



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101251637 B

(45) 授权公告日 2010.07.14

(21) 申请号 200810009651.1

审查员 邵萌

(22) 申请日 2008.02.19

(30) 优先权数据

2007-037816 2007.02.19 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 木村友纪

(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 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

G02B 15/16 (2006.01)

G02B 9/34 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 特开平 7-270684 A, 1995.10.20, 全文.

US 2006/0062569 A1, 2006.03.23, 全文.

US 5963378 A, 1999.10.05, 全文.

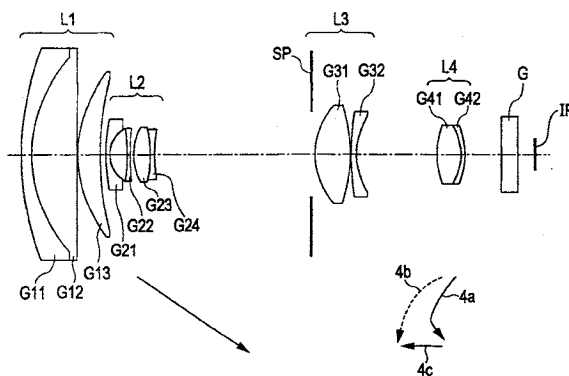
权利要求书 2 页 说明书 29 页 附图 33 页

(54) 发明名称

变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的摄像机

(57) 摘要

本发明提供变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的摄像机。一种变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括：具有正光焦度的第一透镜单元；具有负光焦度的第二透镜单元；以及包括至少一个透镜单元的后透镜组件。当进行变焦时，所述第二透镜单元能够移动以使得所述第一透镜单元与所述第二透镜单元之间的距离在远摄端处大于广角端处。所述第二透镜单元包括由具有高折射率并且满足预定条件的材料制成的负透镜元件。



1. 一种变焦透镜系统,从物侧到像侧依次包括:

具有正光焦度的第一透镜单元;

具有负光焦度的第二透镜单元,所述第二透镜单元能够移动以使得所述第一透镜单元与所述第二透镜单元之间的距离在远摄端处大于广角端处;以及

包括至少一个透镜单元的后透镜组件,

其中所述第二透镜单元包括由满足以下第一条件的材料制成的负透镜元件:

$N_d > 2.3 - 0.01 \cdot v_d$, 以及

$1.83 \leq N_d \leq 2.18$,

其中, N_d 是用于 d 线的材料的折射率, 并且 v_d 是由下式表示的阿贝数:

$v_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$,

其中 N_F 是用于 F 线的材料的折射率, N_C 是用于 C 线的材料的折射率。

2. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其中满足以下条件:

$0.5 < f_{2na}/f_2 < 2.0$,

其中 f_{2na} 是所述负透镜元件的焦距, f_2 是所述第二透镜单元的焦距。

3. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其中所述第二透镜单元包括由满足所述第一条件的材料形成的负透镜元件以及由不满足所述第一条件的材料形成的负透镜元件, 并且其中满足以下条件:

$0.1 < f_{2na}/f_{2nb} < 1.0$,

其中 f_{2na} 是由满足所述第一条件的材料形成的所述负透镜元件的焦距, f_{2nb} 是由不满足所述第一条件的材料形成的所述负透镜元件的焦距。

4. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其中所述第二透镜单元包括多个透镜元件, 并且满足以下条件:

$1.65 < N_{2ave} < 2.3$,

其中 N_{2ave} 是上述多个透镜元件的材料的折射率的平均值。

5. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其中, 所述负透镜元件在所述第二透镜单元中位于最接近物侧的位置处。

6. 根据权利要求 5 所述的变焦透镜系统, 其中满足以下条件:

$0.3 < (1/f_2) / \Phi_{21} < 1.8$,

其中 Φ_{21} 是所述负透镜元件的像侧表面的折光力, f_2 是所述第二透镜单元的焦距。

7. 根据权利要求 5 所述的变焦透镜系统, 其中所述第二透镜单元包括在所述负透镜元件的像侧上的至少一个负透镜元件和至少一个正透镜元件。

8. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其中所述第二透镜单元从物侧到像侧依次包括: 具有在所述像侧上为凹面的弯月形状的第一负透镜元件; 具有双凹形状的第二负透镜元件; 具有双凸形状的第一正透镜元件; 以及具有双凹形状的第三负透镜元件, 其中所述第一负透镜元件由满足所述第一条件的材料形成。

9. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其中所述第二透镜单元从物侧到像侧依次包括: 具有在所述像侧上为凹面的弯月形状的第一负透镜元件; 具有双凹形状的第二负透镜元件; 具有双凸形状的第一正透镜元件; 以及在所述物侧上为凹面的第三负透镜元件, 其中所述第一负透镜元件由满足所述第一条件的材料形成。

10. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中所述第二透镜单元从物侧到像侧依次包括:具有在所述像侧上为凹面的弯月形状的第一负透镜元件;具有双凹形状的第二负透镜元件;以及在所述物侧上为凸面的正透镜元件,其中所述第一负透镜元件由满足所述第一条件的材料形成。

11. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中所述第二透镜单元从物侧到像侧依次包括:具有在所述像侧上为凹面的弯月形状的第一负透镜元件;在所述像侧上为凹面的第二负透镜元件;具有双凹形状的第三负透镜元件;以及在物侧上为凸面的正透镜元件,其中所述第一负透镜元件由满足所述第一条件的材料形成。

12. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中所述后透镜组件从物侧到像侧依次包括:具有正光焦度的第三透镜单元以及具有正光焦度的第四透镜单元。

13. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中满足所述第一条件的材料是无机材料。

14. 根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统,其中所述变焦透镜系统在固态图像拾取元件上形成图像。

15. 一种摄像机,包括:

根据权利要求 1 所述的变焦透镜系统;以及

固态图像拾取元件,被配置为接收由所述变焦透镜系统所形成图像的光。

变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的摄像机

技术领域

[0001] 本发明涉及变焦透镜系统和包括变焦透镜系统的摄像机。

背景技术

[0002] 近年来,图像拾取设备已经在功能上得到发展,所述图像拾取设备包括诸如视频摄像机、数字静态摄像机、广播用摄像机、和安全摄像机之类的固态图像拾取元件,以及卤化银膜摄像机。此外,图像拾取设备的尺寸已经减小。

[0003] 因此,要求在这些图像拾取设备中使用的成像光学系统(变焦透镜)具有短透镜长度、小尺寸、高变焦比、以及高分辨率。

[0004] 为了满足这些要求,已经开发出后对焦型变焦透镜。后对焦型变焦透镜包括最接近于物体而设置的第一透镜单元,以及其它透镜单元。通过移动其它透镜单元,进行对焦。

[0005] 一种类型的后对焦型变焦透镜是四单元变焦透镜,该四单元变焦透镜从物侧到像侧依次包括:具有正折光力的第一透镜单元;具有负折光力的第二透镜单元;具有正折光力的第三透镜单元;以及具有正折光力的第四透镜单元。

[0006] 在这些变焦透镜中,一些变焦透镜移动第二透镜单元来改变放大率。此外,这些变焦透镜移动第四透镜单元以便补偿因放大引起的像面变化(例如参见日本专利特开第 7-270684 号(对应于美国专利第 5963378 号)、日本专利特开第 11-305124 号(对应于美国专利第 6166864 号)、以及日本专利特开第 2005-215518 号(对应于美国专利第 7193787 号))。在这些变焦透镜中,只有两个透镜单元是可移动的。因此,这些变焦透镜是通过使用相对简单的驱动机构实现的。

[0007] 相反,一些变焦透镜在进行变焦时移动所有这四个透镜单元(例如参见日本专利特开第 2000-347102 号(对应于美国专利第 686725 号),以及日本专利特开第 2003-315676 号(对应于美国专利第 6975461 号))。

[0008] 这些变焦透镜可以控制对于每个透镜单元的偏心的灵敏度。因此,这些变焦透镜适合于可收缩安装型图像拾取设备,在该可收缩安装型图像拾取设备中,当图像拾取设备未使用时透镜单元被收缩,以使得图像拾取设备便于携带。

[0009] 另一方面,近年来,已经开发出透光陶瓷,并且因而,已经开发出使用这种透光陶瓷作为其光学材料的透镜设备。

[0010] 透光陶瓷的折射率高于光学玻璃的折射率。此外,透光陶瓷具有优良的硬度和强度。通过使用透光陶瓷的这些特性,已经开发出整个透镜系统厚度减小的光学系统(例如参见日本专利特开第 2006-84887 号(对应于美国专利第 2006/0062569 号))。

[0011] 近年来,强烈要求用于图像拾取设备的变焦透镜具有高变焦比以及整个透镜系统的小尺寸。

[0012] 通常,通过减小变焦透镜的透镜数目同时增大每个透镜单元的折射率,可以减小变焦透镜的尺寸。

[0013] 然而,对于这些变焦透镜,透镜的厚度倾向于增大。因此,透镜系统无法令人满意

地被减小。此外,难于校正透镜的各种像差。

[0014] 为了获得高变焦比以及整个透镜系统的小尺寸,重要的是以最优方式确定变焦类型、每个透镜单元的折射率、以及每个透镜单元中的透镜元件的组合。

[0015] 具体的,对于上述后对焦型变焦透镜,重要的是最优地设计用于主要改变放大率的第二透镜单元的结构。

[0016] 例如,对于第二透镜单元中的透镜,需要在考虑到折射率和阿贝数的情况下选择可以减小任何变焦位置处的各种像差(包括色差)的材料。

[0017] 在日本专利特开第 2006-84887 号中描述的透镜设备包括粘合透镜,该粘合透镜具有相互粘结的正透镜元件和负透镜元件。负透镜元件的材料是透光陶瓷。通过这种方式,粘合透镜的厚度被减小,并且因此,透镜设备的尺寸被减小。

[0018] 陶瓷的折射率、硬度和弯曲强度高于玻璃。在日本专利特开第 2006-84887 中,使用陶瓷的这些特性,通过一个负透镜元件厚度的减小量来有利地减小透镜设备的尺寸。

[0019] 考虑这样的曲线图,该曲线图具有向上增大的代表折射率的纵坐标以及向左增大的代表阿贝数的横坐标(下文中称为“nd-vd 数”)。通常,当将玻璃映射在该曲线图上时,玻璃的特性沿着几条直线之一分布。

[0020] 通常,随着光学玻璃的折射率增大,光学玻璃的阿贝数减小并且分散性增大。

[0021] 在 nd-vd 图中,在可见光范围内具有高透光率的一些陶瓷、单晶氧化物材料和多晶氧化物材料所具有的折射率与阿贝数之间的关系不同于普通光学玻璃的所述关系。

[0022] 也就是说,这些材料所具有的折射率高于具有相同阿贝数的光学玻璃的折射率。

[0023] 当使用具有这种特性的陶瓷作为光学材料时,可以容易地校正像差,并且可以容易地减小整个透镜系统的尺寸。

[0024] 然而,即使由陶瓷制成的透镜被简单地用于变焦透镜,也难于对于整个变焦范围获得高光学性能。

[0025] 为了增大变焦比以及减小整个透镜系统的尺寸,重要的是以最优方式确定变焦类型、每个透镜单元的折射率、以及每个透镜单元中的透镜元件的组合。

发明内容

[0026] 本发明旨在一种紧凑的变焦透镜系统,该变焦透镜系统通过适当地使用诸如透光陶瓷之类的具有高折射率的材料,而具有高变焦比以及在整个变焦范围上的高光学性能。

[0027] 根据本发明,所述变焦光学系统可以适当地用于图像拾取设备,该图像拾取设备包括诸如视频摄像机、数字静态摄像机、广播用摄像机或安全摄像机之类的固态图像拾取元件,以及诸如卤化银膜摄像机之类的使用卤化银膜的图像拾取设备。

[0028] 根据本发明的一个方面,一种变焦透镜系统从物侧到像侧依次包括:具有正光焦度(optical power)的第一透镜单元;具有负光焦度的第二透镜单元;以及包括至少一个透镜单元的后透镜组件。当进行变焦时,所述第二透镜单元能够移动以使得所述第一透镜单元与所述第二透镜单元之间的距离在远摄端处大于广角端处。所述第二透镜单元包括由满足以下条件的材料制成的负透镜元件:

[0029] $N_d > 2.3 - 0.01 \cdot v_d$, 以及

[0030] $1.75 < N_d < 2.7$,

- [0031] 其中, N_d 是用于 d 线的材料的折射率, 并且 v_d 是该材料的阿贝数。
- [0032] 根据以下参照附图对示例性实施例的说明, 本发明的其它特征将变得显而易见。

附图说明

- [0033] 图 1 是根据本发明第一实施例的变焦透镜在广角端处的截面视图。
- [0034] 图 2 是根据第一实施例的变焦透镜在广角端处的像差图。
- [0035] 图 3 是根据第一实施例的变焦透镜在中间变焦位置处的像差图。
- [0036] 图 4 是根据第一实施例的变焦透镜在远摄端处的像差图。
- [0037] 图 5 是根据本发明第二实施例的变焦透镜在广角端处的截面视图。
- [0038] 图 6 是根据第二实施例的变焦透镜在广角端处的像差图。
- [0039] 图 7 是根据第二实施例的变焦透镜在中间变焦位置处的像差图。
- [0040] 图 8 是根据第二实施例的变焦透镜在远摄端处的像差图。
- [0041] 图 9 是根据本发明第三实施例的变焦透镜在广角端处的截面视图。
- [0042] 图 10 是根据第三实施例的变焦透镜在广角端处的像差图。
- [0043] 图 11 是根据第三实施例的变焦透镜在中间变焦位置处的像差图。
- [0044] 图 12 是根据第三实施例的变焦透镜在远摄端处的像差图。
- [0045] 图 13 是根据本发明第四实施例的变焦透镜在广角端处的截面视图。
- [0046] 图 14 是根据第四实施例的变焦透镜在广角端处的像差图。
- [0047] 图 15 是根据第四实施例的变焦透镜在中间变焦位置处的像差图。
- [0048] 图 16 是根据第四实施例的变焦透镜在远摄端处的像差图。
- [0049] 图 17 是根据本发明第五实施例的变焦透镜在广角端处的截面视图。
- [0050] 图 18 是根据第五实施例的变焦透镜在广角端处的像差图。
- [0051] 图 19 是根据第五实施例的变焦透镜在中间变焦位置处的像差图。
- [0052] 图 20 是根据第五实施例的变焦透镜在远摄端处的像差图。
- [0053] 图 21 是根据本发明第六实施例的变焦透镜在广角端处的截面视图。
- [0054] 图 22 是根据第六实施例的变焦透镜在广角端处的像差图。
- [0055] 图 23 是根据第六实施例的变焦透镜在中间变焦位置处的像差图。
- [0056] 图 24 是根据第六实施例的变焦透镜在远摄端处的像差图。
- [0057] 图 25 是根据本发明第七实施例的变焦透镜在广角端处的截面视图。
- [0058] 图 26 是根据第七实施例的变焦透镜在广角端处的像差图。
- [0059] 图 27 是根据第七实施例的变焦透镜在中间变焦位置处的像差图。
- [0060] 图 28 是根据第七实施例的变焦透镜在远摄端处的像差图。
- [0061] 图 29 是根据本发明第八实施例的变焦透镜在广角端处的截面视图。
- [0062] 图 30 是根据第八实施例的变焦透镜在广角端处的像差图。
- [0063] 图 31 是根据第八实施例的变焦透镜在中间变焦位置处的像差图。
- [0064] 图 32 是根据第八实施例的变焦透镜在远摄端处的像差图。
- [0065] 图 33 是根据本发明实施例的数字摄像机的主要部分的示意性例示图。
- [0066] 图 34 是根据本发明实施例的数字摄像机的示意性例示图。

具体实施方式

[0067] 下面描述根据本发明示例性实施例的变焦透镜系统和包括变焦透镜系统之一的图像拾取设备。

[0068] 根据每个实施例的变焦透镜从物侧到像侧依次包括：具有正折光力（即，光焦度＝焦距的倒数）的第一透镜单元；具有负折光力的第二透镜单元；以及包括至少一个透镜单元的后组件。当进行变焦时，至少所述第二透镜单元移动，以使得所述第一透镜单元与所述第二透镜单元之间的距离在远摄端处大于广角端处。

[0069] 此外，该后组件包括至少一个具有正折光力的透镜单元。

[0070] 例如，该后组件从物侧到像侧依次包括具有正折光力的第三透镜单元和具有正折光力的第四透镜单元。

[0071] 图 1 是根据第一实施例的变焦透镜在广角端处的主要部分的截面视图。图 2、3 和 4 是根据第一实施例的变焦透镜分别在广角端（最小焦距端）处、中间焦距位置（中间变焦位置）处、和远摄端（最大焦距端）处的像差图。

[0072] 图 5 是根据第二实施例的变焦透镜在广角端处的主要部分的截面视图。图 6、7 和 8 是根据第二实施例的变焦透镜分别在广角端（最小焦距端）处、中间焦距位置（中间变焦位置）处、和远摄端（最大焦距端）处的像差图。

[0073] 图 9 是根据第三实施例的变焦透镜在广角端处的主要部分的截面视图。图 10、11 和 12 是根据第三实施例的变焦透镜分别在广角端（最小焦距端）处、中间焦距位置（中间变焦位置）处、和远摄端（最大焦距端）处的像差图。

[0074] 图 13 是根据第四实施例的变焦透镜在广角端处的主要部分的截面视图。图 14、15 和 16 是根据第四实施例的变焦透镜分别在广角端（最小焦距端）处、中间焦距位置（中间变焦位置）处、和远摄端（最大焦距端）处的像差图。

[0075] 图 17 是根据第五实施例的变焦透镜在广角端处的主要部分的截面视图。图 18、19 和 20 是根据第五实施例的变焦透镜分别在广角端（最小焦距端）处、中间焦距位置（中间变焦位置）处、和远摄端（最大焦距端）处的像差图。

[0076] 图 21 是根据第六实施例的变焦透镜在广角端处的主要部分的截面视图。图 22、23 和 24 是根据第六实施例的变焦透镜分别在广角端（最小焦距端）处、中间焦距位置（中间变焦位置）处、和远摄端（最大焦距端）处的像差图。

[0077] 图 25 是根据第七实施例的变焦透镜在广角端处的主要部分的截面视图。图 26、27 和 28 是根据第七实施例的变焦透镜分别在广角端（最小焦距端）处、中间焦距位置（中间变焦位置）处、和远摄端（最大焦距端）处的像差图。

[0078] 图 29 是根据第八实施例的变焦透镜在广角端处的主要部分的截面视图。图 30、31 和 32 是根据第八实施例的变焦透镜分别在广角端（最小焦距端）处、中间焦距位置（中间变焦位置）处、和远摄端（最大焦距端）处的像差图。

[0079] 图 33 和 34 是包括根据本发明实施例之一的变焦透镜的摄像机（图像拾取设备）的示意性例示图。

[0080] 根据本发明每个实施例的变焦透镜是用于视频摄像机和数字静态摄像机的图像拍取透镜系统。在变焦透镜的截面视图中，物体位于左边（前侧），图像位于右边（后侧）。

[0081] 在实施例的变焦透镜用作例如投影仪的投影透镜的情况下，屏幕位于左侧，要投

影的图像位于右侧。

[0082] 在变焦透镜的截面视图中,“L1”表示具有正折光力(即,光焦度=焦距的倒数)的第一透镜单元;“L2”表示具有负折光力的第二透镜单元;“L3”表示具有正折光力的第三透镜单元;“L4”表示具有正折光力的第四透镜单元;“L5”表示具有弱折光力的第五透镜单元。注意,第五透镜单元仅在第八实施例中使用(参照图 29)。

[0083] 此外,后透镜组件包括两个透镜单元:第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4。另选的,后透镜组件包括三个透镜单元:第三透镜单元 L3、第四透镜单元 L4 和第五透镜单元 L5。然而,后透镜组件可以另外包括另一透镜单元。

[0084] “SP”代表孔径光阑。孔径光阑 SP 设置在图 1、5、9、21 和 25 所例示的实施例 1 到 3 以及实施例 6 和 7 的变焦透镜中的第三透镜单元 L3 的物侧上。

[0085] 相反,孔径光阑 SP 设置在图 13、17 和 29 所例示的实施例 4、5 和 8 的变焦透镜的第三透镜单元 L3 中。

[0086] “G”代表包括滤光器、面板、石英低通滤光器和红外截止滤光器的光学模块。

[0087] 此外,在图中例示出像面 IP。当变焦透镜用于视频摄像机或数字静态摄像机的图像摄取光学系统时,像面 IP 用作诸如电荷耦合器件(CCD)传感器或互补金属氧化物半导体(CMOS)之类的固态图像拾取元件(光电转换元件)的成像面。

[0088] 当变焦透镜用于卤化银膜摄像机的图像摄取光学系统时,像面 IP 对应于膜表面。

[0089] 在像差图中,“d”和“g”分别代表 d 线和 g 线。“ ΔM ”和“ ΔS ”分别代表子午像面(meridional image plane)和弧式像面(sagittal image plane)。放大率色差是使用相对于 d 线的 g 线来代表的。“ ω ”表示半场角。“Fno”表示 F 数。在球面像差图中,纵坐标代表 F 数。在像散图、畸变像差图和放大率色差图中,纵坐标代表半场角。

[0090] 在以下实施例中,术语“广角端”和“远摄端”是指当用于改变放大率的主透镜单元位于可机械地沿光轴移动的范围的任一端点处时的变焦位置。

[0091] 当从广角端向远摄端进行变焦时,透镜单元在图中箭头所表示的轨线上移动。

[0092] 在每个以下实施例中,当从广角端向远摄端进行变焦时,至少第二透镜单元 L2 移动以便第一透镜单元 L1 与第二透镜单元 L2 之间的距离在远摄端处大于广角端处。

[0093] 在根据第一到第六实施例以及第八实施例的变焦透镜中,当从广角端向远摄端进行变焦时,第二透镜单元 L2 移动以进行主要放大。此外,第四透镜单元 L4 在朝着物侧凸起的轨迹上移动,以便补偿因放大引起的像面变化。此外,第四透镜单元 L4 用于进行对焦。

[0094] 通过在朝着物侧凸起的轨迹上移动第四透镜单元 L4,可以有效地使用在第三透镜单元 L3 与第四透镜单元 L4 之间形成的空间。因此,可以有效地减小总透镜长度。

[0095] 第四透镜单元 L4 沿实曲线 4a 和虚曲线 4b 移动,以便分别补偿在执行对无限远物体的对焦和执行近距离对焦时的放大引起的像面变化。

[0096] 当执行对无限远物体的对焦,并且随后执行近距离对焦时,第四透镜单元 L4 向前移动,如箭头 4c 所例示的。

[0097] 在第一到第六实施例以及第八实施例中,当执行变焦或对焦时,第一透镜单元 L1、第三透镜单元 L3 和孔径光阑 SP 沿光轴是固定的。然而,为了补偿像差,可以在需要时移动第一透镜单元 L1、第三透镜单元 L3 和孔径光阑 SP。

[0098] 根据第八实施例,变焦透镜包括具有弱折光力的第五变焦透镜 L5,以便减小在进

行变焦时出射光瞳的变化,以及减小在进行对焦时像差的变化。

[0099] 根据第七实施例,当进行变焦时,变焦透镜中的所有透镜单元都移动。

[0100] 根据第七实施例,当从广角端向远摄端进行变焦时,第二透镜单元 L2 在朝着像侧凸起的轨迹上移动。第一透镜单元 L1 和第三透镜单元 L3 朝着物侧移动,以使得与广角端相比,在远摄端处位于更为接近于对焦物体的位置处。

[0101] 当进行变焦时,第四透镜单元 L4 在朝着物侧凸起的轨迹上移动。

[0102] 由于当进行变焦时,第一透镜单元 L1 朝着物侧移动,以使得与广角端相比,在远摄端处位于更为接近于对焦物体的位置处,所以可以获得高变焦比,同时使总透镜长度保持短。

[0103] 由于当进行变焦时,第三透镜单元 L3 朝着物侧移动,以使得与广角端相比,在远摄端处位于更为接近于对焦物体的位置处,所以第三透镜单元 L3 可以提供大的放大效果。根据第七实施例,第三透镜单元 L3 用作主要可变放大率透镜单元。

[0104] 此外,由于具有正折光力的第一透镜单元 L1 朝着物侧移动,所以第二透镜单元 L2 也可以具有可变放大率功能。由此,变焦透镜可以提供大于或等于五的变焦比,而不显著增大第一透镜单元 L1 和第二透镜单元 L2 的折光力。

[0105] 变焦透镜采用后对焦方法,在该后对焦方法中,第四透镜单元 L4 沿光轴移动以进行对焦。

[0106] 第四透镜单元 L4 沿实曲线 4a 和虚曲线 4b 移动,以便分别补偿在执行对无限远物体的对焦和执行近距离对焦时从广角端向远摄端变焦而引起的像面变化。

[0107] 类似于上述实施例,根据第七实施例,当执行对无限远物体的对焦,并且随后在远摄端执行近距离对焦时,第四透镜单元 L4 向前移动,如箭头 4c 所例示的。

[0108] 根据第八实施例,当进行变焦时,孔径光阑 SP 与第三透镜单元 L3 一起移动。然而,孔径光阑 SP 可以独立于第三透镜单元 L3 移动。另选的,孔径光阑 SP 可以是固定的。如果孔径光阑 SP 与第三透镜单元 L3 一起移动,则被移动和可移动单元的数目可以减小,并且因此,可以容易地简化机械结构。

[0109] 如果孔径光阑 SP 独立于第三透镜单元 L3 移动,则可以有利地减小前透镜的直径。

[0110] 相反,如果孔径光阑 SP 是固定的,则孔径单元无需移动。因此,当进行变焦时,变焦所需的致动器的驱动扭矩可以较小。由此,可以有利地减小功率消耗。

[0111] 在实施例中,变焦透镜包括四个透镜单元或五个透镜单元。然而,如果需要,可以将具有折光力的附加透镜单元或转换器透镜单元设置在第一透镜单元 L1 的物侧上或者设置在作为最后透镜单元的第四透镜单元 L4 或第五透镜单元 L5 的像侧上。

[0112] 如上所述,根据每个实施例,变焦透镜从物侧到像侧依次包括:具有正折光力的第一透镜单元;具有负折光力的第二透镜单元;以及包括至少一个透镜单元的后透镜组件。当进行变焦时,至少所述第二透镜单元移动,以使得所述第一透镜单元与所述第二透镜单元之间的距离在远摄端处大于广角端处。

[0113] 根据本发明,在这种变焦透镜中,第二透镜单元 L2 包括由满足以下条件表达式的材料制成的至少一个负透镜元件 L2na:

[0114] $N_d > 2.3 - 0.01 \cdot v_d$, 以及 ... (1)

[0115] $1.75 < N_d < 2.7$, ... (2)

[0116] 其中, N_d 是用于 d 线 (波长 = 587.6nm) 的材料的折射率, 并且 v_d 是阿贝数。

[0117] 此处, 阿贝数 v_d 由下式表示:

[0118] $v_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$,

[0119] 其中 N_d 是用于 d 线 (波长 = 587.6nm) 的材料的折射率, N_F 是用于 F 线 (波长 = 486.1nm) 的材料的折射率, N_C 是用于 C 线 (波长 = 656.3nm) 的材料的折射率。

[0120] 在每个实施例中, 变焦透镜的第二透镜单元 L2 包括由具有高折射率的无机材料形成的负透镜, 该无机材料满足上述条件表达式 (1) 和 (2)。这种无机材料的示例包括透光陶瓷。通过这种方式, 根据每个实施例的变焦透镜可以具有紧凑尺寸、高变焦比、和在整个变焦范围上的优良光学性能。

[0121] 如果负透镜元件 L2na 的折射率小于条件表达式 (1) 的右侧的值, 则在离轴光线在高光线位置处通过负透镜元件 L2na 的广角端处, 因离轴光线引起的色散变得过高。因此, 难于使用第二透镜单元 L2 中的正透镜元件校正色差。

[0122] 结果, 在广角端处, 放大率色差增大。

[0123] 相反, 如果负透镜元件 L2na 的折射率小于条件表达式 (2) 的下限, 即, 如果负透镜元件 L2na 的折射率过低, 则需要增大第二透镜单元 L2 的移动量, 以便使用第二透镜单元 L2 获得充分变焦比。结果, 难于减小透镜系统的尺寸。

[0124] 然而, 如果负透镜元件 L2na 的折射率大于条件表达式 (2) 的上限, 即, 如果负透镜元件 L2na 的折射率过高, 则负透镜元件 L2na 无法令人满意地将 Petzval Sum 校正到校正不足侧。结果, 场曲率不利地并且显著地朝着校正不足侧下降。

[0125] 当变焦透镜满足以下条件表达式时, 可以实现本发明。下面描述用于解决与变焦透镜有关的各种技术问题的条件。

[0126] 首先, 负透镜元件 L2na 满足以下条件表达式:

[0127] $0.5 < f_{2na}/f_2 < 2.0 \quad \dots (3)$

[0128] 其中, f_{2na} 是负透镜元件 L2na 的焦距, f_2 是第二透镜单元 L2 的焦距。如果第二透镜单元 L2 包括由满足条件表达式 (1) 和 (2) 的材料形成的多个负透镜元件, 则 f_{2na} 代表具有最高折射率的负透镜元件 L2na 的焦距。如此处所使用的, 术语“最高折射率”是指最大的折射率绝对值, 即, 最小的焦距绝对值。

[0129] 条件表达式 (3) 定义了第二透镜单元 L2 中的负透镜元件 L2na 的与折射率有关的责任。

[0130] 如果负透镜元件 L2na 的焦距小于条件表达式 (3) 的下限, 即, 如果负透镜元件 L2na 的焦距过小, 则因负透镜元件 L2na 在广角端处的离轴光线引起的像差显著增大。结果, 在广角端处放大率色差增大, 并且因此, 发生大的桶形畸变像差。

[0131] 相反, 如果负透镜元件 L2na 的焦距大于条件表达式 (3) 的上限, 则第二透镜单元 L2 的其它透镜元件所需的折光力程度需要显著增大。结果, 第二透镜单元的透镜元件的数目增大, 并且因此, 整个透镜系统的尺寸增大。

[0132] 其次, 在第二透镜单元 L2 包括由不满足条件表达式 (1) 和 (2) 的材料形成的负透镜元件 (即非负透镜元件 L2na 的负透镜元件) 的情况下, 期望满足以下条件表达式:

[0133] $0.1 < f_{2na}/f_{2nb} < 1.0 \quad \dots (4)$

[0134] 其中 f_{2nb} 是非负透镜元件 L2na 的负透镜元件的焦距, 即, 在由不满足条件表达式

(1) 和 (2) 的材料形成的负透镜元件当中具有最高折射率的负透镜元件的焦距。

[0135] 如果负透镜元件 L2na 的焦距 f_{2na} 被减小到小于条件表达式 (4) 的下限的值, 则在广角端处因离轴光线引起的负透镜元件 L2na 的像差变得过大。结果, 在广角端处放大率色差增大。此外, 发生大的桶形畸变像差。

[0136] 然而, 如果负透镜元件 L2na 的焦距 f_{2na} 被增大到大于条件表达式 (4) 的上限的值, 则负透镜元件 L2nb 极大地负责光的折射。

[0137] 因此, 在负透镜 L2nb 中, 在广角端处离轴光线引起的像差变得过大。结果, 在广角端处放大率色差增大。此外, 不利地发生大的桶形畸变像差。

[0138] 第三, 在第二透镜单元 L2 包括多个透镜元件的情况下, 满足以下表达式:

$$[0139] \quad 1.65 < N_{2ave} < 2.3 \quad \dots (5)$$

[0140] 其中 N_{2ave} 是用于 d 线的第二单元 L2 的透镜元件的材料的折射率的平均值。

[0141] 第二透镜单元 L2 是负责可变放大率的透镜单元。因此, 为了减小整个透镜系统的尺寸, 第二透镜单元 L2 需要具有高折光力。

[0142] 如果折射率的平均值减小到小于条件表达式 (5) 的下限的值, 则第二透镜单元 L2 的每个透镜元件的曲率增大 (即, 曲率半径减小) 过多。因此, 在透镜元件的每个表面上显著地发生高次像差。因此, 难于补偿像差, 并且因而, 光学性能劣化。

[0143] 相反, 如果折射率的平均值增大到大于条件表达式 (5) 的上限, 则第二透镜单元 L2 无法令人满意地将 Petzval Sum 校正到校正不足侧。结果, 场曲率不利地并且显著地朝着校正不足侧下降。

[0144] 第四, 被设置为最接近于对焦物体的负透镜元件满足以下条件表达式:

$$[0145] \quad 0.3 < (1/f_2)/\Phi_{21} < 1.8 \quad \dots (6)$$

[0146] 其中 Φ_{21} 是在第二透镜单元 L2 的负透镜元件当中设置在最接近于对焦物体的位置处的负透镜元件 (实施例中的负透镜元件 G21) 的像侧表面的折光力。

[0147] Φ_{21} 由下式定义:

$$[0148] \quad \Phi_{21} = (1 - n_{21})/R_{21},$$

[0149] 其中, n_{21} = 用于 d 线的负透镜元件 G21 的材料的折射率, 并且

[0150] R_{21} = 负透镜元件 G21 的像侧表面的曲率半径。

[0151] 条件表达式 (6) 表示第二透镜单元 L2 的折光力 ($1/f_2$) 与第二透镜单元 L2 中的被设置为最接近于对焦物体的负透镜元件 G21 的像侧表面的折光力 (Φ_{21}) 的比率。

[0152] 在广角端处, 离轴光线在与光轴远距离的位置处, 入射到第二透镜单元 L2 中的被设置为最接近于对焦物体的负透镜元件 G21 上。此外, 离轴光线以相对于光轴的大角度从负透镜元件 G21 的外侧入射到内侧。

[0153] 相反, 轴向光线通过具有正折射率的第一透镜单元 L1 并且被收集。随后, 轴向光线进入负透镜元件 G21。因此, 在任何变焦位置处, 轴向光线都不具有大直径。由此, 负透镜元件 G21 对球面像差的影响小。

[0154] 为此, 负透镜元件 G21 应当具有弯月形状, 以使得在广角端处离轴光线具有小入射角。通过这种方式, 在广角端处可以减小畸变像差和彗形像差的发生。

[0155] 此外, 由于在任何变焦位置处减小了对球面像差的影响, 所以负透镜元件 G21 可以具有高负折光力。因此, 作为可移动透镜单元的第二透镜单元 L2 可以具有高折光力。结

果,变焦所需的移动行程可以减小,并且因而,总透镜长度可以减小。

[0156] 如果负透镜元件 G21 的像侧表面的折光力 Φ_{21} 增大,以致于该比率超出条件表达式 (6) 的下限,则在光线高度高的广角端处,负透镜元件 G21 的像侧表面对离轴光线的分散效果变得过大。

[0157] 因此,在广角端处,难于使第二透镜单元 L2 中的正透镜元件补偿负透镜元件 G21 的像侧表面上发生的放大率色差和彗形像差。

[0158] 相反,如果折光力 Φ_{21} 减小,以致于该比率超出条件表达式 (6) 的上限,则作为可移动透镜单元的第二透镜单元 L2 无法具有足够的负折光力。结果,变焦所需的移动行程增大,因而,难于减小整个透镜系统的尺寸。

[0159] 对于条件表达式 (2) 到 (6),满足以下条件:

[0160] $1.8 < N_d < 2.6$, ... (2a)

[0161] $0.7 < f_{2na}/f_2 < 1.8$, ... (3a)

[0162] $0.2 < f_{2na}/f_{2nb} < 0.9$, ... (4a)

[0163] $1.7 < N_{2ave} < 2.2$, 和 ... (5a)

[0164] $0.5 < (1/f_2)/\Phi_{21} < 1.6$... (6a)

[0165] 此外,以下范围内的值进一步增加上述条件表达式预期的效果:

[0166] $1.8 < N_d < 2.5$, ... (2b)

[0167] $0.9 < f_{2na}/f_2 < 1.6$, ... (3b)

[0168] $0.3 < f_{2na}/f_{2nb} < 0.8$, ... (4b)

[0169] $1.75 < N_{2ave} < 2.1$, 和 ... (5b)

[0170] $0.6 < (1/f_2)/\Phi_{21} < 1.4$... (6b)

[0171] 接下来描述每个实施例中的第二透镜单元 L2 的透镜结构。

[0172] 在所有实施例中,第二透镜单元 L2 包括至少两个负透镜元件和至少一个正透镜元件。

[0173] 满足条件表达式 (1) 和 (2) 的负透镜元件 L2na 被放置为使得在第二透镜单元 L2 的透镜元件当中最为接近对焦物体。在每个实施例中,被放置为使得最为接近对焦物体的负透镜元件 G21 用作负透镜元件 L2na。

[0174] 在每个实施例中,负透镜元件 G21 具有在像侧上为凹面的弯月形状。至少一个负透镜元件和至少一个正透镜元件设置在负透镜元件 L2na 的像侧上。

[0175] 根据第一、第二和第三实施例,在负透镜元件 G21 的像侧上从物侧到像侧依次设置有以下透镜元件:具有两个凹面的双凹形状的负透镜元件 G22;具有两个凸面的双凸形状的正透镜元件 G23;以及具有两个凹面的双凹形状的负透镜元件 G24。

[0176] 根据第四实施例,在负透镜元件 G21 的像侧上从物侧到像侧依次设置有以下透镜元件:具有两个凹面的双凹形状的负透镜元件 G22;具有两个凸面的双凸形状的正透镜元件 G23;以及在物侧上具有凹面的负透镜元件 G24。

[0177] 根据第五、七和八实施例,在负透镜元件 G21 的像侧上从物侧到像侧依次设置有以下透镜元件:具有两个凹面的双凹形状的负透镜元件 G22 以及在物侧上具有凸面的正透镜元件 G23。

[0178] 根据第六实施例,在负透镜元件 G21 的像侧上从物侧到像侧依次设置有以下透镜

元件：在像侧上具有凹面的负透镜元件 G22；具有两个凹面的双凹形状的负透镜元件 G23；以及在物侧上具有凸面的正透镜元件 G24。

[0179] 接下来描述每个实施例中的第三透镜单元 L3 的透镜结构。

[0180] 在每个实施例中，第三透镜单元 L3 包括至少一个正透镜元件和至少一个负透镜元件。

[0181] 此外，第三透镜单元 L3 中的正透镜元件的至少一个表面是非球面的。

[0182] 接下来描述这些实施例的具体结构。在以下描述中，除非另外指出，否则从物侧到像侧依次描述透镜元件。

[0183] 根据第一实施例，如图 1 所例示的，变焦透镜包括：具有正折光力的第一透镜单元 L1；具有负折光力的第二透镜单元 L2；具有正折光力的第三透镜单元 L3；以及具有正折光力的第四透镜单元 L4。

[0184] 当从广角端向远摄端进行变焦时，第二透镜单元 L2 朝着图像侧移动以改变放大率。第四透镜单元 L4 在朝着物侧凸起的轨迹上移动以补偿因放大引起的像面变化。

[0185] 第一透镜单元 L1 包括由具有在物侧上为凸面的弯月形状的负透镜元件 G11 和正透镜元件 G12 构成的粘合透镜。第一透镜单元 L1 进一步包括具有在物侧上为凸面的弯月形状的正透镜元件 G13。

[0186] 通过包括具有三个透镜元件的第一透镜单元 L1，变焦透镜可以补偿球面像差、轴向色差和放大率色差，同时保持高变焦比。

[0187] 第二透镜单元 L2 包括四个透镜元件：具有在像侧上为凹面的弯月形状的负透镜元件 G21；具有两个凹面的双凹形状的负透镜元件 G22；具有两个凸面的双凸形状的正透镜元件 G23；以及具有两个凹面的双凹形状的负透镜元件 G24。负透镜元件 G21 对应于上述负透镜元件 L2na。

[0188] 负透镜元件 G21 的材料是可从 Murata Manufacturing Co., Ltd 获得的半透明陶瓷 LUMICERA(注册商标)。半透明陶瓷 LUMICERA 满足条件表达式 (1) 和 (2)。

[0189] LUMICERA 具有对于 d 线的 2.095 的高折射率，以及 29.4 的阿贝数。由此，LUMICERA 具有相对低的分散特性。

[0190] 在 $nd-vd$ 图中，该材料表现出在如下范围内的特性曲线，在该范围内不存在广泛使用的光学玻璃材料的特性曲线。通常，该材料的特性曲线位于如下范围内，该范围位于广泛使用的玻璃材料的特性曲线的范围左上侧。

[0191] 通过增加用作可变放大率透镜单元的第二透镜单元 L2 的折光力，在进行变焦时可以减小可变放大率透镜单元的移动行程。因此，可以减小整个透镜系统的尺寸。

[0192] 为了增大第二透镜单元 L2 的折光力并且补偿像差，有利的是增大当轴向光线通过其时具有低光线高度的负透镜元件 G21 的折光力，因为无法显著增大球面像差。

[0193] 在广角端处，离轴光线在负透镜元件 G21 的高位置处以陡峭角度入射到负透镜元件 G21 上。为了减小入射角，负透镜元件 G21 可以具有弯月形状并且在像侧上为凹面。该形状有利于补偿在广角端处发生的彗形像差和畸变像差。

[0194] 当负透镜元件 G21 的屈光力增大时，负透镜元件 G21 的像侧上的表面的曲率增大。然而，考虑到因在非广角端的变焦位置处的离轴光线引起的像差，曲率具有上限。

[0195] 如果使用具有高折射率的材料用于负透镜元件 G21 时，可以减小像侧上的表面的

曲率。

[0196] 然而,对于广泛使用的光学玻璃材料,其阿贝数随着其折射率的增大而减小。也就是说,随着其折射率增大,玻璃材料具有更高的分散性。因此,在负透镜元件 G21 中,因离轴光线引起的色差增大,并且因而,在任何变焦位置处放大率色差增大。

[0197] 为了补偿放大率色差,正透镜元件 G23 的材料的分散性需要高于负透镜元件 G21 的材料的分散性。

[0198] 也就是说,负透镜元件 G21 的材料需要相对于正透镜元件 G23 的材料来选择。难于使广泛使用的光学玻璃材料提供可用于负透镜元件 G21 的高折射率。

[0199] 如上所述,如果对于负透镜元件 G21 可以使用具有与广泛使用的材料不同的高折射率和低分散性的材料,则可以有利地减小整个透镜系统的尺寸。此外,可以有利地减小像差。

[0200] 根据第一实施例,具有比广泛使用的材料更高的折射率和比广泛使用的材料更低的分散性的陶瓷材料被用于负透镜元件 G21。由此,可以实现高于 30 的变焦比和整个透镜系统的小尺寸,同时保持高光学性能。

[0201] 第三透镜单元 L3 包括具有两个凸面的双凸形状的正透镜元件 G31 和具有在像侧上为凹面的弯月形状的负透镜元件 G32。通过在物侧和像侧上采用非球面,正透镜元件 G31 可以令人满意地补偿球面像差。

[0202] 第四透镜单元 L4 由粘合透镜构成,该粘合透镜通过粘结具有两个凸面的双凸形状的正透镜元件 G41 和具有在像侧上为凸面的弯月形状的负透镜元件 G42 形成。通过采用由正透镜元件 G41 和负透镜元件 G42 构成的粘合透镜,当进行变焦或对焦时可以减小像差的变化。

[0203] 接下来参照图 5 描述第二实施例。包括每个透镜单元的折射率的参考符号和变焦过程中每个透镜单元的移动条件的第二实施例的基本透镜结构类似于图 1 例示的第一实施例的基本透镜结构。

[0204] 第二透镜单元 L2 的负透镜元件 G21 对应于上述负透镜元件 L2na。负透镜元件 G21 由钇铝石榴石陶瓷形成,该钇铝石榴石陶瓷是在折射率和阿贝数方面满足条件表达式 (1) 和 (2) 的材料。

[0205] 钇铝石榴石简称为“YAG”。YAG 是在可见光范围内透光的氧化物。YAG 被表示为 $Y_3Al_5O_{12}$ 。

[0206] YAG 具有由折射率 1.83 和阿贝数 59 定义的光学特性。在 $nd-vd$ 图中,该特性曲线位于其中不存在广泛使用的光学玻璃材料的特性曲线的范围内。通常,该特性曲线位于如下范围内,该范围位于广泛使用的玻璃材料的特性曲线的范围左上侧。

[0207] 即,YAG 的分散性低于具有相同折射率的广泛使用的光学玻璃材料的分散性。

[0208] 根据第二实施例,使用具有广泛使用的光学玻璃材料所不具有的光学特性的 YAG 陶瓷用于负透镜元件 G21。由此,可以实现高于 30 的变焦比和整个透镜系统的小尺寸,同时保持高光学性能。

[0209] 即使当 YAG 是单晶体时,YAG 也具有类似于陶瓷的光学特性。因此,即使使用单晶体代替陶瓷来用于负透镜元件 G21 时,也可以提供相同的优点。注意,上述折射率和阿贝数按照制造陶瓷过程中的条件而略微变化。

[0210] 接下来参照图 9 更具体地描述第三实施例。基本透镜结构与第一实施例类似。

[0211] 第二透镜单元 L2 的负透镜元件 G21 和负透镜元件 G22 中的每一个对应于上述负透镜元件 L2na。负透镜元件 G21 和负透镜元件 G22 中每一个的材料的折射率和阿贝数满足条件表达式 (1) 和 (2)。由此,可以增大第二透镜单元 L2 的折光力,同时补偿各种像差。通过这种方式,可以同时实现高于 35 的变焦比以及整个光学系统的小尺寸。

[0212] 接下来参照图 13 更详细地描述第四实施例。基本透镜结构类似于第一实施例。

[0213] 与第一实施例不同,根据第四实施例,第三透镜单元 L3 包括三个透镜元件。此外,孔径光阑 SP 设置在第三透镜单元 L3 中。

[0214] 当孔径光阑 SP 设置在第三透镜单元 L3 中时,与孔径光阑 SP 设置在第三透镜单元 L3 的物侧上的情况相比,在远摄端处,第二透镜单元 L2 与第三透镜单元 L3 之间的距离可以减小。由此,总长度可以容易地减小。

[0215] 第二透镜单元 L2 的负透镜元件 G21 对应于上述负透镜元件 L2na。类似于第一实施例,可从 Murata Manufacturing Co., Ltd 获得的半透明陶瓷 LUMICERA(注册商标)可以用作负透镜元件 G21 的材料。

[0216] 接下来参照图 17 更详细地描述第五实施例。基本透镜结构类似于第四实施例。

[0217] 与第四实施例不同,根据第五实施例,第二透镜单元 L2 包括三个透镜元件。类似于第四实施例,光阑孔径 SP 设置在第三透镜单元 L3 中。

[0218] 通过在第二透镜单元 L2 中设置三个透镜元件,可以减小第二透镜单元 L2 的厚度,并且因此,可以减小总透镜长度。

[0219] 因为作为可移动透镜单元的第二透镜单元 L2 的重量减小,所以可以减小驱动致动器的扭矩。因此,可以减小致动器的尺寸。此外,可以容易地减小致动器的功率消耗。

[0220] 第二透镜单元 L2 的负透镜元件 G21 对应于上述负透镜元件 L2na。负透镜元件 G21 的材料的折射率和阿贝数满足条件表达式 (1) 和 (2)。由此,可以增大第二透镜单元 L2 的折光力,同时补偿各种像差。通过这种方式,可以实现大约 10 的高变焦比以及整个光学系统的小尺寸。

[0221] 接下来参照图 21 更详细地描述第六实施例。基本透镜结构类似于第四实施例。

[0222] 与第四实施例不同,根据第六实施例,第二透镜单元 L2 包括在最接近图像的位置处的正透镜元件 G24,并且第三透镜单元 L3 包括在与对焦物体最接近的位置处的光阑孔径 SP。因此,第二透镜单元 L2 的透镜元件的形状不同于第四实施例。

[0223] 因为孔径光阑 SP 在第三透镜单元 L3 中设置在与对焦物体最接近的位置处,所以可以减小第一透镜单元 L1 与入射光瞳的位置之间的距离。由此,可以有利地减小前透镜的直径。

[0224] 第二透镜单元 L2 包括四个透镜元件:具有在像侧上为凹面的弯月形状的负透镜元件 G21;具有在像侧上为凹面的弯月形状的负透镜元件 G22;具有在物侧上为凹面的弯月形状的负透镜元件 G23;以及具有在物侧上为凸面的弯月形状的正透镜元件 G24。

[0225] 第二透镜单元 L2 的负透镜元件 G21 对应于上述负透镜元件 L2na。负透镜元件 G21 的材料的折射率和阿贝数满足条件表达式 (1) 和 (2)。类似于第二实施例,该材料是 YAG 陶瓷。

[0226] 由此,可以增大第二透镜单元的折光力,同时补偿各种像差。通过这种方式,可以

实现大约 10 的高变焦比以及整个光学系统的小尺寸,同时保持高光学性能。

[0227] 接下来参照图 25 更详细地描述第七实施例。透镜单元的折光力的分布类似于第一实施例。根据第七实施例,变焦透镜通过移动所有透镜单元进行变焦。

[0228] 第一透镜单元 L1 包括具有正折光力的粘合透镜。粘合透镜由具有在物侧上为凸面的弯月形状的负透镜元件 G11 和粘结到负透镜元件 G11 的正透镜元件 G12 构成。通过采用由负透镜元件 G11 和正透镜元件 G12 构成的粘合透镜,可以减小在第一透镜单元中发生的色差。

[0229] 第二透镜单元 L2 包括三个透镜元件:具有在像侧上为凹面的弯月形状的负透镜 G21;具有两个凹面的双凹形状的负透镜元件 G22;以及具有在物侧上为凸面的正透镜元件 G23。

[0230] 第二透镜单元 L2 的负透镜元件 G21 对应于上述负透镜元件 L2na。负透镜元件 G21 的材料的折射率和阿贝数满足条件表达式 (1) 和 (2)。

[0231] 由此,第二透镜单元 L2 的折射率可以增大,同时补偿各种像差。通过这种方式,可以实现大于或等于五的高变焦比以及整个透镜系统的小尺寸,同时保持高光学性能。

[0232] 第三透镜单元 L3 包括两个透镜元件:具有两个凸面的双凸形状的正透镜元件 G31 以及具有负合成屈光力的粘合透镜。粘合透镜是通过粘结具有在物侧上为凸面的弯月形状的正透镜元件 G32 和具有在像侧上为凹面的弯月形状的负透镜元件 G33 形成的。

[0233] 通过对于正透镜元件 G31 的两个表面中的每一个采用非球面形状,可以令人满意地减小球面像差。

[0234] 第四透镜单元 L4 包括具有朝向物侧的凸面的正透镜元件 G41。

[0235] 根据第八实施例,如图 29 所例示的,变焦透镜包括:具有正折光力的第一透镜单元 L1;具有负折光力的第二透镜单元 L2;具有正折光力的第三透镜单元 L3;具有正折光力的第四透镜单元 L4;以及具有弱折光力的第五透镜单元 L5。

[0236] 当从广角端向远摄端进行变焦时,朝着像侧移动第二透镜单元 L2 以进行主要放大。此外,第四透镜单元 L4 在朝着物侧凸起的轨迹上移动,以便补偿因放大引起的像面变化。

[0237] 具有弱折光力的第五透镜单元 L5 设置在第四透镜单元 L4 与像面 IP 之间。第五透镜单元 L5 减小因变焦引起的出射光瞳距离的变化以及因通过移动第四透镜单元 L4 而进行的对焦引起的像差变化。

[0238] 根据第八实施例,第五透镜单元 L5 在变焦过程中是固定的。然而,第五透镜单元 L5 在变焦过程中可以移动。此外,根据第八实施例,第五透镜单元 L5 具有正折光力,然而,即使第五透镜单元 L5 具有负折光力,也可以提供上述优点。

[0239] 使 f_4 和 f_5 分别表示第四透镜单元 L4 和第五透镜单元 L5 的焦距。那么,第五透镜单元 L5 的折光力满足:

[0240] $-0.7 < f_4/f_5 < 0.7$ 。

[0241] 进一步的,满足以下条件:

[0242] $-0.5 < f_4/f_5 < 0.5$ 。

[0243] 更进一步的,满足以下条件:

[0244] $-0.3 < f_4/f_5 < 0.3$ 。

[0245] 类似于第四实施例,孔径光阑 SP 设置在第三透镜单元 L3 中。

[0246] 第二透镜单元 L2 的负透镜元件 G21 对应于上述负透镜元件 L2na。负透镜元件 G21 的材料的折射率和阿贝数满足条件表达式 (1) 和 (2)。由此,可以增加第二透镜单元 L2 的折光力,同时补偿像差的变化。通过这种方式,可以实现大约 10 的高变焦比和整个透镜系统的小尺寸,同时保持高光学性能。

[0247] 下面描述对应于上述实施例的第一到第八数值实施例。

[0248] 在以下数值实施例中,“i”表示从物侧起编号的光学表面或光学元件的序号。“Ri”表示第 i 个光学表面的曲率半径,并且“Di”表示沿着光轴的第 i 个表面与第 (i+1) 个表面之间的距离。“Ni”和“vi”分别表示用于 d 线的第 i 个光学元件的材料的折射率和阿贝数。

[0249] 非球面的形状由以下公式表示:

[0250]
$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10}$$

[0251]
$$+ B'H^5 + C'H^7 + D'H^9 + E'H^{11} + F'H^{13}$$

[0252] 其中, X 是在距光轴高度 H 处在光轴方向上相对于表面顶点的位移量,

[0253] k 是锥形常数 (conic constant),

[0254] B、C、D、E、B'、C'、D'、E' 和 F' 是各序号处的非球面系数,以及

[0255] R 是近轴曲率半径。

[0256] 在以下表中以及在每个非球面系数中,“e±Z”是指“×10^{±Z}”。表 1 例示出与在每个数值实施例中的上述条件表达式对应的值。此处,“f”表示焦距。“Fno”表示 F 数。“ω”表示半场角。

[0257] 第一数值实施例

[0258] f = 3.53-13.64-120.0, Fno = 1.44-2.17-4.42, 和 2ω = 66.8° -18.6° -2.1°

[0259]

i	Ri	Di	Ni	vi
1	49.775	1.60	1.84666	23.9
2	23.500	7.00	1.69680	55.5
3	-6699.051	0.15		
4	22.626	3.30	1.77250	49.6
5	52.084	可变		
6	30.179	0.70	2.095	29.4
7	4.994	2.65		

i	Ri	Di	Ni	vi
8	-20.214	0.55	1.88300	40.8
9	33.727	0.47		
10	9.977	2.50	1.92286	18.9
11	-30.861	0.18		
12	-18.059	0.50	1.77250	49.6
13	17.949	可变		
14	孔径	0.60		
15	11.143(非球面)	5.50	1.69350	53.2
16	-18.363(非球面)	0.15		
17	65.446	0.80	1.84666	23.9
18	11.880	可变		
19	14.015	3.80	1.51742	52.4
20	-7.552	0.50	1.84666	23.9
21	-12.718	可变		
22	∞	2.5	1.51633	64.1
23	∞			

[0260]

可变距离 \ 焦距	3.54	13.64	120.00
D5	0.88	14.18	22.68
D13	24.44	11.14	2.64
D18	12.54	6.58	15.59
D21	5.76	11.71	2.71

[0261] 非球面

[0262] $R_{15k} = -8.17593e-01$ $B' = -1.94933e-06$ $C' = -2.81176e-08$

[0263] $D' = 3.33386e-09$ $E' = -4.50518e-11$ $F' = 6.97919e-14$

[0264] $R_{16k} = -1.10625e+01$ $B' = -3.77972e-06$ $C' = -2.74413e-07$

[0265] $D' = -3.66539e-09$ $E' = 7.81978e-12$

[0266] 第二数值实施例

[0267] $f = 3.57-14.16-120.9$, $F_{no} = 1.55-2.31-4.49$, 和 $2\omega = 66.2^\circ -18.0^\circ -2.1^\circ$

[0268]

i	Ri	Di	Ni	vi
1	56.036	1.55	1.84666	23.9
2	23.801	7.05	1.69680	55.5
3	-662.011	0.15		
4	22.898	3.40	1.77250	49.6
5	56.486	可变		
6	40.012	0.70	1.83	59
7	4.757	2.80		
8	-17.883	0.55	1.88300	40.8
9	23.729	0.56		
10	9.411	2.75	1.80518	25.4
11	-12.688	0.09		
12	-11.170	0.60	1.80400	46.6

i	Ri	Di	Ni	vi
13	18.943	可变		
14	孔径	0.60		
15	10.914(非球面)	4.75	1.69350	53.2
16	-20.123(非球面)	0.20		
17	56.630	0.80	1.80518	25.4
18	11.418	可变		
19	15.705	3.45	1.57099	50.8
20	-7.650	0.50	1.84666	23.9
21	-14.297	可变		
22	∞	2.55	1.51633	64.1
23	∞			

[0269]

可 变 距 离 \ 焦 距	3.57	14.16	120.90
D5	0.95	14.26	22.76
D13	23.96	10.66	2.15
D18	12.34	6.28	15.73
D21	6.10	12.16	2.71

[0270] 非球面

[0271] $R_{15k} = -7.85117e-01$ $B' = -5.54389e-06$ $C' = -8.84334e-09$ [0272] $D' = 2.50686e-09$ $E' = 1.91750e-11$ $F' = -1.42887e-12$ [0273] $R_{16k} = -1.35260e+01$ $B' = -1.05015e-05$ $C' = 4.01295e-07$ [0274] $D' = -2.57908e-09$ $E' = -6.21843e-11$

[0275] 第三数值实施例

[0276] $f = 3.53-13.76-125.0$, $F_{no} = 1.44-2.17-4.64$, 和 $2\omega = 67.1^\circ -18.5^\circ -2.0^\circ$

[0277]

i	Ri	Di	Ni	vi
1	48.489	1.60	1.84666	23.9
2	23.106	7.00	1.69680	55.5
3	2400.643	0.15		
4	22.655	3.30	1.77250	49.6
5	53.066	可变		
6	30.648	0.70	2.18	30.0
7	5.151	2.42		
8	-21.315	0.55	1.95	45.0
9	51.723	0.47		
10	9.862	2.20	1.92286	18.9
11	-34.891	0.22		
12	-17.566	0.50	1.77250	49.6
13	17.516	可变		
14	孔径	0.60		
15	10.858(非球面)	5.50	1.69350	53.2
16	-16.148(非球面)	0.15		
17	-287.872	0.80	1.76182	26.5
18	11.959	可变		
19	13.799	3.80	1.51742	52.4

i	Ri	Di	Ni	vi
20	-7.394	0.50	1.84666	23.9
21	-12.449	可变		
22	∞	2.55	1.51633	64.1
23	∞			

[0278]

焦距 可变距离	3.53	13.76	125.00
D5	0.88	14.17	22.66
D13	24.34	11.05	2.56
D18	13.00	6.85	16.26
D21	5.97	12.12	2.71

[0279] 非球面

[0280] $R_{15k} = -6.70844e-01$ $B' = -2.43294e-06$ $C' = -5.50811e-08$ [0281] $D' = 4.11454e-09$ $E' = -5.59271e-11$ $F' = 2.33980e-13$ [0282] $R_{16k} = -9.42350e+00$ $B' = -5.62082e-06$ $C' = 3.36368e-07$ [0283] $D' = -4.59240e-09$ $E' = 2.09729e-11$

[0284] 第四数值实施例

[0285] $f = 4.80-11.25-47.99$, $F_{no} = 1.85-2.03-2.38$, 和 $2\omega = 60.4^\circ -26.3^\circ -6.2^\circ$

[0286]

i	Ri	Di	Ni	vi
1	44.565	1.10	1.84666	23.9
2	20.908	4.40	1.60311	60.6
3	-172.605	0.18		
4	18.059	2.65	1.77250	49.6
5	50.525	可变		

i	Ri	Di	Ni	vi
6	25.959	0.60	2.095	29.4
7	6.354	2.15		
8	-12.433	0.65	1.65844	50.9
9	14.645	1.00		
10	13.771	2.25	1.80518	25.4
11	-10.342	0.08		
12	-9.193	0.65	1.77250	49.6
13	-327.886	可变		
14	7.636 (非球面)	2.35	1.69350	53.2
15	-90.047	1.26		
16	孔径	2.20		
17	44.405	0.65	1.84666	23.9
18	6.208	0.60		
19	18.775	1.30	1.60311	60.6
20	-39.915	可变		
21	9.078	2.70	1.72000	50.2
22	-10.476	0.55	1.84666	23.9
23	-42.769	可变		
24	∞	2.40	1.51633	64.1

i	Ri	Di	Ni	vi
25	∞			

[0287]

焦距 可变距离	4.80	11.25	49.99
D5	0.60	7.99	15.37
D13	15.56	8.17	0.79
D20	3.51	1.76	6.21
D23	3.62	5.38	0.93

[0288] 非球面

[0289] $R_{14k} = -1.06835e+00$ $B = 5.14480e-05$ $C = 3.21192e-07$ [0290] $D = 4.22231e-09$ $E = -2.91408e-10$

[0291] 第五数值实施例

[0292] $f = 4.84-11.48-46.54$, $F_{no} = 1.85-2.01-2.37$, 和 $2\omega = 60.0^\circ -25.9^\circ -6.5^\circ$

[0293]

i	Ri	Di	Ni	vi
1	43.800	1.05	1.84666	23.9
2	20.883	4.10	1.60311	60.6
3	-1056.466	0.18		
4	19.890	2.65	1.77250	49.6
5	61.879	可变		
6	41.696	0.60	2.000	40.0
7	6.000	2.00		
8	-18.236	0.65	1.62299	58.2
9	16.608	1.20		
10	13.462	1.30	1.92286	18.9

i	Ri	Di	Ni	vi
11	50.962	可变		
12	9.206 (非球面)	2.25	1.69350	53.2
13	-10264.8	1.26		
14	孔径	2.20		
15	26.089	0.65	1.84666	23.9
16	8.202	0.60		
17	29.565	1.25	1.69680	55.5
18	-39.192	可变		
19	11.878	2.60	1.72000	50.2
20	-10.473	0.55	1.84666	23.9
21	-42.769	可变		
22	∞	2.40	1.51633	64.1
23	∞			

[0294]

可变距离 \ 焦距	4.84	11.48	46.54
D5	0.60	9.10	17.60
D11	17.66	9.16	0.66
D18	4.33	2.20	5.77
D26	4.85	6.98	3.41

[0295] 非球面

[0296] $R_{12k} = 2.31410e-01$ $B = -1.87458e-04$ $C = -1.24981e-06$ [0297] $D = -1.18548e-08$ $E = -2.91408e-10$

[0298] 第六数值实施例

[0299] $f = 5.00-11.68-50.00$, $F_{no} = 1.85-1.97-2.45$, 和 $2\omega = 58.4^\circ -25.6^\circ -6.0^\circ$

[0300]

i	Ri	Di	Ni	vi
1	44.453	1.15	1.84666	23.9
2	20.185	4.35	1.60311	60.6
3	-718.607	0.18		
4	19.645	2.80	1.77250	49.6
5	67.223	可变		
6	59.944	0.60	1.83	59
7	5.791	1.45		
8	15.169	0.60	1.69680	55.5
9	10.267	1.30		
10	-17.431	0.60	1.69680	55.5
11	127.439	0.10		
12	11.547	1.20	1.92286	18.9
13	26.813	可变		
14	孔径	1.75		
15	6.978(非球面)	2.80	1.69350	53.2
16	173.137	1.60		
17	20.677	0.60	1.84666	23.9
18	6.078	0.80		
19	18.656	1.20	1.69680	55.5
20	-50.826	可变		

i	Ri	Di	Ni	vi
21	10.192	1.95	1.69680	55.5
22	-59.975	0.55	1.84666	23.9
23	83.818	可变		
24	∞	2.50	1.51633	64.1
25	∞			

[0301]

焦距 可变距离	5.00	11.68	50.00
D5	0.75	8.74	16.72
D13	17.70	9.72	1.73
D20	4.34	2.38	8.17
D23	5.53	7.48	1.69

[0302] 非球面

[0303] $R_{15k} = 4.83478e-02$ $B = -2.80855e-04$ $C = -1.59886e-06$ [0304] $D = -1.34324e-07$

[0305] 第七数值实施例

[0306] $f = 7.59-20.82-43.53$, $F_{no} = 2.79-3.49-4.90$, 和 $2\omega = 64.6^\circ -25.1^\circ -12.0^\circ$

[0307]

i	Ri	Di	Ni	vi
1	25.572	1.15	1.84666	23.9
2	19.293	3.80	1.71300	53.9
3	105.981	可变		
4	22.029	0.85	2.18	30.0
5	8.167	4.50		
6	-18.631	0.75	1.58313	59.4
7	32.579	0.65		

i	Ri	Di	Ni	vi
8	20.340	1.75	1.92286	18.9
9	947.341	可变		
10	孔径	0.80		
11	10.747 (非球面)	2.90	1.58313	59.4
12	-22.934 (非球面)	0.20		
13	6.138	2.40	1.48749	70.2
14	12.620	0.85	1.84666	23.9
15	4.837	可变		
16	12.101	2.50	1.48749	70.2
17	112.832	可变		
18	∞	1.25	1.51633	64.1
19	∞			

[0308]

焦距 可变距离	7.59	20.82	43.53
D3	0.30	12.21	17.82
D9	22.41	6.99	1.98
D15	9.11	12.08	24.82
D17	3.05	6.60	3.88

[0309] 非球面

[0310] $R_{11k} = -1.07677e+00$ $B = -3.09467e-05$ $C = -9.71833e-07$ [0311] $D = -1.71799e-08$ $E = -1.11015e-09$ [0312] $R_{12k} = -1.37996e+00$ $B = 2.41367e-05$ $C = -7.60626e-07$ [0313] $D = -5.98159e-08$

[0314] 第八数值实施例

[0315] $f = 4.83-11.60-46.54$, $F_{no} = 1.85-2.02-2.29$, 和 $2\omega = 60.0^\circ -25.9^\circ -6.5^\circ$

[0316]

i	Ri	Di	Ni	vi
1	39.217	1.05	1.84666	23.9
2	20.995	4.15	1.60311	60.6
3	-3616.704	0.18		
4	20.082	2.70	1.69680	55.5
5	64.641	可变		
6	45.215	0.60	2.000	40.0
7	6.105	2.00		
8	-17.564	0.65	1.48749	70.2
9	15.046	1.00		
10	11.788	1.40	1.94595	18.0
11	27.758	可变		
12	8.873(非球面)	2.25	1.69350	53.2
13	57.403	1.26		
14	孔径	2.15		
15	24.703	0.65	1.84666	23.9
16	8.465	0.60		
17	30.758	1.25	1.69680	55.5
18	-27.998	可变		
19	11.714	2.30	1.77250	49.6
20	-16.115	0.55	1.80809	22.8
21	1742.763	可变		

i	Ri	Di	Ni	vi
22	39.162	1.10	1.48749	70.2
23	79.130	1.00		
24	∞	2.40	1.51633	64.1
25	∞			

[0317]

可变距离 \ 焦距	4.83	11.60	46.54
D5	0.60	9.19	17.78
D11	17.84	9.52	0.66
D18	4.01	1.97	6.26
D21	3.47	5.50	1.21

[0318] 非球面

[0319] $R12k = 2.00416e-01B = -1.78751e-04$ $C = -1.60758e-06$ [0320] $D = -7.35439e-09$ $E = -2.91408e-10$

[0321] [表 1]

[0322]

条件表达式	第一数值实施例	第二数值实施例	第三数值实施例	第四数值实施例	第五数值实施例	第六数值实施例	第七数值实施例
(1) (2) N2na	2.095	1.83	2.18/1.95	2.095	2.00	1.83	2.18
(1) vd2na	29.4	59	30.0/45.0	29.4	40.0	59	30.0
(3)	1.309	1.535	1.276	1.318	1.095	1.200	1.006
(4)	0.479	0.758	0.472	0.772	0.510	0.353	0.563
(5)	1.918	1.831	1.956	1.833	1.849	1.787	1.895
(6)	1.076	1.341	1.046	0.980	0.929	1.079	0.612

[0323]

条件表达式	第八数值 实施例
(1) (2) N2na	2. 00
(1) vd2na	40. 0
(3)	1. 064
(4)	0. 431
(5)	1. 811
(6)	0. 913

[0324] 在每个实施例中,实现可以并入高分辨率数字静态摄像机和数字音频摄像机中的高性能变焦透镜。高放大率和紧凑变焦透镜可以有效地校正球面像差、彗形像差、场曲率、轴向色差以及放大率色差。

[0325] 接下来参照图 33 描述包括根据上述实施例的变焦透镜作为成像光学系统的数字静态摄像机的实施例。

[0326] 如图 33 所例示的,数字静态摄像机包括摄像机本体 20 和成像光学系统 21,该成像光学系统 21 包括根据第一到第八实施例之一的变焦透镜。

[0327] 数字静态摄像机进一步包括诸如 CCD 传感器或 CMOS 传感器之类的固态图像拾取元件(光电转换元件)22,和存储器 23。固态图像拾取元件 22 被并入摄像机本体 20 中。固态图像拾取元件 22 接收由成像光学系统 21 形成的物体图像的光。存储器 23 存储与经固态图像拾取元件 22 光电转换的物体图像对应的信息。

[0328] 数字静态摄像机进一步包括取景器 24。取景器 24 包括例如液晶显示板。取景器 24 用于查看形成在固态图像拾取元件 22 上的物体图像。

[0329] 接下来参照图 34 描述包括根据上述实施例的一个变焦透镜作为成像光学系统的视频摄像机的实施例。

[0330] 如图 34 所例示的,视频摄像机包括摄像机本体 10 和成像光学系统 11,该成像光学系统 11 包括根据第一到第八实施例之一的变焦透镜。

[0331] 视频摄像机进一步包括诸如 CCD 传感器或 CMOS 传感器之类的固态图像拾取元件(光电转换元件)12,和存储器 13。固态图像拾取元件 12 被并入摄像机本体 10 中。固态图像拾取元件 12 接收由成像光学系统 11 形成的物体图像的光。存储器 13 存储与经固态图像拾取元件 12 光电转换的物体图像对应的信息。

[0332] 视频摄像机进一步包括取景器 14。取景器 24 用于查看形成在显示设备(未示出)上的物体图像。

[0333] 显示设备包括例如液晶显示板。形成在固态图像拾取元件 12 上的物体图像被显示在显示设备上。

[0334] 如上所述,通过将根据一个上述实施例的变焦透镜应用于诸如数字静态摄像机或

视频摄像机之类的图像拾取设备,可以实现紧凑和高性能的图像拾取设备。

[0335] 虽然已经参照示例性实施例描述了本发明,但是应当理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。以下权利要求的范围应当被给予最宽的解释,以包含所有改变、等价结构和功能。

图 1

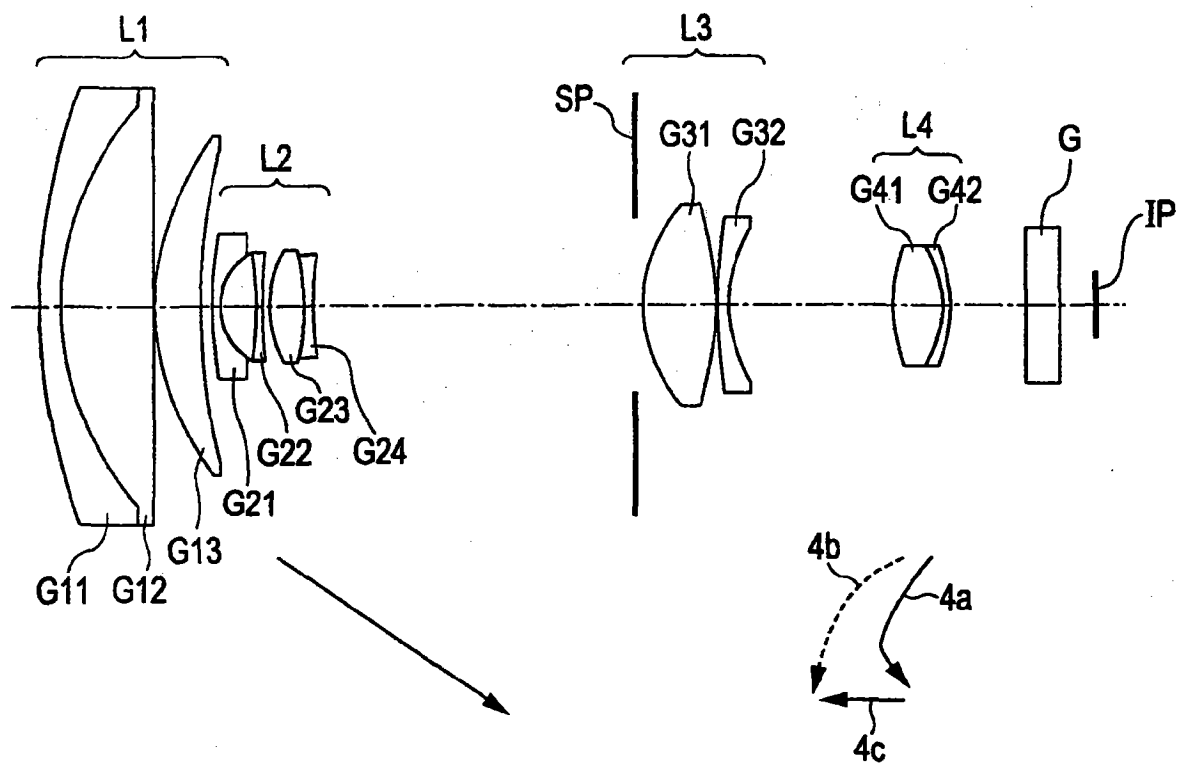


图 2

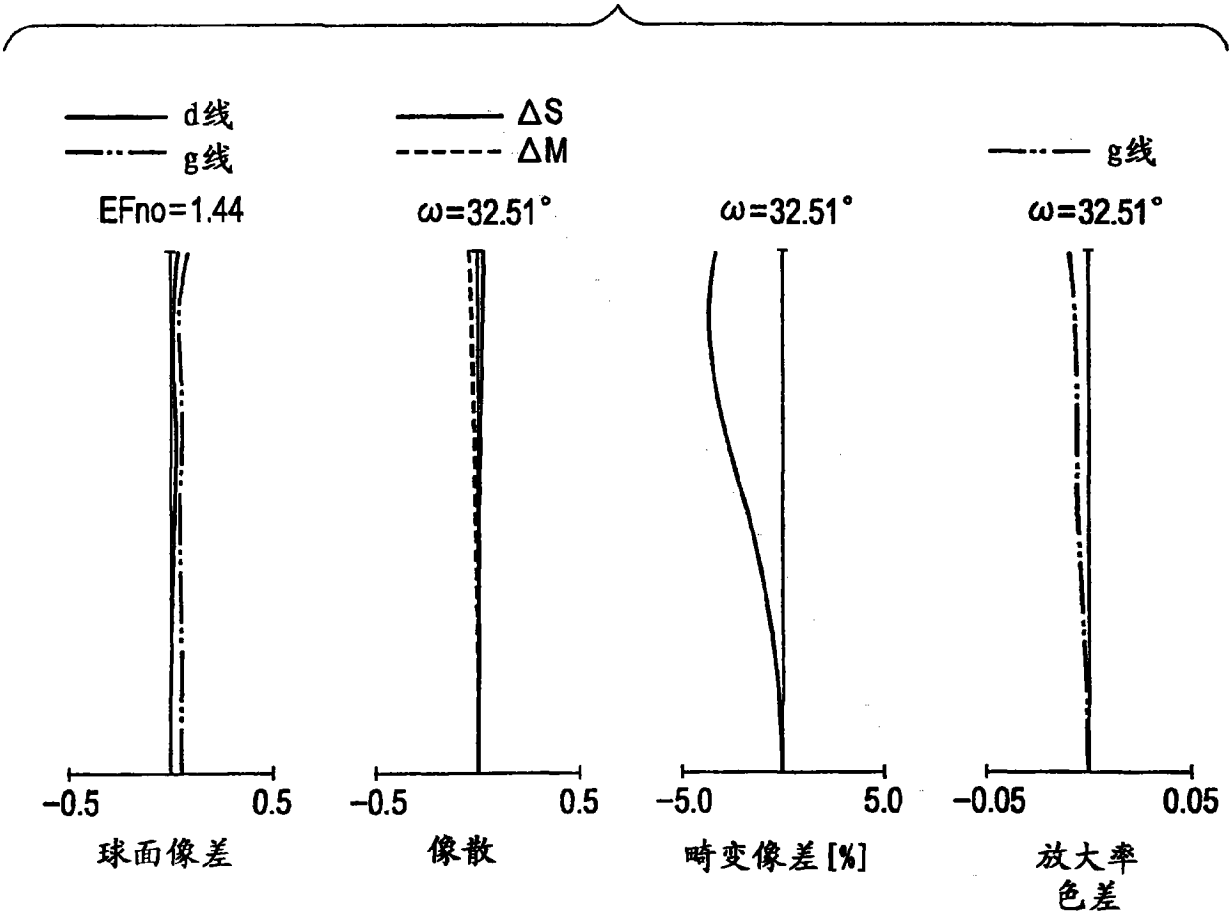


图 3

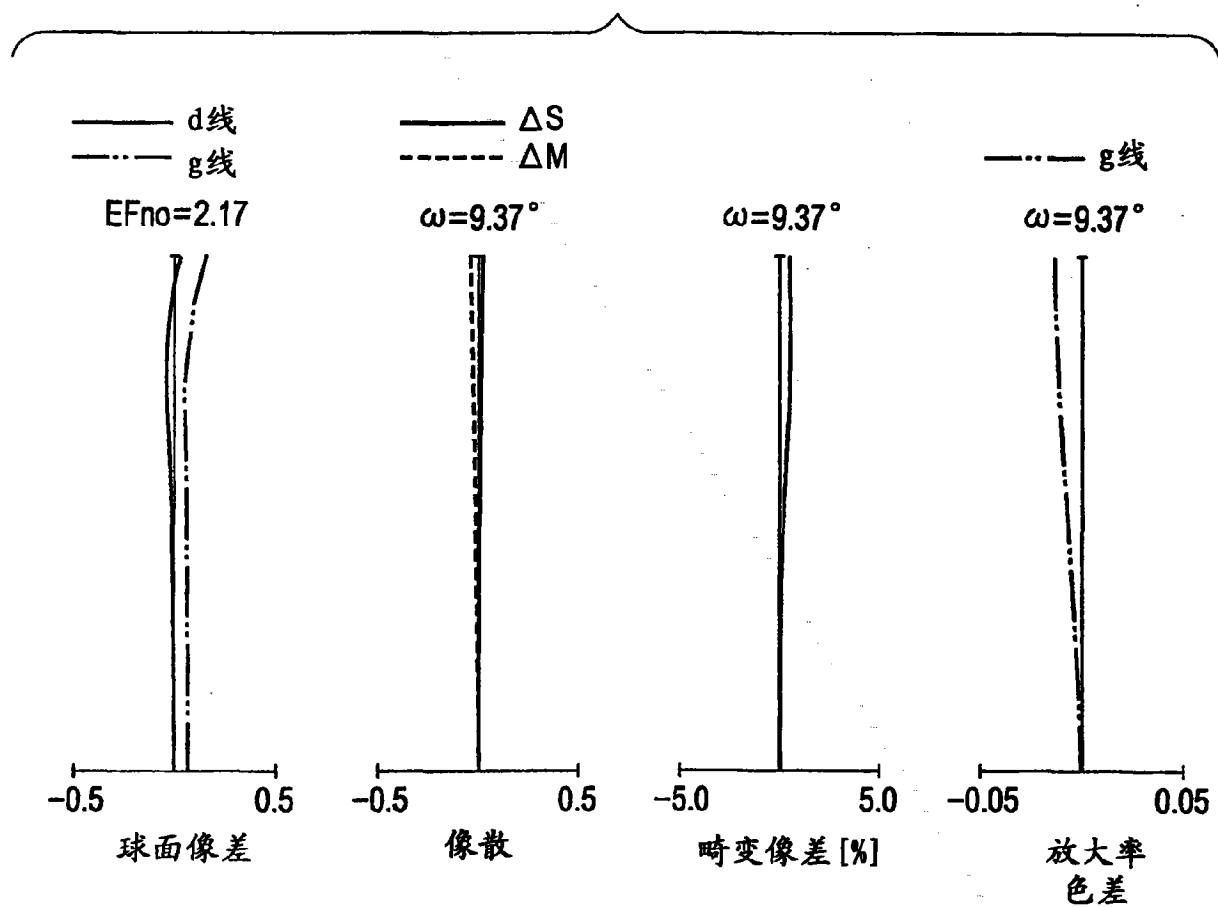


图 4

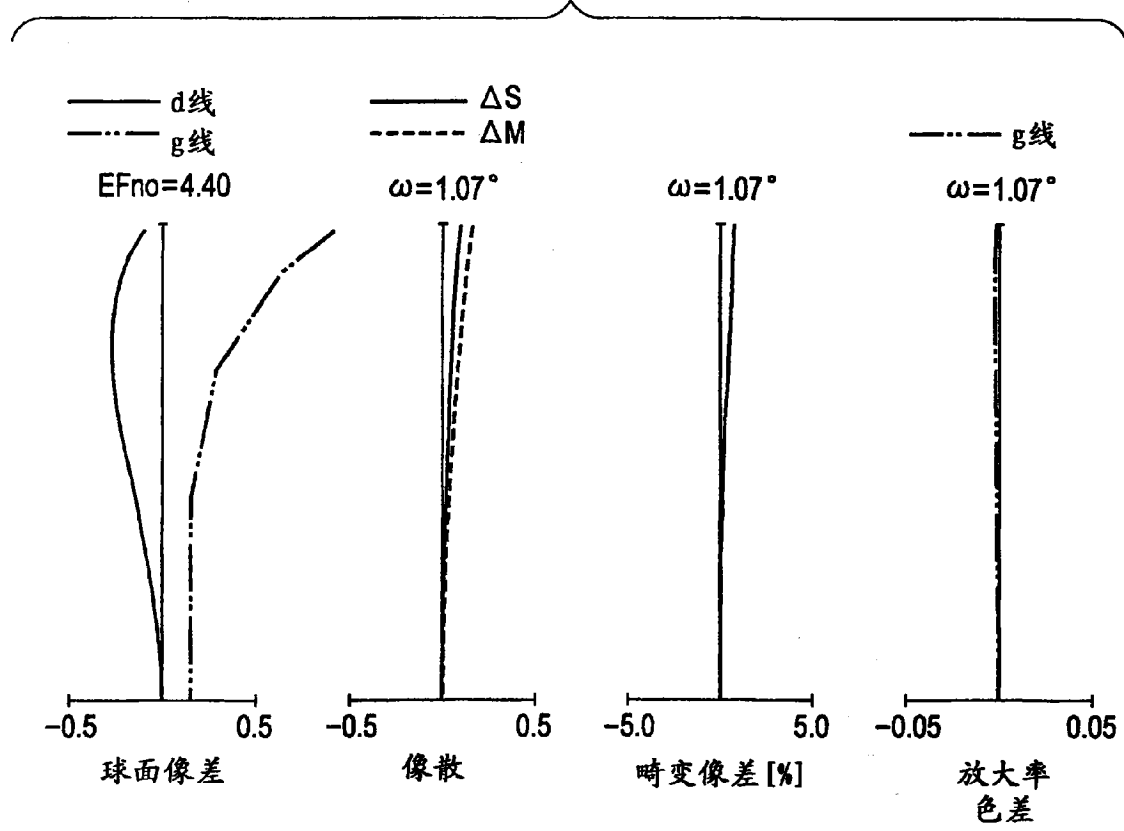


图 5

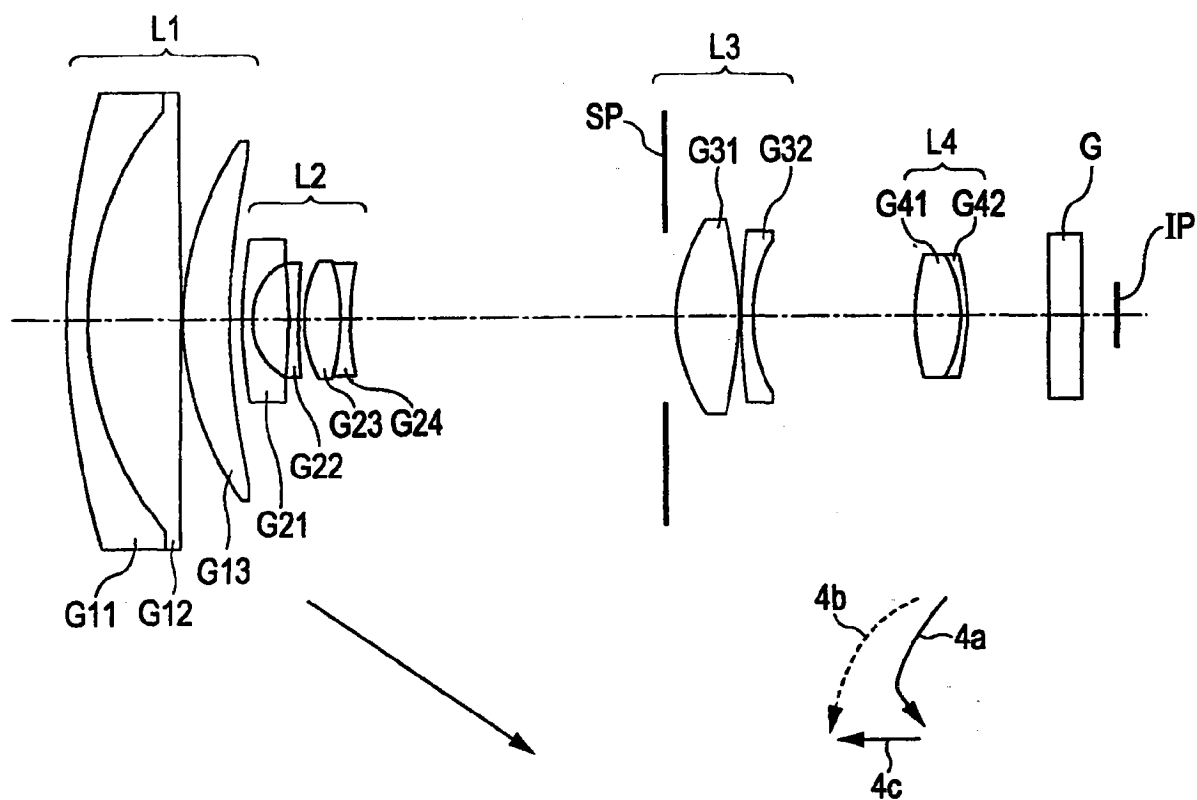


图 6

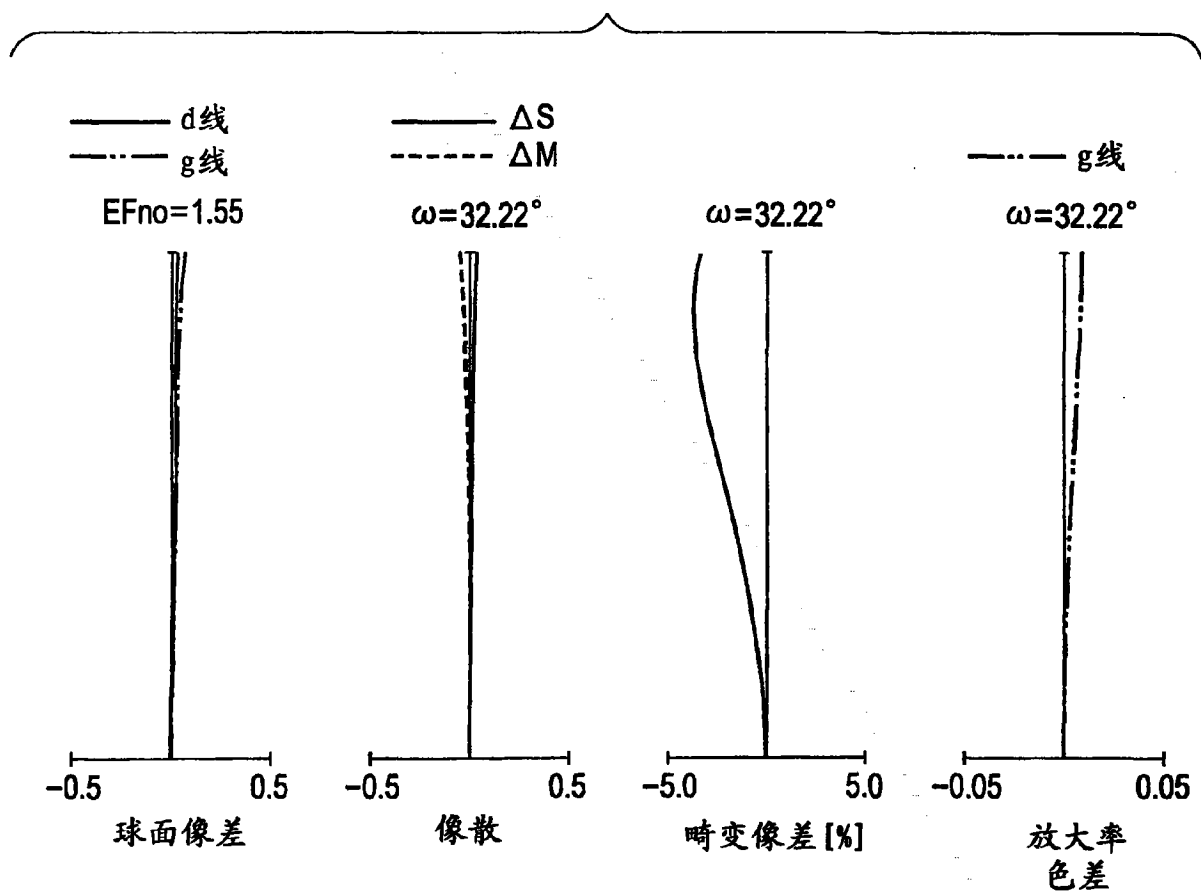


图 7

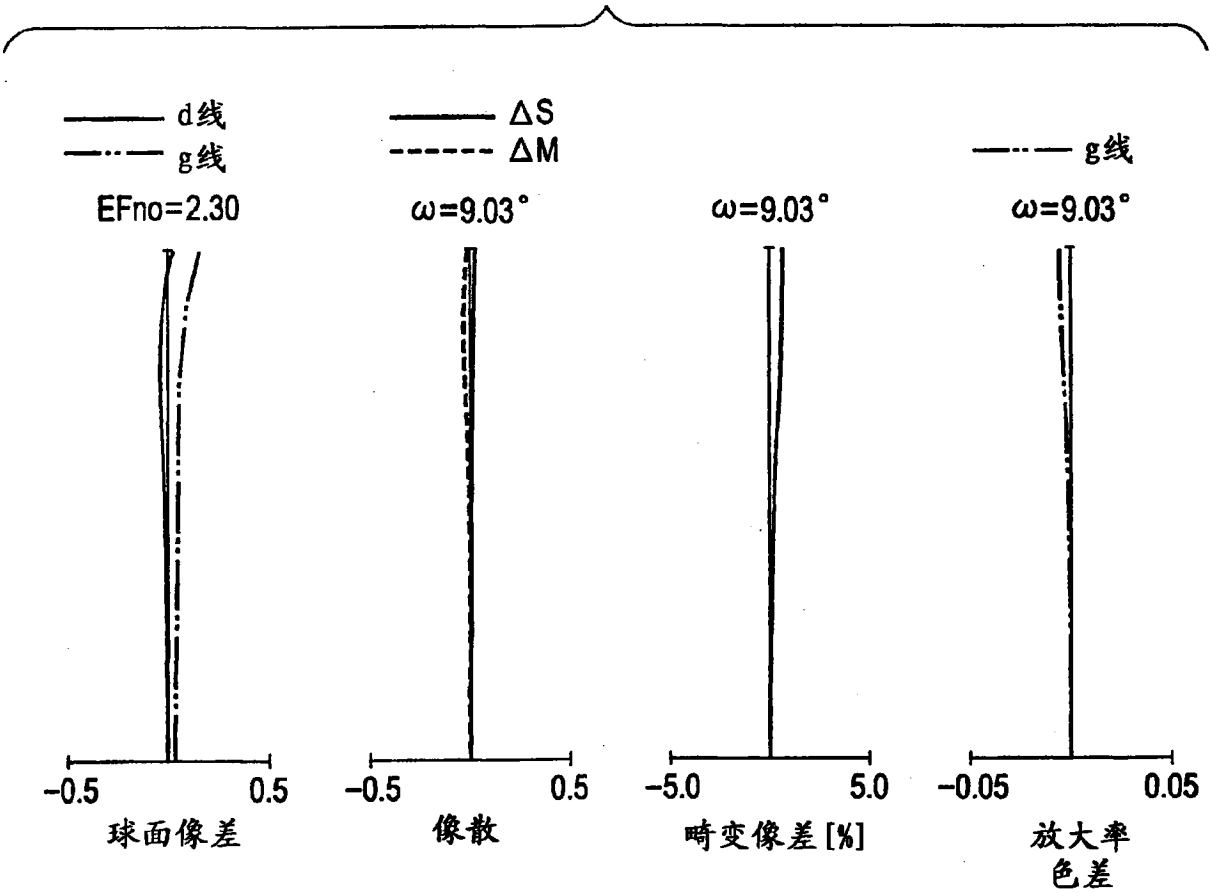


图 8

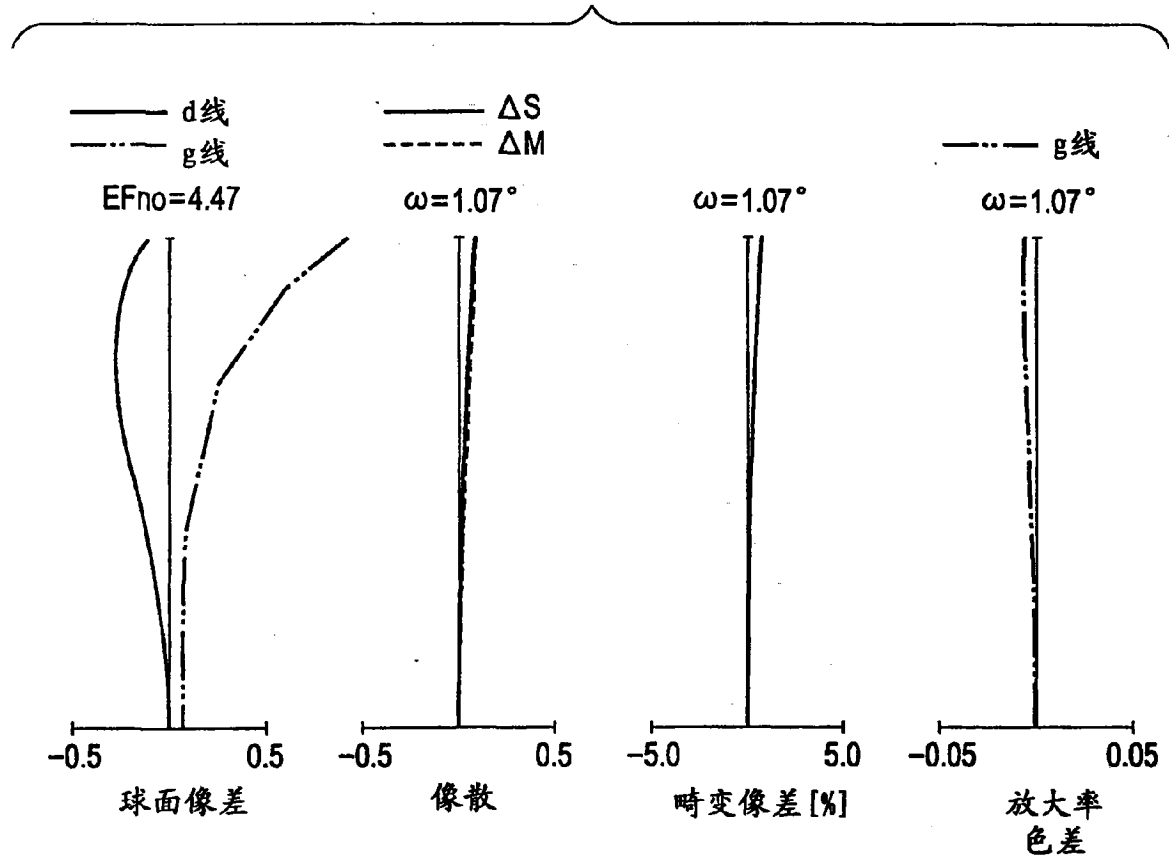


图 9

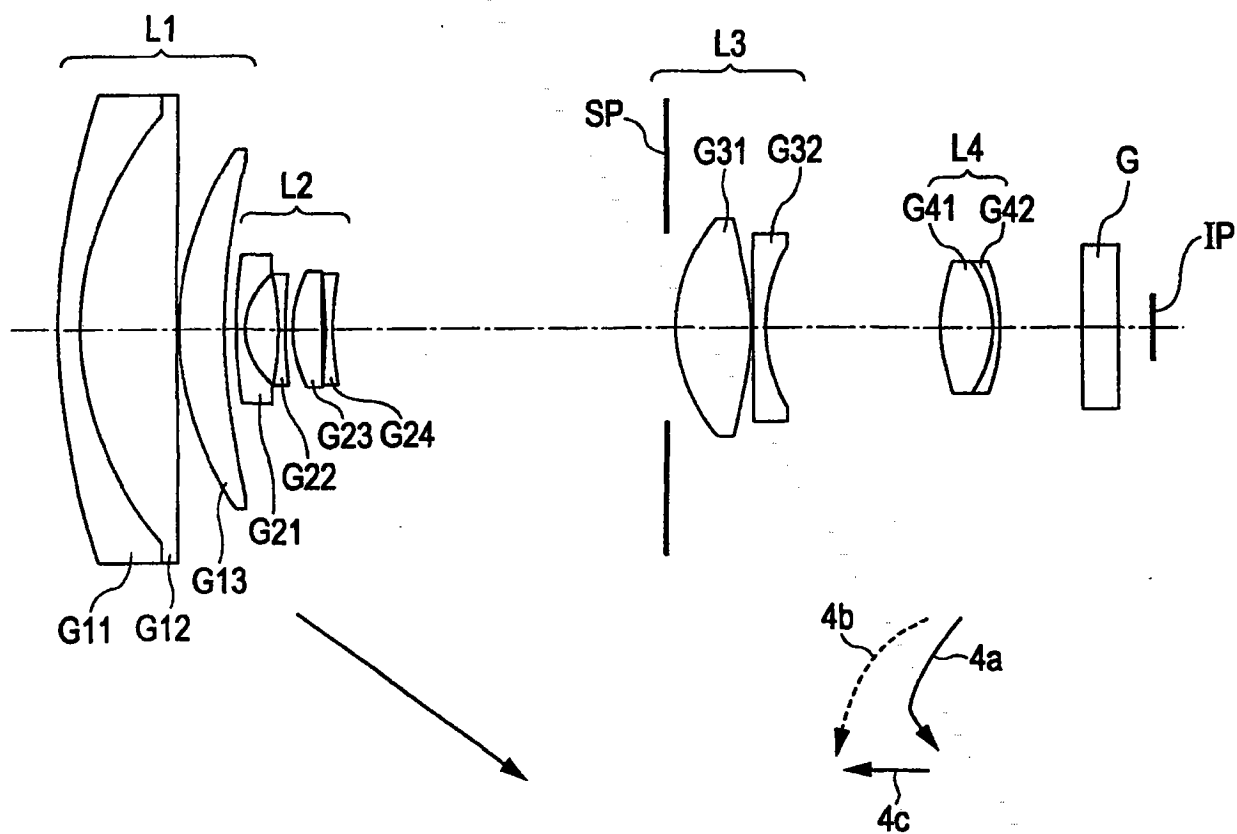
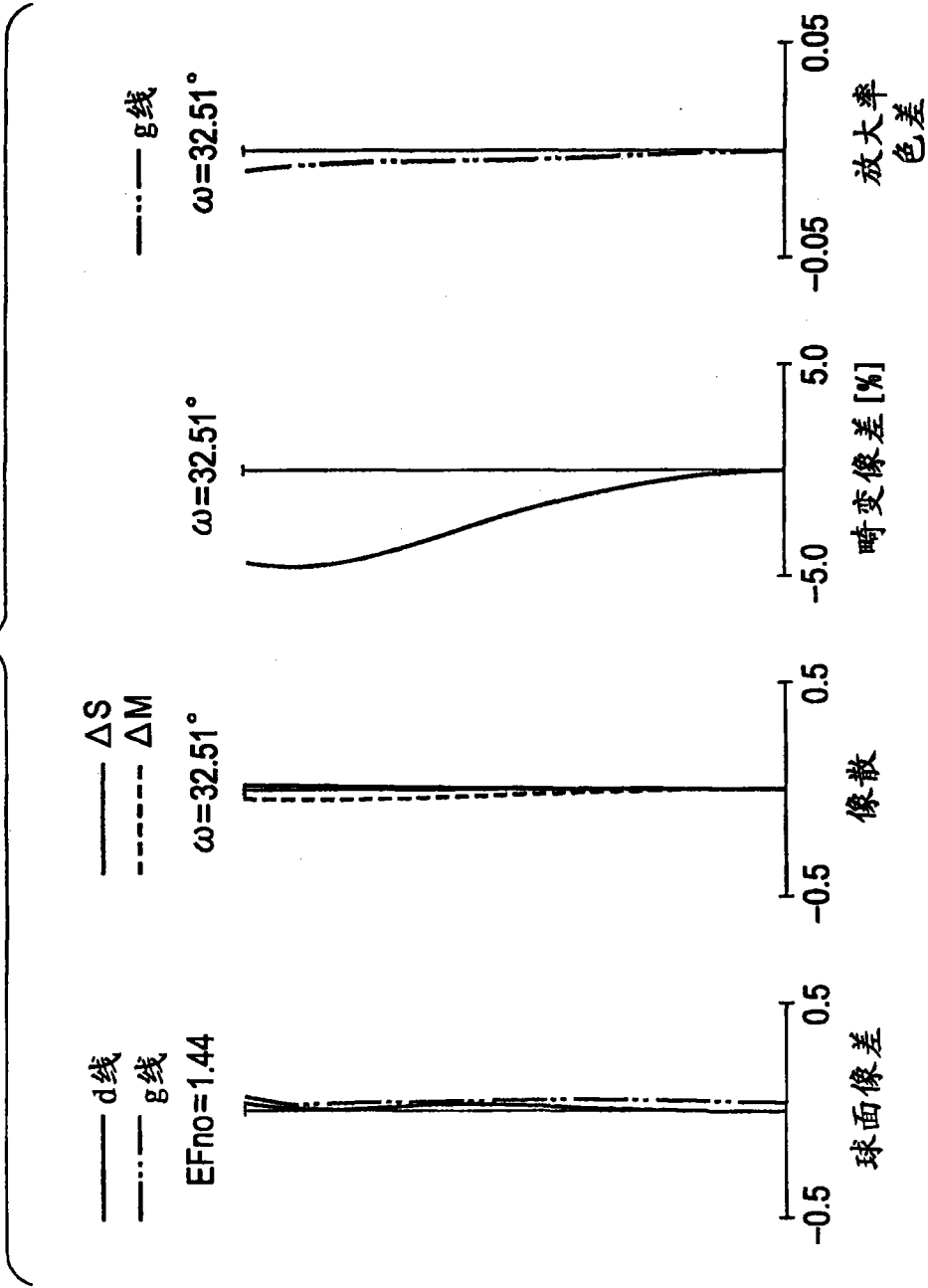


图 10



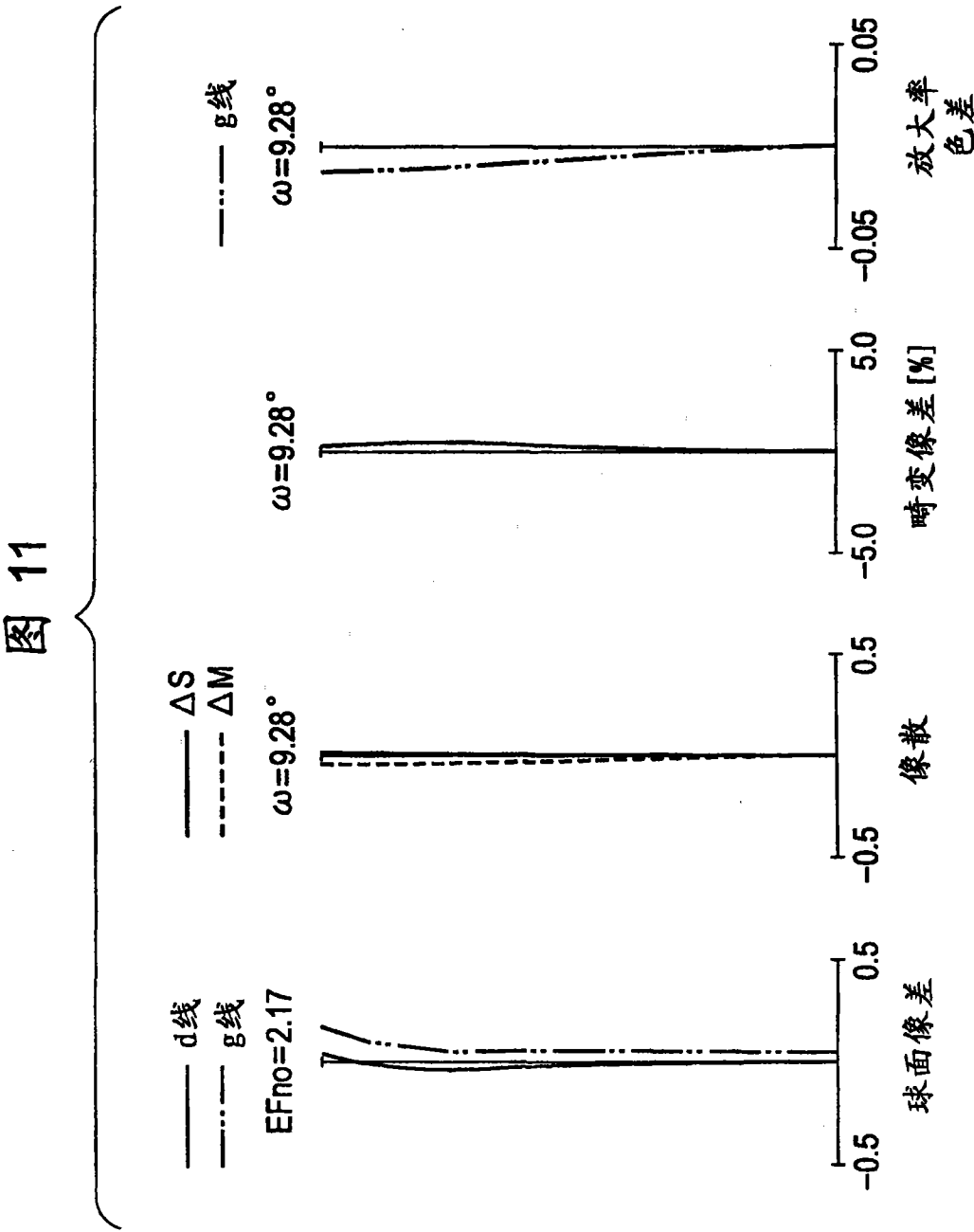


图 12

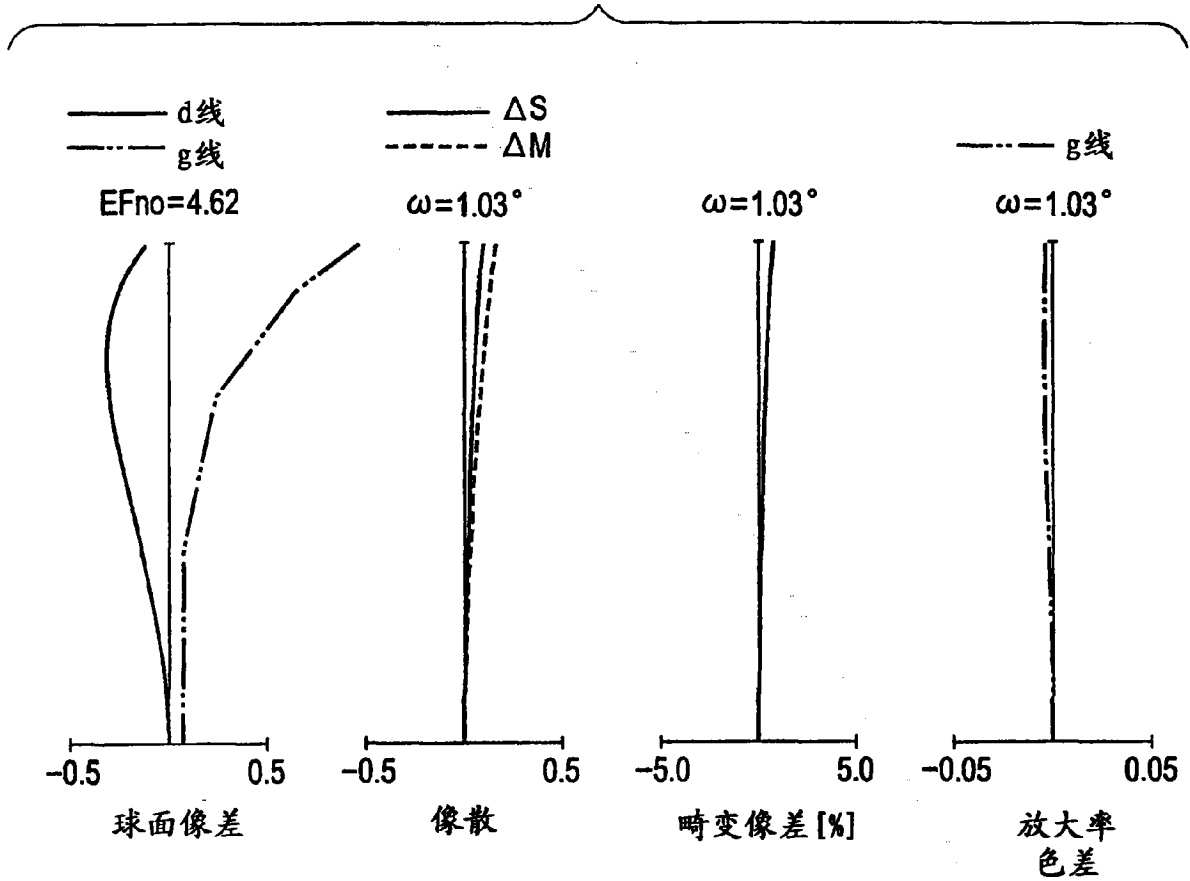


图 13

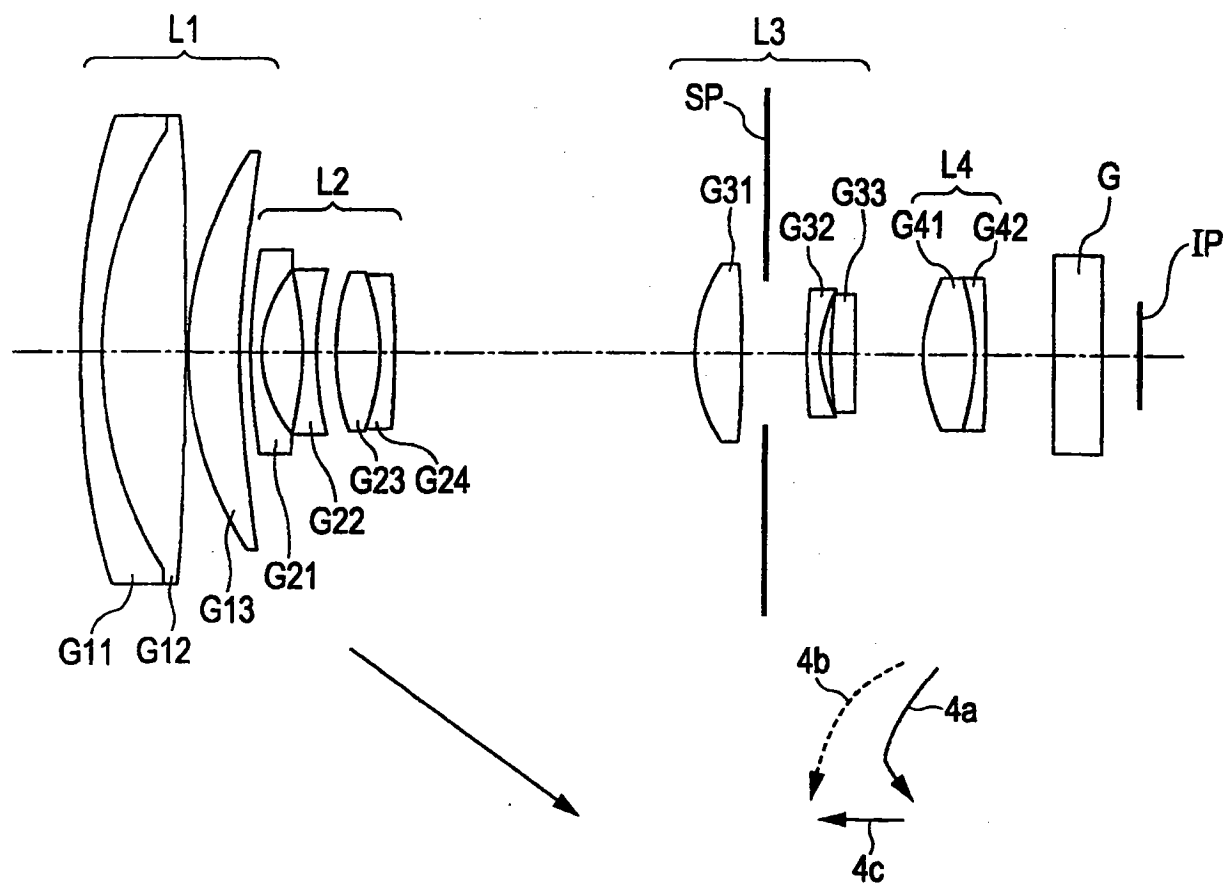


图 14

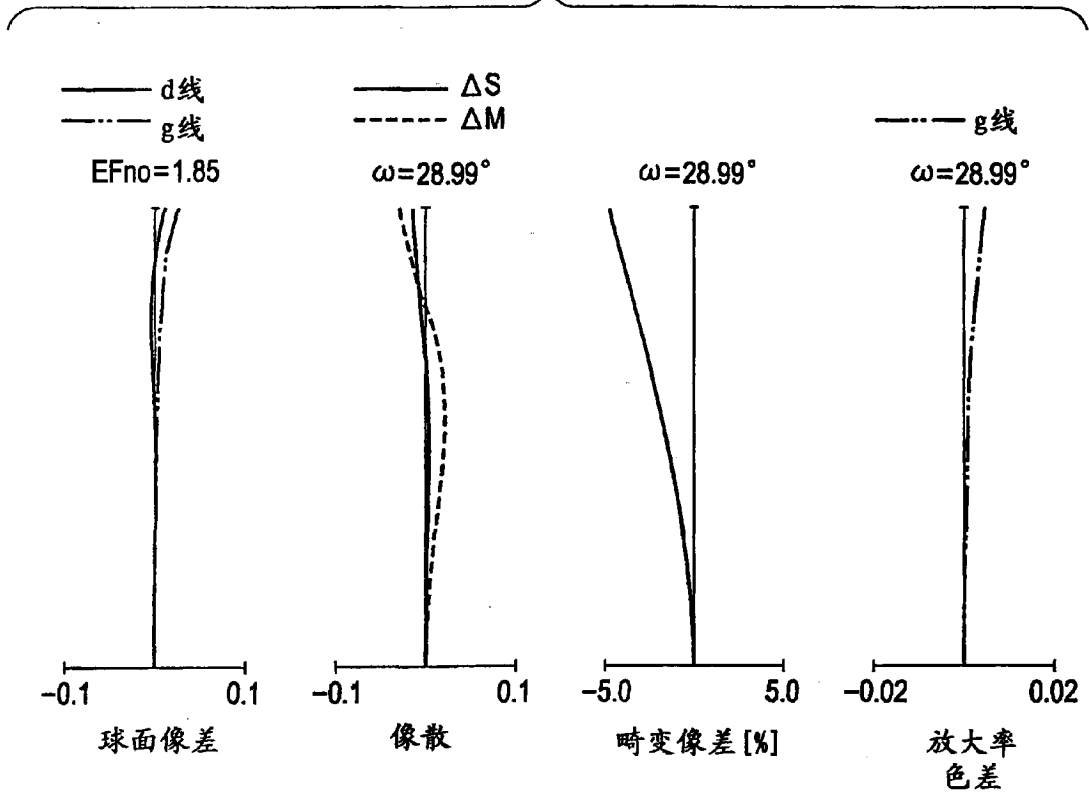


图 15

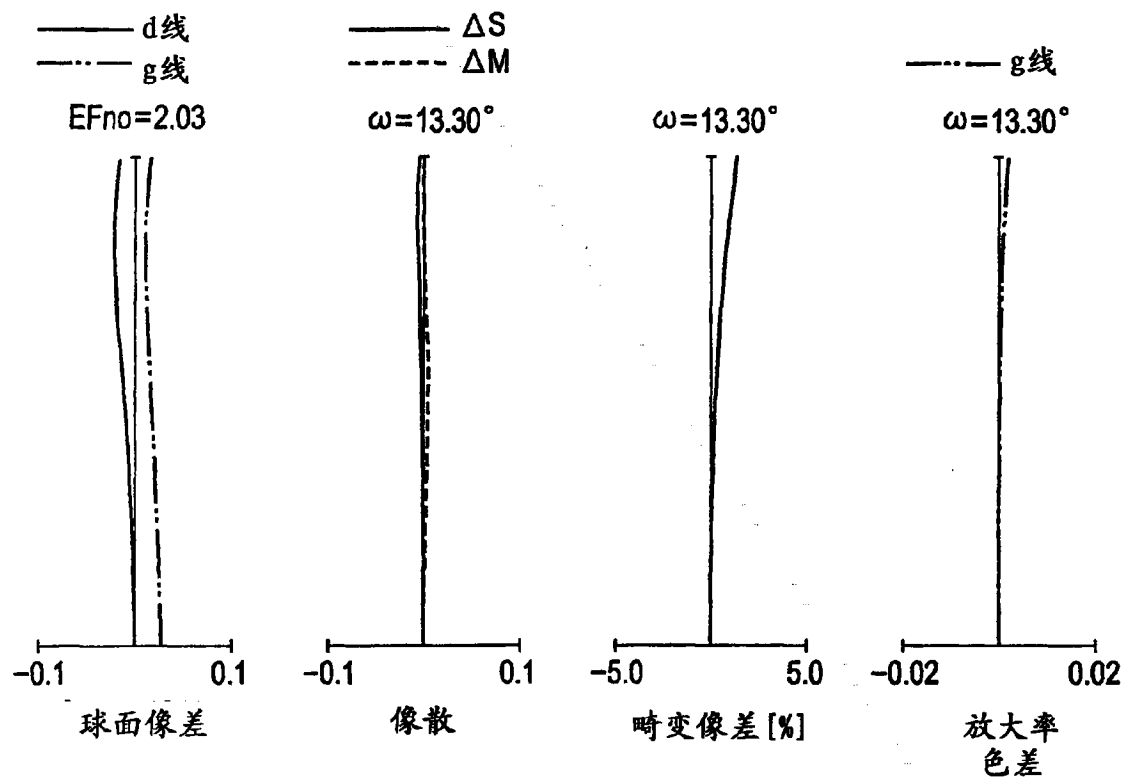


图 16

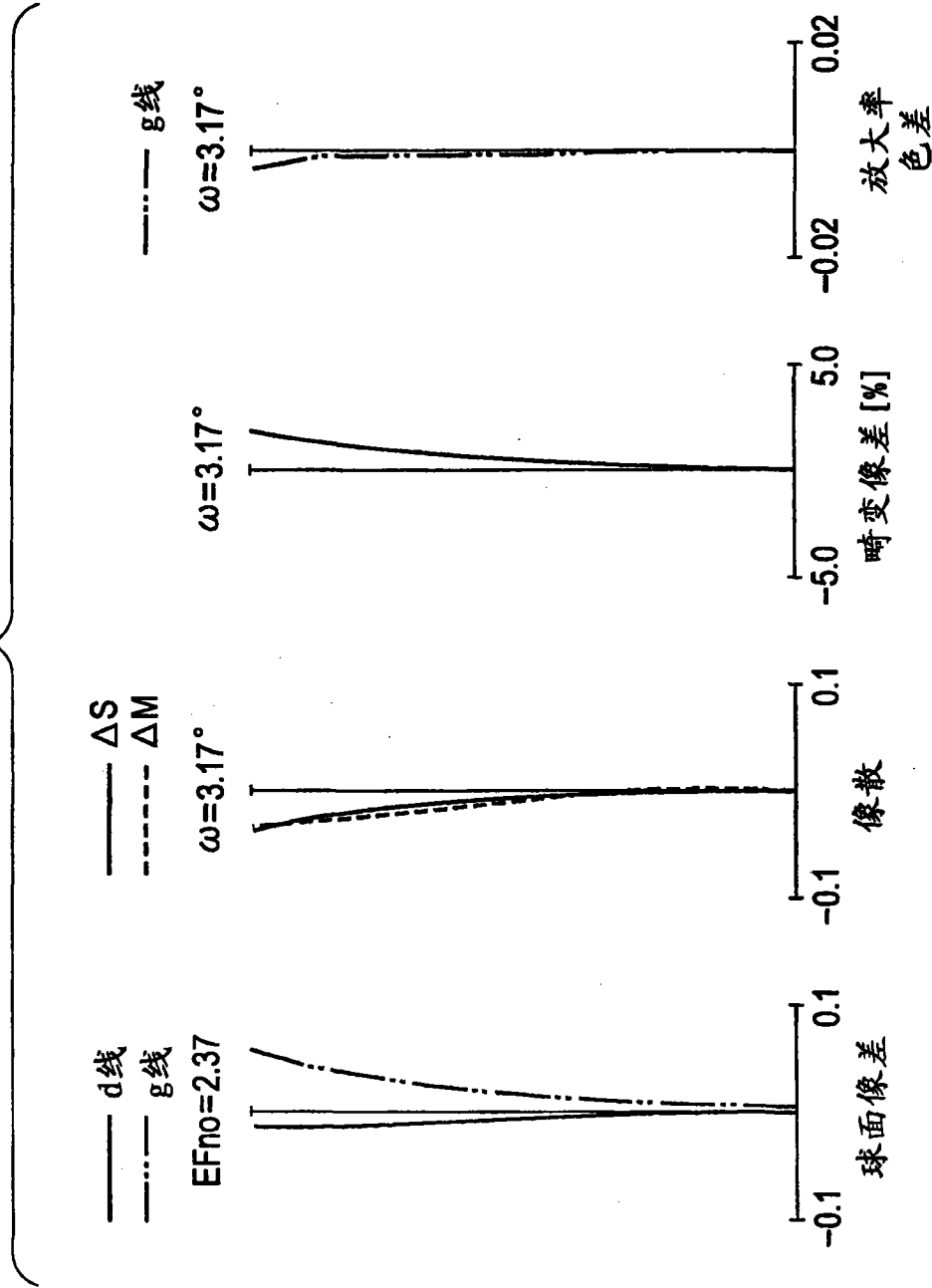


图 17

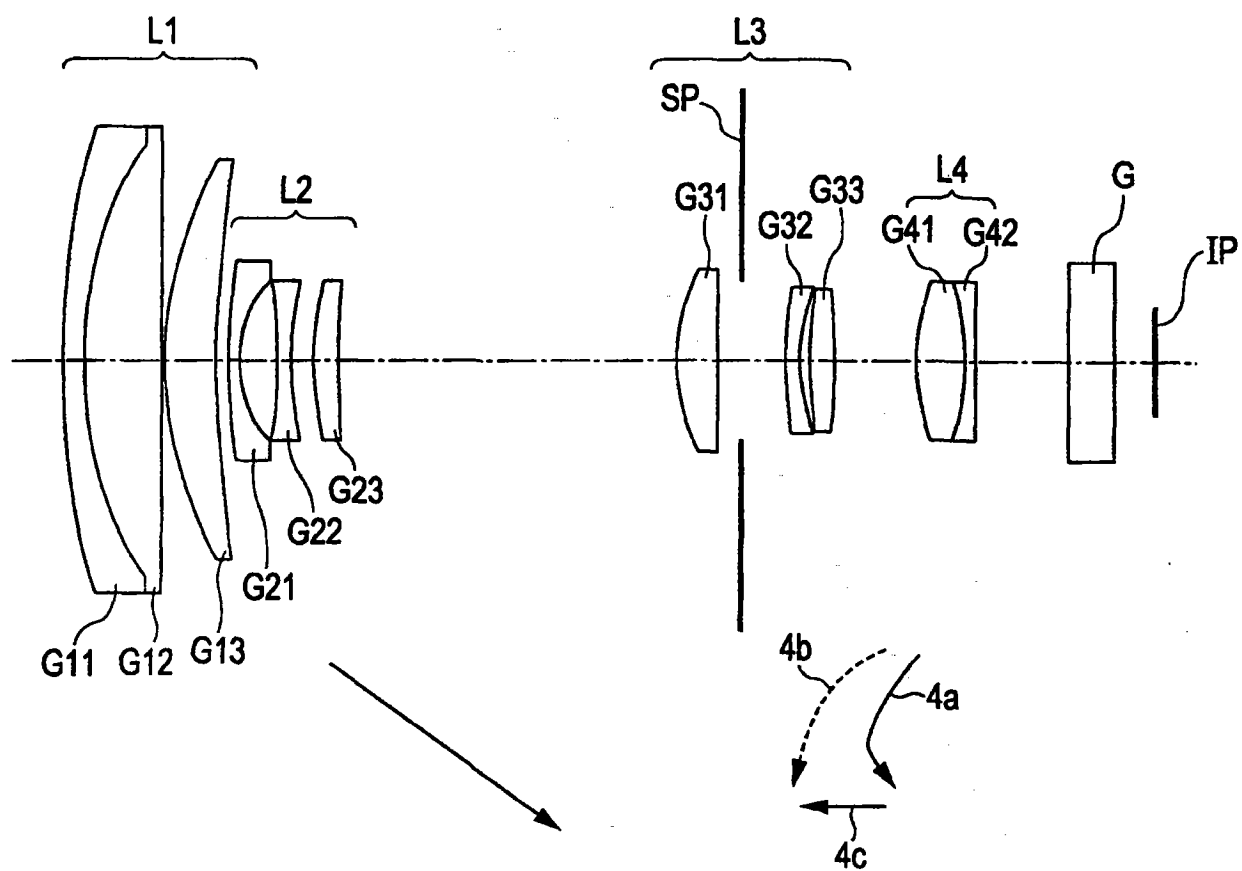
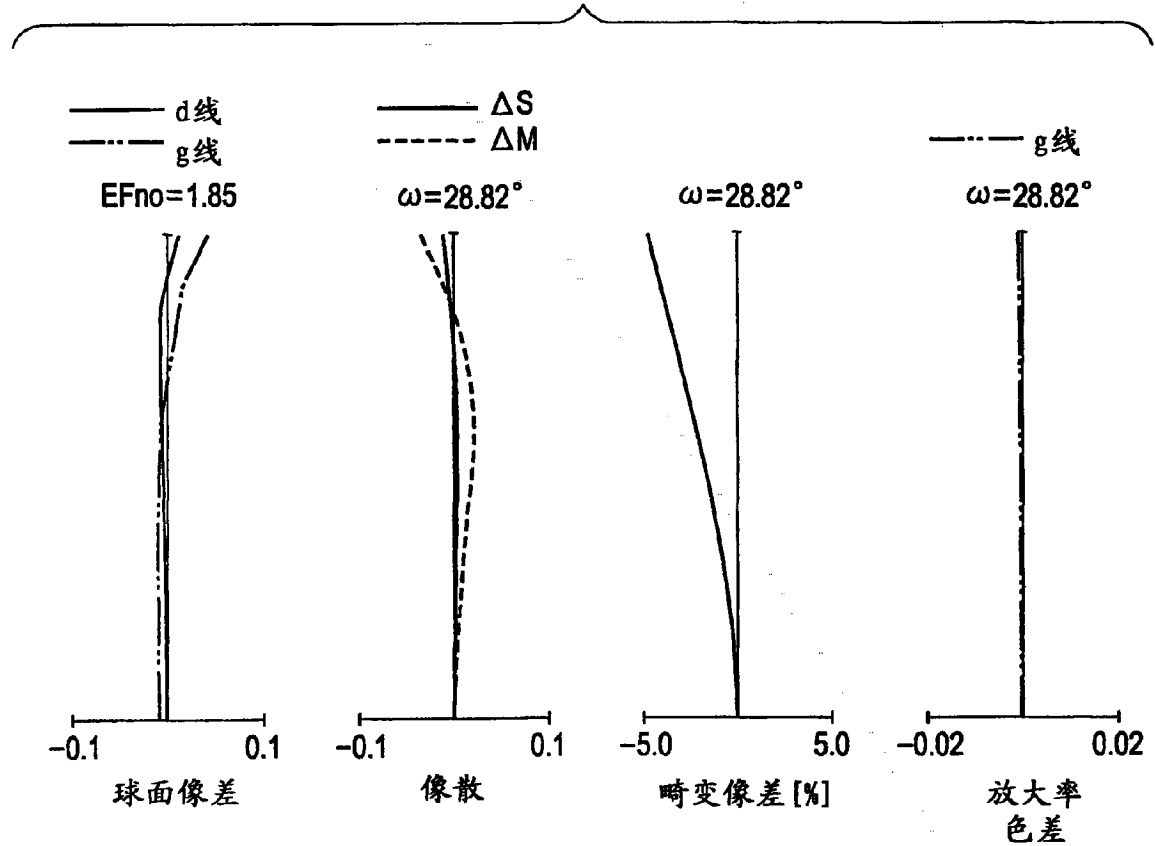


图 18



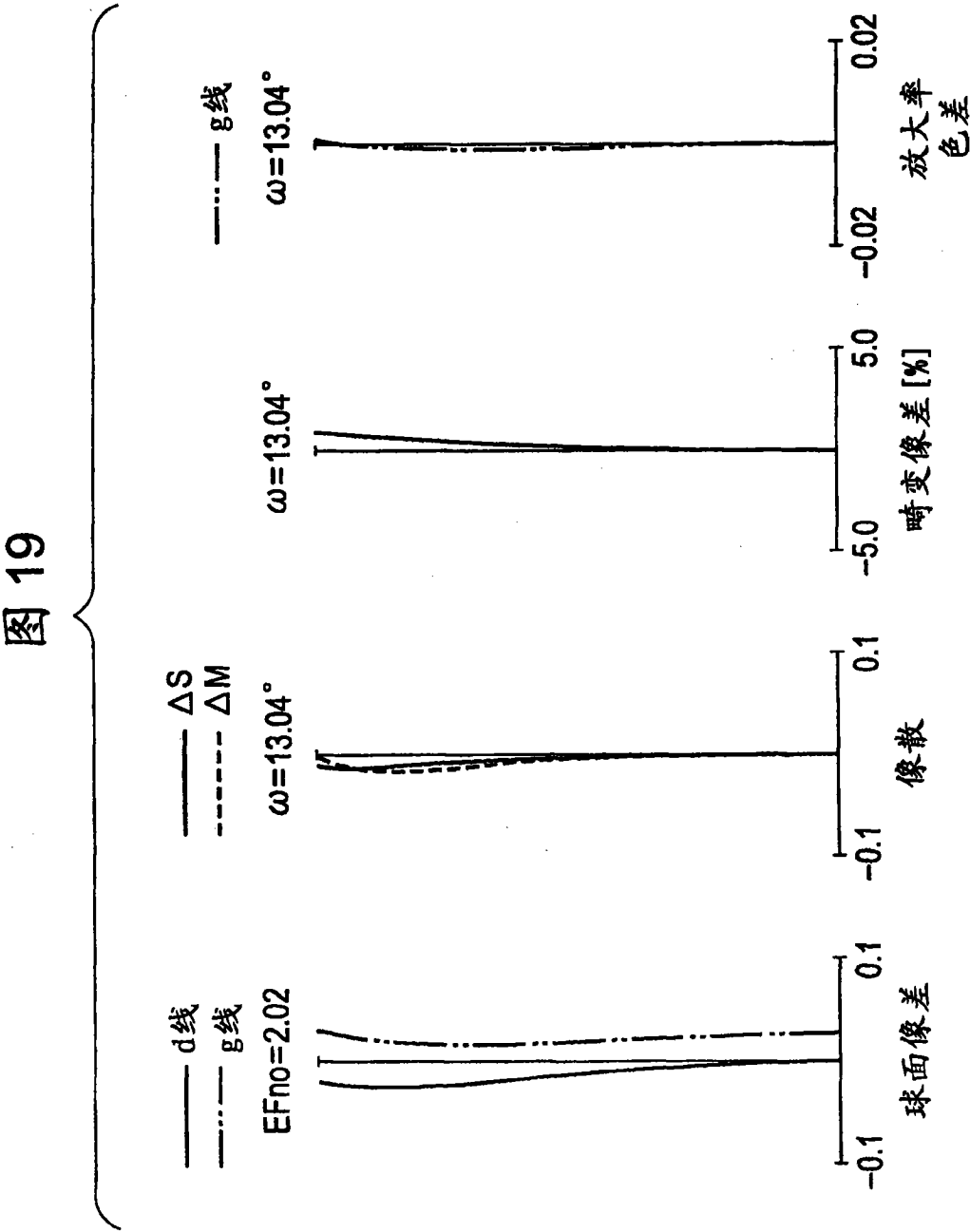


图 20

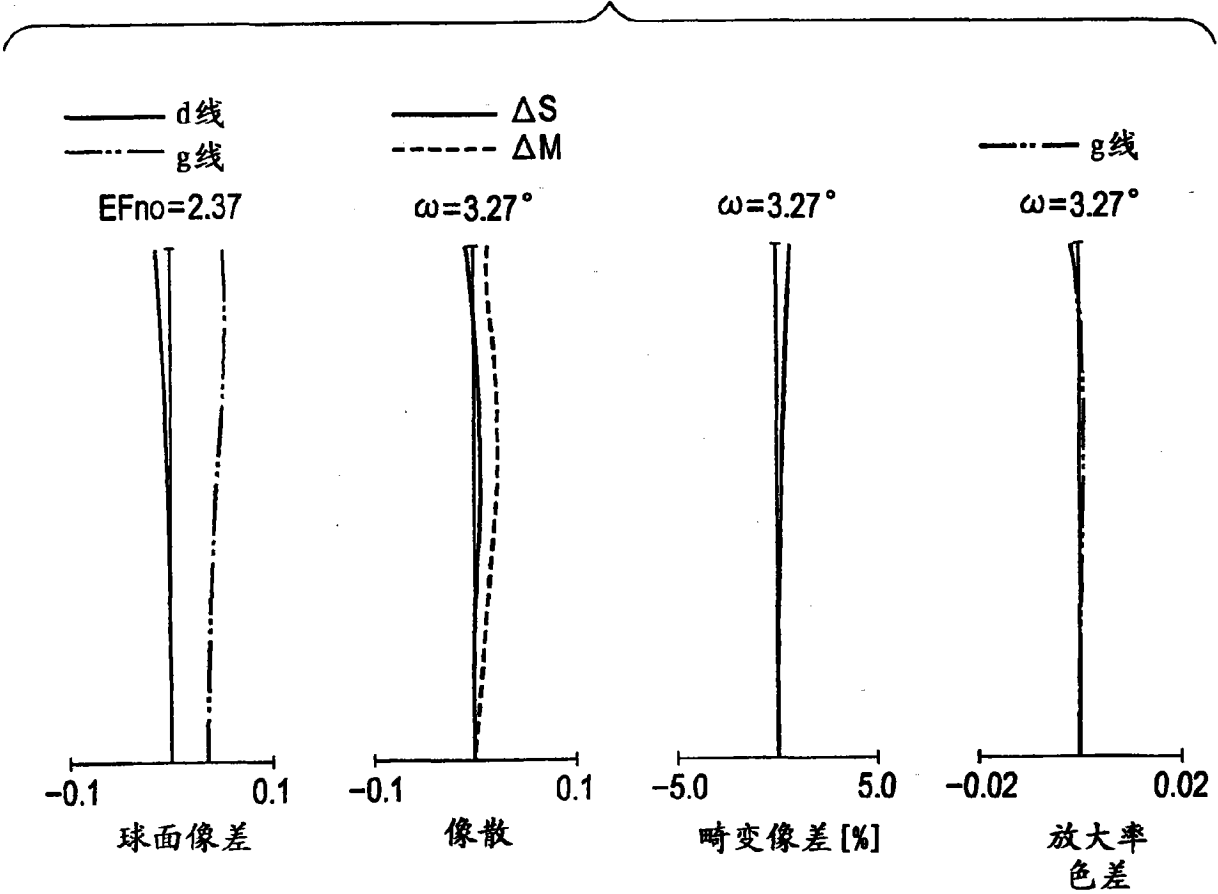


图 21

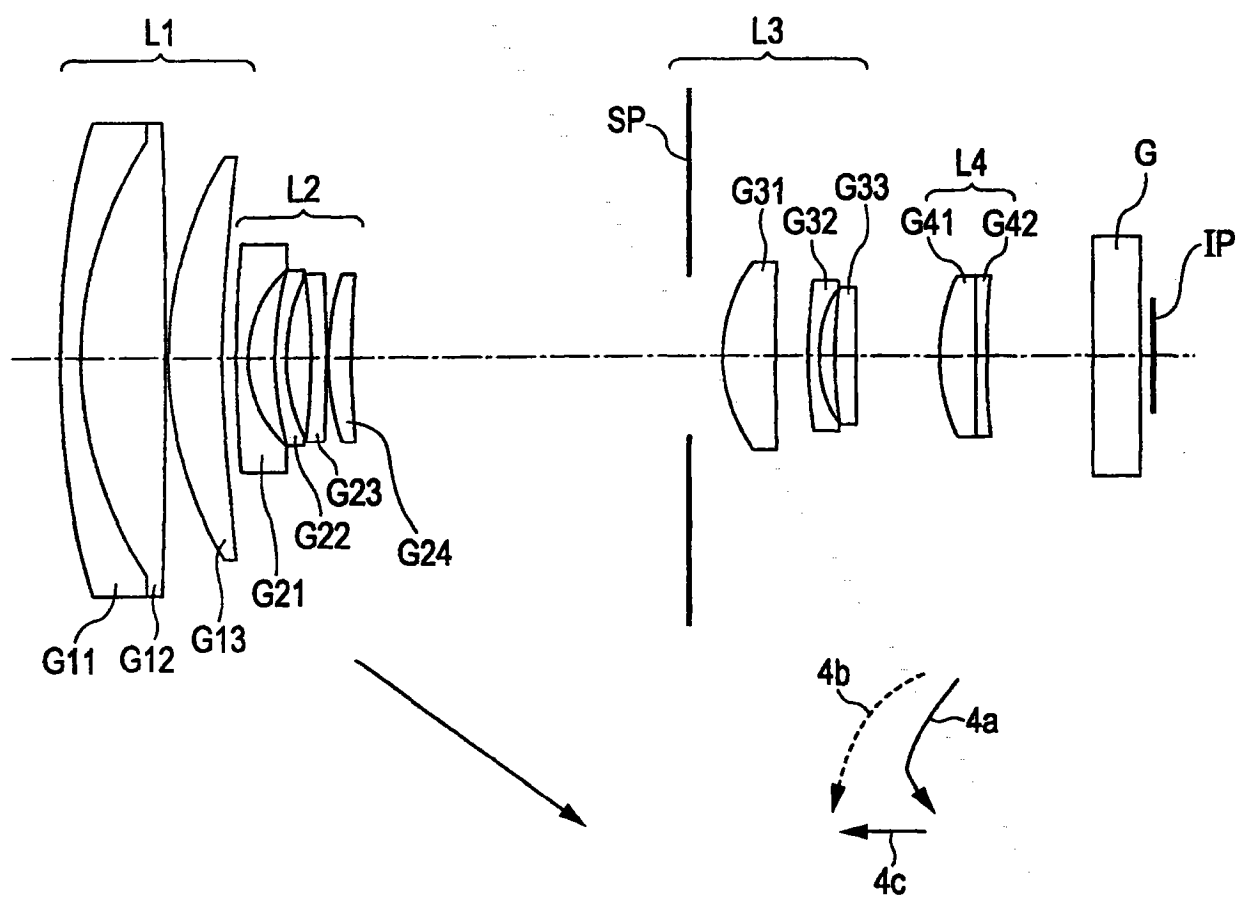


图 22

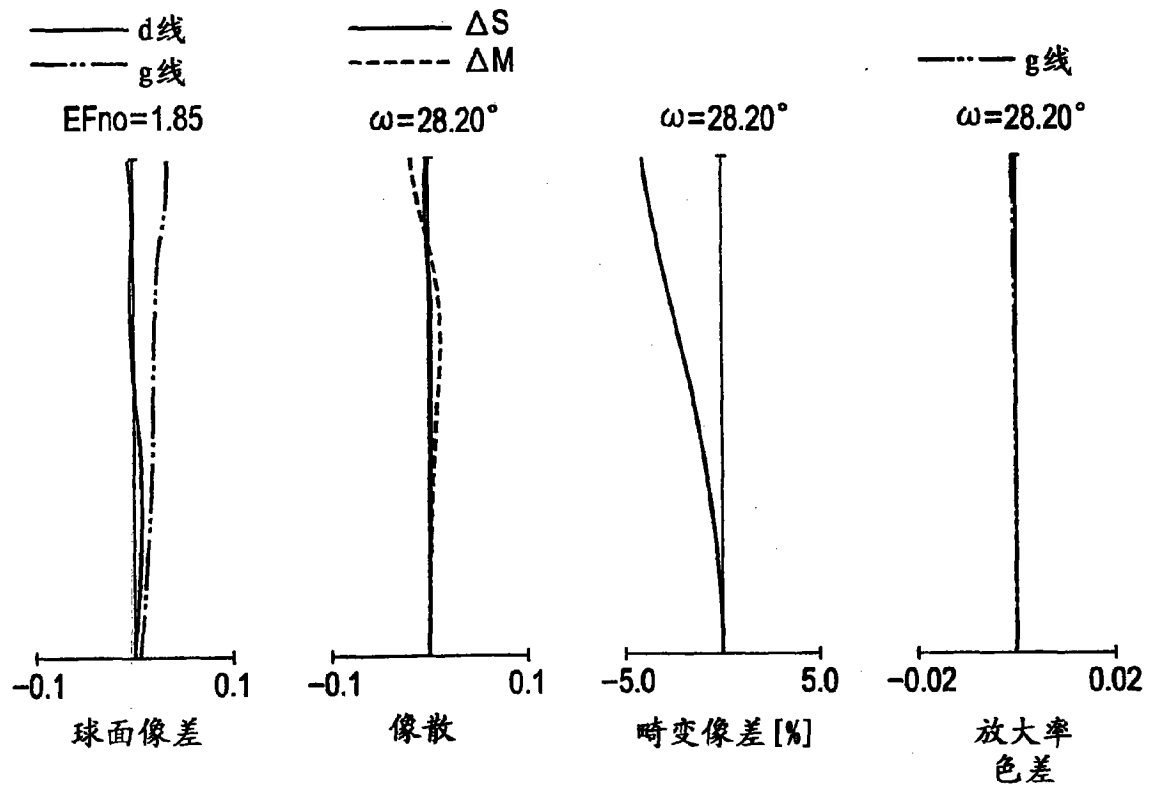


图 23

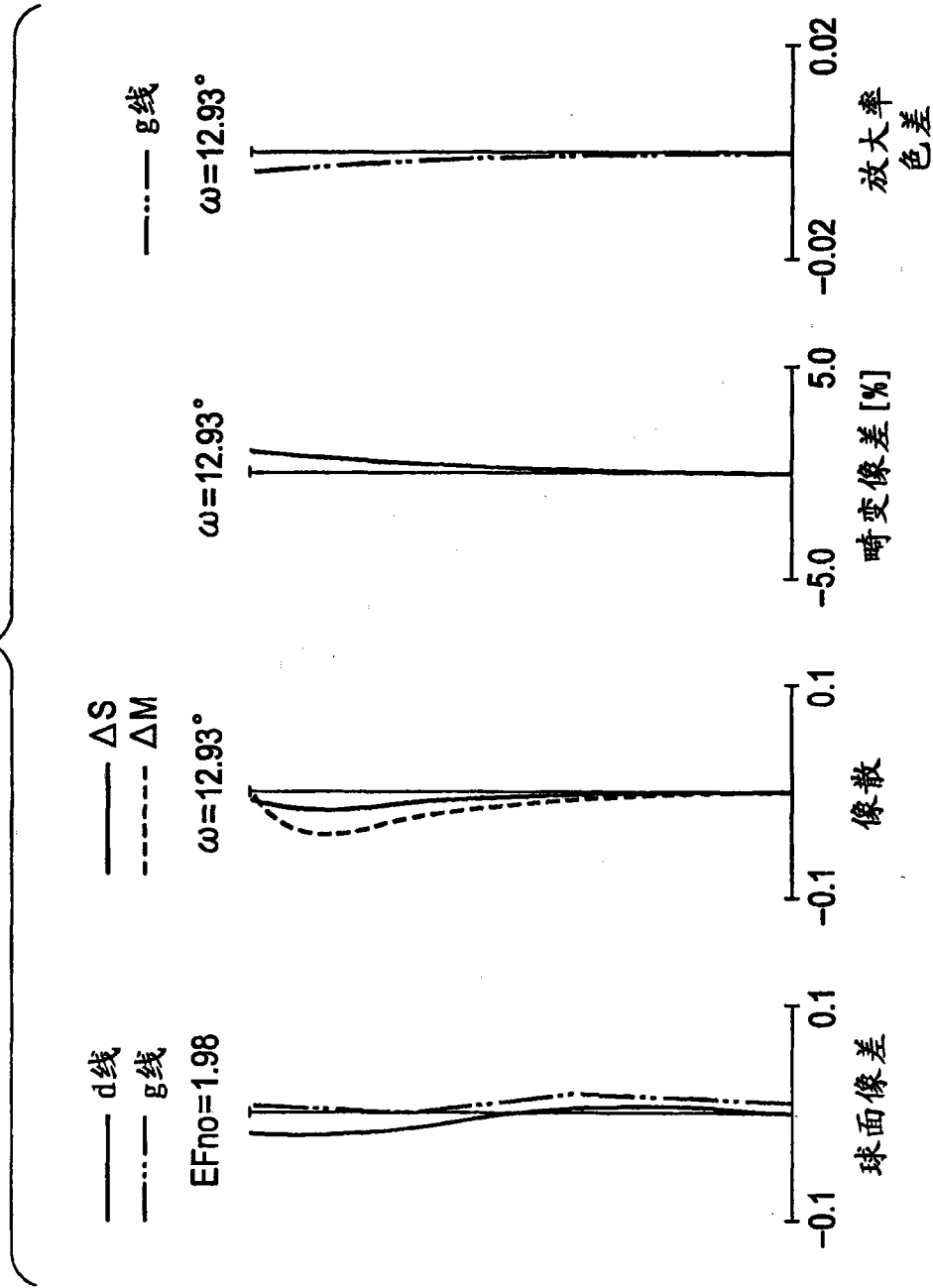


图 24

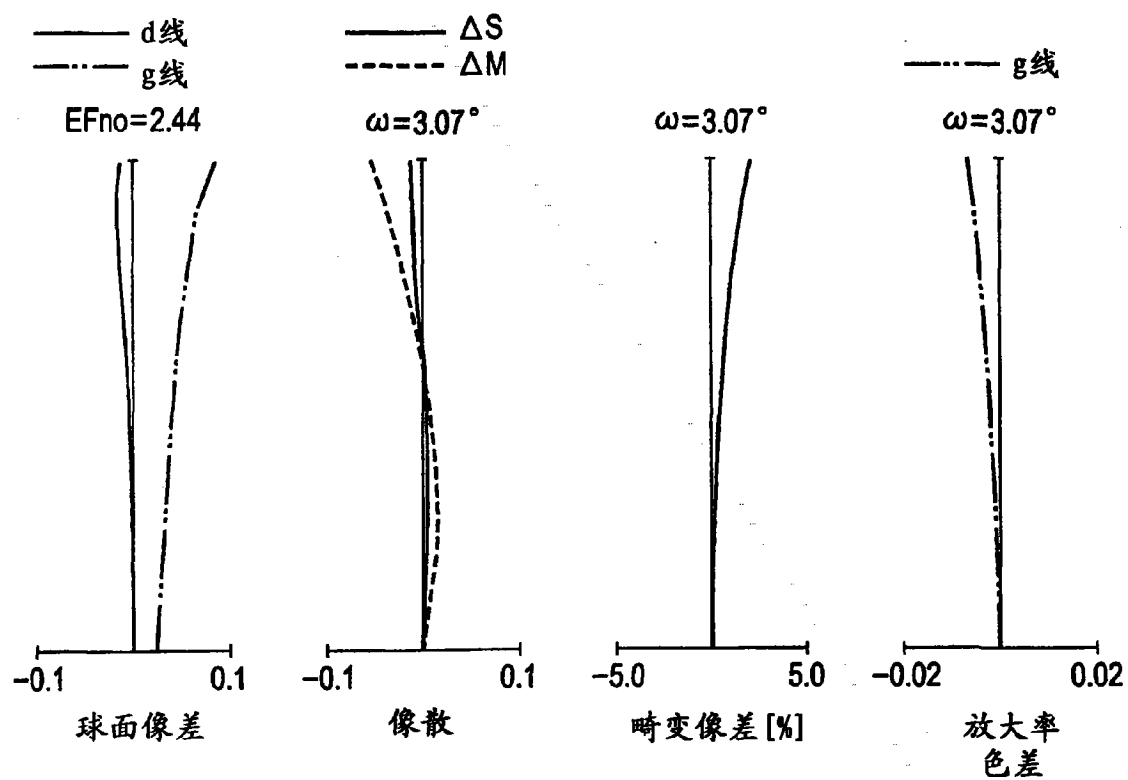


图 25

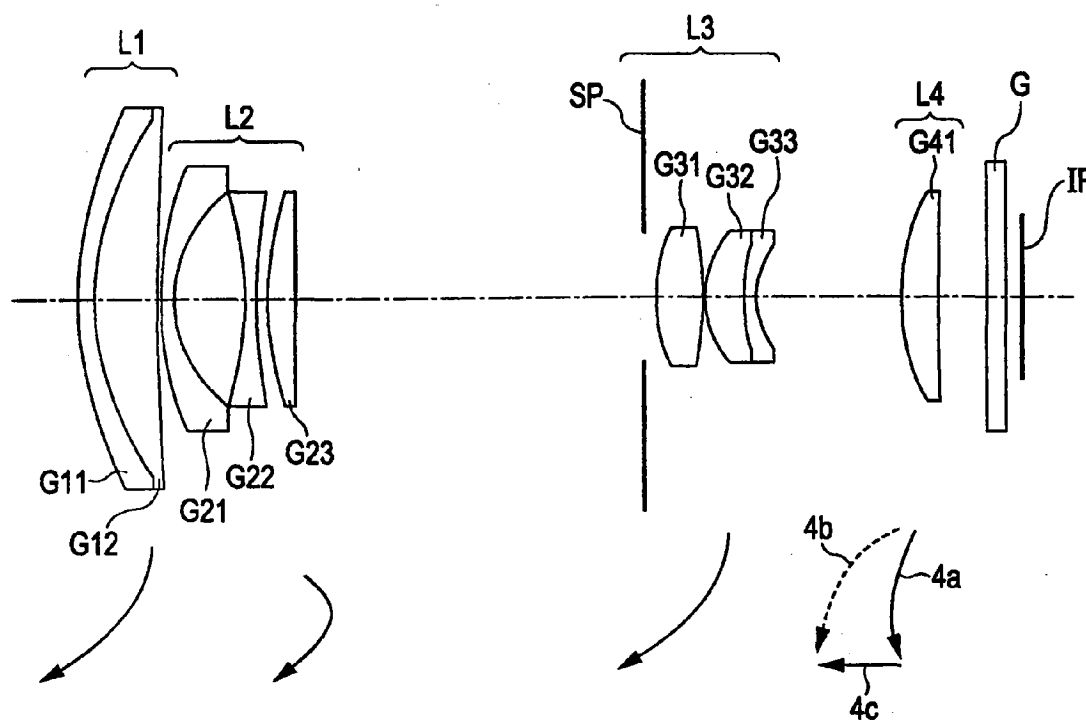
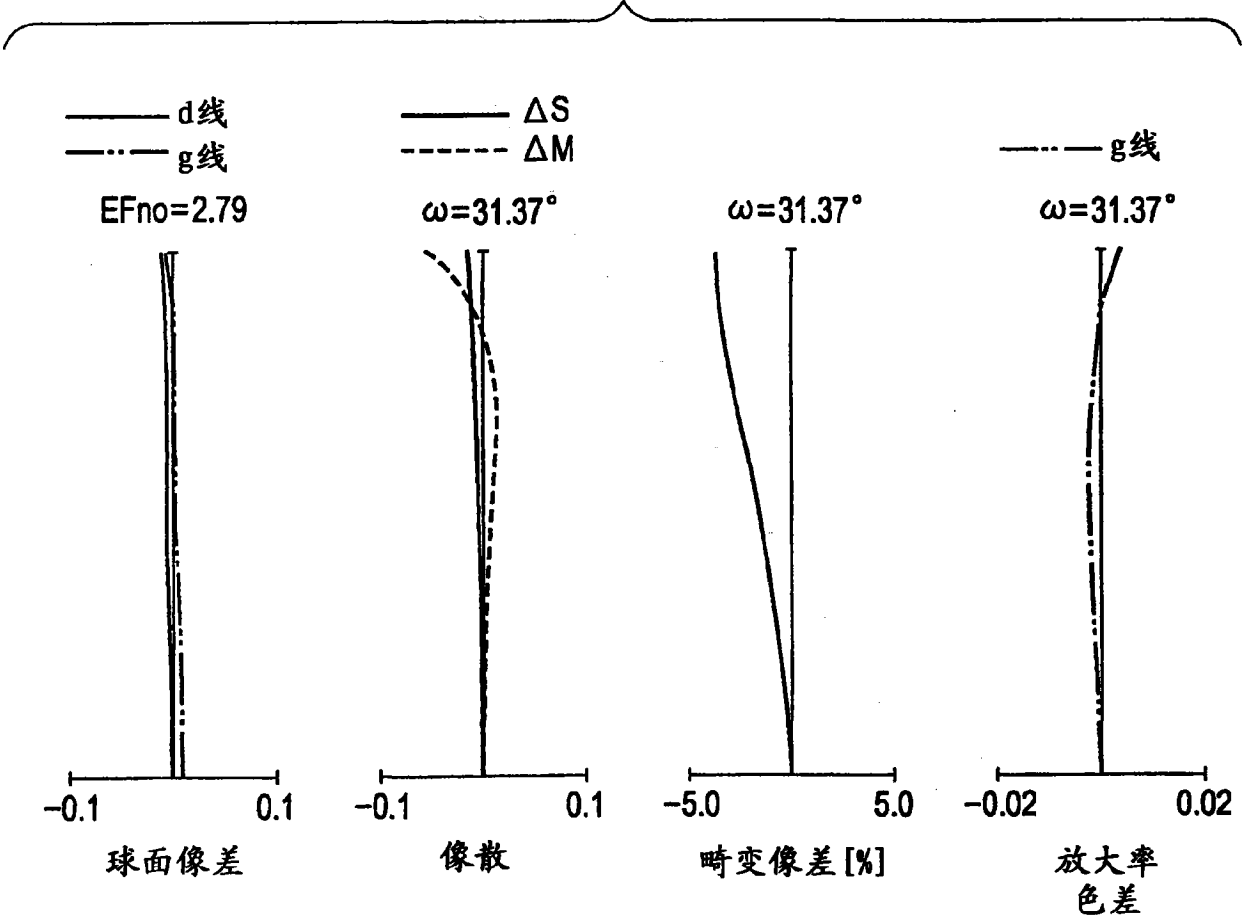


图 26



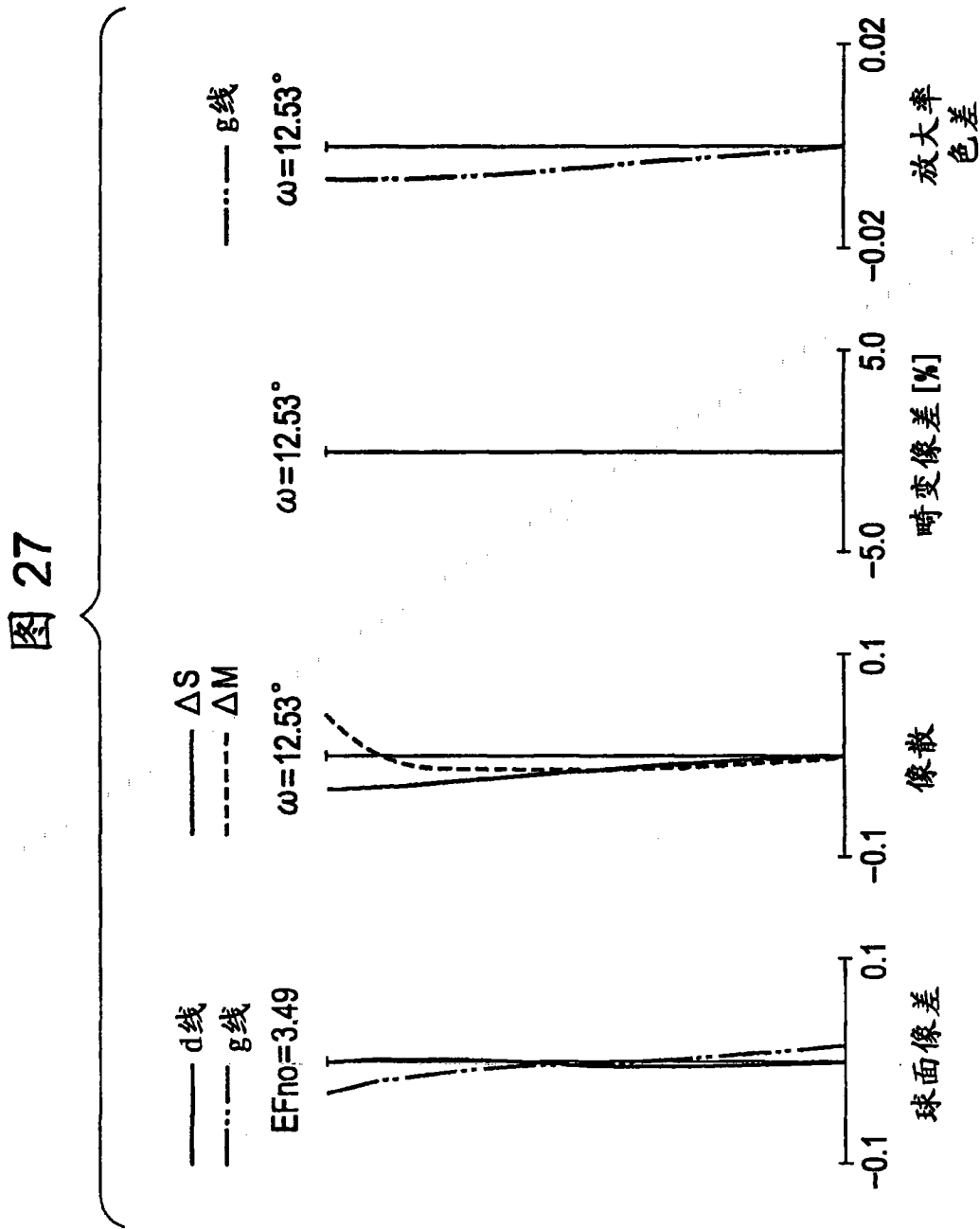


图 28

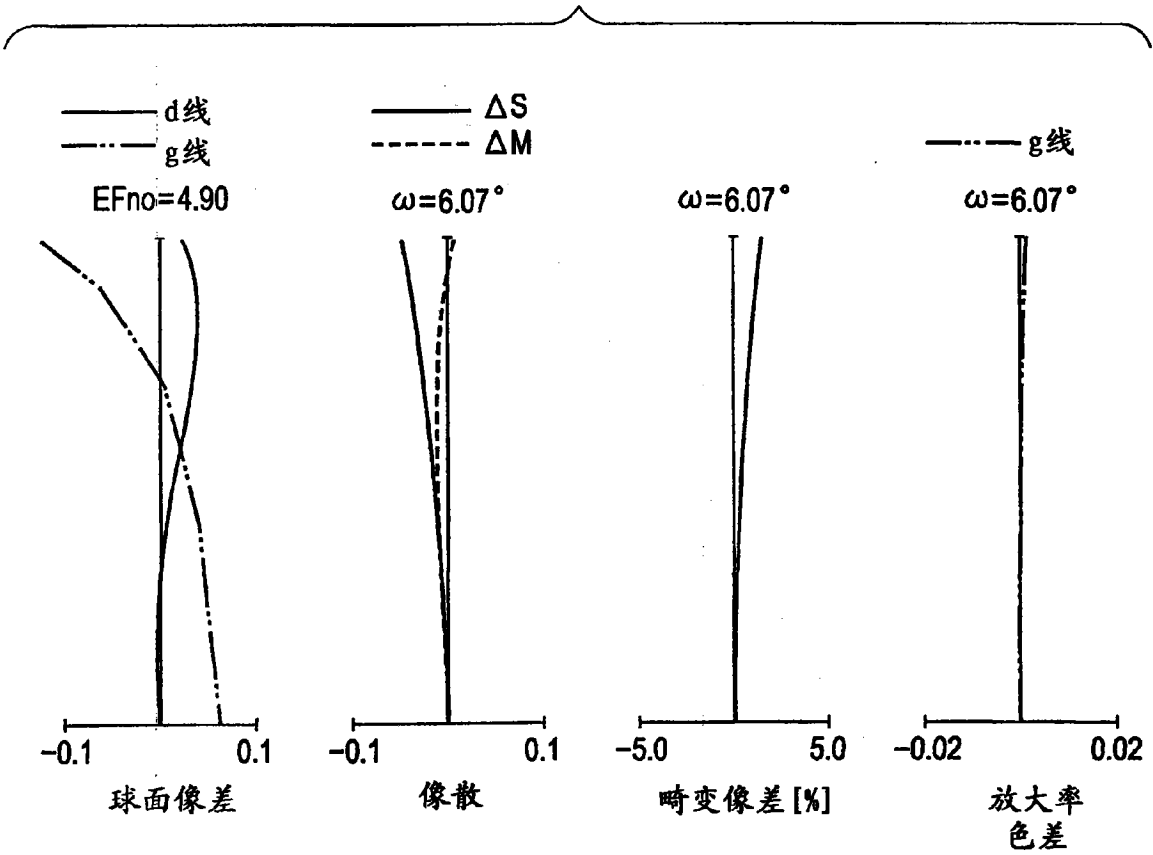
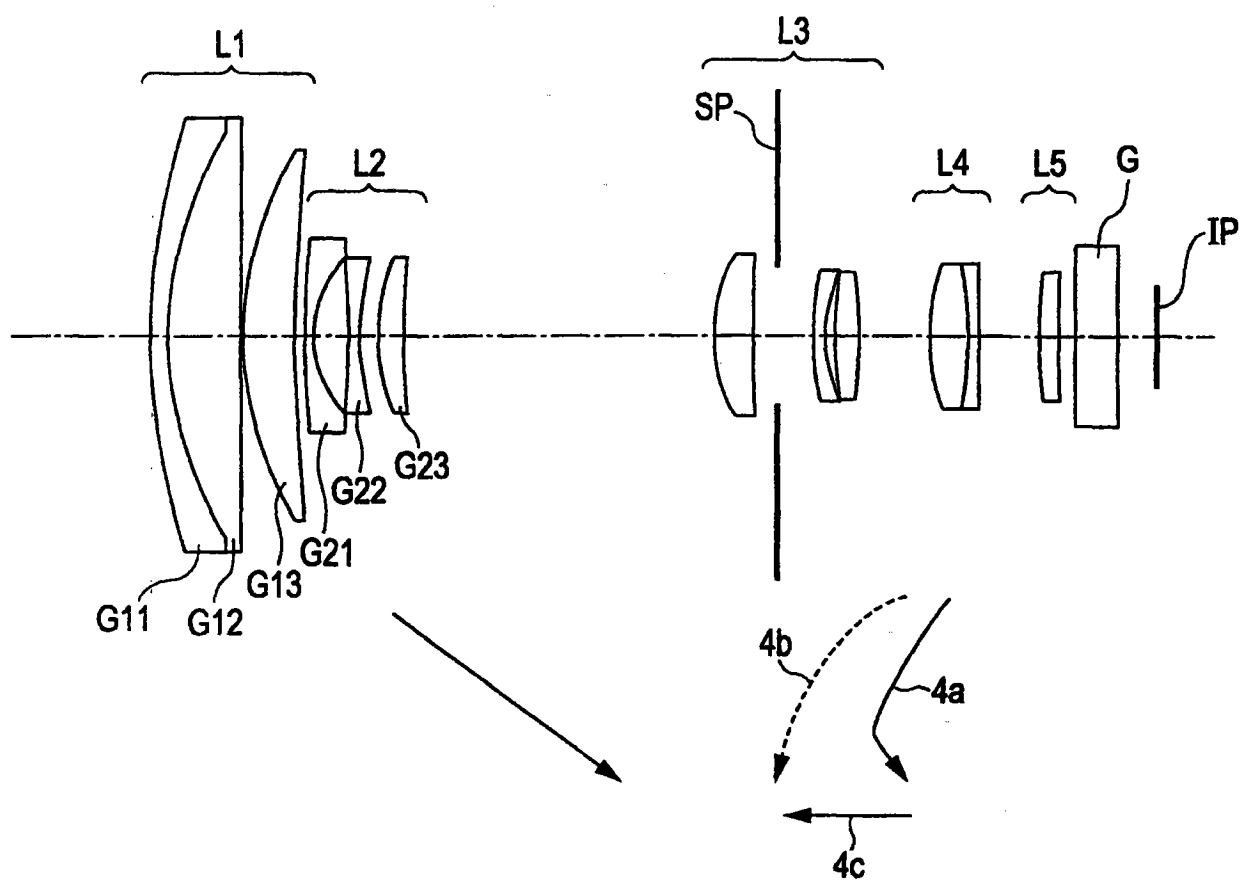
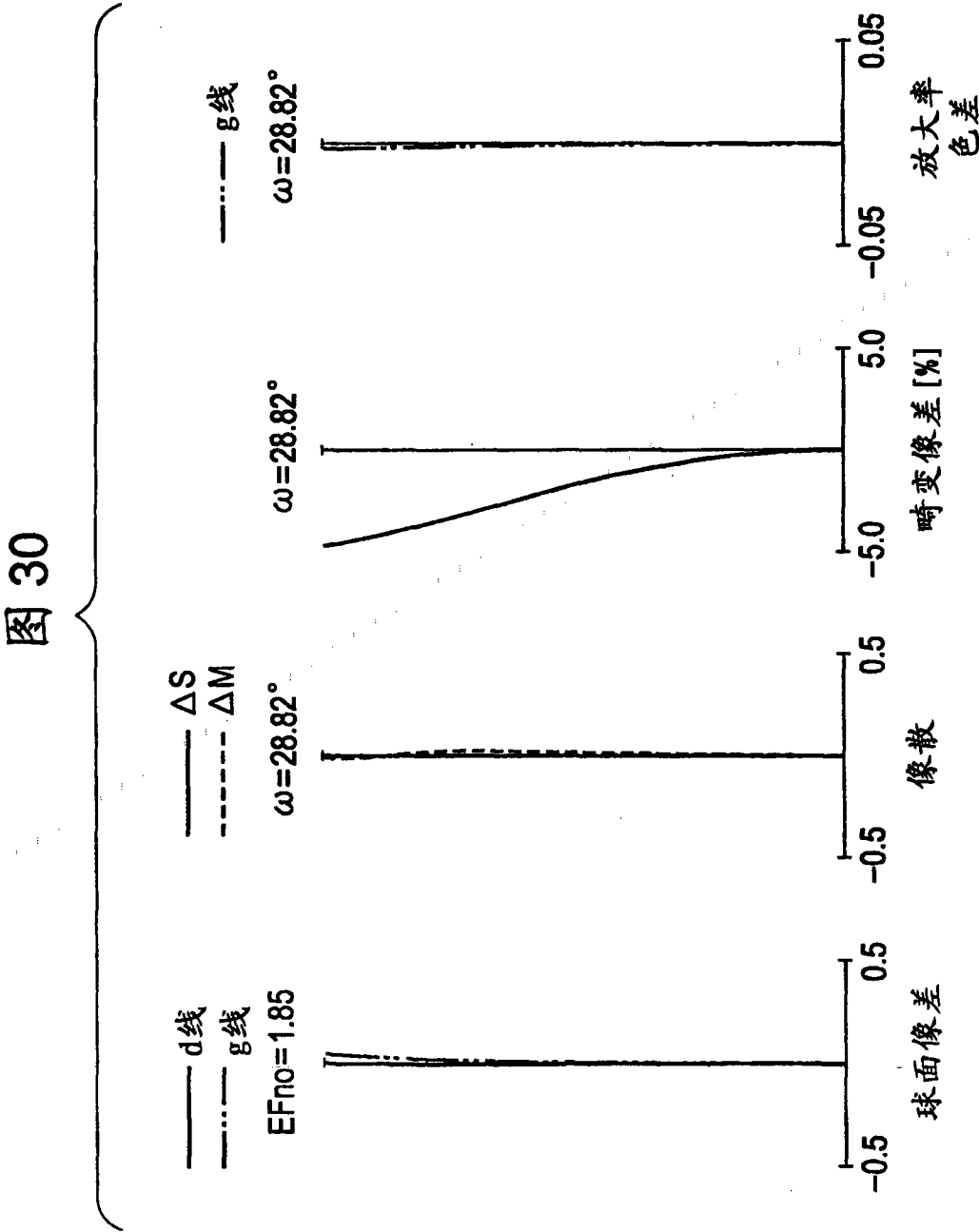


图 29





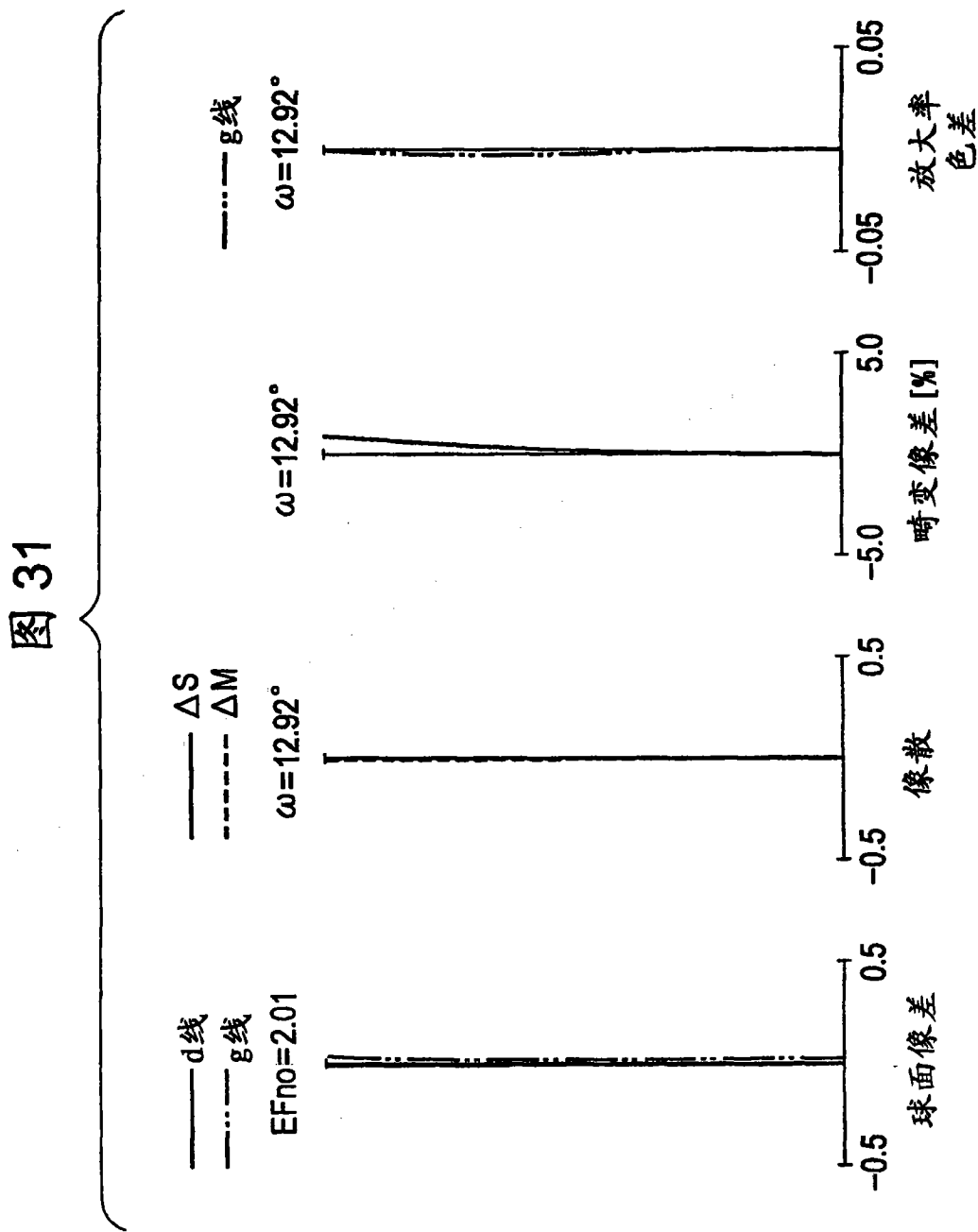


图 32

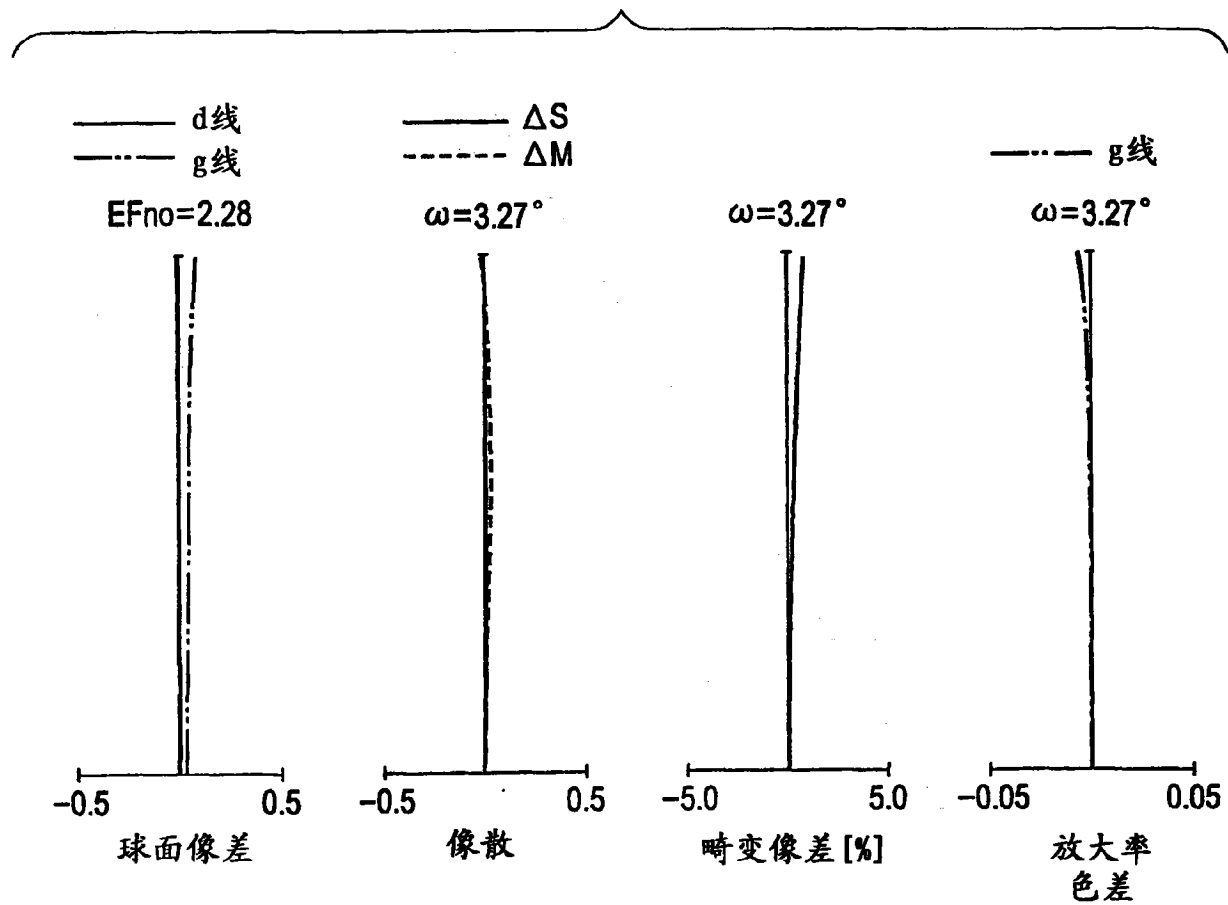


图 33

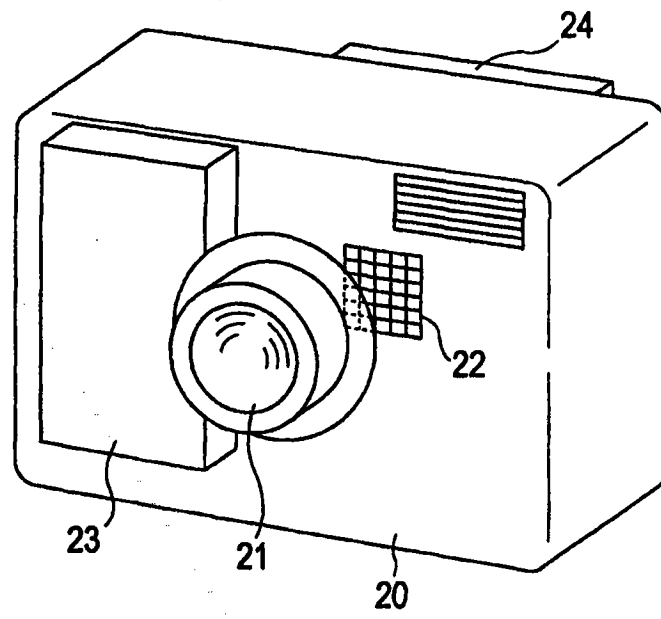


图 34

