



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104937470 B

(45)授权公告日 2017.03.08

(21)申请号 201380071170.2

(22)申请日 2013.11.18

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104937470 A

(43)申请公布日 2015.09.23

(30)优先权数据  
2013-039288 2013.02.28 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.07.22

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2013/081023 2013.11.18

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/132494 JA 2014.09.04

(73)专利权人 奥林巴斯株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 高头英泰

(74)专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事  
务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇

(51)Int.Cl.  
G02B 13/04(2006.01)  
A61B 1/00(2006.01)  
G02B 23/26(2006.01)

审查员 欧阳姣

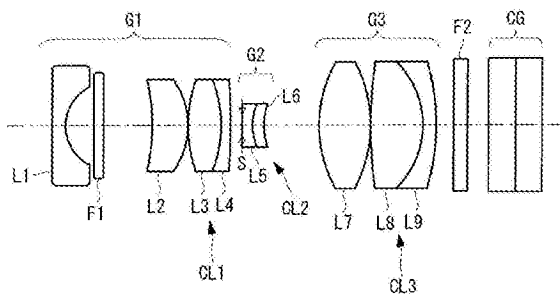
权利要求书1页 说明书18页 附图21页

(54)发明名称

物镜光学系统

(57)摘要

本发明从普通观察时到放大观察都能够确保足够的景深,普通观察时具有广角的视场角,并且在放大观察时容易进行对焦。物镜光学系统从物体侧起向像侧依次具备具有正的光焦度的第一透镜组(G1)、具有负的光焦度的第二透镜组(G2)以及具有正的光焦度的第三透镜组(G3),上述第一透镜组从物体侧起向像侧依次具备具有负的光焦度的第一透镜(L1)和具有正的光焦度的第二透镜(L2),该物镜光学系统针对物距的变化使上述第二透镜组移动来进行对焦,并满足以下的条件式(1)和(2)。 $-19 < f_2/f_1 < -3.5 \dots (1)$   
 $0.5 < v/f < 1.1 \dots (2)$ 其中,  $f_2$ 是第二透镜的焦距,  $f_1$ 是第一透镜的焦距。另外,  $v$ 是第二透镜组的移动量,  $f$ 是普通观察时的整个系统的焦距。



1. 一种物镜光学系统, 其从物体侧起向像侧依次由具有正的光焦度的第一透镜组、具有负的光焦度的第二透镜组以及具有正的光焦度的第三透镜组构成,

上述第一透镜组从物体侧起向像侧依次具备具有负的光焦度的第一透镜和具有正的光焦度的第二透镜,

该物镜光学系统针对物距的变化使上述第二透镜组移动来进行对焦, 并满足以下的条件式,

$$-19 < f_2/f_1 \leq -3.69$$

$$0.5 < v/f < 1.1$$

$$0.3 < |g_1/g_2| < 0.5$$

其中,  $f_2$  是第二透镜的焦距,  $f_1$  是第一透镜的焦距,

另外,  $v$  是上述物镜光学系统从普通观察到放大观察时的第二透镜组的移动量,  $f$  是上述普通观察时的整个系统的焦距,

另外,  $g_1$  是第一透镜组的焦距,  $g_2$  是第二透镜组的焦距。

2. 根据权利要求1所述的物镜光学系统, 其特征在于,

上述第二透镜是物体侧为凹面的正弯月透镜。

## 物镜光学系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有对焦功能的光学系统,例如涉及能够进行放大观察的内窥镜物镜、能够进行微距摄影的数字照相机或摄像机、便携用照相机等摄影镜头。

### 背景技术

[0002] 近年来,在医疗用内窥镜所涉及的领域中,为了进行病变的定性诊断而能够进行放大观察的光学系统的必要性变高。

[0003] 作为这样的内窥镜物镜的例子,在专利文献1至专利文献5中公开了一种正负正的三组结构、移动第二组进行对焦从而能够进行放大观察的内窥镜物镜。另外,在专利文献6中公开了一种负正负的三组结构、通过移动两组来进行对焦的内窥镜物镜。

[0004] 另外,伴随着高画质的诊断图像的要求,CCD、CMOS等摄像元件的高精细化也在发展,因此对于光学系统,不仅要求支持对焦功能,还要求支持摄像元件的高精细化。

[0005] 另外,由于利用内窥镜进行的观察要求从远点到近点为止较广的观察景深,因此作为光学系统,需要增大 $F_{no}$ 并将开口缩小的近似于泛焦的光学系统。

[0006] 另一方面,光学系统的 $F_{no}$ 为了不受衍射的影响,必须处于下述的范围。

[0007]  $F_{no} < 2 \times P / 1.22 / \lambda$

[0008] 当摄像元件的高像素化发展时,存在衍射的影响,不能使 $F_{no}$ 太大,因此担心景深变浅。

[0009] 专利文献1:日本特公昭61-44283号公报

[0010] 专利文献2:日本特许第3349766号公报

[0011] 专利文献3:日本特开平11-316339号公报

[0012] 专利文献4:日本特许第4659645号公报

[0013] 专利文献5:日本特开2012-32576号公报

[0014] 专利文献6:日本特开2000-267002号公报

### 发明内容

[0015] 发明要解决的问题

[0016] 鉴于这些实际情况,在放大内窥镜中,特别是在放大观察时,物镜与物体间距离短,观察景深变浅,因此将光学系统的 $F_{no}$ 缩小到了衍射界限。此时,在以往的放大内窥镜中,普通观察时的 $F_{no}$ 获得了足够的景深,从而在实用上没有问题,但是在支持高像素的摄像元件的物镜中,观察景深浅,难以确保观察范围。因此,难以对想观察的病变部进行对焦。

[0017] 另外,在想要确保观察景深的情况下,考虑将物距设为稍远的距离来进行观察的情况,在设为远距离的情况下,聚焦透镜的移动量变小。然而,如果透镜移动量小,则针对倍率变化的灵敏度变高,因此手术操作者手动对想观察的位置聚焦时还产生可用性变差这样的问题。而且,从确保某种程度的倍率这样的观点来看,将放大观察时的物距设为太远的距离也不理想。

[0018] 上述的专利文献1所记载的光学系统虽然是高倍率,但是普通观察时的视场窄,因此难以进行从较广的观察视场范围中挑出病变部的作业。

[0019] 专利文献2至专利文献4所记载的光学系统虽然放大倍率足够,但是近距离观察时的景深幅度小,因此难以对焦,由于心搏等而焦点容易偏离病变部。因此,需要在放大观察时进行对焦的微调,但是对焦范围是极小的,因此难以获得病变部周围的信息。另外,在想要对静止图像进行摄影时,容易形成失焦的图像。

[0020] 专利文献5所记载的光学系统由于负正负的三组结构中正的组只有作为可动组的第二组这一个,因此该第二组的焦度有变强的倾向。因此,普通观察时和放大观察时的像差变动变大,不适合于面向更高性能的光学系统所要求的高精细的摄像元件的物镜。特别是色像差的变动大,监视器观察上的颜色可能产生渗色。

[0021] 专利文献6所记载的光学系统支持高像素摄像元件,但是普通观察的视场角为 $130^\circ$ 左右,因此难以充分地说是广角。

[0022] 这样,当使上述的各专利文献所公开的光学系统支持高精细、高像素的摄像元件时,即使将放大时的 $F_{no}$ 缩小到衍射界限,也由于普通观察时的 $F_{no}$ 过小而无法获得期望的景深。

[0023] 本发明是鉴于上述的情况而完成的,其目的在于提供一种从普通观察时到放大观察都能够确保足够的景深并具有广角的视场角从而容易进行病变部的对焦的高性能的物镜光学系统。

[0024] 用于解决问题的方案

[0025] 为了达成上述目的,本发明提供以下的单元。

[0026] 本发明的一个方式是一种物镜光学系统,其从物体侧起向像侧依次具备具有正的光焦度的第一透镜组、具有负的光焦度的第二透镜组以及具有正的光焦度的第三透镜组,上述第一透镜组从物体侧起向像侧依次具备具有负的光焦度的第一透镜和具有正的光焦度的第二透镜,该物镜光学系统针对物距的变化使上述第二透镜组移动来进行对焦,并满足以下的条件式(1)和(2)。

[0027]  $-19 < f_2/f_1 < -3.5 \quad \dots(1)$

[0028]  $0.5 < v/f < 1.1 \quad \dots(2)$

[0029] 其中, $f_2$ 是第二透镜的焦距, $f_1$ 是第一透镜的焦距。

[0030] 另外, $v$ 是第二透镜组的移动量, $f$ 是普通观察时的整个系统的焦距。

[0031] 根据本方式,物镜光学系统构成为从物体侧起向像侧依次具备具有正的光焦度的第一透镜组、具有负的光焦度的第二透镜组、具有正的光焦度的第三透镜组,上述第一透镜组从物体侧起向像侧依次具备具有负的光焦度的第一透镜和具有正的光焦度的第二透镜,该物镜光学系统在聚焦时针对物距的变化使上述第二透镜组移动,并满足上述条件式。由此,能够确定在放大观察时移动的透镜组并限制其移动量,来适当地确保整个系统的焦距。因而,能够确保期望的景深,并且能够使透镜系统小型化、高性能化。

[0032] 在上述的方式中,优选的是,上述第二透镜是物体侧为凹面的正弯月透镜。

[0033] 通过这样,前侧焦点位置位于像面侧,因此在近距离物点的观察时,也能够不使倍率大到需要以上地使景深扩大。

[0034] 发明的效果

[0035] 根据本发明,起到如下效果:从普通观察时到放大观察都能够确保足够的景深,具有广角的视场角,并容易地进行病变的对焦。

### 附图说明

- [0036] 图1是表示本发明的一个实施方式所涉及的物镜光学系统的整体结构的截面图。
- [0037] 图2是表示本发明的实施例1所涉及的物镜光学系统的整体结构的截面图,图2的(A)表示普通观察状态,图2的(B)表示中间状态,图2的(C)表示放大观察状态。
- [0038] 图3是图2的(A)的物镜光学系统的普通观察状态时的像差曲线图。
- [0039] 图4是图2的(B)的物镜光学系统的中间状态时的像差曲线图。
- [0040] 图5是图2的(C)的物镜光学系统的放大观察状态时的像差曲线图。
- [0041] 图6是表示本发明的实施例2所涉及的物镜光学系统的整体结构的截面图,图6的(A)表示普通观察状态,图6的(B)表示中间状态,图6的(C)表示放大观察状态。
- [0042] 图7是图6的(A)的物镜光学系统的普通观察状态时的像差曲线图。
- [0043] 图8是图6的(B)的物镜光学系统的中间状态时的像差曲线图。
- [0044] 图9是图6的(C)的物镜光学系统的放大观察状态时的像差曲线图。
- [0045] 图10是表示本发明的实施例3所涉及的物镜光学系统的整体结构的截面图,图10的(A)表示普通观察状态,图10的(B)表示中间状态,图10的(C)表示放大观察状态。
- [0046] 图11是图10的(A)的物镜光学系统的普通观察状态时的像差曲线图。
- [0047] 图12是图10的(B)的物镜光学系统的中间状态时的像差曲线图。
- [0048] 图13是图10的(C)的物镜光学系统的放大观察状态时的像差曲线图。
- [0049] 图14是表示本发明的实施例4所涉及的物镜光学系统的整体结构的截面图,图14的(A)表示普通观察状态,图14的(B)表示中间状态,图14的(C)表示放大观察状态。
- [0050] 图15是图14的(A)的物镜光学系统的普通观察状态时的像差曲线图。
- [0051] 图16是图14的(B)的物镜光学系统的中间状态时的像差曲线图。
- [0052] 图17是图14的(C)的物镜光学系统的放大观察状态时的像差曲线图。
- [0053] 图18是表示本发明的实施例5所涉及的物镜光学系统的整体结构的截面图,图18的(A)表示普通观察状态,图18的(B)表示中间状态,图18的(C)表示放大观察状态。
- [0054] 图19是图18的(A)的物镜光学系统的普通观察状态时的像差曲线图。
- [0055] 图20是图18的(B)的物镜光学系统的中间状态时的像差曲线图。
- [0056] 图21是图18的(C)的物镜光学系统的放大观察状态时的像差曲线图。

### 具体实施方式

- [0057] 下面,参照附图来说明本发明的一个实施方式所涉及的物镜光学系统。
- [0058] 图1示出了表示本实施方式所涉及的物镜光学系统的整体结构的截面图。如图1所示,物镜光学系统从物体侧起依次具备具有正的光焦度的(以下仅称为“正的”)第一透镜组G1、亮度光圈S、具有负的光焦度的(以下仅称为“负的”)第二透镜组G2以及具有正的光焦度的第三透镜组G3。
- [0059] 正的第一透镜组G1从物体侧起依次具有负的第一透镜L1、第一平行平板F1、正的第二透镜L2、正的第三透镜L3以及负的第四透镜L4。其中的正的第三透镜L3和负的第四透

镜L4形成被接合而成的接合透镜CL1。

[0060] 负的第二透镜组G2具有从物体侧起依次将负的第五透镜L5和正的第六透镜L6接合而成的接合透镜CL2,与配置在第一透镜组G1与第二透镜组G2之间的亮度光圈S一起沿光轴移动。

[0061] 正的第三透镜组G3具有从物体侧起依次将正的第七透镜L7、正的第八透镜L8以及负的第九透镜L9接合而成的接合透镜CL3。

[0062] 具有平行平板F和接合透镜CL3,该接合透镜CL3是由正的第六透镜L6、负的第七透镜L7以及正的第八透镜L8接合而成。

[0063] 而且,在物镜光学系统的像面附近配置未图示的摄像元件,构成了物镜光学系统和摄像光学系统。在摄像元件上粘贴有用于保护摄像面的平行平板F2和玻璃盖片CG。

[0064] 在此,物镜光学系统构成为满足以下的条件式。

$$[0065] \quad -19 < f_2/f_1 < -3.5 \quad \dots(1)$$

$$[0066] \quad 0.5 < v/f < 1.1 \quad \dots(2)$$

[0067] 其中, $f_2$ 是第二透镜的焦距, $f_1$ 是第一透镜的焦距。

[0068] 另外, $v$ 是第二透镜组的移动量, $f$ 是普通观察时的整个系统的焦距。

[0069] 条件式(1)通过适当地设定整个系统的焦距从而实现景深的确保,并且有助于透镜系统的小型化、高性能化。

[0070] 因此,当低于条件式(1)的下限时,由于第二透镜组的焦距变大,并且整个系统的焦距也变大,因此在从普通观察到放大观察中景深变浅,特别是在放大观察时难以确保需要的景深。

[0071] 另外,当超过条件式(1)的上限时,相对于第一透镜组的焦距而第二透镜组的焦距变小,虽然有利于透镜系统全长的小型化,但是色像差的变动变大。特别是倍率色像差的产生量变大,因此也成为颜色渗色的原因。

[0072] 条件式(2)与从普通观察到放大观察时的第二组的移动量有关。

[0073] 因此,当低于条件式(2)的下限时,作为聚焦组的第二透镜组的移动量变小,此时的灵敏度变得过高,无法顺利地进行对焦。

[0074] 另外,当超过条件式(2)的上限时,第二透镜组的移动量变大,对焦到更接近物点。即,意味着观察距离变小。当观察距离变小时,观察倍率变大,容易看到微小病变,但是景深变窄,因此难以对焦,可用性变差。并且,透镜驱动部的行程变长,透镜系统的全长变长,从而导致大型化。另外,在为了驱动透镜而搭载有致动器的情况等下,由于行程长而很有可能招致致动器部的大型化。

[0075] 此外,本实施方式所涉及的内窥镜光学系统1为了确保放大观察时的景深而没有使倍率大到需要以上。因此,为了详细地观察病变部微细结构、毛细血管等,高分辨率的摄像元件和与其对应的高性能的光学系统较为优选。

[0076] 因此,通过以下的条件式来将各透镜组的光焦度优化则更为优选。

[0077] 即,物镜光学系统优选构成为满足以下的条件式(3)~(13)。

$$[0078] \quad 0.95 < g_1/f < 1.65 \quad \dots(3)$$

$$[0079] \quad -4 < g_2/f < -2 \quad \dots(4)$$

$$[0080] \quad 2.1 < g_3/f < 2.9 \quad \dots(5)$$

[0081]  $0.7 < |g_2/g_3| < 1.5$  …(6)

[0082]  $0.3 < |g_1/g_2| < 0.5$  …(7)

[0083] 在此,  $g_1$ 是第一透镜组的焦距,  $g_2$ 是第二透镜组的焦距,  $g_3$ 是第三透镜组的焦距。

[0084] 条件式(3)~(5)是实现高分辨率的物镜光学系统所需要的条件式。

[0085] 当低于条件式(3)的下限时, 导致球面像差的产生量特别是在放大观察时变大。另外, 普通观察时的像面弯曲向不足侧(under)下降并不理想。另外, 当超过条件式(3)的上限时, 放大观察时的像面分别在画面中央附近向不足侧较大弯曲、在画面周边部向过度侧(over)较大弯曲。

[0086] 当低于条件式(4)的下限时, 轴上色像差、倍率色像差一同变大。另外, 当超过条件式(4)的上限时, 像面向不足侧下降, 分辨率显著降低。

[0087] 条件式(5)是用于抑制普通观察状态和放大观察状态下的像面变动的条件式, 当超过条件式的范围时, 在画面最周边部的像面变动变大。也就是说, 当低于条件式(5)的下限时, 在普通观察时不足, 在放大观察时过度。另外, 当超过条件式(5)的上限时, 在普通观察时过度, 在放大观察时不足。

[0088] 另外, 条件式(6)、(7)与条件式(3)~(5)同样地是实现高分辨率的物镜光学系统所需要的条件式, 并且也是有助于光学系统的小型化的条件式。

[0089] 在支持高像素摄像元件的光学系统中, 色像差校正很重要, 但是条件式(6)同条件式(4)都是主要与倍率色像差校正有关的条件式。

[0090] 当低于条件式(6)的下限时,  $f$ 线的倍率色像差向过度侧变大, 在放大观察中,  $c$ 线的倍率色像差也向不足侧变大。另外, 由于第三透镜组的焦距变大, 因此透镜系统的后焦距以及透镜全长变长, 结果导致大型化。透镜系统的全长变长即意味着内窥镜前端部的硬质长度变长, 因此在插入时患者的负担也变大, 不理想。

[0091] 当超过条件式(6)的上限时, 特别是在普通观察中,  $c$ 线的倍率色像差向过度侧变大,  $f$ 线的倍率色像差向不足侧变大。

[0092] 条件式(7)是与球面像差、慧差、轴上色像差校正有关的条件式。

[0093] 当低于条件式(7)的下限时, 球面像差校正不足。特别是在倍率变大的近距离放大时, 如果球面像差的产生变大, 则虽然是放大的图像, 但不仅无法获得高分辨率的图像, 还很有可能成为彗星耀斑的主要因素。

[0094] 当超过条件式(7)的上限时, 从普通观察到放大观察的 $f$ 线、甚至 $g$ 线上的轴上色像差变大。并且, 色像差的变动变大。特别地由于倍率色像差的产生量变大, 因此也成为颜色渗色的原因。另外, 由于第一透镜组的焦距变大而导致透镜系统整体的大型化。

[0095] 条件式(8)、(9)确定如下, 是与视角有关的条件式。

[0096]  $w_1 > 75$  …(8)

[0097]  $w_2 < 55$  …(9)

[0098] 其中,  $w_1$ 是普通观察时的半视角,  $w_2$ 是放大观察时的半视角。

[0099] 条件式(8)是与普通观察时的半视角有关的条件式。例如, 为了降低大肠观察中的皱襞的病变部的漏看, 强烈渴求广角化的内窥镜光学系统, 期望 $w_1$ 在条件式(8)的范围内。

[0100] 条件式(9)是与放大观察时的半视角有关的条件式。由于放大观察时是靠近被摄体的观察, 因此容易产生照明的配光不均, 因此期望光学系统是窄角的, 并期望 $w_2$ 在条件式

(9)的范围内。

[0101] 条件式(10)确定如下,是与光学系统的小型化和倍率有关的条件式。

$$[0102] \quad 1.0 < 1t1/f / (\beta2/\beta1) < 1.8 \quad \dots(10)$$

[0103] 其中,1t1是光学系统全长(从第一透镜物体侧面到摄像面的距离), $\beta1$ 是普通观察状态的最佳物距下的倍率, $\beta2$ 是放大观察状态的最佳物距下的倍率。

[0104] 通过满足条件式(10),不需要使光学系统全长大型化,能够充分地获得倍率的变化,并且实现小型化。

[0105] 另外,当超过条件式(10)的上限时,普通观察时和放大观察时的倍率变化变小,因此作为放大内窥镜而言近距离时的倍率不够充足。

[0106] 另外,高像素摄像元件优选满足以下的条件式(11)。

$$[0107] \quad 0.4 < IH/p/1000 < 0.7 \quad \dots(11)$$

[0108] 其中,IH是最大像高,p是像素间距。

[0109] 当低于条件式(11)的下限时,摄像元件的间距大,难以说是高像素的摄像元件。当超过条件式(11)的上限时,虽然形成更高像素化,但是容易受到衍射的影响而无法获得需要的景深。

[0110] 并且,最后的透镜的最后的最大光线高优选满足以下的条件式(12)。

$$[0111] \quad 0.5 < h2/h1 < 1.2 \quad \dots(12)$$

[0112] 其中,h2是放大观察时的最后的面上的最大光线高,h1是普通观察时的最后的面上的最大光线高。

[0113] 在不满足条件式(12)的情况下,向摄像元件入射的入射角度未进入规定的范围,成为导致周边光量下降的主要因素。

[0114] 特别是当低于条件式(12)的下限时,放大观察时的周边变暗明显,不理想。当超过条件式(12)的上限时,普通观察时的第三组中的光线高变高,导致透镜直径大型化。当由于透镜直径大型化而内窥镜的前端直径变粗时,在插入时难以顺利地进行动作,从而患者的负担增加。

[0115] 此外,为了透镜直径的小型化,条件式(12)的上限如下述那样进行限定更为优选。

$$[0116] \quad 0.5 < h2/h1 < 0.85 \quad \dots(12)'$$

[0117] 为了第一透镜组的透镜直径的小型化,优选满足下述条件式(13)。

$$[0118] \quad 0.5 < Enp/f < 1.5 \quad \dots(13)$$

[0119] 其中,Enp是普通观察时的入射光瞳位置。

[0120] 当低于条件式(13)的下限时,相对于入射光瞳位置而整个系统的焦距变大,为了确保视角而产生大的失真,从而画面中心与周边的倍率之差变得过大,不理想。

[0121] 当超过条件式(13)的上限时,第一透镜直径变大,导致物镜光学系统的大型化。

[0122] 此外,为了使物镜进一步小型化,而如下述那样限定条件式(13)的上限则更为优选。

$$[0123] \quad 0.5 < Enp/f < 1.0 \quad \dots(13)'$$

[0124] 根据这样构成的本实施方式所涉及的物镜光学系统,构成为从物体侧起向像侧依次具备正的第一透镜组G1、负的第二透镜组G2、正的第三透镜组G3,第一透镜组G1从物体侧起向像侧依次具有负的第一透镜L1和正的第二透镜L2,该物镜光学系统在对焦时针对物距



的变化使上述第二透镜组G2移动,并满足上述条件式(1)和条件式(2)。由此,能够确定在放大观察时移动的透镜组并限制其移动量,从而能够适当地确保整个系统的焦距。因而,能够确保期望的景深,并且使透镜系统小型化、高性能化。

[0125] 优选的是,第二透镜L2是物体侧为凹面的正弯月透镜,通过这样,前侧焦点位置位于像面侧,因此在近距离物点的观察时也能够不使倍率大到需要以上地使景深扩大。

[0126] 实施例

[0127] 接着,参照图2~图21说明上述的实施方式所涉及的物镜光学系统的实施例1~实施例5。在各实施例所记载的透镜数据中,r表示曲率半径(单位mm),d表示面间距(mm), $n_e$ 表示针对e线的折射率, $v_d$ 表示针对d线的阿贝数。

[0128] (实施例1)

[0129] 图2示出本发明的实施例1所涉及的物镜光学系统的结构。此外,在图2中,(A)表示普通观察状态,(B)表示中间状态,(C)表示放大观察状态。另外,图3表示本实施例所涉及的物镜光学系统的普通观察状态的像差曲线图,图4表示中间状态的像差曲线图,图5表示放大观察状态的像差曲线图。

[0130] 下面示出本发明的实施例1所涉及的物镜光学系统的透镜数据。

[0131] 透镜数据

面编号	r	d	Ne	V
d				
1	$\infty$	0.38	1.88815	40
.76				
2	1.363	0.85		
3	$\infty$	0.31	1.51564	75
.00				
4	$\infty$	1.45		
5	-5.355	1.05	1.65222	33
.79				
6	-2.355	0.03		
7	4.019	0.98	1.77621	49
.60				
[0132] 8	-3.296	0.30	1.93429	18
.90				
9	-19.843	D9		
10	亮度光圈	0.01		
11	$\infty$	0.28	1.48915	70
.23				
12	1.455	0.38	1.59667	35
.31				
13	1.912	D13		
14	3.915	1.52	1.48915	70
.23				
15	-3.915	0.04		
16	13.704	1.54	1.48915	70
.23				
17	-2.584	0.42	1.93429	18

	. 90				
	18	-6.244	0.52		
	19	$\infty$	0.40	1.52498	59
	. 89				
[0133]	20	$\infty$	0.65		
	21	$\infty$	0.80	1.51825	64
	. 14				
	22	$\infty$	0.80	1.50801	60

	. 00				
	23	摄像面			
	各种数据	普通观察	中间	放大观察	
	焦距	1.70	1.8	1.85	
[0134]	Fno	7.09	8.09	8.15	
	物距	18.0	4.0	2.0	
	D9	0.32	0.85	1.38	
	D13	1.64	1.11	0.58	

[0135] (实施例2)

[0136] 图6示出本发明的实施例2所涉及的物镜光学系统的结构。此外,在图6中,(A)表示普通观察状态,(B)表示中间状态,(C)表示放大观察状态。另外,图7表示本实施例所涉及的物镜光学系统的普通观察状态的像差曲线图,图8表示中间状态的像差曲线图,图9表示放大观察状态的像差曲线图。

[0137] 下面示出本发明的实施例2所涉及的物镜光学系统的透镜数据。

[0138] 透镜数据

	面编号	r	d	Ne	
	Vd				
[0139]	1	$\infty$	0.38	1.88815	4
	0.76				

	2	1.396	0.85		
	3	$\infty$	0.31	1.51564	7
	5.00				
	4	$\infty$	1.45		
	5	-4.100	1.05	1.51977	5
	2.43				
	6	-2.255	0.03		
	7	3.759	0.98	1.77621	4
	9.60				
	8	-3.759	0.30	1.93429	1
	8.90				
	9	-10.341	D9		
	10	亮度光阑	0.018		
[0140]	11	$\infty$	0.274	1.48915	7
	0.23				
	12	1.416	0.313	1.59667	3
	5.31				
	13	1.760	D13		
	14	3.865	1.494	1.48915	7
	0.23				
	15	-3.865	0.039		
	16	6.224	1.552	1.48915	7
	0.23				
	17	-2.944	0.411	1.93429	1
	8.90				
	18	-13.823	0.350		
	19	$\infty$	0.390	1.52498	5
	9.89				

	20	$\infty$	0.906		
	21	$\infty$	1.000	1.51825	6
[0141]	4.14				
	22	$\infty$	0.570	1.51825	6
	4.14				
	23	摄像面			
	各种数据	普通观察	中间	放大观察	
	焦距	1.69	1.76	1.80	
[0142]	Fno	7.77	8.22	8.38	
	物距	17.6	3.3	2.05	
	D9	0.313	0.664	1.027	
	D13	1.592	0.968	0.605	

[0143] (实施例3)

[0144] 图10示出本发明的实施例3所涉及的物镜光学系统的结构。此外,在图10中,(A)表示普通观察状态,(B)表示中间状态,(C)表示放大观察状态。另外,图11表示本实施例所涉及的物镜光学系统的普通观察状态的像差曲线图,图12表示中间状态的像差曲线图,图13表示放大观察状态的像差曲线图。

[0145] 下面示出本发明的实施例3所涉及的物镜光学系统的透镜数据。

[0146] 透镜数据

	面编号	r	d	Ne	V
	d				
	1	$\infty$	0.365	1.88815	40
[0147]	.76				
	2	1.390	0.700		
	3	$\infty$	0.600	1.51500	75
	.00				
	4	$\infty$	1.034		

	5	-2.796	1.184	1.51977	52
	.43				
	6	-2.277	0.029		
	7	3.921	1.005	1.77621	49
	.60				
	8	-3.259	0.275	1.93429	18
	.90				
	9	-7.335	D9		
	10	亮度光圈	0.025		
	11	6.155	0.275	1.48915	70
	.23				
	12	1.591	0.314	1.59667	35
	.31				
	13	1.726	D13		
	14	3.395	1.431	1.49846	81
[0148]	.54				
	15	-4.353	0.039		
	16	24.398	1.569	1.48915	70
	.23				
	17	-2.293	0.392	1.93429	18
	.90				
	18	-6.117	0.100		
	19	$\infty$	0.400	1.52498	59
	.89				
	20	$\infty$	0.600		
	21	$\infty$	1.000	1.51825	64
	.14				
	22	$\infty$	0.640	1.50801	60
	.00				
	23	摄像面			

	各种数据	普通观察	中间	放大观察
	焦距	1.61	1.67	1.70
	Fno	8.10	8.02	7.93
[0149]	物距	17.0	3.8	1.83
	D9	0.30	0.905	1.555
	D13	1.80	1.195	0.545

[0150] (实施例4)

[0151] 图14示出本发明的实施例4所涉及的物镜光学系统的结构。此外,在图14中,(A)表示普通观察状态,(B)表示中间状态,(C)表示放大观察状态。另外,图15表示本实施例所涉及的物镜光学系统的普通观察状态的像差曲线图,图16表示中间状态的像差曲线图,图17表示放大观察状态的像差曲线图。

[0152] 下面示出本发明的实施例4所涉及的物镜光学系统的透镜数据。

[0153] 透镜数据

	面编号	r	d	Ne	V
	d				
	1	$\infty$	0.41	1.88815	40.
	76				
	2	1.580	0.66		
	3	$\infty$	0.60	1.52300	65.
[0154]	13				
	4	$\infty$	0.52		
	5	-2.435	1.59	1.75453	35.
	33				
	6	-2.838	0.03		
	7	5.064	1.21	1.77621	49.

	60				
	8	-2.767	0.30	1.93429	18.
	90				
	9	-5.358	D9		
	10	亮度光圈	0.03		
	11	$\infty$	0.32	1.48915	70.
	23				
	12	1.838	0.43	1.59667	35.
	31				
	13	2.355	D13		
	14	5.580	1.51	1.48915	70.
	23				
[0155]	15	-3.509	0.04		
	16	6.733	2.26	1.48915	70.
	23				
	17	-2.436	0.36	1.93429	18.
	90				
	18	-7.411	0.18		
	19	$\infty$	0.40	1.52510	58.
	50				
	20	$\infty$	0.75		
	21	$\infty$	1.00	1.51825	64.
	14				
	22	$\infty$	0.64	1.51825	64.
	14				
	23	摄像面			



各种数据	普通观察	中间	放大观察
焦距	1.66	1.90	1.96
Fno	7.73	8.01	8.13
物距	16.3	3.45	2.48
D9	0.33	1.46	1.94
D13	2.13	1.00	0.52

[0157] (实施例5)

[0158] 图18示出本发明的实施例5所涉及的物镜光学系统的结构。此外,在图18中,(A)表示普通观察状态,(B)表示中间状态,(C)表示放大观察状态。另外,图19表示本实施例所涉及的物镜光学系统的普通观察状态的像差曲线图,图20表示中间状态的像差曲线图,图21表示放大观察状态的像差曲线图。

[0159] 下面示出本发明的实施例5所涉及的物镜光学系统的透镜数据。

[0160] 透镜数据

面编号	r	d	Ne	V
d				
1	$\infty$	0.37	1.88815	40.
76				
2	1.467	0.82		
3	$\infty$	0.30	1.51564	75.
00				
4	$\infty$	1.31		
[0161] 5	-3.430	1.04	1.51977	52.
43				
6	-2.400	0.03		
7	3.245	0.31	1.93429	18.
90				
8	1.955	0.91	1.77621	49.
60				
9	-11.174	D9		

	10	亮度光圈	0.02		
	11	$\infty$	0.27	1.48915	70.
	23				
	12	1.366	0.31	1.59667	35.
	31				
	13	1.822	D13		
	14	3.363	1.42	1.48915	70.
	23				
	15	-6.411	0.04		
	16	4.644	1.94	1.48915	70.
[0162]	23				
	17	-2.484	0.41	1.93429	18.
	90				
	18	-10.757	0.20		
	19	$\infty$	0.38	1.52498	59.
	89				
	20	$\infty$	0.74		
	21	$\infty$	0.80	1.51825	64.
	14				
	22	$\infty$	0.60	1.51825	64.
	14				
	23	摄像面			
	各种数据	普通观察	中间	放大观察	
	焦距	1.71	1.84	1.87	
	Fno	7.80	7.96	8.05	
[0163]	物距	17.4	3.28	2.02	
	D9	0.31	1.01	1.43	
	D13	1.95	1.25	0.83	

[0164] 此外,表1示出上述的实施例1~实施例5的结构下的上述条件式(1)~(13)的数值。

[0165] [表1]

[0166]

条件式	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5
(1)	-3.69	-5.13	-8.47	-18.34	-6.92
(2)	0.62	0.59	0.78	0.97	0.66
(3)	1.07	1.05	1.18	1.43	1.09
(4)	-2.53	-2.3	-3.37	-3.15	-2.4
(5)	2.39	2.32	2.66	2.42	2.3
(6)	1.06	0.99	1.27	1.3	1.04
(7)	0.42	0.45	0.35	0.45	0.45
(8)	82.51	82.6	81.08	79.04	80.93
(9)	48.69	48.09	49.9	45.3	46.21
(10)	1.22	1.23	1.25	1.58	1.22
(11)	0.58	0.57	0.55	0.6	0.57
(12)	0.79	0.79	0.79	0.78	0.79
(13)	0.79	0.8	0.81	0.82	0.81

[0167] [附记项]

[0168] 根据发明1或发明2所记载的物镜光学系统满足下述条件式中的任一个。

[0169]  $0.95 < g1/f < 1.65$  ... (3)

[0170]  $-4 < g2/f < -2$  ... (4)

[0171]  $2.1 < g3/f < 2.9$  ... (5)

[0172]  $0.7 < |g2/g3| < 1.5$  ... (6)

[0173]  $0.3 < |g1/g2| < 0.5$  ... (7)

[0174]  $w1 > 75$  ... (8)

[0175]  $w2 < 55$  ... (9)

[0176]  $1.0 < 1t1/f / (\beta2/\beta1) < 1.8$  ... (10)

[0177]  $0.4 < IH/p/1000 < 0.7$  ... (11)

[0178]  $0.5 < h2/h1 < 1.2$  ... (12)

[0179]  $0.5 < Enp/f < 1.5$  ... (13)

[0180] 其中,  $g1$ 是第一透镜组的焦距,  $g2$ 是第二透镜组的焦距,  $g3$ 是第三透镜组的焦距。

[0181]  $w_1$ 是普通观察时的半视角, $w_2$ 是放大观察时的半视角。

[0182]  $l_{t1}$ 是光学系统全长(从第一透镜物体侧面到摄像面的距离), $\beta_1$ 是普通观察状态的最佳物距下的倍率, $\beta_2$ 是放大观察状态的最佳物距下的倍率。

[0183]  $I_H$ 是最大像高, $p$ 是像素间距, $h_2$ 是放大观察时的最后的面中的最大光线高, $h_1$ 是普通观察时的最后的面中的最大光线高, $E_{np}$ 是普通观察时的入射光瞳位置。

[0184] 附图标记说明

[0185] G1:第一透镜组;G2:第二透镜组;G3:第三透镜组;L1:第一透镜;L2:第二透镜;L3:第三透镜;L4:第四透镜;L5:第五透镜;L6:第六透镜;L7:第七透镜;L8:第八透镜;L9:第九透镜;CL1:接合透镜;CL2:接合透镜;CL3:接合透镜;S:亮度光圈;F1:平行平板;F2:平行平板;CG:玻璃盖片。

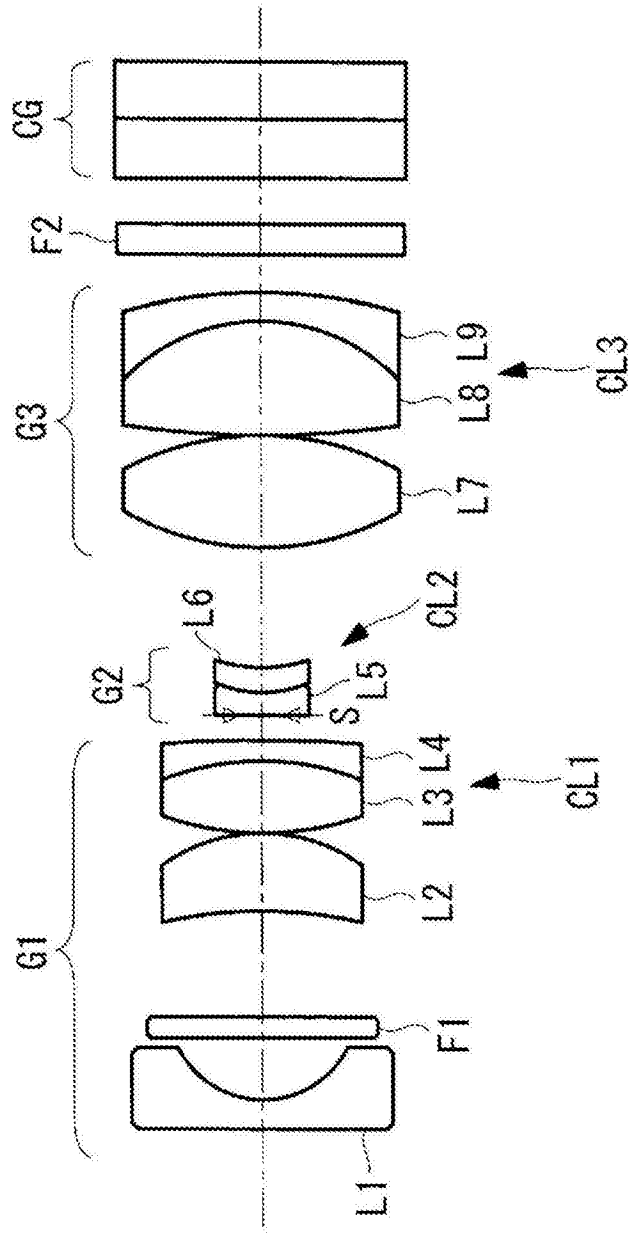


图1

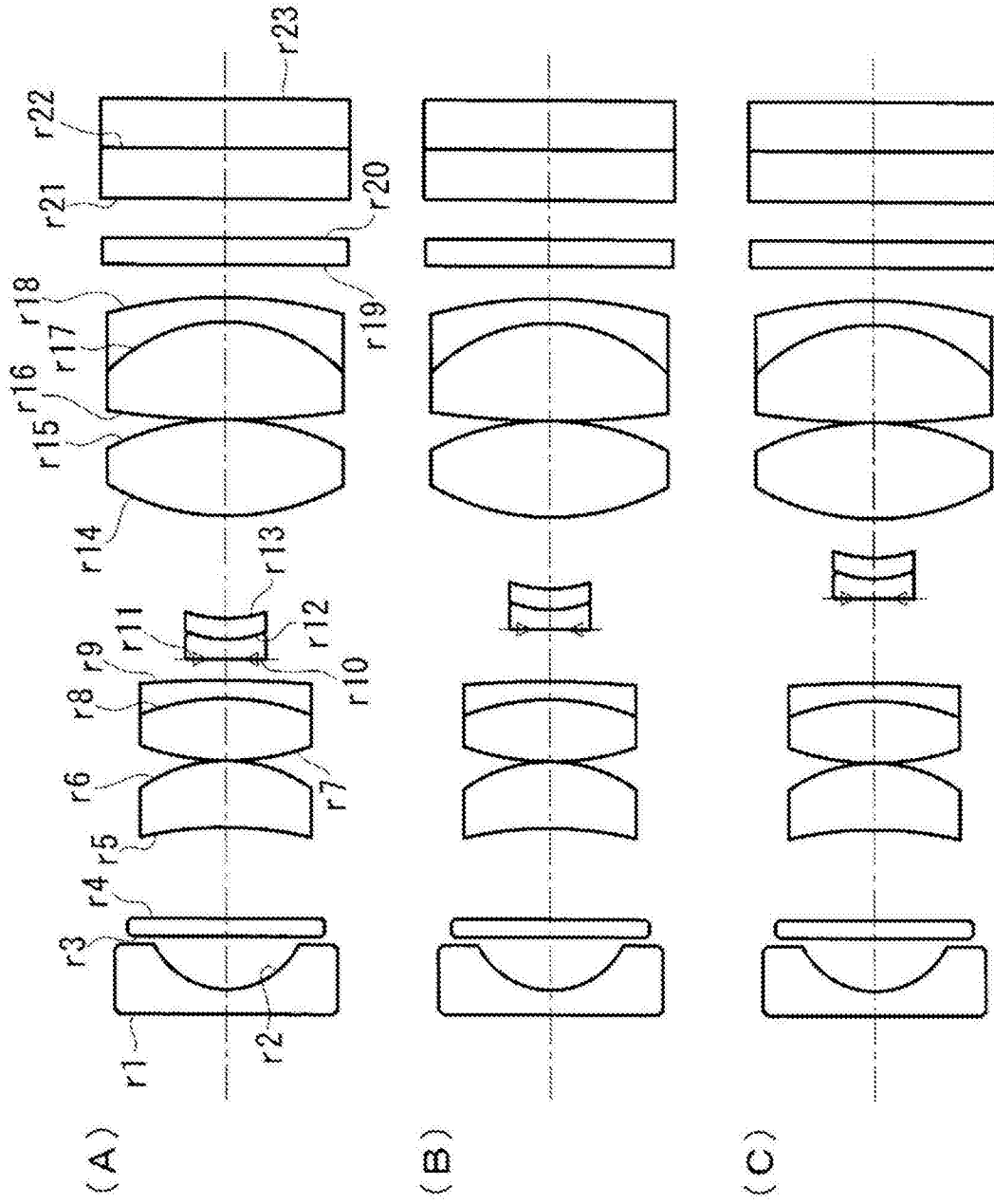


图2

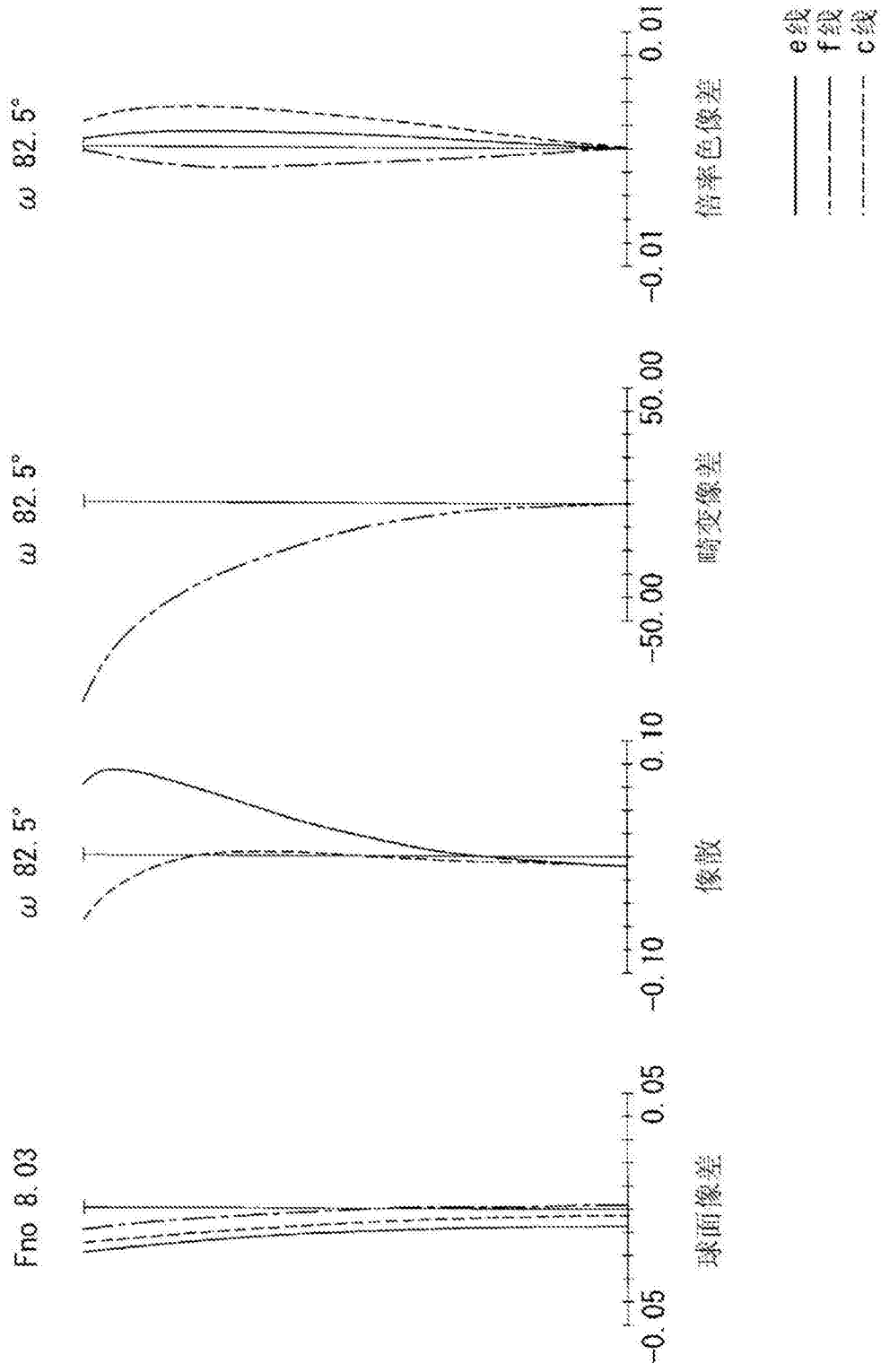


图3

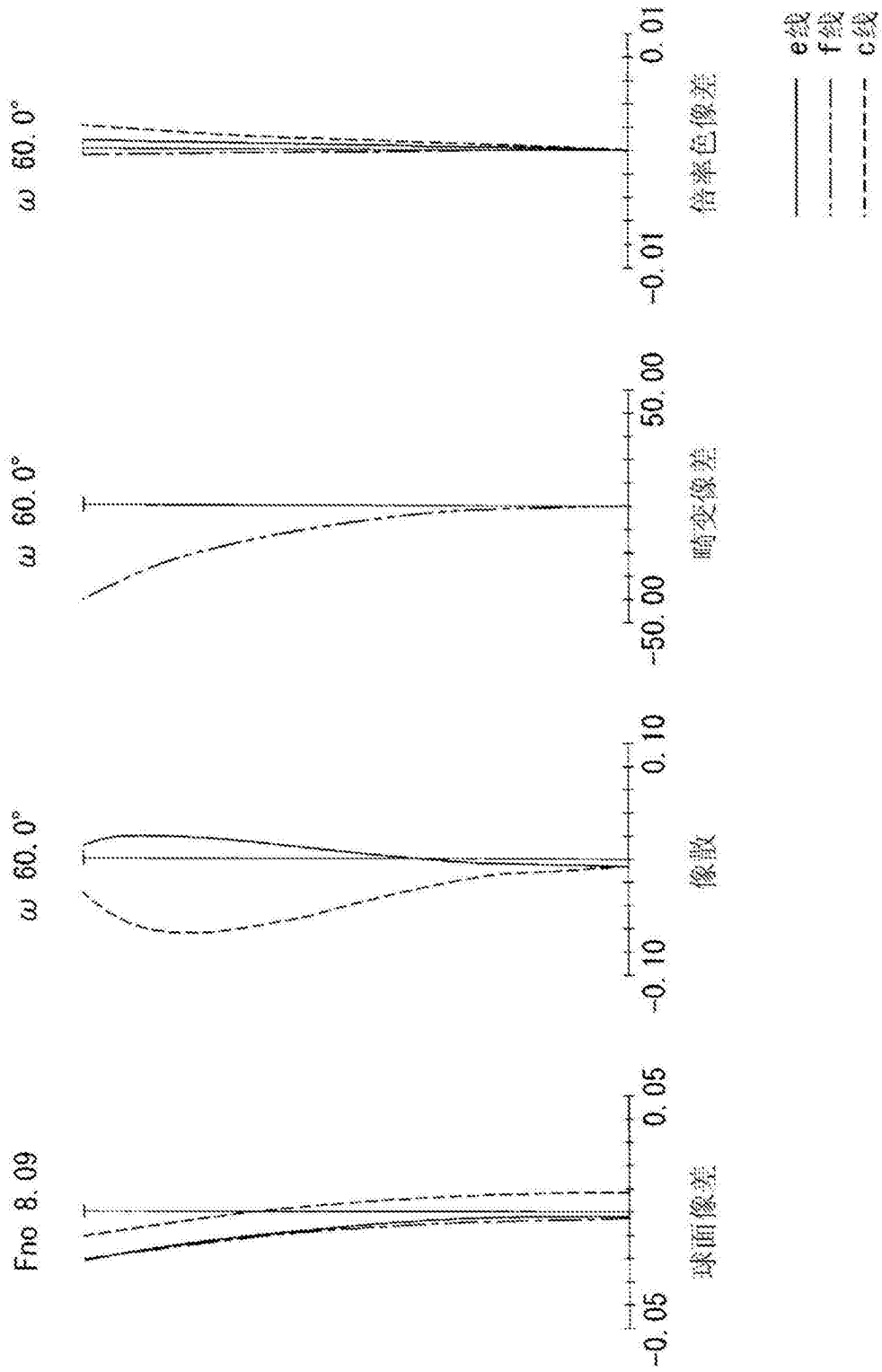


图4



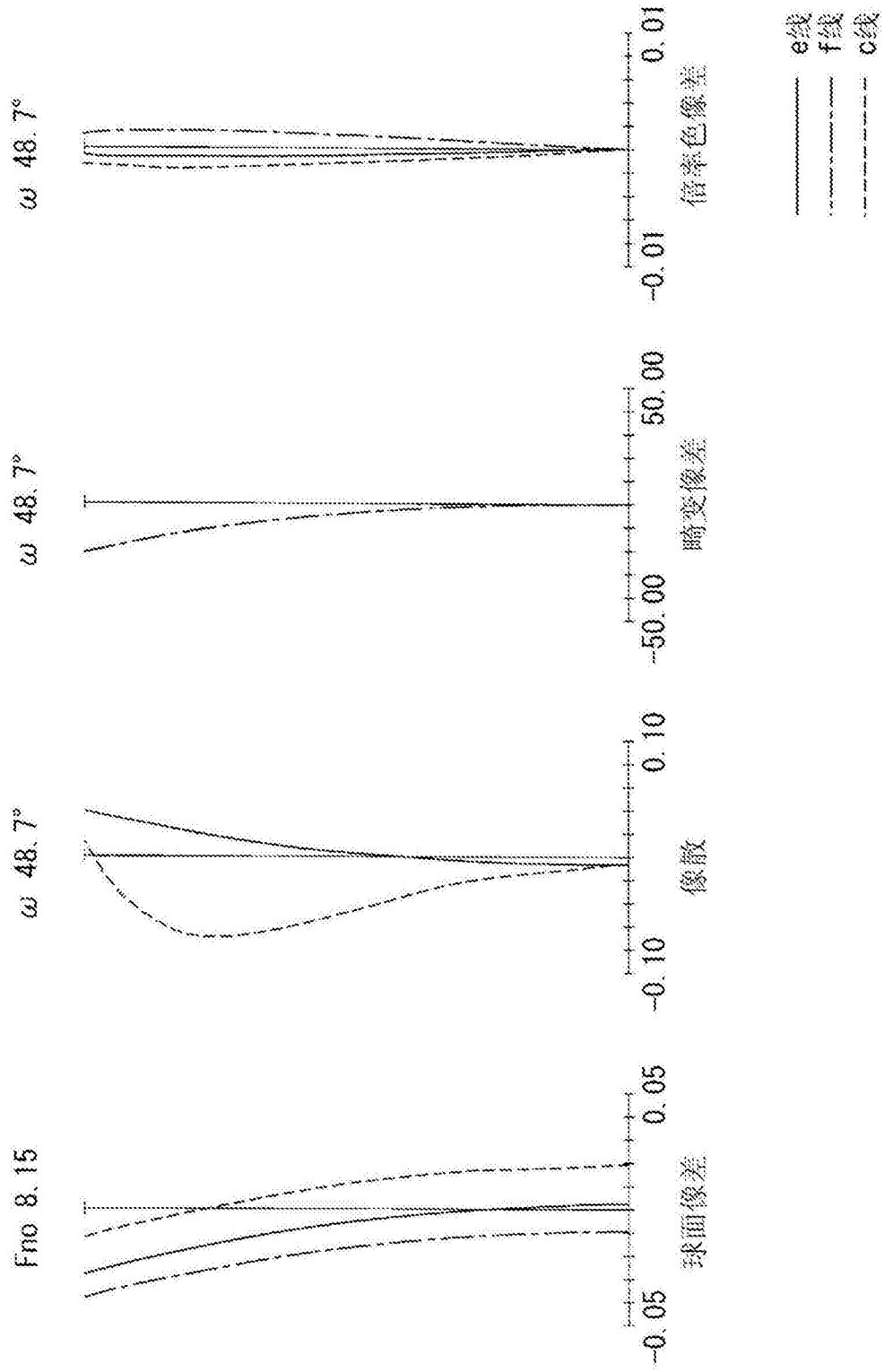


图5

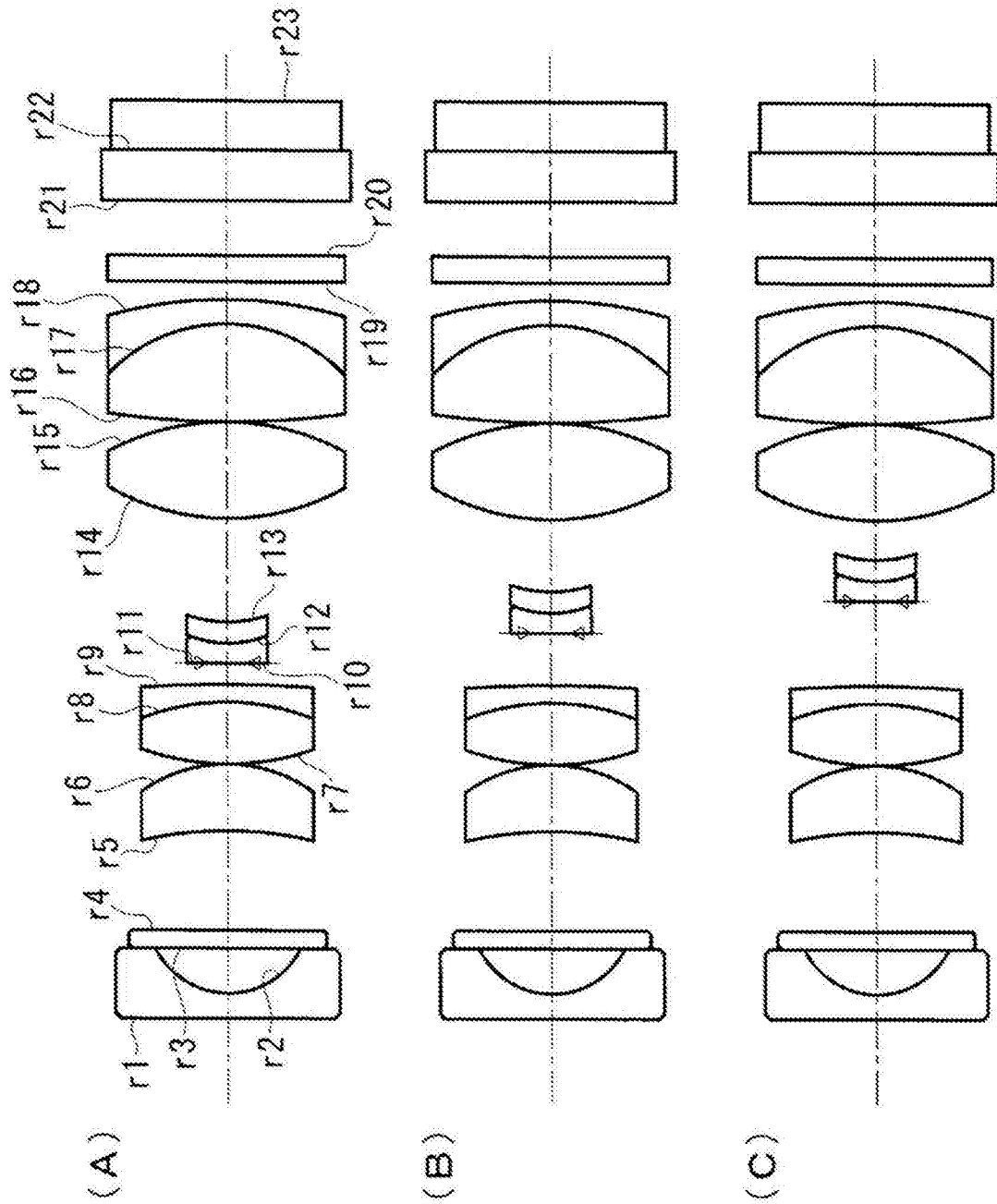


图6

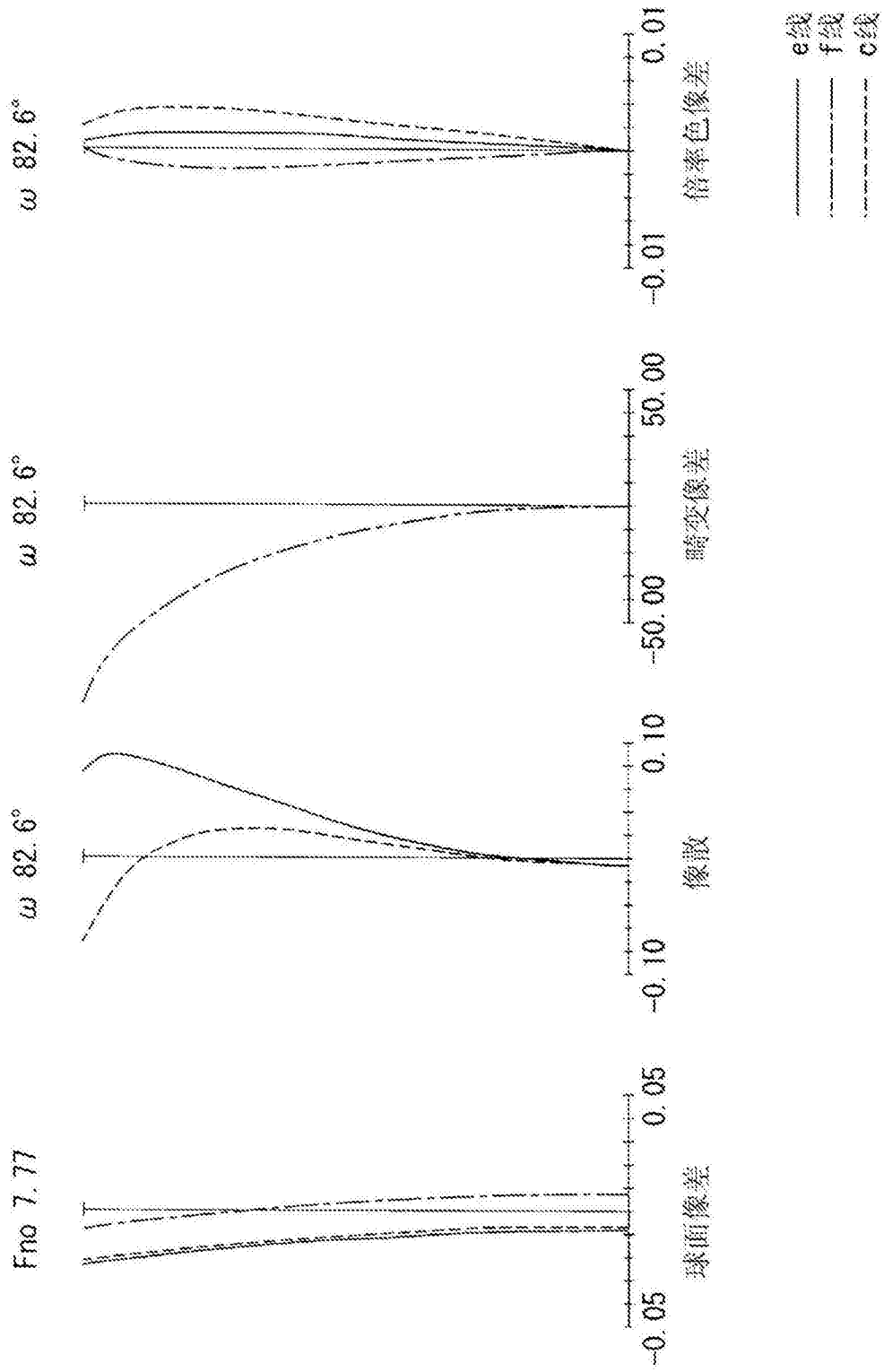


图7

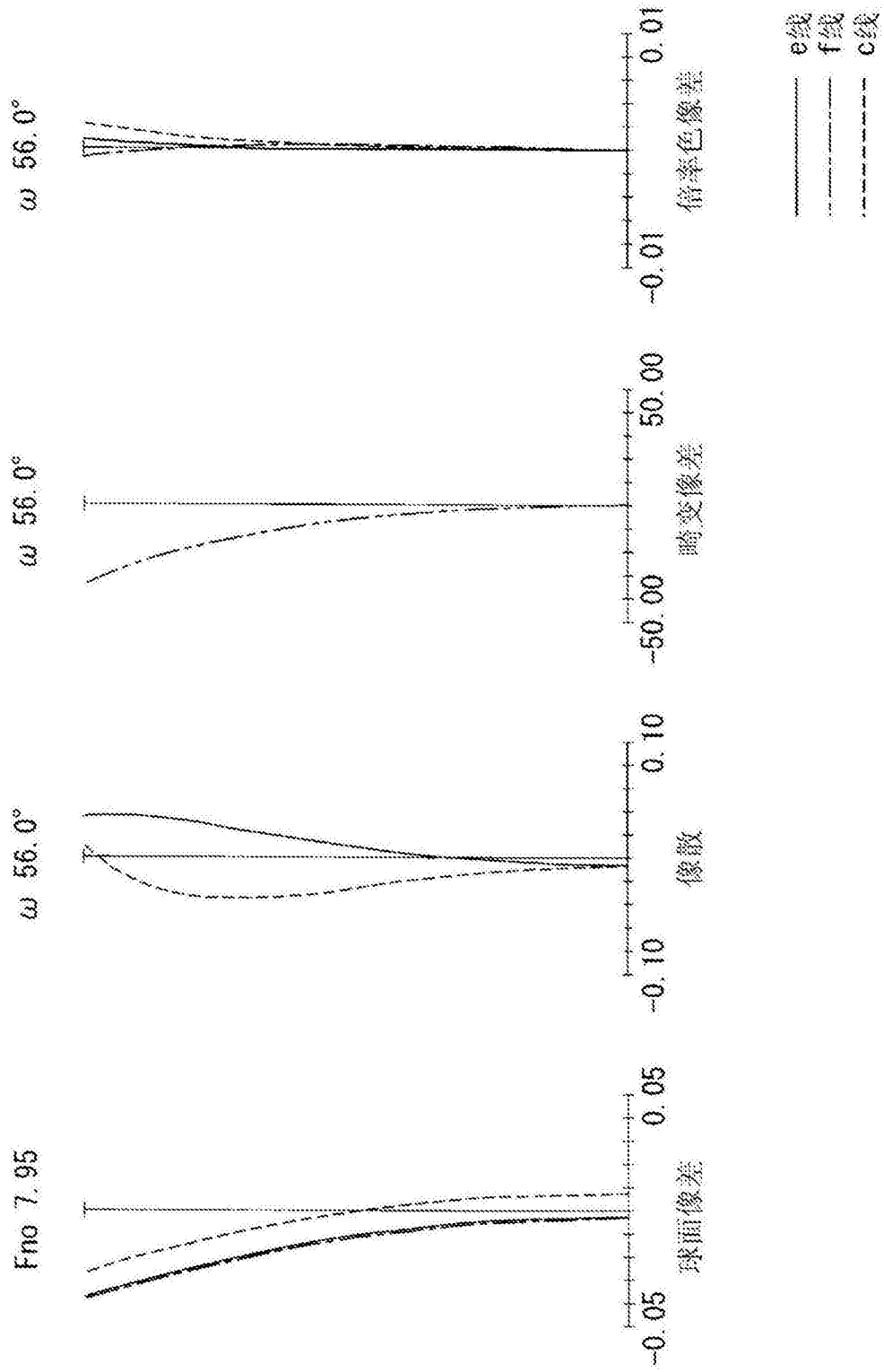


图8

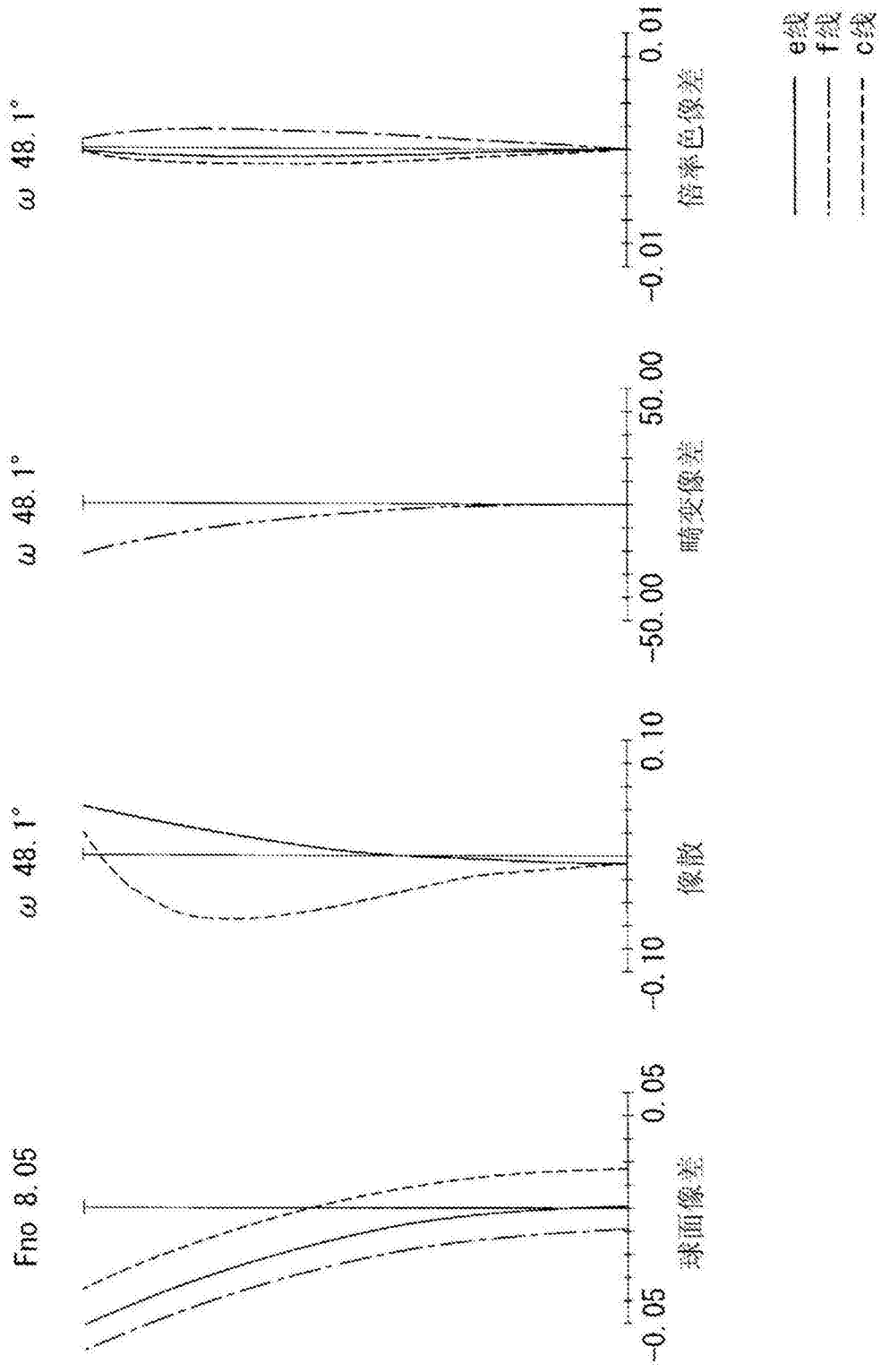


图9

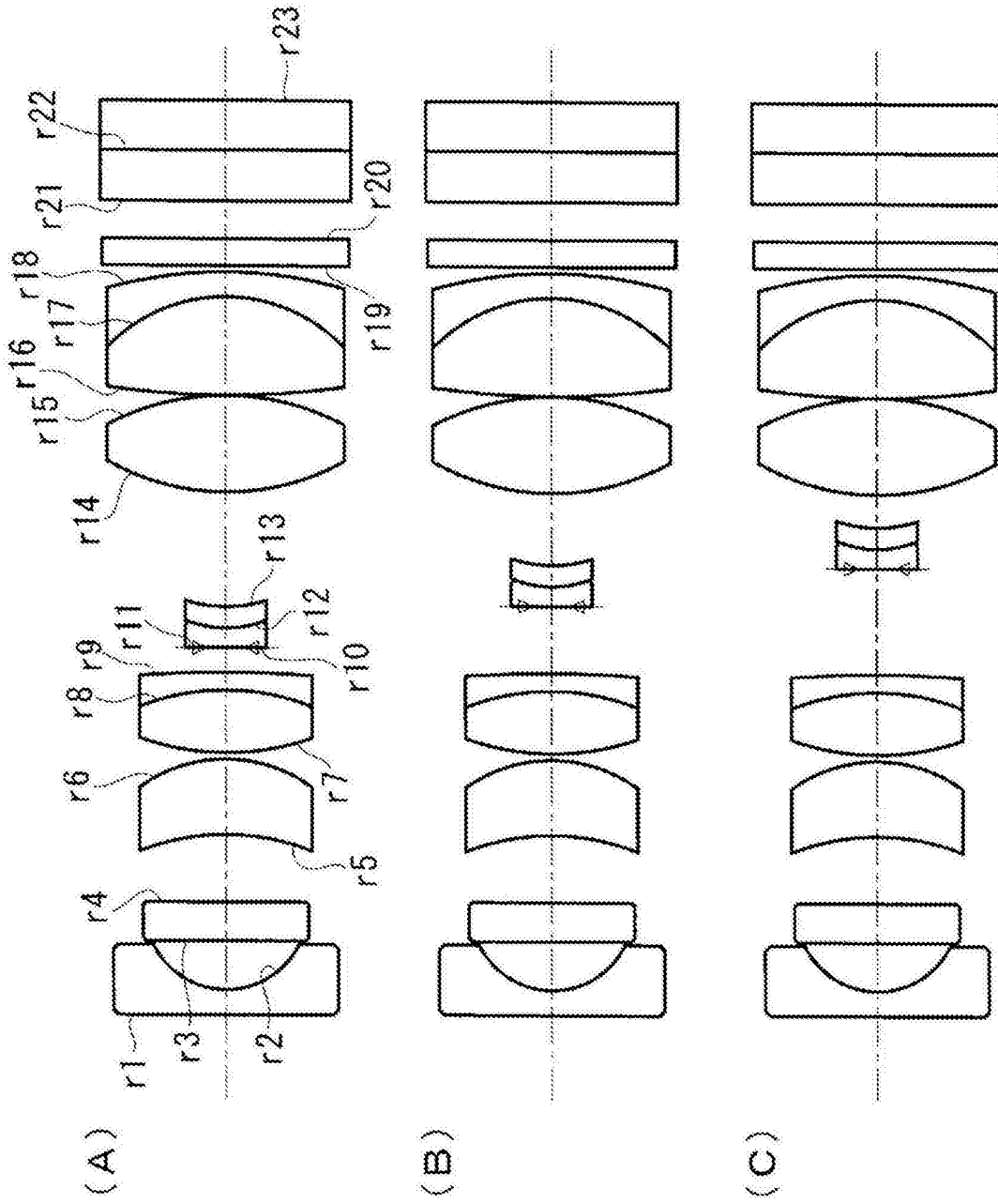


图10

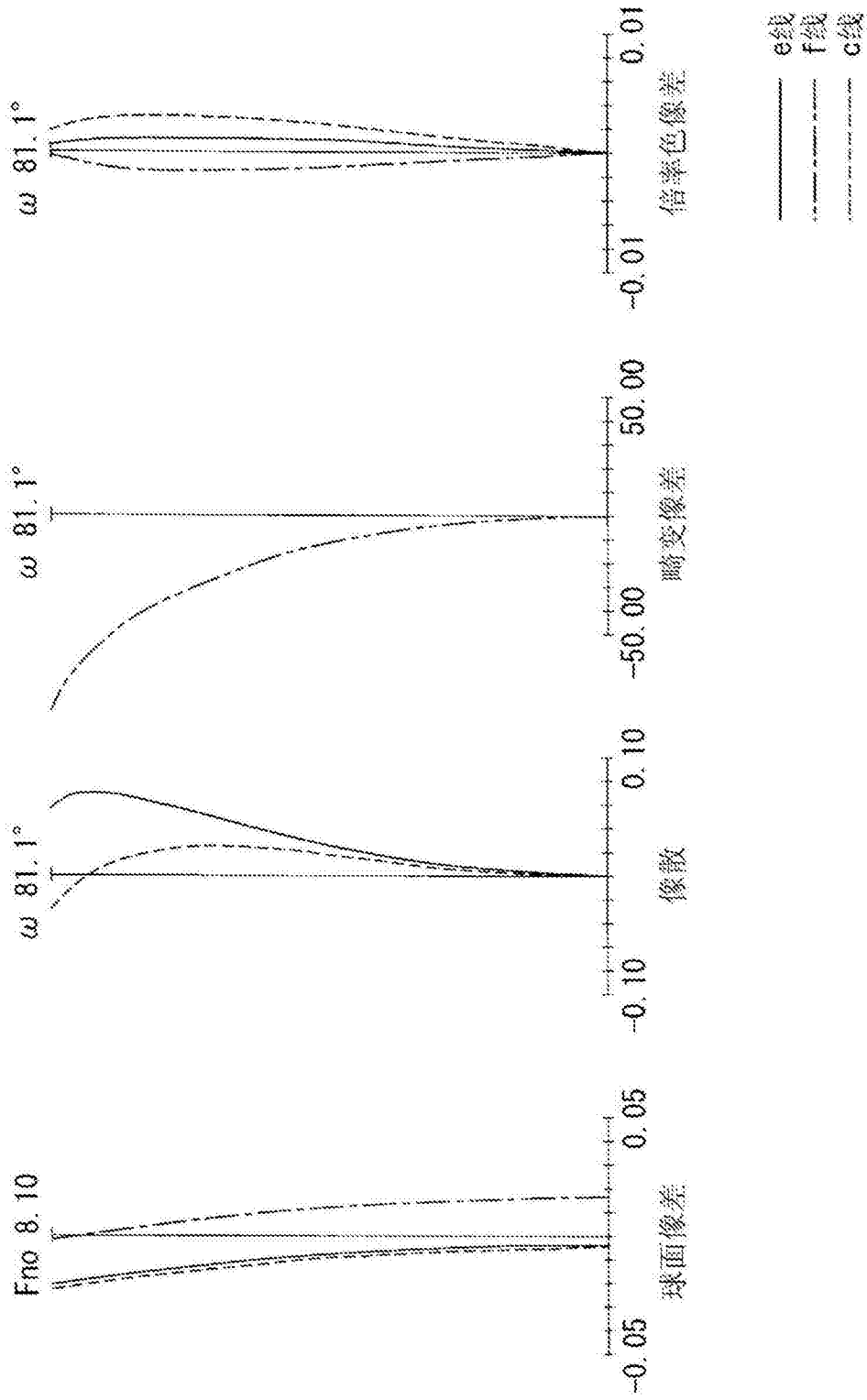


图11

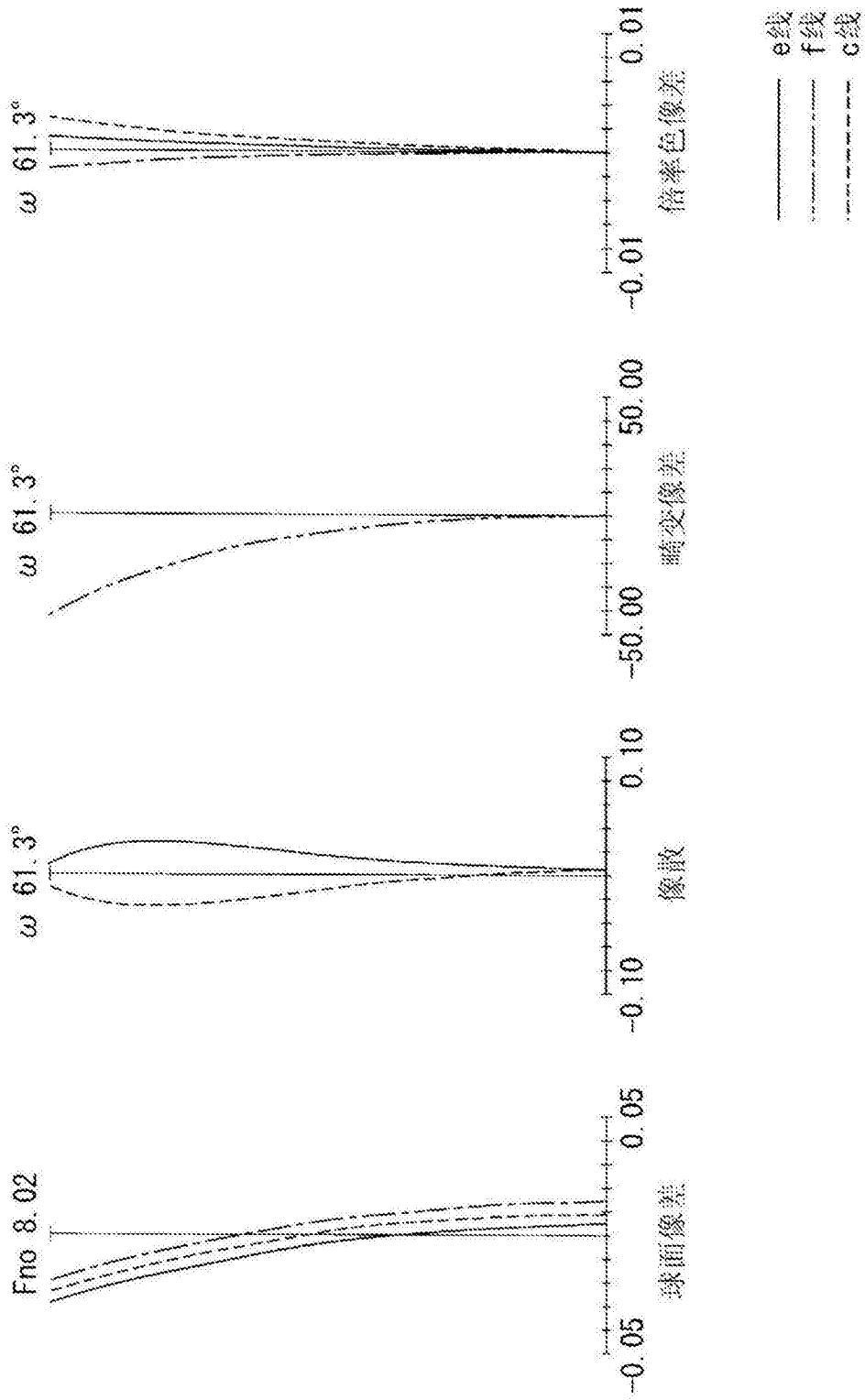


图12



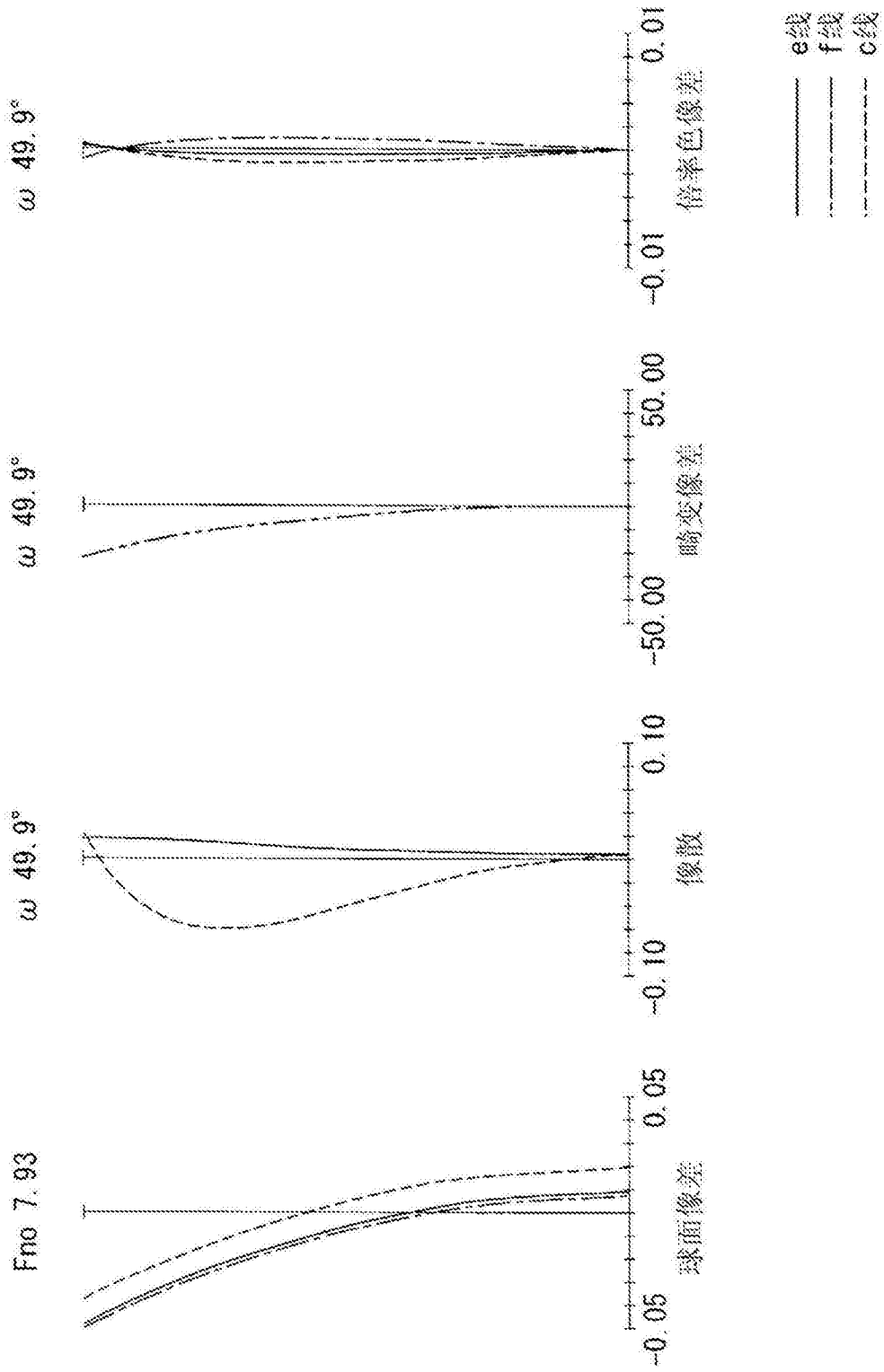


图13

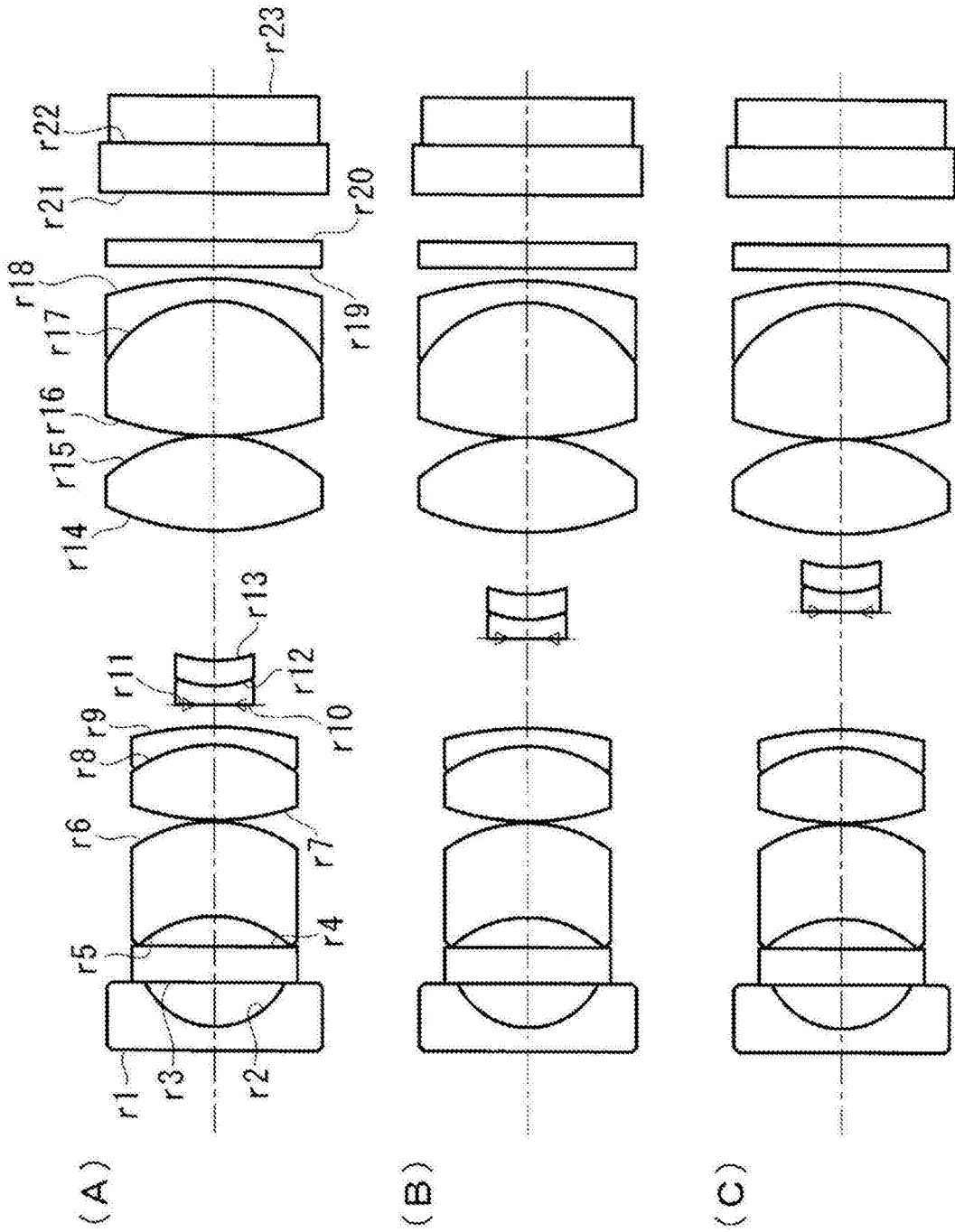


图14

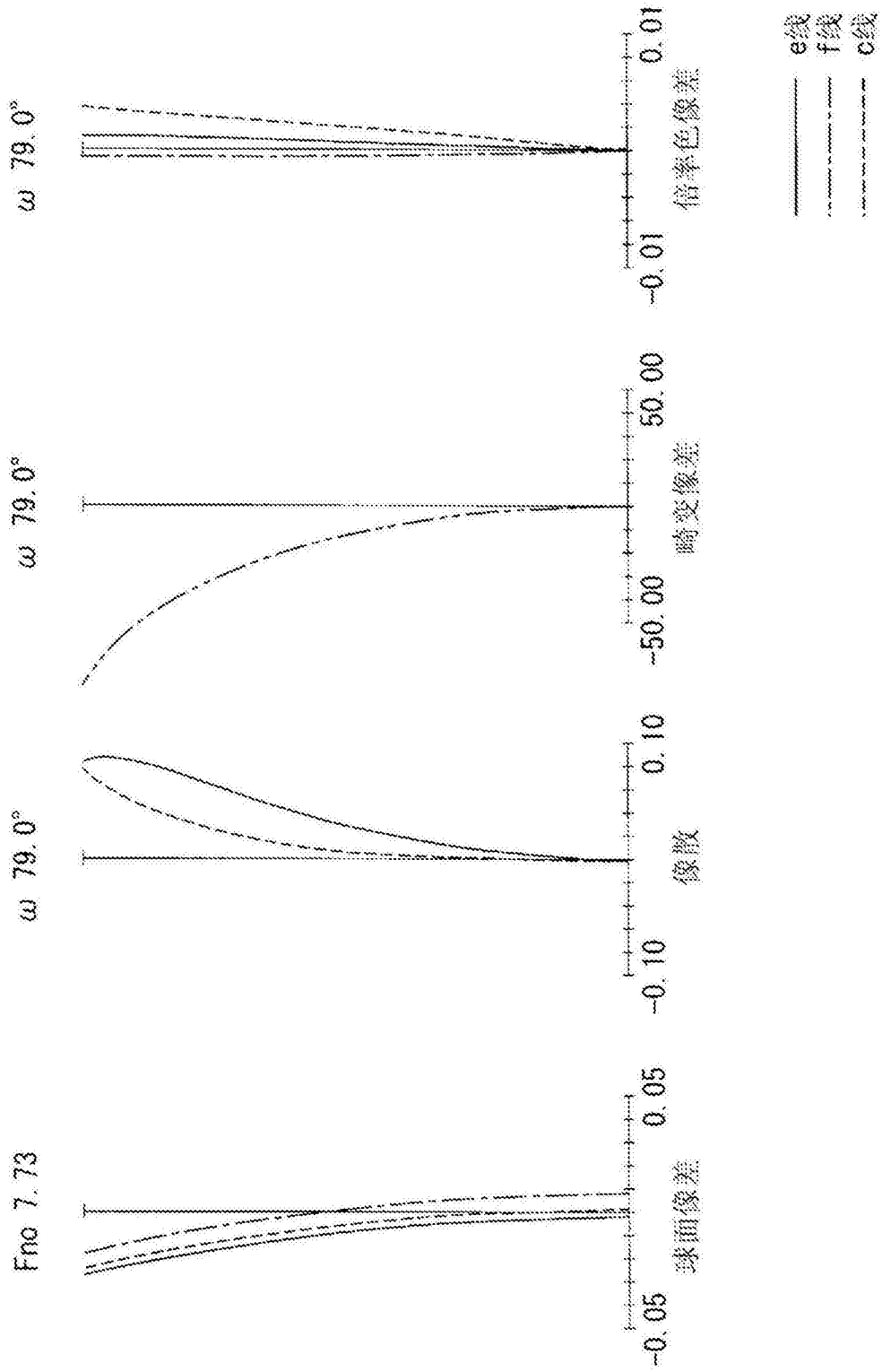


图15

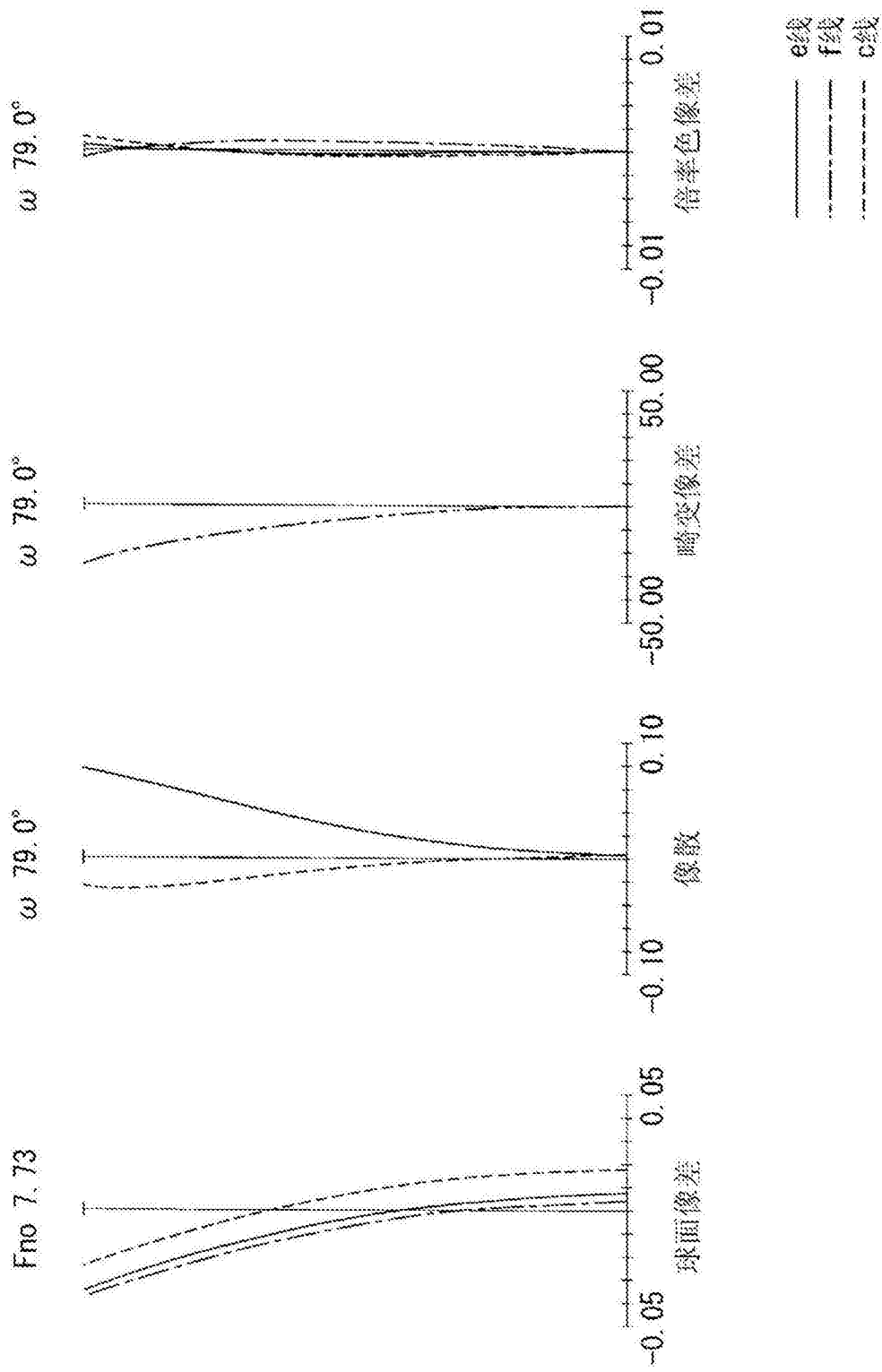


图16

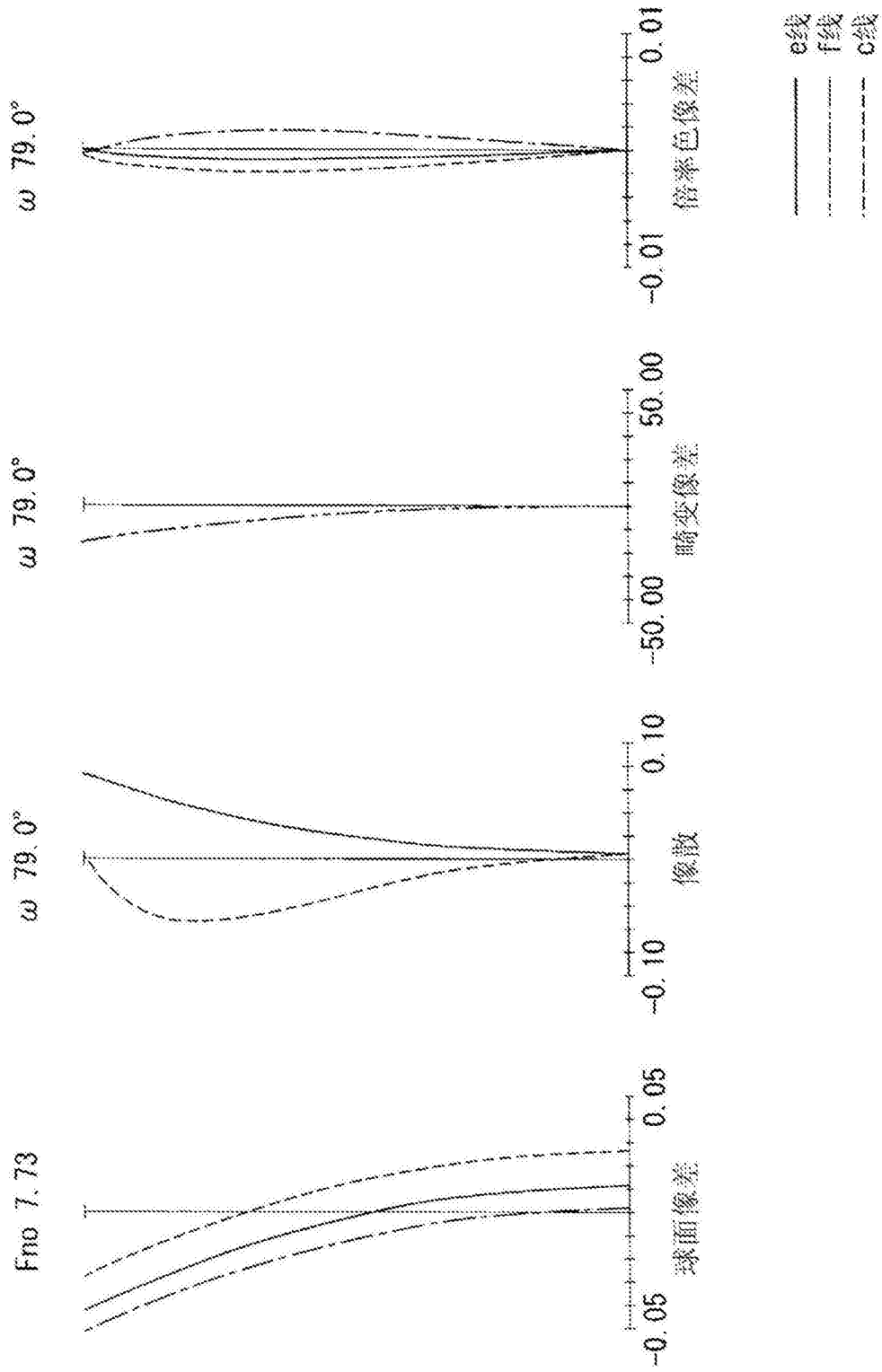


图17

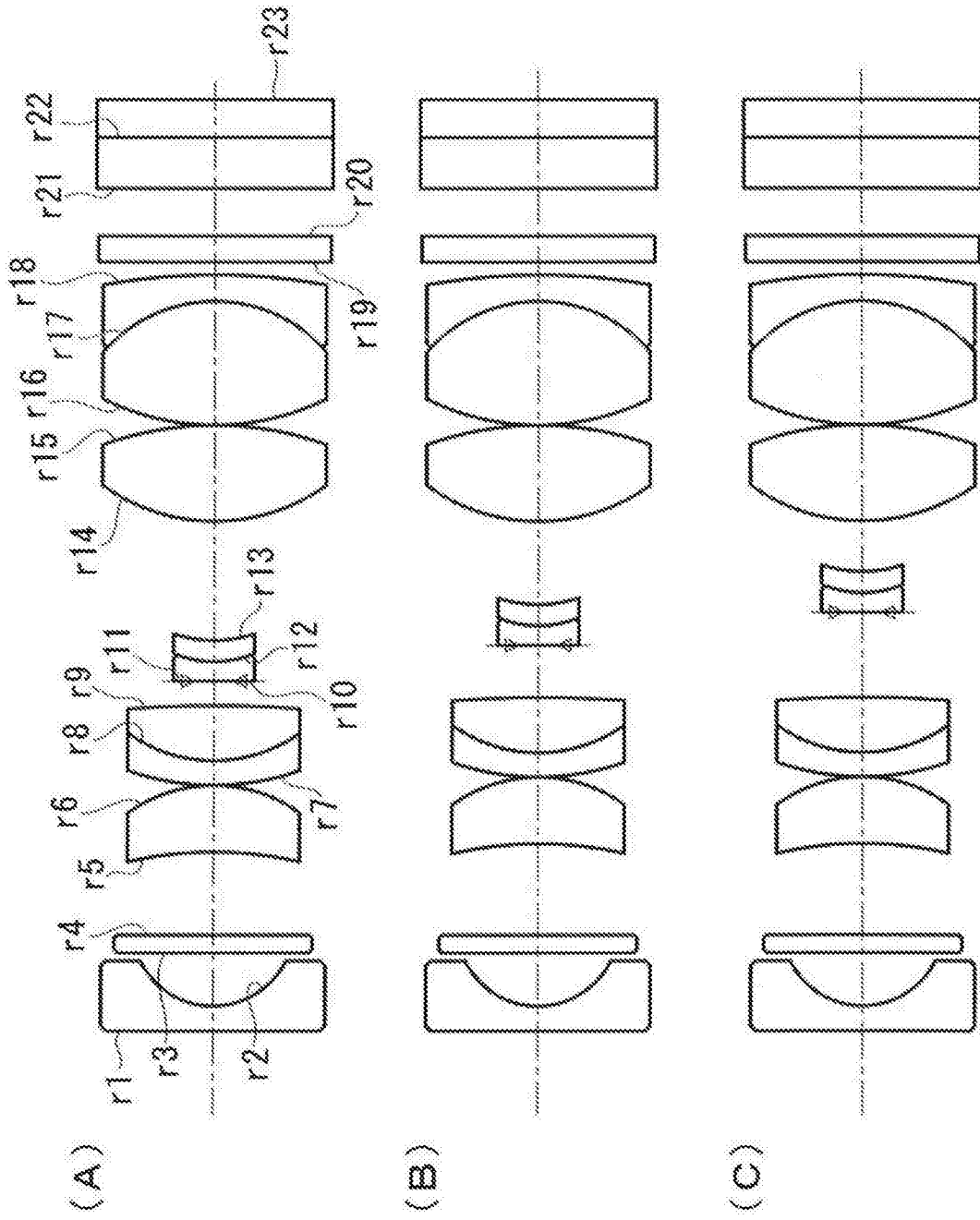


图18

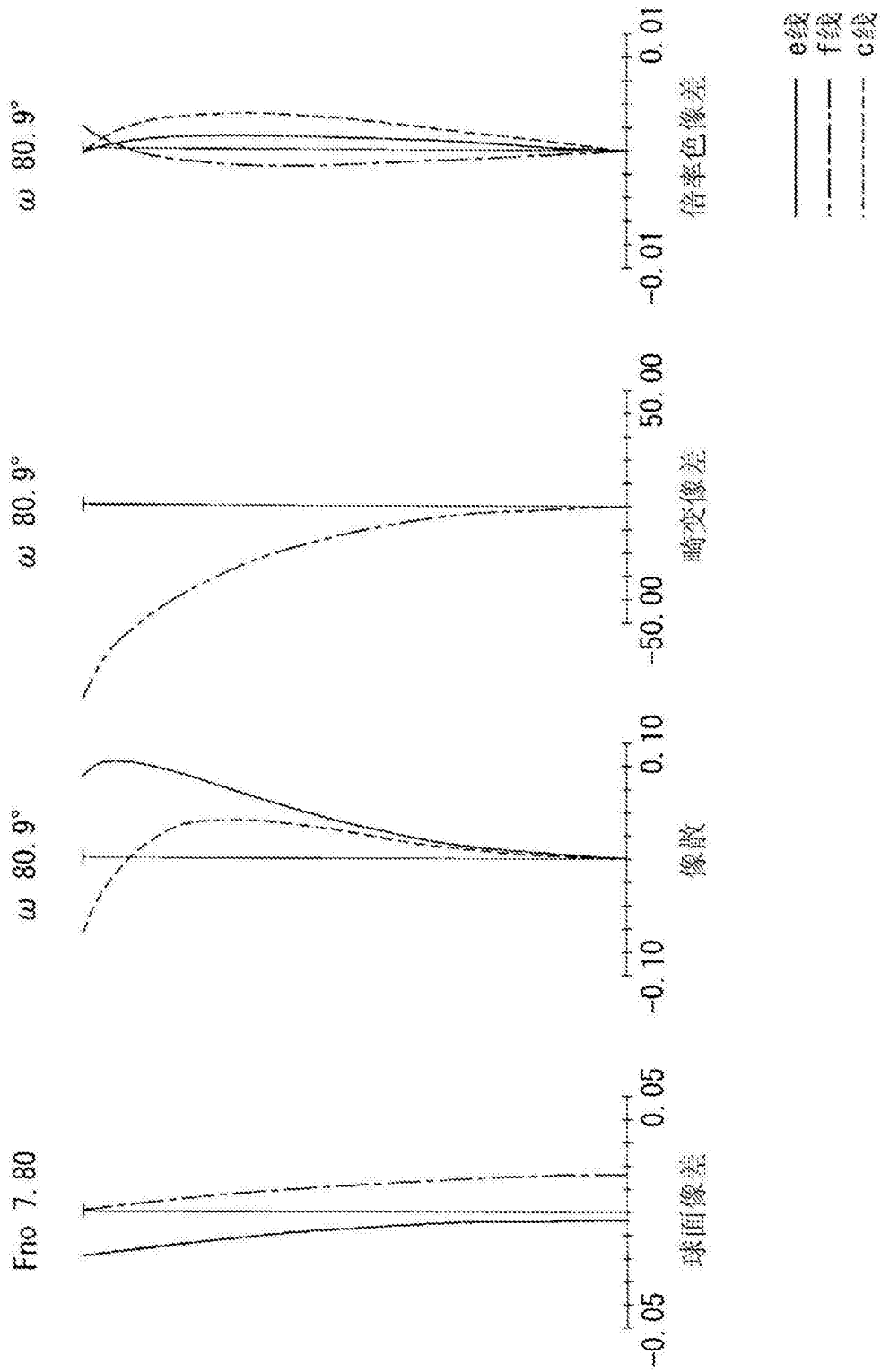


图19

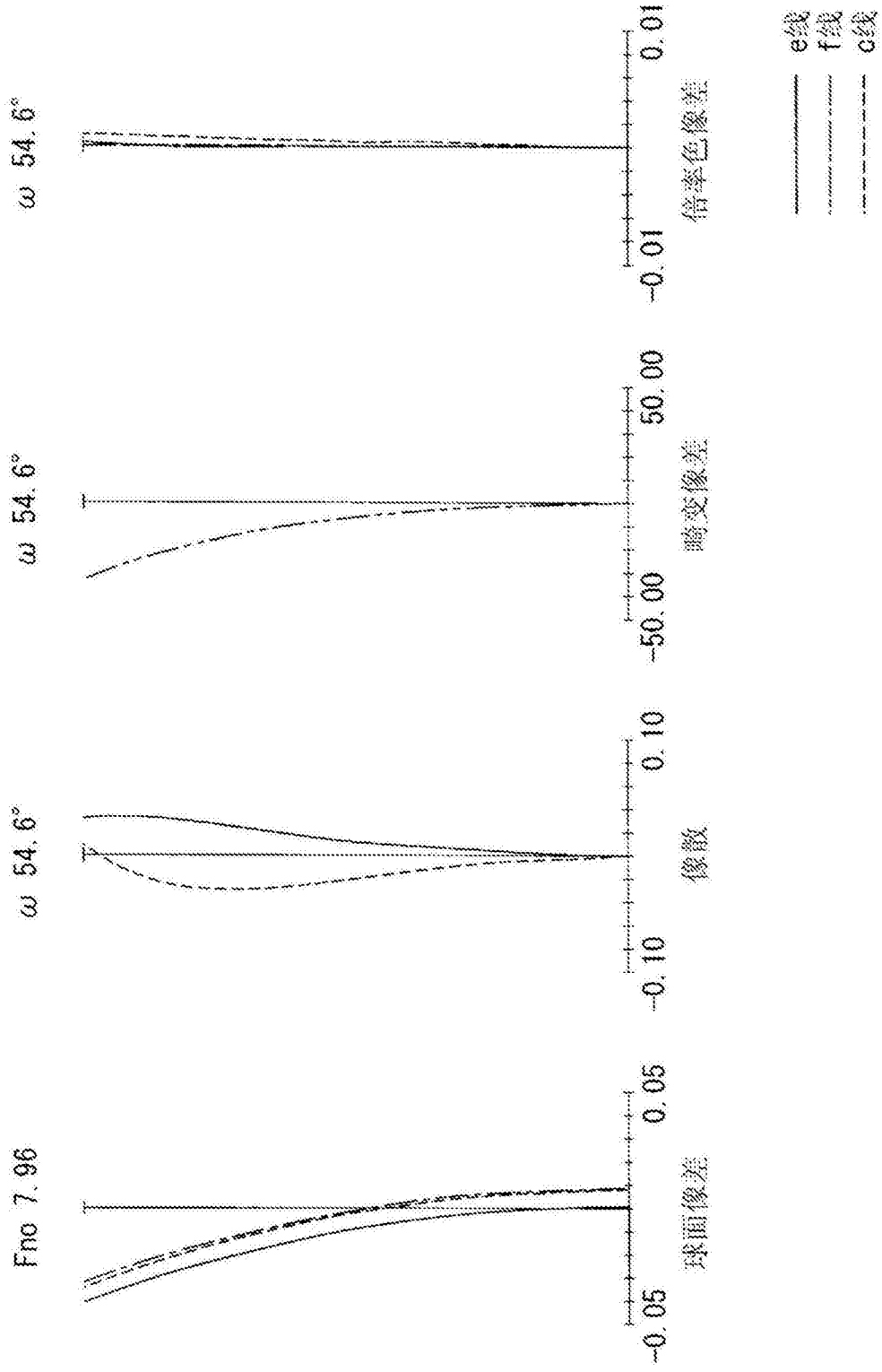


图20



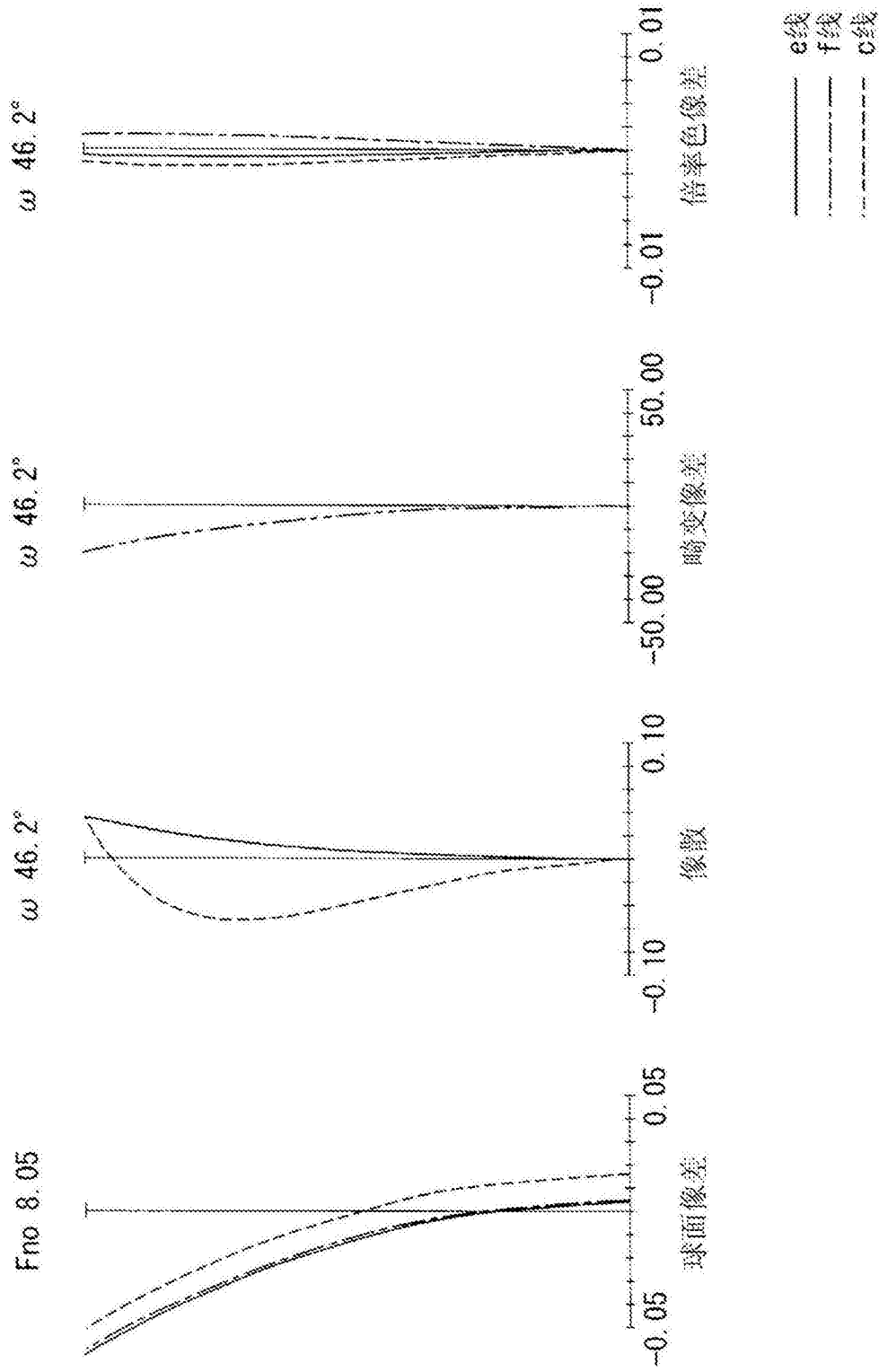


图21