



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111045181 B

(45) 授权公告日 2022.04.19

(21) 申请号 201910976752.4

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2019.10.15

G02B 7/04 (2021.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G03B 13/34 (2021.01)

申请公布号 CN 111045181 A

审查员 张凯华

(43) 申请公布日 2020.04.21

(30) 优先权数据

2018-194671 2018.10.15 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 铃木匠

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

代理人 宋岩

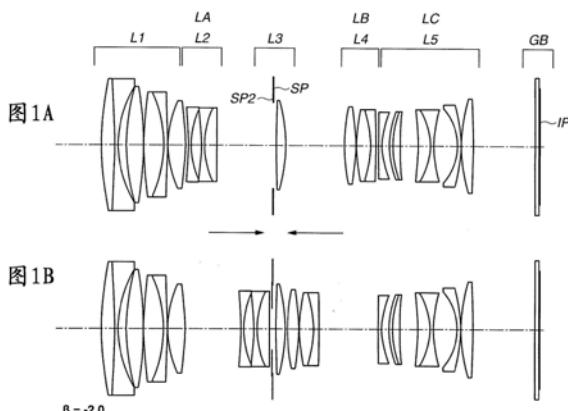
权利要求书3页 说明书24页 附图40页

(54) 发明名称

光学系统和包括光学系统的成像装置

(57) 摘要

公开了光学系统和包括光学系统的成像装置。在根据每个示例实施例的光学系统中，从无限远物体向近距离物体聚焦时相邻透镜单元之间的间隔变化，并且可以引起获得 $\beta = -1.2$ 的第一对焦状态，其中， β 是整个系统的横向倍率。根据每个示例实施例的光学系统包括多个聚焦透镜单元，并且在焦点被放在无限远物体上的状态下具有最大的聚焦灵敏度绝对值的聚焦透镜单元和具有第二大的聚焦灵敏度绝对值的聚焦透镜单元中，被布置在物侧的聚焦透镜单元是透镜单元LA，并且被布置在像侧的聚焦透镜单元是透镜单元LB。包括被布置在透镜单元LB的像侧的所有透镜的部分光学系统LC具有负折光力。部分光学系统LC满足预定的条件表达式。



1. 一种光学系统,其特征在于,在该光学系统中,在相邻透镜单元之间的间隔被配置成在从无限远物体到近距离物体的聚焦期间变化,并且在第一对焦状态满足 $\beta = -1.2$,其中 β 是该光学系统的横向倍率,该光学系统包括:

第一透镜单元(L1),具有正折光力,并且在光学系统中最靠近物侧布置,

多个聚焦透镜单元,被布置在第一透镜单元的像侧,并且被配置成在从无限远物体到近距离物体的聚焦期间移动,

其中,第一透镜单元被配置成在聚焦期间不移动,

其中,在无限远物体上的对焦状态下的所述多个聚焦透镜单元中的具有最大的聚焦灵敏度绝对值的聚焦透镜单元和具有第二大的聚焦灵敏度绝对值的聚焦透镜单元中,被布置在物侧的聚焦透镜单元是第一聚焦透镜单元(LA),被布置在像侧的聚焦透镜单元是第二聚焦透镜单元(LB),

其中,包括被布置在第二聚焦透镜单元(LB)的像侧的所有透镜的部分光学系统(LC)具有负折光力,并且

其中,以下条件表达式被满足:

$$-3.00 < f_{LCX}/f_X < -0.50,$$

其中, f_{LCX} 是在第一对焦状态下的部分光学系统(LC)的焦距, f_X 是在第一对焦状态下的光学系统的焦距。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,以下条件表达式被满足:

$$-1.20 < f_{LCY}/f < -0.20,$$

其中, f_{LCY} 是在 $\beta = -1.0$ 被满足的第二对焦状态下的部分光学系统(LC)的焦距, f 是在无限远物体上的对焦状态下的光学系统的焦距。

3. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,以下条件表达式被满足:

$$0.10 < |f_{LA}/f| < 0.50,$$

其中, f_{LA} 是第一聚焦透镜单元(LA)的焦距, f 是在无限远物体上的对焦状态下的光学系统的焦距。

4. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,以下条件表达式被满足:

$$-1.00 < s_k/f_{LCY} < -0.10,$$

其中, s_k 是在无限远物体上的对焦状态下从在光学系统中最靠近像侧布置的透镜的像侧透镜表面到像面(IP)的距离, f_{LCY} 是在 $\beta = -1.0$ 被满足的第二对焦状态下的部分光学系统(LC)的焦距。

5. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,以下条件表达式被满足:

$$2.50 < |ESA| < 7.50,$$

其中, ESA 是在无限远物体上的对焦状态下的第一聚焦透镜单元(LA)的聚焦灵敏度。

6. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,以下条件表达式被满足:

$$0.10 < |ESB| < 6.00,$$

其中, ESB 是在无限远物体上的对焦状态下的第二聚焦透镜单元(LB)的聚焦灵敏度。

7. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,以下条件表达式被满足:

$$0.05 < (|MA| + |MB|)/f < 0.60,$$

其中, MA 是从在无限远物体上的对焦状态到 $\beta = -1.0$ 的第二对焦状态移动的第一聚焦

透镜单元 (LA) 的移动量, MB 是从在无限远物体上的对焦状态到第二对焦状态移动的第二聚焦透镜单元 (LB) 的移动量, f 是在无限远物体上的对焦状态下的光学系统的焦距。

8. 根据权利要求1所述的光学系统,还包括孔径光阑,

其中,以下条件表达式被满足:

$$0.50 < D_i/f < 1.50,$$

其中, D_i 是在无限远物体上的对焦状态下从孔径光阑到像面的距离, f 是在无限远物体上的对焦状态下的光学系统的焦距。

9. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,以下条件表达式被满足:

$$0.10 < f_{L1}/f < 2.50,$$

其中, f_{L1} 是第一透镜单元 (L1) 的焦距, f 是在无限远物体上的对焦状态下的光学系统的焦距。

10. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,第一聚焦透镜单元 (LA) 具有负折光力。

11. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,在光学系统中最靠近像侧布置的透镜具有正折光力。

12. 根据权利要求11所述的光学系统,其中,以下条件表达式被满足:

$$0.25 < f_I/f < 2.20,$$

其中, f_I 是在光学系统中最靠近像侧布置的透镜的焦距, f 是在无限远物体上的对焦状态下的光学系统的焦距。

13. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,以下条件表达式被满足:

$$-5.0 < \beta_m < -1.2,$$

其中, β_m 是在光学系统中成像倍率最大时的横向倍率。

14. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,在光学系统中被配置成从无限远物体到近距离物体的聚焦期间移动的透镜单元的数量是三个或更少。

15. 根据权利要求1所述的光学系统,还包括孔径光阑,

其中,第一聚焦透镜单元LA被布置在孔径光阑的光入射侧,并且

其中,第二聚焦透镜单元LB被布置在孔径光阑的光出射侧。

16. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,第一聚焦透镜单元 (LA) 包括三个或更多个透镜,所述三个或更多个透镜包括负透镜和正透镜。

17. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,第二聚焦透镜单元 (LB) 包括两个或更多个透镜,所述两个或更多个透镜包括负透镜和正透镜。

18. 一种成像装置,其特征在于,包括:

光学系统;和

图像传感器,被配置成对由光学系统形成的光学图像进行光电转换,

其中,在光学系统中,从无限远物体向近距离物体聚焦期间相邻透镜单元之间的间隔变化,并且 $\beta = -1.2$ 被满足的第一对焦状态能够被实现,其中, β 是整个系统的横向倍率,

其中,光学系统包括具有正折光力并且在光学系统中最靠近物侧布置的第一透镜单元 (L1),

其中,光学系统包括被布置在第一透镜单元的像侧并且被配置成从无限远物体向近距离物体聚焦期间移动的多个聚焦透镜单元,

其中,第一透镜单元被配置成在聚焦期间不移动,其中,在无限远物体上的对焦状态下的所述多个聚焦透镜单元中的具有最大的聚焦灵敏度绝对值的聚焦透镜单元和具有第二大的聚焦灵敏度绝对值的聚焦透镜单元中,被布置在物侧的聚焦透镜单元是透镜单元LA,被布置在像侧的聚焦透镜单元是透镜单元LB,

其中,包括被布置在透镜单元LB的像侧的所有透镜的部分光学系统LC具有负折光力,并且

其中,以下条件表达式被满足:

$$-3.00 < f_{LCX}/f_X < -0.50,$$

其中, f_{LCX} 是在第一对焦状态下的部分光学系统LC的焦距, f_X 是在第一对焦状态下的光学系统的焦距。

光学系统和包括光学系统的成像装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光学系统,该光学系统适用于数字视频相机、数字静态相机、广播相机、卤化银胶片相机、监视相机等。

背景技术

[0002] 微距透镜是已知的能够执行特写图像捕获的透镜。近年来,需要能够捕获无限远物体的图像并且还能够以增大到等倍或更大的成像倍率来执行特写图像捕获的微距透镜。

[0003] 日本专利申请公开No.2015-034899讨论了能执行从无限远物体放大到约2倍的成像倍率的放大图像捕获的光学系统(微距透镜)。

[0004] 通过将具有正折光力的透镜单元放在像侧最靠近像面(IP)的位置处,在日本专利申请公开No.2015-034899中讨论的光学系统缩短了在聚焦期间聚焦透镜单元的移动距离,并且抑制了放大图像捕获中光学性能的下降。然而,透镜直径可能会随着成像倍率的增大而增大。

发明内容

[0005] 本发明致力于具有高光学性能并且能够以等倍或更大的成像倍率来执行图像捕获的紧凑的光学系统以及包括光学系统的成像装置。

[0006] 根据本发明的一方面,一种光学系统,在该光学系统中相邻透镜单元之间的间隔被配置成在从无限远物体到近距离物体的聚焦期间变化并且在第一对焦位置满足 $\beta = -1.2$,其中 β 是该光学系统的横向倍率,该光学系统包括:多个聚焦透镜单元,被配置成在从无限远物体到近距离物体的聚焦期间移动,其中,在无限远物体上的对焦状态下的所述多个聚焦透镜单元中的具有最大的聚焦灵敏度绝对值的聚焦透镜单元和具有第二大的聚焦灵敏度绝对值的聚焦透镜单元中,被布置在物侧的聚焦透镜单元是第一聚焦透镜单元(LA),并且被布置在像侧的聚焦透镜单元是第二聚焦透镜单元(LB),其中,包括被布置在第二聚焦透镜单元(LB)的像侧的所有透镜的部分光学系统(LC)具有负折光力,并且其中,以下条件表达式被满足:

[0007] $-3.00 < f_{LCX}/f_X < -0.50$,

[0008] 其中, f_{LCX} 是在第一对焦状态下的部分光学系统LC的焦距, f_X 是在第一对焦状态下的光学系统的焦距。

[0009] 根据本发明的另一方面,一种成像装置包括:光学系统,和被配置成对由光学系统形成的光学图像进行光电转换的图像传感器,其中,在光学系统中,从无限远物体向近距离物体聚焦期间相邻透镜单元之间的间隔变化,并且 $\beta = -1.2$ 被满足的第一对焦状态能够被实现,其中, β 是整个系统的横向倍率,其中,光学系统包括被配置成从无限远物体向近距离物体聚焦期间移动的多个聚焦透镜单元,其中,在无限远物体上的对焦状态下的所述多个聚焦透镜单元中的具有最大的聚焦灵敏度绝对值的聚焦透镜单元和具有第二大的聚焦灵敏度绝对值的聚焦透镜单元中,被布置在物侧的聚焦透镜单元是透镜单元LA,并且被布置

在像侧的聚焦透镜单元是透镜单元LB,其中,包括被布置在透镜单元LB的像侧的所有透镜的部分光学系统LC具有负折光力,并且其中,以下条件表达式被满足:

[0010] $-3.00 < f_{LCX}/f_X < -0.50$,

[0011] 其中, f_{LCX} 是在第一对焦状态下的部分光学系统LC的焦距, f_X 是在第一对焦状态下的光学系统的焦距。

[0012] 参考附图,从以下示例实施例的描述中本发明的更多特征将变得清楚。

附图说明

- [0013] 图1A和图1B是根据第一示例实施例的光学系统的截面图。
- [0014] 图2A、图2B、图2C和图2D是根据第一示例实施例的光学系统的像差图。
- [0015] 图3A和图3B是根据第二示例实施例的光学系统的截面图。
- [0016] 图4A、图4B、图4C和图4D是根据第二示例实施例的光学系统的像差图。
- [0017] 图5A和图5B是根据第三示例实施例的光学系统的截面图。
- [0018] 图6A、图6B、图6C和图6D是根据第三示例实施例的光学系统的像差图。
- [0019] 图7A和图7B是根据第四示例实施例的光学系统的截面图。
- [0020] 图8A、图8B、图8C和图8D是根据第四示例实施例的光学系统的像差图。
- [0021] 图9A和图9B是根据第五示例实施例的光学系统的截面图。
- [0022] 图10A、图10B、图10C和图10D是根据第五示例实施例的光学系统的像差图。
- [0023] 图11A和图11B是根据第六示例实施例的光学系统的截面图。
- [0024] 图12A、图12B、图12C和图12D是根据第六示例实施例的光学系统的像差图。
- [0025] 图13A和图13B是根据第七示例实施例的光学系统的截面图。
- [0026] 图14A、图14B、图14C和图14D是根据第七示例实施例的光学系统的像差图。
- [0027] 图15A和图15B是根据第八示例实施例的光学系统的截面图。
- [0028] 图16A、图16B、图16C和图16D是根据第八示例实施例的光学系统的像差图。
- [0029] 图17是成像装置的示意图。

具体实施方式

[0030] 将基于附图描述根据本发明示例实施例的光学系统和包括光学系统的成像装置。下面描述的本发明各实施例可以单独地实现或作为多个实施例的组合实现。而且,在必要时或者在单个实施例中来自单独实施例的元素或特征的组合是有益的时可以组合来自不同实施例的特征。

[0031] 图1A、图3A、图5A、图7A、图9A、图11A、图13A和图15A是根据第一至第八示例实施例的光学系统的截面图,其各自示出了在无限远物体上的对焦状态。图1B、图3B、图5B、图7B、图9B、图11B、图13B和图15B是根据第一至第八示例实施例的光学系统的截面图,其各自示出了在有限距离物体上的对焦状态。每个图中都示出在该状态下设置的成像倍率。根据每个示例实施例的光学系统是用在诸如数字视频相机、数字静态相机、广播相机、卤化银胶片相机或监视相机之类的成像装置中的光学系统。

[0032] 在每个透镜截面图中,左侧与物侧对应,右侧与像侧对应。根据每个示例实施例的光学系统包括多个透镜单元。在本公开中,透镜单元指的是在聚焦时一体地移动或停止的

一组透镜。换句话说,在根据每个示例实施例的光学系统中,在从无限远物体向近距离物体聚焦时相邻透镜单元之间的间隔变化。另外,透镜单元可以仅包括单个透镜或可以包括多个透镜。另外,透镜单元可以包括孔径光阑。

[0033] 在每个透镜截面图中,“Li”表示当从物侧数起时被布置在第i个(“i”是自然数)位置处的第i个透镜单元。另外,“SP”表示用于确定(限制)F数(Fno)光束的主光阑(孔径光阑),并且“SP2”表示用于根据成像倍率的变化来减小光阑直径并且切断不必要的光线的副光阑。“IP”表示像面。当根据每个示例实施例的光学系统被用作数字静态相机或数字视频相机的成像光学系统时,诸如电荷耦合器件(CCD)传感器或互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器之类的固态图像传感器(光电转换器件)的成像面被布置在像面IP处。当根据每个示例实施例的光学系统被用作卤化银胶片相机的成像光学系统时,对应于胶片表面的感光表面被放置在像面IP处。“GB”表示被放置在像面IP的物侧的滤光器。

[0034] 另外,根据每个示例实施例的光学系统包括多个聚焦透镜单元。聚焦透镜单元指的是在聚焦时移动的透镜单元。在每个透镜截面图中示出的箭头指示在从无限远物体向近距离物体聚焦时聚焦透镜单元的移动方向。

[0035] 图2A、图2B、图2C、图2D、图4A、图4B、图4C、图4D、图6A、图6B、图6C、图6D、图8A、图8B、图8C、图8D、图10A、图10B、图10C、图10D、图12A、图12B、图12C、图12D、图14A、图14B、图14C、图14D、图16A、图16B、图16C和图16D是根据第一至第八示例实施例的光学系统的像差图。在像差图中,图2A、图4A、图6A、图8A、图10A、图12A、图14A和图16A中示出的像差图是示出在无限远物体上的对焦状态的像差图,并且图2B至图2D、图4B至图4D、图6B至图6D、图8B至图8D、图10B至图10D、图12B至图12D、图14B至图14D以及图16B至图16D中示出的像差图是示出在有限距离物体上的对焦状态的像差图。图2B至图2D、图4B至图4D、图6B至图6D、图8B至图8D、图10B至图10D、图12B至图12D、图14B至图14D以及图16B至图16D中示出的像差图中的横向倍率如对应的像差图中所示。

[0036] 在每个球面像差图中,“Fno”表示F数,并且相对于d线(波长587.6nm)和g线(波长435.8nm)的球面像差量被示出。在每个像散图中,“ ΔS ”表示在弧矢像面上的像散量,并且“ ΔM ”表示在子午像面上的像散量。在每个畸变像差图中,示出了相对于d线的畸变像差量。在每个色差图中,示出了g线中的色差量。在像差图中,“ ω ”表示成像半场角(°)。

[0037] 接下来,将描述根据每个示例实施例的光学系统的特征布置。

[0038] 根据每个示例实施例的光学系统是微距透镜,该微距透镜至少在获得 $\beta = -1.2$ 的对焦状态下能够执行图像捕获。在下文中,将获得 $\beta = -1.2$ 的对焦状态称为第一对焦状态。

[0039] 如果要缩短微距透镜的总透镜长度,那么特别是在近距离物体上的对焦状态下有时变得难以同时实现球面像差或彗形像差的校正以及像面弯曲的校正。因此,在根据每个示例实施例的光学系统中,通过提供多个聚焦透镜单元来采用所谓的浮动系统。在下文中,在根据每个示例实施例的光学系统中,在无限远物体上的对焦状态下的多个聚焦透镜单元中的具有最大的聚焦灵敏度绝对值的透镜单元和具有第二大的聚焦灵敏度绝对值的透镜单元中,被布置在物侧的透镜单元将被称为第一聚焦透镜单元LA,被布置在像侧的透镜单元将被称为第二聚焦透镜单元LB。第一和第二聚焦透镜单元LA和LB可以说是在根据每个示例实施例的光学系统中具有主要聚焦功能的透镜单元。另外,由以下表达式来定义任意透镜单元Li的聚焦灵敏度ESi:

[0040] $ESi = (1 - \beta_i^2) \times \beta r^2$,

[0041] 其中,在无限远物体上的对焦状态下的透镜单元 Li 的横向倍率由 β_i 表示,并且被布置在透镜单元 Li 的像侧的所有透镜单元的组合横向倍率由 βr 表示。

[0042] 当采用浮动系统时,如果将成像倍率增大到在第一对焦状态下能够执行图像捕获的程度,那么每个聚焦透镜单元的移动量变大。因此,变得必须确保每个聚焦透镜单元的移动量,并且变得难以缩短总透镜长度。

[0043] 因此,在根据每个示例实施例的光学系统中,适当地设置包括被布置在第二聚焦透镜单元 LB 的像侧的所有透镜的部分光学系统 LC 的折光力。根据每个示例实施例的光学系统因此能够在紧凑的同时具有高光学性能,并且还能够以高成像倍率(即等倍或更大)来执行图像捕获。

[0044] 具体地,在根据每个示例实施例的光学系统中,部分光学系统 LC 具有负折光力。利用该配置,因为可以将出射光瞳布置在靠近像面的位置处,所以可以缩短后焦距。这使得能够缩短总透镜长度。另外,通过将负折光力设置为部分光学系统 LC 的折光力,可以减小在光学系统中被布置在靠近像面的位置处的透镜的透镜直径。

[0045] 另外,根据每个示例实施例的光学系统满足以下条件表达式(1):

[0046] $-3.00 < f_{LCX}/f_X < -0.50 \quad (1)$,

[0047] 其中, f_{LCX} 是在第一对焦状态下的部分光学系统 LC 的焦距,并且 f_X 是在第一对焦状态下的整个光学系统的焦距。

[0048] 条件表达式(1)定义了在第一对焦状态下的在整个系统的焦距与部分光学系统 LC 的焦距之间的关系。通过满足条件表达式(1),可以实现畸变像差或倍率色差的校正和总透镜长度的缩短两者。

[0049] 如果 f_{LCX}/f_X 的值超过条件表达式(1)的上限,那么后焦距变得太短。在这种情况下,有利于总透镜长度的缩短,但是变得难以校正畸变像差和/或倍率色差。可以通过增大部分光学系统 LC 的透镜的数量来校正像差,但是在这种情况下,总透镜长度因此增大。

[0050] 如果焦距 f_{CLX} 的负折光力变小或焦距 f_X 变小到 f_{LCX}/f_X 的值下降到低于条件表达式(1)的下限的程度,那么变得难以确保放大的图像捕获中的工作距离。另外,有利于球面像差和/或彗形像差的校正,但是后焦距变大并且总透镜长度增大。

[0051] 另外,更期望将条件表达式(1)的数值范围设置为以下条件表达式(1a)的范围,并且进一步期望将数值范围设置为条件表达式(1b)的范围。

[0052] $-2.70 < f_{LCX}/f_X < -0.60 \quad (1a)$

[0053] $-2.30 < f_{LCX}/f_X < -0.63 \quad (1b)$

[0054] 利用上述布置,根据每个示例实施例的光学系统能够以等倍或更大的成像倍率来执行图像捕获,并且能够在具有高光学性能的同时是紧凑的。

[0055] 接下来,将描述期望由根据每个示例实施例的光学系统满足的条件。根据每个示例实施例的光学系统期望满足以下条件表达式(2)至(11)中的一个或多个条件表达式。在条件表达式(2)中, f_{LCY} 是在获得 $\beta = -1.0$ 的第二对焦状态下的部分光学系统 LC 的焦距,并且 f 是在焦点被放在无限远物体上的状态下的整个光学系统的焦距。在条件表达式(3)中, f_{LA} 是第一聚焦透镜单元 LA 的焦距。在条件表达式(4)中, sk 是在焦点被放在无限远物体上的状态下设置的从在光学系统中最靠近像侧布置的透镜的像侧透镜表面到像面的距离(空

气换算的后焦距)。在条件表达式(5)中,ESA是在焦点被放在无限远物体上的状态下第一聚焦透镜单元LA的聚焦灵敏度。在条件表达式(6)中,ESB是在焦点被放在无限远物体上的状态下第二聚焦透镜单元LB的聚焦灵敏度。在条件表达式(7)中,MA是从焦点被放在无限远物体上的状态直到引起第二对焦状态($\beta = -1.0$)为止移动的第一聚焦透镜单元LA的移动量,并且MB是从焦点被放在无限远物体上的状态直到引起第二对焦状态为止移动的第二聚焦透镜单元LB的移动量。在条件表达式(8)中,Di是在焦点被放在无限远物体上的状态下从孔径光阑SP到像面IP的距离。在条件表达式(9)中,fL1是在焦点被放在无限远物体上的状态下第一透镜单元L1的焦距。在条件表达式(10)中,fI是在光学系统中最靠近像侧布置的透镜的焦距。另外,在根据每个示例实施例的光学系统中,最靠近像侧布置的透镜是单个透镜元件,但是最靠近像侧布置的透镜可以是胶合透镜。在这种情况下,fI是在最靠近像侧布置的胶合透镜中的最靠近像侧布置的透镜的空气中的焦距(当胶合透镜被分离并且每个分离的透镜被认为是单个透镜元件时可获得的焦距)。在条件表达式(11)中, β_m 是在根据每个示例实施例的光学系统中成像倍率最大时可获得的横向倍率。

[0056] $-1.20 < f_{LCY}/f < -0.20$ (2)

[0057] $0.10 < |f_{LA}/f| < 0.50$ (3)

[0058] $-1.00 < s_k/f_{LCY} < -0.10$ (4)

[0059] $2.50 < |ESA| < 7.50$ (5)

[0060] $0.10 < |ESB| < 6.00$ (6)

[0061] $0.05 < (|MA| + |MB|)/f < 0.60$ (7)

[0062] $0.50 < Di/f < 1.50$ (8)

[0063] $0.10 < f_{L1}/f < 2.50$ (9)

[0064] $0.25 < f_I/f < 2.20$ (10)

[0065] $-5.0 < \beta_m < -1.2$ (11)

[0066] 条件表达式(2)定义了在第二对焦状态下在部分光学系统LC的焦距fLCY与整个系统的焦距之间的关系。通过满足条件表达式(2),可以实现增大成像倍率和进一步缩短总透镜长度两者。

[0067] 如果fLCY/f的值超过条件表达式(2)的上限,那么有利于缩短总透镜长度,但是变得容易生成畸变像差和/或倍率色差,这是不希望的。

[0068] 如果fLCY/f的值下降到低于条件表达式(2)的下限,那么变得难以缩短后焦距,并且总透镜长度增大。因此,变得难以充分缩短总透镜长度。

[0069] 条件表达式(3)定义了在第一聚焦透镜单元LA的焦距与整个系统的焦距之间的关系。通过满足条件表达式(3),可以在保持光学性能的同时减少聚焦时的移动量,并且可以进一步缩短总透镜长度。

[0070] 如果|fLA/f|的值超过条件表达式(3)的上限,那么第一聚焦透镜单元LA的折光力减小,并且聚焦时的移动量因此增大。结果,变得难以充分缩短总透镜长度。

[0071] 如果|fLA/f|的值下降到低于条件表达式(3)的下限,那么第一聚焦透镜单元LA的折光力增大,并且聚焦时球面像差和/或像面弯曲的变化量因此增大。

[0072] 条件表达式(4)定义了在第二对焦状态下在光学系统的后焦距与部分光学系统LC的焦距之间的关系。通过满足条件表达式(4),可以进一步减小部分光学系统LC的透镜直

径。

[0073] 如果 $sk/fLCY$ 的值超过条件表达式 (4) 的上限, 那么后焦距变得太短。在这种情况下, 变得难以布置快门构件等, 并且变得难以将根据每个示例实施例的光学系统用作诸如数字静态相机之类的成像装置的成像光学系统。

[0074] 如果 $sk/fLCY$ 的值下降到低于条件表达式 (4) 的下限, 那么后焦距变得太长并且透镜直径增大。结果, 变得难以获得足够紧凑的光学系统。

[0075] 条件表达式 (5) 定义了第一聚焦透镜单元 LA 的聚焦灵敏度 ESA。

[0076] 如果 $|ESA|$ 的值超过条件表达式 (5) 的上限, 那么由聚焦引起的场角变化变大, 这是不希望的。另外, 聚焦时球面像差和/或像面弯曲的变化量可能变大。

[0077] 如果 $|ESA|$ 的值下降到低于条件表达式 (5) 的下限, 那么聚焦时第一聚焦透镜单元 LA 的移动量增大。结果, 变得难以充分缩短总透镜长度。

[0078] 条件表达式 (6) 定义了第二聚焦透镜单元 LB 的聚焦灵敏度 ESB。

[0079] 如果 $|ESB|$ 的值超过条件表达式 (6) 的上限, 那么由聚焦引起的像面弯曲的变化量变大, 这是不希望的。

[0080] 如果 $|ESB|$ 的值下降到低于条件表达式 (6) 的下限, 那么聚焦时第二聚焦透镜单元 LB 的移动量增大。结果, 变得难以充分缩短总透镜长度。

[0081] 条件表达式 (7) 定义了在第一聚焦透镜单元 LA 和第二聚焦透镜单元 LB 的移动距离与整个系统的焦距之间的关系。通过满足条件表达式 (7), 可以进一步缩短总透镜长度。

[0082] 如果 $(|MA|+|MB|)/f$ 的值超过条件表达式 (7) 的上限, 那么有利于抑制聚焦时球面像差和/或像面弯曲的变化量, 但是聚焦时移动量增大。因此, 变得难以充分缩短总透镜长度。

[0083] 如果 $(|MA|+|MB|)/f$ 的值下降到低于条件表达式 (7) 的下限, 那么在实现足够紧凑的光学系统同时变得难以确保在聚焦时改变成像倍率所需的聚焦透镜单元的移动量。

[0084] 条件表达式 (8) 定义了在从孔径光阑 SP 到像面的距离与整个系统的焦距之间的关系。通过满足条件表达式 (8), 在增大成像倍率的同时可以减小被布置在孔径光阑 SP 的像侧的透镜的直径。

[0085] 如果 Di/f 的值超过条件表达式 (8) 的上限, 那么因为被布置在孔径光阑 SP 的像侧的聚焦透镜单元的移动量变大, 所以光学系统尺寸增大。

[0086] 如果 Di/f 的值下降到低于条件表达式 (8) 的下限, 那么被布置在孔径光阑 SP 的物侧的聚焦透镜单元的移动量变得太小, 并且聚焦时球面像差和/或像面弯曲的变化量增大。

[0087] 条件表达式 (9) 定义了在无限远物体上的对焦状态下在透镜单元 L1 的焦距和整个系统的焦距之间的关系。通过满足条件表达式 (9), 可以实现进一步缩短总透镜长度和抑制球面像差两者。

[0088] 如果 $fL1/f$ 的值超过条件表达式 (9) 的上限, 那么有利于抑制球面像差和/或彗形像差的生成, 但是总透镜长度易于增大。

[0089] 如果 $fL1/f$ 的值下降到低于条件表达式 (9) 的下限, 那么第一透镜单元 L1 的折光力变得太高, 并且当第一透镜单元 L1 偏心时, 第一透镜单元 L1 的彗形像差灵敏度变高。因此, 在光学系统的制造中需要过高的精度, 这是不希望的。

[0090] 条件表达式 (10) 定义了在无限远物体上的对焦状态下在整个系统的焦距与被布

置在最靠近像面的位置处的透镜的焦距之间的关系。通过满足条件表达式(10),可以减小部分光学系统LC的透镜直径。

[0091] 如果 fI/f 的值超过条件表达式(10)的上限,那么变得难以缩短后焦距。结果,变得难以获得足够紧凑的光学系统。

[0092] 如果 fI/f 的值下降到低于条件表达式(10)的下限,那么最靠近像侧布置的透镜的折光力变得太高,并且变得容易生成畸变像差和/或倍率色差。结果,当要保持光学性能时变得难以减小部分光学系统LC的透镜直径。

[0093] 条件表达式(11)定义了每个示例实施例中的最大成像倍率。

[0094] 如果 β_m 的值超过条件表达式(11)的上限,那么当成像倍率变为最大时横向倍率变得不足。结果,在充分放大对象的同时变得难以执行图像捕获,这是不希望的。

[0095] 如果 β_m 的值下降到低于条件表达式(11)的下限,那么当成像倍率变为最大时横向倍率的绝对值变得太大。结果,在保持光学性能的同时变得难以充分缩短总透镜长度,这是不希望的。

[0096] 另外,更期望将条件表达式(2)至(11)的数值范围设置为以下条件表达式(2a)至(11a)的范围。

[0097] $-1.10 < fLCY/f < -0.25$ (2a)

[0098] $0.15 < |fLA/f| < 0.45$ (3a)

[0099] $-0.95 < sk/fLCY < -0.15$ (4a)

[0100] $2.70 < |ESA| < 7.30$ (5a)

[0101] $2.30 < |ESB| < 5.70$ (6a)

[0102] $0.10 < (|MA| + |MB|)/f < 0.50$ (7a)

[0103] $0.60 < Di/f < 1.35$ (8a)

[0104] $0.20 < fL1/f < 2.20$ (9a)

[0105] $0.30 < fI/f < 2.00$ (10a)

[0106] $-4.00 < \beta_m < -1.23$ (11a)

[0107] 另外,进一步期望将条件表达式(2)至(11)的数值范围设置为以下条件表达式(2b)至(11b)的范围。

[0108] $-1.05 < fLCY/f < -0.28$ (2b)

[0109] $0.17 < |fLA/f| < 0.40$ (3b)

[0110] $-0.90 < sk/fLCY < -0.20$ (4b)

[0111] $2.80 < |ESA| < 7.20$ (5b)

[0112] $2.40 < |ESB| < 5.60$ (6b)

[0113] $0.15 < (|MA| + |MB|)/f < 0.47$ (7b)

[0114] $0.63 < Di/f < 1.30$ (8b)

[0115] $0.30 < fL1/f < 2.10$ (9b)

[0116] $0.35 < fI/f < 1.90$ (10b)

[0117] $-3.50 < \beta_m < -1.26$ (11b)

[0118] 接下来,将描述根据每个示例实施例的光学系统的期望的布置。

[0119] 在根据每个示例实施例的光学系统中,被布置在最靠近像面IP位置处的透镜期望

具有正折光力。当被布置在最靠近像面IP位置处的透镜是胶合透镜时,在胶合透镜中最靠近像侧布置的透镜期望具有空气中的正折光力。在诸如微距透镜之类的具有大成像倍率的透镜中,通过从无限远物体向近距离物体聚焦而引起的离轴光线的高度变化很可能比正常透镜的离轴光线的高度变化大。通过将正透镜布置在最靠近像侧的位置处,可以防止出射光瞳过度地接近像面IP。利用该配置,变得可以抑制由聚焦引起的倍率色差和/或畸变像差的变化。

[0120] 另外,当提供更多的聚焦透镜单元时,可以进一步减小由聚焦引起的光学性能的变化,但是透镜的控制变得复杂。另外,用于移动聚焦透镜单元的机构变得复杂,并且光学系统可能变大。因此,期望在每个示例实施例中聚焦时移动的聚焦透镜单元的数量是三个或更少。换句话说,期望聚焦透镜单元的数量是两个或三个。

[0121] 另外,为了进一步缩短总透镜长度,第一透镜单元L1期望具有正折光力。另外,当第一透镜单元L1具有正折光力时,第一聚焦透镜单元LA期望具有负折光力。利用该配置,变得可以适当地校正在第一透镜单元L1中生成的各种类型的像差。

[0122] 另外,在根据每个示例实施例的光学系统中,期望第一聚焦透镜单元LA和第二聚焦透镜单元LB相对于孔径光阑SP被布置在相对侧。更具体地,期望第一聚焦透镜单元LA被布置在孔径光阑SP的光入射侧,并且第二聚焦透镜单元LB被布置在孔径光阑SP的光出射侧。在孔径光阑SP的光入射侧,轴上光线的高度比较高,并且在孔径光阑SP的光出射侧,离轴光线的高度比较高。因此,通过将第一聚焦透镜单元LA和第二聚焦透镜单元LB相对于孔径光阑SP布置在相对侧,变得可以在大范围画面内有效地减小由聚焦引起的光学性能的变化量。

[0123] 另外,第一聚焦透镜单元LA期望包括三个或更多个透镜,这三个或更多个透镜包括负透镜和正透镜。另外,第二聚焦透镜单元LB期望包括两个或更多个透镜,这两个或更多个透镜包括负透镜和正透镜。这是因为通过包括负透镜和正透镜的聚焦透镜单元,可以抑制聚焦时轴上色差和/或倍率色差的生成。

[0124] 另外,第一透镜单元L1期望在聚焦时是不动的。利用该配置,可以减小聚焦时光学系统的重心的偏移,并且增强聚焦时的可操作性。

[0125] 接下来,将详细描述根据每个示例实施例的光学系统。

[0126] 根据第一示例实施例的光学系统从物侧到像侧依次包括: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、包括孔径光阑SP并且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以及具有负折光力的第五透镜单元L5。第二透镜单元L2与第一聚焦透镜单元LA对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。第四透镜单元L4与第二聚焦透镜单元LB对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向物侧移动。第五透镜单元L5与部分光学系统LC对应。根据第一示例实施例的光学系统的横向倍率 β_m 是-2.0。

[0127] 根据第二示例实施例的光学系统从物侧到像侧依次包括: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、孔径光阑SP、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以及具有负折光力的第五透镜单元L5。第二透镜单元L2与第一聚焦透镜单元LA对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。第四透镜单元L4与第二聚焦透镜单元LB对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝

向物侧移动。第五透镜单元L5与部分光学系统LC对应。另外,第三透镜单元L3在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向物侧移动。根据第二示例实施例的光学系统的横向倍率 β_m 是-2.0。

[0128] 根据第三示例实施例的光学系统从物侧到像侧依次包括: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、孔径光阑SP、具有正折光力的第三透镜单元L3、具有负折光力的第四透镜单元L4以及具有正折光力的第五透镜单元L5。第二透镜单元L2与第一聚焦透镜单元LA对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。第三透镜单元L3与第二聚焦透镜单元LB对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向物侧移动。包括第四透镜单元L4和第五透镜单元L5的部分光学系统具有负折光力,并且与部分光学系统LC对应。另外,第四透镜单元L4在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向物侧移动。根据第三示例实施例的光学系统的横向倍率 β_m 是-1.5。

[0129] 根据第四示例实施例的光学系统从物侧到像侧依次包括: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、包括孔径光阑SP并且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、具有负折光力的第五透镜单元L5、具有负折光力的第六透镜单元L6、具有负折光力的第七透镜单元L7以及具有负折光力的第八透镜单元L8。第二透镜单元L2与第一聚焦透镜单元LA对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。第四透镜单元L4与第二聚焦透镜单元LB对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向物侧移动。第五至第八透镜单元L5至L8总体上具有负折光力,并且与部分光学系统LC对应。另外,第五透镜单元L5在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向物侧移动,并且第七透镜单元L7在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。根据第四示例实施例的光学系统的横向倍率 β_m 是-2.8。

[0130] 根据第五示例实施例的光学系统从物侧到像侧依次包括: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、包括孔径光阑SP并且具有正折光力的第三透镜单元L3、具有负折光力的第四透镜单元L4以及具有负折光力的第五透镜单元L5。第二透镜单元L2与第一聚焦透镜单元LA对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。第四透镜单元L4与第二聚焦透镜单元LB对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。第五透镜单元L5与部分光学系统LC对应。根据第五示例实施例的光学系统的横向倍率 β_m 是-1.5。

[0131] 根据第六示例实施例的光学系统从物侧到像侧依次包括: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、包括孔径光阑SP并且具有正折光力的第三透镜单元L3、具有负折光力的第四透镜单元L4以及具有负折光力的第五透镜单元L5。第二透镜单元L2与第一聚焦透镜单元LA对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。第四透镜单元L4与第二聚焦透镜单元LB对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。第五透镜单元L5与部分光学系统LC对应。另外,第五透镜单元L5在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。根据第六示例实施例的光学系统的横向倍率 β_m 是-2.0。

[0132] 根据第七示例实施例的光学系统从物侧到像侧依次包括:具有负折光力的第一透镜单元L1、具有正折光力的第二透镜单元L2、包括孔径光阑SP并且具有负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以及具有负折光力的第五透镜单元L5。第二透

镜单元L2与第一聚焦透镜单元LA对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向物侧移动。第四透镜单元L4与第二聚焦透镜单元LB对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向物侧移动。第五透镜单元L5与部分光学系统LC对应。根据第七示例实施例的光学系统的横向倍率 β_m 是-1.3。

[0133] 根据第八示例实施例的光学系统从物侧到像侧依次包括:具有正折光力的第一透镜单元L1、具有正折光力的第二透镜单元L2、包括孔径光阑SP并且具有负折光力的第三透镜单元L3、具有负折光力的第四透镜单元L4以及具有负折光力的第五透镜单元L5。第二透镜单元L2与第一聚焦透镜单元LA对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向物侧移动。第四透镜单元L4与第二聚焦透镜单元LB对应,并且在从无限远物体向近距离物体聚焦时朝向像侧移动。第五透镜单元L5与部分光学系统LC对应。根据第八示例实施例的光学系统的横向倍率 β_m 是-1.5。

[0134] 下面将描述分别与第一至第八示例实施例对应的数值示例1至8。

[0135] 在每个数值示例的表面数据中,“r”表示每个光学表面的曲率半径,并且“d”(mm)表示在第m个表面和第(m+1)个表面之间的轴上间隔(在光轴上的距离)。这里,“m”表示从光入射侧数起的表面的序号。另外,“nd”表示每个光学组件相对于d线的折射率,并且“vd”表示每个光学组件的阿贝数。

[0136] 另外,在每个数值示例中,“d”、焦距(mm)、F数和半场角(°)的所有值是当根据每个示例实施例的光学系统是在无限远物体上的对焦状态时而获得的值。后焦距BF是从最后透镜表面到像面的距离。总透镜长度是通过将后焦距与从第一透镜表面到最后透镜表面的距离相加而获得的值。

[0137] 另外,在每个数值示例中,非球面形状的透镜表面是由在表面编号之后添加的星号(*)来指示的。另外,非球面表面数据中的“e±P”是指“ $\times 10^{\pm P}$ ”。光学表面的非球面表面形状由以下表达式(A)来表示:

$$[0138] x = (h^2/R) / [1 + \{1 - (1+k) (h/R)^2\}^{1/2}] + A4 \times h^4 + A6 \times h^6 + A8 \times h^8 \quad (A),$$

[0139] 其中,x是在光轴方向上距表面顶点的位移量,h是在与光轴方向垂直的方向上距光轴的高度,R是近轴曲率半径,k是圆锥常数,以及A4、A6和A8是非球面表面系数。

[0140] [数值示例1]

[0141] 单位:mm

[0142] 表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1	115.041	4.96	2.00069	25.5
2	-298.226	1.20	1.53172	48.8
3	40.529	3.20		
4	76.747	6.59	1.59522	67.7
5	-118.732	0.15		
6	130.015	7.45	1.60311	60.6
7	-46.212	1.20	2.00069	25.5
8	-374.729	0.20		
9	39.827	6.48	1.49700	81.5
10	-98.026	(可变)		
11	-142.559	1.20	1.83481	42.7
12	33.718	3.80		
[0143]	13	-73.427	1.20	1.74320
	14	33.507	4.63	1.80810
	15	∞	(可变)	
	16	∞	0.20	
	17 (光阑)	∞	1.11	
	18	328.213	3.59	1.61997
	19	-59.848	(可变)	
	20	69.543	4.29	1.59522
	21	-76.731	0.20	
	22	61.230	5.38	1.60300
	23	-38.999	2.00	1.76182
	24	-310.133	(可变)	
[0144]	25	633.353	1.20	1.80100
	26	27.848	2.84	
	27	35.158	1.38	1.48749
	28	40.315	2.85	1.48749
	29	165.151	6.60	
	30	-103.219	4.57	1.80810
	31	-24.960	1.20	1.48749
	32	44.976	8.95	
	33	-21.059	1.20	1.61800
	34	-56.682	0.20	
	35	58.438	4.39	1.60311
	36	-447.212	23.38	
	37	∞	1.50	1.51633
	38	∞	0.37	
像面		∞		
[0145]		各种类型的数据		

焦距	99.70
F数	2.92
半场角	12.24
(°)	
像高	21.64
总透镜	164.46

[0146] 长度

后焦距	24.74			
倍率	∞	-1.0	-1.2	-2.0
d10	1.00	11.11	13.35	21.24
d15	21.24	11.13	8.90	1.00
d19	22.07	10.70	8.33	1.00
d24	1.00	12.36	14.74	22.07

[0147] 透镜单元数据

单元	开始表面	焦距
1	1	41.49
2	11	-25.11
3	16	81.94
4	20	41.27
5	25	-31.63

[0149] [数值示例2]

[0150] 单位:mm

[0151] 表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1	85.290	5.22	1.91650	31.6
2	-257.004	2.93	1.57135	53.0
3	38.839	1.99		
4	57.219	6.93	1.43875	94.9
5	-99.117	0.10		

6	90.064	6.53	1.53775	74.7
7	-49.382	0.97	2.00100	29.1
8	-279.109	0.10		
9	36.255	6.06	1.43875	94.9
10	-103.644	(可变)		
11	-201.431	0.95	1.81600	46.6
12	30.483	4.64		
13	-93.270	0.97	1.59282	68.6
14	32.887	4.07	1.78472	25.7
15	227.240	(可变)		
16	∞	0.47		
17 (光阑)	∞	(可变)		
18	686.622	4.34	1.53775	74.7
19	-53.732	(可变)		
20	62.211	4.29	1.43875	94.9
21	-76.198	0.07		
[0153]	93.757	4.03	1.53775	74.7
23	-45.927	1.82	1.75520	27.5
24	-153.709	(可变)		
25	311.541	4.40	1.80610	33.3
26	32.686	1.36		
27	35.676	2.98	1.64000	60.1
28	43.556	5.00	1.95906	17.5
29	50.034	4.71		
30	-1008.598	5.03	1.64769	33.8
31	-22.613	2.00	1.51633	64.1
32	57.920	9.80		
33	-20.232	1.68	1.53775	74.7
34	-105.272	0.20		
35	68.348	5.72	1.75500	52.3
36	-260.009	22.00		
37	∞	1.50	1.51633	64.1
38	∞	0.36		
像面	∞			
[0154]	各种类型的数据			
	焦距	111.55		
	F数	2.92		
	半场角 (°)	10.98		
	像高	21.64		
[0155]	总透镜长度	170.07		
	后焦距	23.35		
	倍率	∞ -1.0 -1.2 -2.0		
	d10	0.10 9.20 11.25 17.74		
	d15	18.64 9.53 7.49 1.00		

	d17	10.24	6.88	5.71	1.00
[0156]	d19	17.27	5.91	4.44	0.10
	d24	1.12	15.83	18.48	27.53

[0157] 透镜单元数据

单元	开始表面	焦距
	1	42.28
[0158]	2	-28.07
	3	92.86
	4	54.36
	5	-35.12

[0159] [数值示例3]

[0160] 单位:mm

[0161] 表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1	114.017	4.02	1.83481	42.7
2	-129.357	1.22		
3	41.490	4.73	1.43875	94.9
4	-152.883	0.63		
5	-91.942	0.70	1.96300	24.1
6	120.327	0.19		
7	33.297	4.00	1.43875	94.9
8	-220.670	(可变)		
9	-1358.413	0.98	1.75500	52.3
10	23.285	3.61		
11	-227.223	0.99	1.63930	44.9
12	23.180	3.58	1.85896	22.7
13	106.679	(可变)		
14	∞	0.48		
[0162]	15 (光阑)	∞	(可变)	
	16	75.913	5.01	1.49700 81.5
	17	-49.042	0.04	
	18	44.446	6.98	1.49700 81.5
	19	-38.982	1.60	1.62004 36.3
	20	-169.950	(可变)	
	21	111.697	2.72	1.75500 52.3
	22	23.318	(可变)	
	23	32.386	6.14	2.00100 29.1
	24	125.586	1.30	1.80810 22.8
	25	34.640	7.32	
	26	-25.350	1.20	1.59282 68.6
	27	-266.543	0.51	
	28	51.360	8.18	1.49700 81.5
	29	-75.306	25.12	

	30	∞	1.50	1.51633	64.1
[0163]	31	∞	0.37		
	像面	∞			
[0164]	各种类型的数据				
	焦距		87.55		
	F 数		2.92		
	半场角 (°)		13.88		
	像高		21.64		
	总透镜长度		142.88		
[0165]	后焦距		26.49		
	倍率	∞	-1.0	-1.2	-1.5
	d8	0.26	10.40	11.57	12.92
	d13	13.83	3.70	2.52	1.18
	d15	25.22	8.68	5.57	0.99
	d20	7.91	20.96	24.57	29.95
	d22	3.03	6.51	6.02	5.22
[0166]	透镜单元数据				
[0167]	单元	开始表面	焦距		
	1	1	42.79		
	2	9	-28.65		
	3	16	36.08		
	4	21	-39.56		
	5	23	195.21		
[0168]	[数值示例4]				
[0169]	单位:mm				
[0170]	表面数据				
[0171]	表面编号	r	d	nd	vd
	1	74.790	5.74	1.91082	35.3
	2	-307.571	1.62	1.53775	74.7
	3	38.330	1.90		
	4	53.851	7.31	1.43875	94.9
	5	-93.659	0.07		
	6	59.550	7.10	1.43875	94.9
	7	-44.235	0.95	2.00069	25.5
	8	-164.661	0.10		
	9	43.409	4.59	1.49700	81.5
	10	-86.408	(可变)		
	11	-122.734	0.97	1.85150	40.8
	12	26.875	3.96		
	13	-59.975	0.92	1.69680	55.5
	14	28.933	3.57	1.85896	22.7
	15	229.535	(可变)		

16	∞	0.37		
17 (光阑)	∞	0.88		
18	5369.938	3.54	1.59282	68.6
19	-56.682	(可变)		
20	87.558	4.96	1.43875	94.9
21	-53.346	-0.05		
22	40.433	6.61	1.43875	94.9
23	-47.075	1.19	1.73800	32.3
24	-111.190	(可变)		
25	28.369	1.81	1.75700	47.8
26	20.367	(可变)		
[0172]	33.781	4.65	1.67270	32.1
28	-887.252	2.88	2.00069	25.5
29	40.642	(可变)		
30	-48.362	6.01	2.00069	25.5
31	-34.690	2.50	1.51823	58.9
32	-172.798	(可变)		
33	-38.708	1.33	1.72916	54.7
34	73.913	0.18		
35	46.440	5.51	1.85478	24.8
36	320.700	25.00		
37	∞	1.50	1.51633	64.1
38	∞	0.38		
像面	∞			

[0173] 各种类型的数据

焦距		97.07		
F 数		2.92		
半场角 (°)		12.56		
像高		21.64		
总透镜长度		177.88		
后焦距		26.37		
倍率	∞	-1.0	-1.2	-2.8
d10	0.12	8.75	10.64	19.95
d15	20.83	12.19	10.31	1.00
d19	33.88	19.61	16.97	1.00
d24	0.22	9.03	10.81	24.21
d26	2.87	8.33	9.19	11.77
d29	3.91	8.34	8.79	8.30
d32	8.50	4.07	3.62	4.11

[0175] 透镜单元数据

单元	开始表面	焦距		
[0176]	1	37.25		
	2	-19.88		
	3	94.64		
[0177]	4	41.79		
	5	-105.69		
	6	-333.13		
[0178]	7	-369.69		
	8	-77.66		
	[数值示例5]			
[0179]	单位:mm			
[0180]	表面数据			
表面编号	r	d	nd	vd
1	237.159	3.97	1.59522	67.7
2	-138.265	0.14		
3	70.172	4.92	1.59522	67.7
4	-213.463	1.27		
5	-136.032	1.19	1.80810	22.8
6	184.319	0.19		
7	31.946	4.06	1.80810	22.8
8	26.285	1.23		
9	33.957	4.15	1.59522	67.7
10	2307.010	(可变)		
11	-309.389	0.99	1.88300	40.8
12	31.039	5.19		
13	-63.445	0.84	1.76385	48.5
14	42.029	3.79	1.80810	22.8
15	-93.464	(可变)		
[0181]	16 (光阑)	∞	3.00	
	17	925.313	5.66	1.48749 70.2
	18	-36.874	3.01	
[0182]	19	42.040	5.55	1.65160 58.5
	20	-70.827	1.10	1.96300 24.1
	21	-144.265	(可变)	
[0183]	22	-42.225	1.13	1.73400 51.5
	23	61.187	7.78	
	24	1917.613	4.80	1.76385 48.5
[0184]	25	-36.897	(可变)	
	26	-50.032	4.00	2.00069 25.5
	27	124.454	0.02	
[0185]	28	110.649	4.55	1.48749 70.2
	29	-254.409	21.52	
	30	∞	1.50	1.51633 64.1
[0186]	31	∞	0.50	
	像面	∞		

[0182] 各种类型的数据

[0183] 焦距 87.51

F 数 2.92

半场角 (°) 13.89

像高 21.64

总透镜长度 156.89

[0184] 后焦距 23.01

倍率 ∞ -1.0 -1.2 -1.5

d10 0.94 21.82 25.73 30.69

d15 31.40 10.51 6.60 1.64

d21 1.74 18.16 21.53 28.05

d25 27.29 10.87 7.49 0.97

[0185] 透镜单元数据

单元 开始表面 焦距

1 1 50.01

[0186] 2 11 -30.25

3 16 32.88

4 22 -589.89

5 26 -46.20

[0187] [数值示例6]

[0188] 单位:mm

[0189] 表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1	500.000	3.41	1.59282	68.6
2	-157.319	0.10		
3	50.189	5.30	1.72916	54.7
4*	-986.012	1.29		
5	-219.904	1.06	1.92286	20.9
6	228.546	0.03		
7	117.713	1.36	2.00069	25.5
8	49.166	-0.07		
9	41.015	6.89	1.59522	67.7
10	-83.063	(可变)		
[0190]	11	1295.851	0.94	1.81600 46.6
	12	29.227	5.23	
	13	-55.392	0.63	1.69350 50.8
	14	29.582	4.14	1.92286 20.9
	15	539.950	(可变)	
	16 (光阑)	∞	1.79	
	17	106.286	5.53	1.59522 67.7
	18*	-43.684	3.02	
	19	62.655	6.12	1.59522 67.7
	20	-30.037	0.94	2.00069 25.5
	21	-54.423	(可变)	
	22	-42.852	1.08	1.59282 68.6
	23	40.106	20.65	
	24	-181.857	4.82	1.69930 51.1
	25	-34.638	(可变)	
	26	-66.535	1.19	2.00069 25.5
[0191]	27	94.110	1.29	
	28	94.110	3.22	1.48749 70.2
	29	-300.000	12.27	
	30	∞	1.50	1.51633 64.1
	31	∞	0.44	
	像面	∞		
[0192]	非球面表面数据			
[0193]	第四表面			
[0194]	$K=0.00000e+000 A4=2.58513e-006 A6=-4.47243e-010 A8=1.68012e-012$			
[0195]	第十八表面			
[0196]	$K=0.00000e+000 A4=9.95902e-007 A6=-3.39682e-011 A8=-1.43118e-012$			
[0197]	各种类型的数据			

焦距	87.58	
F 数	2.92	
半场角 (°)	13.88	
像高	21.64	
总透镜长度	161.43	
[0198] 后焦距	13.70	
倍率	∞ -1.0 -1.2 -2.0	
d10	0.61 15.16 18.12 27.53	
d15	28.36 13.81 10.84 1.43	
d21	0.97 17.91 21.81 38.44	
d25	37.8 20.91 17.01 0.98	
[0199] 透镜单元数据		
单元	开始表面	焦距
1	1	47.55
[0200] 2	11	-28.82
3	16	31.66
4	22	-1815.99
5	26	-53.75
[0201]	[数值示例7]	
[0202]	单位:mm	
[0203]	表面数据	

表面编号	r	d	nd	vd
1	50.145	5.00	1.43875	94.9
2	-681.596	2.00	1.65412	39.7
3	60.273	(可变)		
4	41.198	5.90	1.88300	40.8
5	-591.996	0.11		
6*	48.387	1.11	1.96300	24.1
7	24.644	7.20	1.59522	67.7
8	-440.997	(可变)		
9	-262.028	1.11	1.65160	58.5
10	16.355	4.56	1.80810	22.8
11	27.780	3.29		
12	∞	0.36		
[0204]	13 (光阑)	∞	0.79	
	14	-406.850	0.80	1.61800 63.3
	15	46.406	(可变)	
	16*	105.635	1.38	1.85896 22.7
	17	24.111	8.22	1.89190 37.1
	18	-39.767	(可变)	
	19	103.411	1.18	1.96300 24.1
	20	32.474	14.43	
	21	-25.796	4.50	1.91650 31.6
	22	-78.407	0.19	
	23	-323.723	8.89	1.72825 28.5
	24	-29.595	29.07	
	25	∞	1.50	1.51633 64.1
	26	∞	0.30	
	像面	∞		
[0205]	非球面表面数据			
[0206]	第六表面			
[0207]	$K=0.00000e+000$ $A4=-2.44854e-006$ $A6=-1.45860e-009$ $A8=-3.67049e-012$			
[0208]	第十六表面			
[0209]	$K=0.00000e+000$ $A4=-8.81694e-006$ $A6=-2.05356e-009$ $A8=-7.47750e-012$			
[0210]	各种类型的数据			
	焦距	100.00		
[0211]	F数	2.92		
	半场角 (°)	12.21		

像高	21.64
总透镜长度	133.45
后焦距	30.36
[0212] 倍率	∞ -1.0 -1.2 -1.3
d3	14.84 2.70 0.99 0.18
d8	0.82 12.96 14.66 15.48
d15	14.96 9.21 6.56 5.27
d18	1.46 7.21 9.87 11.15

[0213] 透镜单元数据

组	开始表面	焦距
1	1	-508.03
[0214] 2	4	34.65
3	9	-26.54
4	16	32.41
5	19	-100.11

[0215] [数值示例8]

[0216] 单位:mm

[0217] 表面数据

表面编号	r	d	nd	vd
1	309.543	6.87	1.60342	38.0
2	-56.853	1.50	1.91082	35.3
3	-337.400	0.20		
4	706.618	4.04	1.59282	68.6
5	-103.752	0.19		
6	36.947	3.80	1.78472	25.7
7	61.026	4.20		
8	45.266	1.29	2.00069	25.5
9	28.449	(可变)		
10	31.551	1.19	2.00069	25.5
11	23.542	5.24	1.59522	67.7
[0218] 12	122.935	0.29		
13	39.982	3.78	1.59522	67.7
14	-576.650	(可变)		
15 (光阑)	∞	2.03		
16	-46.435	1.20	1.80440	39.6
17	30.267	3.88		
18	-2325.853	3.71	1.74077	27.8
19	-32.818	2.99	1.48749	70.2
20	-26.802	(可变)		
21	-80.286	4.50	1.91082	35.3
22	-17.723	1.07	1.60342	38.0
23	76.812	(可变)		
24	-20.525	1.19	1.91082	35.3

	25	-75.757	1.44	1.85896	22.7				
	26	-66.498	1.18						
	27*	37.095	4.00	1.80810	22.8				
[0219]	28	55.754	4.51	1.51633	64.1				
	29	-314.637	22.22						
	30	∞	1.50	1.51633	64.1				
	31	∞	0.47						
	像面	∞							
[0220]	非球面表面数据								
[0221]	第二十七表面								
[0222]	K=0.00000e+000	A4=-7.61233e-006	A6=7.25390e-009	A8=-5.55141e-012					
[0223]	各种类型的数据								
	焦距		118.66						
	F 数		2.92						
	半场角 (°)		10.33						
	像高		21.64						
	总透镜长度		137.11						
[0224]	后焦距		23.67						
	倍率	∞	-1.0	-1.2	-1.5				
	d9	24.22	8.79	5.95	1.83				
	d14	0.47	15.90	18.73	22.86				
	d20	7.28	12.66	15.00	19.81				
	d23	17.18	11.79	9.46	4.64				
[0225]	透镜单元数据								
	组	开始表面		焦距					
	1	1		237.94					
[0226]	2	10		39.94					
	3	15		-98.01					
	4	21		-637.80					
	5	24		-100.04					
[0227]	下面提供的表1中列出了每个数值示例中的各种值。								
[0228]	表1								
[0229]	N.E.=数值示例								

			N.E. 1	N.E. 2	N.E. 3	N.E. 4	N.E. 5	N.E. 6	N.E. 7	N.E. 8
[0230]	条件表达式 (1)	fLCX/fX	-0.70	-0.78	0.68	-0.70	-1.01	-1.24	-1.47	-2.19
	条件表达式(2)	fLCY/f	-0.32	-0.31	-0.37	-0.32	-0.53	-0.61	-1.00	-0.84

[0231]	条件表达式(3)	$ f_{LA}/f $	0.25	0.25	0.33	0.20	0.35	0.33	0.35	0.34
	条件表达式(4)	sk/f_{LCY}	-0.78	-0.64	-0.82	-0.84	-0.50	-0.25	-0.30	-0.24
	条件表达式(5)	$ ESA $	5.48	6.83	4.09	6.11	2.85	3.12	6.29	7.04
	条件表达式(6)	$ ESB $	5.57	4.24	3.80	4.98	2.46	3.59	4.24	3.98
	条件表达式(7)	$(MA + MB)/f$	0.22	0.21	0.30	0.24	0.43	0.36	0.18	0.18
	条件表达式(8)	Di/f	1.01	0.97	1.19	1.22	1.06	1.17	0.88	0.68
	条件表达式(9)	f_{L1}/f	0.42	0.38	0.49	0.38	0.57	0.54	-	2.01
	条件表达式(10)	f_{I}/f	0.86	0.65	0.72	0.65	1.82	1.68	0.44	0.78
	条件表达式(11)	β_m	-2.00	-2.00	-1.50	-2.80	-1.50	-2.00	-1.30	-1.50

[0232] [成像装置]

[0233] 接下来,将参考图17描述使用根据本发明的示例实施例之一的光学系统作为成像光学系统的数字静态相机(成像装置)。在图17中,数字静态相机包括相机主体10以及包括在第一至第八示例实施例中描述的光学系统中的任一个的成像光学系统11。数字静态相机还包括诸如CCD传感器或CMOS传感器之类的固态图像传感器(光电转换器件)12,该固态图像传感器12被嵌入在相机主体10中并且接收并光电转换由成像光学系统11形成的光学图像。相机主体10可以是包括快速复原反射镜的所谓的单透镜反射相机,或者可以是不包括即时复原反射镜的所谓的无反射镜相机。

[0234] 以这种方式,通过将根据本发明示例实施例的光学系统用于诸如数字静态相机之类的成像装置,可以以等倍或更大的成像倍率来执行图像捕获,并且可以获得具有高光学性能的紧凑的成像装置。

[0235] 在上文中,已经描述了本发明的示例实施例,但是本发明不限于这些示例实施例,并且可以在本发明的范围内进行各种组合、修改和改变。

[0236] 根据本发明的示例实施例,可以实现紧凑的光学系统,该光学系统具有高光学性能并且能够以等倍或更大的成像倍率来执行图像捕获。

[0237] 尽管已经参考示例实施例描述了本发明,但是应当明白本发明不限于所公开的示例实施例。以下权利要求的范围应被赋予最广泛的解释,以包含所有这样的修改以及等同的结构和功能。

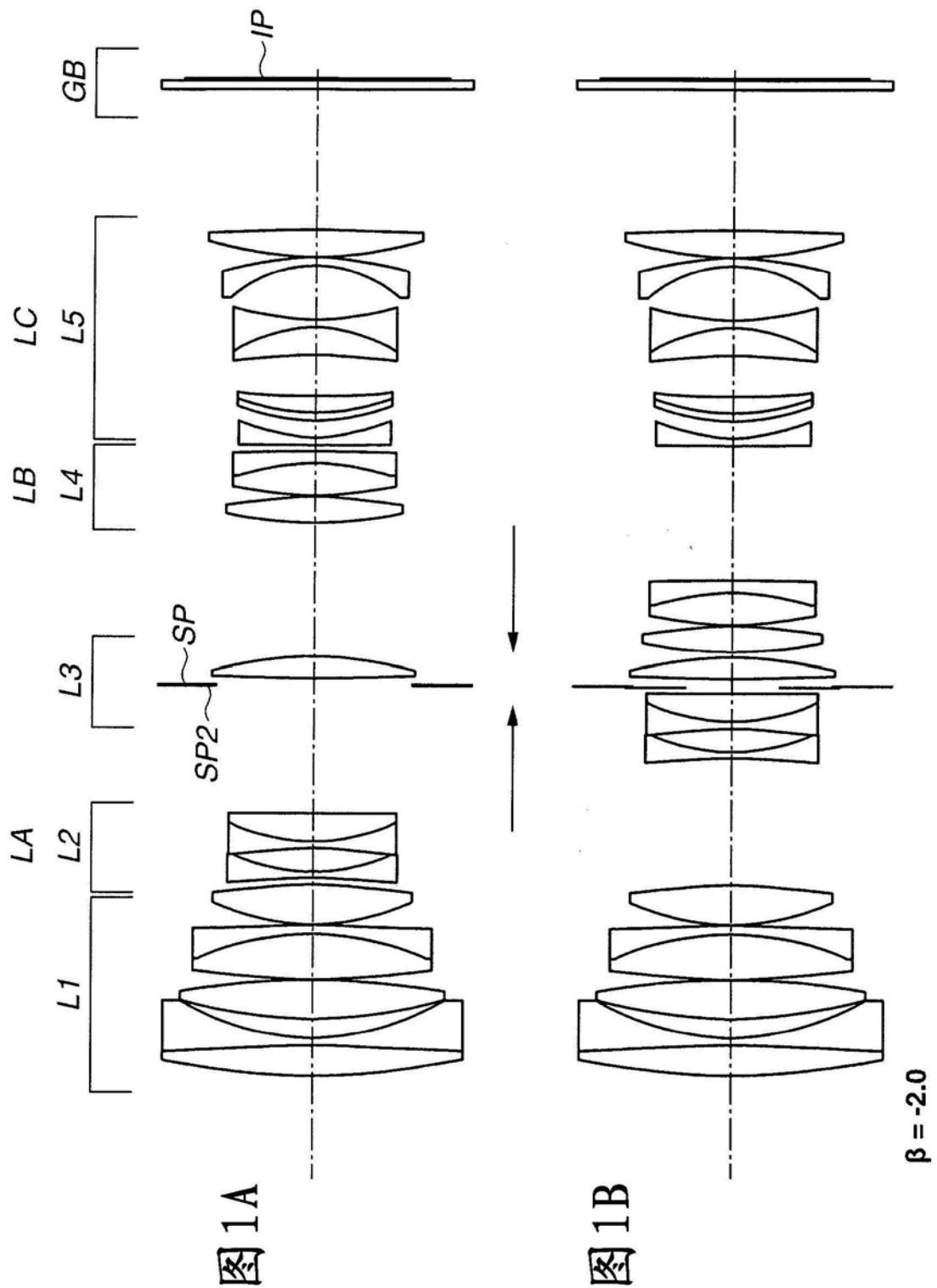


图 1A

图 1B

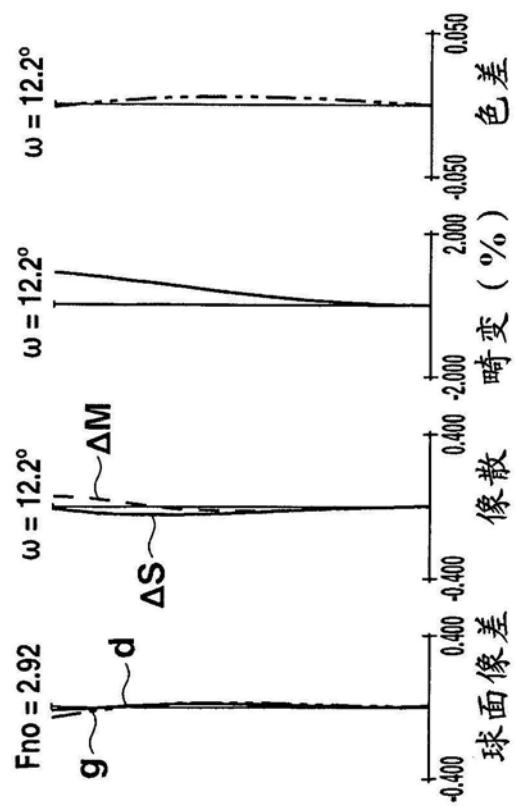


图2A

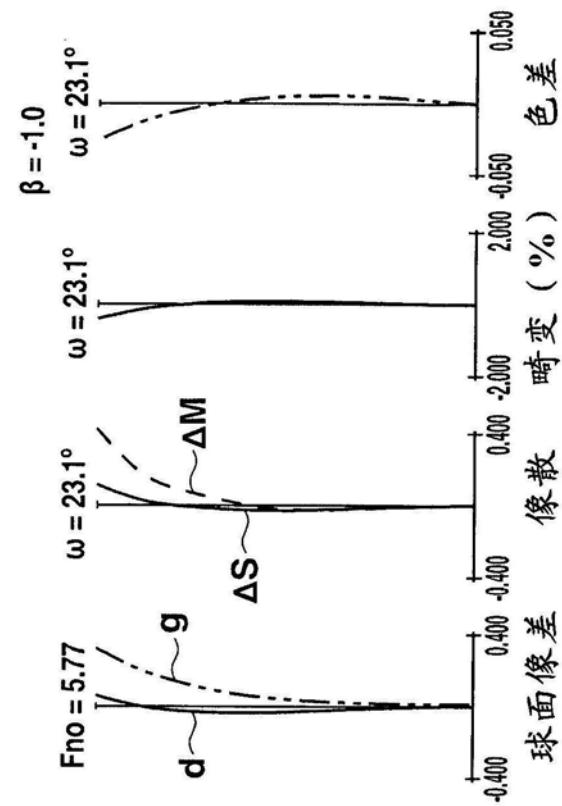


图2B

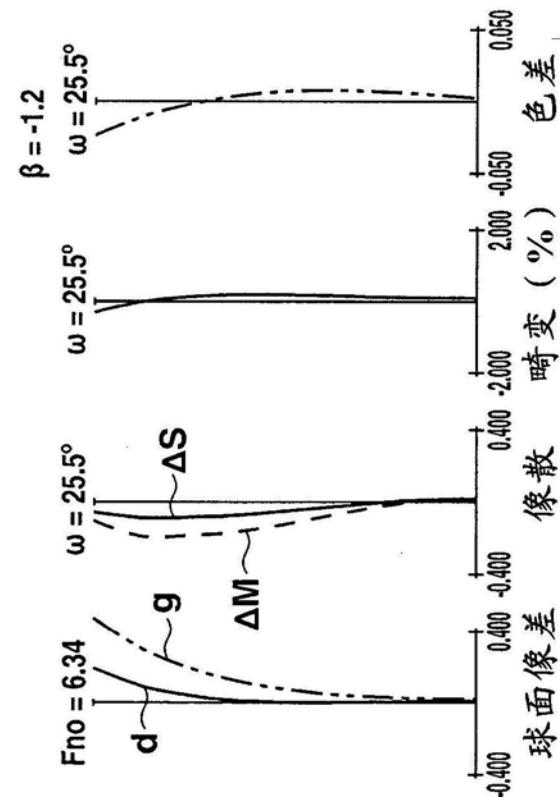


图2C

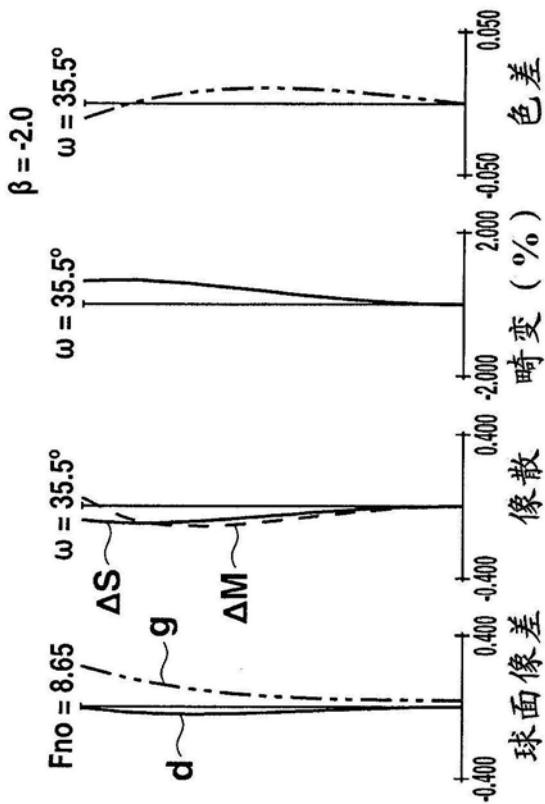
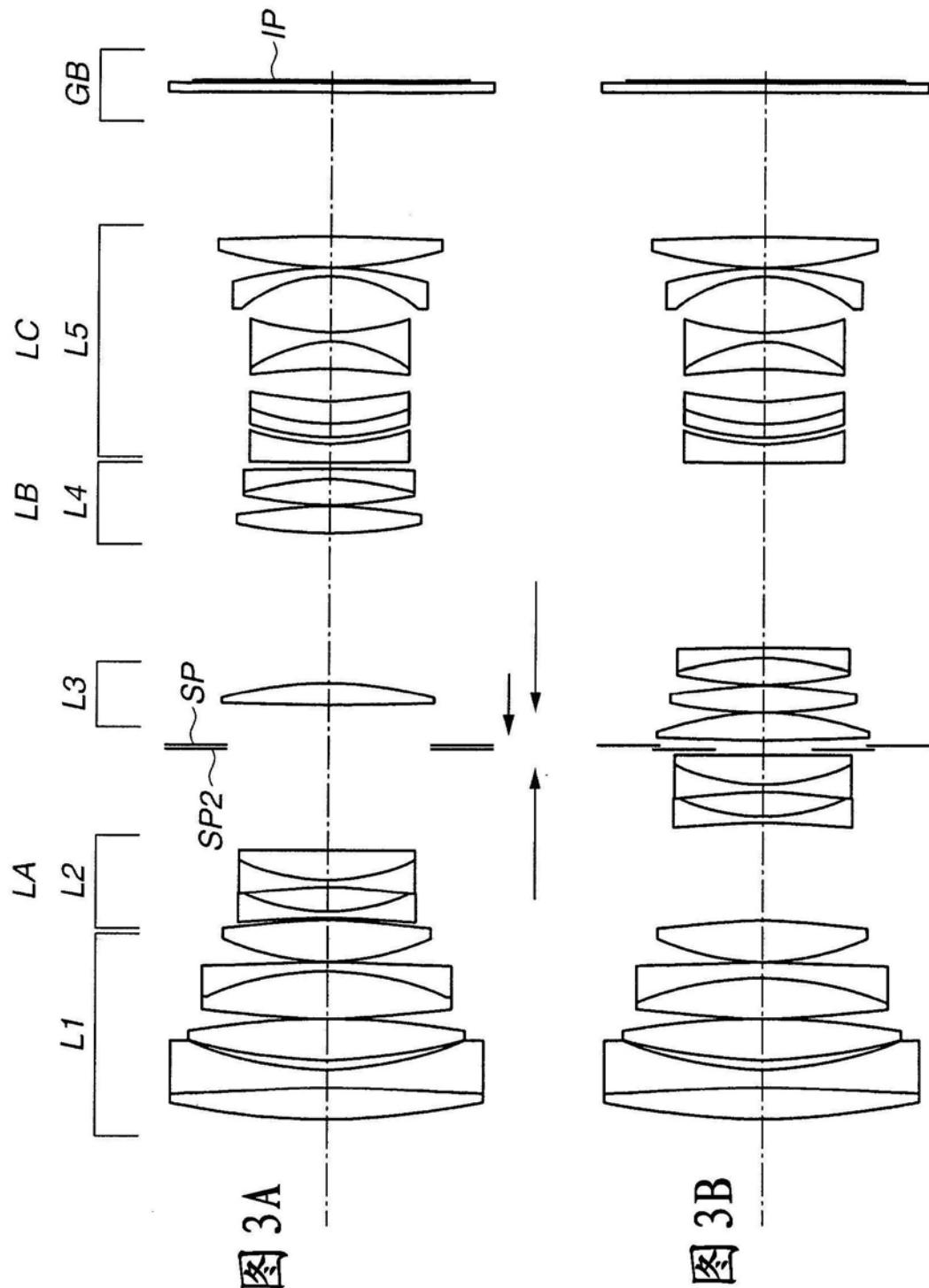


图2D



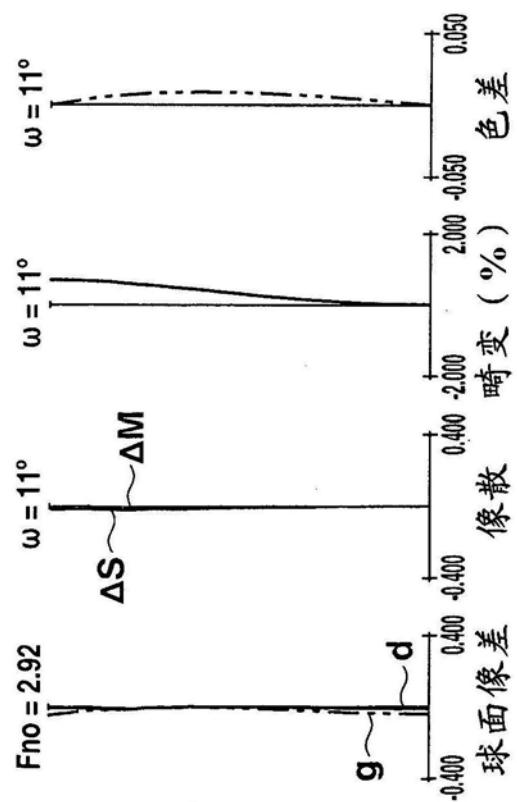


图4A

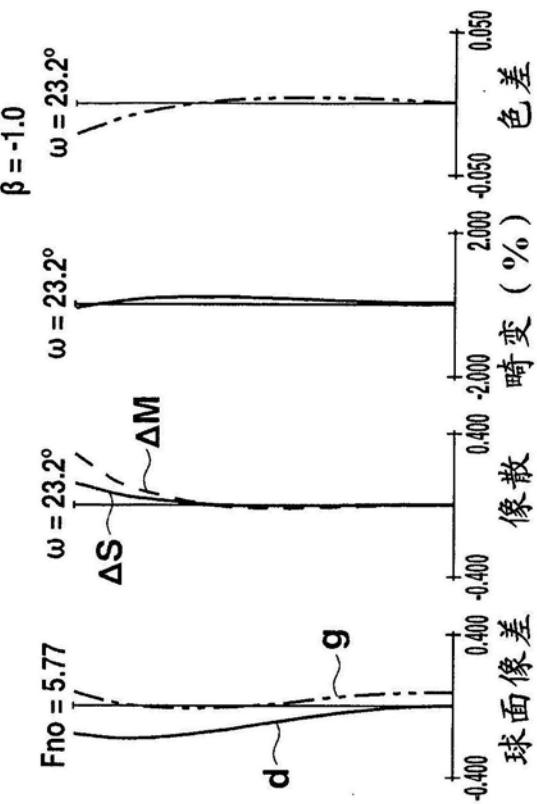


图4B

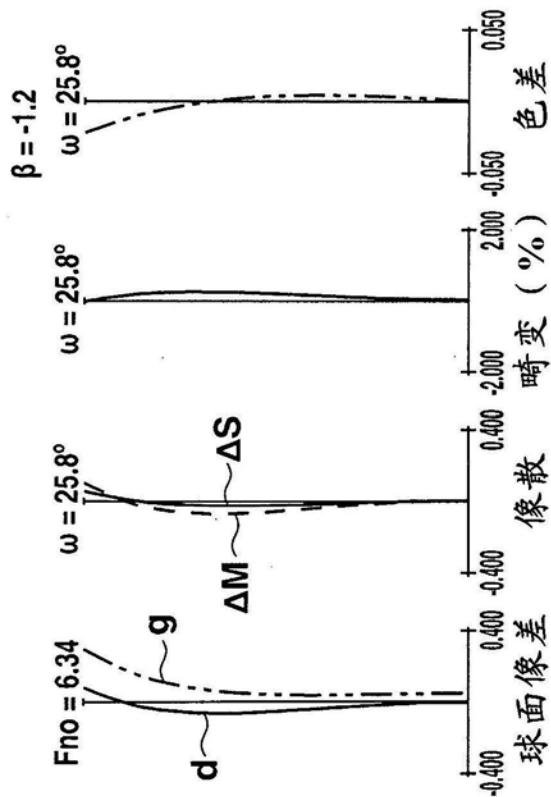


图4C

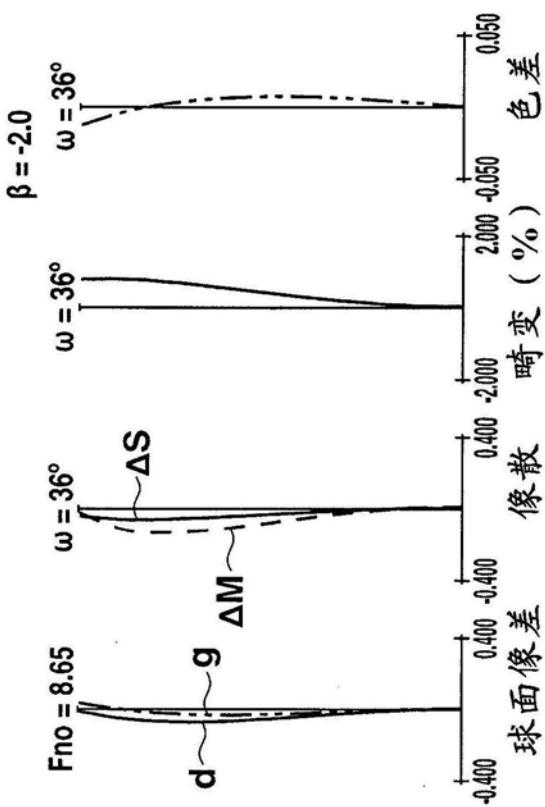
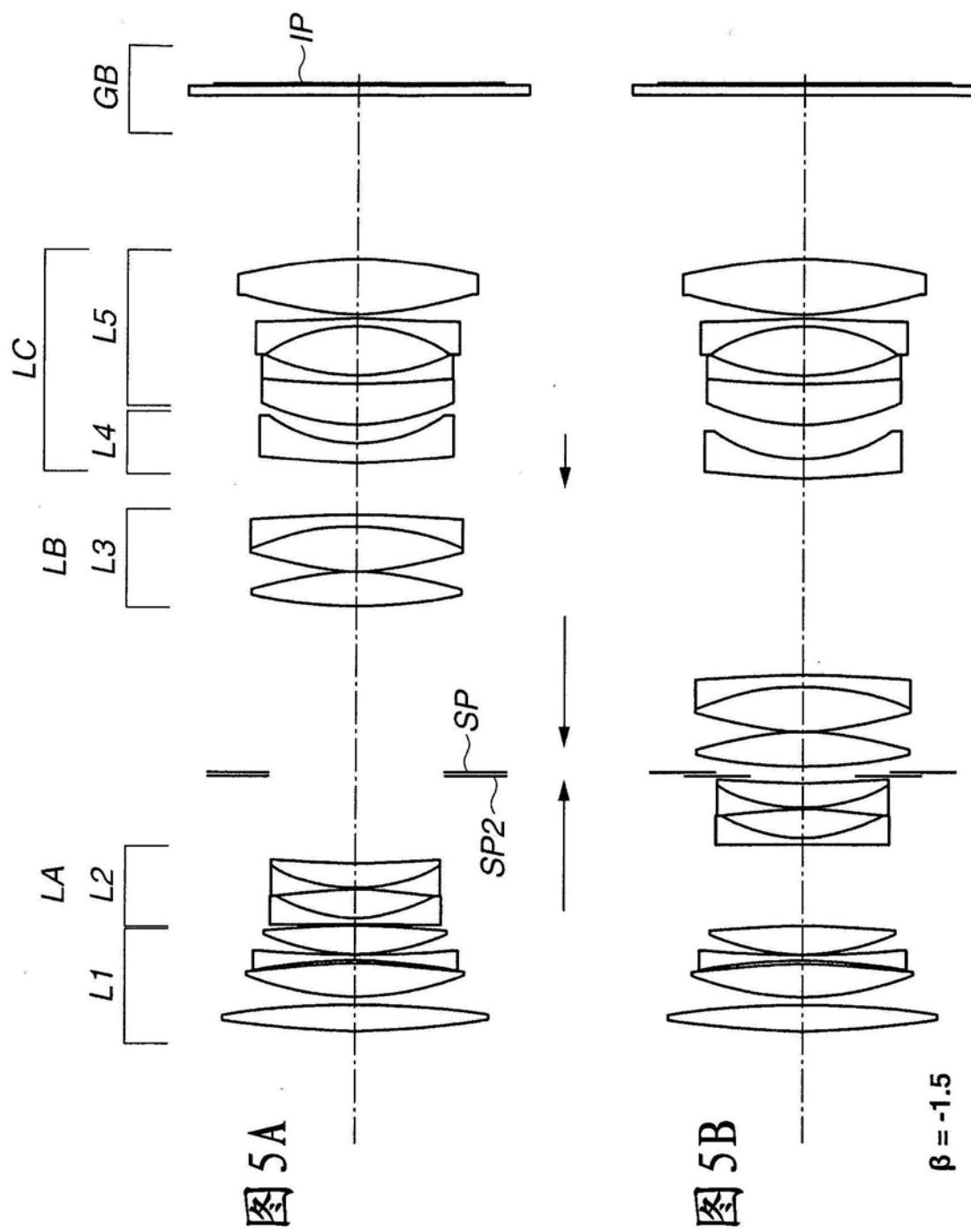


图4D



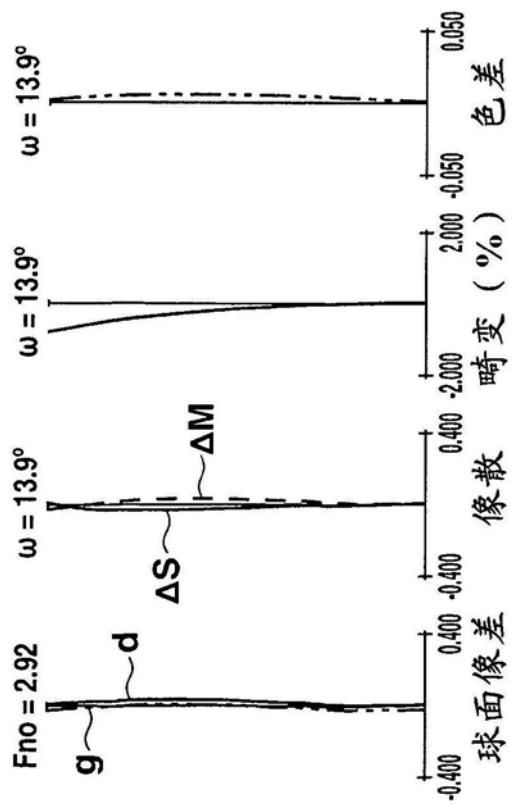


图6A

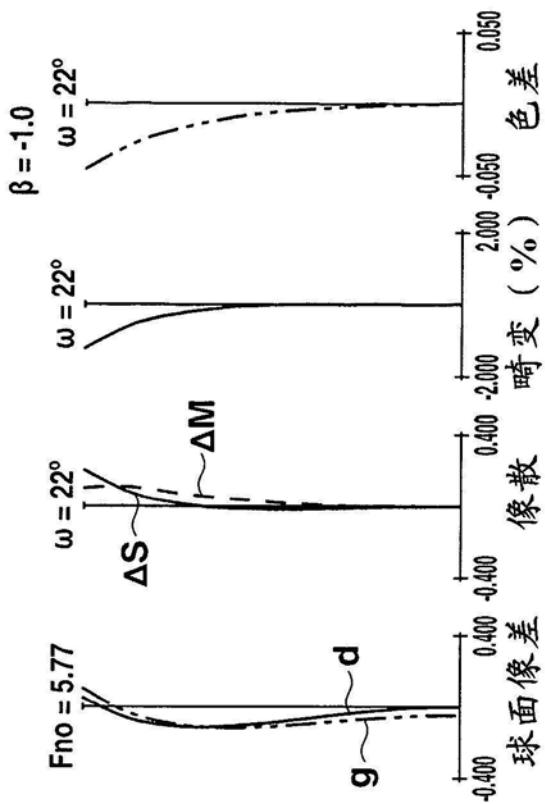


图6B

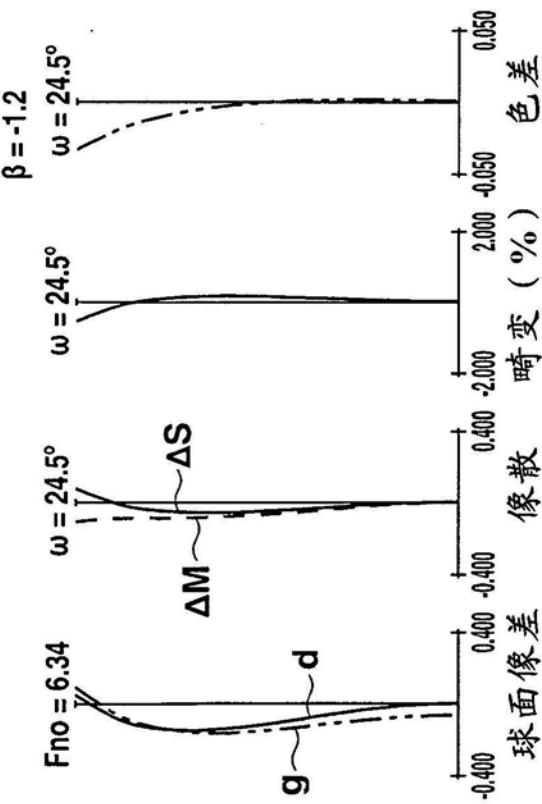


图6C

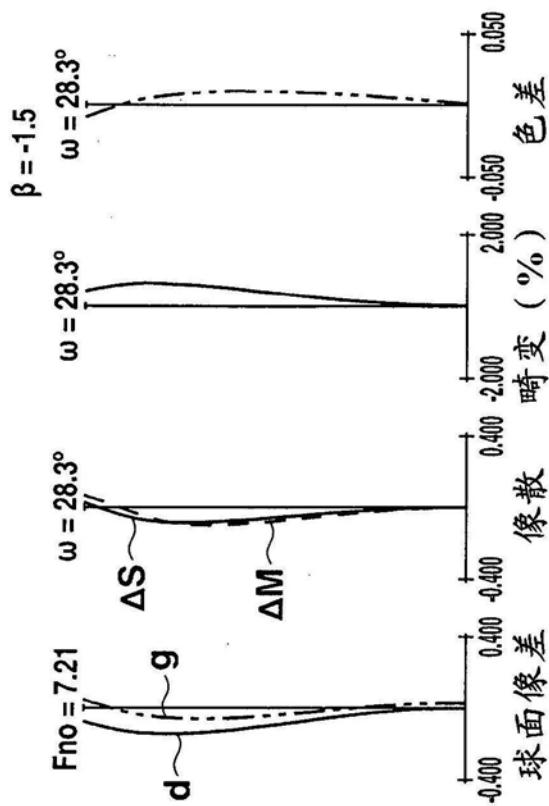
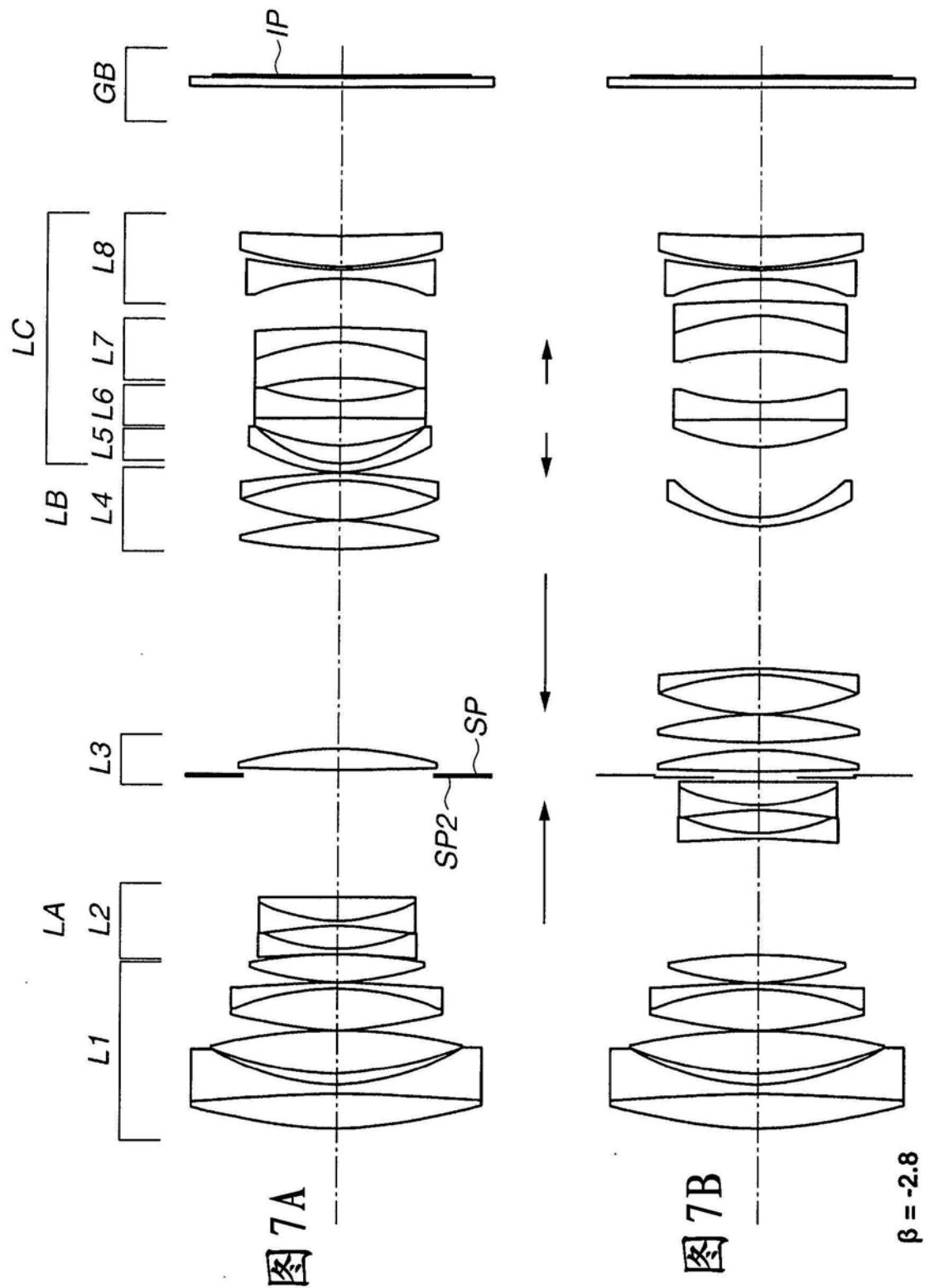


图6D



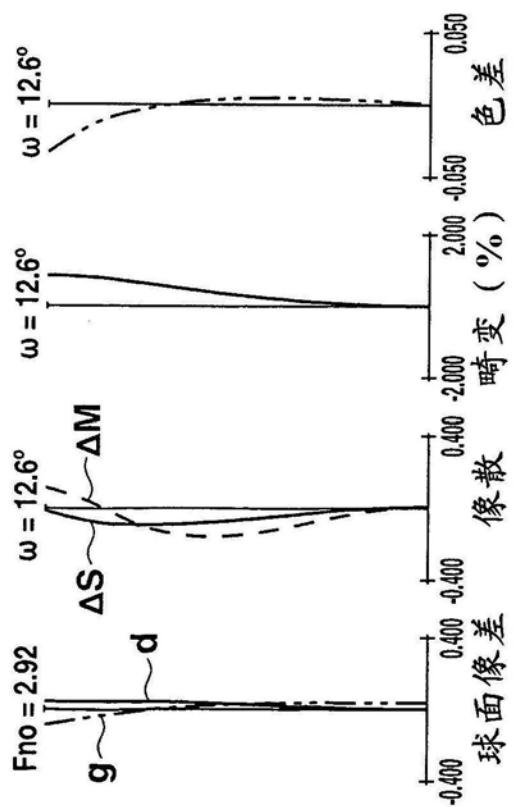


图8A

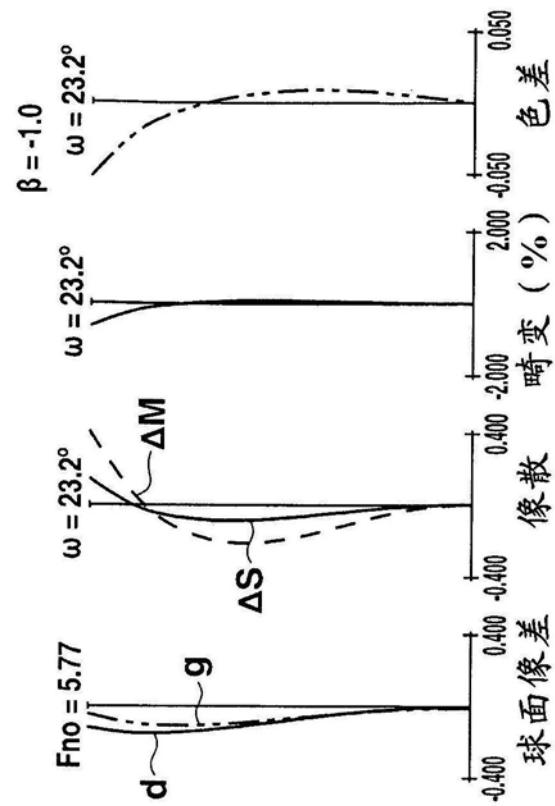


图8B

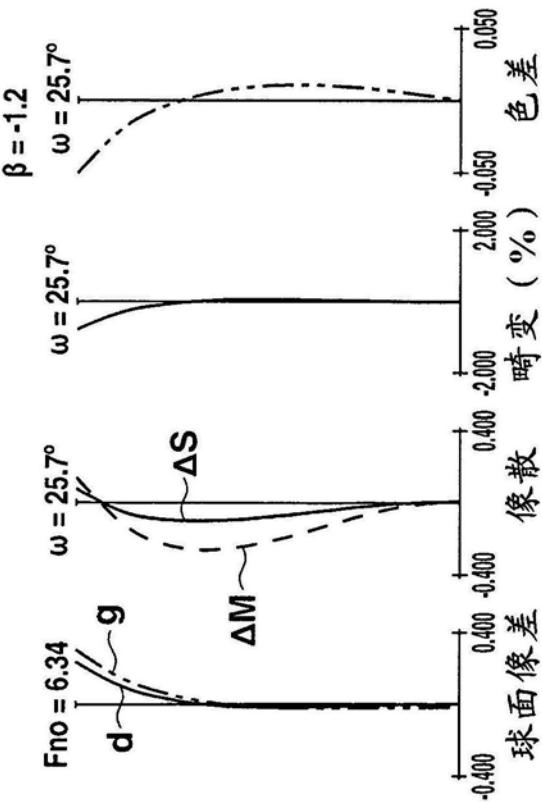


图8C

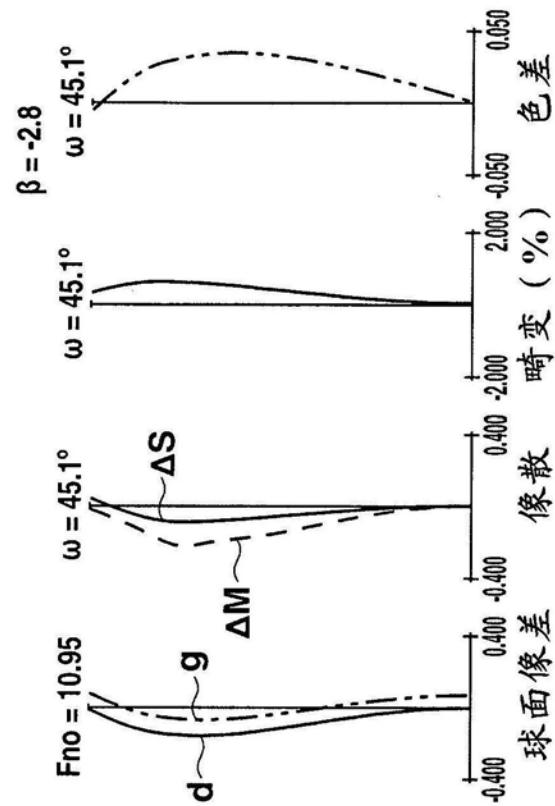


图8D

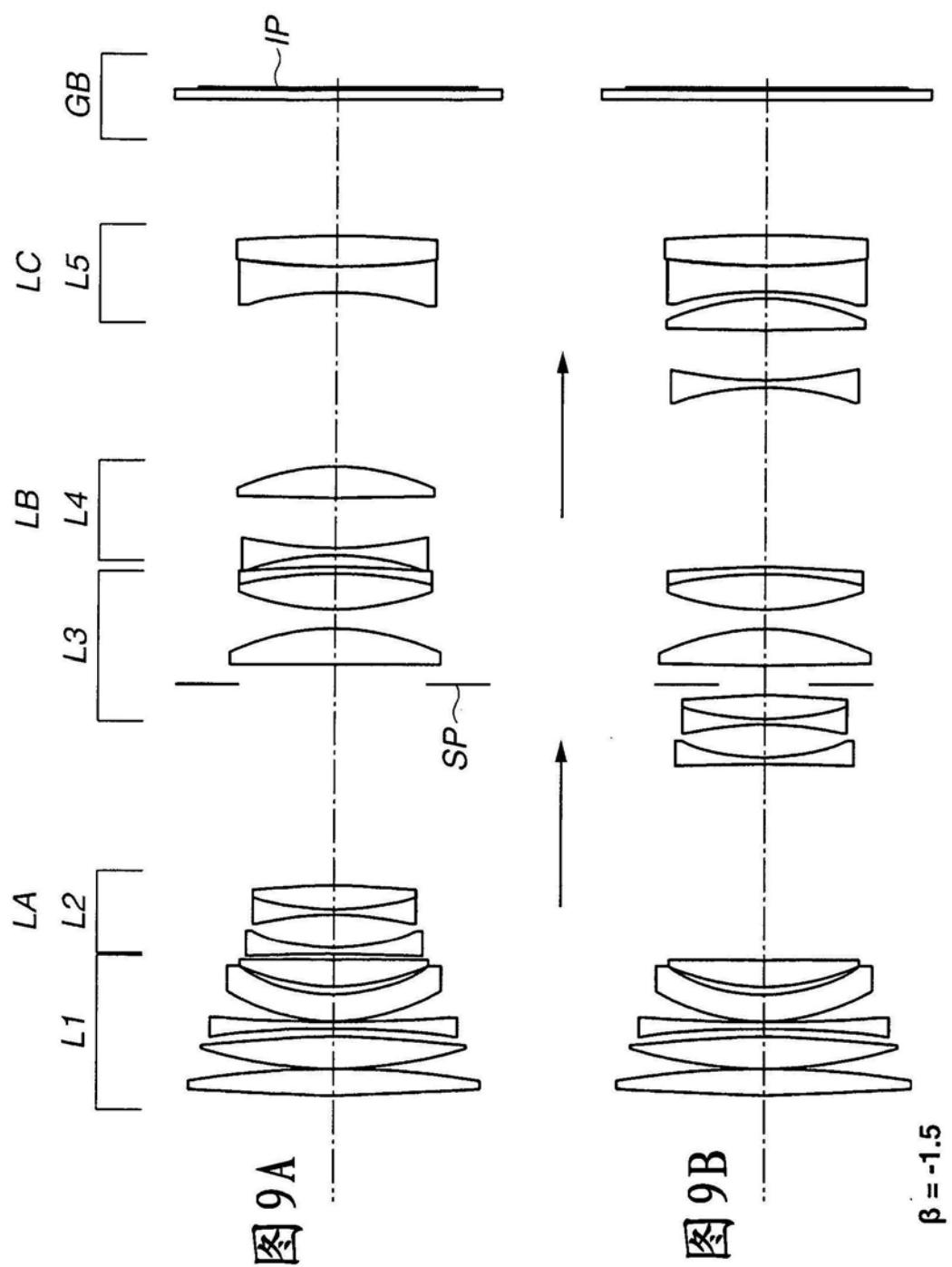


图 9A

图 9B

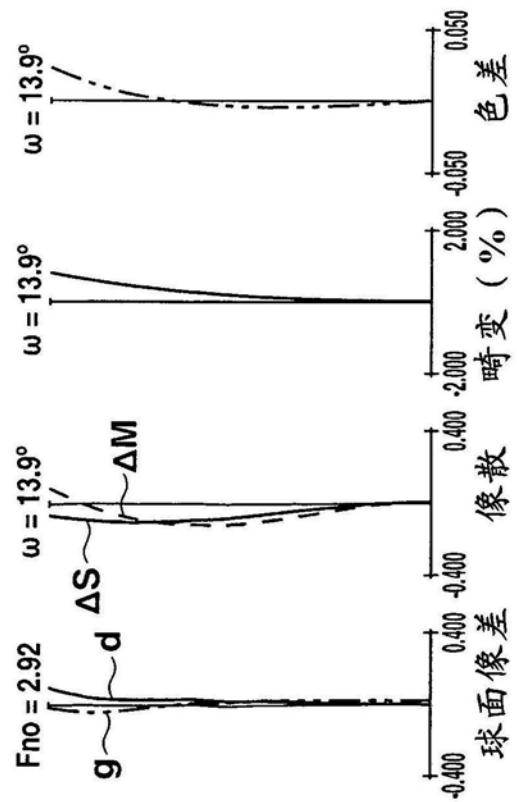


图10A

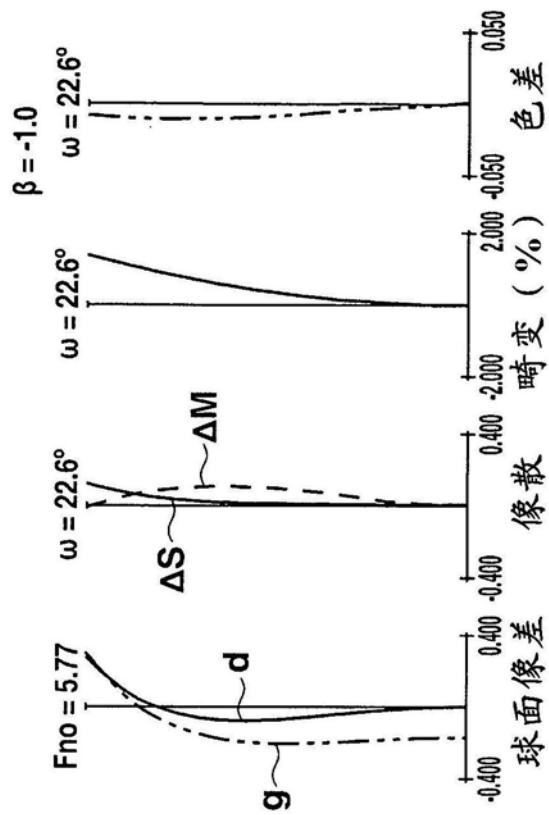


图10B

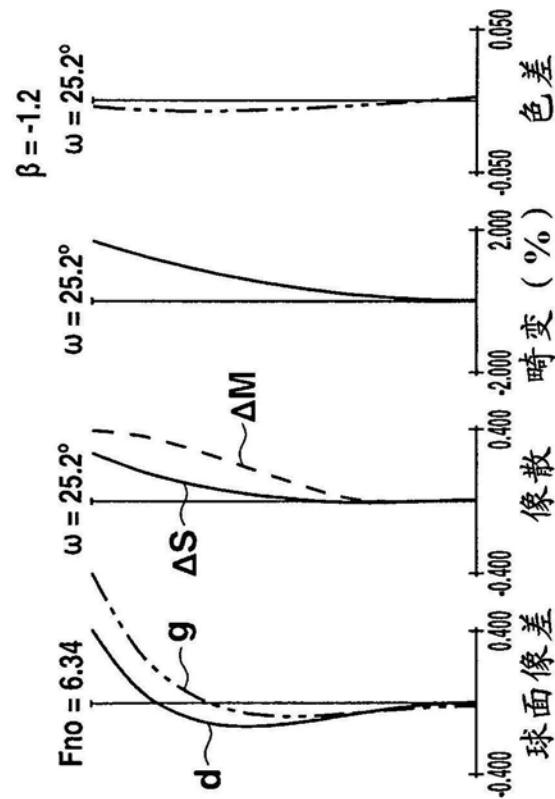


图10C

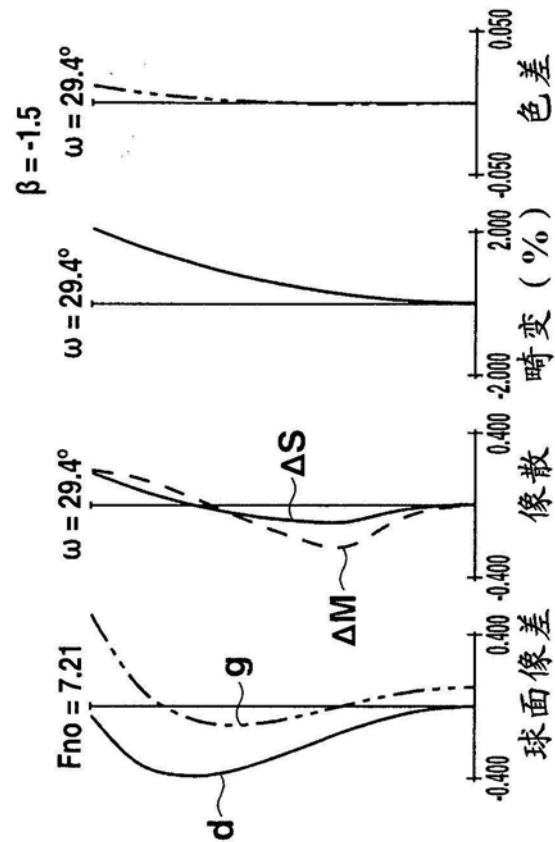


图10D

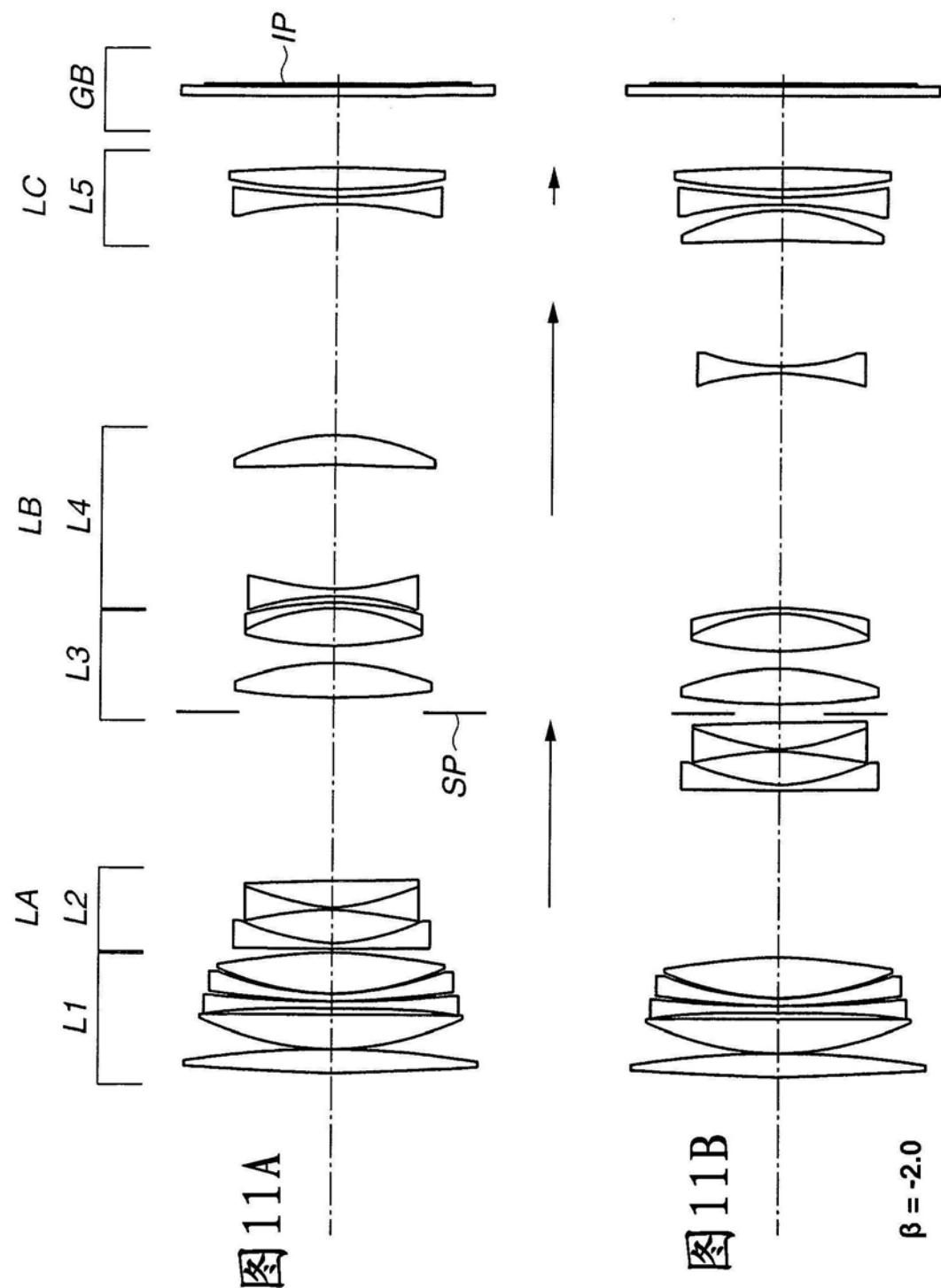


图 11A

图 11B

 $\beta = -2.0$

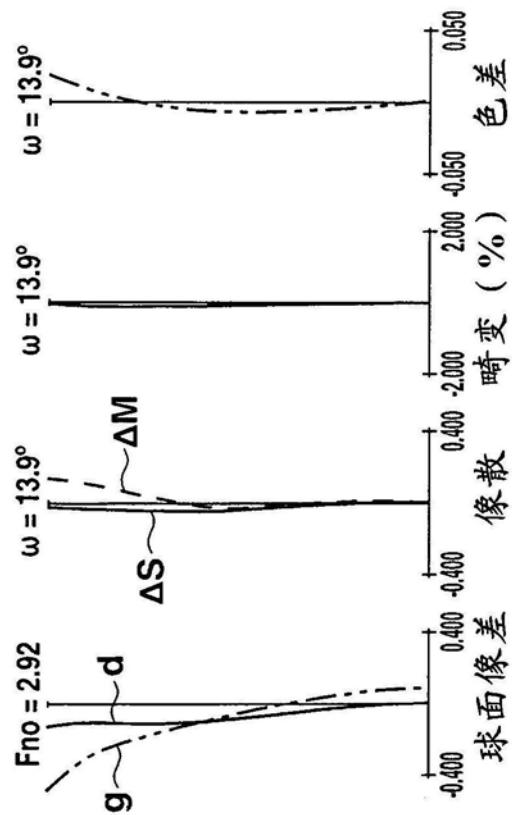


图12A

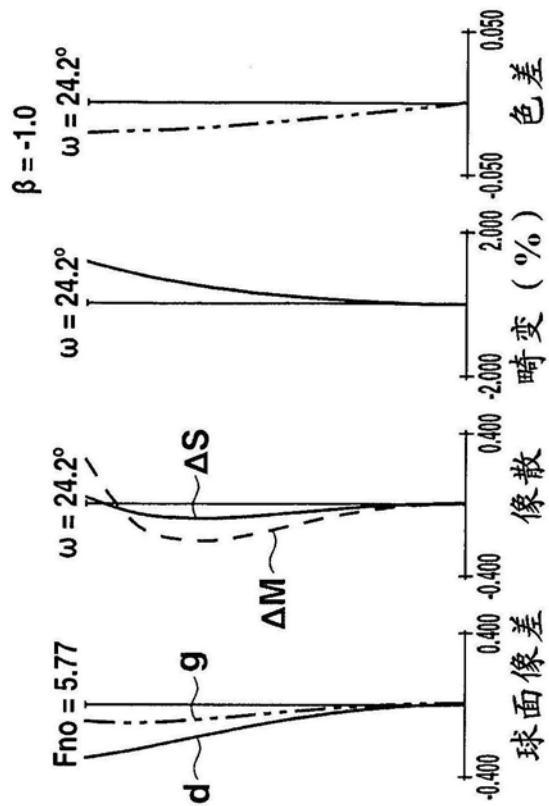


图12B

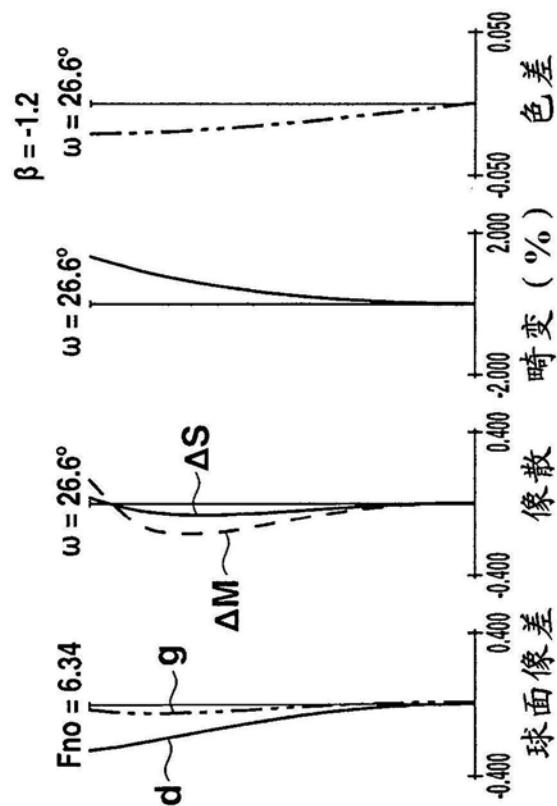


图12C

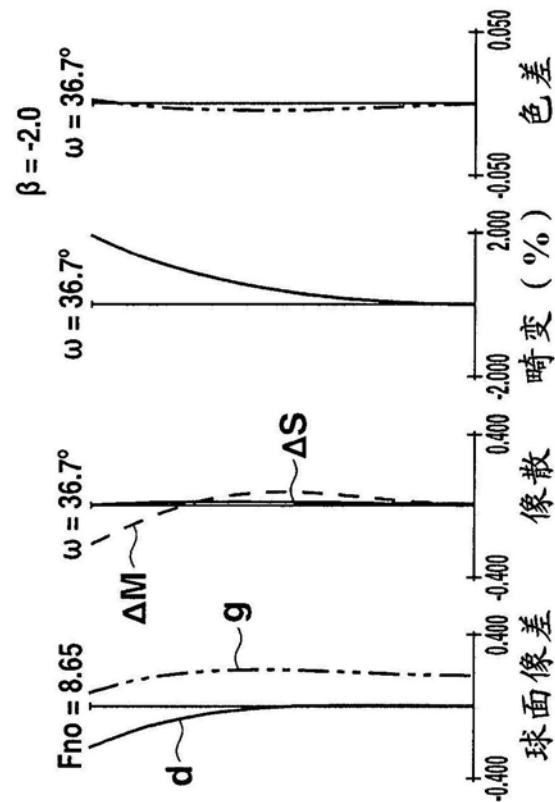
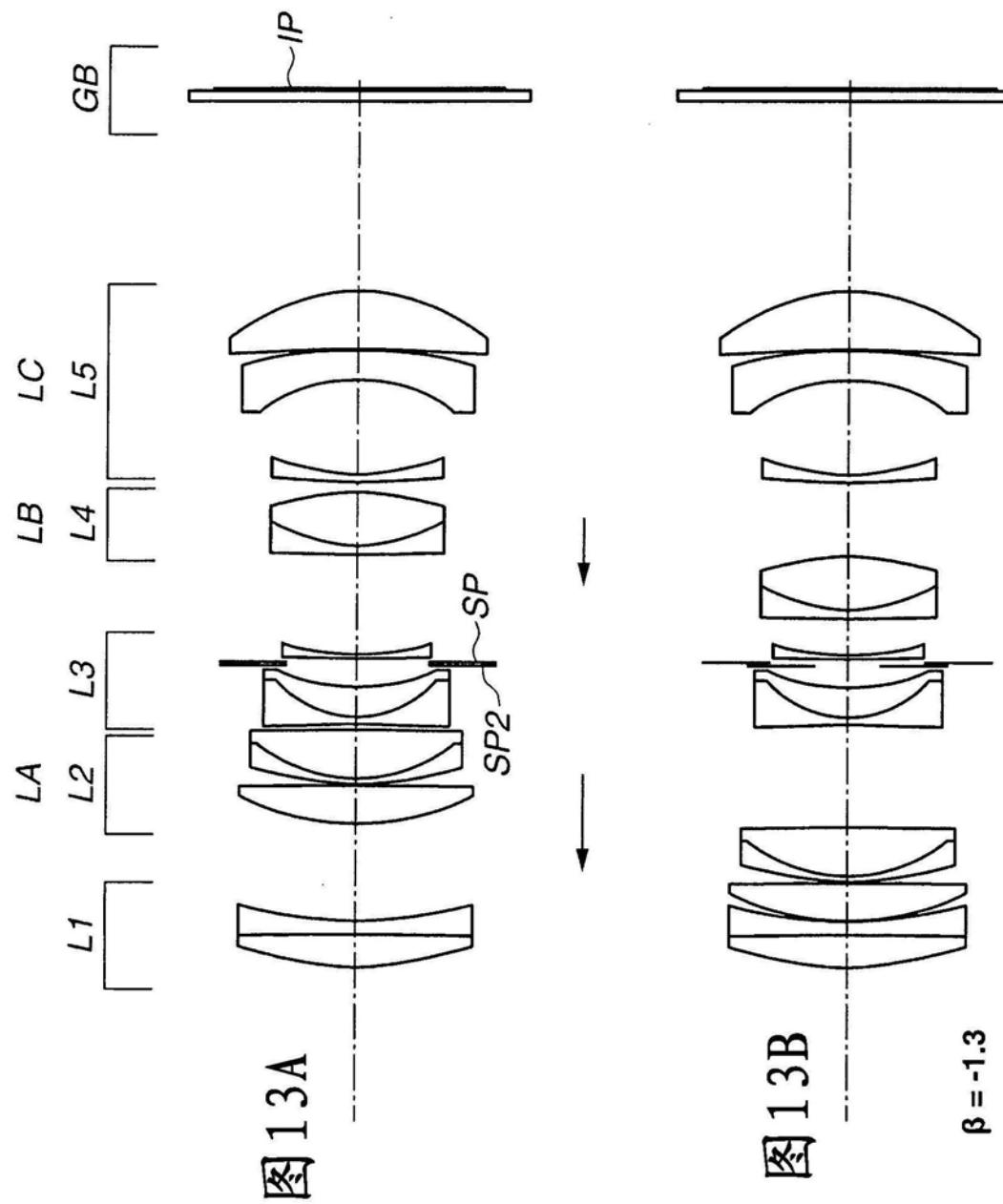


图12D



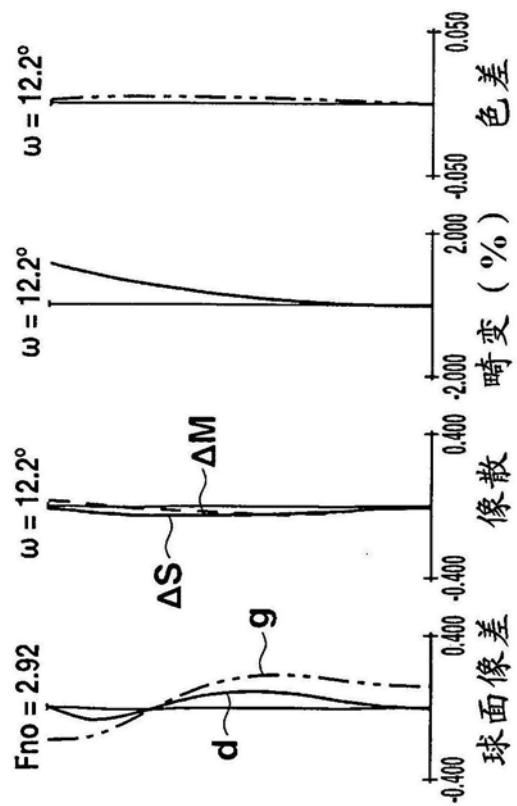


图14A

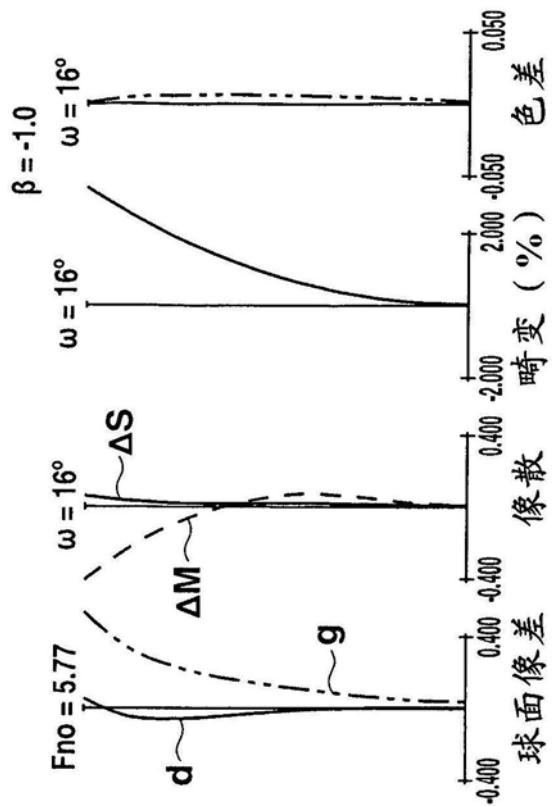


图14B

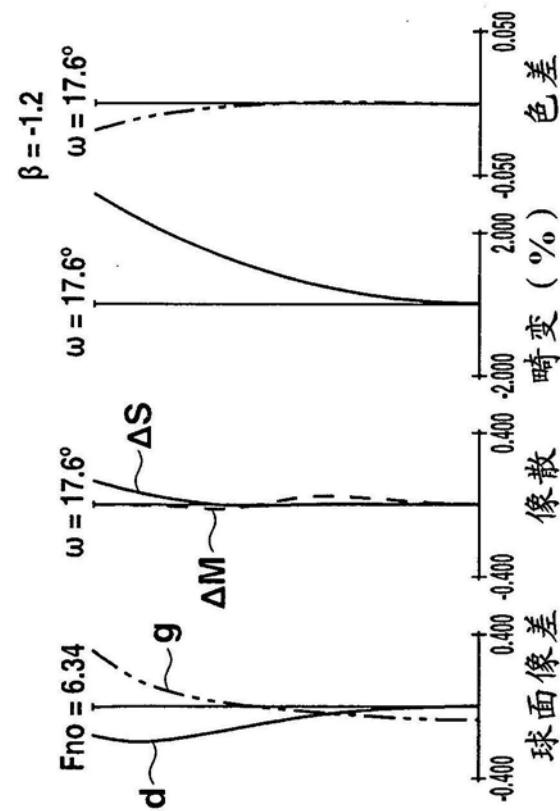


图14C

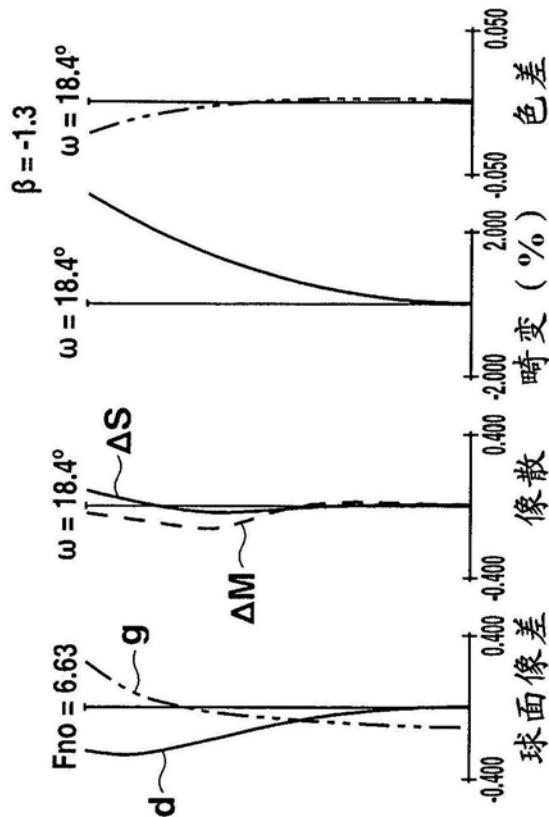


图14D

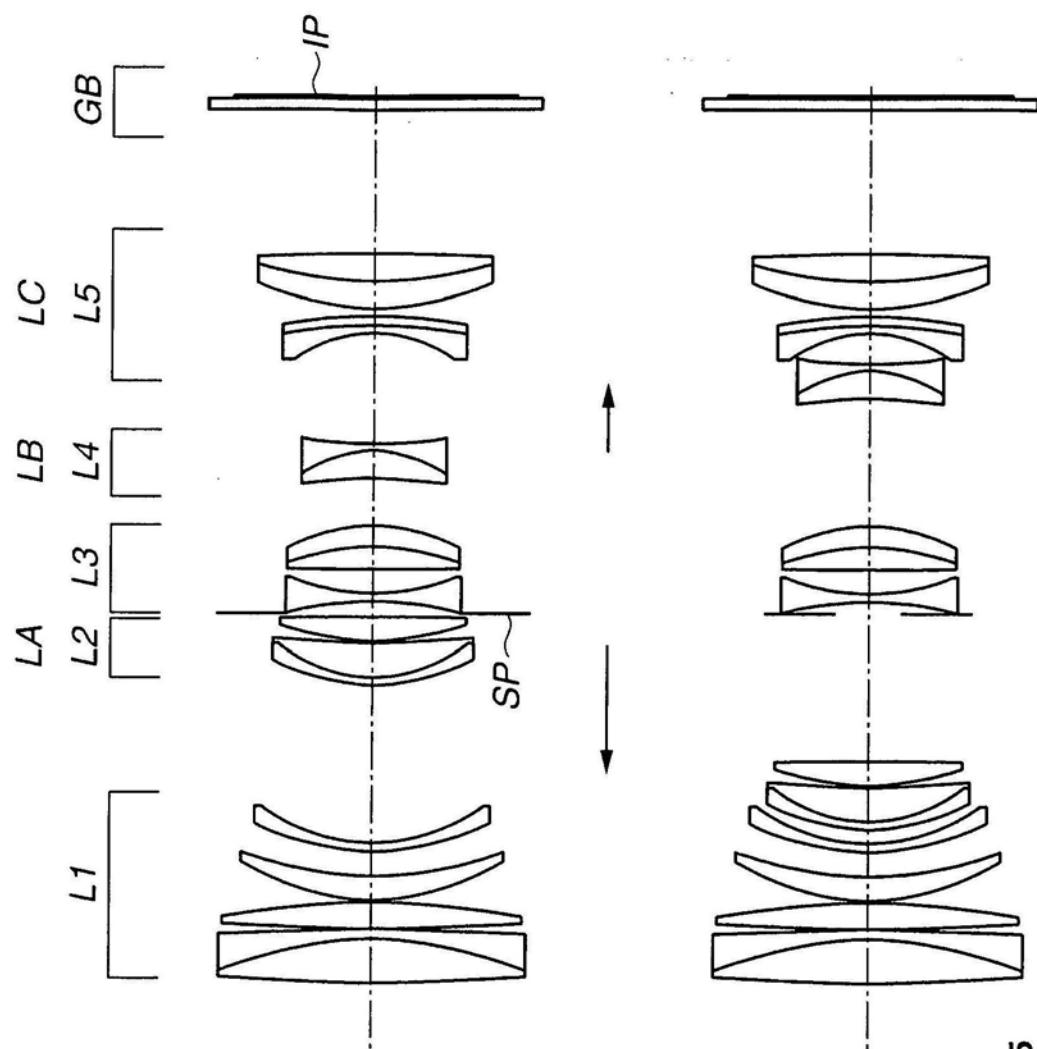


图 15A

图 15B

 $\beta = -1.5$

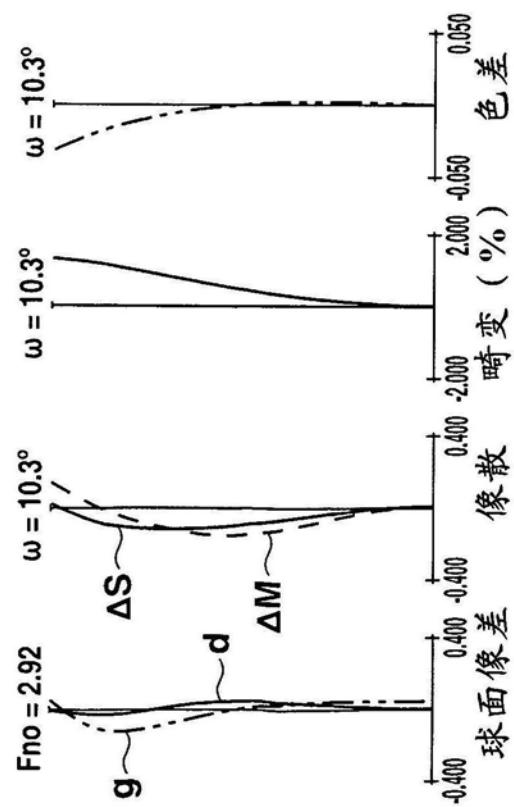


图16A

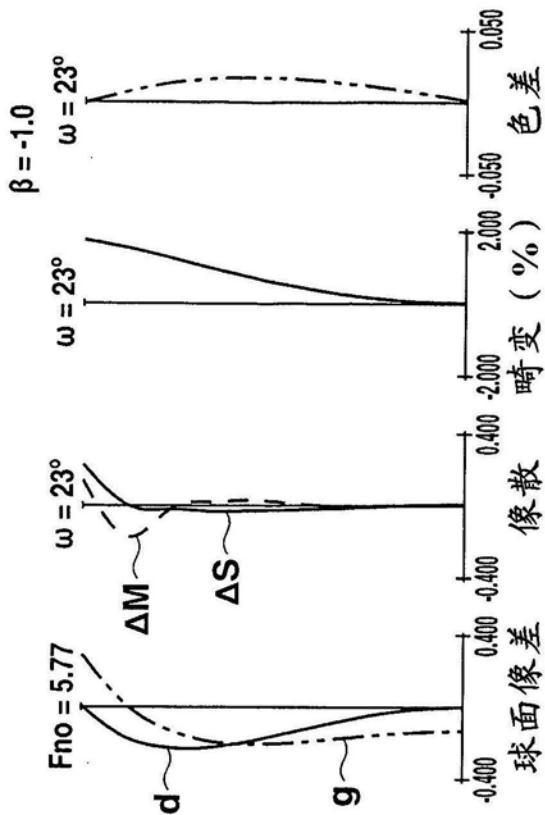


图16B

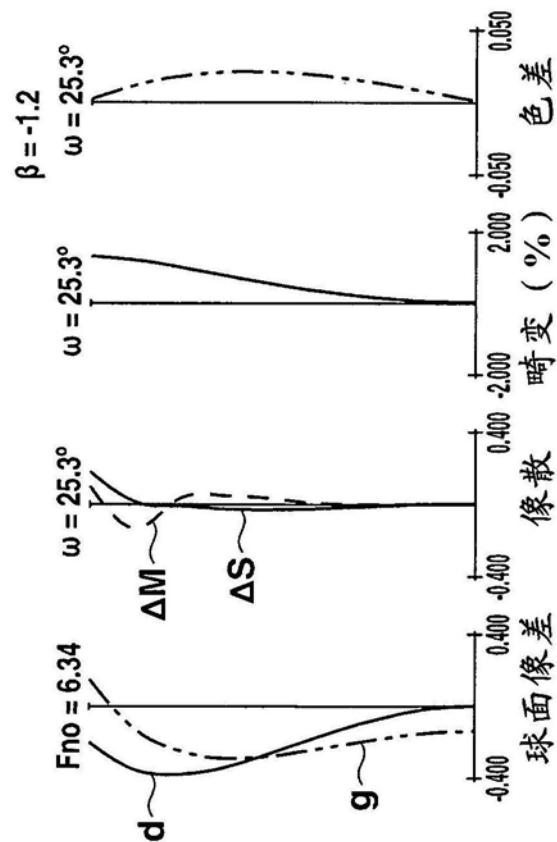


图16C

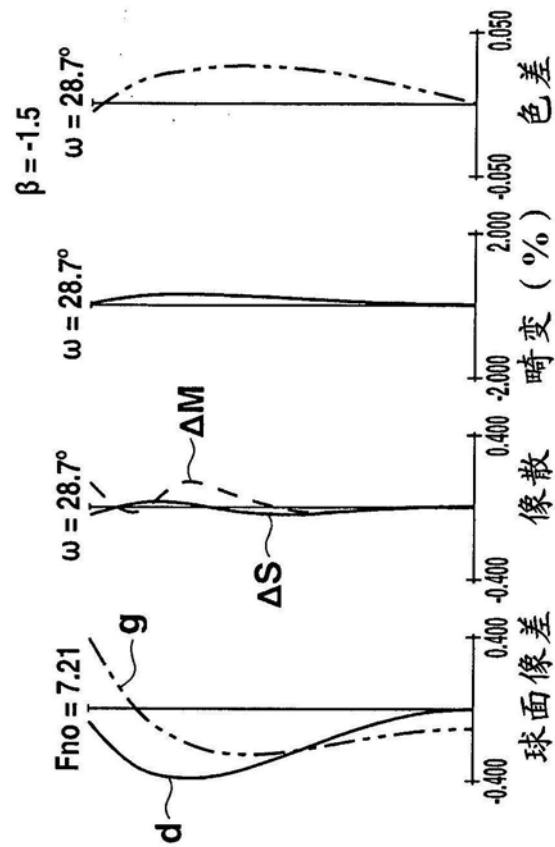


图16D

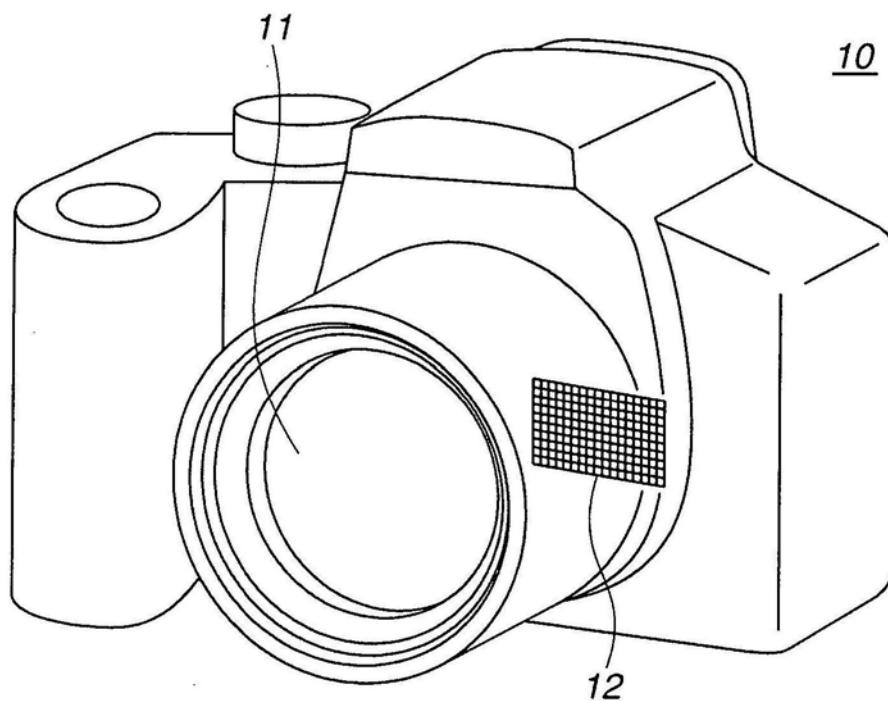


图17