(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119137522 A
(43)申请公布日 2024.12.13

(21)申请号 202380038036.6
(22)申请日 2023.03.31
(30)优先权数据
2022-089189 2022.05.31 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.11.01
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/013694 2023.03.31
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/233798 JA 2023.12.07
(71)申请人 富士胶片株式会社
地址 日本
(72)发明人 宫本治彦 齐藤广树 岩崎信行
(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
专利代理师 高颖
(51)Int.Cl.
G02B 13/00(2006.01)
G02B 3/00(2006.01)
G02B 13/04(2006.01)
G02B 13/18(2006.01)

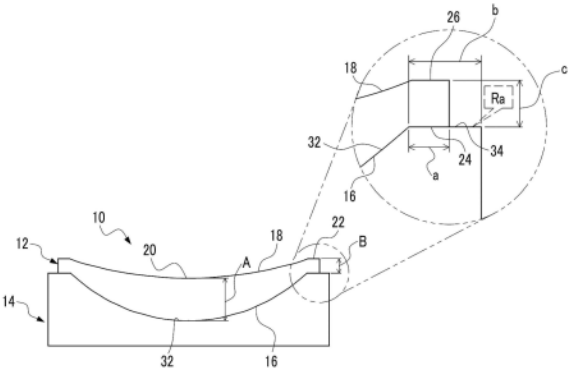
权利要求书4页 说明书22页 附图12页

(54)发明名称

光学系统

(57)摘要

光学系统包括具有第1透镜和第2透镜的复合透镜。第1透镜由树脂形成,第2透镜由玻璃形成。在将第1透镜的厚度的最大值设为A[mm],将第1透镜的厚度的最小值设为B[mm]的情况下,光学系统满足条件式(1)及(2)。将在环境温度为25℃的状态下将压头以200mN/10sec的荷载速度压入时的塑性变形量设为x[μm]的情况下,树脂满足条件式(3)。A/B≤10 (1)A≤3mm (2)1.0μm≤x≤4.0μm (3)



CN 119137522 A

1.一种光学系统,其包括具有第1透镜和第2透镜的复合透镜,其中,

所述第1透镜由树脂形成,

所述第2透镜由玻璃形成,

将所述第1透镜的厚度的最大值设为A[mm],

将所述第1透镜的厚度的最小值设为B[mm]的情况下,

所述光学系统满足由以下表示的条件式(1)及(2),

$A/B \leqslant 10$ (1)

$A \leqslant 3mm$(2)

将在环境温度为25℃的状态下将压头以200mN/10sec的荷载速度压入时的塑性变形量设为x[μ m]的情况下,

所述树脂满足由以下表示的条件式(3),

$1.0\mu m \leqslant x \leqslant 4.0\mu m$ (3)。

2.根据权利要求1所述的光学系统,其满足由以下表示的条件式(5)及(6),

$A \geqslant 0.1mm$(5)

$B \geqslant 0.02mm$(6)。

3.根据权利要求1或2所述的光学系统,其中,

所述树脂在25℃下的硬度为186MPa以上且196MPa以下。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的光学系统,其中,

所述树脂在75℃下的硬度为149MPa以上且164MPa以下。

5.根据权利要求1至4中任一项所述的光学系统,其中,

所述树脂在75℃下的弹性回复率为59%以上且63%以下。

6.根据权利要求1至5中任一项所述的光学系统,其中,

所述树脂在25℃下的压痕弹性模量为3.5GPa以上且3.6GPa以下。

7.根据权利要求1至6中任一项所述的光学系统,其中,

所述树脂在75℃下的压痕弹性模量为2.4GPa以下。

8.根据权利要求1至7中任一项所述的光学系统,其中,

所述树脂具有光固化性及热固性。

9.根据权利要求1至8中任一项所述的光学系统,其中,

所述第1透镜为具有正光焦度且由树脂形成的透镜,

将所述第1透镜的中心厚度设为d,

将所述第1透镜的物体侧的面的曲率半径设为Rf,

将所述第1透镜的像侧的面的曲率半径设为Rr的情况下,

所述光学系统满足由以下表示的条件式(7),

$0<d\times(1/Rf-1/Rr)<0.05$ (7)。

10.根据权利要求1至9中任一项所述的光学系统,其中,

所述光学系统具备前组、孔径光阑及后组,

所述前组、所述孔径光阑及所述后组从物体侧向像侧以所述前组、所述孔径光阑及所述后组的顺序配置,

所述后组至少包括1片具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜,

所述第1透镜为所述Lp透镜，

将在对焦于无限远物体的状态下的从所述前组的最靠物体侧的透镜面到所述后组的最靠像侧的透镜面为止的光轴上的距离与从所述后组的最靠像侧的透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离之和设为TL，

将所述Lp透镜的焦距设为fp的情况下，

所述光学系统满足由以下表示的条件式(8)，

$0.1<TL/fp<1.2$ (8)。

11.根据权利要求1至10中任一项所述的光学系统，其中，

所述光学系统具备前组、孔径光阑及后组，

所述前组、所述孔径光阑及所述后组从物体侧向像侧以所述前组、所述孔径光阑及所述后组的顺序配置，

所述后组至少包括1片具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜，

所述第1透镜为所述Lp透镜，

将在对焦于无限远物体的状态下的所述Lp透镜的物体侧的面上的最大半视角的主光线距光轴的高度设为Hpp，

将在对焦于无限远物体的状态下的所述Lp透镜的物体侧的面上的轴上边缘光线距光轴的高度设为Hpm的情况下，

所述光学系统满足由以下表示的条件式(9)，

$0.2<Hpp/Hpm<1.1$ (9)。

12.根据权利要求1至11中任一项所述的光学系统，其中，

所述光学系统具备前组、孔径光阑及后组，

所述前组、所述孔径光阑及所述后组从物体侧向像侧以所述前组、所述孔径光阑及所述后组的顺序配置，

所述后组至少包括1片具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜，

所述第1透镜为所述Lp透镜，

将所述Lp透镜的像侧的面的曲率半径设为Rr，

在对焦于无限远物体的状态下，将光轴上的位于所述孔径光阑的位置的点设为物点时，将由从与所述孔径光阑的像侧相邻的透镜面到所述Lp透镜的像侧的面为止的光学系统形成的像点距所述Lp透镜的像侧的面的光轴上的距离设为De，

比所述Lp透镜的像侧的面更靠像侧的介质作为空气计算De，在光轴上，若所述像点位于比所述Lp透镜的像侧的面更靠物体侧的位置上，则将De的符号设为负，若所述像点位于比所述Lp透镜的像侧的面更靠像侧的位置上，则将De的符号设为正的情况下，

所述光学系统满足由以下表示的条件式(10)，

$-0.9<(De-Rr)/(De+Rr)<0.9$ (10)。

13.根据权利要求1至12中任一项所述的光学系统，其中，

所述光学系统具备前组、孔径光阑及后组，

所述前组、所述孔径光阑及所述后组从物体侧向像侧以所述前组、所述孔径光阑及所述后组的顺序配置，

所述后组至少包括1片具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜，

所述第1透镜为所述Lp透镜，

将在对焦时沿光轴移动的聚焦组的焦距设为ffoc，

将所述Lp透镜的焦距设为fp的情况下，

所述光学系统满足由以下表示的条件式(11)，

0.04<ffoc/fp<0.36(11)。

14.根据权利要求1至13中任一项所述的光学系统,其中，

所述光学系统具备前组、孔径光阑及后组，

所述前组、所述孔径光阑及所述后组从物体侧向像侧以所述前组、所述孔径光阑及所述后组的顺序配置，

所述第1透镜为具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜，

将在对焦于无限远物体的状态下的最大视角设为ωm的情况下，

当满足由以下表示的条件式(12)时,所述后组包括所述Lp透镜，

ωm≥45° (12)

当满足由以下表示的条件式(13)时,所述前组包括所述Lp透镜，

ωm＜45° (13)。

15.根据权利要求1至14中任一项所述的光学系统,其中，

所述光学系统具备前组、孔径光阑及后组，

所述前组、所述孔径光阑及所述后组从物体侧向像侧以所述前组、所述孔径光阑及所述后组的顺序配置，

所述后组至少包括1片具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜，

所述第1透镜为所述Lp透镜，

将所述Lp透镜的中心厚度设为A，

将所述Lp透镜的两面中的最大有效直径高度处的所述复合透镜的光轴方向的厚度设为B，

将最大像高设为Y，

将所述Lp透镜的g线与F线之间的部分色散比设为θgF，

将所述Lp透镜的d线基准的阿贝数设为vd，

将Δ θgF用条件式(14)表示的情况下，

Δ θgF＝θgF-(0.6438-0.001682×v d)(14)

所述光学系统满足由以下表示的条件式(15)，

0.004＜(A-B| Δ θgF)/Y<0.020(15)。

16.根据权利要求1至15中任一项所述的光学系统,其中，

所述光学系统具备前组、孔径光阑及后组，

所述前组、所述孔径光阑及所述后组从物体侧向像侧以所述前组、所述孔径光阑及所述后组的顺序配置，

所述复合透镜包括在所述前组中，

所述第2透镜相对于所述第1透镜配置于物体侧。

17.根据权利要求1至15中任一项所述的光学系统,其中，

所述光学系统具备前组、孔径光阑及后组，

所述前组、所述孔径光阑及所述后组从物体侧向像侧以所述前组、所述孔径光阑及所述后组的顺序配置，

所述复合透镜包括在所述后组中，

所述第2透镜相对于所述第1透镜配置于像侧。

18.一种光学系统，其包括具有第1透镜及第2透镜的复合透镜，其中，

所述第1透镜具有凸面及从所述凸面的外周缘向所述复合透镜的径向外侧突出的第1面，

所述第2透镜具有与所述凸面接合的凹面及从所述凹面的外周缘向所述径向外侧突出并与所述第1面接合的第2面，

在将沿所述径向的所述第1面的长度设为a[μ m]，将沿所述径向的所述第2面的长度设为b[μ m]，将所述第2面的表面粗糙度设为Ra[μ m]的情况下，

所述光学系统满足由以下表示的条件式(16)及(17)，

$a < b$(16)

$5\mu m \leq a/Ra$(17)。

光学系统

技术领域

[0001] 本发明的技术涉及一种包括复合透镜的光学系统。

背景技术

[0002] 在日本专利第6824424号公报中,公开了一种具有基材透镜及包覆基材透镜的光学面的光学面形状的树脂层的复合透镜的制造装置。

[0003] 在日本特开平07-68568号公报中,公开了一种复合型光学元件的成型方法,其中,将载置在光学元件的基材上的能量固化型树脂用成型面具有所期望的光学形状的模具进行按压而形成树脂层,并照射能量而使树脂层固化。

[0004] 在日本特开平07-112491号公报中,公开了一种复合光学元件,其在玻璃基板的两面具有由热聚合型树脂构成的非球面树脂层。

[0005] 在日本特开平08-258172号公报中,公开了一种塑料透镜的制造方法,所述塑料透镜通过如下工序来成型:第1工序,通过活性能量射线将特定塑料透镜用组合物进行部分聚合而使其不流动化;及基于后续于第1工序的加热处理的聚合结束的第2工序。

[0006] 在国际公开第2022/039143号小册子中,公开了一种能够获得实现了充分低的阿贝数的同时还实现了优异的透射率的固化物的化合物、含有该化合物的固化性树脂组合物、由该固化性树脂组合物获得的固化物、以及包含该固化物的光学部件及透镜。

[0007] 在日本特开2009-248483号公报中,公开了一种复合光学元件的制造方法,所述方法具有:第1吐出工序,对光学元件基材或模具吐出第1树脂;第1照射工序,对第1树脂照射固化能量并使其固化;第2吐出工序,在固化的第1树脂的表面进一步吐出第2树脂;拉伸工序,使光学元件基材或模具靠近第2树脂并扩展第2树脂;及第2照射工序,对扩展的第2树脂照射固化能量并使其固化。

[0008] 在日本特开2003-262708号公报中,公开了一种复合光学元件,其包括元件基材和固定在元件基材的表面的树脂层。

[0009] 在日本专利第3071277号公报中,公开了一种透镜的制造方法,所述方法用于如下:以由大致圆板状的主体部和以包围外周缘的方式连接于主体部的外周缘的带躯干部构成的玻璃部件为母材,在形成于主体部的表面并具有比主体部的外径小的外径的光学功能面上,通过成型加工形成具有规定的表面形状的树脂层,由此形成将玻璃材料和树脂材料进行了一体化的透镜。

[0010] 在日本专利第4632942号公报中,公开了一种树脂接合型光学元件,其具有光学元件基材和与光学元件基材接合的树脂层。

[0011] 在日本特开2011-186440号公报中,公开了一种复合光学元件,其具备:玻璃基材,具有朝向光轴方向的一侧的第1光学功能面及朝向光轴方向的另一侧的第2光学功能面,并且具有设置于第1光学功能面的周围的外周面;及树脂层,与玻璃基材的第2光学功能面接合。

[0012] 在日本特开平05-323104号公报中,公开了一种在玻璃制透镜的表面附着成型由

非球面构成的合成树脂层的复合型非球面透镜。

[0013] 在日本特开2005-060696号公报中,公开了一种混合透镜用树脂组合物,其中,用于在玻璃透镜母材上接合树脂层而成的混合透镜的树脂层的形成的树脂组合物含有自由基聚合性单体和硅烷偶联剂。

[0014] 在日本特开2003-191260号公报中,公开了一种装置,其将玻璃制透镜中的一侧表面作为树脂膜接合面,在该树脂膜接合面上接合透明的树脂膜,以使透镜具有规定的特性。

[0015] 在日本特开2018-151420号公报中,公开了一种透镜结构体,其中,在支撑体上具有室温下的压痕弹性模量大于0MPa且为3000MPa以下的第1树脂层,在第1树脂层上具有第2树脂层,支撑体的翘曲量为0μm至50μm。

[0016] 在日本特开2015-219422号公报中,公开了一种光学部件,其由基板和树脂构成,其中,在将由树脂构成的主要结构图案的最薄部树脂厚度设为RTmin,将最厚部树脂厚度设为RTmax时,满足特定的式。

发明内容

[0017] 本发明的技术所涉及的一个实施方式提供一种能够确保第1透镜的品质的光学系统。

[0018] 用于解决技术课题的手段

[0019] 本发明的技术所涉及的第1方式为一种光学系统,其包括具有第1透镜和第2透镜的复合透镜,其中,

[0020] 第1透镜由树脂形成,第2透镜由玻璃形成,将第1透镜的厚度的最大值设为A[mm],将第1透镜的厚度的最小值设为B[mm]的情况下,

[0021] 光学系统满足由以下表示的条件式(1)及(2),

[0022] $A/B \leq 10$ (1)

[0023] $A \leq 3mm$ (2)

[0024] 将在环境温度为25℃的状态下将压头以200mN/10sec的荷载速度压入时的塑性变形量设为x[μm]的情况下,

[0025] 树脂满足由以下表示的条件式(3),

[0026] $1.0\mu m \leq x \leq 4.0\mu m$ (3)。

[0027] 本发明的技术所涉及的第2方式在第1方式所涉及的光学系统中,

[0028] 满足由以下表示的条件式(5)及(6),

[0029] $A \geq 0.1mm$ (5)

[0030] $B \geq 0.02mm$ (6)。

[0031] 本发明的技术所涉及的第3方式在第1方式或第2方式所涉及的光学系统中,树脂在25℃下的硬度为186MPa以上且196MPa以下。

[0032] 本发明的技术所涉及的第4方式在第1方式至第3方式中任一方式所涉及的光学系统中,树脂在75℃下的硬度为149MPa以上且164MPa以下。

[0033] 本发明的技术所涉及的第5方式在第1方式至第4方式中任一方式所涉及的光学系统中,树脂在75℃下的弹性回复率为59%以上且63%以下。

[0034] 本发明的技术所涉及的第6方式在第1方式至第5方式中任一方式所涉及的光学系

统中,树脂在25℃下的压痕弹性模量为3.5GPa以上且3.6GPa以下。

[0035] 本发明的技术所涉及的第7方式在第1方式至第6方式中任一方式所涉及的光学系统中,树脂在75℃下的压痕弹性模量为2.4GPa以下。

[0036] 本发明的技术所涉及的第8方式在第1方式至第7方式中任一方式所涉及的光学系统中,树脂具有光固化性及热固性。

[0037] 本发明的技术所涉及的第9方式在第1方式至第8方式中任一方式所涉及的光学系统中,第1透镜为具有正光焦度且由树脂形成的透镜,将第1透镜的中心厚度设为d,将第1透镜的物体侧的面的曲率半径设为Rf,将第1透镜的像侧的面的曲率半径设为Rr的情况下,

[0038] 所述光学系统满足由以下表示的条件式(7),

[0039] $0<d\times(1/Rf-1/Rr)<0.05$ (7)。

[0040] 本发明的技术所涉及的第10方式在第1方式至第9方式中任一方式所涉及的光学系统中,具备前组、孔径光阑及后组,前组、孔径光阑及后组从物体侧向像侧以前组、孔径光阑及后组的顺序配置,后组至少包括1片具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜,第1透镜为Lp透镜,将在对焦于无限远物体的状态下的从前组的最靠物体侧的透镜面到后组的最靠像侧的透镜面为止的光轴上的距离与从后组的最靠像侧的透镜面到像面为止的光轴上的空气换算距离之和设为TL,将Lp透镜的焦距设为fp的情况下,

[0041] 所述光学系统满足由以下表示的条件式(8),

[0042] $0.1<TL/fp<1.2$ (8)。

[0043] 本发明的技术所涉及的第11方式在第1方式至第10方式中任一方式所涉及的光学系统中,具备前组、孔径光阑及后组,前组、孔径光阑及后组从物体侧向像侧以前组、孔径光阑及后组的顺序配置,后组至少包括1片具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜,第1透镜为Lp透镜,将在对焦于无限远物体的状态下的Lp透镜的物体侧的面上的最大半视角的主光线距光轴的高度设为Hpp,将在对焦于无限远物体的状态下的Lp透镜的物体侧的面上的轴上边缘光线距光轴的高度设为Hpm的情况下,

[0044] 所述光学系统满足由以下表示的条件式(9),

[0045] $0.2<Hpp/Hpm<1.1$ (9)。

[0046] 本发明的技术所涉及的第12方式在第1方式至第11方式中任一方式所涉及的光学系统中,具备前组、孔径光阑及后组,

[0047] 前组、孔径光阑及后组从物体侧向像侧以前组、孔径光阑及后组的顺序配置,后组至少包括1片具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜,第1透镜为Lp透镜,将Lp透镜的像侧的面的曲率半径设为Rr,在对焦于无限远物体的状态下,将光轴上的位于孔径光阑的位置的点设为物点时,将由从与孔径光阑的像侧相邻的透镜面到Lp透镜的像侧的面为止的光学系统形成的像点距Lp透镜的像侧的面的光轴上的距离设为De,比Lp透镜的像侧的面更靠像侧的介质作为空气计算De,在光轴上,若像点位于比Lp透镜的像侧的面更靠物体侧的位置上,则将De的符号设为负,若像点位于比Lp透镜的像侧的面更靠像侧的位置上,则将De的符号设为正的情况下,

[0048] 所述光学系统满足由以下表示的条件式(10),

[0049] $-0.9<(De-Rr)/(De+Rr)<0.9$ (10)。

[0050] 本发明的技术所涉及的第13方式在第1方式至第12方式中任一方式所涉及的光学

系统中,具备前组、孔径光阑及后组,

[0051] 前组、孔径光阑及后组从物体侧向像侧以前组、孔径光阑及后组的顺序配置,后组至少包括1片具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜,第1透镜为Lp透镜,将在对焦时沿光轴移动的聚焦组的焦距设为ffoc,将Lp透镜的焦距设为fp的情况下,

[0052] 所述光学系统满足由以下表示的条件式(11),

[0053] $0.04<ffoc/fp<0.36$ (11)。

[0054] 本发明的技术所涉及的第14方式在第1方式至第13方式中任一方式所涉及的光学系统中,具备前组、孔径光阑及后组,

[0055] 前组、孔径光阑及后组从物体侧向像侧以前组、孔径光阑及后组的顺序配置,第1透镜为具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜,将在对焦于无限远物体的状态下的最大视角设为ωm的情况下,

[0056] 当满足由以下表示的条件式(12)时,后组包括Lp透镜,

[0057] $\omega m \geq 45^\circ$ (12)

[0058] 当满足由以下表示的条件式(13)时,前组包括Lp透镜

[0059] $\omega m < 45^\circ$ (13)。

[0060] 本发明的技术所涉及的第15方式在第1方式至第14方式中任一方式所涉及的光学系统中,具备前组、孔径光阑及后组,

[0061] 前组、孔径光阑及后组从物体侧向像侧以前组、孔径光阑及后组的顺序配置,后组至少包括1片具有正光焦度且由树脂形成的Lp透镜,第1透镜为Lp透镜,将Lp透镜的中心厚度设为A,将Lp透镜的两面中的最大有效直径高度处的复合透镜的光轴方向的厚度设为B,将最大像高设为Y,将Lp透镜的g线与F线之间的部分色散比设为θgF,将Lp透镜的d线基准的阿贝数设为νd,将ΔθgF用条件式(15)表示的情况下,

[0062] $\Delta\theta gF=\theta gF-(0.6438-0.001682\times vd)$ (14)

[0063] 所述光学系统满足由以下表示的条件式(16),

[0064] $0.004<(|A-B|\Delta\theta gF)/Y<0.020$ (15)。

[0065] 本发明的技术所涉及的第16方式在第1方式至第15方式中任一方式所涉及的光学系统中,具备前组、孔径光阑及后组,

[0066] 前组、孔径光阑及后组从物体侧向像侧以前组、孔径光阑及后组的顺序配置,复合透镜包括在前组中,第2透镜相对于第1透镜配置于物体侧。

[0067] 本发明的技术所涉及的第17方式在第1方式至第15方式中任一方式所涉及的光学系统中,具备前组、孔径光阑及后组,

[0068] 前组、孔径光阑及后组从物体侧向像侧以前组、孔径光阑及后组的顺序配置,复合透镜包括在后组中,第2透镜相对于第1透镜配置于像侧。

[0069] 本发明的技术所涉及的第18方式为一种光学系统,其包括具有第1透镜及第2透镜的复合透镜,其中,第1透镜具有凸面及从凸面的外周缘向复合透镜的径向外侧突出的第1面,第2透镜具有与凸面接合的凹面及从凹面的外周缘向径向外侧突出并与第1面接合的第2面,在将沿径向的第1面的长度设为a[μm],将沿径向的第2面的长度设为b[μm],将第2面的表面粗糙度设为Ra[μm]的情况下,

[0070] 所述光学系统满足由以下表示的条件式(16)及(17),

[0071] $a < b$ (16)

[0072] $5\mu m \leq a/Ra$ (17)。

附图说明

[0073] 图1是表示复合透镜的一例的纵剖视图。

[0074] 图2是表示复合透镜的尺寸关系的一例的纵剖视图。

[0075] 图3是表示复合透镜的制造方法的一例的说明图。

[0076] 图4是说明复合透镜的课题的一例的纵剖视图。

[0077] 图5是表示微小硬度试验中的荷载位移曲线的一例的图表。

[0078] 图6是表示成像透镜的一例的纵剖视图。

[0079] 图7是表示成像透镜中的距离De的一例的纵剖视图。

[0080] 图8是表示成像透镜中的高度Hpp及高度Hpm的一例的纵剖视图。

[0081] 图9是表示实施例1所涉及的成像透镜的一例的纵剖视图。

[0082] 图10是表示实施例1所涉及的成像透镜的各像差的说明图。

[0083] 图11是表示实施例2所涉及的成像透镜的一例的纵剖视图。

[0084] 图12是表示实施例2所涉及的成像透镜的各像差的说明图。

具体实施方式

[0085] 以下,根据附图对本发明的技术所涉及的光学系统的实施方式的一例进行说明。

[0086] 在本说明书的说明中,“正交”是指除了完全正交以外,还包括本发明的技术所属的技术领域中通常允许的误差并且不违背本发明的技术的主旨的程度的误差在内的意义上的正交。在本说明书的说明中,“平行”是指除了完全平行以外,还包括本发明的技术所属的技术领域中通常允许的误差并且不违背本发明的技术的主旨的程度的误差在内的意义上的平行。在本说明书的说明中,“平面”是指除了完全平面以外,还包括本发明的技术所属的技术领域中通常允许的误差并且不违背本发明的技术的主旨的程度的误差在内的意义上的平面。

[0087] (复合透镜的结构)

[0088] 首先,对复合透镜10的结构的一例进行说明。作为一例,如图1所示,复合透镜10具有第1透镜12及第2透镜14。在复合透镜10的光轴方向观察时,第1透镜12及第2透镜14均形成为圆形状。第1透镜12由树脂形成,第2透镜14由玻璃形成。

[0089] 作为一例,第1透镜12为凹弯月形透镜,且具有凸面16和凹面18。凸面16形成为凸状,凹面18形成为凹状。凹面18是在复合透镜10的光轴方向上位于与凸面16相反的一侧的面。凸面16和凹面18形成于第1透镜12中的透镜主体20。透镜主体20为规定第1透镜12的有效直径的部位。

[0090] 并且,第1透镜12具有凸缘22。凸缘22从透镜主体20的外周缘向复合透镜10的径向外侧突出。凸缘22沿透镜主体20的外周缘形成为环状。凸缘22具有第1凸缘面24和第2凸缘面26。第1凸缘面24从凸面16的外周缘向复合透镜10的径向外侧突出,第2凸缘面26从凹面18的外周缘向复合透镜10的径向外侧突出。作为一例,第1凸缘面24及第2凸缘面26均沿与复合透镜10的光轴方向正交的方向延伸。凹面18及第2凸缘面26形成由后述的模具56(参考

图3)成型的被成型面28。

[0091] 作为一例,第2透镜14为平凹透镜,且具有平面30和凹面32。平面30形成为平面状,凹面32形成为凹状。凹面32是在复合透镜10的光轴方向上位于与平面30相反的一侧的面。在凹面32上接合有第1透镜12的凸面16。并且,第2透镜14具有滑动面34。滑动面34由具有凹凸的粗糙面形成。滑动面34从凹面32的外周缘向复合透镜10的径向外侧突出。作为一例,滑动面34沿与复合透镜10的光轴方向正交的方向延伸。在凹面32与滑动面34之间形成有棱线36。棱线36沿凹面32的外周缘形成为环状。

[0092] 在滑动面34中接合有第1凸缘面24。作为一例,第1凸缘面24与滑动面34中的凹面32侧的第1区域34A接合。滑动面34中除去第1区域34A的第2区域34B例如用作复合透镜10被把持装置(省略图示)把持时的夹持端。即,复合透镜10中包括第2区域34B的部分是被把持装置把持的被把持部38。

[0093] 另外,在图1所示的例子中,作为第2透镜14的一例,举出了平凹透镜,但第2透镜14也可以是具有凹面来代替平面30的双凹透镜。并且,第2透镜14也可以是具有凸面来代替平面30的凹弯月形透镜。

[0094] 复合透镜10为本发明的技术所涉及的“复合透镜”的一例。第1透镜12为本发明的技术所涉及的“第1透镜”的一例。第2透镜14为本发明的技术所涉及的“第2透镜”的一例。凸面16为本发明的技术所涉及的“凸面”的一例。凹面18为本发明的技术所涉及的“凹面”的一例。第1凸缘面24为本发明的技术所涉及的“第1面”的一例。滑动面34为本发明的技术所涉及的“第2面”的一例。第2凸缘面26为本发明的技术所涉及的“第3面”的一例。

[0095] (复合透镜的尺寸关系)

[0096] 接着,对复合透镜10的尺寸关系进行说明。作为一例,如图2所示,在以下说明中,将沿复合透镜10的径向的第1凸缘面24的长度称为“长度a”,将沿复合透镜10的径向的滑动面34的长度称为“长度b”。并且,将沿复合透镜10的光轴方向的从第1凸缘面24到第2凸缘面26为止的长度称为“长度c”,将滑动面34的表面粗糙度称为“表面粗糙度Ra”。长度a、长度b、长度c及表面粗糙度Ra的单位均为“μm(微米)”。

[0097] 并且,将第1透镜12的厚度的最大值称为“最大厚度A”,将第1透镜12的厚度的最小值称为“最小厚度B”。最大厚度A及最小厚度的单位均为“mm(毫米)”。第1透镜12的厚度由沿复合透镜10的光轴方向的从凸面16到凹面18为止的长度来规定。作为一例,最大厚度A相当于第1透镜12的中心处的第1透镜12的厚度。并且,作为一例,最小厚度B相当于透镜主体20的凸缘22侧的端部的厚度。

[0098] (适用于复合透镜的尺寸)

[0099] 接着,对适用于复合透镜10的尺寸的一例进行说明。凸面16的中心处的第1透镜12的厚度与第1凸缘面24处的第1透镜12的厚度(即,凸缘22的厚度)之差为0.01mm以上且1mm以下。凸面16的有效直径为3mm以上且50mm以下。第2透镜14的外径为4mm以上且110mm以下。在凹面32的中心处的第2透镜14的厚度为0.5mm以上且10mm以下。凹面32的有效直径为3mm以上且50mm以下。凹面32的曲率半径为5mm以上且300mm以下。凸面16的曲率半径与凹面32的曲率半径相同。另外,上述尺寸仅为一例,复合透镜10的尺寸也可以是上述以外的尺寸。

[0100] (适用于第1透镜及第2透镜的材料)

[0101] 接着,对适用于第1透镜12及第2透镜14的材料的一例进行说明。作为一例,第1透

镜12由具有光固化性及热固性的光热固性树脂形成。具体而言,第1透镜12由具有光固化性的光固化性树脂和具有热固性的热固性树脂的混合树脂形成。作为形成第1透镜12的光热固性树脂,例如,可举出国际公开第2022/039143号小册子中所记载的固化性树脂等。

[0102] 例如,第1透镜12的线膨胀系数为6×10^{-5}/℃,第1透镜12的弹性模量为2.5×10^{9}Pa。作为形成第2透镜14的玻璃,例如,可举出OHARA INC.制的S-FPL5等。例如,第2透镜14的线膨胀系数为0.77×10^{-5}/℃,第2透镜14的弹性模量为106.7×10^{9}Pa。

[0103] (复合透镜的制造方法)

[0104] 接着,对复合透镜10的制造方法的一例进行说明。在图3所示的例子中,作为用于形成第1透镜12的树脂,使用树脂50。树脂50为光热固性树脂。在复合透镜10的制造方法中,首先,处于未固化状态的树脂50通过供给装置52供给到凹面32中。接着,在第2透镜14被夹具54保持的状态下,通过模具56从与第2透镜14相反的一侧向第2透镜14侧按压树脂50。在模具56中形成有具有翻转被成型面28的形状的成型面58。通过成型面58在树脂50中形成被成型面28。

[0105] 接着,从配置于与树脂50及模具56相反的一侧的光源60输出光62。光62为使树脂50固化的波长区域的光。从光源60输出的光62透射第2透镜14,并照射到树脂50。通过对树脂50照射光62,树脂50中所包含的光固化性树脂进行固化反应,树脂50成为半固化状态。接着,模具56通过加热装置64进行加热。通过加热装置64加热的模具56的热传递到树脂50中,由此树脂50被加热。并且,树脂50中所包含的热固性树脂进行固化反应,树脂50成为固化状态。通过树脂50固化,形成与第2透镜14一体化的第1透镜12。通过以上的要领制造具有第1透镜12及第2透镜14的复合透镜10。

[0106] (复合透镜的课题)

[0107] 接着,对复合透镜10的课题进行说明。作为一例,如图4所示,在滑动面34上形成有凹凸形状。形成在滑动面34的凹凸形状与形成在第1凸缘面24的凹凸形状相啮合。形成在滑动面34的凹凸形状中所包含的凹部40的直径φ为约50μm。在图4中,为了容易理解凹凸形状,夸大地示出了凹凸形状的大小。

[0108] 作为一例,滑动面34通过研磨加工来形成。在滑动面34中与凹面32的边界侧的区域(以下,称为“边界区域34C”)中,随着研磨加工而产生多个微裂纹42。微裂纹42是在研磨加工滑动面34时应力集中在边界区域34C而产生的。应力集中在边界区域34C是因为边界区域34C与棱线36相接。与边界区域34C相邻的区域(以下,称为“相邻区域34D”)通过远离棱线36而应力得到缓和,因此是不包含微裂纹42的区域。

[0109] 在图4所示的例子中,第1凸缘面24仅在边界区域34C与滑动面34接合。即,第1凸缘面24包含在边界区域34C的长度的范围内。在图4所示的例子中,在第1透镜12因固化收缩和/或热收缩等而向复合透镜10的径向内侧(即,箭头IN侧)变形的情况下,滑动面34被第1凸缘面24拉伸,由此有可能以微裂纹42为起点从滑动面34朝向第2透镜14的内部产生裂纹44。在裂纹44的数量和/或大小超出允许范围的情况下,第2透镜14有可能会因伴随第1透镜12的变形而产生的物理力而被破坏。

[0110] 在此,为了抑制滑动面34被第1凸缘面24拉伸的力,可以考虑减小表面粗糙度Ra的值。然而,在减小表面粗糙度Ra的值的情况下,通过光在滑动面34上反射而在复合透镜10中有可能产生光学不良。

[0111] 因此,对复合透镜10要求能够防止因在滑动面34上的光的反射而产生光学不良、以及因伴随第1透镜12的变形产生的物理力而第2透镜14被破坏。并且,对由树脂形成的第1透镜12要求能够确保与光学性能有关的品质。

[0112] (复合透镜的实施例及比较例)

[0113] 接着,参考表1,关于复合透镜10的实施例及比较例,对使长度a、长度c及表面粗糙度Ra不同时的一例进行说明。作为一例,作为有关实施例及比较例的评价项目,可举出“裂纹的产生”、“光学特性”及“被把持性”。

[0114] 关于“裂纹的产生”,针对以存在于滑动面34的边界区域34C的微裂纹42为起点产生裂纹44的情况,以“优”、“良”或“不合格”进行评价。“裂纹的产生”为“优”表示不产生裂纹44而能够防止第2透镜14被破坏。“裂纹的产生”为“良”表示虽然产生裂纹44,但裂纹44的数量和/或大小在允许范围内,能够防止第2透镜14被破坏。“裂纹的产生”为“不合格”表示裂纹44的数量和/或大小在允许范围外,第2透镜14被破坏。

[0115] 关于“光学特性”,针对复合透镜10的光学特性,以“优”、“良”或“不合格”进行评价。滑动面34越接近平面,越增加在滑动面34上反射的光的强度,从而影响复合透镜10的光学特性。“光学特性”为“优”表示不影响复合透镜10的光学特性,能够防止在复合透镜10中产生光学不良。“光学特性”为“良”表示虽然对复合透镜10的光学特性产生影响,但在滑动面34上反射的光的强度在允许范围内,能够防止在复合透镜10中产生光学不良。“光学特性”为“不合格”表示在滑动面34上反射的光的强度在允许范围外,在复合透镜10中产生光学不良。

[0116] 关于“被把持性”,针对被把持部38被把持装置把持时的操作性,以“优”、“良”或“不合格”进行评价。如上所述,复合透镜10具有被把持部38,在被把持部38被把持装置把持的状态下进行输送操作及组装操作。“被把持性”为“优”表示,通过被把持部38的长度比被把持部38被把持装置把持时所需的最低限度的长度长,从而当被把持部38被把持装置把持时,确保复合透镜10的稳定性。“被把持性”为“良”表示,通过被把持部38的长度设定为被把持部38被把持装置把持时所需的最低限度的长度,从而当被把持部38被把持装置把持时,确保复合透镜10的稳定性。“被把持性”为“不合格”表示,通过被把持部38的长度比被把持部38被把持装置把持时所需的最低限度的长度短,从而无法通过把持装置把持被把持部38。

[0117] [表1]

[0118]

		a[μm]	c[μm]	Ra[μm]	裂纹的产生	光学特性	被把持性
1	实施例	150	150	3	优	优	优
2	实施例	150	150	20	良	优	优
3	比较例	150	150	21	不合格	优	优
4	比较例	150	150	22	不合格	优	优
5	比较例	150	150	25	不合格	优	优
6	比较例	150	150	0.4	优	不合格	优
7	实施例	150	150	0.5	优	良	优
8	实施例	100	150	3	良	优	优
9	比较例	50	150	3	不合格	优	优

10	实施例	150	200	3	优	优	优
11	实施例	150	300	3	良	优	优
12	比较例	150	350	3	不合格	优	优
13	实施例	500	150	3	优	优	优
14	实施例	800	150	3	优	优	优
15	实施例	1000	150	3	优	优	良
16	比较例	1100	150	3	优	优	不合格
17	实施例	150	100	3	优	优	优
18	实施例	150	50	3	优	优	优
19	实施例	150	10	3	优	良	优
20	比较例	150	9	3	优	不合格	优

[0119] 根据表1所示的实施例及比较例,复合透镜10优选满足下述条件式(1)、(2)及(3)。

[0120] $a<b$ (1)

[0121] $100\mu m\leq a$ (2)

[0122] $0.5\mu m\leq Ra\leq 20\mu m$ (3)

[0123] 当条件式(2)中长度a小于100μm时,因产生裂纹44而第2透镜14被破坏。当条件式(2)中长度a为100μm以上时,通过抑制产生裂纹44,能够防止第2透镜14被破坏。在长度a为100μm以上的情况下,作为抑制以存在于滑动面34的边界区域34C的微裂纹42为起点产生裂纹44的要因,可推测为是因为如下:第1凸缘面24除了包含微裂纹42的边界区域34C以外,还与边界区域34C相邻的相邻区域34D(即,不包含微裂纹42的区域)接合。

[0124] 当条件式(3)中表面粗糙度Ra小于0.5μm时,因在滑动面34上反射的光而对复合透镜10的光学特性产生影响,由此在复合透镜10中产生光学不良。当条件式(3)中表面粗糙度Ra为0.5μm以上时,抑制因在滑动面34上反射的光而对复合透镜10的光学特性产生影响,由此能够防止在复合透镜10中产生光学不良。当条件式(3)中表面粗糙度Ra超过20μm时,以存在于滑动面34的边界区域34C的微裂纹42为起点产生裂纹44,由此第2透镜14被破坏。当条件式(3)中表面粗糙度Ra为20μm以下时,抑制以存在于滑动面34的边界区域34C的微裂纹42为起点产生裂纹44,由此能够防止第2透镜14被破坏。在表面粗糙度Ra为20μm以下的情况下,作为抑制以存在于滑动面34的边界区域34C的微裂纹42为起点产生裂纹44的要因,推测为是因为如下:抑制滑动面34的凹凸形状与第1凸缘面24的凹凸形状相啮合的力,由此抑制伴随第1透镜12的变形而在滑动面34的边界区域34C中产生的物理力。

[0125] 另外,关于第2透镜14被破坏,由玻璃与树脂的线膨胀系数差引起的影响小于由树脂的弹性模量引起的影响。并且,树脂的弹性模量越低,裂纹44越不易产生,但发明人等进行深入研究的结果,实验上明确了与由树脂的弹性模量引起的影响相比,由长度a、长度c及表面粗糙度Ra引起的影响更大。

[0126] 并且,根据表1所示的实施例及比较例,复合透镜10优选满足下述条件式(4)。

[0127] $b-a\geq 700\mu m$ (4)

[0128] 另外,在复合透镜10的实施例及比较例中,长度b设定为1700μm,在表1中,条件式(4)的对应值为700μm以上相当于长度a为1000μm以下。当条件式(4)的对应值小于700μm时,把持装置与凸缘22发生干涉,无法通过把持装置把持被把持部38,难以将复合透镜10组装

于成像透镜。当条件式(4)的对应值为700μm以上时,在把持装置把持被把持部38的情况下,避免把持装置与凸缘22发生干涉,并且确保复合透镜10的稳定性。由此,确保将复合透镜10组装于成像透镜时的操作性。

[0129] 并且,复合透镜10更优选满足下述条件式(5)。

[0130] $5 \leqslant a/Ra$ (5)

[0131] 当条件式(5)的对应值为5以上时,能够更进一步有效地防止因在第2面上的光的反射而产生光学不良、以及因伴随第1透镜12的变形产生的物理力而第2透镜14被破坏。

[0132] 并且,复合透镜10更优选满足下述条件式(6)。

[0133] $10\mu m \leqslant c \leqslant 300\mu m$ (6)

[0134] 当条件式(6)中长度c小于10μm时,在树脂50通过供给装置52供给到凹面32的情况下,无法允许树脂50的量的偏差,从而长度a不稳定。当条件式(6)中长度c为10μm以上时,在树脂50通过供给装置52供给到凹面32的情况下,能够允许树脂50的量的偏差,从而长度a稳定。并且,当条件式(6)中长度c超过300μm时,因产生裂纹44而第2透镜14被破坏。当条件式(6)中长度c为300μm以下时,通过抑制产生裂纹44,能够防止第2透镜14被破坏。

[0135] 并且,复合透镜10更优选满足下述条件式(7)。

[0136] $100\mu m \leqslant c \leqslant 300\mu m$ (7)

[0137] 当条件式(7)中长度c为100μm以上时,进一步提高长度c为10μm以上时所获得的效果。并且,当条件式(7)中长度c为100μm以上时,与长度c小于100μm的情况相比,容易制造第1透镜12。

[0138] 并且,复合透镜10更优选满足下述条件式(8)。

[0139] $1\mu m \leqslant Ra \leqslant 4\mu m$ (8)

[0140] 当条件式(8)中表面粗糙度Ra为1μm以上时,进一步提高表面粗糙度Ra为0.5μm以上时所获得的效果。当条件式(8)中表面粗糙度Ra为4μm以上时,进一步提高表面粗糙度Ra为20μm以下时所获得的效果。

[0141] 接着,参考表2,对于第1透镜12的实施例及比较例,对使最大厚度A与最小厚度B不同时的一例进行说明。在表2中,作为参数,除了最大厚度A及最小厚度B以外,还示出表示最大厚度A相对于最小厚度B的比例的厚度偏离率A/B。作为一例,作为有关实施例及比较例的评价项目,可举出“第1透镜的品质”。

[0142] 关于“第1透镜的品质”,作为一例,针对由模具56成型的被成型面28的品质,以“优”、“良”或“不合格”进行评价。“第1透镜的品质”为“优”表示,通过防止在由模具56成型树脂50时在被成型面28上产生气泡及转印不良,能够确保与第1透镜12的光学性能有关的品质。转印不良是由于基于模具56的按压力相对于与第1透镜12中的最大厚度A对应的部分(以下,称为“最大厚度部”)不足而产生的。“第1透镜的品质”为“良”表示,虽然在被成型面28上产生气泡和/或转印不良,但产生气泡和/或转印不良的区域的数量和/或大小在允许范围内,由此能够确保与第1透镜12的光学性能有关的品质。“第1透镜的品质”为“不合格”表示,产生气泡和/或转印不良的区域的数量在允许范围外,由此与第1透镜12的光学性能有关的品质不足。

[0143] [表2]

[0144]

		A[mm]	B[mm]	A/B	第1透镜的品质

1	实施例	1	0.2	5	优
2	实施例	1.8	0.2	9	优
3	实施例	2.9	0.4	7.25	优
4	实施例	3	0.4	7.5	良
5	比较例	3.1	0.4	7.75	不合格
6	实施例	0.5	0.1	5	优
7	实施例	0.3	0.1	3	优
8	实施例	0.1	0.03	3.3	良
9	比较例	0.09	0.03	3	不合格
10	实施例	0.3	0.02	1.5	良
11	比较例	0.09	0.01	9	不合格
12	实施例	1	0.1	10	良
13	比较例	1	0.09	11	不合格

[0145] 根据表2所示的实施例及比较例,第1透镜12优选满足下述条件式(9)及(10)。

[0146] $A/B \leq 10$ (9)

[0147] $A \leq 3mm$ (10)

[0148] 当条件式(9)中厚度偏离率A/B大于10时,在被成型面28上产生气泡,由此与第1透镜12的光学性能有关的品质不足。当条件式(9)中厚度偏离率A/B为10以下时,通过抑制在被成型面28上产生气泡及转印不良,确保与第1透镜12的光学性能有关的品质。当条件式(10)中最大厚度A比3mm厚时,在被成型面28上产生气泡,由此与第1透镜12的光学性能有关的品质不足。当条件式(10)中最大厚度A为3mm以下时,通过抑制在被成型面28上产生气泡及转印不良,确保与第1透镜12的光学性能有关的品质。

[0149] 并且,根据表2所示的实施例及比较例,第1透镜12优选满足下述条件式(11)及(12)。

[0150] $A \geq 0.1mm$ (11)

[0151] $B \geq 0.02mm$ (12)

[0152] 当条件式(11)中最大厚度A小于0.1mm时,在被成型面28上产生转印不良,由此与第1透镜12的光学性能有关的品质不足。当条件式(11)中最大厚度A为0.1mm以上时,通过抑制在被成型面28上产生气泡及转印不良,确保与第1透镜12的光学性能有关的品质。当条件式(12)中最小厚度B小于0.02mm时,在被成型面28上产生气泡,由此与第1透镜12的光学性能有关的品质不足。当条件式(12)中最小厚度B为0.02mm以上时,通过抑制在被成型面28上产生气泡及转印不良,确保与第1透镜12的光学性能有关的品质。

[0153] (对树脂的微小硬度试验)

[0154] 接着,关于对适用于第1透镜12的树脂实施的微小硬度试验的一例进行说明。在微小硬度试验中,例如使用SHIMADZU CORPORATION.制的动态超微小硬度计DUH-211S。压头中,使用玻氏(Berkovich)型压头。另外,微小硬度试验中也可以使用与SHIMADZU CORPORATION.制的动态超微小硬度计DUH-211S相同的其他测定装置。

[0155] 在微小硬度试验中,作为处于固化的状态的树脂的试验片的一例,使用直径为7.4mm且厚度为1.3mm的平板状的试验片。试验片的厚度一般设定为后述的塑性变形量x(参

考图5)的10倍左右。因此,树脂的厚度不需要为1.3mm,例如,若塑性变形量为5μm,则树脂的厚度可以为50μm、100μm或200μm等。并且,若满足厚度的条件,则用于微小硬度试验的树脂不需要为平板状。试验片配置在环境温度被设定为25℃的环境下。作为一例,试验片载置于设定为25℃的热板上。25℃为模拟室温的温度。使用恒温槽来代替热板,恒温槽的温度可以设定为25℃。试验片在环境温度为25℃的状态下通过压头以200mN/10sec的荷载速度被压入。

[0156] 作为一例,在图5中示出在微小硬度试验中对试验片压入压头时的荷载位移曲线。作为一例,在微小硬度试验中,分别保持5秒钟的附加了最大荷载的状态和卸载后的状态,由此试验片蠕变。

[0157] 表3中示出通过微小硬度试验获得的塑性变形量x与有关复合透镜10的评价项目的关系。塑性变形量x的单位为“μm(微米)”。在微小硬度试验中,测定使树脂的材料不同时的塑性变形量x。塑性变形量x定义为通过卸载后的状态保持5秒钟而使试验片蠕变之后残留的变形量。对各材料的试验次数为10次,塑性变形量x由各试验中所获得的数值的平均值进行计算。作为一例,作为与复合透镜10有关的评价项目,可举出“涂层的品质”、“耐环境性”及“耐吸附性”。

[0158] 关于“涂层的品质”,针对在第1透镜12上实施了AR(Anti Reflection:防反射)涂布时的第1透镜12的涂层的品质,以“优”、“良”或“不合格”进行评价。AR涂布是指在第1透镜12的凹面18上实施的防反射用多层膜。AR涂布例如通过蒸镀来形成。“涂层的品质”为“优”表示实施了AR涂布的凹面18未变形,能够确保涂层的品质。“涂层的品质”为“良”表示虽然凹面18变形,但凹面18的变形量在允许范围内,能够确保涂层的品质。“涂层的品质”为“不合格”表示凹面18的变形量在允许范围外,从而涂层的品质不足。

[0159] 关于“耐环境性”,针对复合透镜10放置在低温环境下时的耐久性,以“优”、“良”或“不合格”进行评价。“耐环境性”为“优”表示即使在复合透镜10放置在低温环境下的情况下,也不会产生裂纹44,能够防止第2透镜14被破坏。“耐环境性”为“良”表示,在复合透镜10放置在低温环境下时,虽然会产生裂纹44,但裂纹44的数量和/或大小在允许范围内,能够防止第2透镜14被破坏。“耐环境性”为“不合格”表示,在复合透镜10放置在低温环境下时产生的裂纹44的数量和/或大小在允许范围外,第2透镜14被破坏。

[0160] 关于“耐吸附性”,针对为了输送复合透镜10而用吸附焊盘等吸附了第1透镜12的凹面18时在凹面18上产生的划痕,以“优”、“良”或“不合格”进行评价。“耐吸附性”为“优”表示即使在用吸附焊盘等吸附了第1透镜12的凹面18的情况下,凹面18也不会变形,能够确保第1透镜12的品质。“耐吸附性”为“良”表示在用吸附焊盘等吸附了第1透镜12的凹面18的情况下,虽然凹面18变形,但凹面18的变形量在允许范围内,能够确保第1透镜的品质。“耐吸附性”为“不合格”表示用吸附焊盘等吸附了第1透镜12的凹面18时的凹面18的变形量在允许范围外,从而第1透镜12的品质不足。

[0161] [表3]

[0162]

		x[μm]	涂层的品质	耐环境性	耐吸附性
1	实施例	1	优	良	优
2	实施例	3	优	优	优
3	实施例	4	良	优	良

4	比较例	4.1	良	优	不合格
5	比较例	4.2	良	优	不合格
6	比较例	4.5	不合格	优	不合格
7	比较例	5	不合格	优	不合格
8	比较例	6	不合格	优	不合格
9	比较例	0.9	优	不合格	优
10	比较例	0.8	优	不合格	优
11	比较例	0.5	优	不合格	优

[0163] 根据表3所示的微小硬度试验的结果,树脂优选满足下述条件式(13)。

[0164] $1.0\mu m \leqslant x \leqslant 4.0\mu m$ (13)

[0165] 当条件式(13)中塑性变形量x小于1.0μm时,产生裂纹44,由此第2透镜14被破坏。当条件式(13)中塑性变形量x为1.0μm以上时,通过抑制产生裂纹44,能够防止第2透镜14被破坏。当条件式(13)中塑性变形量x超过4.0μm时,在用吸附焊盘等吸附了第1透镜12的凹面18的情况下,凹面18变形,由此第1透镜12的品质不足。当条件式(13)中塑性变形量x为4.5μm以上时,在第1透镜12上实施了AR涂布的情况下,凹面18变形,由此第1透镜12的品质不足。当条件式(13)中塑性变形量x为4.0μm以下时,即使在用吸附焊盘等吸附了第1透镜12的凹面18的情况下,也防止凹面18变形,并且,即使在第1透镜12上实施了AR涂布的情况下,也防止凹面18变形。由此,能够确保第1透镜的品质。

[0166] 另外,树脂在25℃下的硬度优选为186MPa以上且196MPa以下。当树脂在25℃下的硬度小于186MPa时,在用吸附焊盘等吸附了第1透镜12的凹面18的情况下,在凹面18上产生划痕。当树脂在25℃下的硬度为186MPa以上时,即使在用吸附焊盘等吸附了第1透镜12的凹面18的情况下,也能够防止在凹面18上产生划痕。当树脂在25℃下的硬度超过196MPa时,因在低温环境等下伴随第1透镜12的变形产生的物理力而第2透镜14被破坏。当树脂在25℃下的硬度为196MPa以下时,即使在低温环境等下,也能够防止第2透镜14被破坏。

[0167] 并且,树脂在75℃下的硬度优选为149MPa以上且164MPa以下。75℃是假设在第1透镜12的凹面18上实施AR涂布等时的温度。当树脂在75℃下的硬度小于149MPa时,在第1透镜12上实施了AR涂布的情况下,凹面18变形。当树脂在75℃下的硬度为149MPa以上时,即使在第1透镜12上实施了AR涂布的情况,也能够防止凹面18变形。当树脂在75℃下的硬度超过164MPa时,在第1透镜12的凹面18上实施AR涂布等的情况下,因伴随第1透镜12的变形产生的物理力而第2透镜14被破坏。当树脂在75℃下的硬度为164MPa以下时,即使在第1透镜12的凹面18上实施AR涂布等的情况下,也能够防止因伴随第1透镜12的变形产生的物理力而第2透镜14被破坏。

[0168] 并且,树脂在75℃下的弹性回复率优选为59%以上且63%以下。当树脂在75℃下的弹性回复率小于59%时,在用吸附焊盘等吸附了第1透镜12的凹面18的情况下,在凹面18上产生划痕。当树脂在75℃下的弹性回复率为59%以上时,即使在用吸附焊盘等吸附了第1透镜12的凹面18的情况下,也能够防止在凹面18上产生划痕。当树脂在75℃下的弹性回复率超过63%时,产生裂纹44,由此第2透镜14被破坏。当树脂在75℃下的弹性回复率为63%以下时,通过抑制产生裂纹44,能够防止第2透镜14被破坏。

[0169] 并且,树脂在25℃下的压痕弹性模量优选为3.5GPa以上且3.6GPa以下。当树脂在

25℃下的压痕弹性模量小于3.5GPa时,在第1透镜12上实施了AR涂布的情况下,凹面18变形。当树脂在25℃下的压痕弹性模量为3.5GPa以上时,即使在第1透镜12上实施了AR涂布的情况下,也能够防止凹面18变形。当树脂在25℃下的压痕弹性模量超过3.6GPa时,因在低温环境等下随着第1透镜12的变形产生的物理力而第2透镜14被破坏。当树脂在25℃下的压痕弹性模量为3.6GPa以下时,即使在低温环境等下,也能够防止第2透镜14被破坏。

[0170] 并且,树脂在75℃下的压痕弹性模量优选为2.2GPa以上且2.4GPa以下。当树脂在75℃下的压痕弹性模量超过2.4GPa时,因伴随由热膨胀引起的第1透镜12的变形产生的物理力而第2透镜14被破坏。当树脂在75℃下的压痕弹性模量为2.4GPa以下时,即使在第1透镜12因热膨胀而变形的情况下,也能够防止第2透镜14被破坏。

[0171] (包括复合透镜10的成像透镜的结构)

[0172] 接着,对包括复合透镜10的成像透镜的一例进行说明。作为一例,在图6中示出本发明的一实施方式所涉及的成像透镜对焦于无限远物体的状态。成像透镜为本发明的技术所涉及的“光学系统”的一例。另外,在本说明书中,将在无限远的距离的物体称为无限远物体,将在最近距离的物体称为最近物体。在图6所示的例子中,左侧为物体侧,右侧为像侧。

[0173] 作为一例,图6中示出假设成像透镜适用于摄像装置而在成像透镜与像面Sim之间配置有平行平板状的光学部件PP的例子。光学部件PP为设想成各种滤波器和/或盖玻璃等的部件。各种滤波器为低通滤波器、红外截止滤波器和/或截止特定波长区域的滤波器等。光学部件PP为不具有光焦度的部件。也能够省略光学部件PP而构成成像透镜。

[0174] 成像透镜具有前组GF、孔径光阑St及后组GR。前组GF、孔径光阑St及后组GR沿光轴Z从物体侧向像侧以前组GF、孔径光阑St及后组GR的顺序进行配置。根据该结构,有利于维持小型化及轻型化并且抑制各像差。

[0175] 作为一例,成像透镜的前组GF及后组GR如下构成。前组GF具有第1透镜组G1。第1透镜组G1从物体侧向像侧依次具有透镜L11～L19这9片透镜。后组GR从物体侧向像侧依次具有第2透镜组G2和第3透镜组G3。第2透镜组G2具有透镜L21～L28这8片透镜。第3透镜组G3具有透镜L31这1片透镜。

[0176] 在图6所示的例子中,在对焦的情况下,第1透镜组G1及第3透镜组G3相对于像面Sim固定,第2透镜组整体沿光轴Z一体地移动。在此所说的“一体地移动”意味着同时向同一方向移动相同的量。在本说明书中,将在对焦的情况下沿光轴Z移动的组称为聚焦组。通过使聚焦组移动来进行对焦。图6所示的第2透镜组G2的下方的向左的箭头表示在从无限远物体向最近物体对焦的情况下,第2透镜组G2为向物体侧移动的聚焦组。

[0177] 另外,在本说明书中,“透镜组”为成像透镜的构成部分且为包括由在对焦时发生变化的空气间隔划分的至少1片透镜的部分。在对焦的情况下,以各透镜组为单位进行移动或固定,并且,各透镜组内的透镜彼此之间的间隔不变。即,在本说明书中,将在对焦时与相邻的组的间隔发生变化,并且在自身内部中相邻的透镜的整体间隔不变的组设为1个透镜组。

[0178] 成像透镜的后组GR包括至少1片与透镜接合的具有正光焦度的树脂制Lp透镜Lp。通过将以树脂为材料的如上所述的Lp透镜Lp配置于后组GR中,实现轻型化,并且容易均衡地校正轴上色差和倍率色差。在图6所示的例子中,透镜L24对应于Lp透镜Lp。图6所示的例子的透镜L24与透镜L23及透镜L25接合。Lp透镜的像侧的面对应于凸面,Lp透镜的物体侧的

面对应于凹面。

[0179] Lp透镜Lp优选满足下述条件式(14)。在此,将Lp透镜Lp的中心厚度设为d,将Lp透镜Lp的物体侧的面的曲率半径设为Rf,将Lp透镜Lp的像侧的面的曲率半径设为Rr。作为一例,在图7中示出包括图6所示的成像透镜的Lp透镜Lp的部分的放大图。满足条件式(14)的Lp透镜Lp成为d小且Rf和Rr接近的形状。通过使条件式(14)的对应值不成为下限以下,能够增强Lp透镜Lp的光焦度,因此能够获得更高的色差校正效果。通过使条件式(14)的对应值不成为上限以上,能够适当地设定Lp透镜Lp的光焦度和厚度,因此容易抑制因温度等环境变化而Lp透镜Lp的折射率变动时的像差变动。为了获得更加良好的特性,Lp透镜Lp更优选满足下述条件式(14-1),进一步更优选满足下述条件式(14-2),再进一步更优选满足下述条件式(14-3)。

[0180] $0<d\times(1/Rf-1/Rr)<0.05$ (14)

[0181] $0.0001<d\times(1/Rf-1/Rr)<0.025$ (14-1)

[0182] $0.0005<d\times(1/Rf-1/Rr)<0.015$ (14-2)

[0183] $0.0013<d\times(1/Rf-1/Rr)<0.009$ (14-3)

[0184] 成像透镜优选满足下述条件式(15)。在此,将在对焦于无限远物体的状态下的从前组GF的最靠物体侧的透镜面到后组GR的最靠像侧的透镜面为止的光轴上的距离与从后组GR的最靠像侧的透镜面到像面Sim为止的光轴上的空气换算距离之和设为TL,将Lp透镜Lp的焦距设为fp。另外,关于fp的计算,Lp透镜Lp的物体侧及像侧的介质作为空气来进行。通过使条件式(15)的对应值不成为下限以下,能够提高Lp透镜Lp的色差校正效果。通过使条件式(15)的对应值不成为上限以上,能够抑制因温度等环境变化而Lp透镜Lp的折射率变动时的像差变动。为了获得更加良好的特性,成像透镜更优选满足下述条件式(15-1),进一步更优选满足下述条件式(15-2)。

[0185] $0.1<TL/fp<1.2$ (15)

[0186] $0.15<TL/fp<0.95$ (15-1)

[0187] $0.25<TL/fp<0.61$ (15-2)

[0188] 成像透镜优选满足下述条件式(16)。在此,将在对焦于无限远物体的状态下的Lp透镜Lp的物体侧的面上的最大半视角ωm的主光线3p距光轴Z的高度设为Hpp。并且,将在对焦于无限远物体的状态下的Lp透镜Lp的物体侧的面上的轴上边缘光线2m距光轴Z的高度设为Hpm。作为一例,在图8中示出图6所示的成像透镜中的高度Hpp及高度Hpm。在图8中,与各光线一起放大表示从与Lp透镜Lp对应的透镜L24到像面Sim为止。通过使条件式(16)的对应值不成为下限以下,有利于校正倍率色差。通过使条件式(16)的对应值不成为上限以上,有利于校正轴上色差。为了获得更加良好的特性,成像透镜更优选满足下述条件式(16-1),进一步更优选满足下述条件式(16-2)。

[0189] $0.2<Hpp/Hpm<1.1$ (16)

[0190] $0.31<Hpp/Hpm<0.9$ (16-1)

[0191] $0.5<Hpp/Hpm<0.72$ (16-2)

[0192] 成像透镜优选满足下述条件式(17)。在此,在对焦于无限远物体的状态下,将光轴上的位于孔径光阑St的位置的点设为物点时,将由从与孔径光阑St的像侧相邻的透镜面到Lp透镜Lp的像侧的面为止的光学系统形成的像点距Lp透镜Lp的像侧的面的光轴上的距离

设为De。作为一例,在图7中示出图6所示的成像透镜中的距离De。在此,比Lp透镜Lp的像侧的面更靠像侧的介质作为空气计算De,在光轴上,若像点位于比Lp透镜Lp的像侧的面更靠物体侧的位置上,则将De的符号设为负,若像点位于比Lp透镜Lp的像侧的面更靠像侧的位置上,则将De的符号设为正。通过使条件式(17)的对应值不成为下限以下,有利于校正倍率色差。通过使条件式(17)的对应值不成为上限以上,有利于小型化。为了获得更加良好的特性,成像透镜更优选满足下述条件式(17-1),更进一步优选满足下述条件式(17-2)。

[0193] $-0.9<(De-Rr)/(De+Rr)<0.9$ (17)

[0194] $-0.7<(De-Rr)/(De+Rr)<0.5$ (17-1)

[0195] $-0.56<(De-Rr)/(De+Rr)<0.16$ (17-2)

[0196] 在将对焦时沿光轴Z移动的聚焦组的焦距设为ffoc的情况下,成像透镜优选满足下述条件式(18)。通过使条件式(18)的对应值不成为下限以下,有利于抑制对焦时的色差的变动。通过使条件式(18)的对应值不成为上限以上,能够抑制因温度等环境变化而Lp透镜Lp的折射率变动时的像差变动。为了获得更加良好的特性,成像透镜更优选满足下述条件式(18-1),进一步更优选满足下述条件式(18-2)。

[0197] $0.04<ffoc/fp<0.36$ (18)

[0198] $0.065<ffoc/fp<0.28$ (18-1)

[0199] $0.094<ffoc/fp<0.22$ (18-2)

[0200] 在将对焦于无限远物体的状态下的最大视角设为ωm的情况下,成像透镜满足下述条件式(19)时,后组GR优选包括Lp透镜Lp。最大视角的ωm单位为“°(度)”。通过使条件式(19)的对应值不小于下限,能够获得良好的光学性能。

[0201] $\omega m\geq 45°$ (19)

[0202] 另一方面,在成像透镜满足下述条件式(20)的情况下,前组GF优选包括Lp透镜Lp。通过使条件式(20)的对应值不成为下限以上,也能够获得良好的光学性能。

[0203] $\omega m<45°$ (20)

[0204] 将Lp透镜Lp的中心厚度设为A,将Lp透镜Lp的两面中的最大有效直径高度处的复合透镜的光轴方向的厚度设为B,将最大像高设为Y,将Lp透镜的g线与F线之间的部分色散比设为θgF,将Lp透镜的d线基准的阿贝数设为v d,在用条件式(21)表示AθgF的情况下,成像透镜优选满足条件式(22)。通过使条件式(22)的对应值不成为下限以下,能够获得更高的色差校正效果。通过使条件式(22)的对应值不成为上限以上,即使在温度发生变化的情况下,也能够抑制Lp透镜Lp的中心部与周边部的变形之差。

[0205] $\Delta\theta gF=\theta gF-(0.6438-0.001682\times vd)$ (21)

[0206] $0.004<(|A-B|A\theta gF)/Y<0.020$ (22)

[0207] 另外,$(|A-B|\Delta\theta gF)/Y$更优选大于0.006且小于0.014。$(|A-B|\Delta\theta gF)/Y$进一步优选大于0.008且小于0.012。

[0208] 在成像透镜中,复合透镜10可以包括在前组GF中,第2透镜14可以相对于第1透镜12配置于物体侧。并且,在成像透镜中,复合透镜10也可以包括在后组GR中,第2透镜14也可以相对于第1透镜12配置于像侧。

[0209] 接着,参考附图对本发明的成像透镜的实施例进行说明。另外,标注于各实施例的剖视图的透镜上的参考符号在各实施例中独立使用,以避免由参考符号的位数的增加而引

起的说明及附图的复杂化。因此,即使在不同的实施例的附图中标注有共同的参考符号,也不一定是共同的结构。

[0210] [实施例1]

[0211] 将实施例1所涉及的成像透镜的结构的剖视图示于图9中。实施例1所涉及的成像透镜从物体侧向像侧依次具备具有正光焦度的第1透镜组、孔径光阑St、具有正光焦度的第2透镜组及具有正光焦度的第3透镜组。前组GF具有第1透镜组。后组GR具有第2透镜组和第3透镜组。在从无限远物体向最近物体对焦的情况下,第1透镜组和第3透镜组相对于像面Sim固定,第2透镜组向物体侧移动。

[0212] Lp透镜Lp包括在从第2透镜组的物体侧计第二个透镜成分中。该透镜成分为从物体侧依次接合Lp透镜Lp和负透镜而构成的接合透镜。

[0213] 关于实施例1的成像透镜,将基本透镜数据示于表4中,将规格及可变面间隔示于表5中,将非球面系数示于表6中。基本透镜数据的表如下记载。在Sn列中示出将最靠近物体侧的面设为第1面而随着朝向像侧逐一增加编号时的面编号。在R列中示出各面的曲率半径。在D列中示出各面和与其像侧相邻的面在光轴上的面间隔。在Nd列中示出各构成要件相对于d线的折射率。在v d列中示出各构成要件的d线基准的阿贝数。在θgF列中与Lp透镜Lp对应的透镜一栏中示出该透镜的g线与F线之间的部分色散比。表4的第23面至第24面与Lp透镜Lp对应。

[0214] 在基本透镜数据的表中,将凸面朝向物体侧的形状的面的曲率半径的符号设为正,将凸面朝向像侧的形状的面的曲率半径的符号设为负。在相当于孔径光阑St的面的面编号一栏中记入面编号及(St)这一术语。表的面间隔一列的最下栏的值为表中的最靠像侧的面与像面Sim之间的间隔。关于对焦时的可变面间隔,使用了DD[]这一记号,在[]中标注该间隔的物体侧的面编号并记入面间隔一列中。

[0215] 在各表的数据中,作为角度的单位使用“°(度)”,作为长度的单位使用“mm(毫米)”,但光学系统即使按比例放大或按比例缩小也可以使用,因此也能够使用其他适当的单位。并且,在以下所示的各表中记载有用预先规定的位数四舍五入而得的数值。

[0216] [表4]

[0217]

Sn	R	D	Nd	v d	θ gF
*1	132605.6161	1.8978	1.51633	64.06	
*2	35.3775	6.9512			
3	-339.2187	1.1078	1.81386	24.31	
4	28.0748	2.1226			
5	73.8138	2.7658	1.95001	33.00	
6	-151.5488	3.2681			
7	-23.6369	1.1287	1.43999	81.27	
8	88.4721	0.1000			
9	43.1017	4.9631	1.93685	34.32	
10	-41.6262	1.0007	1.63717	37.90	
11	95.2786	4.0634			
*12	-50.8618	1.8877	1.80621	40.91	
*13	-34.7920	0.6058			
14	-20.6656	0.9258	1.51774	52.50	
15	39.5975	5.6590	1.84527	43.32	
16	-34.4028	2.3376			
17 (St)	∞	DD[17]			
18	214.8808	3.6191	1.51012	78.44	
19	-46.7907	0.3406			
20	-45.4102	0.7000	1.59833	20.31	0.83392
21	-35.7016	1.0710	1.79212	26.99	

[0218]

22	286.1184	0.1000			
23	30.9146	10.0209	1.45773	86.50	
24	-21.4709	1.1545	1.74256	32.03	
25	-39.6826	0.1000			
26	24.0375	6.3139	1.57736	68.10	
27	-103.1153	0.6084			
28	28.6708	0.9613	1.59738	39.14	
29	19.2265	4.7112			
*30	-241422.1816	1.2176	1.79103	42.12	
*31	66.3335	DD[31]			
32	65.1634	2.2616	1.54506	73.07	
33	-38590.3182	11.0211			
34	∞	2.8500	1.51680	64.20	
35	∞	1.1000			

[0219] [表5]

[0220]

	无限远	最近 97mm
焦距	18.12	18.53
开放 F 值	1.46	1.60
最大全视角[°]	76.2	72.0
DD[17]	7.9128	4.0044
DD[31]	2.5000	6.4084

[0221] [表6]

[0222]

Sn	1	2	12
KA	-4.9999975823E+00	9.0564499476E-01	2.5371050465E+00
A3	0.0000000000E+00	0.0000000000E+00	0.0000000000E+00
A4	1.8214983670E-04	1.8388965999E-04	-6.5211177486E-05
A5	-3.4244624298E-06	-1.8762601085E-06	1.3633242991E-06
A6	-1.2301757446E-06	-1.2385930540E-06	-1.2299846544E-06
A7	2.9432370541E-08	5.6831868528E-08	2.0556710164E-07
A8	8.3614322746E-09	-6.0521473761E-09	-1.6366710547E-08
A9	-3.9140250344E-10	1.3062411976E-09	1.2029432851E-09
A10	-2.1962871606E-11	-6.4939571064E-11	3.3217765134E-10
A11	1.3915091110E-12	-2.4154579269E-12	-2.7986191823E-11
A12	5.6937541161E-14	2.9965861021E-13	8.7546237963E-13
A13	-5.6566615280E-15	-2.4642394464E-14	7.8541685018E-14
A14	1.0205912739E-16	2.4876232625E-15	-1.5015800142E-14
A15	1.6343011697E-18	-1.2497757724E-16	9.7849756602E-16
A16	-5.0315251508E-20	2.1603907341E-18	-2.2520121427E-17

[0223]

Sn	13	30	31
KA	2.7612794169E+00	-4.9999923706E+00	-1.2578112734E+00
A3	0.0000000000E+00	0.0000000000E+00	0.0000000000E+00
A4	-4.4375078142E-05	-6.2769511042E-05	-4.3420069731E-07
A5	1.0292208120E-06	-1.6084967699E-05	-3.1030626290E-05
A6	-1.2628959508E-06	-2.3976158449E-07	7.5495741509E-06
A7	3.5587774346E-07	2.0472115339E-06	-6.5947958849E-07
A8	-5.7267643913E-08	-6.6393294070E-07	-1.2024285236E-08
A9	1.9176178614E-09	1.1485550600E-07	8.1095245052E-09
A10	7.4597799195E-10	-1.3010334758E-08	-7.6871341504E-10
A11	-1.0708694061E-10	1.1529399919E-09	5.7207680308E-11
A12	1.6123113957E-12	-9.8355998392E-11	-5.6441254551E-12
A13	8.4723078464E-13	8.0210706727E-12	3.8115245910E-13
A14	-9.0398540898E-14	-4.9610049476E-13	-9.8936689597E-15
A15	4.0294842301E-15	1.8489150694E-14	-1.0082645116E-16
A16	-7.1250896502E-17	-3.0203642417E-16	6.5247839855E-18

[0224] [实施例2]

[0225] 将实施例2的成像透镜的结构的剖视图示于图11中。实施例2的成像透镜从物体侧向像侧依次具备具有负光焦度的第1透镜组、具有正光焦度的第2透镜组及具有负光焦度的第3透镜组。第2透镜组包括孔径光阑St。前组GF具有第1透镜组和第2透镜组的物体侧的一部分。后组GR具有第2透镜组的其他部分和第3透镜组。在从无限远物体向最近物体对焦的情况下,第1透镜组和第3透镜组相对于像面Sim固定,第2透镜组向物体侧移动。

[0226] Lp透镜Lp包括在从第2透镜组的物体侧计第二个透镜成分中。该透镜成分为从物体侧依次接合Lp透镜Lp和负透镜而构成的接合透镜。

[0227] 关于实施例2的成像透镜,将基本透镜数据示于表7中,将规格和可变面间隔示于表8中,将非球面系数示于表9中,将各像差图示于图12中。表7的第12面至第13面与Lp透镜Lp对应。

[0228] [表7]

[0229]

Sn	R	D	Nd	vd	θgF
1	-61.9356	1.5000	1.51742	52.43	
2	73.4976	1.5000			
*3	85.9038	7.0001	1.58313	59.46	
*4	-73.9171	DD[4]			
5	50.3273	5.5000	1.85150	40.78	
6	-494.8646	1.5100	1.59551	39.24	
7	70.5210	4.0000			
8(St)	∞	8.4049			
9	-43.7729	1.2100	1.59551	39.24	
10	30.5775	5.0973	1.75500	52.32	
11	446.3743	4.1107			
*12	-39.6052	0.7000	1.59833	20.31	0.83435
13	-34.2307	1.0000	1.59551	39.24	
14	-122.8152	0.3000			
*15	71.7128	5.5000	1.69350	53.20	
*16	-75.0791	0.3002			
17	272.6236	1.2700	1.59551	39.24	
18	43.5277	11.8057	1.49700	81.54	
19	-36.7266	DD[19]			
20	158.8561	8.5014	1.88300	40.76	
21	-41.7059	1.5202	1.59551	39.24	
22	57.9998	10.4174			
23	-30.8126	1.0001	1.48749	70.24	
24	-101.9347	18.1847			
25	∞	3.2000	1.51680	64.20	
26	∞	1.1000			

[0230] [表8]

[0231]

	无限远	最近 300mm
焦距	56.43	52.84
开放F值	1.75	1.99
最大全视角[°]	53.5	50.0
DD[4]	9.8374	2.1427
DD[19]	1.5448	9.2394

[0232] [表9]

[0233]

Sn	3	4	12
KA	1.0000000000E+00	1.0000000000E+00	1.0000000000E+00
A4	8.6904290127E-07	5.9860796378E-08	1.1308276598E-06
A6	-1.1987878195E-10	-7.2246335077E-10	-2.6508000748E-09
A8	3.5992754959E-12	5.5888485740E-12	3.2224981708E-11
A10	-1.8012445782E-14	-1.6756476564E-14	-3.1159637629E-14
A12	7.9205331672E-17	2.6863603430E-17	-1.9559123272E-16
A14	-2.1161023857E-19	-4.0164086941E-20	-4.0528177081E-19
A16	5.5185491788E-23	-6.4360277265E-24	2.9581367171E-21
A18	8.6153654828E-25	3.4852187355E-25	1.1319301414E-24
A20	-1.2011528525E-27	-5.7770438841E-28	-1.8662849379E-26

[0234]

Sn	15	16
KA	1.0000000000E+00	1.0000000000E+00
A4	1.6158007609E-06	1.1103698543E-05
A6	1.7249994397E-08	1.3404604776E-08
A8	1.2697856462E-12	4.3806760569E-11
A10	-1.0145016313E-13	-1.3923488524E-13
A12	7.6980281811E-16	7.4016856579E-17
A14	-9.1138966591E-19	2.2240070362E-18
A16	-3.4281048434E-21	-3.4835878582E-21
A18	1.1769482782E-23	-1.6118651444E-23
A20	-2.8338709546E-27	4.8803969327E-26

[0235] 以上,举出实施方式及实施例对本发明的技术进行了说明,但是本发明的技术并不限定于上述实施方式及实施例,能够进行各种变形。例如,各透镜的曲率半径、面间隔、折射率、阿贝数及非球面系数等并不限定于上述各实施例中所示出的值,能够采用其他值。

[0236] 本说明书中记载的所有文献、专利申请及技术标准与具体且分别记载通过参考援用每一个文献、专利申请及技术标准的情况相同程度地、通过参考援用于本说明书中。

[0237] 关于以上实施方式,进一步公开以下附记。

[0238] (附记1)

[0239] 一种第1方式所涉及的光学系统,其中,

[0240] 第1透镜由具有光固化性及热固性的树脂形成。

[0241] (附记2)

[0242] 一种第1方式所涉及的光学系统,其中,

[0243] 第1透镜的线膨胀系数为6×10^{-5}/℃,

[0244] 第1透镜的弹性模量为2.5×10^{9}Pa,

[0245] 第2透镜的线膨胀系数为0.77×10^{-5}/℃,

[0246] 第2透镜的弹性模量为106.7×10^{9}pa。

[0247] (附记3)

[0248] 一种第1方式所涉及的光学系统,其中,

[0249] 凸面的中心处的第1透镜的厚度与第1面上的第1透镜的厚度之差为0.01mm以上且1mm以下,

[0250] 凸面的有效直径为3mm以上且50mm以下,

[0251] 第2透镜的外径为4mm以上且110mm以下,

[0252] 凹面的中心处的第2透镜的厚度为0.5mm以上且10mm以下,

[0253] 凹面的有效直径为3mm以上且50mm以下,

[0254] 凹面的曲率半径为5mm以上且300mm以下。

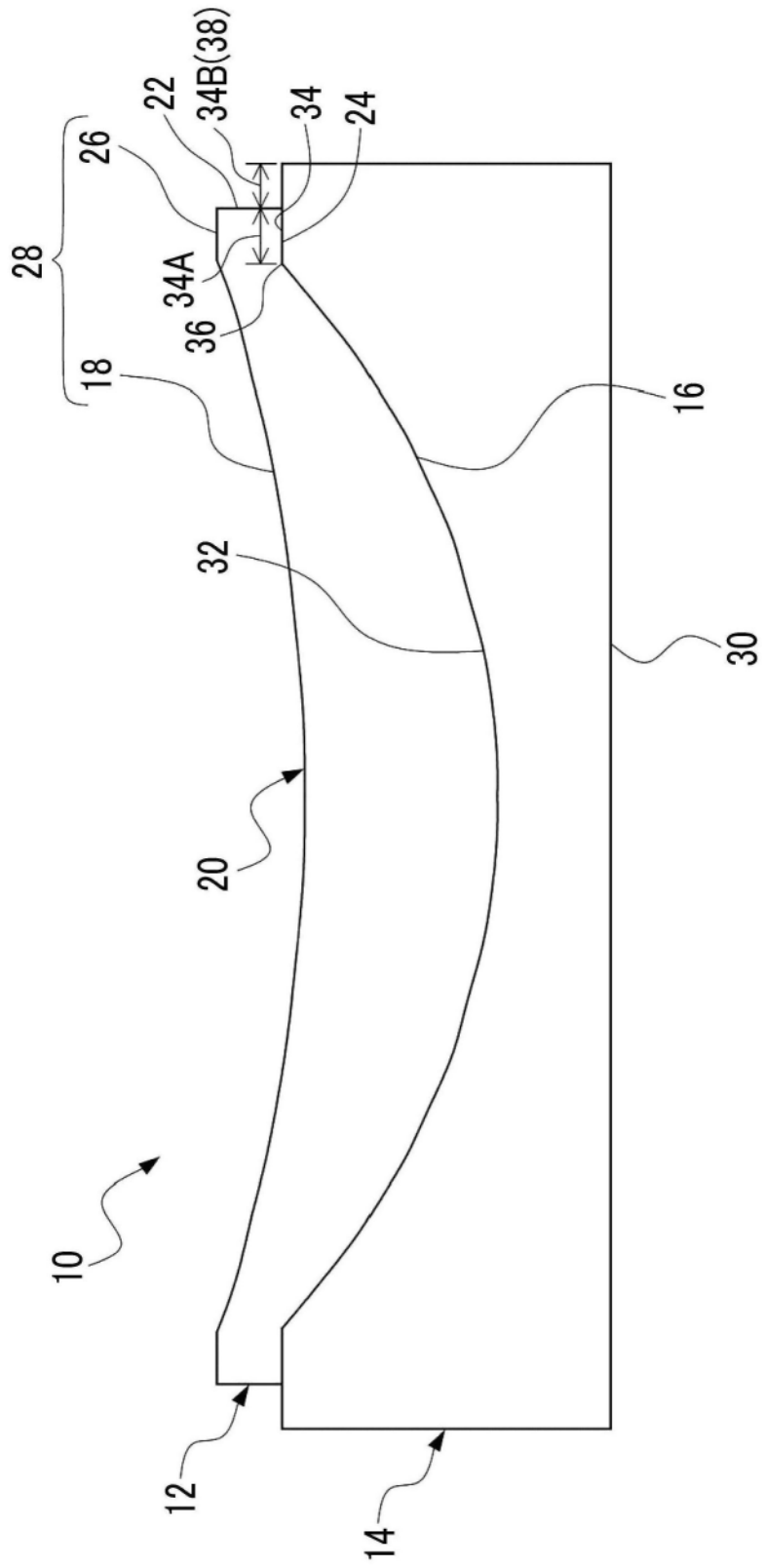


图1

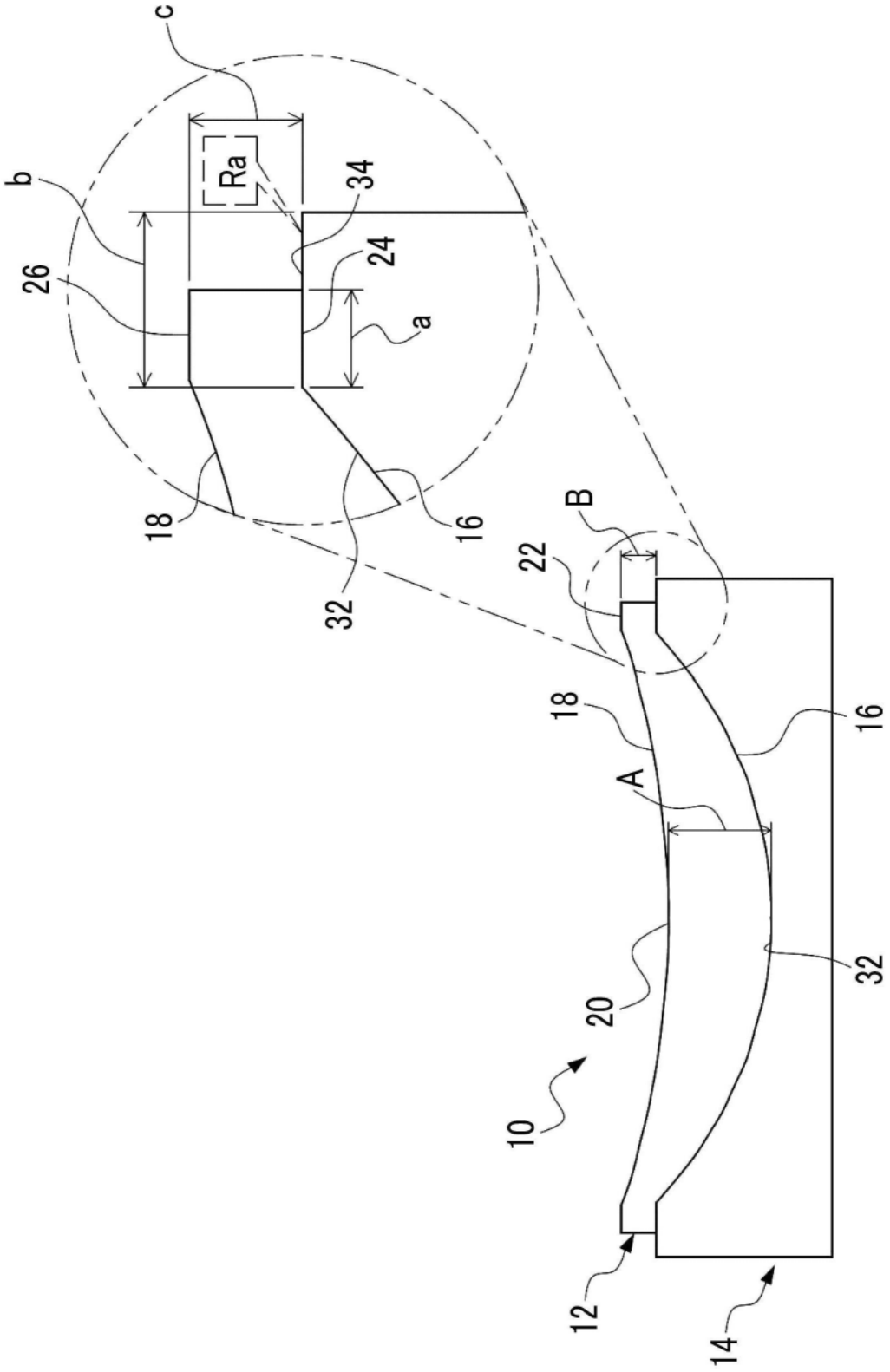


图2

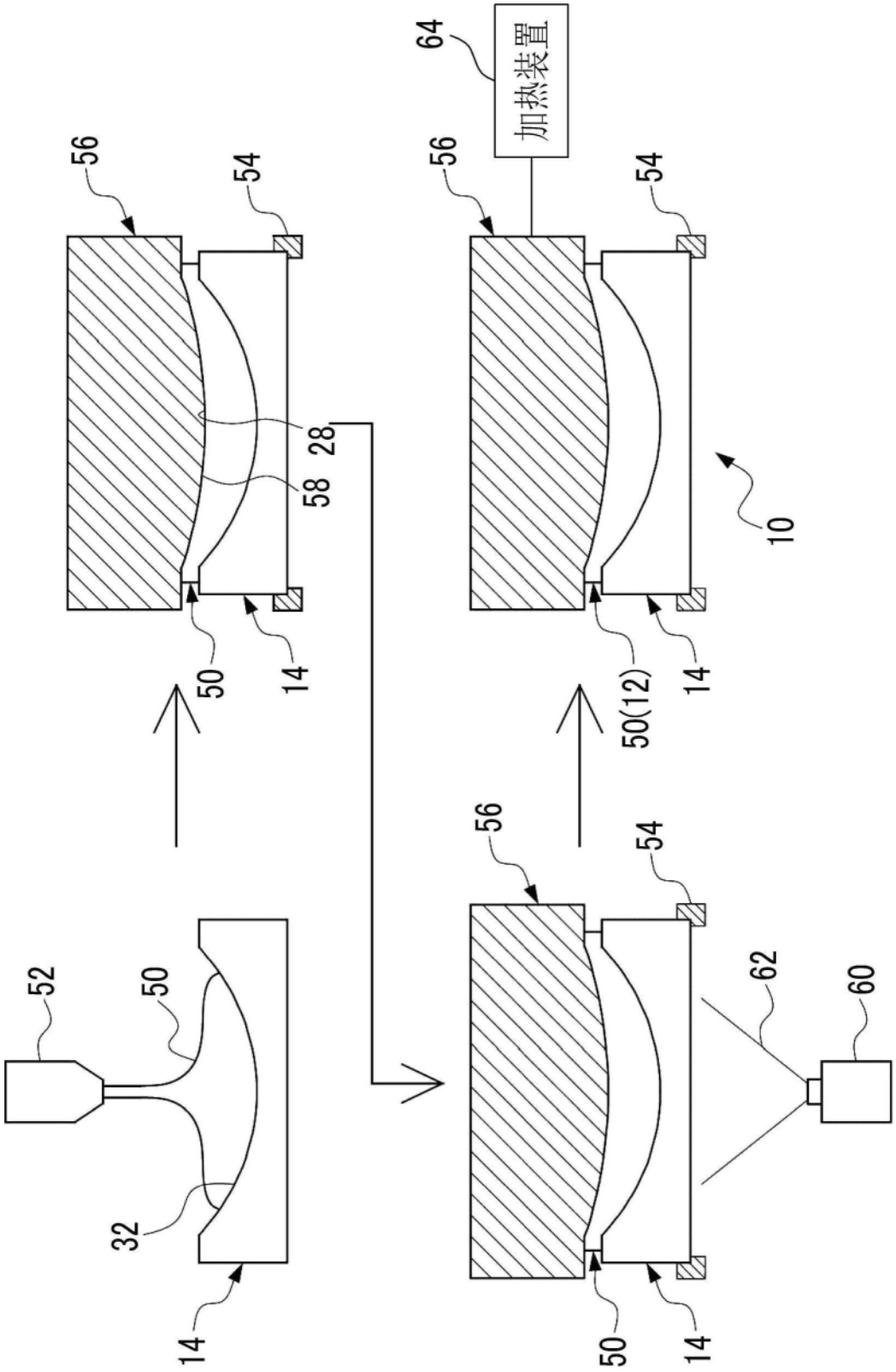


图3

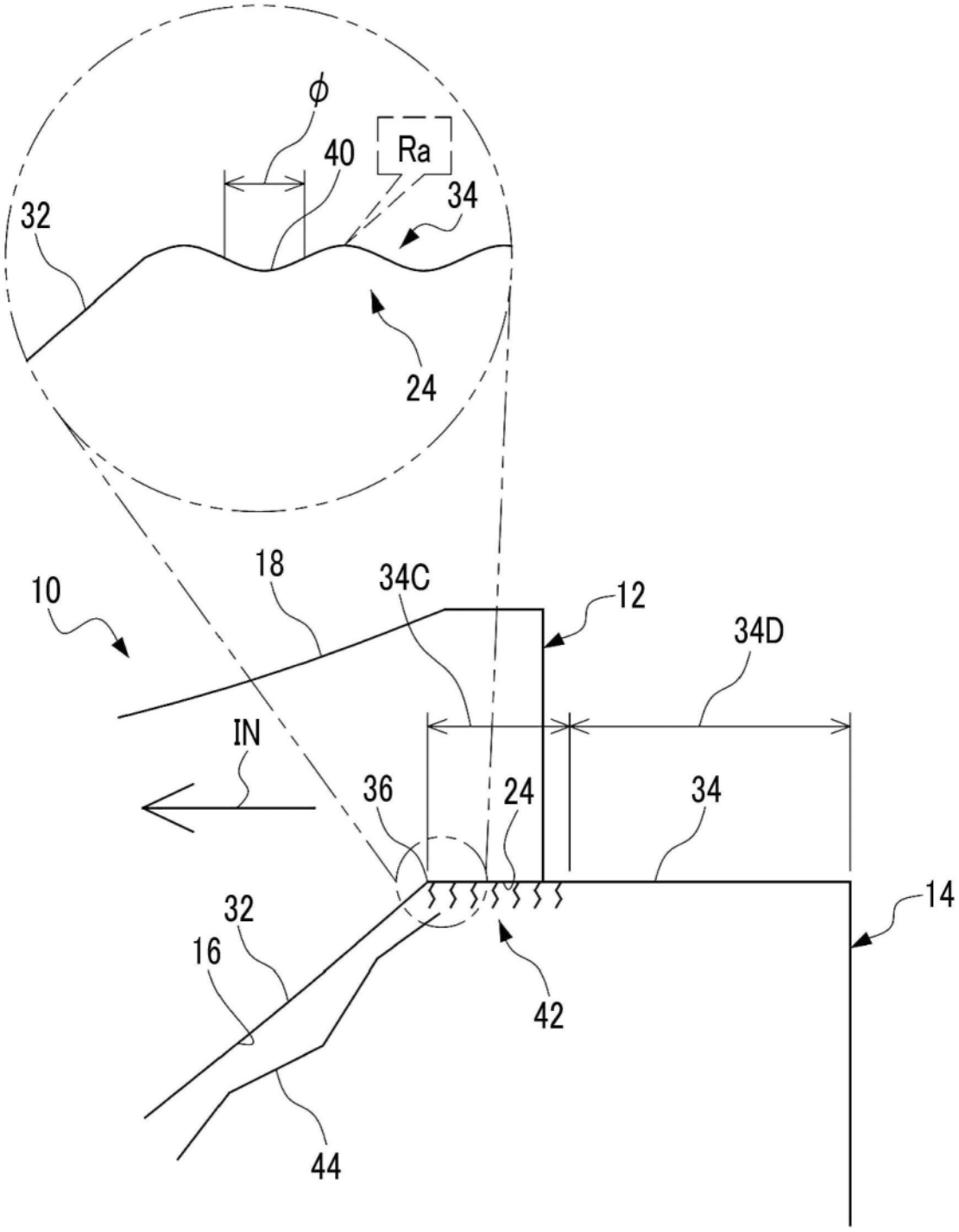


图4

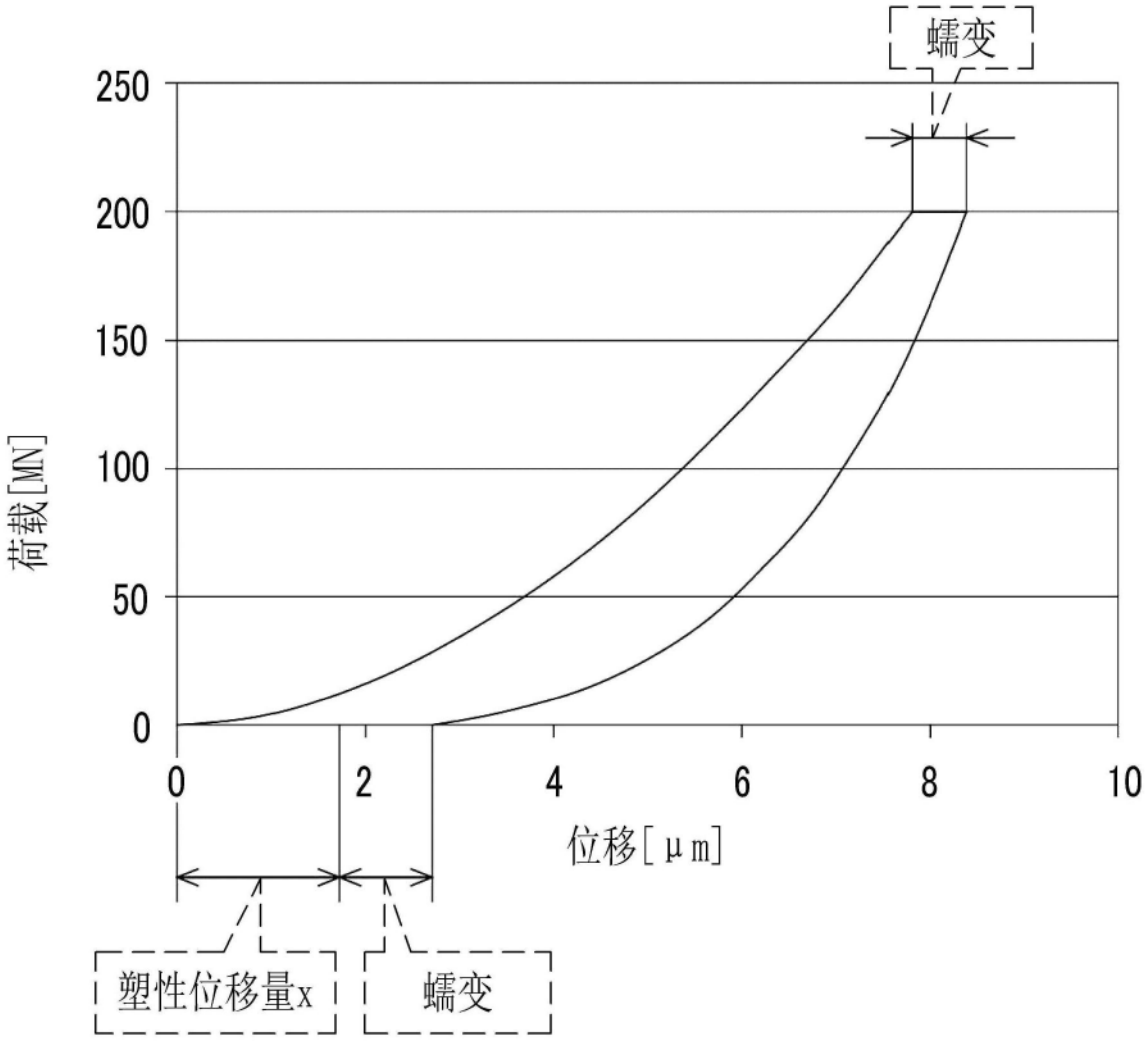


图5

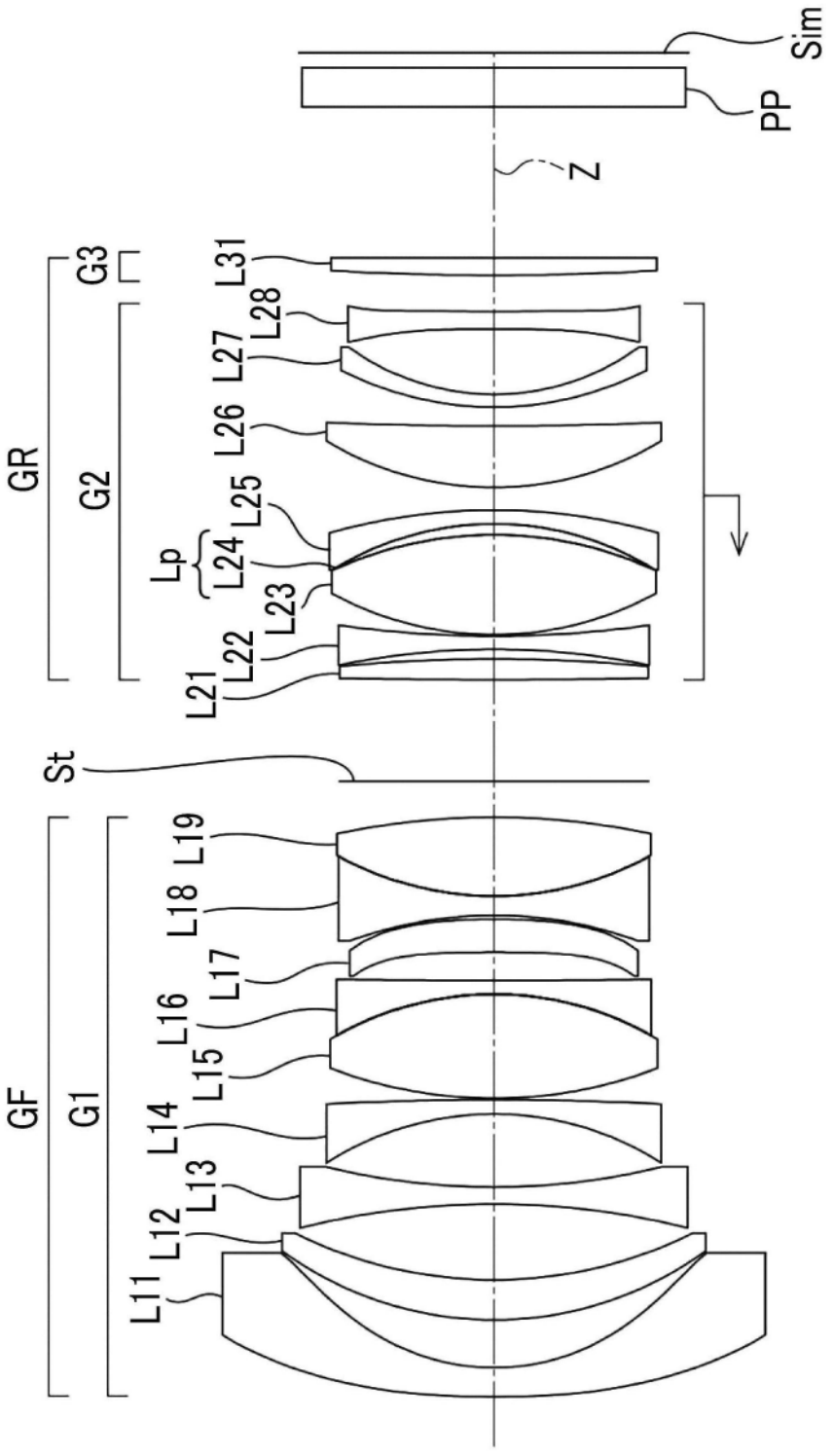

Sim
PP
Z
G3
L31
L28
L27
L26
L25
L24
L23
L22
L21
GR
G2
Lp
St
L19
L18
L17
L16
L15
L14
L13
L12
L11
GF
G1

图6

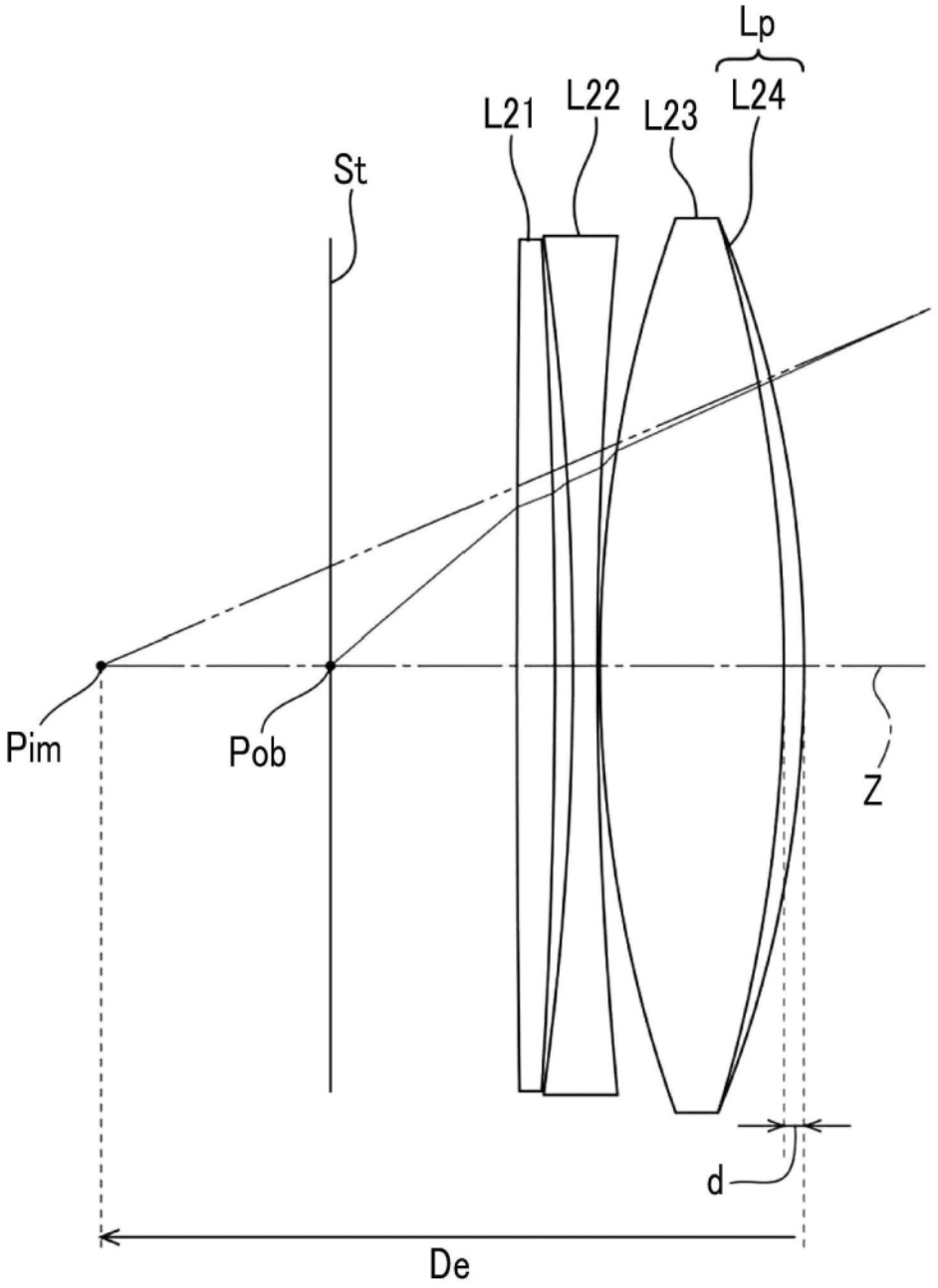


图7

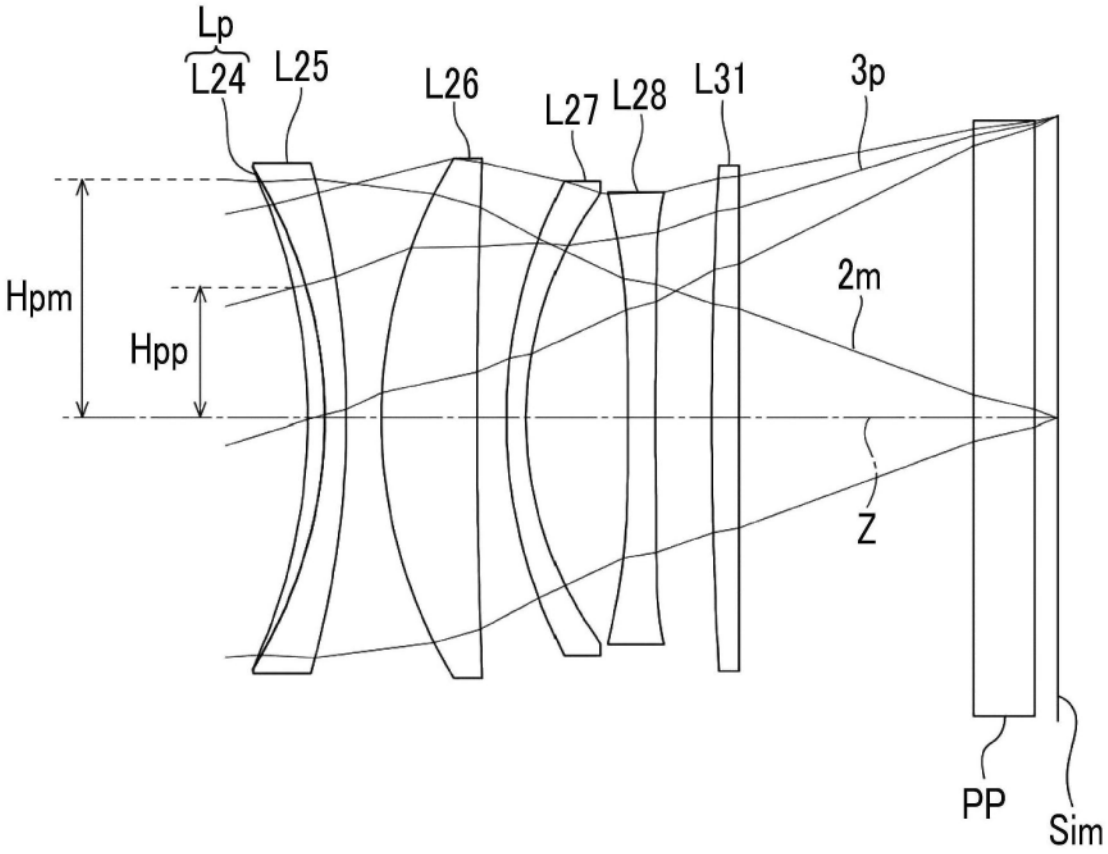


图8

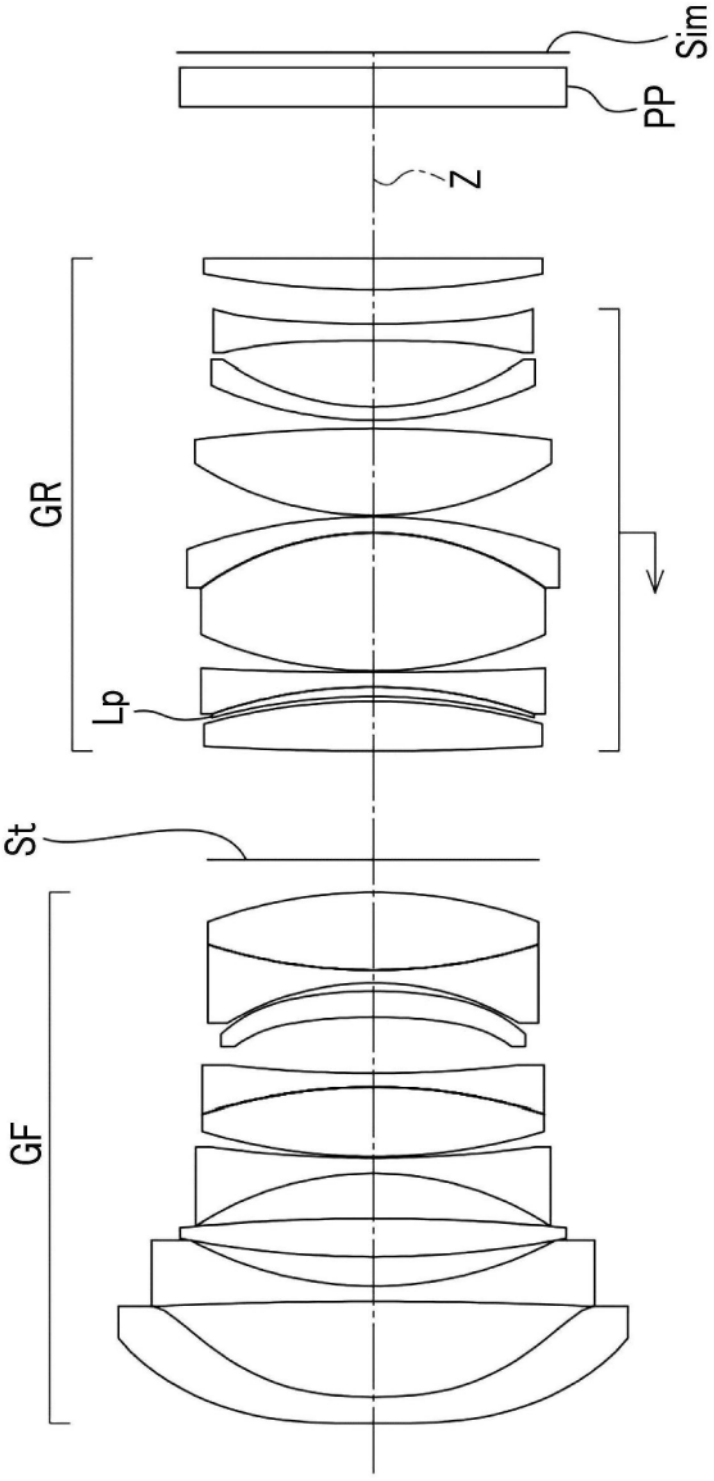


图9

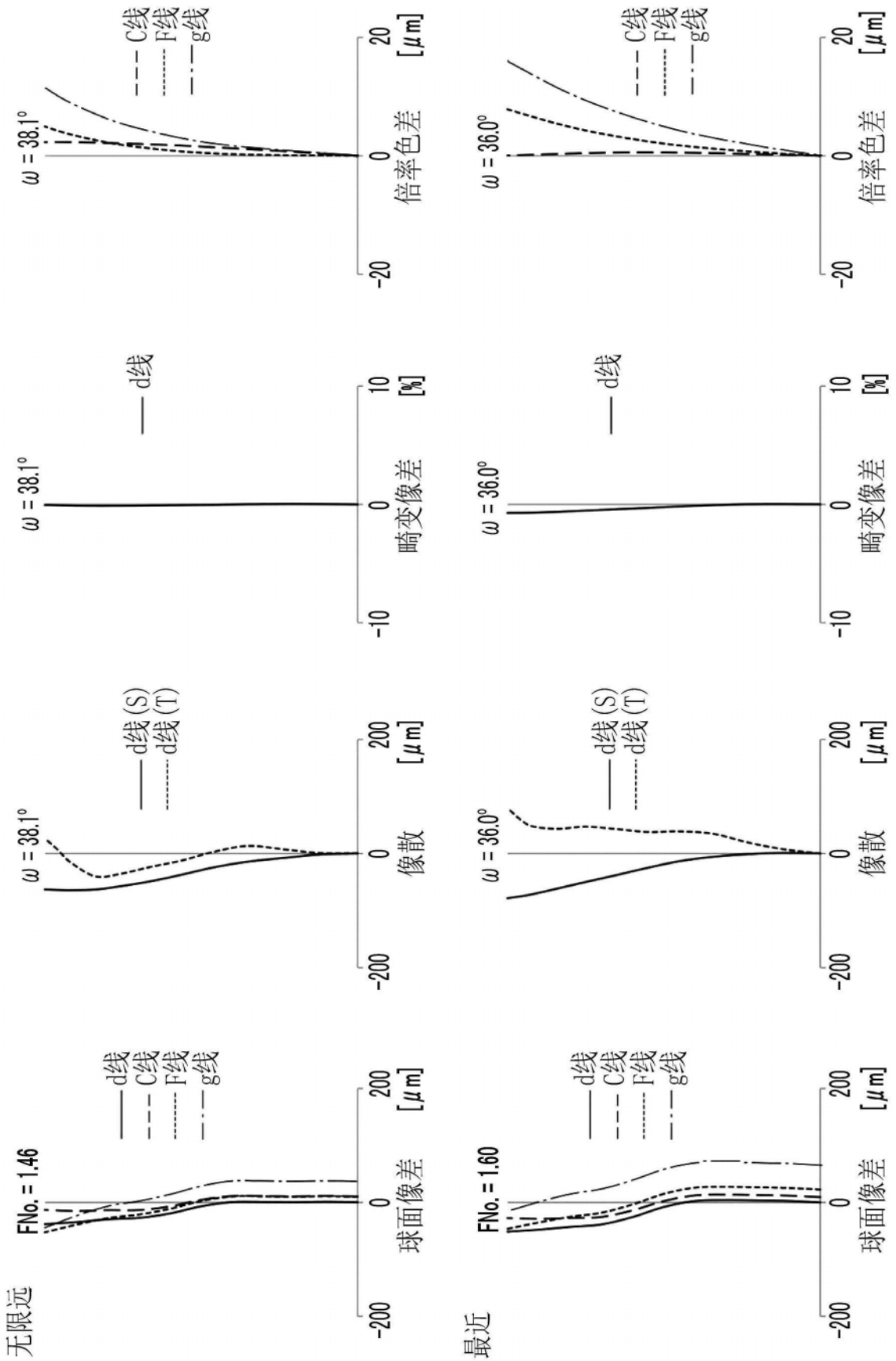

无限远
最近
FNo. = 1.46
FNo. = 1.60
ω = 38.1°
ω = 36.0°
d线
C线
F线
g线
d线 (S)
d线 (T)
球面像差
像散
畸变像差
倍率色差
[μm]
[%]
-200
0
200
-10
10
-20
20

图10

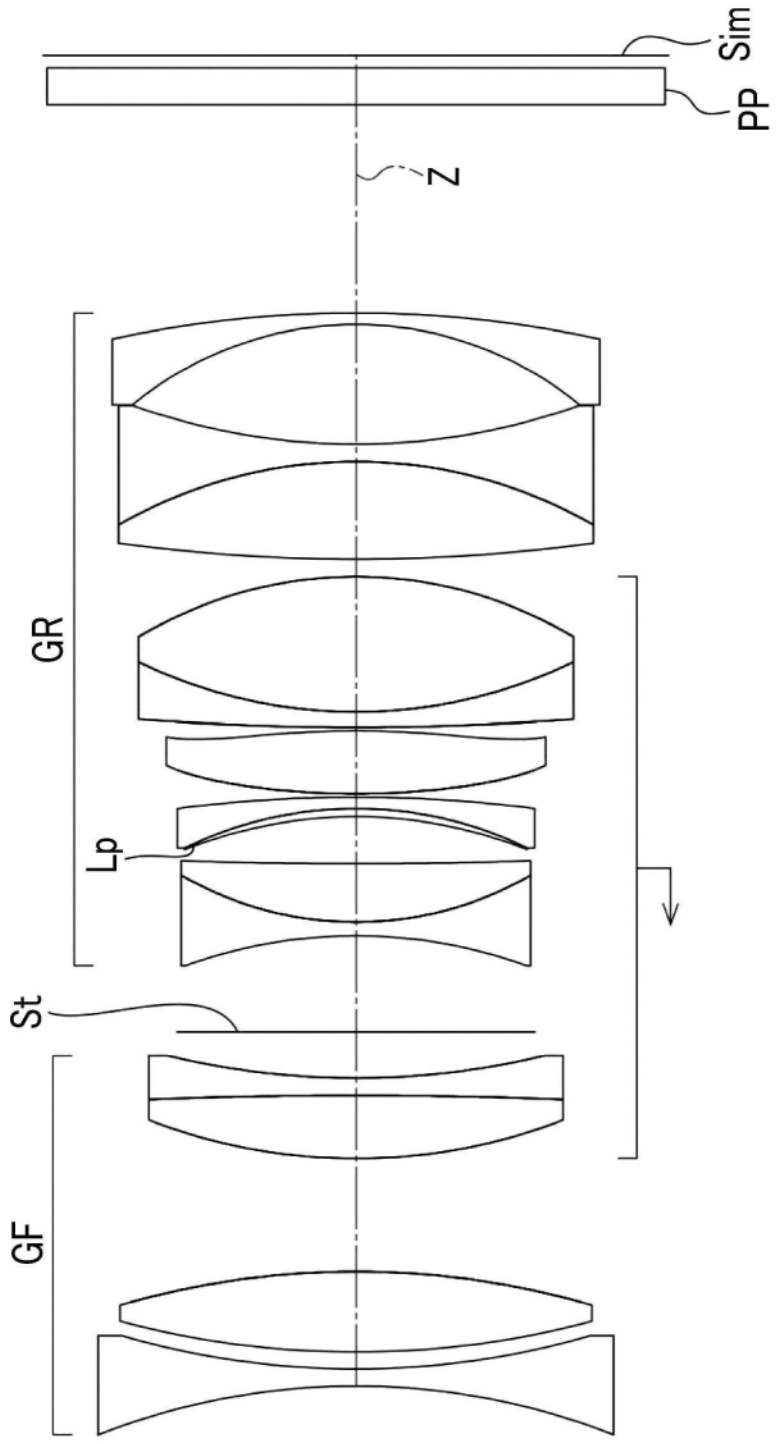


图11

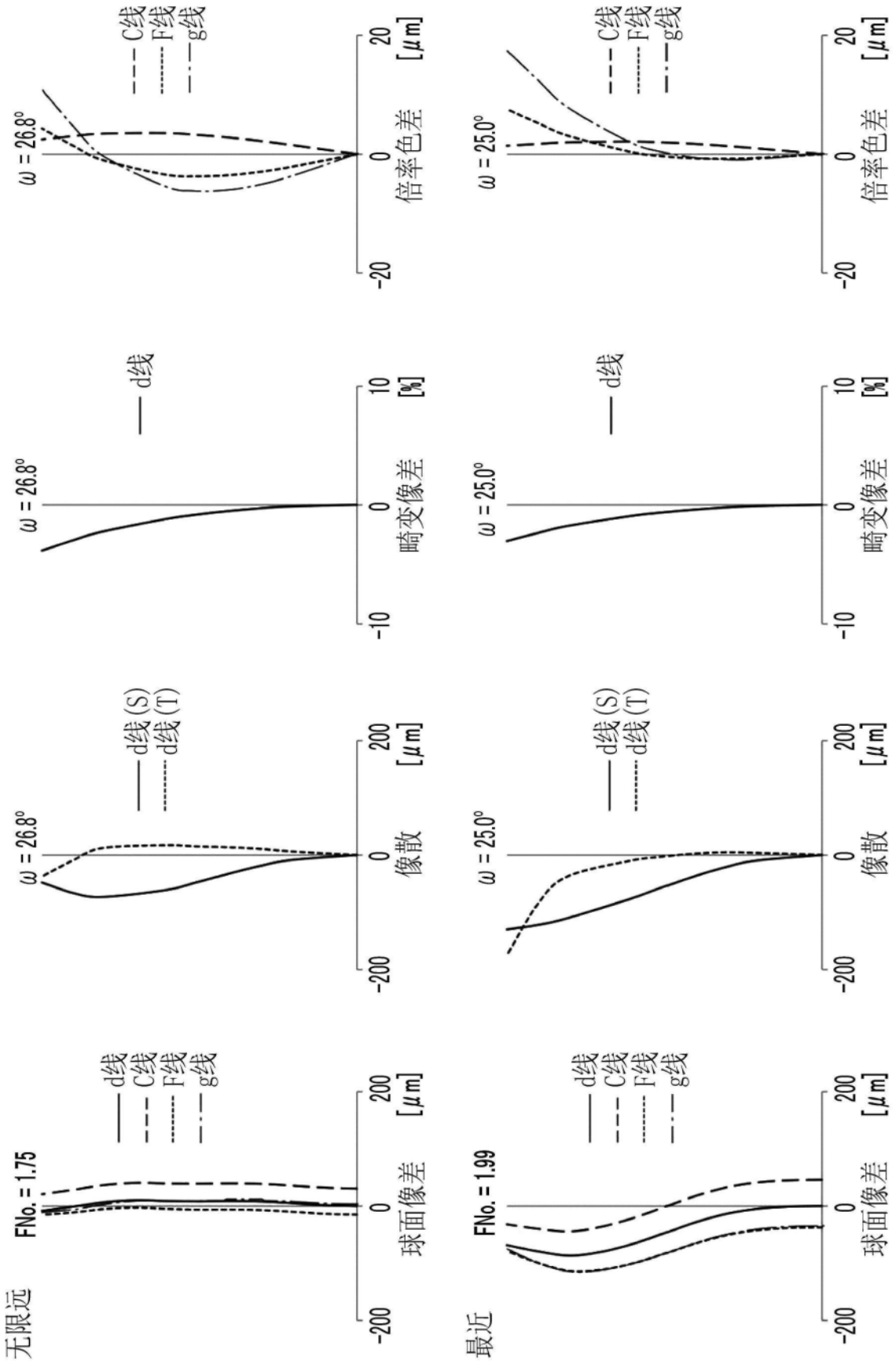

无限远
FNo. = 1.75
球面像差
[μm]
200
0
-200
d线
C线
F线
g线
像散
d线 (S)
d线 (T)
畸变像差
[%]
10
-10
倍率色差
20
-20
ω = 26.8°
ω = 25.0°
最近
FNo. = 1.99

图12