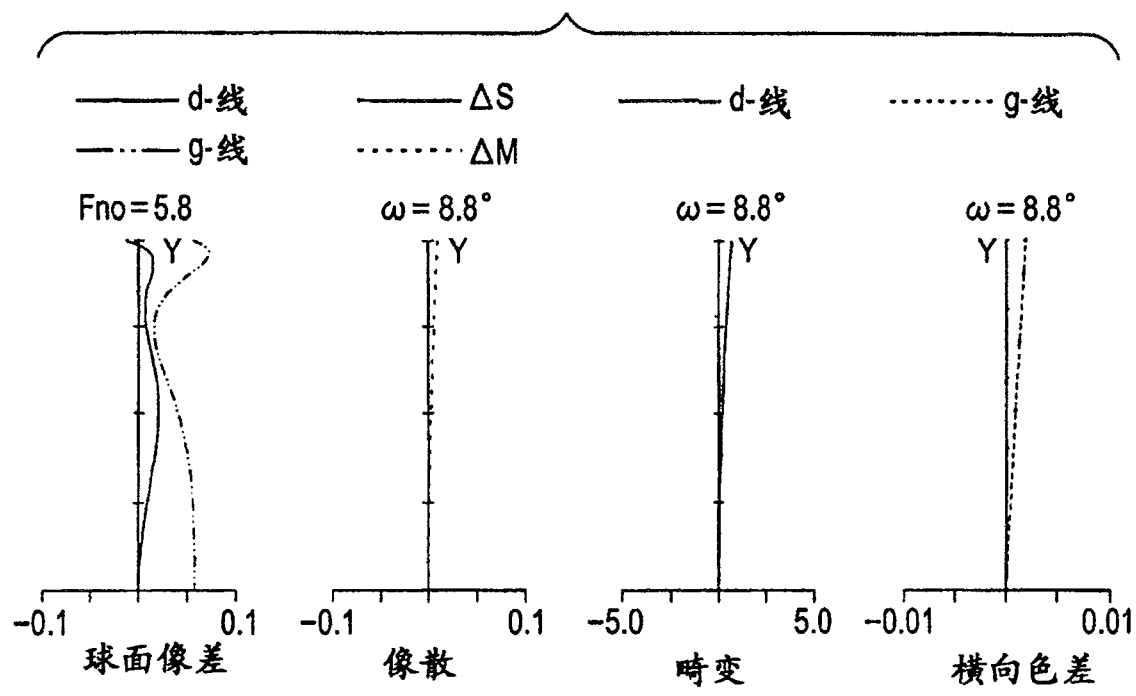


图 49

