(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119948377 A
(43)申请公布日 2025.05.06

(21)申请号 202380068750.X
(22)申请日 2023.09.12
(30)优先权数据
2022-159104 2022.09.30 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2025.03.25
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/033224 2023.09.12
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/070666 JA 2024.04.04
(71)申请人 富士胶片株式会社
地址 日本
(72)发明人 富冈领子
(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 13/18(2006.01)
G02B 15/16(2006.01)
G02B 15/20(2006.01)

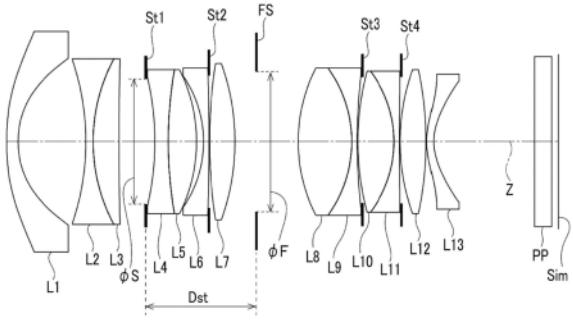
权利要求书5页 说明书27页 附图19页

(54)发明名称

光学系统及摄像装置

(57)摘要

光学系统包括开口直径可变的第1光圈、配置于比第1光圈更靠近物体侧的包括正透镜及负透镜的3片以上的透镜、及开口直径固定的第2光圈，在将从第1光圈到第2光圈为止的光轴上的距离设为Dst、将光学系统的焦距设为f的情况下，所述光学系统满足由0.005＜Dst/f＜2表示的条件式。



CN 119948377 A

1.一种光学系统,其包括:

开口直径可变的第1光圈;

配置于比所述第1光圈更靠近物体侧的包括正透镜及负透镜的3片以上的透镜;及

开口直径固定的第2光圈,

在将从所述第1光圈到所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dst、

将所述光学系统的焦距设为f、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,将Dst及f设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(1):

$0.005<|Dst|/f<2$　(1)。

2.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

在将所述第1光圈的开放状态下的开口直径设为φF、

将所述第2光圈的开口直径设为φS、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,φF及φS设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(2):

$0.3<\varphi S/\varphi F<2.5$　(2)。

3.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

与空气接触的凸形状的透镜面位于所述第2光圈的开口内,

在将从所述透镜面与光轴的交点到所述透镜面位于开口内的所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dp、

关于Dp,以所述交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、及

将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rp的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(3):

$0<Dp/Rp<0.4$　(3)。

4.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

与空气接触的凸形状的透镜面位于所述第2光圈的开口内,

在将从所述透镜面与光轴的交点到所述透镜面位于开口内的所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dp、

关于Dp,以所述交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、

将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rp、及

将所述透镜面的有效直径设为φEp的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(4):

$0.7<\{Rp-Rp\times(1-(\varphi Ep/2)^2/Rp^2)^{1/2}\}/Dp<1.5$　(4)。

5.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

与空气接触的凹形状的透镜面位于所述第2光圈的附近,

在将从所述透镜面与光轴的交点到所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dn、

关于Dn,以所述交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、

将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rn、

当位于所述第2光圈附近的与空气接触的凹形状的所述透镜面有两个时,将两个所述透镜面中具有更接近所述第2光圈的开口直径的值的光学有效面的直径的透镜面的值用于Dn及Rn、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,Dn设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(5):

$0<Dn/Rn<0.4$　(5)。

6.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

与空气接触的凹形状的透镜面位于所述第2光圈的附近,

在将从所述透镜面与光轴的交点到所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dn、

关于Dn,以所述交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、

将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rn、

将所述透镜面的有效直径设为φEn、

当位于所述第2光圈附近的与空气接触的凹形状的所述透镜面有两个时,将两个所述透镜面中具有更接近所述第2光圈的开口直径的值的光学有效面的直径的透镜面的值用于Dn、Rn及φEn、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,Dn设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(6):

$0.5<\{Rn-Rn\times(1-(\varphi En/2)^2/Rn^2)^{1/2}\}/Dn<1.2$　(6)。

7.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

在将所述第2光圈的位置中的最大像高的主光线距光轴的高度设为hp、

将所述第2光圈的位置中的轴上边缘光线距光轴的高度设为hm、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,hp及hm设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(7):

$0<|hp|/hm<1$　(7)。

8.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

在将从所述光学系统的最靠近物体侧的透镜面至所述光学系统的最靠近像侧的透镜面为止的光轴上的距离与所述光学系统的空气换算距离下的后焦距之和设为TL、

将所述第2光圈的位置中的最大像高的主光线距光轴的高度设为hp、

将所述第2光圈的位置中的轴上边缘光线距光轴的高度设为hm、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,Dst、TL、hp及hm设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(8):

$0.05<(|Dst|/TL)/(|hp|/hm)<1.8$ (8)。

9.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

在将1个透镜成分设为1片单透镜或1组接合透镜、

将比所述第2光圈更靠近物体侧的所有透镜成分的合成焦距设为fs、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,f及fs设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(9):

$-5<f/fs<5$ (9)。

10.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

在对焦时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地移动,或者在对焦时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地相对于像面固定,

当所述光学系统为变倍光学系统时,在变倍时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地移动,或者在变倍时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地相对于像面固定。

11.根据权利要求2所述的光学系统,其中,

与空气接触的凸形状的透镜面位于所述第2光圈的开口内,

在将从所述透镜面与光轴的交点到所述透镜面位于开口内的所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dp、

关于Dp,以所述交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、及

将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rp的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(3):

$0<Dp/Rp<0.4$ (3)。

12.根据权利要求2所述的光学系统,其中,

与空气接触的凸形状的透镜面位于所述第2光圈的开口内,

在将从所述透镜面与光轴的交点到所述透镜面位于开口内的所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dp、

关于Dp,以所述交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、

将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rp、及

将所述透镜面的有效直径设为φEp的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(4):

$0.7<\{Rp-Rp\times(1-(\varphi Ep/2)^2/Rp^2)^{1/2}\}/Dp<1.5$ (4)。

13.根据权利要求2所述的光学系统,其中,

与空气接触的凹形状的透镜面位于所述第2光圈的附近,

在将从所述透镜面与光轴的交点到所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dn、

关于Dn,以所述交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、

将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rn、

当位于所述第2光圈附近的与空气接触的凹形状的所述透镜面有两个时,将两个所述透镜面中具有更接近所述第2光圈的开口直径的值的光学有效面的直径的透镜面的值用于Dn及Rn、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,Dn设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(5):

$0<Dn/Rn<0.4$ (5)。

14.根据权利要求2所述的光学系统,其中,

与空气接触的凹形状的透镜面位于所述第2光圈的附近,

在将从所述透镜面与光轴的交点到所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dn、

关于Dn,以所述交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、

将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rn、

将所述透镜面的有效直径设为φEn、

当位于所述第2光圈附近的与空气接触的凹形状的所述透镜面有两个时,将两个所述透镜面中具有更接近所述第2光圈的开口直径的值的光学有效面的直径的透镜面的值用于Dn、Rn及φEn、及

当所述光学系统为变焦光学系统时,Dn设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(6):

$0.5<\{Rn-Rn\times(1-(\varphi En/2)^{2}/Rn^{2})^{1/2}\}/Dn<1.2$ (6)。

15.根据权利要求2所述的光学系统,其中,

在将所述第2光圈的位置中的最大像高的主光线距光轴的高度设为hp、

将所述第2光圈的位置中的轴上边缘光线距光轴的高度设为hm、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,hp及hm设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(7):

$0<|hp|/hm<1$ (7)。

16.根据权利要求2所述的光学系统,其中,

在将从所述光学系统的最靠近物体侧的透镜面至所述光学系统的最靠近像侧的透镜面为止的光轴上的距离与所述光学系统的空气换算距离下的后焦距之和设为TL、

将所述第2光圈的位置中的最大像高的主光线距光轴的高度设为hp、

将所述第2光圈的位置中的轴上边缘光线距光轴的高度设为hm、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,Dst、TL、hp及hm设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(8):

$0.05<(|Dst|/TL)/(|hp|/hm)<1.8$ (8)。

17.根据权利要求2所述的光学系统,其中,

在将1个透镜成分设为1片单透镜或1组接合透镜、将比所述第2光圈更靠近物体侧的所

有透镜成分的合成焦距设为fs、及

当所述光学系统为变倍光学系统时,f及fs设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

所述光学系统满足由以下式表示的条件式(9):

$-5<f/fs<5$ (9)。

18.根据权利要求2所述的光学系统,其中,

在对焦时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地移动,或者在对焦时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地相对于像面固定,

当所述光学系统为变倍光学系统时,在变倍时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地移动,或者在变倍时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地相对于像面固定。

19.根据权利要求1所述的光学系统,其中,

所述第1光圈为确定F值的光圈。

20.一种摄像装置,其具备权利要求1至19中任一项所述的光学系统。

光学系统及摄像装置

技术领域

[0001] 本发明的技术涉及一种光学系统及摄像装置。

背景技术

[0002] 以往,已知有除了用于确定F值的光圈以外,还设置有限位器或光圈等的光学系统。例如,在日本特开平07-209571号公报中记载有一种光学系统,其构成为如下:除了确定F值的孔径光阑以外,在对焦动作时移动的对焦用透镜组中具备眩光阻挡器,眩光阻挡器的开口直径在对焦时发生变化。在日本特开平07-209570号公报中记载有一种光学系统,其构成为如下:在对焦动作时移动的对焦用透镜组中具备眩光阻挡器,眩光止动器在对焦时独立于对焦用透镜组的移动进行移动。

[0003] 在日本特开2011-107312号公报中记载有如下结构:在从物体侧向像侧依次具有第1透镜组、第2透镜组及第3透镜组的变焦透镜中,在第2透镜组的像侧配置有副光圈。在日本特开2016-191766号公报中记载有一种变焦透镜,其从物体侧具有第1透镜组、第2透镜组、第3透镜组及后置透镜组,并且在第2组与第3组之间具有眩光切割光圈和Fno光圈。

[0004] 在日本特开2002-023050号公报中记载有如下结构:在从物体侧依次包括第1透镜和第2透镜的摄影透镜中,将光圈位置设为第2透镜的像面侧,并且在第1透镜与第2透镜之间设置有限制轴外光线的光路的眩光阻挡器。在日本特开2019-049645号公报中记载有一种变焦透镜,其包括确定(限制)开放F值的光束的孔径光阑和眩光切割器。

发明内容

[0005] 本发明提供一种实现小型化,并抑制像的周边部的光量下降,通式能够提高中间像高处的成像性能的光学系统及具备该光学系统的摄像装置。

[0006] 用于解决技术课题的手段

[0007] 本发明的一方式所涉及的光学系统包括:开口直径可变的第1光圈;配置于比第1光圈更靠近物体侧的包括正透镜及负透镜的3片以上的透镜;及开口直径固定的第2光圈,在将从第1光圈到第2光圈为止的光轴上的距离设为Dst、将光学系统的焦距设为f、及当光学系统为变倍光学系统时,将Dst及f设为在第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

[0008] 上述光学系统满足由以下式表示的条件式(1):

[0009] $0.005<|Dst|/f<2$ (1)。

[0010] 在将第1光圈的开放状态下的开口直径设为φF、将第2光圈的开口直径设为φS、及当光学系统为变倍光学系统时,φF及φS设为在第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,上述方式的光学系统优选满足由以下式表示的条件式(2):

[0011] $0.3<\varphi S/\varphi F<2.5$ (2)。

[0012] 在与空气接触的凸形状的透镜面位于第2光圈的开口内的结构中,在将从透镜面

与光轴的交点到透镜面位于开口内的第2光圈为止的光轴上的距离设为Dp、关于Dp,以交点为基准,将像侧的距离的符号设为正、将物体侧的距离的符号设为负、及将透镜面的近轴曲率半径设为Rp的情况下,上述方式的光学系统优选满足由以下式表示的条件式(3):

[0013] $0<Dp/Rp<0.4$ (3)。

[0014] 在与空气接触的凸形状的透镜面位于第2光圈的开口内的结构中,在将从透镜面与光轴的交点到透镜面位于开口内的第2光圈为止的光轴上的距离设为Dp、关于Dp,以交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、将透镜面的近轴曲率半径设为Rp、及将透镜面的有效直径设为φEp的情况下,上述方式的光学系统优选满足由以下式表示的条件式(4):

[0015] $0.7<\{Rp-Rp\times(1-(\varphi Ep/2)^2/Rp^2)^{1/2}\}/Dp<1.5$ (4)。

[0016] 在与空气接触的凹形状的透镜面位于第2光圈的附近的结构中,在将从透镜面与光轴的交点到第2光圈为止的光轴上的距离设为Dn、关于Dn,以交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、将透镜面的近轴曲率半径设为Rn、当位于第2光圈附近的与空气接触的凹形状的透镜面有两个时,将两个透镜面中具有更接近第2光圈的开口直径的值的光学有效面的直径的透镜面的值用于Dn及Rn、及当光学系统为变倍光学系统时,Dn设为在第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,上述方式的光学系统优选满足由以下式表示的条件式(5):

[0017] $0<Dn/Rn<0.4$ (5)。

[0018] 在与空气接触的凹形状的透镜面位于第2光圈的附近的结构中,在将从透镜面与光轴的交点到第2光圈为止的光轴上的距离设为Dn、关于Dn,以交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、将透镜面的近轴曲率半径设为Rn、将透镜面的有效直径设为φEn、当位于第2光圈附近的与空气接触的凹形状的透镜面有两个时,将两个透镜面中具有更接近第2光圈的开口直径的值的光学有效面的直径的透镜面的值用于Dn、Rn及φEn、及当光学系统为变倍光学系统时,Dn设为在第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,上述方式的光学系统优选满足由以下式表示的条件式(6):

[0019] $0.5<\{Rn-Rn\times(1-(\varphi En/2)^2/Rn^2)^{1/2}\}/Dn<1.2$ (6)。

[0020] 在将第2光圈的位置中的最大像高的主光线距光轴的高度设为hp、将第2光圈的位置中的轴上边缘光线距光轴的高度设为hm、及当光学系统为变倍光学系统时,hp及hm设为在第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,上述方式的光学系统优选满足由以下式表示的条件式(7):

[0021] $0<|hp|/hm<1$ (7)。

[0022] 在将从光学系统的最靠近物体侧的透镜面至光学系统的最靠近像侧的透镜面为止的光轴上的距离与光学系统的空气换算距离下的后焦距之和设为TL、将第2光圈的位置中的最大像高的主光线距光轴的高度设为hp、将第2光圈的位置中的轴上边缘光线距光轴的高度设为hm、及当光学系统为变倍光学系统时,Dst、TL、hp及hm设为在第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,上述方式的光学系统优选满足由以下式表示的条件式(8):

[0023] $0.05<(|Dst|/TL)/(|hp|/hm)<1.8$ (8)。

[0024] 在将1个透镜成分设为1片单透镜或1组接合透镜、将比第2光圈更靠近物体侧的所有透镜成分的合成焦距设为fs、及当光学系统为变倍光学系统时，f及fs设为在第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下，上述方式的光学系统优选满足由以下式表示的条件式(9)：

[0025] $-5<f/fs<5$ (9)。

[0026] 优选在对焦时，第2光圈与光学系统的至少1个透镜一体地移动，或者在对焦时，第2光圈与光学系统的至少1个透镜一体地相对于像面固定。当光学系统为变倍光学系统时，优选在变倍时，第2光圈与光学系统的至少1个透镜一体地移动，或者在变倍时，第2光圈与光学系统的至少1个透镜一体地相对于像面固定。

[0027] 第1光圈可以构成为确定F值的光圈。

[0028] 本发明的另一方式所涉及的摄像装置具备本发明的上述方式所涉及的光学系统。

[0029] 本说明书的“单透镜”表示未接合的1片透镜。但是，复合非球面透镜(球面透镜与形成于其球面透镜上的非球面形状的膜构成为一体，并且整体作为1个非球面透镜而发挥功能的透镜)不视为接合透镜，而是用作1片透镜。除非另有特别说明，与包括非球面的透镜相关的屈光力的符号及面形状使用近轴区域的屈光力的符号及面形状。

[0030] 在条件式中使用的“焦距”是近轴焦距。除非另有特别说明，在条件式中使用的“光轴上的距离”是几何距离。除非另有特别说明，在条件式中使用的值是在对焦于无限远物体的状态下以d线为基准时的值。在本说明书中记载的“d线”、“C线”、“F线”及“g线”为亮线，d线的波长用作587.56nm(纳米)，C线的波长用作656.27nm(纳米)，F线的波长用作486.13nm(纳米)，g线的波长用作435.84nm(纳米)。

[0031] 发明效果

[0032] 根据本发明，能够提供一种实现小型化，并抑制像的周边部的光量下降，通式能够提高中间像高处的成像性能的光学系统及具备该光学系统的摄像装置。

附图说明

[0033] 图1与实施例1的光学系统对应，是表示一实施方式所涉及的光学系统的结构的剖视图。

[0034] 图2是表示图1的光学系统的结构和光束的剖视图。

[0035] 图3是用于说明各条件式的记号的图。

[0036] 图4是实施例1的光学系统的球面像差图、像散图、畸变像差图、倍率色差图。

[0037] 图5是实施例1的光学系统的横向像差图。

[0038] 图6是表示从图2的光学系统中去除副光圈St1时的结构和光束的剖视图。

[0039] 图7是图6的光学系统的横向像差图。

[0040] 图8是表示实施例2的光学系统的结构和光束的剖视图。

[0041] 图9是实施例2的光学系统的各像差图。

[0042] 图10是表示实施例3的光学系统的结构和光束的剖视图。

[0043] 图11是实施例3的光学系统的各像差图。

[0044] 图12是表示实施例4的光学系统的结构和光束的剖视图。

[0045] 图13是实施例4的光学系统的各像差图。

[0046] 图14是表示实施例5的光学系统的结构和光束的剖视图。

[0047] 图15是实施例5的光学系统的各像差图。

[0048] 图16是表示实施例6的光学系统的结构和光束的剖视图。

[0049] 图17是实施例6的光学系统的各像差图。

[0050] 图18是一实施方式所涉及的摄像装置的正面侧的立体图。

[0051] 图19是一实施方式所涉及的摄像装置的背面侧的立体图。

具体实施方式

[0052] 以下,参考附图对本发明的实施方式进行说明。

[0053] 图1中示出本发明的一实施方式所涉及的光学系统的结构的剖视图。在图1中,左侧为物体侧,右侧为像侧。图1所示的例子对应于后述的实施例1的光学系统。

[0054] 作为一例,图1的光学系统从物体侧向像侧依次具备透镜L1～L13这13片透镜。

[0055] 在图1的例子中,示出假设应用于摄像装置中,而在更靠近像侧的透镜与像面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为假设为各种滤波器和/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/或截止特定的波长区域的滤波器等。光学部件PP为不具有屈光力的部件。还能够省略光学部件PP来构成摄像装置。

[0056] 图1的光学系统具备开口直径可变的主光圈FS和开口直径固定的4个副光圈St1～St4。

[0057] 主光圈FS对应于本发明的技术的“第1光圈”。在图1的例子中,主光圈FS作为确定F值的光圈发挥功能。作为一例,在图1的光学系统中,主光圈FS配置于透镜L7与透镜L8之间。

[0058] 在比主光圈FS更靠近物体侧配置有包括正透镜及负透镜的3片以上的透镜。通过如此构成,能够良好地校正在比主光圈FS更靠近物体侧产生的各像差,尤其能够良好地校正球面像差及轴上色差。

[0059] 副光圈St1～St4对应于本发明的技术的“第2光圈”。作为一例,在图1的光学系统中,副光圈St1～St4以如下方式配置。副光圈St1与透镜L4的物体侧的面在物体侧相邻而配置。副光圈St2配置成在其开口内包括透镜L6的像侧的面。副光圈St3以与透镜L9的像侧的面相邻的方式配置。副光圈St4相邻地配置于透镜L11的像侧的面的像侧。另外,本说明书中的“相邻”并不一定表示接触,而表示相邻在一起。

[0060] 在以下说明中,在不需要区分各个副光圈St1～St4的情况下,简称为“副光圈”。图1的光学系统具备4个副光圈St1～St4,但在本发明的技术中,光学系统所具备的副光圈的数量能够任意设定。

[0061] 副光圈的开口直径是不变的,而并不是可变的。通过构成为副光圈的开口直径不变,不需要改变副光圈的开口直径的机构,因此能够有助于小型化,并且也能够抑制机械机构的复杂化。

[0062] 通过与确定F值的主光圈FS分开地设置副光圈,能够遮挡产生中间像高的彗形眩光等而使成像性能下降的有害的光线。由此,能够抑制中间像高的彗形眩光等,因此能够提高中间像高处的成像性能。以往,为了遮挡中间像高的有害的光线,在与确定F值的光圈分开设置有光圈或限位器的光学系统中,有时也会遮蔽最大像高的光线,在该情况下,产生像的周边部的光量下降的不良情况。为了避免这种不良情况,优选在主光圈FS的附近配置副

光圈。

[0063] 因此,本发明的光学系统配置副光圈,以满足下述条件式(1)。在此,将从主光圈FS到副光圈为止的光轴上的距离设为Dst。将光学系统的焦距设为f。但是,在光学系统为变倍光学系统的情况下,Dst及f设为在副光圈的位置上轴上边缘光线B0m(参考图2)距光轴Z的高度达到最大的变倍状态下的值。作为一例,在图1中示出从主光圈FS至副光圈St1为止的光轴上的距离Dst。

[0064] $0.005<|Dst|/f<2$ (1)

[0065] 通过使条件式(1)的对应值不成为上限以上,副光圈的位置不会过于远离主光圈FS,因此容易防止副光圈遮挡最大像高的光线。由此,能够遮挡中间像高的有害的光线的同时抑制像的周边部的光量下降。并且,通过在主光圈FS的附近配置副光圈,以使条件式(1)的对应值达不到上限以上,能够减小主光圈FS的附近的透镜的外径,因此有利于光学系统的小型化。例如,在对焦时移动的对焦组靠近主光圈FS配置,在该对焦组的内部配置有副光圈的情况下,能够减小该对焦组的透镜的外径,因此能够使对焦组轻量化,由此有利于对焦的高速化。并且,例如,在变倍时移动的移动组的内部配置有副光圈的情况下,能够减小该移动组的透镜的外径,因此能够使移动组轻量化,由此有利于减轻驱动移动组的驱动系统的负载。通过使条件式(1)的对应值不成为下限以下,副光圈不会过于接近主光圈FS,因此容易配置副光圈,以使主光圈单元与副光圈不干涉,所述主光圈单元包括用于改变主光圈FS的开口直径的机构等。

[0066] 为了获得更良好的特性,优选使用1.9、1.8、1.7、1.6、1.5、1.4及1.3中的任一个来代替条件式(1)的上限的2。

[0067] 并且,优选设为0.007或0.008来代替条件式(1)的下限的0.005。

[0068] 在图2中,示出图1的光学系统的结构和光束的剖视图。在图2中,作为光束,示出轴上光束B0、6成像高的光束B6、最大像高的光束B10,还示出轴上边缘光线B0m。副光圈St1～St4在不遮挡轴上光束B0及最大像高的光束B10的情况下,遮挡了6成像高的有害的光线。在此提及设为“6成像高”是将最大像高作为10成像高而以相对于最大像高的比例表示像高的像高,该标记法对本说明书中的其他像高也相同。另外,在图2中,作为中间像高的光束的一例,示出6成像高的光束,但本发明的技术的“中间像高”并不限定于6成像高。能够将大于0且小于最大像高的像高称为“中间像高”。

[0069] 以下,对本发明的光学系统进一步优选满足的条件式进行叙述。在与以下条件式相关的说明中,为了避免冗长的说明,对定义相同的部分使用相同的记号,并且省略一部分记号的重复说明。

[0070] 本发明的光学系统优选满足下述条件式(2)。在此,将主光圈FS的开放状态下的开口直径设为φF。将副光圈的开口直径设为φS。但是,在光学系统为变倍光学系统的情况下,φF及φS设为在副光圈的位置上轴上边缘光线B0m距光轴Z的高度达到最大的变倍状态下的值。作为一例,在图1中示出主光圈FS的开放状态下的开口直径φF及副光圈St1的开口直径φS。

[0071] $0.3<\varphi S/\varphi F<2.5$ (2)

[0072] 通过使条件式(2)的对应值不成为上限以上,副光圈的开口直径不会变得过大,因此容易遮挡有害的光线。通过使条件式(2)的对应值不成为下限以下,副光圈的开口直径不

会变得过小,因此容易构成为副光圈不遮挡轴上光线。

[0073] 为了获得更良好的特性,优选设为2.3、2.2、2.1、2及1.9中的任一值来代替条件式(2)的上限的2.5。并且,优选设为0.4、0.45、0.5、0.55、0.6及0.65中的任一个值来代替条件式(2)的下限的0.3。

[0074] 在副光圈的开口内位于与空气接触的凸形状的透镜面的情况下,本发明的光学系统优选满足下述条件式(3)。作为一例,在图3中示出透镜Lp的像侧的面位于副光圈St2的开口内的结构。在图3中,左侧为物体侧,右侧为像侧。透镜Lp的像侧的面为与空气接触的凸形状的面。在此,将从上述透镜面与光轴Z的交点到上述透镜面位于开口内的副光圈为止的光轴上的距离设为Dp。将上述透镜面的近轴曲率半径设为Rp。作为一例,在图3中示出上述距离Dp。关于Dp的符号,以上述交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负。关于本说明书中的近轴曲率半径的符号,将凸形状朝向物体侧的面的近轴曲率半径的符号设为正,将凸形状朝向像侧的面的近轴曲率半径的符号设为负。

[0075] $0<Dp/Rp<0.4$ (3)

[0076] 通过使条件式(3)的对应值不成为上限以上,能够抑制透镜的光学有效面的直径与有效直径成为接近的值,因此有利于提高加工性及组装性。通过使条件式(3)的对应值不成为下限以下,上述具有透镜面的透镜与上述透镜面位于开口内的副光圈不会过于分离,因此,能够在不加长光学系统总长度的情况下配置副光圈,由此有利于小型化。

[0077] 假设,具有上述透镜面的透镜与上述透镜面位于开口内的副光圈过于分离,则需要用于配置该副光圈的空间,有可能使光学系统总长度变长。

[0078] 为了获得更良好的特性,优选设为0.35、0.3、0.25、0.2、0.19及0.18中的任一值来代替条件式(3)的上限的0.4。

[0079] 另外,本说明书中的“光学有效面”是指能够用作光学面的面。并且,本说明书中的“有效直径”是指,从物体侧入射到透镜面并向像侧射出的光线中,从通过最外侧的光线与该透镜面的交点到光轴Z为止的距离的2倍。在此提及的“外侧”是指以光轴Z为中心的径向外侧、即远离光轴Z的一侧。并且,在光学系统为变倍光学系统的情况下,考虑变倍整个区域来确定“通过最外侧的光线”。

[0080] 在与空气接触的凸形状的透镜面位于副光圈的开口内的情况下,本发明的光学系统优选满足下述条件式(4)。在此,将上述透镜面的有效直径设为φEp。作为一例,在图3中示出上述有效直径φEp的半值。

[0081] $0.7<\{Rp-Rp\times(1-(\varphi Ep/2)^{2}/Rp^{2})^{1/2}\}/Dp<1.5$

[0082] (4)

[0083] 通过使条件式(4)的对应值不成为上限以上,能够抑制副光圈的开口直径的大径化,因此容易有效地遮挡有害的光线。通过使条件式(4)的对应值不成为下限以下,不仅容易防止有害的光线,而且容易防止所需的光线也被遮挡。

[0084] 为了获得更良好的特性,优选设为1.4、1.35、1.3、1.25、1.2及1.15中的任一值来代替条件式(4)的上限的1.5。并且,优选设为0.75、0.8、0.85、0.91、0.92、0.93、0.94、0.95、0.96、0.97、0.98及0.99中的任一值来代替条件式(4)的下限的0.7。

[0085] 并且,在与空气接触的凹形状的透镜面位于与副光圈相邻的位置的情况下,本发明的光学系统优选满足下述条件式(5)。作为一例,在图3中示出透镜Ln的物体侧的面位于

与副光圈St1相邻的位置的结构。透镜Ln的物体侧的面为与空气接触的凹形状的面。在此，将从凹形状的上述透镜面与光轴Z的交点到副光圈为止的光轴上的距离设为Dn。将凹形状的上述透镜面的近轴曲率半径设为Rn。作为一例，在图3中示出上述距离Dn。关于Dn的符号，以上述交点为基准，将像侧的距离的符号设为正，将物体侧的距离的符号设为负。另外，关于1个副光圈，在与副光圈相邻而位置的与空气接触的凹形状的透镜面有2个的情况下，即，在与空气接触的凹形状的透镜面位于与副光圈的物体侧及像侧相邻的位置的情况下，将这些2个透镜面中具有更接近副光圈的开口直径的值的光学有效面的直径的透镜面的值用于Dn及Rn。并且，在光学系统为变倍光学系统的情况下，Dn设为在副光圈的位置上轴上边缘光线B0m距光轴Z的高度达到最大的变倍状态下的值。

[0086] $0<Dn/Rn<0.4$ (5)

[0087] 通过使条件式(5)的对应值不成为上限以上，凹形状的上述透镜面与副光圈不会过于分离，因此，能够在不加长光学系统总长度的情况下配置副光圈，由此有利于小型化。通过使条件式(5)的对应值成为下限以下，能够有效地遮挡有害的光线。

[0088] 为了获得更良好的特性，优选设为0.3、0.25、0.2、0.15、0.13、0.1及0.05中的任一值来代替条件式(5)的上限的0.4。

[0089] 在与空气接触的凹形状的透镜面位于与副光圈相邻的位置的情况下，本发明的光学系统优选满足下述条件式(6)。在此，将凹形状的上述透镜面的有效直径设为φEn。作为一例，在图3中示出上述有效直径φEn的半值。

[0090] $0.5<\{Rn-Rn\times(1-(\varphi En/2)^{2}/Rn^{2})^{1/2}\}/Dn<1.2$

[0091] (6)

[0092] 通过使条件式(6)的对应值不成为上限以上，能够抑制透镜的光学有效面的直径与有效直径成为接近的值，因此有利于提高加工性及组装性。通过使条件式(6)的对应值不成为下限以下，凹形状的上述透镜面与副光圈不会过于分离，因此，能够在不加长光学系统总长度的情况下配置副光圈，由此有利于小型化。

[0093] 为了获得更良好的特性，优选设为1.1、1.08、1.06、1.05、1.04、1.03、1.02及1.01中的任一值来代替条件式(6)的上限的1.2。并且，优选设为0.55、0.6、0.65、0.7、0.75及0.8中的任一值来代替条件式(6)的下限的0.5。

[0094] 关于光线高度，本发明的光学系统优选满足下述条件式(7)。在此，将副光圈的位置中的最大像高的主光线B10p距光轴Z的高度设为hp。将副光圈的位置中的轴上边缘光线B0m距光轴Z的高度设为hm。但是，在光学系统为变倍光学系统的情况下，hp及hm设为在副光圈的位置上轴上边缘光线B0m距光轴Z的高度达到最大的变倍状态下的值。作为一例，在图2中示出最大像高的主光线B10p及轴上边缘光线B0m，并示出与副光圈St1相关的hp及hm。

[0095] $0<|hp|/hm<1$ (7)

[0096] 通过使条件式(7)的对应值不成为上限以上，能够将副光圈配置于最大像高的主光线B10p的高度低于轴上边缘光线B0m的高度的位置。由此，容易确保最大像高处的周边光量，并且仅遮蔽中间像高的有害的光线。关于条件式(7)的下限，由于$|hp|>0$且$hm>0$，因此成为$|hp|/hm>0$。

[0097] 为了获得更良好的特性，优选设为0.95、0.9及0.85中的任一值来代替条件式(7)的上限的1。

[0098] 并且,本发明的光学系统优选满足下述条件式(8)。在此,将从光学系统的最靠近物体侧的透镜面至光学系统的最靠近像侧的透镜面为止的光轴上的距离与光学系统的空气换算距离下的后焦距之和设为TL。TL为光学系统总长度。在光学系统为变倍光学系统的情况下,Dst、TL、hp及hm设为在副光圈的位置上轴上边缘光线B0m距光轴Z的高度达到最大的变倍状态下的值。

[0099] $0.05<(|Dst|/TL)/(|hp|/hm)<1.8$ (8)

[0100] 通过使条件式(8)的对应值不成为上限以上,副光圈的位置不会过于远离主光圈FS,因此能够防止副光圈遮挡达到最大像高的光线,因此能够抑制在像的周边部的光量下降。

[0101] 通过使条件式(8)的对应值不成为下限以下,副光圈不会过于接近主光圈FS,因此容易配置副光圈,以使主光圈单元与副光圈不干涉,所述主光圈单元包括用于改变主光圈FS的开口直径的机构等。

[0102] 为了获得更良好的特性,优选设为1.7、1.6、1.5、1.4、1.3、1.2、1.1、1及0.9中的任一值来代替条件式(8)的上限的1.8。并且,优选设为0.06、0.07、0.08、0.09、0.1、0.11及0.12中的任一值来代替条件式(8)的上限的0.05。

[0103] 本发明的光学系统优选满足下述条件式(9)。在此,将比副光圈更靠近物体侧的所有透镜成分的合成焦距设为fs。另外,1个透镜成分表示1片单透镜或1组接合透镜。在光学系统为变倍光学系统的情况下,f及fs设为在副光圈的位置上轴上边缘光线B0m距光轴Z的高度达到最大的变倍状态下的值。

[0104] $-5<f/fs<5$ (9)

[0105] 通过在$f/fs>0$的范围内使条件式(9)的对应值不成为上限以上,在副光圈不会遮挡达到最大像高的光线的情况下,容易有效地遮挡中间像高的有害的光线。通过在$f/fs<0$的范围内使条件式(9)的对应值不成为下限以下,能够防止光束在副光圈的附近大量发散,因此在副光圈的位置上不遮挡轴上光线的情况下,容易有效地遮挡中间像高的有害的光线。

[0106] 为了获得更良好的特性,优选设为4.5、4、3.5、3、2.5、2.4、2.3、2.2、2.1、2、1.9、1.8、1.7、1.6、1.5、1.4、1.3、1.2及1.1中的任一值来代替条件式(9)的上限的5。并且,优选设为-4.5、-4、-3.5、-3、-2.5、-2.4、-2.3、-2.2、-2.1、-2、-1.9、-1.8、-1.7及-1.6中的任一值来代替条件式(9)的下限的-5。

[0107] 例如,在图1的光学系统中,作为单透镜的透镜L1为1个透镜成分,在图1的光学系统中是从物体侧起第1个透镜成分。透镜L2与透镜L3接合而成的接合透镜也是1个透镜成分,并且在图1的光学系统中是从物体侧起第2个透镜成分。透镜L4与透镜L5接合而成的接合透镜也是1个透镜成分,并且在图1的光学系统中是从物体侧起第3个透镜成分。作为单透镜的透镜L6也是1个透镜成分,在图1的光学系统中是从物体侧起第4个透镜成分。上述“比副光圈更靠近物体侧的所有透镜成分”表示,透镜成分整体位于比副光圈更靠近物体侧的位置的透镜成分,而不是透镜成分的一部分位于比副光圈更靠近物体侧的位置的透镜成分。因此,在关于图1的副光圈St2考虑了条件式(9)的情况下,透镜L6的透镜面的一部分位于副光圈St2的开口内,因此透镜L6不是比副光圈St2更靠近物体侧的透镜成分。在图1的光学系统中,比副光圈St2更靠近物体侧的所有透镜成分仅是指从物体侧起第1个、第2个及第

3个这3个透镜成分。

[0108] 副光圈优选在对焦时与光学系统的至少1个透镜一体地移动,或者在对焦时与光学系统的至少1个透镜一体地相对于像面Sim固定。并且,当光学系统为变倍光学系统时,副光圈优选在变倍时,与光学系统的至少1个透镜一体地移动,或者在变倍时,与光学系统的至少1个透镜一体地相对于像面Sim固定。

[0109] 在这种情况下,不需要与使透镜移动的机构分开设置使副光圈移动的机构,因此能够有助于小型化,并且也能够抑制机械机构的复杂化。另外,在本说明书中“一体地移动”表示,同时相同量向相同方向移动。

[0110] 例如,在图2的光学系统中,在对焦时,透镜L8～L13及副光圈St3～St4沿着光轴Z一体地移动,透镜L1～L7、主光圈FS及副光圈St1～St2一体地相对于像面Sim固定。图2的透镜L8～L13及副光圈St3～St4下方的括号和向左的箭头表示,在从无限远物体对焦到近距离物体时,这些是向物体侧移动的对焦组。

[0111] 上述的优选结构及可能的结构可以是任意的组合,优选根据所要求的规格适当选择性地采用。

[0112] 接着,参考附图对本发明的光学系统的实施例进行说明。另外,标注于各实施例的剖视图中的透镜或透镜组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相同的参考符号,也不一定是相同的结构。

[0113] [实施例1]

[0114] 实施例1的光学系统的结构和光束的剖视图示于图1及图2,其图示方法和结构如上所述,因此在此省略一部分重复说明。实施例1的光学系统从物体侧向像侧依次具备透镜L1～L13。实施例1的光学系统具备开口直径可变的主光圈FS和开口直径固定的副光圈St1～St4。

[0115] 关于实施例1的光学系统,将基本透镜数据示于表1,将规格示于表2,将非球面系数示于表3。基本透镜数据的表记载如下。在Sn列中示出将最靠近物体侧的面设为第1面,下一个面以逐一增加编号的方式标注编号时的各面的面编号。在R列中示出各面的曲率半径。在曲率半径的符号中,将凸形状朝向物体侧的面的曲率半径设为正,将凸形状朝向像侧的面的曲率半径设为负。D列中示出各面与其下一个面的光轴上的面间隔。在面间隔的符号,将像侧方向的间隔设为正,将物体侧方向的间隔设为负。D列的最下栏的值为表中最靠近像侧的面与像面Sim之间的间隔。在Nd列中示出各构成要件相对于d线的折射率。在vd列中示出各构成要件的d线基准的阿贝数。在基本透镜数据的表中还示出了光学部件PP。

[0116] 在基本透镜数据的表中,在与主光圈FS对应的面中,在面编号栏中记入面编号及“(FS)”,在面间隔的右栏中记入“主光圈”。在与副光圈St1对应的面上,在面间隔的右栏中记入“副光圈St1”,在“φ”后面记入其开口直径。关于与副光圈St2～St4对应的面,也和与副光圈St1对应的面相同地进行了记入。

[0117] 在表2中,以d线基准示出对焦于无限远物体的状态下的焦距f、空气换算距离下的后焦距Bf、开放F值FNo.、最大总视场角2ω、主光圈FS的开放状态下的开口直径φF及光学系统总长度TL。最大总视场角一栏中的[°]表示单位为度。

[0118] 在基本透镜数据中,对非球面的面编号标注了*标记,并且在非球面的曲率半径一

栏中记载了近轴曲率半径的数值。在表3中,在Sn行中示出非球面的面编号,在KA及Am行中示出关于各非球面的非球面系数的数值。另外,Am的m为3以上的整数,并且根据面而不同。

[0119] 例如,在实施例1的第1面中为m＝3、4、5、……、16。表3的非球面系数的数值的“E±n”(n:整数)表示“$\times 10^{\pm n}$”。KA及Am为由下式表示的非球面式中的非球面系数。

[0120] $Zd=C\times h^2/\{1+(1-KA\times C^2\times h^2)^{1/2}\}+\sum Am\times h^m$

[0121] 其中,

[0122] Zd:非球面深度(从高度h的非球面上的点下垂至与非球面顶点相切且与光轴Z垂直的平面的垂线的长度);

[0123] h:高度(从光轴Z到透镜面为止的距离);

[0124] C:近轴曲率半径的倒数;

[0125] KA、Am:非球面系数,

[0126] 非球面式的Σ表示与m相关的总和。

[0127] 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),光学系统既能够放大比例使用也能够缩小比例使用,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被四舍五入到预先设定的位数的数值。

[0128] [表1]实施例1

[0129]

Sn	R	D	Nd	v d
*1	50.9202	1.8721	1.58313	59.38
*2	15.5929	11.1254		
3	-41.2861	1.1918	1.48749	70.44
4	28.6638	4.2247	2.00069	25.46
5	547.2491	4.5904		
6	∞	1.2330	副光圈 St1	φ20.20
7	-45.3239	2.1805	1.68893	31.07
8	68.3842	4.6317	1.69680	55.53
9	-26.2063	1.1493		
10	-18.8555	0.9231	1.74077	27.79
11	-317.6806	-0.1970		
12	∞	0.2970	副光圈 St2	φ22.40
13	83.7496	4.1391	1.95375	32.32
14	-37.6767	3.5285		
15 (FS)	∞	6.8400		
16	26.4192	8.7875	1.55032	75.50
17	-20.4793	0.8968	1.78880	28.43
18	94.9622	0.6390		
19	∞	-0.5390	副光圈 St3	φ20.80
20	43.8350	5.9348	1.75500	52.32
21	-19.0896	0.9112	1.85478	24.80
22	873.6132	0.0693		
23	∞	0.0308	副光圈 St4	φ21.40
24	34.7161	4.2520	1.92286	18.90
25	-55.7621	0.1000		
*26	12.8449	1.1053	1.80625	40.91
*27	8.6197	16.5117		
28	∞	2.8500	1.51680	64.20
29	∞	1.1000		

[0130] [表2]

[0131] 实施例1

[0132]

f	18.20
Bf	19.49
FNo.	1.44
2ω[°]	76.4
φF	23.07
TL	89.41

[0133] [表3]

[0134] 实施例1

[0135]

Sn	1	2	26	27
KA	-3.5524107E+00	-4.3839153E-01	-8.7749470E-01	-1.7564944E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	1.4562563E-04	1.9987653E-04	-2.9457203E-04	4.5987345E-05
A5	-1.5586134E-05	-1.4237156E-05	-3.0213717E-05	-4.2734089E-05
A6	5.2002049E-07	3.8653493E-08	8.8294930E-06	8.3923312E-06
A7	4.4576460E-08	9.7639392E-08	-6.3236083E-07	-6.7249893E-07
A8	-7.2822532E-09	1.3127811E-10	6.6065017E-08	3.8700650E-08
A9	2.3897513E-10	-1.7402613E-09	-1.8681912E-08	-1.0369127E09
A10	2.0729060E-11	1.0104915E-10	2.8496418E-09	-7.1101541E-10
A11	-4.2346876E-13	1.0980116E11	-2.1192026E10	1.4318222E10
A12	-2.6304469E-13	-1.4408297E-12	5.7452181E-12	-4.3454846E-12
A13	2.7068251E-14	5.0098114E-14	1.3592773E-13	-1.7638060E-12
A14	-1.2272789E-15	2.0411475E-16	-3.2656663E-15	2.5353158E-13
A15	2.8191990E-17	-5.1685374E-17	-6.9338244E-16	-1.4072532E-14
A16	-2.6907030E-19	9.6690889E-19	2.5709964E-17	2.9452493E-16

[0136] 在图4及图5中示出对焦于无限远物体的状态下的实施例1的光学系统的各像差图。在图4中,从左依次示出球面像差、像散、畸变像差及倍率色差。在球面像差图中,分别以实线、长虚线及短虚线示出d线、C线及F线处的像差。在像散图中,以实线示出弧矢方向上的d线处的像差,以短虚线示出子午方向上的d射处的像差。在畸变像差图中,以实线示出d线处的像差。在倍率色差图中,分别以长虚线及短虚线示出C线及F线处的像差。在球面像差图中,在“FNo.=”后面示出开放F值的值。在其他像差图中,在“ω=”的后面示出最大半视场角的值。

[0137] 在图5中,从上依次示出轴上(即,像高0)、2成像高、4成像高、6成像高、8成像高、最大像高下的横向像差。在图5中,分别以实线、长虚线、短虚线及单点划线示出d线、C线、F线及g线处的像差。图5的纵轴的单位为μm(微米)。

[0138] 为了进行比较,在图6中示出,从实施例1的光学系统中去除副光圈St1时的结构和光束的剖视图。在图6中,作为光束,示出轴上光束B0、6成像高的光束B6、最大像高的光束B10。若比较图2与图6,则轴上光束B0及最大像高的光束B10相同,但6成像高的光束B6的下侧光线距光轴Z的高度不同。更详细而言,在比主光圈FS更靠近物体侧的透镜中,观察到光

束B6的下侧光线距光轴Z的高度的绝对值图2比图6的小于的情况。即,在轴上光线、6成像高的光线及最大像高的光线中,副光圈St1在不遮挡轴上光线及最大像高的光线的情况下,仅遮挡6成像高的光线。

[0139] 图7中示出图6所示的光学系统的横向像差图。图7的图示方法及纵轴的单位与图5相同,在图7中,也从上依次表示轴上(即,像高0)、2成像高、4成像高、6成像高、8成像高、最大像高下的横向像差。若比较图5与图7,则轴上及最大像高的图相同,但在中间像高的图中观察到差异。尤其明显的不同点在于,在4成像高及6成像高的图中,在图7的由虚线的矩形包围的区域的像差量较多的部分在图5中未观察到。由这些可知,副光圈St1在不遮挡轴上光束B0及最大像高的光束B10的情况下,有效地遮挡产生彗形眩光等的4成像高及6成像高的下侧光线。即,可知通过副光圈St1,在不降低像的周边部的光量的情况下,提高了中间像高处的成像性能。

[0140] [实施例2]

[0141] 将实施例2的光学系统的结构和光束的剖视图示于图8。实施例2的光学系统从物体侧向像侧依次具备透镜L1～L12。实施例2的光学系统具备开口直径可变的主光圈FS和开口直径固定的副光圈St1。主光圈FS作为确定F值的光圈发挥功能。主光圈FS配置于透镜L4与透镜L5之间。副光圈St1配置成在其开口内包括透镜L5的物体侧的面。在从无限远物体对焦到近距离物体时,透镜L5～透镜L9及副光圈St1沿着光轴Z向物体侧一体地移动,透镜L1～L4、透镜L10～L12及主光圈FS相对于像面Sim固定。

[0142] 关于实施例2的光学系统,将基本透镜数据示于表4,将规格示于表5,将非球面系数示于表6,将对焦于无限远物体的状态下的各像差图示于图9。图9的图示方法与实施例1的图4相同。其他实施例2的各数据的记号、含义、记载方法及图示方法也与实施例1相同。除非另有特别说明,实施例3以后的各数据的记号、含义、记载方法及图示方法也基本相同,因此以下省略重复说明。

[0143] [表4]实施例2

[0144]

Sn	R	D	Nd	v d
1	-40.3834	0.9998	1.48749	70.44
2	38.0997	1.4257		
3	59.0655	7.9999	1.69680	55.53
4	-24.2746	1.0100	1.62004	36.26
5	53.1211	0.1298		
6	42.5413	5.1853	1.83481	42.74
7	-93.3590	4.5879		
8（FS）	∞	11.0942		
9	∞	-3.5970	副光圈 St1	φ23.00
10	20.1819	3.2144	1.95906	17.47
11	34.5549	0.6457		
12	43.6796	0.7998	1.84666	23.78
13	12.5000	5.1200	1.59282	68.62
14	30.4714	4.8427		
15	-15.4860	0.8000	1.75211	25.05
16	-68.4170	0.1298		
*17	159.8143	5.7629	1.85135	40.10
*18	-17.9951	1.5311		
19	50.6459	5.5320	1.91082	35.25
20	-31.0436	1.0098	1.73037	32.23
21	37.8861	3.1144		
*22	-50.1906	1.5002	1.68948	31.02
*23	-148.8957	10.2560		
24	∞	2.8500	1.51680	64.20
25	∞	1.1000		

[0145] [表5]

[0146] 实施例2

[0147]

f	34.01
Bf	13.24
FNo.	1.44
2ω[°]	45.4
φF	25.61
TL	76.07

[0148] [表6]

[0149] 实施例2

[0150]

Sn	17	18	22	23
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	-6.7892977E+06	2.6728027E+05	2.0699818E+05	2.6025700E+05
A5	-3.4998037E+06	-3.1585103E+06	-3.5609821E+06	2.0701497E+05
A6	2.6708753E+07	3.6167193E+08	1.0411116E+06	-3.2441813E+06
A7	4.1719229E+08	5.7847224E+08	-4.6385997E-08	2.0830649E-07
A8	-4.6906387E-09	-3.6372615E-09	-1.0004409E-08	8.0249345E-09
A9	-2.1393790E-10	-3.2271859E-10	6.1558719E-10	-2.2013977E-09
A10	3.2807144E-11	2.9770156E+11	2.8180923E+11	7.4088106E+11

A11	3.7083422E-13	6.2009046E-13	-1.8453397E-12	4.8533222E-12
A12	-7.9543983E-14	-7.1537115E-14	-2.8600819E-14	-2.7168254E-13

[0151] [实施例3]

[0152] 将实施例3的光学系统的结构和光束的剖视图示于图10。实施例3的光学系统从物体侧向像侧依次具备透镜L1～L13。实施例3的光学系统具备开口直径可变的主光圈FS和开口直径固定的副光圈St1～St3。主光圈FS作为确定F值的光圈发挥功能。主光圈FS配置于透镜L6与透镜L7之间。副光圈St1配置成在其开口内包括透镜L4的像侧的面。副光圈St2相邻配置于透镜L6的像侧的面的像侧。副光圈St3相邻配置于透镜L8的像侧的面的像侧。在从无限远物体对焦到近距离物体时,透镜L5～透镜L9、主光圈FS及副光圈St2～St3沿着光轴Z向物体侧一体地移动,透镜L1～L4、透镜L10～L13及副光圈St1相对于像面Sim固定。

[0153] 关于实施例3的光学系统,将基本透镜数据示于表7,将规格示于表8,将非球面系数示于表9,将对焦于无限远物体的状态下的各像差图示于图11。

[0154] [表7]实施例3

[0155]

Sn	R	D	Nd	νd
*1	147.3129	2.0000	1.80999	41.01
*2	17.3859	7.9700		
3	-61.0298	1.0500	1.49700	81.61
4	55.9990	2.4440		
5	-175.2376	2.9940	1.71736	29.52
6	-64.6749	7.6770		
7	47.9629	5.2330	1.72000	43.69
8	-71.4295	-1.2870		
9	∞	7.4130	副光圈 St1	φ27.00
10	24.0087	1.0000	1.80165	44.27
11	14.0015	6.7130	1.60042	61.94
12	156.4580	0.2886		
13	∞	6.2244	副光圈 St2	φ18.00
14 (FS)	∞	4.9880		
15	48.1421	1.5000	1.91082	35.25
16	10.5912	5.7900	1.56907	71.31
17	346.0071	0.0925		
18	∞	4.7605	副光圈 St3	φ14.60
*19	-84.0231	5.0000	1.58913	61.15
*20	-18.0076	1.2320		
21	-356.4668	5.4070	2.00272	19.32
22	-30.0142	1.0260	1.73800	32.33
23	48.3922	3.6720		
24	-48.1026	0.9000	1.98613	16.48
25	-122.1059	3.0200		
26	137.7953	3.8420	1.63545	59.73
27	-115.9825	23.3120		
28	∞	3.2000	1.51680	64.20
29	∞	1.1000		

[0156] [表8]

[0157] 实施例3

[0158]

f	30.91
Bf	26.52

FNo.	3.57
2ω[°]	84.4
φF	14.96
TL	117.47

[0159] [表9]

[0160] 实施例3

[0161]

Sn	1	2	19	20
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	1.7190323E-06	-1.0324755E-05	-3.6874743E-05	-1.7507432E-05
A5	-7.4474335E-07	-9.9518618E-07	1.5262016E-06	1.8963888E-06
A6	3.0051321E-08	6.4950083E-09	2.2784479E-07	-1.6630172E-07
A7	8.1417469E-12	1.0528595E-09	-9.8209300E-08	4.0718008E-08
A8	2.6419440E-11	-1.9802457E-10	4.2866430E-10	3.0729611E-09
A9	-8.4613032E-13	9.3801528E-12	1.4337539E-09	2.2019263E-10
A10	-6.7674963E-14	-2.6840622E-14	4.1053517E-11	-1.0135846E-11
A11	-5.2825214E-15	-9.6141003E-14	-1.4808362E-11	-1.3635971E-12
A12	1.3685955E-17	9.2320265E-15	-7.4799199E-13	3.6925212E-14
A13	-2.1817230E-17	-9.7218804E-16	9.9226988E-14	-2.6847120E-14
A14	1.9880799E-18	3.3672325E-17	2.1856025E-15	1.3212027E-15
A15	7.8661839E-20	4.2370872E-18	2.2178857E-16	1.8274698E-16
A16	9.0261546E-21	-9.1536371E-19	-2.2420853E-16	3.5944816E-17
A17	5.4358767E-22	7.0329374E-20	3.2929455E-17	-3.1433068E-18
A18	-4.4806487E-23	-3.5736344E-22	2.2161945E-19	6.0753510E-19
A19	2.0403062E-24	1.5453784E-22	-2.7567893E-19	6.0854810E-20
A20	-5.5439226E-27	3.7714093E-24	1.1764954E-20	-9.4474266E-22

[0162] [实施例4]

[0163] 将实施例4的光学系统的结构和光束的剖视图示于图12。实施例4的光学系统从物体侧向像侧依次具备透镜L1～L13。实施例4的光学系统具备开口直径可变的主光圈FS和开口直径固定的副光圈St1～St2。主光圈FS作为确定F值的光圈发挥功能。主光圈FS配置于透镜L5与透镜L6之间。副光圈St1配置成在其开口内包括透镜L8的像侧的面。副光圈St2配置成在其开口内包括透镜L10的像侧的面。在对焦时,透镜L3～透镜L10、主光圈FS及副光圈St1～St2沿着光轴Z向物体侧一体地移动,透镜L1～L2及透镜L11～L13相对于像面Sim固定。

[0164] 关于实施例4的光学系统,将基本透镜数据示于表10,将规格示于表11,将非球面系数示于表12,将对焦于无限远物体的状态下的各像差图示于图13。

[0165] [表10]实施例4

[0166]

Sn	R	D	Nd	v d
1	3395.1569	2.1000	1.51742	52.15
2	58.1682	6.4667		
3	74.0322	3.5505	1.77535	50.30
4	153.3942	15.4200		
5	42.4814	4.2313	2.00069	25.46
6	130.7358	4.3112		
7	33.8928	5.3234	1.49700	81.61
8	848.1439	1.5000	1.84666	23.78
9	30.8686	5.6532		
10 (FS)	∞	3.2952		
*11	-1998.5918	2.3248	1.80225	45.45
*12	-34995.5964	0.3024		
13	-142.3892	1.5000	1.59270	35.45
14	24.1595	10.2742	1.55032	75.50
15	-27.6669	-3.8036		
16	∞	4.4341	副光圈 St1	φ28.00
17	-28.0490	1.5200	1.77047	29.74
18	42.2219	7.4809	1.90200	25.26
19	-41.4373	-3.0080		
20	∞	4.5080	副光圈 St2	φ31.00
21	54.6186	12.3453	1.84850	43.79
22	-49.7007	1.5200	1.59551	39.22
23	37.3059	7.9438		
*24	-76.8164	2.5455	1.68948	31.02
*25	-1406.3294	17.2924		
26	∞	3.2000	1.51680	64.20
27	∞	1.1000		

[0167] [表11]实施例4

[0168]

f	56.67
Bf	20.50
FNo.	1.75
2ω[°]	52.0
φF	27.29
TL	122.24

[0169] [表12]

[0170] 实施例4

[0171]

Sn	11	12	24	25
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A4	-2.0370108E-05	-1.4890456E-05	-2.5350781E-05	-2.0566239E-05
A6	-2.2837244E-08	-1.4092898E-08	5.0780164E-08	5.3699159E-08
A8	1.5881928E-10	1.4530204E-10	-5.4993528E-11	-5.6857976E-11
A10	-2.7238168E-13	-2.5033093E-13	4.3033371E-14	4.1725261E-14

[0172] [实施例5]

[0173] 将实施例5的光学系统的结构和光束的剖视图示于图14。实施例5的光学系统为变焦透镜。在图14中,在标注有“广角端”的上段示出广角端状态,在标注有“长焦端”的下段示

出长焦端状态。实施例5的光学系统从物体侧向像侧依次包括第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3、第4透镜组G4、第5透镜组G5。在变倍时,第2透镜组G2、第3透镜组G3及第4透镜组G4通过改变与相邻的透镜组的间隔而沿着光轴Z移动,第1透镜组G1、第5透镜组G5相对于像面Sim固定。在图14的上段与下段之间,关于变倍时移动的透镜组,用箭头表示从广角端向长焦端变倍时的概略移动轨迹,关于变倍时固定的透镜组,示出接地记号。

[0174] 实施例5的光学系统具备开口直径可变的主光圈FS和开口直径固定的副光圈St1～St2。主光圈FS作为确定F值的光圈发挥功能。主光圈FS配置于第5透镜组G5的最靠近物体侧。副光圈St1配置成在其开口内包括第3透镜组G3的最靠近物体侧的透镜的物体侧的面。副光圈St2配置成在其开口内包括第5透镜组G5的从像侧起第5个透镜的物体侧的面。副光圈St1及副光圈St2遮挡广角端处的中间像高的有害的光线。

[0175] 在变倍时,副光圈St1与第3透镜组G3的透镜沿着光轴Z一体地移动,主光圈FS及副光圈St2与第5透镜组G5的透镜一体地相对于像面Sim固定。对焦组包括第4透镜组G4。图14的第4透镜组G4上方的括号和向左箭头表示,从无限远物体对焦到近距离物体时,第4透镜组G4向物体侧移动的对焦组。在对焦时,除了第4透镜组G4以外的透镜组的透镜、主光圈FS、及副光圈St1～St2一体地相对于像面Sim固定。

[0176] 将实施例5的光学系统的基本透镜数据示于表13中。在基本透镜数据的表中,对变倍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于面间隔的列中。在表14中示出实施例5的光学系统的规格及可变面间隔。在表14中,在标注有“广角端”的列中示出广角端状态的各值,在标注有“长焦端”的列中示出长焦端状态的各值。在表14中还示出变焦倍率。图15中示出实施例5的光学系统的对焦于无限远物体的状态下的各像差图。在图15中,在标注有“广角端”的上段示出广角端状态的像差,在标注有“长焦端”的下段示出长焦端状态的像差。

[0177] [表13]

[0178] 实施例5

[0179]

Sn	R	D	Nd	v d
1	239.6856	2.0220	1.62005	36.35
2	97.7152	1.0000		
3	97.9386	8.4970	1.49782	82.57
4	3190.4357	0.1000		
5	124.1719	6.9960	1.49782	82.57
6	-6005.5001	DD[6]		
7	-403.9950	1.0650	1.65100	56.24
8	62.7965	4.5770		
9	-65.8393	1.0650	1.49782	82.57
10	105.0123	0.2900		
11	101.2552	2.1910	1.89286	20.36
12	407.8006	DD[12]		
13	∞	-0.4043	副光圈 St1	Φ46.00
14	654.4160	4.7770	1.49700	81.54
15	-91.2918	3.8740		
16	123.4704	4.1050	1.49700	81.54
17	-420.2358	0.8200		
18	69.1599	7.6260	1.41390	100.82
19	-121.4092	1.8990	1.89190	37.13
20	365.5704	DD[20]		
21	50.5957	1.1270	1.83481	42.74
22	33.9895	1.7140		
23	34.4355	7.7690	1.49700	81.54
24	-297.7891	DD[24]		
25 (FS)	∞	3.5350		
26	-565.8282	3.3950	1.73800	32.33
27	-39.5491	1.1310	1.69680	55.53
28	53.0227	4.6260		
29	-142.0862	3.3950	1.54072	47.23
30	-23.2563	0.8610	2.00069	25.46
31	-32.4632	3.6650		
32	179.1180	3.6490	1.80518	25.42
33	-28.1744	0.9310	1.72916	54.68
34	50.2096	1.4240		
35	-175.6520	0.7510	1.81600	46.54
36	43.2903	3.5280		
37	∞	-1.4700	副光圈 St2	Φ17.00
38	25.3065	5.6690	1.67300	38.26
39	-21.5228	0.8010	2.00069	25.46
40	33.8212	2.9860	1.73800	32.33
41	-61.4492	4.7290		
42	50.7456	3.4190	1.62004	36.26
43	-31.1375	6.1240		
44	-20.7699	0.6000	1.77250	49.60
45	124.3463	55.8798		
46	∞	2.8500	1.51680	64.20
47	∞	1.1000		

[0180] [表14]

[0181] 实施例5

[0182]

	广角端	长焦端
变焦倍率	1.0	3.8
f	154.65	583.13

Bf	58.83	58.83
FNo.	5.77	8.25
2ω[°]	10.4	2.8
φF	24.74	17.04
TL	319.87	319.87
DD[6]	29.41	102.48
DD[12]	82.07	2.74
DD[20]	20.83	33.85
DD[24]	13.87	7.12

[0183] [实施例6]

[0184] 将实施例6的光学系统的结构和光束的剖视图示于图16。实施例6的光学系统为变焦透镜。实施例6的光学系统的数据的记载方法及图示方法与实施例5基本相同,因此在此省略一部分重复说明。实施例6的光学系统从物体侧向像侧依次包括第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3、第4透镜组G4、第5透镜组G5。在变倍时,第2透镜组G2和第4透镜组G4沿着光轴Z移动,第1透镜组G1、第3透镜组G3及第5透镜组G5相对于像面Sim固定。

[0185] 实施例6的光学系统具备开口直径可变的主光圈FS和开口直径固定的副光圈St1～St2。主光圈FS作为确定F值的光圈发挥功能。主光圈FS配置于第3透镜组G3的最靠近物体侧。副光圈St1配置成在其开口内包括第2透镜组G2的最靠像侧的透镜的像侧的面。副光圈St2配置成在其开口内包括第3透镜组G3的最靠像侧的透镜的像侧的面。副光圈St1及副光圈St2遮挡长焦端处的中间像高的有害的光线。

[0186] 在变倍时,副光圈St1与第2透镜组G2的透镜沿着光轴Z一体地移动,主光圈FS及副光圈St2与第3透镜组G3的透镜一体地相对于像面Sim固定。对焦组包括第4透镜组G4。图16的第4透镜组G4上方的括号和向右箭头表示,从无限远物体对焦到近距离物体时,第4透镜组G4向像侧移动的对焦组。在对焦时,除了第4透镜组G4以外的透镜组的透镜、主光圈FS、及副光圈St1～St2一体地相对于像面Sim固定。

[0187] 关于实施例6的光学系统,将基本透镜数据示于表15,将规格和可变面间隔示于表16,将非球面系数示于表17,将对焦于无限远物体的状态下的各像差图示于图17。

[0188] [表15]实施例6

[0189]

Sn	R	D	Nd	v d
1	192.9221	1.7000	1.85000	27.03
2	55.8776	8.2750	1.53775	74.70
3	-19857.1205	0.1200		
4	97.4892	3.5130	1.59283	68.63
5	357.3671	0.1190		
6	45.9156	5.2120	1.79828	48.27
7	158.1434	DD[7]		
*8	220.9427	1.2000	1.80610	40.73
*9	12.9080	6.3380		
10	-27.0447	0.6490	1.77535	50.30
11	49.1182	0.1190		
12	31.0232	4.3170	1.84666	23.78
13	-31.0232	0.6340		
14	-22.6511	0.6000	1.88300	40.85
15	-83.3290	-0.3801		
16	∞	DD[16]	副光圈 St1	φ15.90
17 (FS)	∞	1.2000		
*18	18.2045	4.4890	1.48789	83.67
*19	-47.7735	1.3660		
20	29.9722	0.8010	1.91082	35.25
21	13.0000	6.8240	1.53775	74.70
22	-23.7988	-1.6276		
23	∞	DD[23]	副光圈 St2	φ17.30
24	-75.5025	2.0150	1.89502	25.23
25	-18.7696	0.6100	1.76963	51.04
26	23.6824	DD[26]		
*27	-178.4122	5.1550	1.58313	59.46
*28	-16.6219	0.1200		
29	-20.4508	0.8100	2.00272	19.32
30	-52.2877	4.4750		
31	-199.2175	6.1240	1.72073	29.78
32	-43.1534	19.6773		
33	∞	2.8500	1.51680	64.20
34	∞	1.1000		

[0190] [表16]

[0191] 实施例6

[0192]

	广角端	长焦端
变焦倍率	1.0	6.3
f	18.54	116.77
Bf	22.66	22.66
FNo.	4.09	4.12
2ω[°]	77.8	12.8
φF	14.33	16.51
TL	144.32	144.32
DD[7]	1.01	31.03
DD[16]	31.41	1.38
DD[23]	2.67	14.16
DD[26]	21.80	10.31

[0193] [表17]

[0194] 实施例6

[0195]

Sn	8	9	27	28
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A4	6.3654280E-05	5.8115700E-05	-3.3313022E-07	1.5864674E-05
A6	-1.6520578E-06	-8.6702710E-07	-3.1035733E-07	4.6814967E-07
A8	3.6308297E-08	-4.5783717E-08	1.3953513E-08	-2.8075495E-08
A10	-6.2436489E-10	3.8246956E-09	-1.9091620E-10	9.8406524E-10
A12	7.5884189E-12	-1.3330761E-10	-7.6081743E-13	-1.9031014E-11
A14	-6.0903631E-14	2.6082780E-12	5.1744107E-14	2.1392501E-13
A16	3.0342366E-16	-2.9426472E-14	-5.9555663E-16	-1.3822383E-15
A18	-8.4569318E-19	1.7856370E-16	2.9430982E-18	4.7328661E-18
A20	1.0050279E-21	-4.5150703E-19	-5.4890319E-21	-6.6078617E-21

[0196]

Sn	18	19
KA	1.0000000E+00	1.0000000E十00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E十00
A4	-3.8865422E-05	7.1075371E-05
A5	7.6564967E-05	-2.3245540E-05
A6	-7.1121281E-05	8.8240861E-06
A7	3.1399739E-05	-1.6886838E-06
A8	-7.0470848E-06	1.8063804E-07
A9	5.5583077E-07	-1.8197456E-08
A10	9.7347054E-08	2.8022294E-09
A11	-2.8941874E-08	-6.9908347E-11
A12	2.6732043E-09	6.6561840E-11
A13	-2.3823750E-11	9.3073733E-12
A14	-1.4334971E-11	-2.8836404E-13
A15	1.0709284E-12	1.8458979E-14
A16	-2.5308020E-14	1.0024286E-15

[0197] 在表18中,关于实施例1～6的光学系统,示出与条件式(1)及(2)相关的值。在表18的最左列中,记入实施例编号及对应的副光圈的符号,关于变倍光学系统的实施例,在副光圈的符号后面示出用于计算的值的变倍状态。

[0198] 其中,“Wide”表示广角端,“Tele”表示长焦端。该最左列的显示方法也与后述的表19～22相同。关于Dst的符号,以主光圈FS为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负。在表18中,用粗线包围条件式(1)及(2)的对应值的列,在其上分别记入为(1)及(2)。

[0199] [表18]

[0200]

			(1)			(2)
	Dst	f	|Dst|/f	ΦS	ΦF	ΦS/ΦF
实施例1 St1	-17.89	18.20	0.983	20.20	23.07	0.876
实施例1 St2	-7.96	18.20	0.438	22.40	23.07	0.971
实施例1 St3	17.16	18.20	0.943	20.80	23.07	0.902
实施例1 St4	23.54	18.20	1.293	21.40	23.07	0.928
实施例2 St1	11.09	34.01	0.326	23.00	25.61	0.898
实施例3 St1	-21.64	30.91	0.700	27.00	14.96	1.805
实施例3 St2	-6.22	30.91	0.201	18.00	14.96	1.203
实施例3 St3	12.37	30.91	0.400	14.60	14.96	0.976
实施例4 St1	13.89	56.67	0.245	28.00	27.29	1.026
实施例4 St2	24.32	56.67	0.429	31.00	27.29	1.136
实施例5 St1 Wide	-68.01	154.65	0.440	46.00	24.74	1.859
实施例5 St2 Wide	30.89	154.65	0.200	17.00	24.74	0.687
实施例6 St1 Tele	-1.38	116.77	0.012	15.90	16.51	0.963
实施例6 St2 Tele	13.05	116.77	0.112	17.30	16.51	1.048

[0201] 在表19中,关于实施例1～6的光学系统,示出与条件式(3)及(4)相关的值。在此,设为$dhp=\{Rp-Rp\times(1-(\varphi Ep/2)^2/Rp^2)^{1/2}\}$。在表19中,用粗线包围条件式(3)及(4)的对应值的列,在其上方分别记入为(3)及(4)。

[0202] [表19]

[0203]

			(3)			(4)
	Dp	Rp	Dp/Rp	ΦEp	dhp	dhp/Dp
实施例1 St2	-0.197	-317.681	0.001	22.341	-0.196	0.997
实施例2 St1	3.597	20.1819	0.178	24.000	3.955	1.100
实施例3 St1	-1.287	-71.4295	0.018	27.000	-1.287	1.000
实施例4 St1	-3.804	-27.6669	0.137	28.000	-3.804	1.000
实施例4 St2	-3.008	-41.437	0.073	31.000	-3.008	1.000
实施例5 St1 Wide	0.404	654.416	0.001	46.000	0.404	1.000
实施例5 St2 Wide	1.470	25.307	0.058	17.000	1.470	1.000
实施例6 St1 Tele	-0.380	-83.329	0.005	15.900	-0.380	1.000
实施例6 St2 Tele	-1.628	-23.799	0.068	17.300	-1.628	1.000

[0204] 在表20中,关于实施例1～6的光学系统,示出与条件式(5)及(6)相关的值。在此,设为$dhn=\{Rn-Rn\times(1-(\varphi En/2)^2/Rn^2)^{1/2}\}$。

[0205] 在表20中,用粗线包围条件式(5)及(6)的对应值的列,在其上方分别记入为(5)及(6)。

[0206] [表20]

[0207]

			(5)			(6)
	Dn	Rn	Dn/Rn	ΦEn	dhn	dhn/Dn
实施例1 St1	-1.140	-45.324	0.02515	20.188	-1.138	0.999
实施例1 St3	0.639	94.962	0.00673	20.804	0.571	0.894
实施例1 St4	0.069	873.613	0.00008	21.399	0.066	0.946
实施例3 St2	0.289	156.458	0.00184	18.031	0.260	0.901
实施例3 St3	0.093	346.007	0.00027	14.595	0.077	0.832

[0208] 在表21中,关于实施例1～6的光学系统,示出与条件式(7)及(8)相关的值。Dst的符号的定义与表18的定义相同。关于hp的符号,在各剖视图中,将光轴Z的上侧的光线的高度设为正,并且将下侧的光线的高度的符号设为负。在表21中,用粗线包围条件式(7)及(8)的对应值的列,在其上方分别记入为(7)及(8)。

[0209] [表21]

[0210]

			(7)			(8)
	hm	hp	|hp|/hm	Dst	TL	(|Dst|/TL) / (|hp|/hm)
实施例1 St1	9.25	-4.91	0.531	-17.89	89.41	0.377
实施例1 St2	11.15	-2.37	0.213	-7.96	89.41	0.419
实施例1 St3	10.00	5.28	0.528	17.16	89.41	0.363
实施例1 St4	9.37	6.45	0.689	23.54	89.41	0.382
实施例2 St1	11.41	4.24	0.371	11.09	76.07	0.393
实施例3 St1	9.35	-5.60	0.599	-21.64	117.47	0.308
实施例3 St2	8.42	-3.25	0.386	-6.22	117.47	0.137
实施例3 St3	6.11	5.00	0.818	12.37	117.47	0.129
实施例4 St1	13.60	5.85	0.430	13.89	122.24	0.264
实施例4 St2	14.11	9.75	0.690	24.32	122.24	0.288
实施例5 St1 Wide	21.60	-5.21	0.241	-68.01	319.87	0.881
实施例5 St2 Wide	8.41	2.81	0.334	30.89	319.87	0.289
实施例6 St1 Tele	7.89	-0.28	0.036	-1.38	144.32	0.270
实施例6 St2 Tele	8.50	1.74	0.204	13.05	144.32	0.443

[0211] 在表22中,关于实施例1～6的光学系统,示出与条件式(9)相关的值。在表22中,用粗线包围条件式(9)的对应值的列,在其上方记入为(9)。

[0212] [表22]

[0213]

			(9)
	f	fs	f/fs
实施例1 St1	18.20	-51.108	-0.356
实施例1 St2	18.20	632.162	0.029
实施例1 St3	18.20	91.970	0.198
实施例1 St4	18.20	36.207	0.503
实施例2 St1	34.01	103.549	0.328
实施例3 St1	30.91	-19.358	-1.597
实施例3 St2	30.91	30.264	1.021
实施例3 St3	30.91	82.062	0.377
实施例4 St1	56.67	171.499	0.330
实施例4 St2	56.67	59.806	0.948
实施例5 St1 Wide	154.65	-109.073	-1.418
实施例5 St2 Wide	154.65	-234.867	-0.658
实施例6 St1 Tele	116.77	-368.882	-0.317
实施例6 St2 Tele	116.77	258.962	0.451

[0214] 接着,对本发明的实施方式所涉及的摄像装置进行说明。在图18及图19中示出作为本发明的一实施方式所涉及的摄像装置的相机30的外观图。图18表示从正面侧观察相机30的立体图,图19表示从背面侧观察相机30的立体图。相机30为所谓的无反光镜数码相机,其能够拆卸自如地安装可更换镜头20。可更换镜头20构成为包括容纳于镜筒内的本发明的一实施方式所涉及的光学系统1。

[0215] 相机30具备相机主体31,在相机主体31的上表面设置有快门按钮32及电源按钮33。并且,在相机主体31的背面设置有操作部34、操作部35及显示部36。显示部36能够显示所拍摄的图像及拍摄前的视场角内存在的图像。

[0216] 在相机主体31的前表面中央部设置有来自摄影对象的光入射的摄影开口,在与该摄影开口对应的位置设置有卡口37,可更换镜头20经由卡口37安装于相机主体31。

[0217] 在相机主体31内设置有输出与由可更换镜头20形成的被摄体图像对应的摄像信号的CCD(Charge Coupled Device:电荷耦合器件)或CMOS(Complement ary Metal Oxide Semiconductor:互补金属氧化物半导体)等摄像元件、对从该摄像元件输出的摄像信号进行处理以生成图像的信号处理电路及用于记录所生成的该图像的记录介质等。在相机30

中,能够通过按压快门按钮32来拍摄静止图像或动态图像,并且通过该拍摄而获得的图像数据被记录在上述记录介质中。

[0218] 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,构成光学系统的透镜的片数及透镜组的数量并不限定于上述实施例。变倍光学系统并不限定于变焦透镜,也可以是可变焦距镜头。副光圈可以配置于比主光圈FS更靠近物体侧,也可以配置于比主光圈FS更靠近像侧。满足配置于一个光学系统的各条件式的副光圈的数量能够任意设定。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。

[0219] 并且,关于本发明的实施方式所涉及的摄像装置,也并不限定于上述例,例如能够设为除了无反光镜型以外的相机、胶片相机、摄像机、电影摄影机及监控摄像机等各种方式。

[0220] 关于以上的实施方式及实施例,进一步公开以下的附记项。

[0221] [附记项1]

[0222] 一种光学系统,其包括:

[0223] 开口直径可变的第1光圈;

[0224] 配置于比所述第1光圈更靠近物体侧的包括正透镜及负透镜的3片以上的透镜;及

[0225] 开口直径固定的第2光圈,

[0226] 在将从所述第1光圈到所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dst、将所述光学系统的焦距设为f、及

[0227] 当所述光学系统为变倍光学系统时,将Dst及f设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

[0228] 所述光学系统满足由以下式表示的条件式(1):

[0229] $0.005<|Dst|/f<2$ (1)。

[0230] [附记项2]

[0231] 根据附记项1所述的光学系统,其中,

[0232] 在将所述第1光圈的开放状态下的开口直径设为φF、

[0233] 将所述第2光圈的开口直径设为φS、及

[0234] 当所述光学系统为变倍光学系统时,φF及φS设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

[0235] 所述光学系统满足由以下式表示的条件式(2):

[0236] $0.3<\varphi S/\varphi F<2.5$ (2)。

[0237] [附记项3]

[0238] 根据附记项1或2所述的光学系统,其中,

[0239] 与空气接触的凸形状的透镜面位于所述第2光圈的开口内,

[0240] 在将从所述透镜面与光轴的交点到所述透镜面位于开口内的所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dp、

[0241] 关于Dp,以所述交点为基准,将像侧的距离的符号设为正,将物体侧的距离的符号设为负、及

[0242] 将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rp的情况下，

[0243] 所述光学系统满足由以下式表示的条件式(3)：

[0244] $0<Dp/Rp<0.4$ (3)。

[0245] [附记项4]

[0246] 根据附记项1至3中任一项所述的光学系统，其中，

[0247] 与空气接触的凸形状的透镜面位于所述第2光圈的开口内，

[0248] 在将从所述透镜面与光轴的交点到所述透镜面位于开口内的所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dp、

[0249] 关于Dp，以所述交点为基准，将像侧的距离的符号设为正，将物体侧的距离的符号设为负、

[0250] 将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rp、及

[0251] 将所述透镜面的有效直径设为φEp的情况下，

[0252] 所述光学系统满足由以下式表示的条件式(4)：

[0253] $0.7<\{Rp-Rp\times(1-(\varphi Ep/2)^2/Rp^2)^{1/2}\}/Dp<1.5$ (4)。

[0254] [附记项5]

[0255] 根据附记项1至4中任一项所述的光学系统，其中，

[0256] 与空气接触的凹形状的透镜面位于所述第2光圈的附近，

[0257] 在将从所述透镜面与光轴的交点到所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dn、

[0258] 关于Dn，以所述交点为基准，将像侧的距离的符号设为正，将物体侧的距离的符号设为负、

[0259] 将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rn、

[0260] 当位于所述第2光圈附近的与空气接触的凹形状的所述透镜面有两个时，将两个所述透镜面中具有更接近所述第2光圈的开口直径的值的光学有效面的直径的透镜面的值用于Dn及Rn、及

[0261] 当所述光学系统为变倍光学系统时，Dn设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下，

[0262] 所述光学系统满足由以下式表示的条件式(5)：

[0263] $0<Dn/Rn<0.4$ (5)。

[0264] [附记项6]

[0265] 根据附记项1至5中任一项所述的光学系统，其中，

[0266] 与空气接触的凹形状的透镜面位于所述第2光圈的附近，

[0267] 在将从所述透镜面与光轴的交点到所述第2光圈为止的光轴上的距离设为Dn、

[0268] 关于Dn，以所述交点为基准，将像侧的距离的符号设为正，将物体侧的距离的符号设为负、

[0269] 将所述透镜面的近轴曲率半径设为Rn、

[0270] 将所述透镜面的有效直径设为φEn、

[0271] 当位于所述第2光圈附近的与空气接触的凹形状的所述透镜面有两个时，将两个所述透镜面中具有更接近所述第2光圈的开口直径的值的光学有效面的直径的透镜面的值用于Dn、Rn及φEn、及

[0272] 当所述光学系统为变倍光学系统时,Dn设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

[0273] 所述光学系统满足由以下式表示的条件式(6):

[0274] $0.5<\{Rn-Rn\times(1-(\varphi En/2)^2/Rn^2)^{1/2}\}/Dn<1.2$ (6)。

[0275] [附记项7]

[0276] 根据附记项1至6中任一项所述的光学系统,其中,

[0277] 在将所述第2光圈的位置中的最大像高的主光线距光轴的高度设为hp、

[0278] 将所述第2光圈的位置中的轴上边缘光线距光轴的高度设为hm、及

[0279] 当所述光学系统为变倍光学系统时,hp及hm设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

[0280] 所述光学系统满足由以下式表示的条件式(7):

[0281] $0<|hp|/hm<1$ (7)。

[0282] [附记项8]

[0283] 根据附记项1至7中任一项所述的光学系统,其中,

[0284] 在将从所述光学系统的最靠近物体侧的透镜面至所述光学系统的最靠近像侧的透镜面为止的光轴上的距离与所述光学系统的空气换算距离下的后焦距之和设为TL、

[0285] 将所述第2光圈的位置中的最大像高的主光线距光轴的高度设为hp、

[0286] 将所述第2光圈的位置中的轴上边缘光线距光轴的高度设为hm、及

[0287] 当所述光学系统为变倍光学系统时,Dst、TL、hp及hm设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

[0288] 所述光学系统满足由以下式表示的条件式(8):

[0289] $0.05<(|Dst|/TL)/(|hp|/hm)<1.8$ (8)。

[0290] [附记项9]

[0291] 根据附记项1至8中任一项所述的光学系统,其中,

[0292] 在将1个透镜成分设为1片单透镜或1组接合透镜、将比所述第2光圈更靠近物体侧的所有透镜成分的合成焦距设为fs、及

[0293] 当所述光学系统为变倍光学系统时,f及fs设为在所述第2光圈的位置上轴上边缘光线距光轴的高度达到最大的变倍状态下的值的情况下,

[0294] 所述光学系统满足由以下式表示的条件式(9):

[0295] $-5<f/fs<5$ (9)。

[0296] [附记项10]

[0297] 根据附记项1至9中任一项所述的光学系统,其中,

[0298] 在对焦时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地移动,或者在对焦时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地相对于像面固定,

[0299] 当所述光学系统为变倍光学系统时,在变倍时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地移动,或者在变倍时,所述第2光圈与所述光学系统的至少1个透镜一体地相对于像面固定。

[0300] [附记项11]

[0301] 根据附记项1至10中任一项所述的光学系统,其中,

[0302] 所述第1光圈为确定F值的光圈。

[0303] [附记项12]

[0304] 一种摄像装置,其具备附记项1至11中任一项所述的光学系统。

[0305] 本说明书中所记载的所有文献、专利申请及技术标准与通过参考引入各个文献、专利申请及技术标准的情况被具体且分别记载的情况相同程度地,通过参考引入本说明书中。

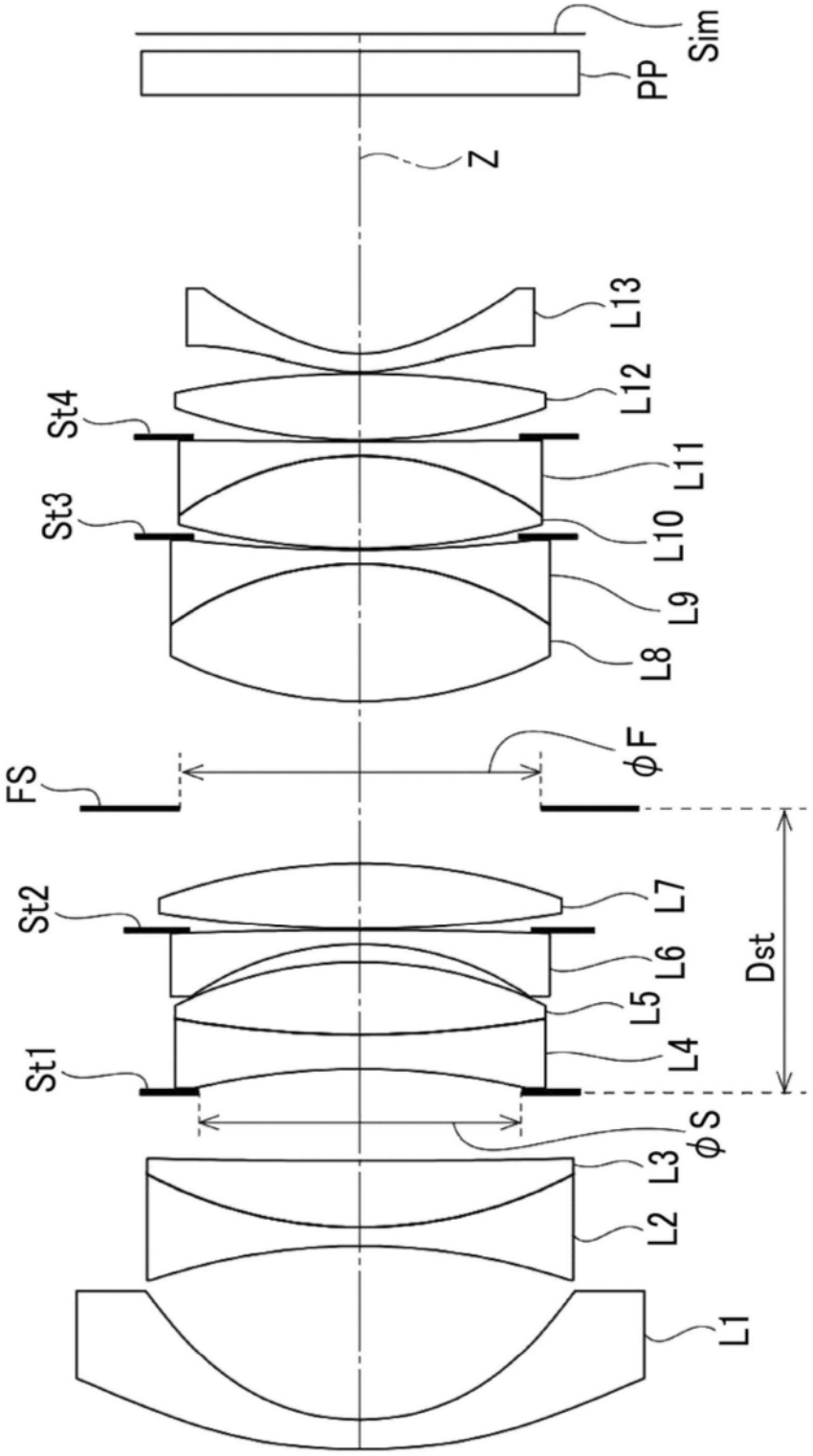

Sim
PP
Z
L13
L12
St4
L11
St3
L10
L9
L8
FS
φF
St2
L7
L6
L5
Dst
St1
L4
φS
L3
L2
L1

图1

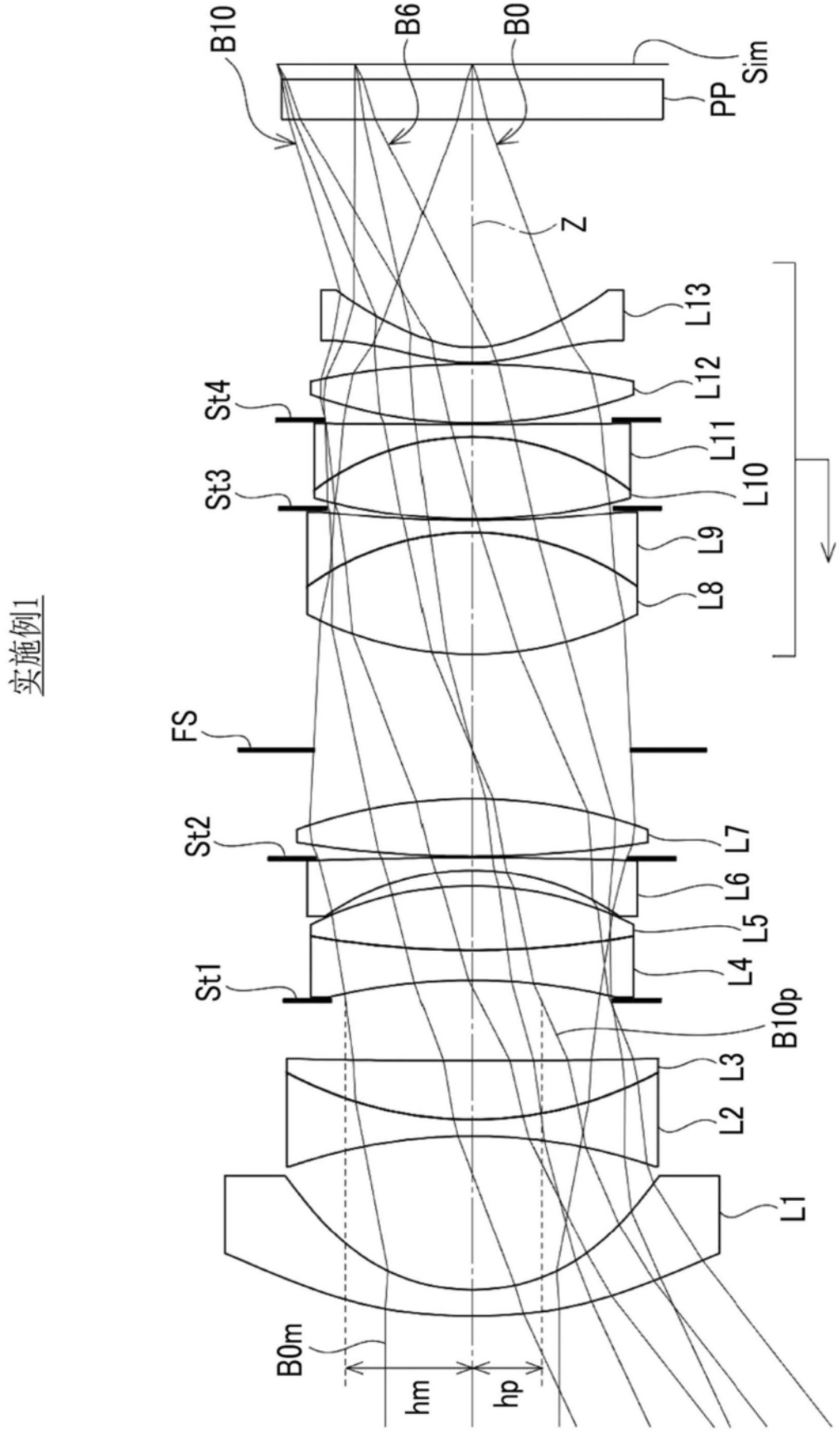

实施例1
B10
B6
B0
Sim
PP
Z
L13
L12
St4
L11
St3
L10
L9
L8
FS
St2
L7
L6
L5
St1
L4
B10p
L3
L2
L1
B0m
hm
hp

图2

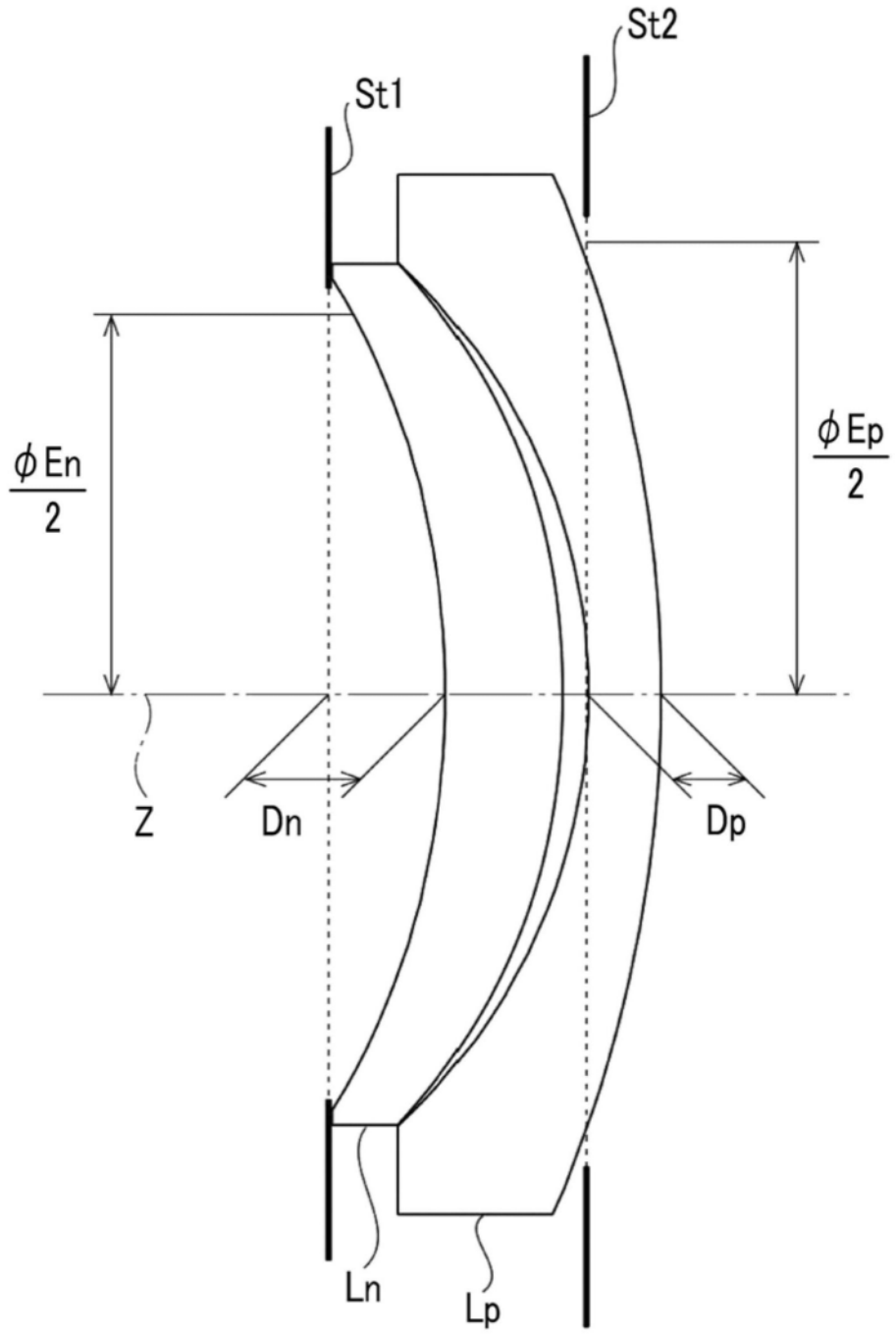


图3

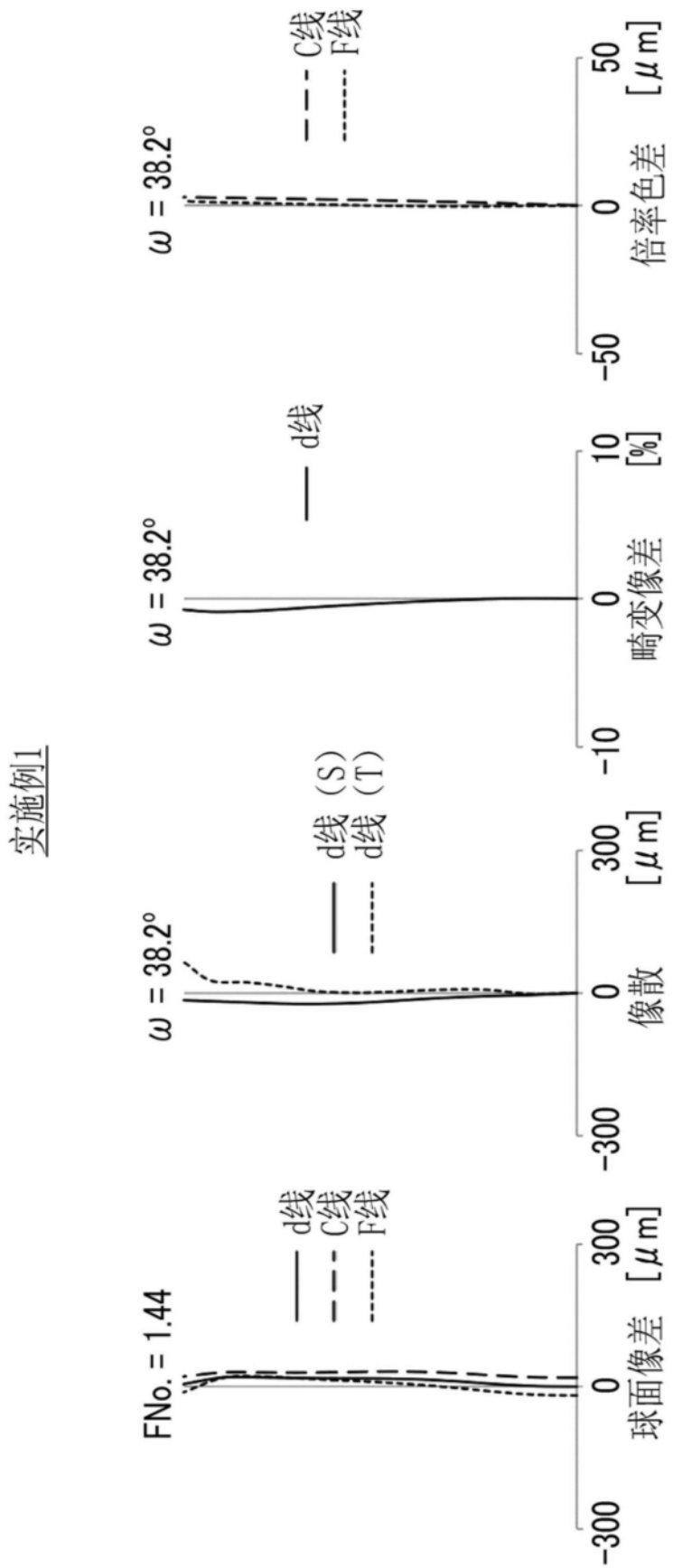

实施例1
FNo. = 1.44
球面像差 [μm]
d线
C线
F线
ω = 38.2°
像散
d线（S）
d线（T）
ω = 38.2°
畸变像差 [%]
d线
ω = 38.2°
倍率色差 [μm]
C线
F线

图4

实施例1

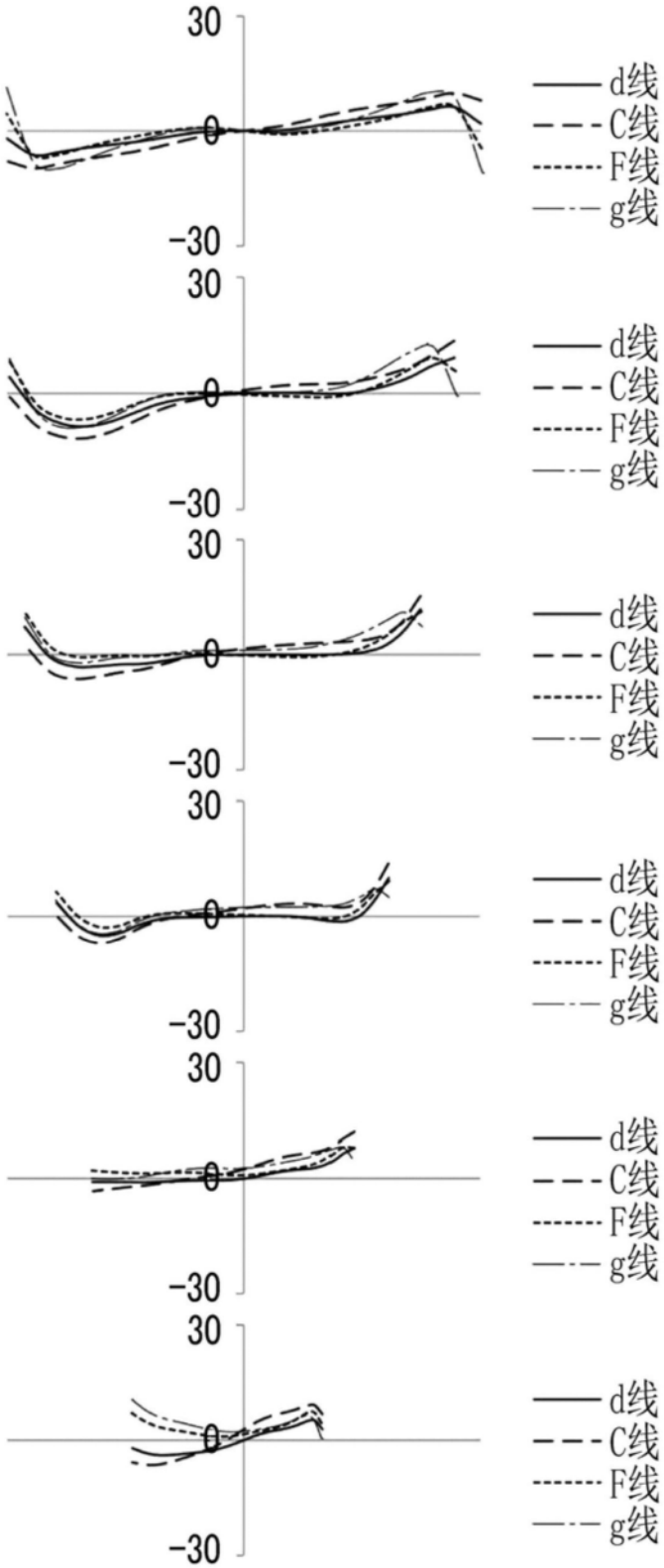


图5

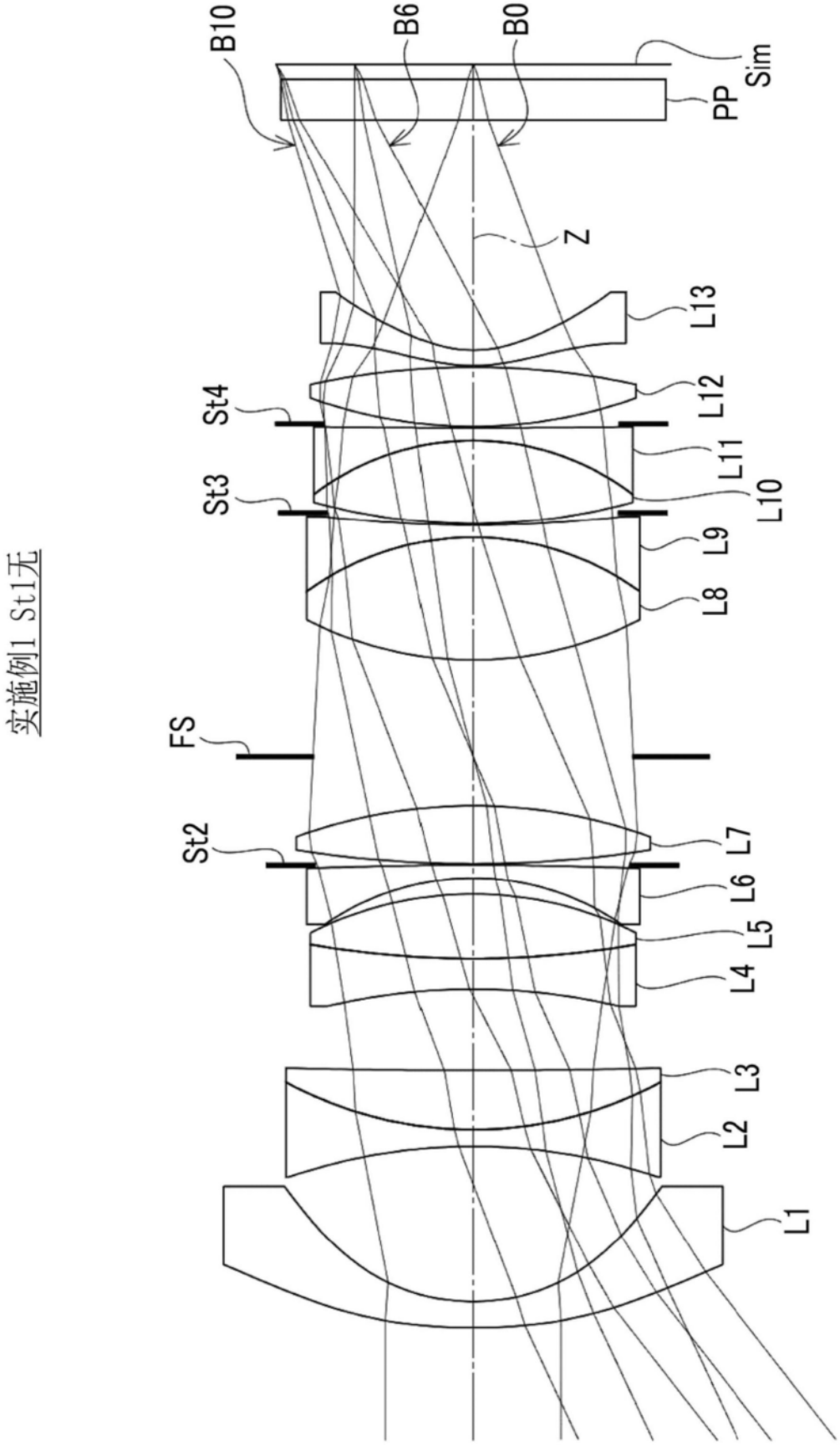

实施例1 St1无
B10
B6
B0
Sim
PP
Z
L13
L12
St4
L11
St3
L10
L9
L8
FS
St2
L7
L6
L5
L4
L3
L2
L1

图6

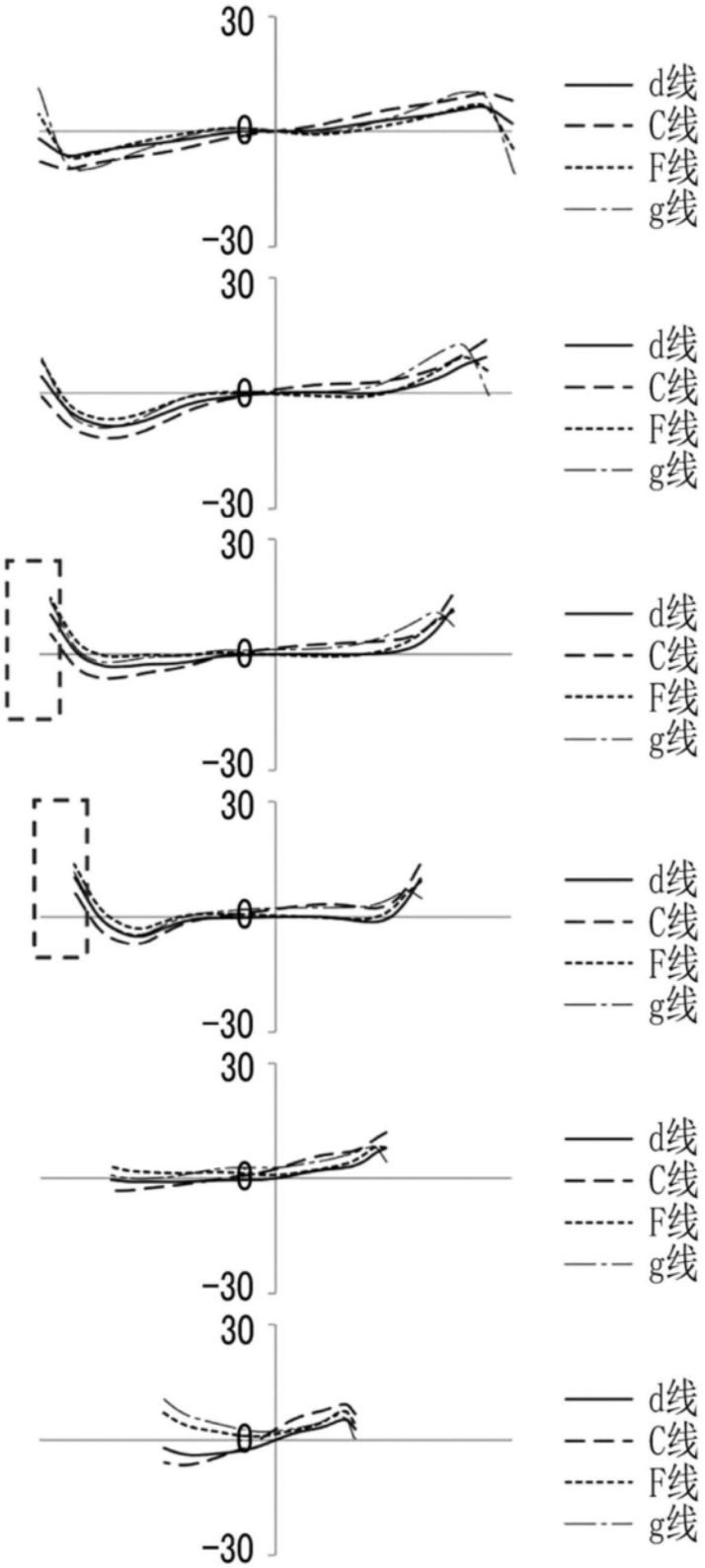


图7

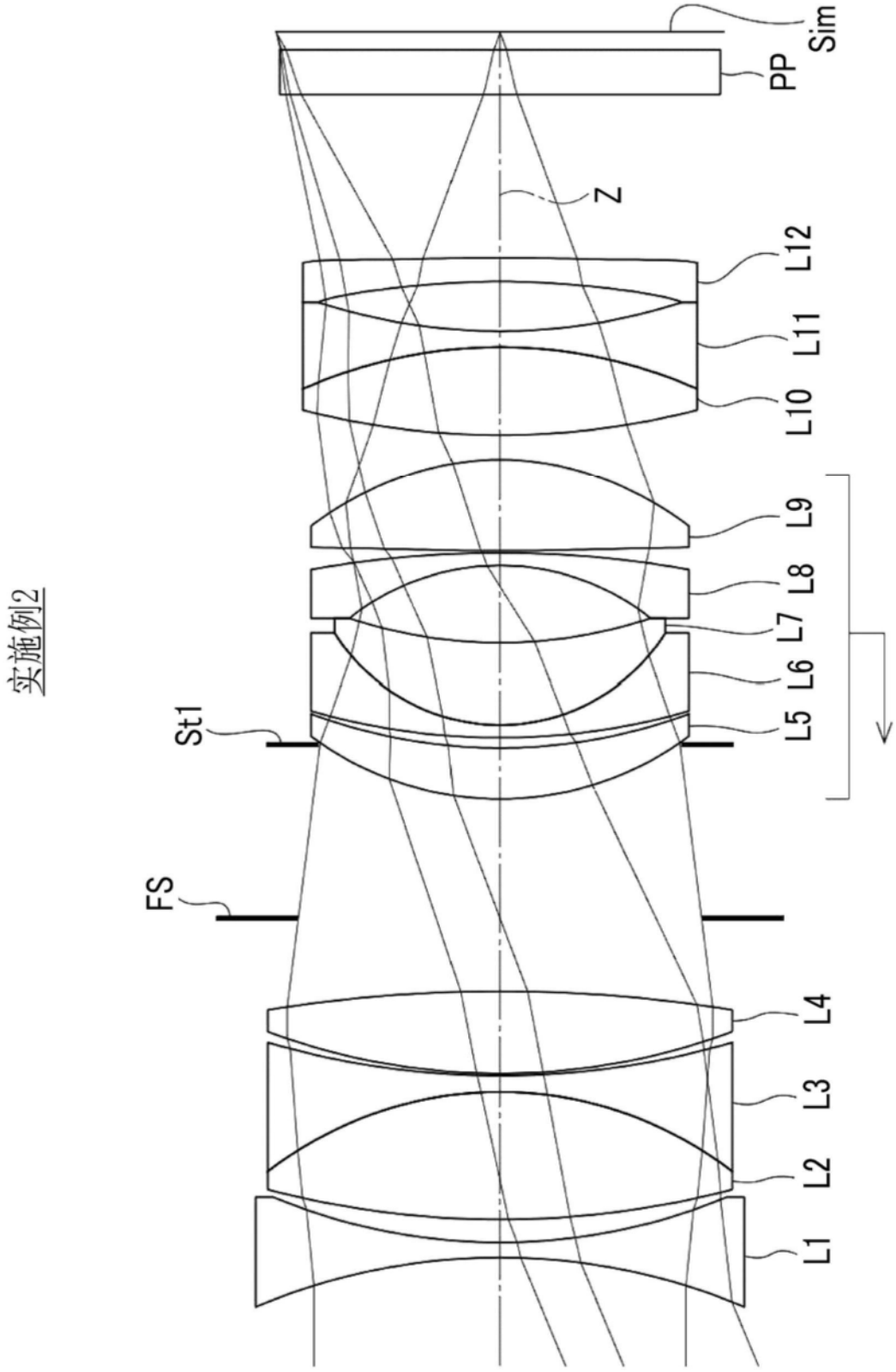


图8

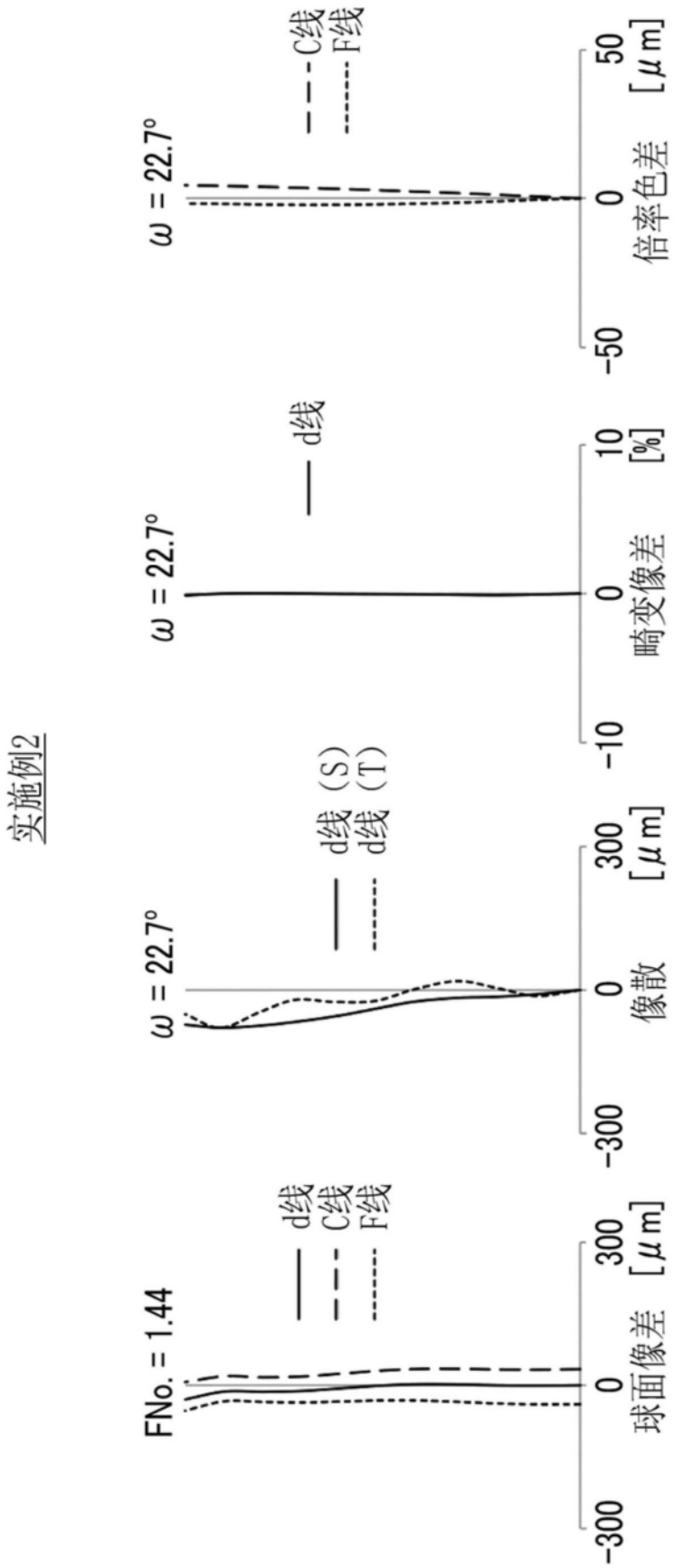

实施例2
FNo. = 1.44
球面像差 [μm]
300
0
-300
d线
C线
F线
ω = 22.7°
像散
300
0
-300
d线（S）
d线（T）
ω = 22.7°
畸变像差 [%]
10
0
-10
d线
ω = 22.7°
倍率色差 [μm]
50
0
-50
C线
F线

图9

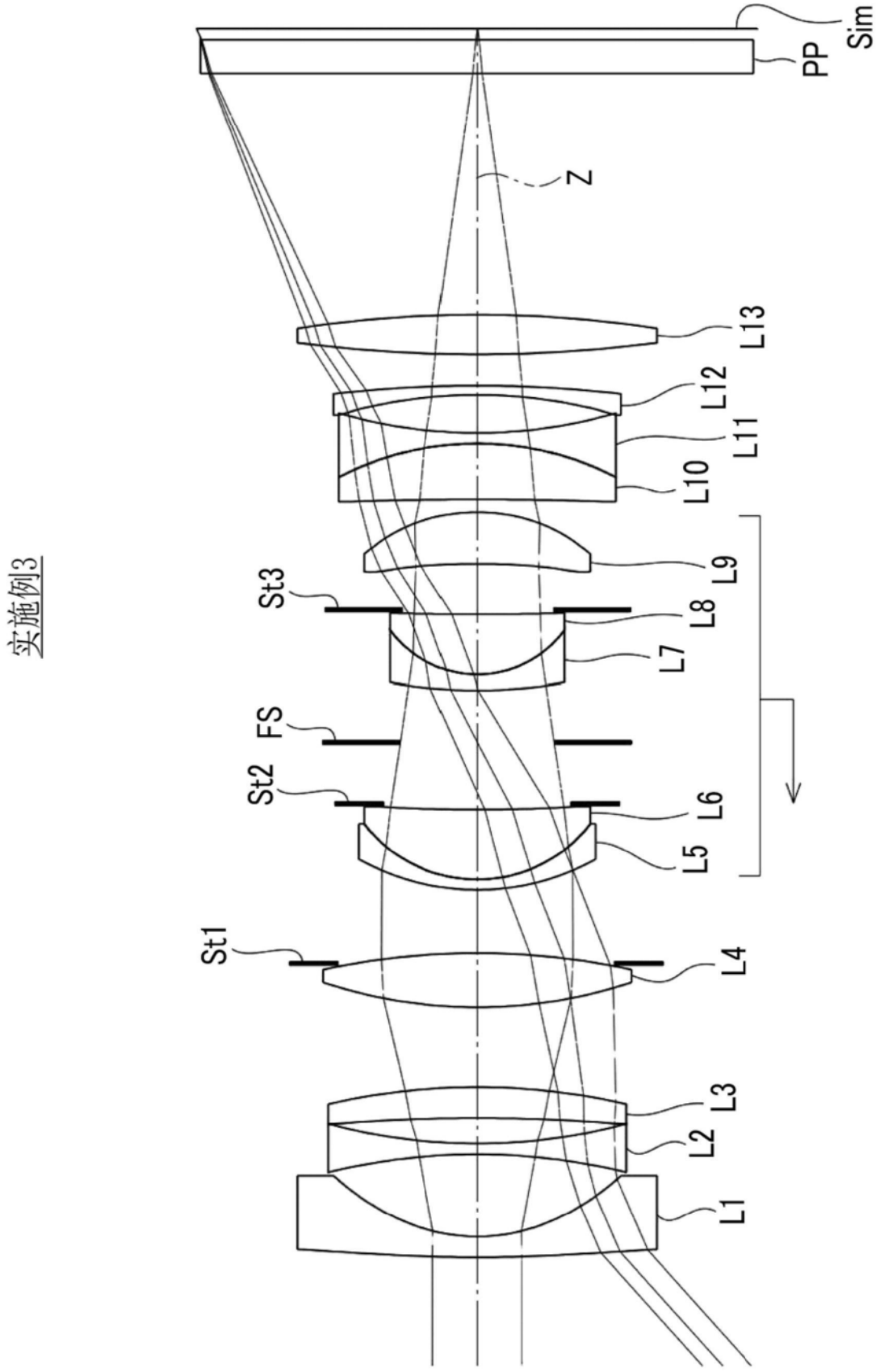

实施例3
Sim
PP
Z
L13
L12
L11
L10
L9
St3
L8
L7
FS
St2
L6
L5
St1
L4
L3
L2
L1

图10

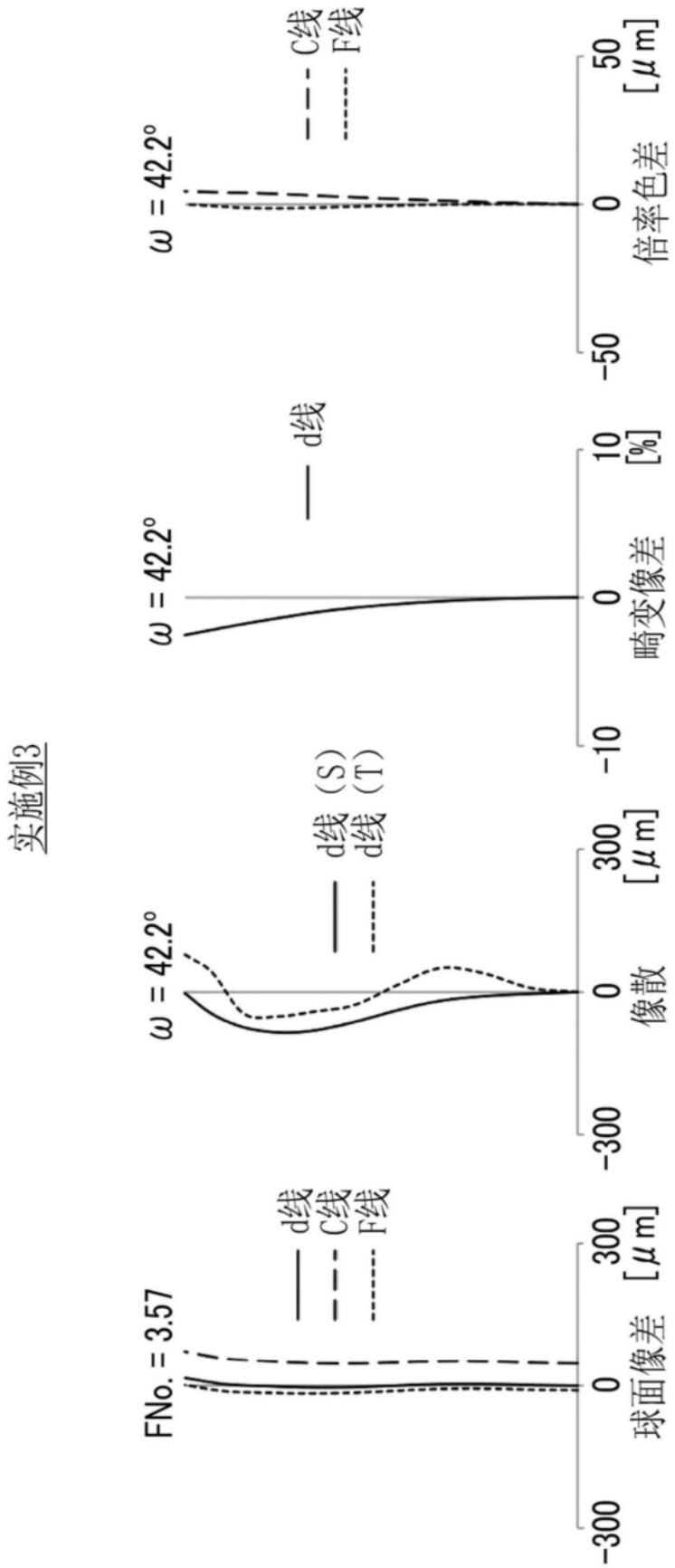

实施例3
FNo. = 3.57
球面像差 [μm]
d线
C线
F线
300
0
-300
ω = 42.2°
像散
d线（S）
d线（T）
畸变像差 [%]
10
-10
倍率色差 [μm]
50
-50

图11

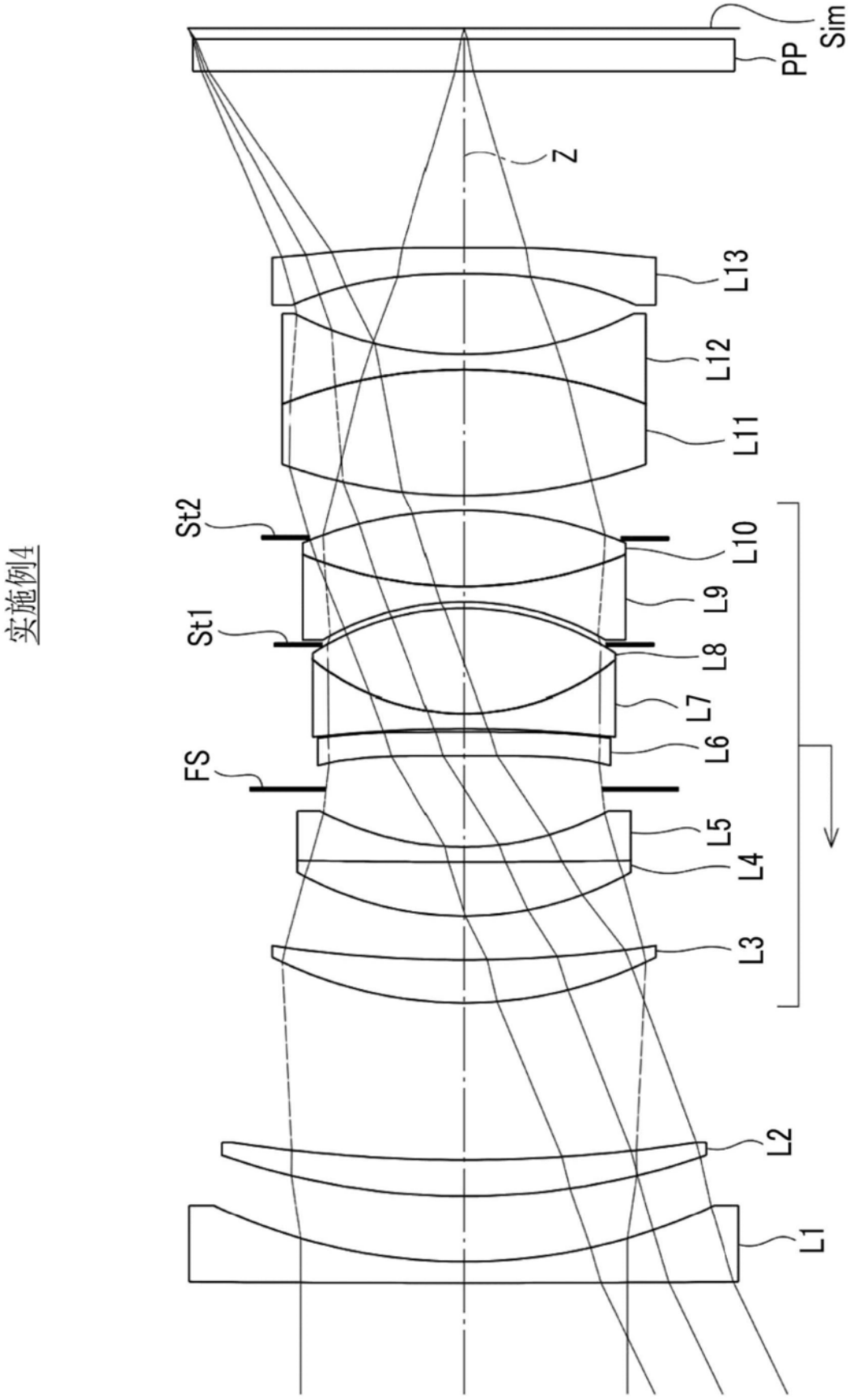


图12

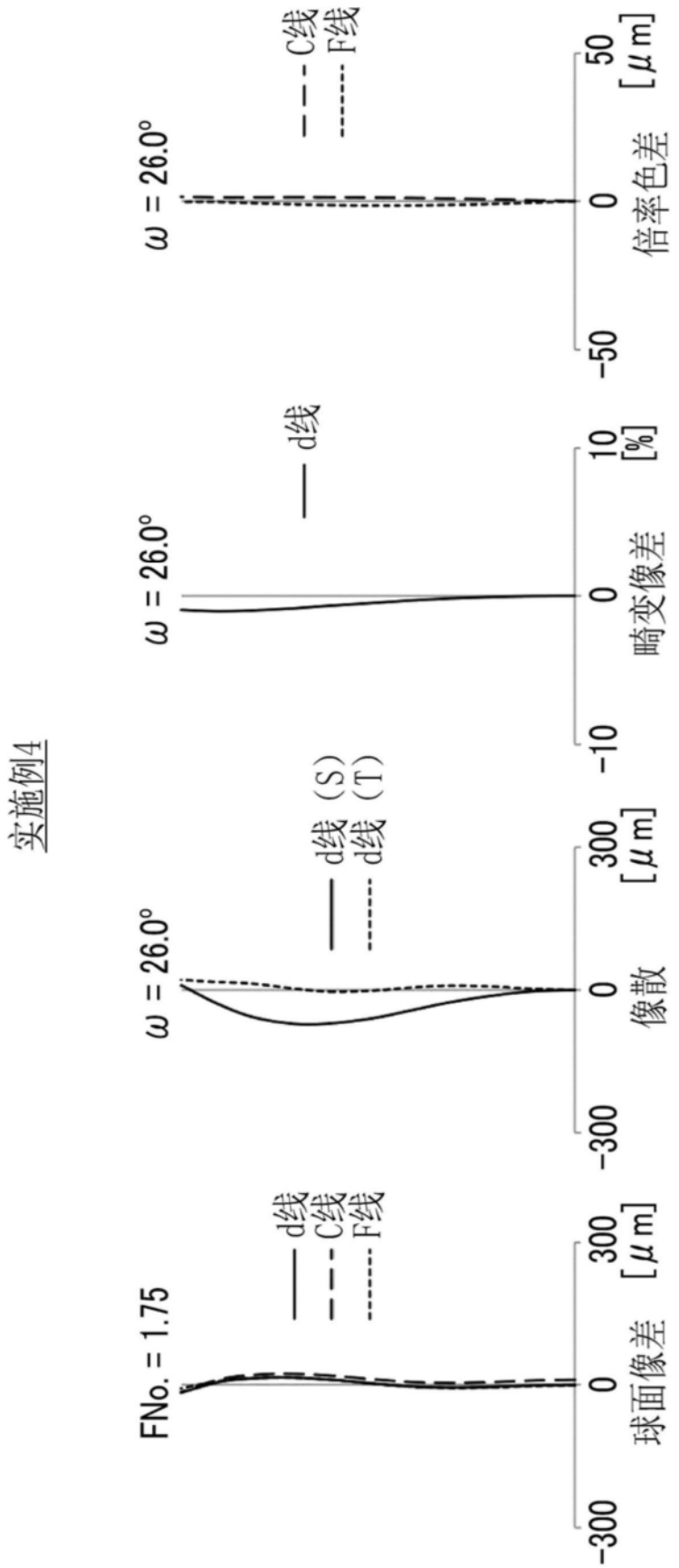

实施例4
FNo. = 1.75
球面像差
[μm]
d线
C线
F线
ω = 26.0°
像散
[μm]
d线（S）
d线（T）
ω = 26.0°
畸变像差
[%]
d线
ω = 26.0°
倍率色差
[μm]
C线
F线

图13

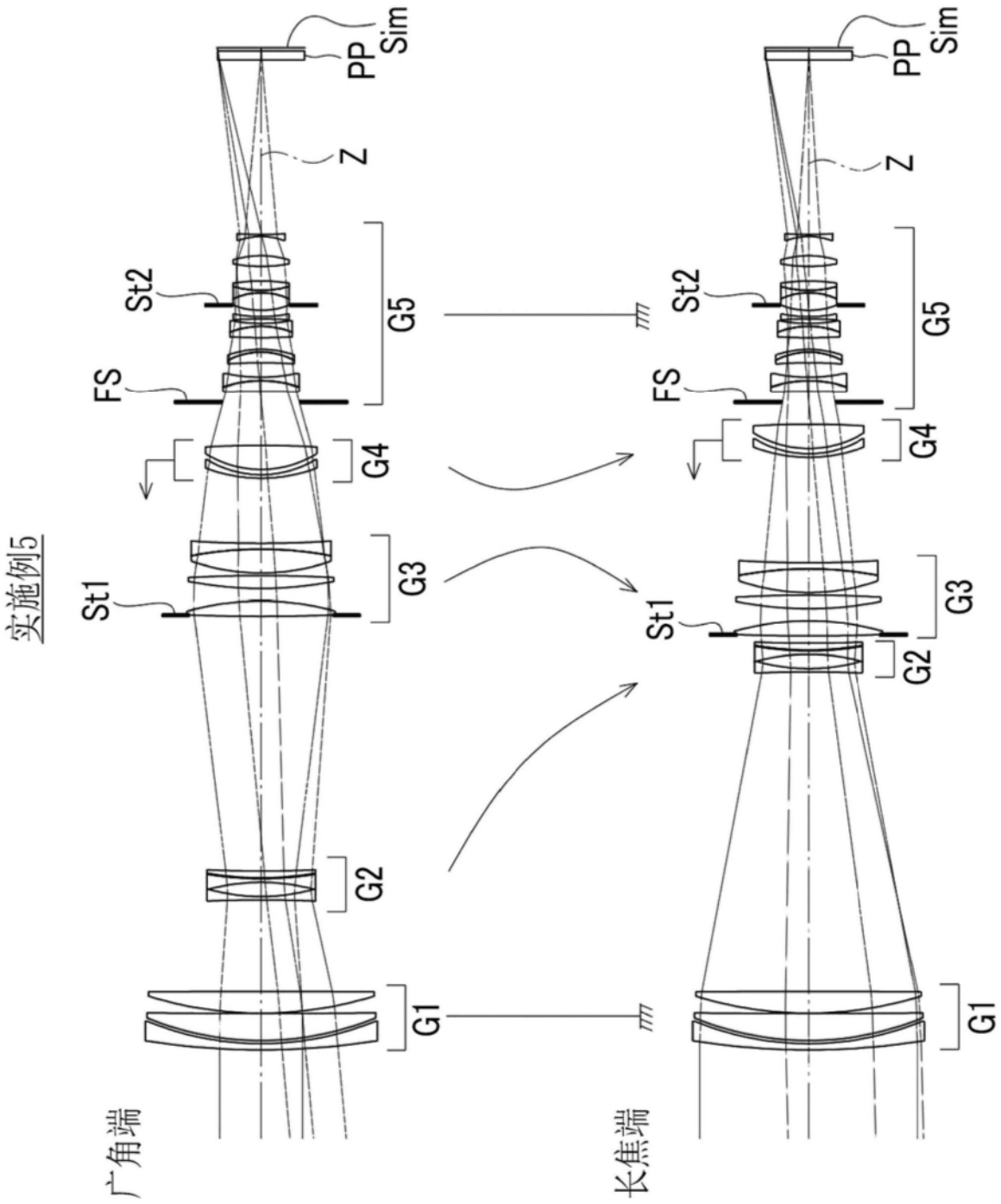


图14

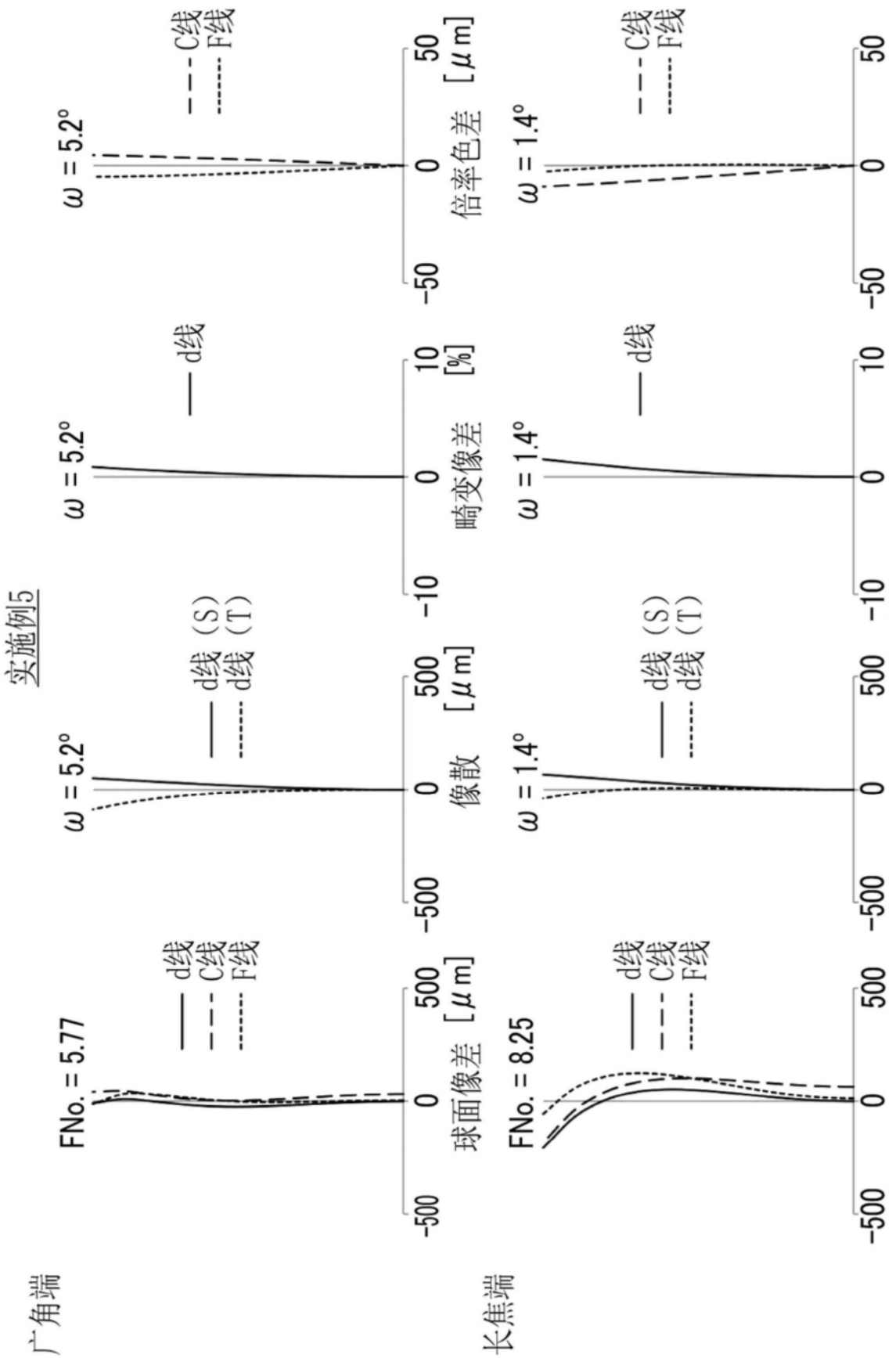

实施例5
广角端
长焦端
FNo. = 5.77
FNo. = 8.25
ω = 5.2°
ω = 1.4°
d线
C线
F线
d线（S）
d线（T）
球面像差 [μm]
像散 [μm]
畸变像差 [%]
倍率色差 [μm]
500
0
-500
10
-10
50
-50

图15

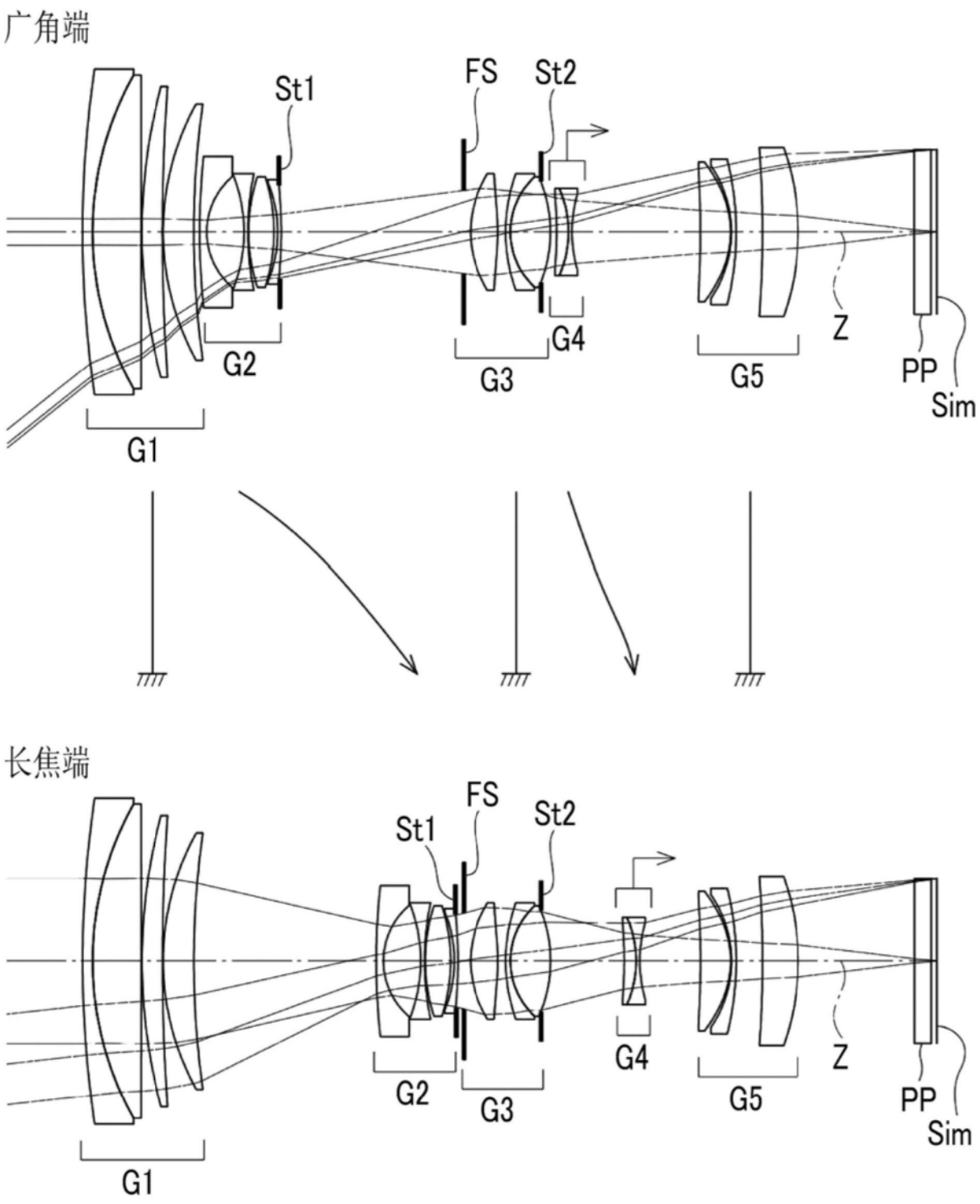

实施例6
广角端
St1
FS
St2
G2
G4
G3
G5
Z
PP
Sim
G1
长焦端
FS
St1
St2
G4
G2
G3
G5
Z
PP
Sim
G1

图16

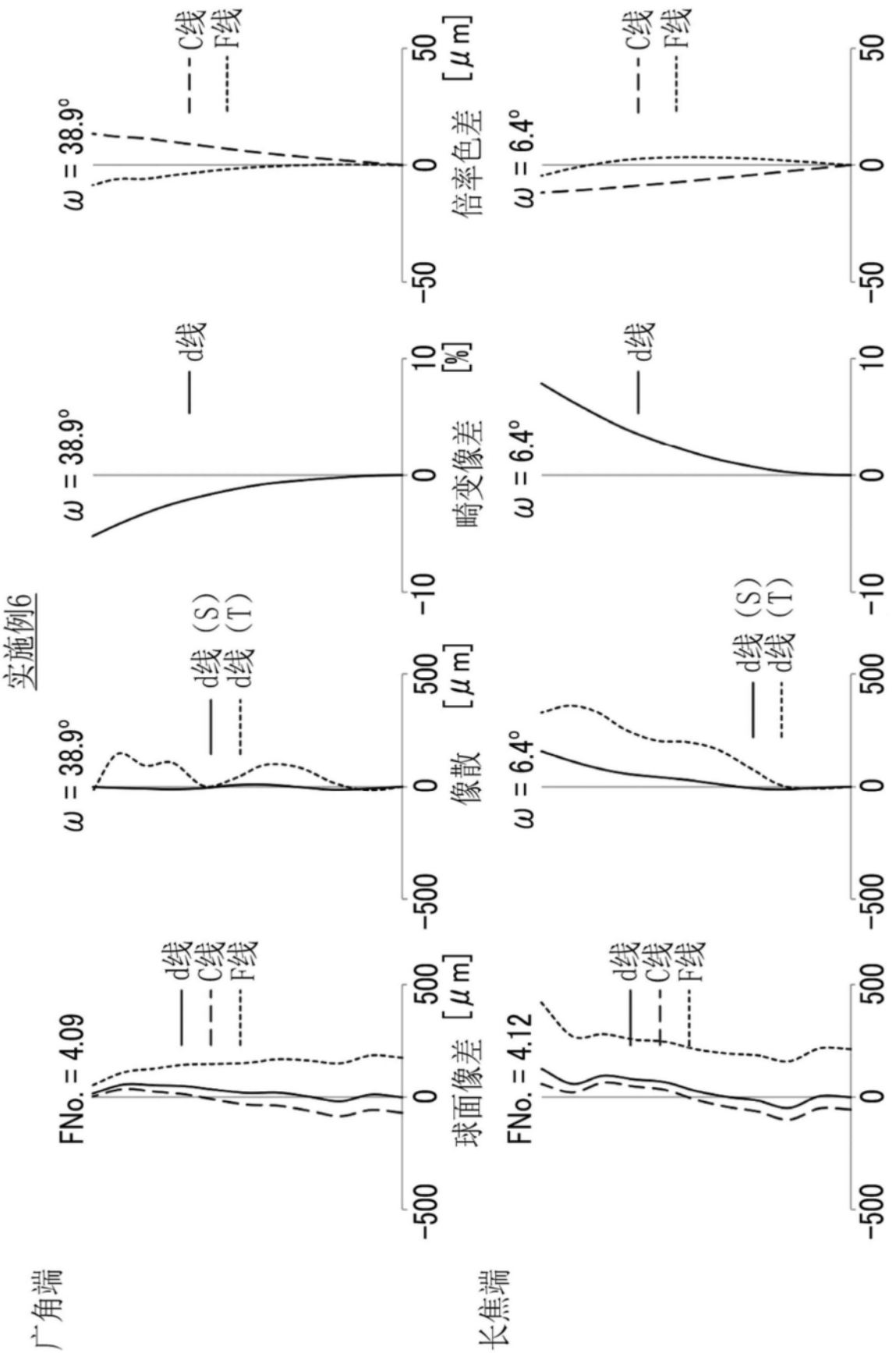

实施例6
广角端
长焦端
FNo. = 4.09
FNo. = 4.12
ω = 38.9°
ω = 6.4°
d线
C线
F线
d线（S）
d线（T）
球面像差 [μm]
像散 [μm]
畸变像差 [%]
倍率色差 [μm]
500
0
-500
10
-10
50
-50

图17

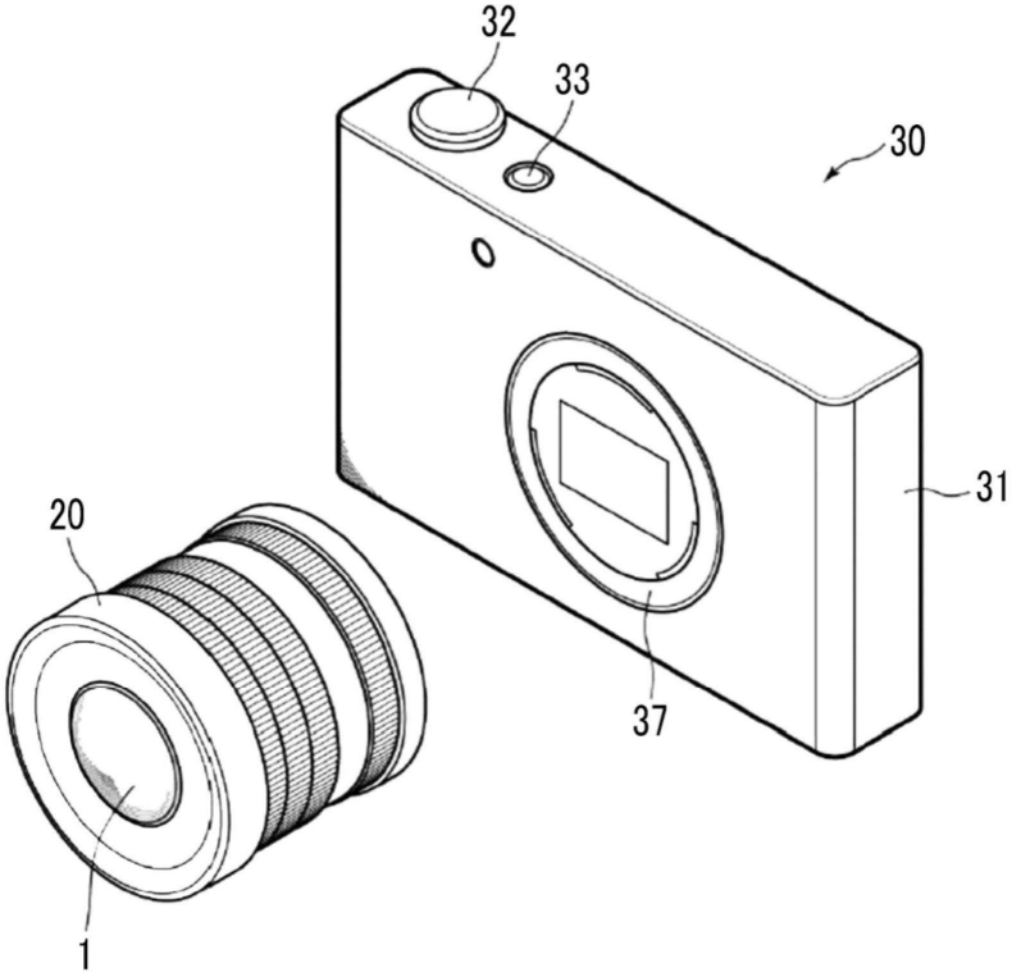


图18

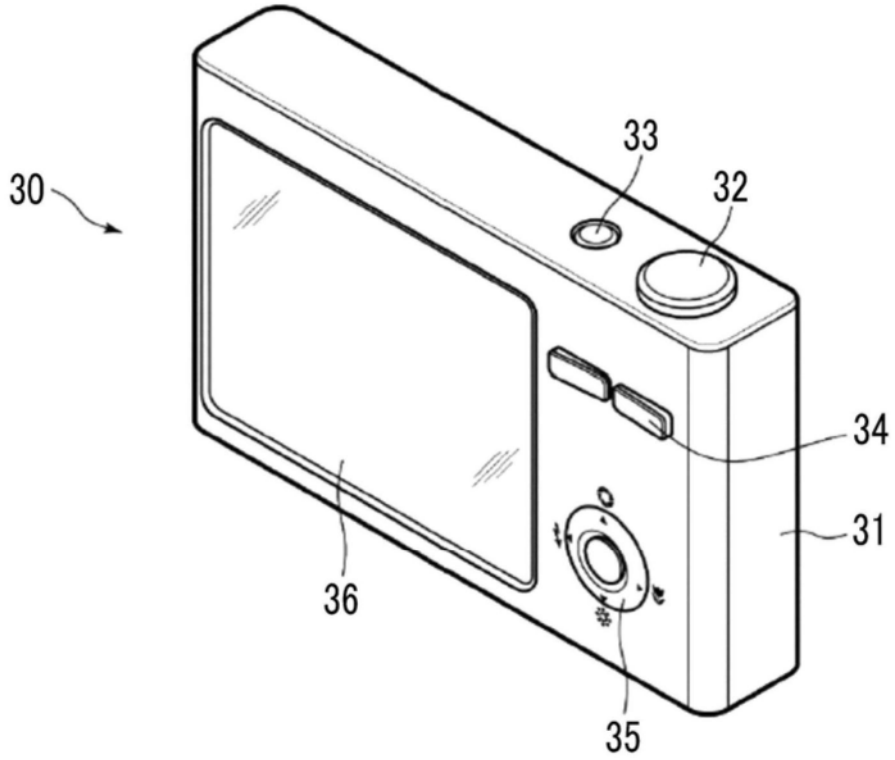


图19