



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101510002 B

(45) 授权公告日 2011. 10. 12

(21) 申请号 200910004357. 6

(22) 申请日 2009. 02. 12

(30) 优先权数据

2008-030299 2008. 02. 12 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 杉田茂宣

(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 杨国权

(56) 对比文件

JP 2006-308890 A, 2006. 11. 09, 说明书全文.

JP 2007-178894 A, 2007. 07. 12, 说明书全文.

US 6621645 B, 2003. 09. 16, 说明书全文.

US 6687061 B, 2004. 02. 03, 说明书全文.

JP 2007-94174 A, 2007. 04. 12, 说明书全文.

审查员 刘杰

(51) Int. Cl.

G02B 13/04 (2006. 01)

G02B 13/06 (2006. 01)

G02B 15/16 (2006. 01)

G02B 9/00 (2006. 01)

G03B 19/02 (2006. 01)

H04N 5/225 (2006. 01)

G02B 23/00 (2006. 01)

G03B 21/00 (2006. 01)

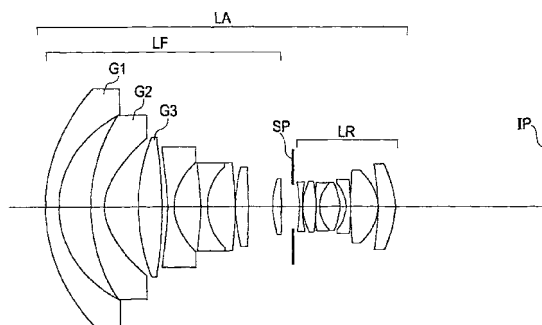
权利要求书 3 页 说明书 18 页 附图 14 页

(54) 发明名称

光学系统及包括光学系统的光学装置

(57) 摘要

本发明公开了一种光学系统及包括光学系统的光学装置。提供一种用于包括图像拾取元件的图像拾取装置的光学系统。所述光学系统包括：负透镜，其被布置成在放大共轭侧上离开最远，并且满足以下条件： $80^\circ < 2\omega$ ，其中， 2ω （度）表示所述光学系统的视角。此外，最好确定所述光学系统的以下参数：在缩小共轭侧上的所述负透镜的表面的透镜开角 θ ，负透镜的材料对于 d 线的折射率 N_{dn} 和 Abbe 数 v_{dn} ，以及负透镜的材料对于 g 线和 F 线的相对部分色散 θ_{gFn} 。



1. 一种能安装到包括图像拾取元件的图像拾取装置的光学系统,包括:

负透镜,其被布置成在放大共轭侧上离开最远;

其中,满足以下条件:

$80^\circ < 2\omega$,

其中, 2ω (度)表示所述光学系统的视角,并且其中,满足以下条件:

$0.25 < \tan \theta / \tan \omega < 1.5$,

$2.10 > N_{dn} > 1.75$,以及

$0.0500 > \theta_{gFn} - (0.6438 - 0.001682 \times v_{dn}) > 0.010$,

其中, θ 表示负透镜在缩小共轭侧上的表面的透镜开角, N_{dn} 和 v_{dn} 分别表示负透镜的材料对于d线的折射率和Abbe数,并且 θ_{gFn} 表示负透镜的材料对于g线和F线的相对部分色散。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,进一步包括:

至少一个非球面表面,

其中,在所述至少一个非球面表面和所述光学系统的表面中位于放大共轭侧上离开最远处的表面之间的距离是小于等于 $0.3L$,其中, L 表示光学系统的总长度。

3. 根据权利要求1所述的光学系统,进一步包括:

正透镜,

其中,在该正透镜在放大共轭侧上的表面和所述光学系统的表面中位于放大共轭侧上离开最远处的表面之间的距离是小于等于 $0.4L$,其中, L 表示光学系统的总长度;

其中,满足以下条件:

$20.0 < v_{dp} < 42.0$,

其中, v_{dp} 表示正透镜的材料对于d线的Abbe数。

4. 根据权利要求3所述的光学系统,其中,满足以下条件:

$-0.0500 < \theta_{gFp} - (0.6438 - 0.001682 \times v_{dp}) < 0.0020$,

其中, θ_{gFp} 表示正透镜的材料对于g线和F线的相对部分色散。

5. 根据权利要求3所述的光学系统,按从物侧到像侧的顺序,进一步包括:

前单元,其具有负折光力;

孔径光阑;和

后单元,其具有正折光力;

其中,所述负透镜和所述正透镜被包括在所述前单元中。

6. 根据权利要求3所述的光学系统,其中,所述光学系统充当变焦透镜,所述变焦透镜包括多个透镜单元,所述透镜单元包括被布置成在所述放大共轭侧上离开最远的第一透镜单元,并且所述第一透镜单元具有负折光力,并且其中,当执行变焦操作时,所述透镜单元的至少两个透镜单元被移动,

其中,所述负透镜和所述正透镜被包括在所述第一透镜单元中。

7. 根据权利要求6所述的光学系统,按从所述放大共轭侧到所述缩小共轭侧的顺序,进一步包括:

第二透镜单元,其被布置在所述第一透镜单元的缩小共轭侧上,所述第二透镜单元具有正折光力;

第三透镜单元,其具有正折光力;以及

第四透镜单元,其具有正折光力,其中,在变焦期间,所述第二透镜单元、第三透镜单元和第四透镜单元被移动。

8. 一种图像拾取装置,包括:

图像拾取元件;以及

根据权利要求 1 至 7 中的任意一项所述的光学系统,所述光学系统将从物体输出的光导向所述图像拾取元件。

9. 一种光学系统,包括:

负透镜,其被布置成在放大共轭侧上离开最远;

其中,满足以下条件:

$$80^\circ < 2\omega,$$

其中, 2ω (度)表示所述光学系统的视角,并且其中,满足以下条件:

$$0.25 < \tan \theta / \tan \omega < 1.5,$$

$$2.010 > N_{dn} > 1.75, \text{ 以及}$$

$$0.0500 > \theta_{gFn} - (0.6438 - 0.001682 \times v_{dn}) > 0.010,$$

其中, θ 表示负透镜在缩小共轭侧上的表面的透镜开角, N_{dn} 和 v_{dn} 分别表示负透镜的材料对于d线的折射率和Abbe数,并且 θ_{gFn} 表示负透镜的材料对于g线和F线的相对部分色散。

10. 一种光学装置,包括:

光学系统,其包括被布置成在放大共轭侧上离开最远的负透镜;

其中,满足以下条件:

$$80^\circ < 2\omega,$$

其中, 2ω (度)表示所述光学系统的视角,并且其中,满足以下条件:

$$0.25 < \tan \theta / \tan \omega < 1.5,$$

$$2.10 > N_{dn} > 1.75, \text{ 以及}$$

$$0.0500 > \theta_{gFn} - (0.6438 - 0.001682 \times v_{dn}) > 0.010,$$

其中, θ 表示负透镜在缩小共轭侧上的表面的透镜开角, N_{dn} 和 v_{dn} 分别表示负透镜的材料对于d线的折射率和Abbe数,并且 θ_{gFn} 表示负透镜的材料对于g线和F线的相对部分色散。

11. 一种能安装到包括成像元件的图像投影装置的光学系统,包括:

负透镜,其被布置成在放大共轭侧上离开最远;

其中,满足以下条件:

$$80^\circ < 2\omega,$$

其中, 2ω (度)表示所述光学系统的视角,并且其中,满足以下条件:

$$0.25 < \tan \theta / \tan \omega < 1.5,$$

$$2.10 > N_{dn} > 1.75, \text{ 以及}$$

$$0.0500 > \theta_{gFn} - (0.6438 - 0.001682 \times v_{dn}) > 0.010,$$

其中, θ 表示负透镜在缩小共轭侧上的表面的透镜开角, N_{dn} 和 v_{dn} 分别表示负透镜的材料对于d线的折射率和Abbe数,并且 θ_{gFn} 表示负透镜的材料对于g线和F线的相对部

分色散。

12. 一种图像投影装置,包括:

成像元件;和

光学系统,其被配置为投射从所述成像元件输出的光线,所述光学系统包括被布置成在放大共轭侧上离开最远的负透镜;

其中,满足以下条件:

$80^\circ < 2\omega$,

其中, 2ω (度)表示所述光学系统的视角,并且其中,满足以下条件:

$0.25 < \tan \theta / \tan \omega < 1.5$,

$2.10 > N_{dn} > 1.75$,以及

$0.0500 > \theta_{gFn} - (0.6438 - 0.001682 \times v_{dn}) > 0.010$,

其中, θ 表示负透镜在缩小共轭侧上的表面的透镜开角, N_{dn} 和 v_{dn} 分别表示负透镜的材料对于d线的折射率和Abbe数,并且 θ_{gFn} 表示负透镜的材料对于g线和F线的相对部分色散。

光学系统及包括光学系统的光学装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学系统,其适合应用于光学装置(例如卤化银胶片相机、数字静态相机、摄像机、数码摄像机、望远镜、双目镜、投影仪以及复印机)。

背景技术

[0002] 所需要的是,用于光学装置(例如数字相机、摄像机、投影仪)的光学系统是广角的,并且获得无失真的高质量图像(对于投影仪,高质量投影图像)。

[0003] 广角透镜适合于获得在物侧的宽广范围内的无失真的自然图像。常规的投影广角透镜满足条件: $Y' = f \cdot \tan \omega$,其中, Y' 表示图像高度, f 表示广角透镜(光学系统)的焦距, 2ω 表示全视角(物体对着的角度)。

[0004] 为了有效地获得广角,常规广角透镜包括被布置在放大共轭侧上的具有高负能力(折光力)的负透镜或负透镜单元。此时,为了获得另外的广角透镜系统,需要增加负透镜的负能力。

[0005] 通常,随着负透镜的能力增加,产生更多的负畸变(畸变像差)。在屏幕的外围部分产生更多的图像失真,并且因此,难以保持条件: $Y' = f \cdot \tan \omega$ 。

[0006] 相应地,期望地,放大共轭侧上具有凸表面的负弯月透镜 GN 被布置成在放大共轭侧上离开最远。这种安排允许使得边缘光线(具有边缘角度的光线)以接近于每一表面部分的法线的角度入射。相应地,可以容易地防止产生畸变。

[0007] 在美国专利 No. 6791765 中描述了具有这种安排的广角光学系统的示例。

[0008] 通常,随着视角增加,负透镜 GN 的透镜开角(open angle)倾向于增加。

[0009] 日本专利公布 2007-094174 和日本专利公布 2005-173275 描述了一种超级广角透镜,其具有全视角($2\omega 80^\circ$),并且包括具有明显大的透镜开角的负透镜 GN。

[0010] 随着透镜的开角增加以使得透镜的形状变得更接近于是半球状($\theta = 90^\circ$),抛光的表面的尺寸精度下降。此外,抗反射蒸镀膜并非均匀地施加到表面的外围部分。因此,膜的性能明显下降,并且因此,可产生重影。

[0011] 与之对照,提议了一种广角光学系统,其中,非球面表面被布置在负透镜的附近,所述负透镜被布置成在放大共轭侧离开最远,从而对于广角透镜,畸变被充分地校正,并且负透镜的开角稍微下降(例如,参照美国专利 No. 6621645 或美国专利 No. 6687061)。

[0012] 随着光学系统的视角增加,被布置成在放大共轭侧上离开最远的负透镜在缩小共轭侧上的表面的开角增加。此时,如果负透镜在缩小共轭侧上的表面的开角下降,则明显产生短波长范围内的倍率色差。

[0013] 例如,通常,广角透镜通过使用被布置成在放大共轭侧上离开最远的负透镜(第一负透镜)获得视角。此外,广角透镜使用对于负透镜具有高折射率和低色散的材料,以防止过度校正由于高负能力(折光力)而导致的一阶倍率色差。

[0014] 如今,具有高折射率和低色散的很多光学材料具有二阶色散(短波长范围内的色散)。

[0015] 为此,如果负透镜在缩小共轭侧上的表面的开角对于宽视角稍微下降,则放大共轭侧上的负透镜的表面的折光力增加。相应地,在放大共轭侧上的表面上明显地产生短波长范围内的倍率色差。

[0016] 结果,对于具有 80 度或更大的视角的广角透镜,明显难以在减少负透镜在缩小共轭侧上的表面的开角的同时在宽波长范围上校正倍率色差。

[0017] 因此,对于现有广角透镜,需要在减少被布置成在放大共轭侧上离开最远的负透镜在缩小共轭侧上的表面的开角的同时在短波长范围内充分校正畸变和倍率色差。

发明内容

[0018] 本发明提供一种用于充分减少可见光范围内的畸变和倍率色差的广角光学系统。本发明进一步提供一种包括负透镜的光学系统,所述负透镜在被布置成在放大共轭侧上离开最远并在缩小共轭侧上具有其表面的开角(透镜开角)。

[0019] 根据本发明的实施例,提供一种可安装到包括图像拾取元件的图像拾取装置的光学系统。所述光学系统包括:负透镜,其被布置成在放大共轭侧上离开最远。满足以下条件: $80^\circ < 2\omega$, 其中, 2ω (度)表示所述光学系统的视角,并且满足以下条件: $0.25 < \tan \theta / \tan \omega < 1.5$, $N_{dn} > 1.65$, 以及 $\theta_{gFn} - (0.6438 - 0.001682 \times v_{dn}) > 0.0010$, 其中, θ 表示负透镜在缩小共轭侧上的表面的透镜开角, N_{dn} 和 v_{dn} 分别表示负透镜的材料对于 d 线的折射率和 Abbe 数,并且 θ_{gFn} 表示负透镜的材料对于 g 线和 F 线的相对部分色散。

[0020] 参照附图从以下示例性实施例的描述,本发明的进一步的特征将变得清楚。

附图说明

[0021] 图 1 是根据本发明第一实施例的光学系统的截面图。

[0022] 图 2 是当物体处于无限远距离时根据第一数值实施例的光学系统的像差曲线图,其中,不带指定单位的值默认为毫米。

[0023] 图 3 是根据本发明第二实施例的光学系统的截面图。

[0024] 图 4 是当物体处于无限远距离时根据第二数值实施例的光学系统的像差曲线图,其中,不带指定单位的值默认为毫米。

[0025] 图 5 是根据本发明第三实施例的光学系统的截面图。

[0026] 图 6 是当物体处于无限远距离时根据第三数值实施例的光学系统的像差曲线图,其中,不带指定单位的值默认为毫米。

[0027] 图 7A 和图 7B 是根据本发明第四实施例的光学系统(变焦透镜)的截面图。

[0028] 图 8 是在当物体处于无限远距离时根据第四数值实施例的光学系统的广角端的像差曲线图,其中,不带指定单位的值默认为毫米。

[0029] 图 9 是在当物体处于无限远距离时根据第四数值实施例的光学系统的望远端处的像差曲线图。

[0030] 图 10A 和图 10B 是根据本发明第五实施例的光学系统(变焦透镜)的截面图。

[0031] 图 11 是在当物体处于无限远距离时根据第五数值实施例的光学系统的广角端处的像差曲线图。

[0032] 图 12 是在当物体处于无限远距离时根据第五数值实施例的光学系统的望远端处

的像差曲线图。

[0033] 图 13 是根据本发明实施例的光学装置的主要部分的示意图。

[0034] 图 14A 和图 14B 示出根据本发明实施例的透镜开角。

具体实施方式

[0035] 以下描述根据本发明示例性实施例的光学系统（反远距（retrofocus）广角透镜或广角变焦透镜）以及包括所述光学系统的光学装置（主要是图像拾取装置）。

[0036] 根据本发明，所述光学系统包括反远距广角透镜或广角变焦透镜，其用于包括图像拾取元件（缩小侧上的共轭表面）的图像拾取装置。所述广角变焦透镜或广角透镜可以形成集成到图像拾取装置的光学系统或所述图像拾取装置的可拆卸光学系统（即可互换型透镜）。当所述光学系统充当变焦透镜时，整个系统在广角端处充当反远距系统。

[0037] 所述光学系统包括：负透镜，其被布置成在放大共轭侧上离开最远。此外，当所述光学系统的全视场角是 2ω （度）（如果所述光学系统充当变焦透镜，则是在广角端处的整个视场角）时，满足以下条件： $80^\circ < 2\omega$ 。

[0038] 如在此所使用的那样，术语“放大共轭侧”和“缩小共轭侧”分别指的是拍摄透镜的物体（拍摄主体）侧和图像拾取元件侧（或胶片侧）。对于液晶投影仪的投影透镜，术语“放大共轭侧”和“缩小共轭侧”分别指的是屏幕（投影表面）侧和液晶面板侧。

[0039] 图 1 是当根据本发明第一实施例的光学系统充当广角透镜时所述广角透镜的截面图。图 2 是根据第一实施例的当物体处于无限远时的像差示图。

[0040] 图 3 是当根据本发明第二实施例的光学系统充当广角透镜时所述广角透镜的截面图。图 4 是根据第二实施例的当物体处于无限远时的像差示图。

[0041] 图 5 是当根据本发明第三实施例的光学系统充当广角透镜时所述广角透镜的截面图。图 6 是根据第三实施例的当物体处于无限远时的像差示图。

[0042] 图 7A 和图 7B 是当根据本发明第四实施例的光学系统充当变焦透镜时分别在广角端（在短焦距端）和望远端（在长焦距端）的透镜的截面图。

[0043] 图 8 和图 9 是当物体处于无限远时分别在根据第四实施例的变焦透镜的广角端和望远端的像差示图。

[0044] 图 10A 和图 10B 是当光学系统充当变焦透镜时分别在广角端和望远端的根据第五实施例的光学系统的截面图。

[0045] 图 11 和图 12 是当物体处于无限远时分别在根据第五实施例的变焦透镜的广角端和望远端的像差示图。

[0046] 图 13 是包括根据本发明的光学系统的数字静态相机（光学装置）的主要部分的示意性说明。

[0047] 注意，根据所述实施例的光学系统充当用于光学装置（例如数字相机和摄像机）的图像捕捉透镜系统。在所述光学系统的截面图中，左边表示放大共轭侧（物侧）（前侧），而右边表示缩小共轭侧（后侧）。

[0048] 当所述光学系统用于投影仪时，左侧表示屏幕侧，而右侧表示投影的像侧。在透镜的截面图中，“LA”表示光学系统。

[0049] 图 1、图 3 和图 5 所示的光学系统充当固定焦距广角透镜。在图 1、图 3 和图 5 中，

前透镜单元 LF 具有负折光力。“SP”表示孔径光阑。后透镜单元 LR 具有正折光力。

[0050] 图 7A、图 7B、图 10A 和图 10B 所示的光学系统充当广角变焦透镜。在图 7A、图 7B、图 10A 和图 10B 所示的变焦透镜 LA 中,第一透镜单元 L1 具有负折光力(光焦度=焦距的倒数)。第二透镜单元 L2 具有正折光力。“SP”表示孔径光阑。第三透镜单元 L3 具有正折光力。第四透镜单元 L4 具有正折光力。

[0051] 当从广角端到望远端执行变焦(变焦期间)时,第二透镜单元 L2、第三透镜单元 L3 和第四透镜单元 L4 如箭头所示那样被移动。

[0052] 在附图中示出图像平面 IP。当变焦透镜用于摄像机或数字静态相机的成像光学系统时,图像平面 IP 充当固态图像拾取元件(光电转换元件)(例如电荷耦合器件(CCD)传感器或互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器)的成像表面。与之对照,当变焦透镜用于卤化银胶片相机的成像光学系统时,图像平面 IP 与胶片表面对应。按透镜 G1 至 G5 的顺序从物侧布置透镜 G1 至 G5。

[0053] 在每一附图中的像差曲线图自左边起与球面像差(Sph)曲线图、象散(As)曲线图、畸变(Dst)曲线图和倍率色差(Chro)曲线图对应。

[0054] 在球面像差和倍率色差的像差曲线图中,实线表示 d 线(587.6nm),长短交替的虚线表示 C 线(656.3nm),长点线表示 F 线(486.1nm),短点线表示 g 线(435.8nm)。

[0055] 在象散的像差曲线图中,实线表示 d 线的弧矢方向(sagittal direction) ΔS 。点线表示 d 线的子午方向(meridional direction) ΔM 。

[0056] 畸变曲线图表示 d 线的畸变。“Fno”表示 F 数。“Y”表示图像高度。

[0057] 根据本发明实施例,光学系统 LA 中的每一个包括负透镜 Gn,其被布置成在放大共轭侧上离开最远。在本发明实施例中,所述负透镜 Gn 与透镜 G1 对应。

[0058] 设 θ 表示负透镜 Gn 在缩小共轭侧上的表面的透镜开角。设 N_{dn} 和 v_{dn} 分别表示负透镜 Gn 的材料对于 d 线的折射率和 Abbe 数。设 θ_{gFn} 表示负透镜 Gn 的材料对于 g 线和 F 线的相对部分色散。于是,满足以下条件: $0.25 < \tan \theta / \tan \omega < 1.50 \dots (1)$, $N_{dn} > 1.65 \dots (2)$, 以及 $\theta_{gFn} - (0.6438 - 0.001682 \times v_{dn}) > 0.0010 \dots (3)$

[0059] 在该示例中,所使用的材料(光学材料)的 Abbe 数和相对部分色散如下。

[0060] 设 N_g 、 N_F 、 N_d 和 N_c 分别表示 g 线(波长=435.8nm)、F 线(波长=486.1nm)、d 线(波长=587.6nm)和 C 线(波长=656.3nm)的折射率。此时,如广泛所知的那样,Abbe 数 v_d 和相对部分色散 θ_{gF} 的定义如下: $v_d = (N_d - 1) / (N_F - N_c)$, 以及 $\theta_{gF} = (N_g - N_F) / (N_F - N_c)$ 。

[0061] 注意,半视角 ω 满足以下条件: $Y' = f \cdot \tan \omega$ 其中, f 表示光学系统的焦距, Y' 表示图像高度。

[0062] 图 14A 和图 14B 中示出透镜开角(开角) θ 的定义。也就是说,图 14A 和图 14B 示出透镜开角的定义。

[0063] 图 14A 示出当透镜表面 GR 是球面时透镜开角 θ 的定义。设 R 表示透镜表面 GR 的有效直径,并且设 r 表示透镜表面 GR 的曲率半径。于是,透镜开角 θ 是由在透镜表面 GR 的有效区域中相对于端表面部分 Gb 的面法线和光轴 La 所形成的角。也就是说,开角表示如下: $\theta = \sin^{-1}(R/2r)$ 。

[0064] 图 14B 示出当透镜表面 GR 为非球面时透镜开角 θ 的定义。在此情况下,透镜开

角 θ 被定义为在由相对于透镜表面 GR 的有效区域的任何表面部分 Ga 的表面法线与光轴 La 所形成的角之中的最大角 $\theta_{\max}$ 。

[0065] 随着透镜开角增加,透镜表面 GR 的曲率半径变得越小。

[0066] 在本发明实施例中,当具有充分低的能力的透镜(具有大于或等于整个透镜系统的 50 倍焦距的焦距的透镜)被布置成在放大共轭侧上离开最远时,所述透镜对透镜系统的像差具有可忽略的影响。相应地,当具有充分低的能力的透镜位于放大共轭侧上时,由于透镜的存在而产生的影响是可忽略的,并且因此,位于比具有充分低的能力的透镜更接近于缩小共轭侧的透镜被看作位于放大共轭侧上离开最远的透镜。

[0067] 为了使得畸变的产生达到最小,负透镜 Gn 具有在放大共轭侧上带有凸表面的弯月形状。这种形状在垂直于表面部分的方向上使得边缘光线透射。

[0068] 通过满足条件表达式 (1),负透镜 Gn 可以具有相对于视角充分减少的透镜开角。

[0069] 此时,更期望由条件表达式 (1) 所定义的范围改变为: $0.75 < \tan \theta / \tan \omega < 1.20 \dots (1a)$

[0070] 通过满足条件表达式 (2),负透镜 Gn 可以有效地具有用于在减少透镜开角的同时提供宽广视角的能力。

[0071] 此时,更期望由条件表达式 (2) 所定义的范围改变为: $2.10 > N_{dn} > 1.75 \dots (2a)$

[0072] 具体地说,如果 N_{dn} 超过条件表达式 (2a) 中定义的上限值,则畸变的剩余量增加。相应地,不期望超过所述上限值的值。

[0073] 通过对于负透镜 Gn 使用具有满足条件表达式 (3) 的大的二阶色散的材料,可以有效地校正短波长范围内产生的倍率色差。

[0074] 此时,更期望由条件表达式 (3) 所定义的范围改变为: $0.0500 > \theta_{gFn} - (0.6438 - 0.001682 \times v_{dn}) > 0.010 \dots (3a)$

[0075] 如果所述值超过由条件表达式 (3a) 定义的上限值,则倍率色差被过度校正。相应地,不期望超过所述上限值的值。

[0076] 通过满足上述条件表达式,在充分校正倍率色差的同时,可以充分减少负透镜 Gn 在缩小共轭侧上的表面的透镜开角。

[0077] 如果负透镜 Gn 超过由条件表达式 (1) 定义的上限值,则透镜开角变得太大。相应地,抛光的表面的尺寸精度不利地下降。此外,抗反射膜的均匀性不利地下降。

[0078] 更进一步地,如果负透镜 Gn 超过条件表达式 (1) 定义的下限值,则边缘光线与表面的法线之间的角度变得太大,并且因此,畸变和一阶倍率色差被过度校正。

[0079] 如果负透镜 Gn 超过由条件表达式 (2) 定义的下限值,则负透镜 Gn 的能力是不足的,并且因此,难以有效地获得宽的视角。

[0080] 此外,期望条件表达式 (2) 中的 N_{dn} 小于 2.00,并且更期望的是 1.92,并且仍然更期望的是 1.85。

[0081] 如果条件表达式 (3) 定义的值落入所述下限之下,则短波长范围内的倍率色差是欠校正的。相应地,产生色模糊 (color blur),并且因此,图像质量下降。

[0082] 此外,期望条件表达式 (3) 中定义的值小于 0.30,并且更期望的是 0.10,并且仍然更期望的是 0.025。

[0083] 以下描述使用附加组件的更期望的条件。这些条件并非总是必须的。然而,如果满足以下条件,则可以实现具有更期望的性能的广角透镜或广角变焦透镜。

[0084] 设 L 表示总透镜长度(透镜的全长、透镜的总长、或光学系统的总长)。此时,变焦透镜包括至少一个非球面表面。于是,期望地,非球面表面(所述非球面表面中的一个)和变焦透镜中最接近于放大共轭侧的表面(透镜表面、折射表面、衍射表面或具有曲率的反射表面)之间的距离小于或等于 $0.3L$ 。

[0085] 如在此所使用的那样,术语“透镜的全长(变焦透镜、光学系统的全长) L ”指的是在变焦透镜中被布置成最接近放大共轭侧的透镜(第一透镜表面)与被布置成最接近缩小共轭侧的透镜(最后透镜表面)之间的距离。当光学系统充当变焦透镜时,术语“透镜的全长 L ”指的是在广角端处的第一透镜表面(位于最接近放大共轭侧处的透镜表面或在光学系统的一端处的表面)至最后透镜表面(位于最接近缩小共轭侧的透镜表面或在光学系统的另一端处的表面)之间的距离。

[0086] 这种安排可以有效地校正畸变,充分保持条件: $Y' = f \cdot \tan \omega$,并且充分减少负透镜 G_n 的透镜开角。

[0087] 在此,在朝向缩小共轭侧的方向上距位于放大共轭侧上离开最远的表面 $0.3L$ 的距离之内的位置是光瞳旁轴光线的入射高度 $\bar{h}$ 为高的位置。相应地,可以通过使用非球面表面来容易地校正当被布置成在放大共轭侧上离开最远的负透镜 G_n 的透镜开角减少时产生的畸变。

[0088] 如果非球面表面的位置在 $0.3L$ 的距离之外,则光瞳旁轴光线的入射高度 $\bar{h}$ 是不够高的,并且因此,难以充分地校正畸变。

[0089] 此外,在本发明实施例中,期望放大共轭侧上的正透镜 G_p 的至少一个表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上在距位于在放大共轭侧上离开最远的表面 $0.4L$ 的距离之内,并且正透镜 G_p 的材料满足以下条件: $vdp < 45 \dots (4)$ 其中, vdp 表示正透镜 G_p 的材料对于 d 线的 Abbe 数。

[0090] 满足条件表达式 (2) 和 (3) 的负透镜 G_n 的最通常可用的光学材料是高色散材料。

[0091] 相应地,对于负透镜 G_n ,一阶倍率色差被过度校正。然而,通过对于正透镜 G_p 使用满足条件表达式 (4) 的材料,一阶倍率色差可以被有效地并且容易地校正。

[0092] 此时,更期望条件表达式 (4) 改变为: $20.0 < vdp < 42.0 \dots (4a)$ 。

[0093] 仍然更期望的是 vdp 大于 $33.0(37.0)$ 并且小于 41.0 。

[0094] 如果 vdp 超过条件表达式 (4) 的上限,则产生一阶倍率色差。相应地,不利地需要使用多个正透镜。此外,如果 vdp 落入条件表达式 (4a) 的下限之下,则色差的剩余量不利地增加。

[0095] 更进一步地,在根据本发明实施例的光学系统中,更期望正透镜 G_p 满足以下条件: $\theta_{gFp} - (0.6438 - 0.001682 \times vdp) < 0 \dots (5)$ 其中, θ_{gFp} 表示正透镜 G_p 的材料对于 g 线和 F 线的相对部分色散。

[0096] 通过满足上述条件,短波长范围内的倍率色差可以被有效地并且容易地校正。

[0097] 此时,期望条件表达式 (5) 改变为: $-0.0500 < \theta_{gFp} - (0.6438 - 0.001682 \times vdp) < 0.0020 \dots (5a)$

[0098] 此外,期望由条件表达式 (5) 定义的值小于 -0.003 ,并且更期望由条件表达式 (5)

定义的值大于 -0.01 (-0.005)。

[0099] 如果由条件表达式 (5) 定义的值超过上限,则正透镜 G_p 的二阶色散过大。相应地,难以充分地校正短波长范围内的倍率色差。与之对照,如果由条件表达式 (5a) 定义的值落入下限之下,则倍率色差不利地增加。

[0100] 根据第一实施例至第三实施例的图 1、图 3 和图 5 所示的光学系统 LA 包括从物侧到像侧被安排的具有负折光力的前透镜单元 LF、孔径光阑 SP、以及具有正折光力的后透镜单元 LR。在光学系统 LA 中,负透镜 G_n 和正透镜 G_p 被包括在前透镜单元 LF 中。

[0101] 与之对照,根据第四实施例和第五实施例的图 7A、图 7B、图 10A 和图 10B 中所示的光学系统 LA 包括包含具有负折光力的第一透镜单元 L1 的多个透镜单元。第一透镜单元 L1 被布置成在放大共轭侧上离开最远。这些透镜单元中的至少两个透镜单元被移动。对于这些变焦透镜,期望负透镜 G_n 和正透镜 G_p 被包括在第一透镜单元 L1 中。

[0102] 接下来描述根据本发明实施例的光学系统的具体透镜结构的特征。

[0103] 首先,描述根据第一实施例至第三实施例的图 1、图 3 和图 5 所示的光学系统,其包括固定焦距广角透镜。

[0104] 根据第一实施例,从放大共轭侧到缩小共轭侧,所述光学系统包括:在放大共轭侧上具有凸表面的负弯月透镜 G_1 、在放大共轭侧上具有凸表面以及在缩小共轭侧上具有非球面表面的负弯月透镜 G_2 、以及正双凸透镜 G_3 。

[0105] 负透镜 G_1 (负透镜 G_n) 满足条件表达式 (1) 和 (2)。虽然负透镜 G_1 具有 114.4° 的超宽视角 2ω ,但负透镜 G_1 具有充分减少透镜开角的形状。

[0106] 此时,在放大共轭侧上的负透镜 G_1 的表面具有高正折光力。相应地,通过使用满足条件表达式 (3) 的材料,短波长范围内的倍率色差可以被有效地校正。

[0107] 负透镜 G_2 在缩小共轭侧上的表面为非球面的,并且非球面表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上距位于在整个透镜系统的放大共轭侧上离开最远的表面 $0.167L$ 的距离处,其中, L 表示整个透镜长度。

[0108] 通过这种方式,在光瞳旁轴光线的入射高度 $\bar{h}$ 为大的位置可以有效地校正畸变。

[0109] 正双凸透镜 G_3 (正透镜 G_p) 在放大共轭侧上的表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上距位于在透镜系统的放大共轭侧上离开最远的表面 $0.265L$ 的距离处。此外,正透镜 G_3 满足条件表达式 (4) 和 (5)。

[0110] 通过这种方式,在旁轴光线的入射高度大的位置有效地生成由负透镜 G_1 过度校正的一阶倍率色差,并且减少了在短波长范围内的倍率色差的产生。

[0111] 根据第二实施例,从放大共轭侧到缩小共轭侧,所述光学系统包括:在放大共轭侧上具有凸表面的两个负弯月透镜 G_1 和 G_2 ;负弯月透镜 G_3 ,其在放大共轭侧上具有凸表面以及在缩小共轭侧上具有非球面表面;以及接合透镜,其包括正双凸透镜 G_4 和负双凹透镜 G_5 。

[0112] 负透镜 G_1 (负透镜 G_n) 满足条件表达式 (1) 和 (2)。虽然负透镜 G_1 具有 125.8° 的超宽视角 2ω ,但负透镜 G_1 具有充分减少透镜开角的形状。

[0113] 此外,类似于第一实施例,通过对于负透镜 G_1 使用满足条件表达式 (3) 的材料,可以有效地校正短波长范围内的倍率色差的产生。

[0114] 更进一步地,在第二实施例中,视角大于第一实施例中的视角。相应地,在负透镜

G1 的缩小共轭侧上附加地提供负透镜 G2, 以便提供除了负透镜 G1 的能力之外的预定量的发散 (负) 能力 (折光力)。

[0115] 负透镜 G3 在缩小共轭侧上的表面为非球面的, 并且非球面表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上距位于在整个透镜系统的放大共轭侧上离开最远的表面 $0.263L$ 的距离处。

[0116] 通过这种方式, 可以提供与第一实施例的负透镜 G2 相同的优点。

[0117] 在放大共轭侧上的正双凸透镜 G4 (正透镜 Gp) 的表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上距位于在透镜系统的放大共轭侧上离开最远的表面 $0.350L$ 的距离处。此外, 正透镜 G4 满足条件表达式 (4) 和 (5)。

[0118] 通过这种方式, 可以提供与第一实施例的正透镜 G3 相同的优点。

[0119] 根据第三实施例, 从放大共轭侧到缩小共轭侧, 所述光学系统包括: 在放大共轭侧上具有凸表面的负弯月透镜 G1、在放大共轭侧上具有凸表面以及在缩小共轭侧上具有非球面表面的负弯月透镜 G2、双凸透镜 G3、以及双凹透镜 G4。

[0120] 负透镜 G1 (负透镜 Gn) 满足条件表达式 (1) 和 (2)。虽然负透镜 G1 具有 112.6° 的超宽视角 2ω , 但负透镜 G1 具有充分减少透镜开角的形状。

[0121] 此外, 类似于第一实施例, 通过对于负透镜 G1 使用满足条件表达式 (3) 的材料, 可以校正短波长范围内的倍率色差的产生。

[0122] 负透镜 G2 在缩小共轭侧上的表面为非球面的, 并且非球面表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上距位于在透镜系统的放大共轭侧上离开最远的表面 $0.146L$ 的距离处。通过这种方式, 可以提供与第一实施例的负透镜 G2 相同的优点。

[0123] 正双凸透镜 G3 (正透镜 Gp) 在放大共轭侧上的表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上距位于在透镜系统的放大共轭侧上离开最远的表面 $0.244L$ 的距离处。此外, 正透镜 G3 满足条件表达式 (4)。

[0124] 通过这种方式, 由正透镜 G3 有效地生成由负透镜 G1 过度校正的一阶倍率色差, 并且以平衡式方式校正倍率色差。

[0125] 其次, 描述根据第四实施例和第五实施例的图 7A、图 7B、图 10A 和图 10B 所示的光学系统, 其包括广角变焦透镜。

[0126] 根据第四实施例和第五实施例, 广角变焦透镜是负引导 (negative-leading) 变焦透镜, 其包括被布置成在放大共轭侧上离开最远的第一透镜单元 L1。第一透镜单元 L1 具有负能力。

[0127] 通常, 正引导变焦透镜容易地提供高可变倍率功能。然而, 为了提供宽的视角, 第一透镜单元的有效直径被不利地减少。相应地, 正引导变焦透镜不适合于提供在广角端具有 80° 或更大的视角 2ω 的广角变焦透镜。

[0128] 为了提供具有更宽视角的变焦透镜, 具有在前侧 (放大共轭侧) 上具有负能力的透镜单元的负引导变焦透镜是合适的。

[0129] 在此情况下, 当具有充分低能力的单个透镜单元 (具有大于或等于在广角端的焦距的 50 倍的焦距的透镜单元) 被布置成在放大共轭侧上离开最远时, 这个透镜单元对于变焦透镜系统的像差的校正具有可忽略的影响。相应地, 当这样的具有充分低能力的单个透镜单元位于放大共轭侧上时, 透镜单元的存在是可忽略的, 并且因此, 位于比具有充分低能

力的透镜单元更接近于缩小共轭侧的透镜单元被看作位于在放大共轭侧上离开最远的透镜单元。

[0130] 在广角变焦透镜中,至少在广角端也满足广角透镜所满足的条件。

[0131] 接下来描述根据本发明第四实施例和第五实施例的变焦透镜的具体透镜结构。

[0132] 根据第四实施例,所述光学系统充当负引导变焦透镜。从放大共轭侧到缩小共轭侧,所述光学系统包括:第一透镜单元 L1,其具有负折光力;第二透镜单元 L2,其具有正折光力;第三透镜单元 L3,其具有正折光力;第四透镜单元 L4,其具有正折光力。

[0133] 第一透镜单元 L1 包括:负弯月透镜 G1,其在放大共轭侧上具有凸表面;负弯月透镜 G2,其在放大共轭侧上具有凸表面以及在缩小共轭侧上具有非球面表面;以及正双凸透镜 G3

[0134] 负透镜 G1(负透镜 G_n) 满足条件表达式 (1) 和 (2)。虽然负透镜 G1 在广角端具有 115.6° 的超宽视角 2ω ,但负透镜 G1 具有充分减少透镜开角的形状。

[0135] 此外,类似于第一实施例,通过对于负透镜 G1 使用满足条件表达式 (3) 的材料,可以有效地校正短波长范围内的倍率色差的产生。

[0136] 负透镜 G2 在缩小共轭侧上的表面为非球面的,并且非球面表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上距位于在广角端处的透镜系统的放大共轭侧上离开最远的表面 0.085L 的距离处。通过这种方式,可以提供与第一实施例的负透镜 G2 相同的优点。

[0137] 在放大共轭侧上的正双凸透镜 G3(正透镜 G_p) 的表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上距位于在广角端处的透镜系统的放大共轭侧上离开最远的表面 0.152L 的距离处。此外,正透镜 G3 满足条件表达式 (4) 和 (5)。

[0138] 通过这种方式,可以提供与第一实施例的正透镜 G3 相同的优点。

[0139] 根据第五实施例,所述光学系统充当负引导变焦透镜。从放大共轭侧到缩小共轭侧,所述光学系统包括:第一透镜单元 L1,其具有负折光力;第二透镜单元 L2,其具有正折光力;第三透镜单元 L3,其具有正折光力;以及第四透镜单元 L4,其具有正折光力。

[0140] 第一透镜单元 L1 包括:负弯月透镜 G1,其在放大共轭侧上具有凸表面;负弯月透镜 G2,其在放大共轭侧上具有凸表面以及在缩小共轭侧上具有非球面表面;以及正双凸透镜 G3。

[0141] 负透镜 G1(负透镜 G_n) 满足条件表达式 (1) 和 (2)。虽然负透镜 G1 在广角端具有 112.6° 的超宽视角 2ω ,但负透镜 G1 具有充分减少透镜开角的形状。

[0142] 此外,类似于第一实施例,通过对于负透镜 G1 使用满足条件表达式 (3) 的材料,可以有效地校正短波长范围内的倍率色差的产生。

[0143] 负透镜 G2 在缩小共轭侧上的表面为非球面的,并且非球面表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上距位于在广角端处的透镜系统的放大共轭侧上离开最远的表面 0.091L 的距离处。通过这种方式,可以提供与第一实施例的负透镜 G2 相同的优点。

[0144] 双凸正透镜 G3(正透镜 G_p) 在放大共轭侧上的表面被布置在朝向缩小共轭侧的方向上距位于在广角端处的透镜系统的放大共轭侧上离开最远的表面 0.148L 的距离处。此外,正透镜 G3 满足条件表达式 (4) 和 (5)。通过这种方式,可以提供与第一实施例的正透镜 G3 相同的优点。

[0145] 虽然已经参照广角透镜和广角变焦透镜描述了本发明示例性实施例,但根据本发

明的光学系统不限于此。然而,应理解,在不脱离本发明精神和范围的情况下,可以进行各种修改。

[0146] 接下来参照图 13 描述用于成像光学系统的使用根据上述实施例的光学系统之一的数字静态相机的实施例。

[0147] 如图 13 所示,相机主体 20 包括根据上述第一实施例至第五实施例中的任何一个的图像捕获光学系统 21。相机主体 20 进一步包括固态图像拾取元件 22(光电转换元件)(例如 CCD 传感器或 CMOS 传感器)。固态图像拾取元件 22 接收由图像捕获光学系统 21 形成的物体图像。

[0148] 相机主体 20 进一步包括存储器 23 和取景器 24。存储器 23 存储与由固态图像拾取元件 22 进行光电转换的物体图像对应的信息。例如,由液晶显示器面板形成取景器 24。取景器 24 用于监控固态图像拾取元件 22 上形成的物体图像。

[0149] 通过这种方式,通过将根据本发明的光学系统应用于数字静态相机,可以实现紧致且高性能的光学装置。

[0150] 此外,根据本发明的光学系统可以用于图像投影装置(投影仪)的投影透镜。

[0151] 第一数值实施例至第五数值实施例示出根据第一实施例至第三实施例的广角透镜的透镜数据以及根据第四实施例和第五实施例的广角变焦透镜的透镜数据。

[0152] 在这些数值实施例中,示出了自放大共轭侧起的每一表面的顺序、每一光学表面的曲率半径、光学表面之间的距离、每一光学构件对于 d 线的折射率 nd 和 Abbe 数 vd、以及每一光学构件对于 g 线和 F 线的折射部分色散 X。

[0153] 注意,在数值实施例中, $X = \theta_g F - (0.6438 - 0.001682 \times vd)$ 。此外,由“*”表示的光学表面为非球面表面。

[0154] 对于非球面表面,在垂直于光轴的方向上在距光轴的距离 R 处的光轴方向上的表面位置 Sag(R) 被表示如下:

$$\text{Sag}(R) = \frac{(1/r) \times R^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K) \times (1/r)^2 \times R^2}} + A4 \times R^4 + A6 \times R^6 + A8 \times R^8 + A10 \times R^{10}$$

[0155] 在每个表中示出每一非球面表面的非球面系数。在非球面系数中,“E-N”表示“ $\times 10^{-N}$ ”。此外,“f”表示焦距。“FNO”表示 F 数。“ ω ”表示半视角。“Y'”表示图像高度。“L”表示开始表面(第一透镜表面)与最后透镜表面之间的长度。“BF”表示光学系统的最后表面与图像平面之间的长度。

[0156] 对于根据第四实施例和第五实施例的变焦透镜,示出在三个变焦位置——广角端、中间范围内的位置以及望远端——获得的值。

[0157] 此外,以标记“可变”标记的光学表面之间的距离 d 表示距离根据变焦操作(可变倍率操作)而变化。在其它表中示出了在广角端、中间范围内的位置以及望远端的表面之间的距离 d。

[0158] 更进一步地,表 1 示出基于根据第一数值实施例至第五数值实施例的以下透镜数据的上述条件表达式的计算结果。

第一数值实施例

表面数据

表面号	r	d	nd	vd	X
-----	---	---	----	----	---

1	50.3471	3.50	1.80518	25.4	0.0151
2	29.3671	8.54			
3	51.3387	3.50	1.58312	59.4	-0.0016
4*	16.0862	9.14			
5	60.7996	6.27	1.65411	39.7	-0.0034
6	-157.9678	1.24			
7	-111.3574	2.00	1.60311	60.6	-0.0003
8	17.1852	6.91			
9	-80.2956	2.00	1.60311	60.6	-0.0003
10	17.4553	7.20	1.65411	39.7	-0.0034
11	-130.8727	0.15			
12	41.4919	3.51	1.69894	30.1	0.0099
13	-427.9398	6.44			
14	26.4145	2.46	1.58267	46.4	0.0014
15	9153.9089	3.18			
16(孔径)		1.34			
17	-72.7688	1.00	1.83480	42.7	-0.0078
18	32.6144	0.15			
19	16.2812	3.39	1.59270	35.3	0.0089
20	-17.1917	0.15			
21	338.4792	1.00	1.83400	37.2	-0.0037
22	10.4916	5.16	1.49700	81.5	0.0309
23	-15.6629	1.61			
24	-10.4890	1.20	1.83400	37.2	-0.0037
25	-88.1324	0.15			
26	78.3131	7.18	1.49700	81.5	0.0309
27	-13.9705	0.15			
28	-69.8214	4.50	1.58312	59.4	-0.0016
29*	-23.1579		*这里, $X = \theta \text{ gF} - (0.6438 - 0.001682 \times \text{vd})$ 非球		

面表面数据

表面号	K	A4	A6	A8	A10
4	-8.31168E-01	-5.87680E-06	-2.09911E-09	-2.83619E-11	1.58639E-14
29	0.00000E+00	2.12768E-05	-1.43503E-08	4.82905E-10	-5.43468E-13

各种数据

f	14.20
FNO	2.90
视角	ω 57.20
图像高度	Y' 21.64
全长	L 93.00

BF 40.30

第二数值实施例

表面数据

表面号	r	d	nd	vd	X
1	55.4116	4.50	1.78472	25.7	0.0155
2	34.9965	8.63			
3	46.3673	4.00	1.74949	35.3	0.0024
4	26.2458	10.13			
5	44.5170	3.50	1.58312	59.4	-0.0016
6*	16.1517	10.09			
7	109.1269	9.12	1.65411	39.7	-0.0034
8	-35.8060	2.80	1.49700	81.5	0.0309
9	22.4950	6.88			
10	24.0261	6.99	1.65411	39.7	-0.0034
11	-37.8370	1.80	1.60311	60.6	-0.0003
12	14.9686	1.88			
13	23.1685	4.84	1.62588	35.7	0.0055
14	-56.8406	0.63			
15	-28.8248	1.20	1.83400	37.2	-0.0037
16	1501.6599	0.20			
17	33.9320	3.77	1.51742	52.4	0.0008
18	-24.8489	2.88			
19(孔径)		2.07			
20	-50.9991	1.00	1.83400	37.2	-0.0037
21	33.8538	0.15			
22	17.6293	2.91	1.59270	35.3	0.0089
23	-92.1092	0.20			
24	35.1209	1.00	1.83400	37.2	-0.0037
25	11.0695	5.79	1.49700	81.5	0.0309
26	-25.4903	4.43			
27	-14.9581	1.20	1.83400	37.2	-0.0037
28	-119.6868	0.15			
29	145.0957	8.92	1.49700	81.5	0.0309
30	-17.5215	0.15			
31	-56.4604	5.00	1.58312	59.4	-0.0016
32*	-27.6583				*这里, $X = \theta \text{ gF} - (0.6438 - 0.001682 \times \text{vd})$

非球面表面数据

表面号	K	A4	A6	A8	A10
6	-1.03337E+00	-3.01610E-06	-1.75946E-10	2.83614E-12	-2.07198E-14

32 0.00000E+00 1.37800E-05 1.89914E-08 -3.65199E-12 3.56919E-14

各种数据

f 17.20

FNO 4.02

视角 ω 62.90

图像高度 Y' 32.64

全长 L 116.82

BF 50.00

第三数值实施例

表面数据

表面号	r	d	nd	vd	X
1	56.0640	3.20	1.80518	25.4	0.0151
2	29.0913	5.70			
3	49.0660	3.50	1.58313	59.4	0.0024
4*	16.9033	8.38			
5	68.0600	5.83	1.60342	38.0	0.0036
6	-85.1111	0.20			
7	-143.0751	1.80	1.49700	81.5	0.0309
8	14.6351	4.82			
9	1 03.3094	4.24	1.69895	30.1	0.0099
10	-59.1749	1.29			
11	-24.1421	1.20	1.60311	60.6	-0.0003
12	-265.1757	0.20			
13	34.6845	9.83	1.62588	35.7	0.0055
14	-33.5764	4.43			
15(孔径)		2.19			
16	-38.7928	1.00	1.83481	42.7	-0.0078
17	52.2167	0.20			
18	18.2633	2.82	1.59270	35.3	0.0089
19	-70.9081	0.20			
20	34.9432	1.00	1.83400	37.2	-0.0037
21	11.3993	5.95	1.49700	81.5	0.0309
22	-19.1964	1.97			
23	-13.1581	1.20	1.83400	37.2	-0.0037
24	-164.6546	0.15			
25	105.7267	8.63	1.49700	81.5	0.0309
26	-16.9574	0.15			
27	-61.8572	5.00	1.58313	59.4	-0.0016
28*	-26.8314				*这里, $X = 0 \text{ gF} - (0.6438 - 0.001682 \times \text{vd})$

非球面表面数据

表面号	K	A4	A6	A8	A10
6	-4.90520E-01	-1.98717E-05	-5.91439E-09	-3.86113E-11	1.98139E-14
32	0.00000E+00	1.45989E-05	2.11620E-08	3.28508E-11	3.79819E-14

各种数据

f	20.00
FNO	4.03
视角 ω	56.30
图像高度 Y'	29.20
全长 L	85.07
BF	52.71

第四数值实施例

表面数据

表面号	r	d	nd	vd	X
1	55.3327	3.20	1.80518	25.4	0.0151
2	27.0408	5.40			
3	40.9874	3.50	1.58313	59.4	-0.0016
4*	15.6816	9.23			
5	98.3656	7.00	1.65412	39.7	-0.0034
6	-39.4491	1.80	1.60311	60.6	-0.0003
7	20.2006	(可变)			
8	-107.3100	3.05	1.72825	28.5	0.0118
9	-27.3445	1.14			
10	-19.6593	1.20	1.60311	60.6	-0.0003
11	-56.9082	0.20			
12	63.4597	4.20	1.51742	52.4	0.0008
13	-26.5055	(可变)			
14(孔径)		4.16			
15	-51.7739	1.00	1.83481	42.7	-0.0078
16	34.0735	0.20			
17	21.0750	2.69	1.59270	35.3	0.0089
18	-71.2566	0.20			
19	25.0467	1.00	1.83400	37.2	-0.0037
20	12.3888	6.43	1.49700	81.5	0.0309
21	-27.1084	(可变)			
22	-16.7857	1.20	1.83400	37.2	-0.0037
23	416.0442	0.15			
24	51.7229	8.40	1.49700	81.5	0.0309
25	-19.4338	0.15			

26	-125.9912	5.00	1.58313	59.4	-0.0016
----	-----------	------	---------	------	---------

27*	-29.9698	*这里, $X = 0 \text{ gF} - (0.6438 - 0.001682 \times \text{vd})$			
-----	----------	--	--	--	--

非球面表面数据

表面号	K	A4	A6	A8	A10
4	-7.21435E-01	-7.44819E-06	5.03521E-09	2.13935E-11	-1.27243E-13
27	0.00000E+00	1.84594E-05	1.28856E-08	6.33452E-11	1.20449E-13

各种数据

变焦比	1.29		
f	14.00	16.00	18.00
FNO	4.06	4.41	4.68
视角 ω	57.80	53.40	49.60
图像高度 Y'	21.64	21.64	21.64
全长 L	99.70	99.77	97.27
BF	40.30	40.03	42.58
d7	11.87	8.60	5.65
d13	15.33	13.58	11.26
d21	2.01	7.11	9.87

变焦单元数据

单元	开始表面	f
1	1	-13.54
2	8	36.36
3	14	46.18
4	22	93.62

第五数值实施例

表面数据

表面号	r	d	nd	vd	X
1	57.6833	3.20	1.80518	25.4	0.0151
2	29.1332	6.90			
3	50.8769	3.50	1.58313	59.4	-0.0016
4*	17.1175	8.61			
5	72.9282	7.70	1.65412	39.7	-0.0034
6	-49.4821	1.80	1.49700	81.5	0.0309
7	20.1956	(可变)			
8	74.2238	3.86	1.78472	25.7	0.0155
9	-521.0662	3.82			
10	-26.1461	1.20	1.60311	60.6	-0.0003
11	2638.6837	0.20			
12	29.2148	5.74	1.56732	42.8	0.0013

13	-36.5491	(可变)			
14(孔径)		6.86			
15	-17.2845	1.00	1.83481	42.7	-0.0078
16	-31.9588	0.20			
17	22.8816	3.15	1.59270	35.3	0.0089
18	-57.0853	0.20			
19	99.1739	1.00	1.83400	37.2	-0.0037
20	14.5360	7.20	1.49700	81.5	0.0309
21	-22.5145	(可变)			
22	-15.4333	1.20	1.83400	37.2	-0.0037
23	-113.4826	0.15			
24	110.4077	8.73	1.49700	81.5	0.0309
25	-21.2249	0.15			
26	-145.8334	5.00	1.58313	59.4	-0.0016
27*	-36.6383		*这里, $X = \theta \text{ gF} - (0.6438 - 0.001682 \times \text{vd})$		

非球面表面数据

表面号	K	A4	A6	A8	A10
4	-5.84245E-01	-1.23090E-05	-6.36112E-09	-4.67542E-12	-1.93272E-14
27	0.00000E+00	1.30782E-05	7.28518E-09	3.33464E-11	-4.36057E-14

各种数据

变焦比	1.2		
f	20.00	22.00	24.00
FNO	4.03	4.23	4.43
视角 ω	56.30	53.70	51.30
图像高度 Y'	29.20	29.20	29.20
全长 L	97.30	93.95	90.71
BF	52.70	56.00	59.25
d7	8.29	5.38	3.12
d13	6.86	5.67	4.05
d21	2.25	2.99	3.64

变焦单元数据

单元	开始表面	f
1	1	-17.40
2	8	44.03
3	15	43.24
4	22	219.61

表 1

	第一实施例	第二实施例	第三实施例
透镜单元结构	-	-	-
自放大共轭侧起的 透镜结构	在放大侧上具有凸 表面的负弯月透镜 G1	在放大侧上具有凸 表面的负弯月透镜 G1 在放大侧上具有凸 表面的负弯月透镜 G2	在放大侧上具有凸 表面的负弯月透镜 G1
	在放大侧上具有凸 表面以及在缩小侧 上具有非球面表面 的负弯月 G2 (i)	在放大侧上具有凸 表面以及在缩小侧 上具有非球面表面 的负弯月 G3 (i)	在放大侧上具有凸 表面以及在缩小侧 上具有非球面表面 的负弯月 G2 (i)
	双凸透镜 G3 (ii)	双凸透镜 G4 (ii)	双凸透镜 G3 (ii)
半视角 ω (度)	57.2	62.9	56.3
透镜开角 θ (度)	60.69	66.72	51.64
非球面表面位置 (i)	0.167L	0.263L	0.146L
凸透镜的位置 (ii)	0.265L	0.350L	0.244L
(1)	1.15	1.19	0.84
(2)	1.80518	1.78472	1.80518
(3)	0.0151	0.0155	0.0151
(4)	39.7	39.7	38.0
(5)	-0.0034	-0.0034	0.0036

	第四实施例	第五实施例
透镜单元结构	负折光力- 正折光力- 正折光力- 正折光力	负折光力- 正折光力- 正折光力- 正折光力
自放大共轭侧起的透镜结构	在放大侧上具有凸表面的负弯月透镜 G1	在放大侧上具有凸表面的负弯月透镜 G1
	在放大侧上具有凸表面以及在缩小侧上具有非球面表面的负弯月 G2 (i)	在放大侧上具有凸表面以及在缩小侧上具有非球面表面的负弯月 G2 (i)
	双凸透镜 G3 (ii)	双凸透镜 G3 (ii)
半视角 ω (度)	57.8	56.3
透镜开角 θ (度)	55.30	55.52
非球面表面的位置(i)	0.085Lw	0.091Lw
凸透镜的位置 (ii)	0.152Lw	0.148Lw
(1)	0.91	0.97
(2)	1.80518	1.80518
(3)	0.0151	0.0151
(4)	39.7	39.7
(5)	-0.0034	-0.0034

[0159] 根据本发明实施例,可以提供具有大于等于 80° 的宽视角 2ω 的光学系统,其可以充分校正在可见光范围内的畸变和倍率色差,并且可以充分减少被布置成在放大共轭侧上离开最远的负透镜在缩小共轭侧上的表面的开角。此外,可以提供包括这种光学系统的图像拾取装置。

[0160] 更进一步地,本发明实施例可以应用于图像投影装置(例如液晶投影仪)的光学系统以及除了图像拾取装置的光学系统之外的图像投影装置。根据本发明的图像拾取装置包括成像元件(光调制元件),例如液晶面板或微镜设备,代替上述图像拾取元件。因此,根据本发明实施例,图像投影装置包括成像元件和光学系统(根据上述第一实施例至第五实施例之一的光学系统),所述光学系统将来自成像元件的图像光投影到投影表面(例如屏幕)。

[0161] 虽然已经参照示例性实施例描述了本发明,但应理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。所附权利要求的范围与最宽泛的解释一致,从而包括所有修改和等同结构以及功能。

图1

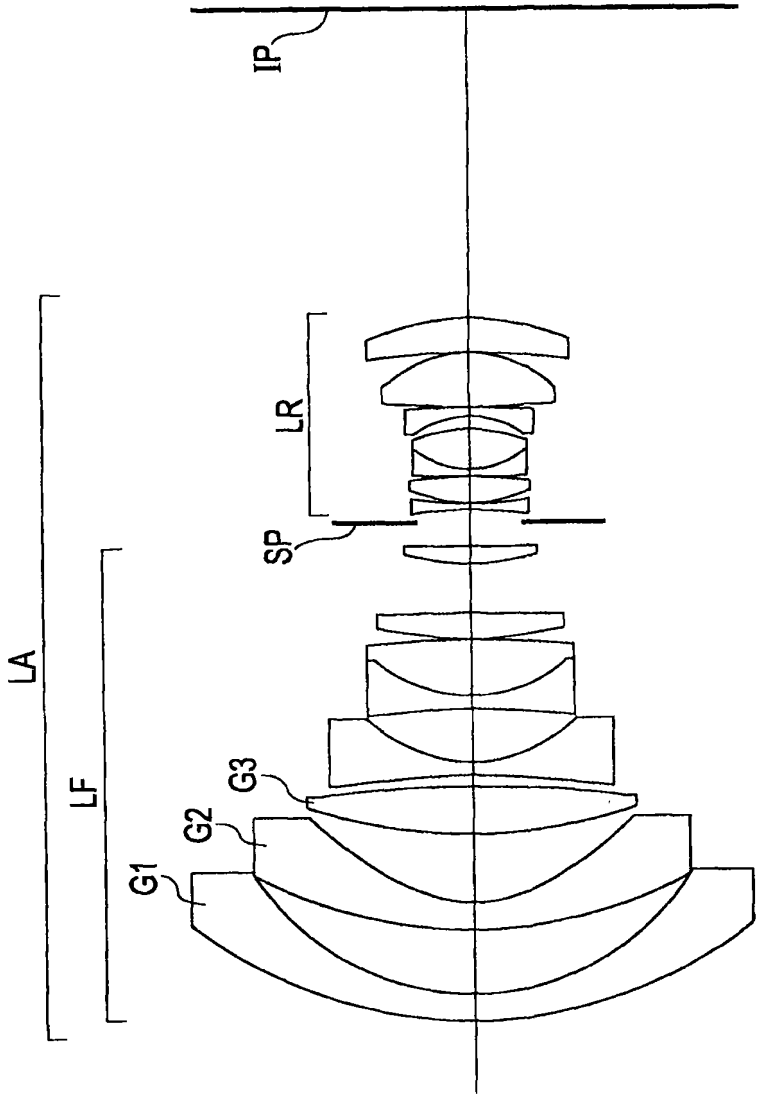


图2

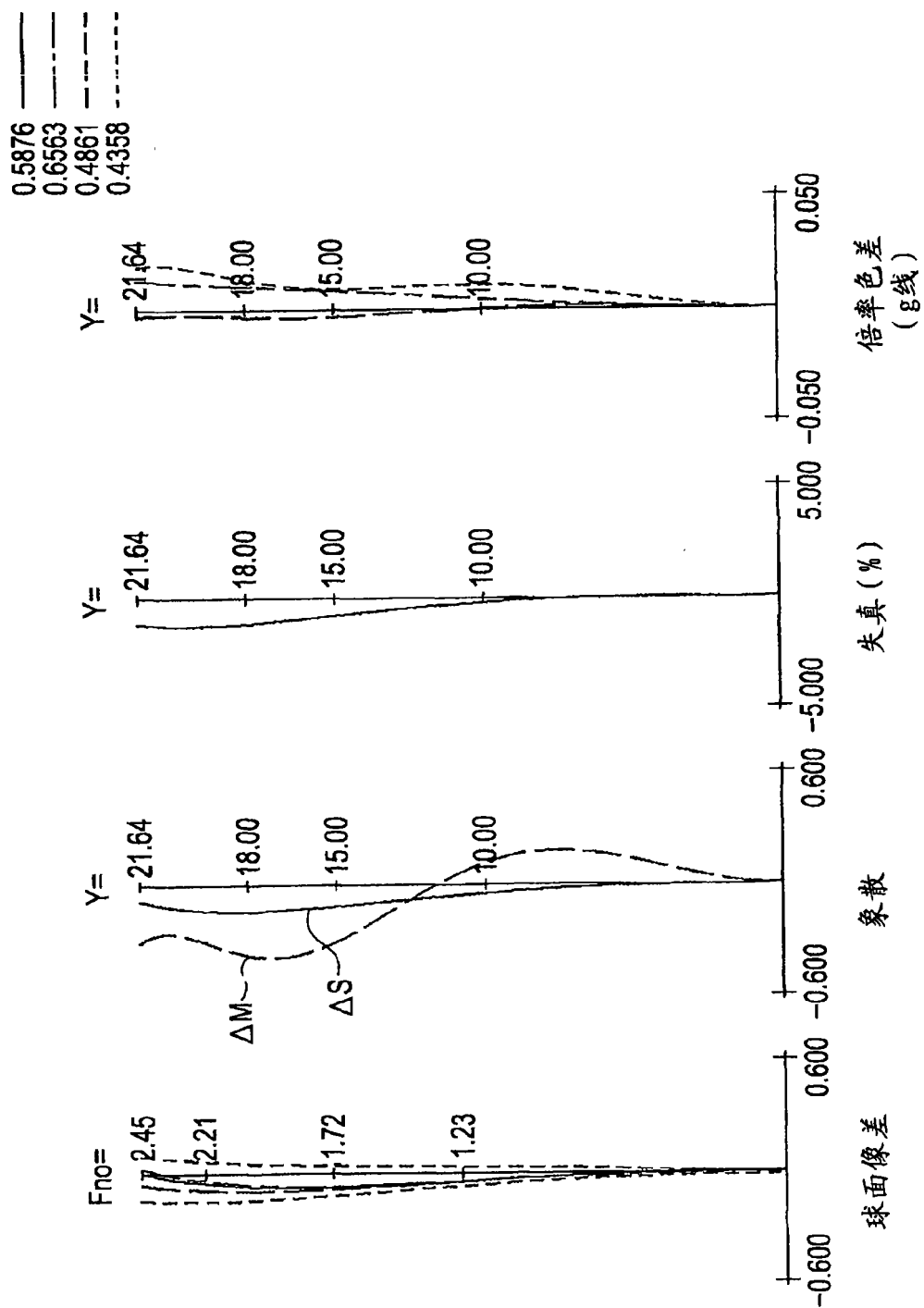


图 3

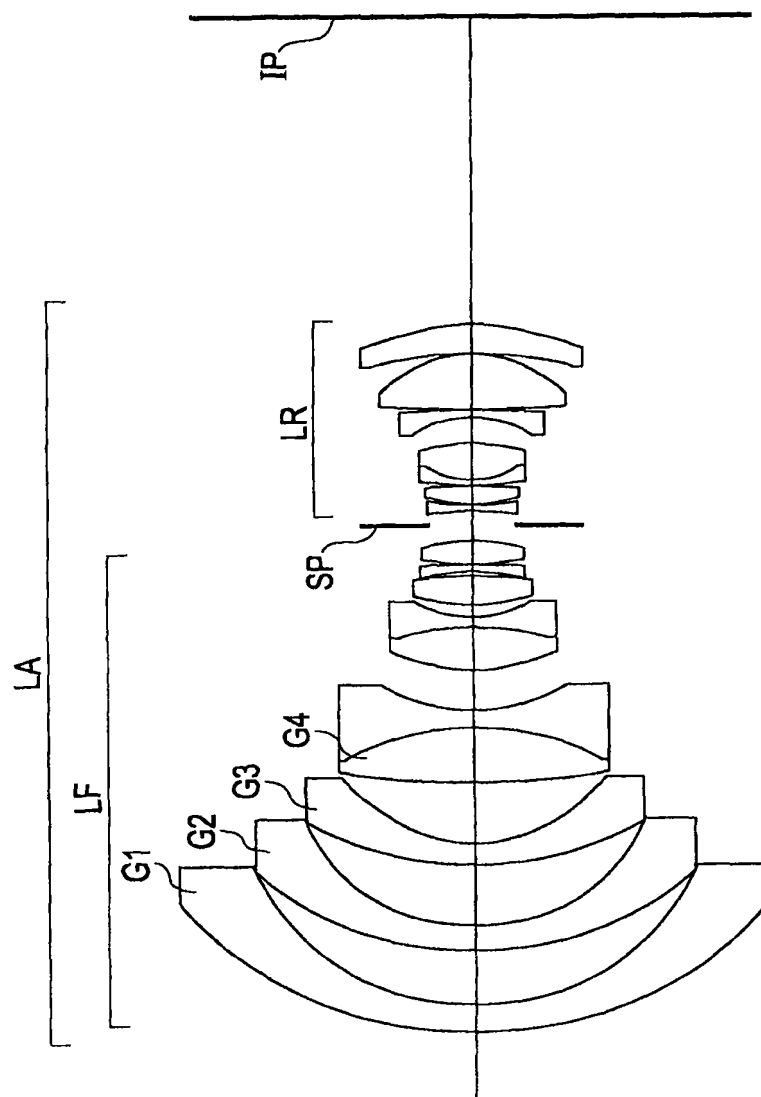


图 4

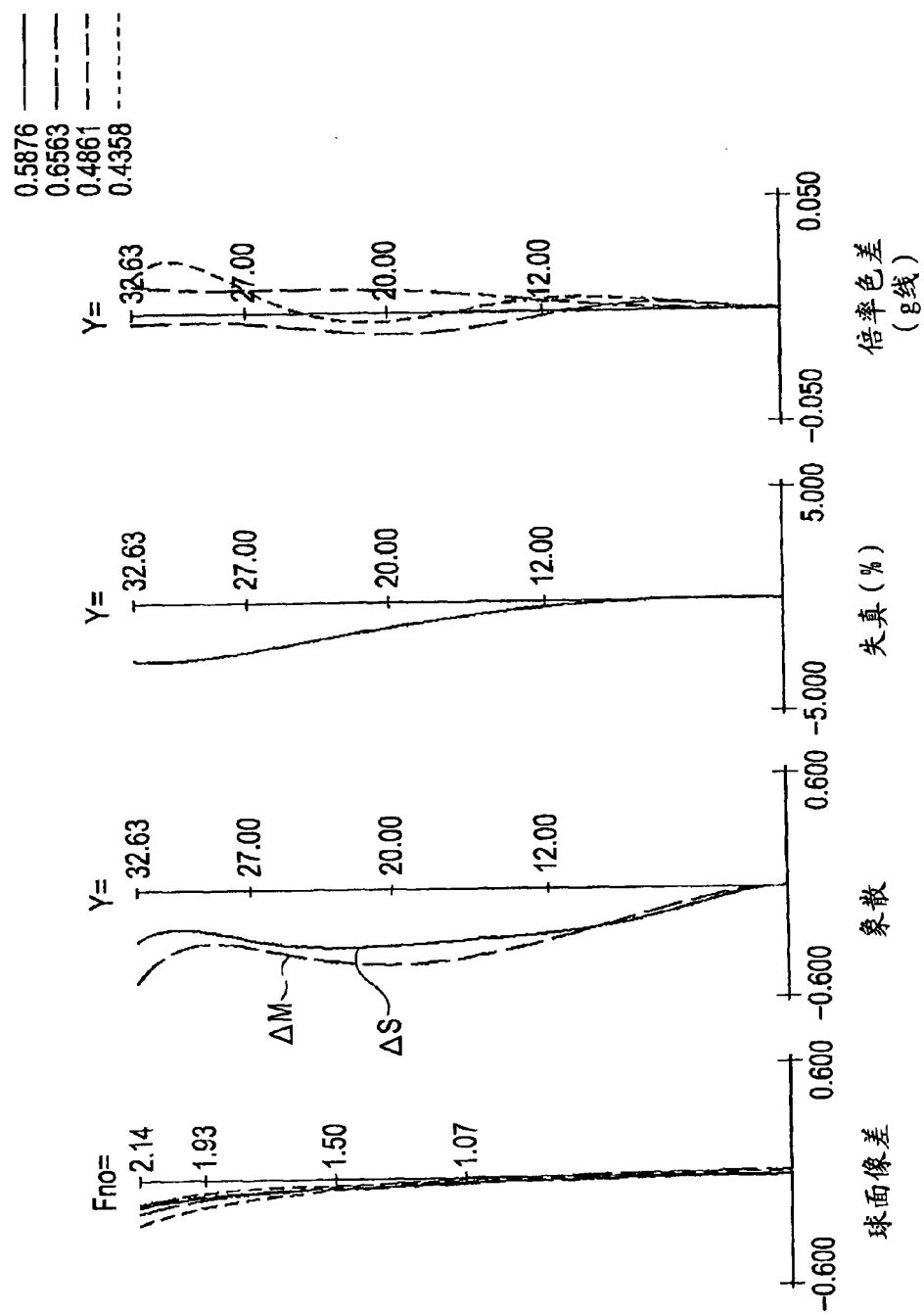


图 5

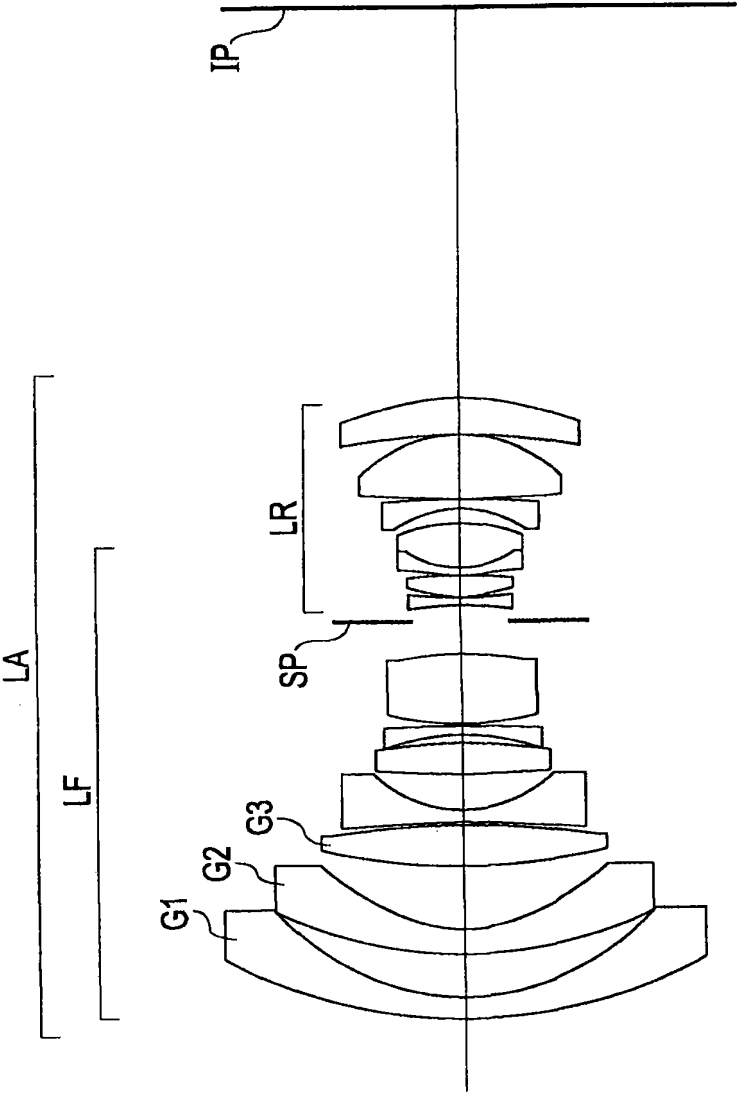
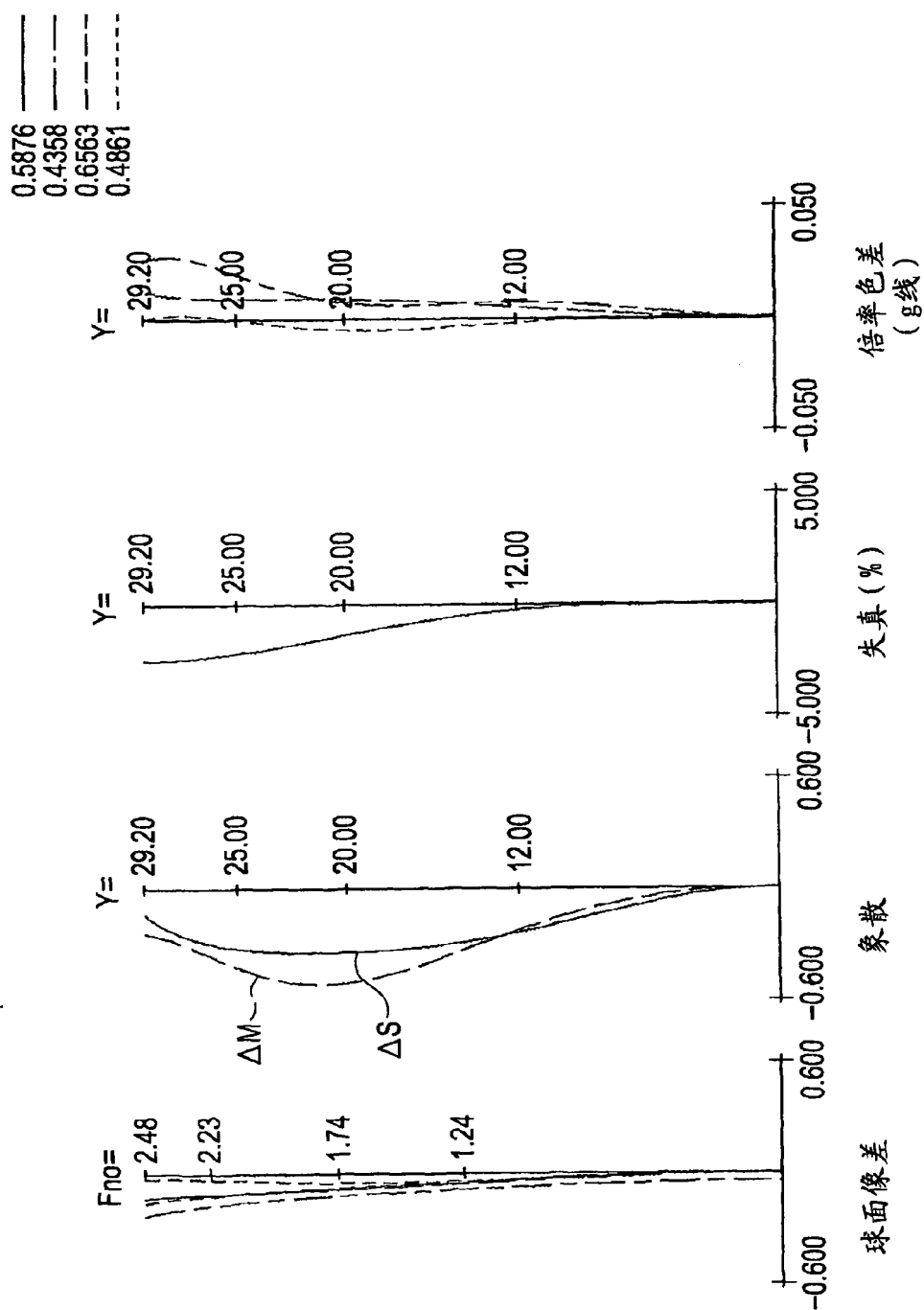


图 6



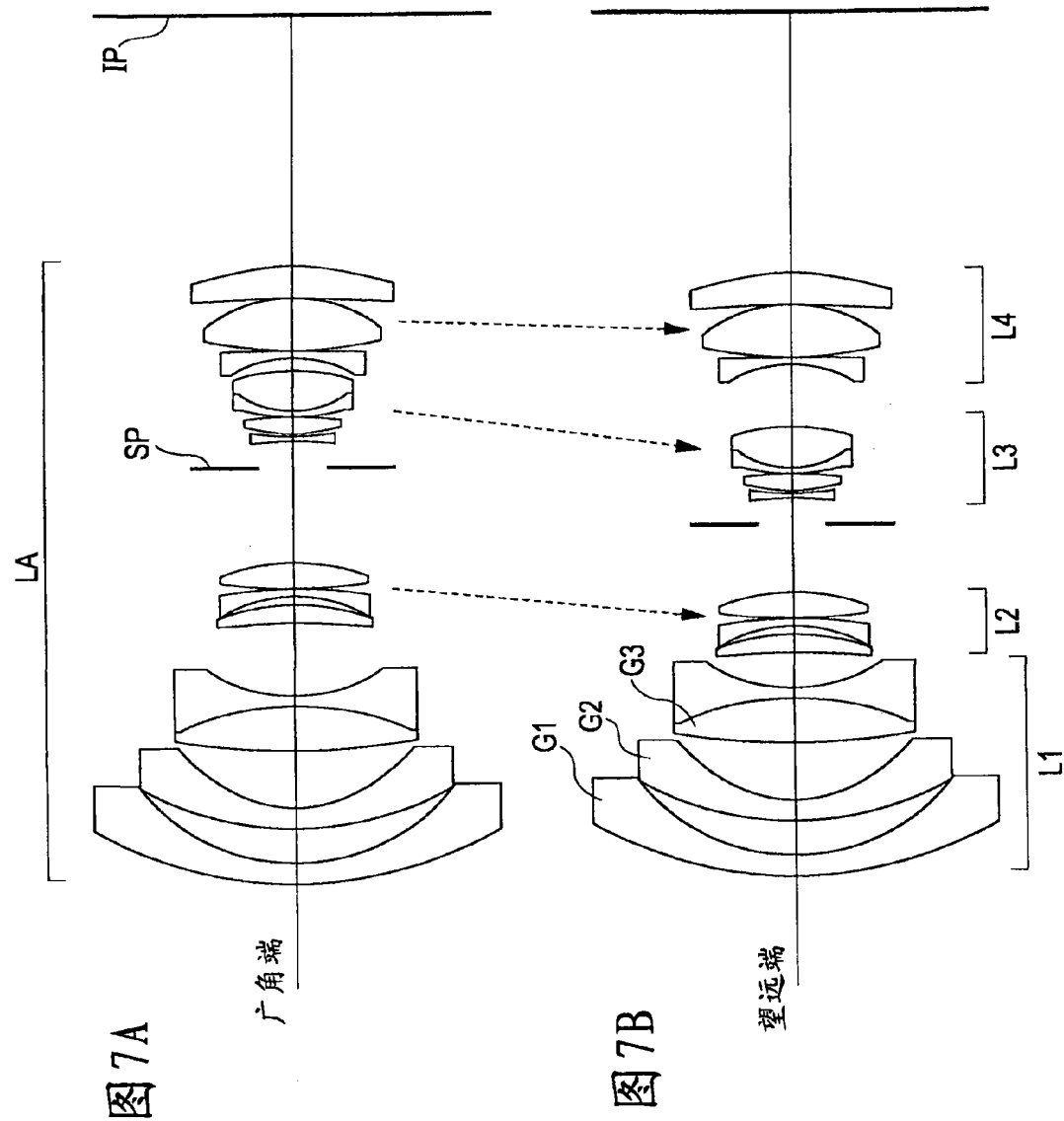


图 8

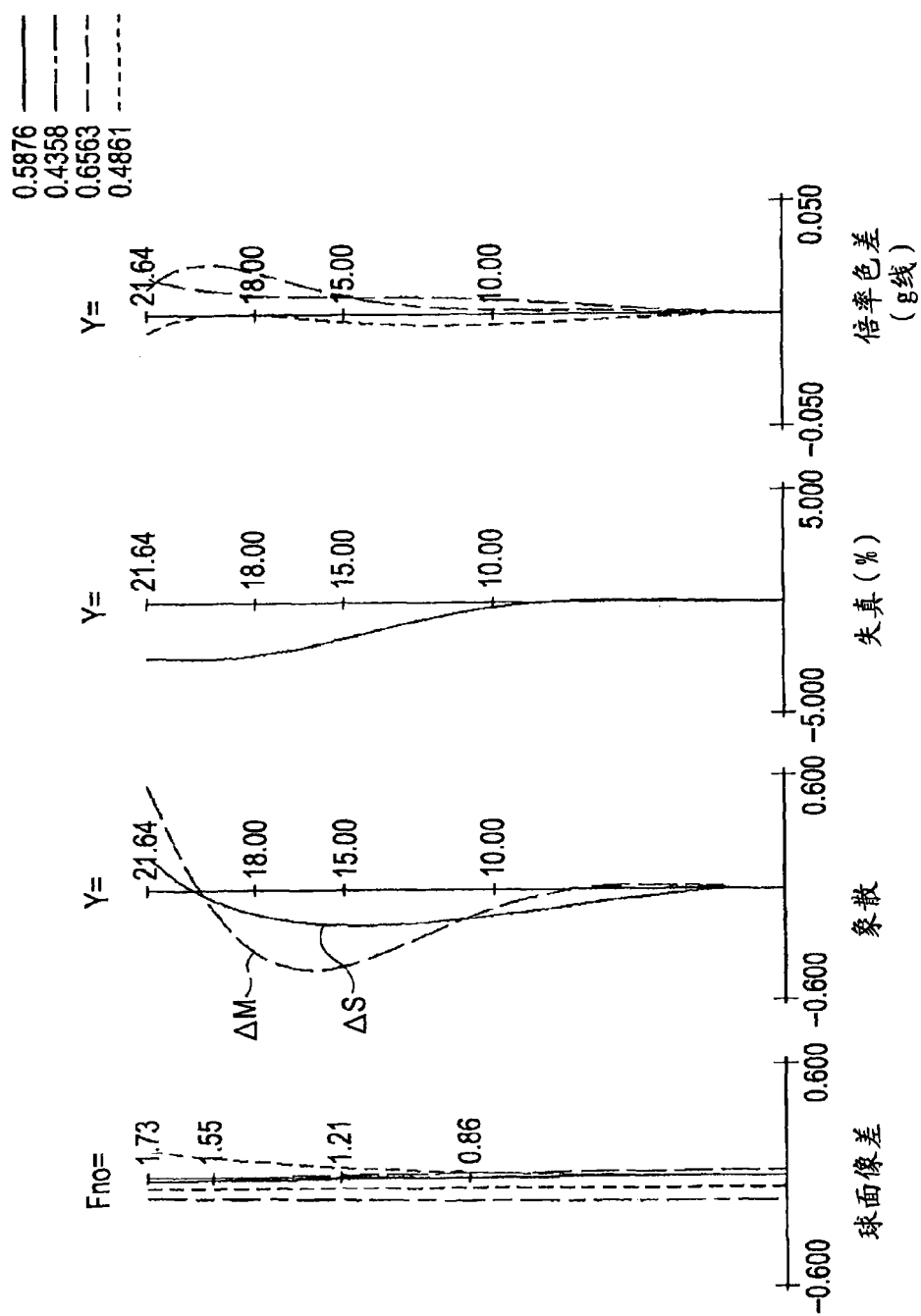
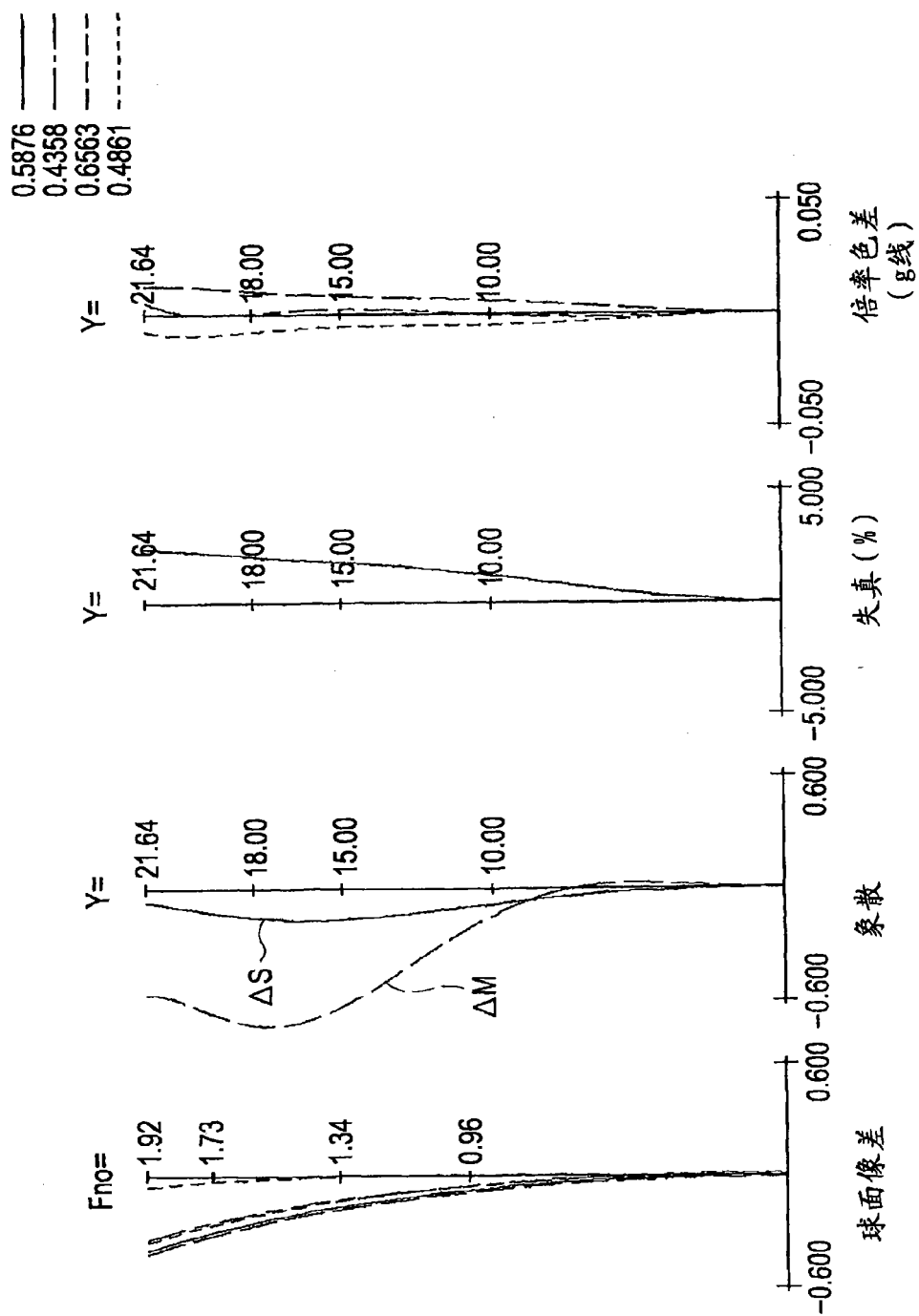


图9



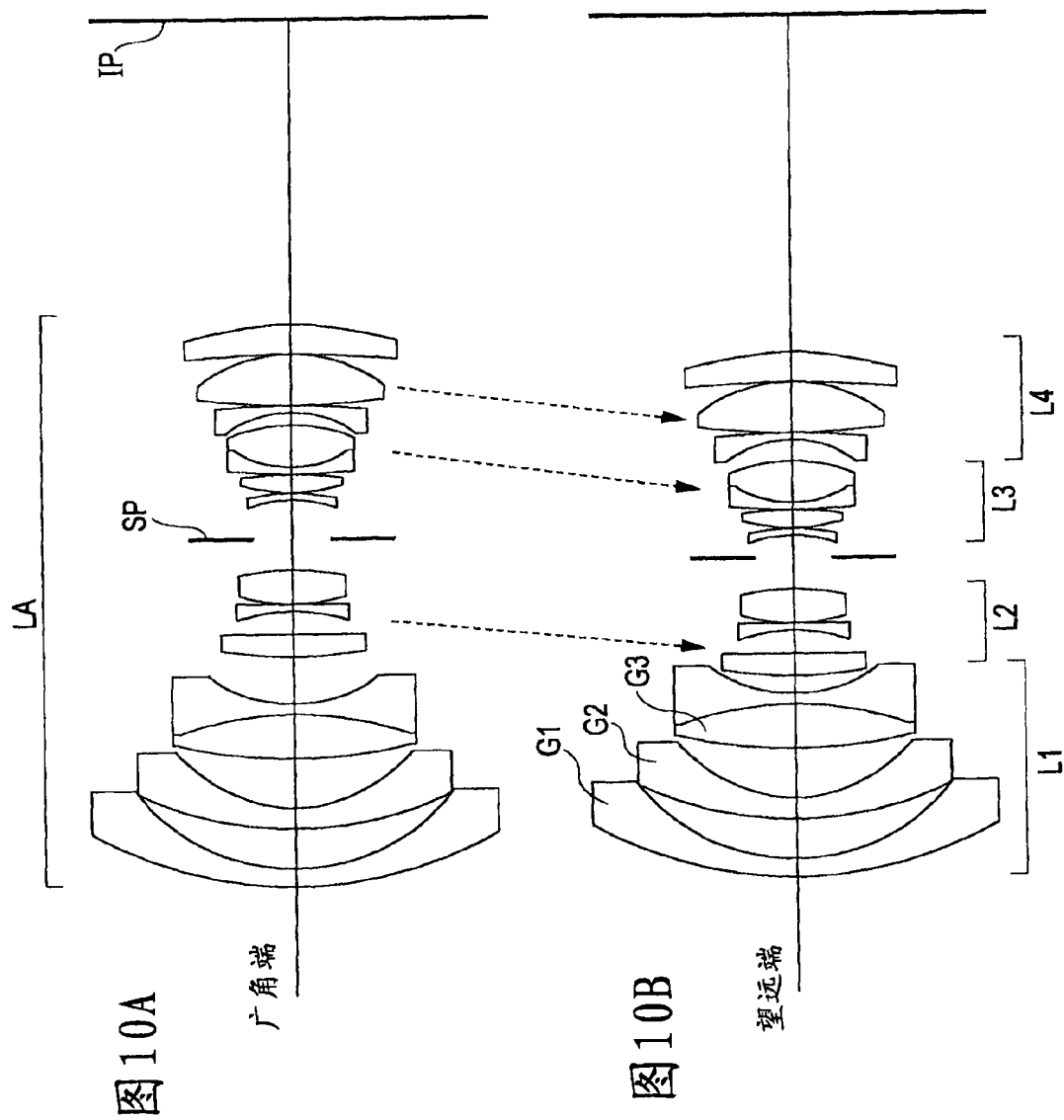


图 11

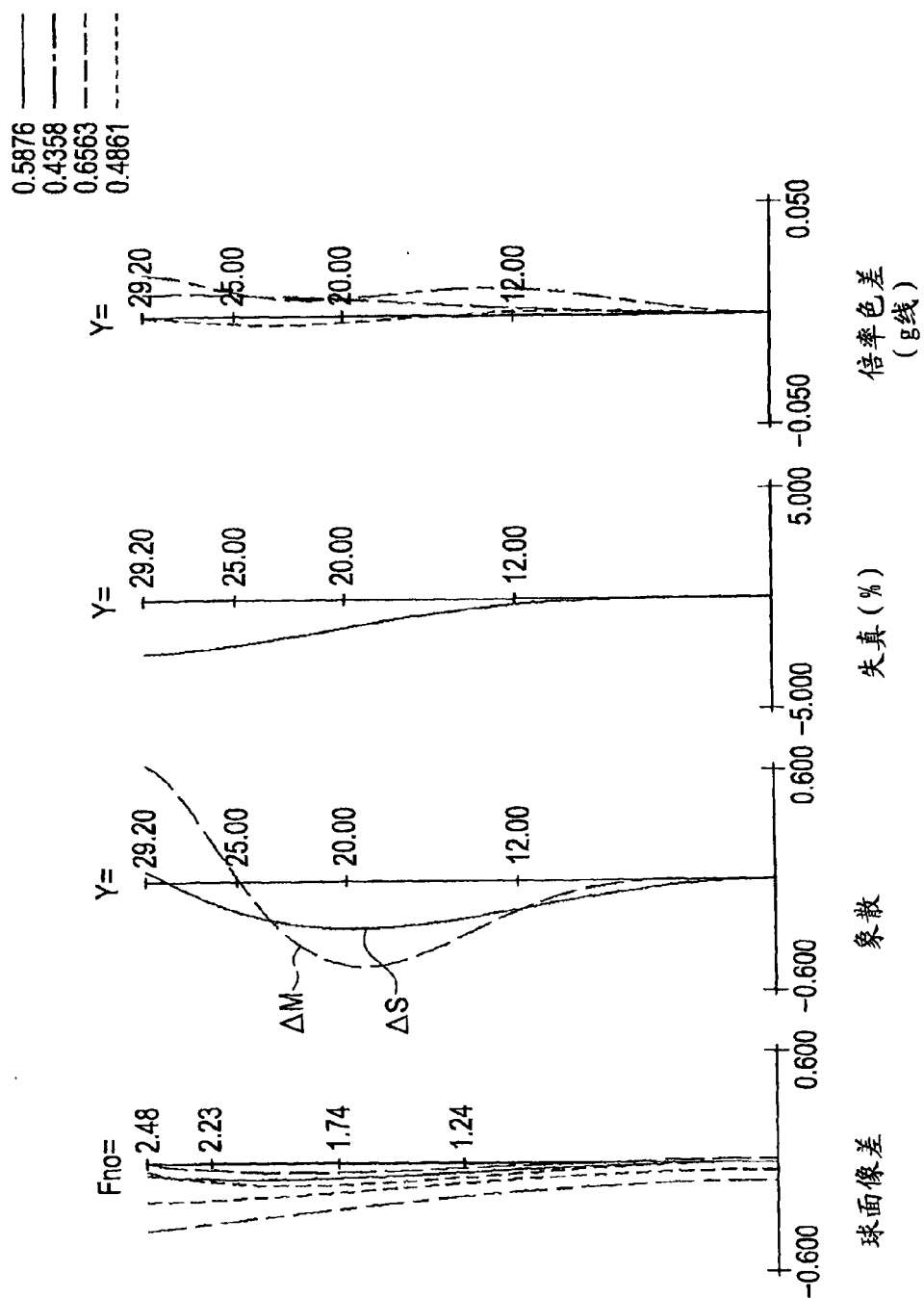
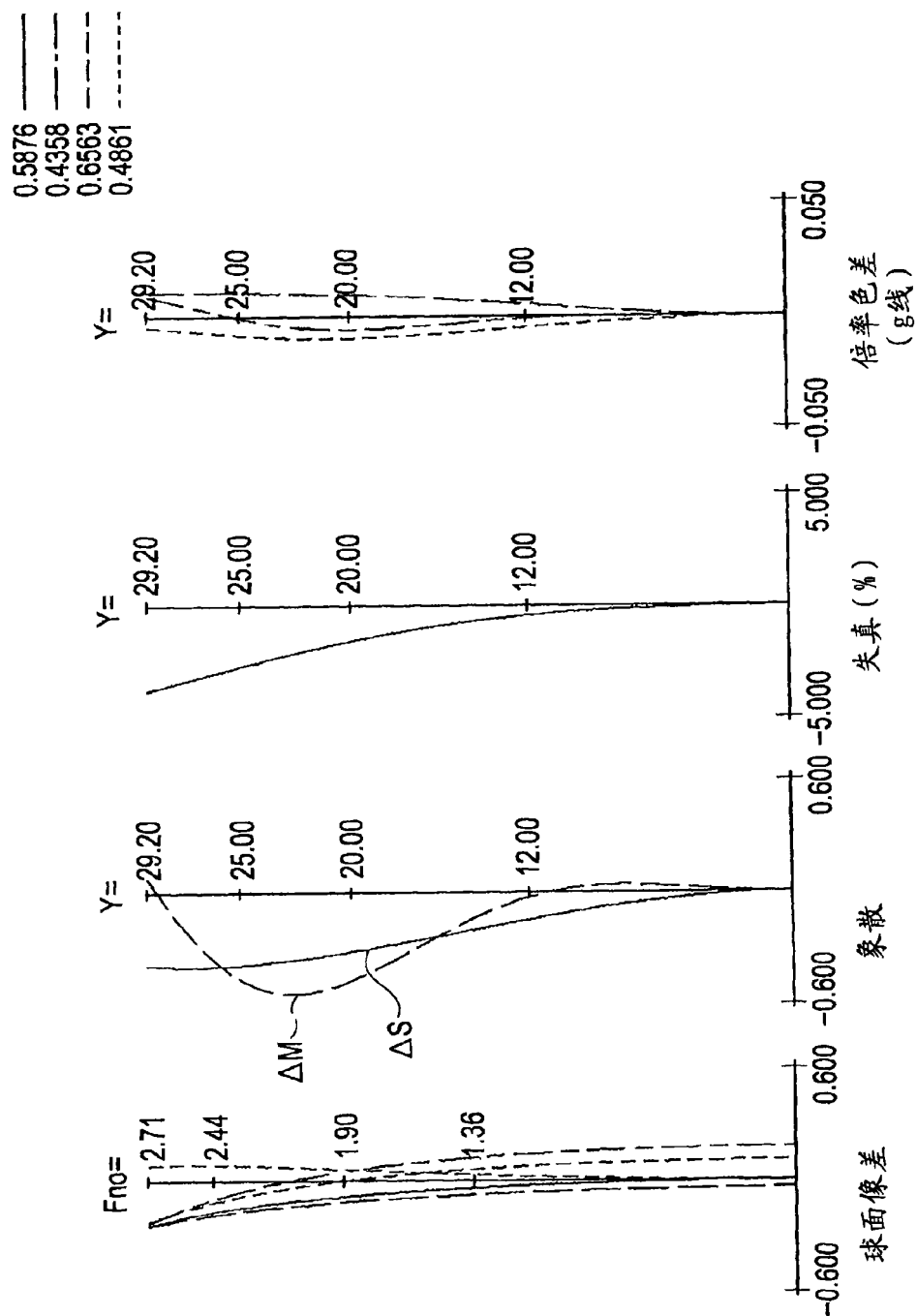


图12



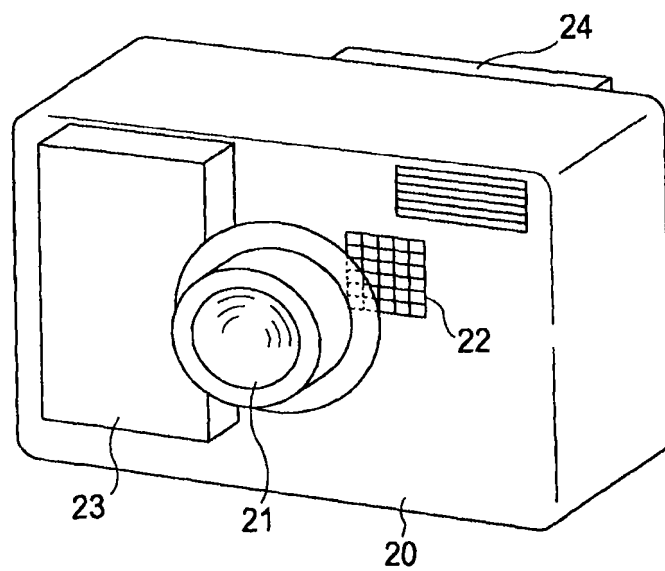


图 13

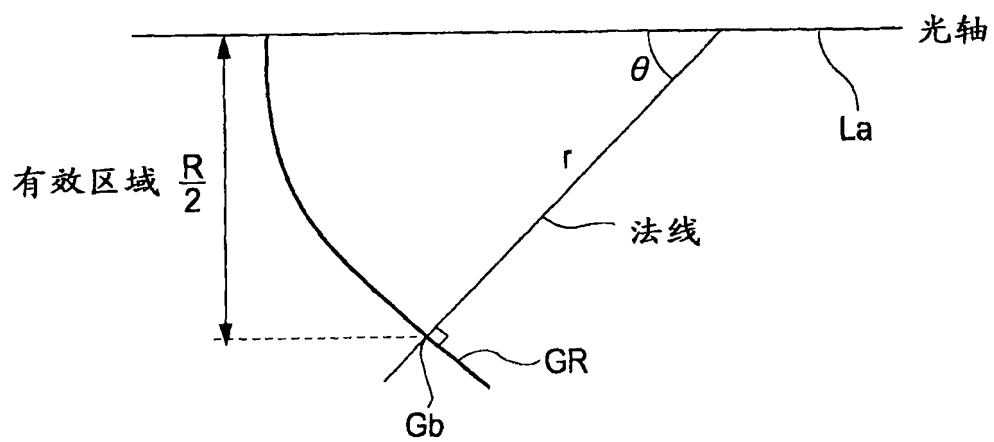


图 14A

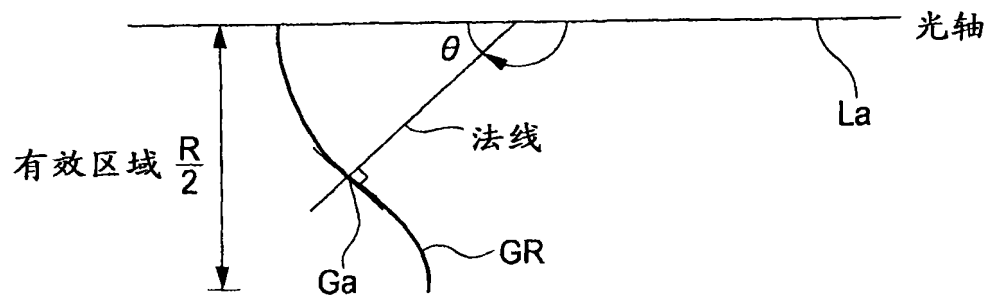


图 14B