

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 7/10

G03B 21/14 G03B 19/02



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03150225.3

[43] 公开日 2004年3月10日

[11] 公开号 CN 1480756A

[22] 申请日 2003.7.21 [21] 申请号 03150225.3

[30] 优先权

[32] 2002.7.22 [33] JP [31] 212655/2002

[71] 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 和田健

[74] 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

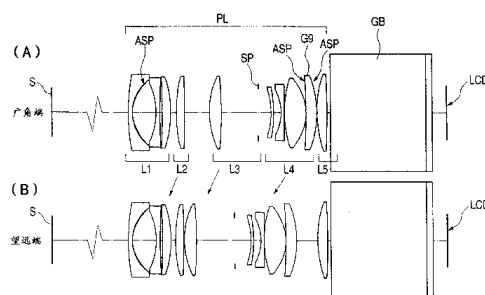
代理人 季向冈

权利要求书 2 页 说明书 20 页 附图 13 页

[54] 发明名称 变倍透镜系统以及具有该变倍透镜系统的投影仪

[57] 摘要

一种小型且具有良好的光学性能的变倍透镜系统，按从前方到后方的顺序包括：具有负光焦度的第1透镜组、正光焦度的第2透镜组、正光焦度的第3透镜组、正光焦度的第4透镜组、正光焦度的第5透镜组。并且在进行变倍时，至少移动这5个透镜组中的3个透镜组。进而，对第5透镜组设置了具有较高折射率的正透镜元件。



1. 一种变倍透镜系统，按照从前方到后方的顺序具有：
负光焦度的第 1 透镜组；
5 正光焦度的第 2 透镜组；
正光焦度的第 3 透镜组；
正光焦度的第 4 透镜组；
正光焦度的第 5 透镜组；
其中，上述变倍透镜系统在进行变倍时至少移动 3 个透镜组，且满
10 足下面的条件
$$1.62 < N_{5p} < 1.85$$

式中， N_{5p} 是构成上述第 5 透镜组具有的正透镜元件的材料的平均
折射率。
2. 根据权利要求 1 所述的变倍透镜系统，其特征在于：
15 上述第 1、第 5 透镜组在进行变倍时均不移动。
3. 根据权利要求 1 所述的变倍透镜系统，其特征在于：
上述第 2、第 3、第 4 透镜组，在进行从短焦距端到长焦距端的变
倍时均向前方移动。
4. 根据权利要求 1 所述的变倍透镜系统，其特征在于，其满足下
20 面的条件：
$$0.5 < |f_w / f_1| < 1.0$$

式中， f_1 为上述第 1 透镜组的焦距， f_w 为在广角端的全系统的焦距。
5. 根据权利要求 1 所述的变倍透镜系统，其特征在于：
上述第 4 透镜组所具有的透镜元件为 4 片或 4 片以下。
- 25 6. 根据权利要求 1 所述的变倍透镜系统，其特征在于：
还包括在上述第 3 透镜组内或者其附近配置的开口光圈，该开口光
圈在进行变倍时与上述第 3 透镜组一起整体地移动。
7. 根据权利要求 1 所述的变倍透镜系统，其特征在于：
$$1.2 < f_5 / f_w < 4$$

f_w 为广角端的全系统的焦距, f_5 为上述第 5 透镜组的焦距。

8. 根据权利要求 1 所述的变倍透镜系统, 其特征在于:

上述第 1 透镜组在进行聚焦时移动。

9. 一种投影仪, 包括:

5 显示原画面的显示元件;

将上述显示元件上所显示的原画面投影到屏幕上的权利要求 1 所述的变倍透镜系统。

10. 一种照相机, 具有:

权利要求 1 所述的变倍透镜;

10 感光由该变倍透镜系统形成的像的固体摄像元件。

变倍透镜系统以及具有该变倍透镜系统的投影仪

5 技术领域

本发明涉及变倍透镜系统,特别涉及适合于作为便携式液晶投影仪的投射光学系统的变倍透镜系统。

背景技术

10 以往,人们提出了种种使用液晶显示元件等的显示元件,将基于该显示元件的图像投射到屏幕面上的液晶投影仪(图像投射装置)。

特别是液晶投影仪作为可以将计算机等的图像投射为大画面观看的装置,已经被广泛地应用于会议以及报告演示等。

近年来,关于这样的液晶投影仪,人们期望下面所列举的事项。

- 15
- ◎ 在使用3片R, G, B3种颜色的3片方式的投影仪中,必须在液晶显示元件和投射透镜之间设置配置作为合成透过液晶显示元件后的彩色光的彩色合成装置的二向色棱镜以及偏振片等光学元件的空间,因而需要一定长度的后焦点。
 - ◎ 为了使在上述彩色合成装置中使用的彩色合成膜的角度依赖的影响达到极小,此外,为了确保与照明系统的良好出瞳匹配性,需要光学系统为液晶显示元件(缩小)侧的出瞳位于无穷远方的所谓的远心光学系统。
 - 20
 - ◎ 在将基于3种颜色的液晶显示元件的图像(画)合成投射在屏幕上时,因为如果文字等出现二重图像则可能损害分辨率以及品质,为了防止这一现象,故需要在画面的全区域良好地使各种颜色的像素重合。为此,需要在可见光波段全区域良好地校正投射透镜处产生的色偏离(倍率色差)(透镜系统是复消色差透镜系统)。
 - 25
 - ◎ 需要对所投影的图像良好地校正畸变像差,以便使轮廓部不至于

畸变而变得难看（特别是如果在画面周边以及中间部等残存急剧的畸变像差的变化等，则图像品质下降而不理想）。

- ◎ 除了画面的高亮度·图像的高精细化之类的需求，在装载小型面板的投影仪中，因为重视机动性而要求装置的小型·轻量化。
- 5 ◎ 考虑这样的小型图像投射装置的使用环境，需要以更小的投射距离实现大画面的投射。

另一方面，作为液晶投影仪用的投射透镜，以往就提出了种种变倍透镜。

- 其中，投影仪中多采用负光焦度的透镜组在先的反远距（retrofocus）型的变倍透镜作为广角用的投射透镜。它在摄象机，胶片照相机，数字照相机等光学仪器中也多作为摄像影透镜使用。

- 例如，在日本专利申请公开特开 2001-091829 号公报中提出了作为液晶投影仪用的投射透镜，从放大侧起顺序地按照利用负，正，正，正，正的折射能力的透镜组排列的，作为整体由 5 个透镜组构成且通过使其中的特预定的透镜组适当地移动进行变倍的 5 组（five-unit）变倍透镜。

- 在该 5 组变倍透镜中，通过固定第 1 以及第 5 透镜组并在从广角端向望远端进行变倍时，透镜系统内部的第 2~第 4 透镜组全部向缩小端移动，可以在保持透镜全长一定且广角的同时，还可以确保远心性。
- 20 目前，对于将液晶显示元件所显示的图像放大投射到屏幕上的投射透镜，人们需求大口径的同时还可以实现广角化且小型·轻便的透镜系统。

- 但是，如果将投射透镜的亮度变为大口径，并且使视场角变为宽视场角，则一般情况下将难以进行像差校正，且投射透镜还将变得大型化，而通过增加构成透镜的片数则又会降低分光透射率。

前面的日本专利申请公开特开 2001-091829 号公报中提出的变倍透镜其 F 值（F Number）为较大（暗）的 2，此外，构成系统的透镜的片数整体上多达 12 片左右，数量相对较多。

另外，由于构成附加在最靠近共轭侧（原像侧）的第 5 透镜组的透

镜材料的折射率小，故存在对轴外光束的像差校正变得困难的倾向。

发明内容

5 本发明的目的在于提供在谋求透镜系统整体的小型化的同时，可以良好地抑制与变倍相伴的诸像差的变动且遍及整个画面具有良好的光学性能的变倍透镜系统。

10 本发明的一个方案形式的变倍透镜系统，从前方（如果是投影仪的话是屏幕侧，如果是照相机的话则为被摄物体侧）到后方（如果是投影仪的话是原画面侧，如果是照相机的话则为像侧）顺序地具有负光焦度的第1透镜组、正光焦度的第2透镜组、正光焦度的第3透镜组、正光焦度的第4透镜组、正光焦度的第5透镜组。并且在进行变倍时，至少移动这5个透镜组中的3个透镜组。进而，如用后述的条件式所特定的那样，对第5透镜组设置了具有较高折射率的正透镜元件。

15 附图说明

图1是实施形式1的变倍透镜的主要部分的概略图；

图2是在实施形式1的变倍透镜的广角端的像差图（到屏幕的距离为2.1m）；

20 图3是在实施形式1的变倍透镜的望远端的像差图（到屏幕的距离为2.1m）；

图4是实施形式2的变倍透镜的主要部分的概略图；

图5是在实施形式2的变倍透镜的广角端的像差图（到屏幕的距离为1.9m）；

25 图6是在实施形式2的变倍透镜的望远端的像差图（到屏幕的距离为1.9m）；

图7是实施形式3的变倍透镜的主要部分的概略图；

图8是在实施形式3的变倍透镜的广角端的像差图（到屏幕的距离为1.7m）；

图9是在实施形式3的变倍透镜的望远端的像差图（到屏幕的距离

为 1.7m)；

图 10 是实施形式 4 的变倍透镜的主要部分的概略图；

图 11 是在实施形式 4 的变倍透镜的广角端的像差图（到屏幕的距离为 1.5m）；

5 图 12 是在实施形式 4 的变倍透镜的望远端的像差图（到屏幕的距离为 1.5m）；

图 13 是液晶投影仪的主要部分的概略图；

图 14 是照相机的主要部分的概略图。

10 具体实施方式

下面，使用图面对本发明的变倍透镜系统以及使用了该系统的投影仪或照相机的实施形式进行说明。

图 1 是本发明的实施形式 1 的变倍透镜的主要部分的概略图。该屏幕与原画面的关系在其他实施形式的变倍透镜中也是一样的。图 2，图
15 3 分别是变倍透镜的短焦点距离端（所谓广角端）和长焦点距离端（所谓望远端）的像差图，是将到达屏幕的距离设定在 2.1m 时的像差图。

图 4 是本发明的实施形式 2 的变倍透镜的主要部分的概略图。图 5，图 6 分别是变倍透镜的广角端和望远端的像差图，是将到达屏幕的距离设定在 1.9m 时的像差图。

20 图 7 是本发明的实施形式 3 的变倍透镜的主要部分的概略图。图 8，图 9 分别是变倍透镜的广角端和望远端的像差图，是将到达屏幕的距离设定在 1.7m 时的像差图。

图 10 是本发明的实施形式 4 的变倍透镜的主要部分的概略图。图 11，图 12 分别是变倍透镜的广角端和望远端的像差图，是将到达屏幕
25 的距离设定在 1.5m 时的像差图。

实施形式 1~4 的变倍透镜是作为将原画面投影放大到屏幕上的液晶投影仪用的投射透镜所使用的变倍透镜。

在图 1，4，7，10 中，（A）表示广角端，（B）表示望远端的各个透镜组的位置。PL 是变倍透镜（投射透镜）。L1 是负折射能力（光

焦度 = 焦距的倒数) 的第 1 透镜组、L2 是正折射能力的第 2 透镜组、L3 是正折射能力的第 3 透镜组、L4 是正折射能力的第 4 透镜组、L5 是正折射能力的第 5 透镜组。

S 是屏幕, LCD 是显示投影到屏幕 S 上的原画面的液晶面板 (液晶显示元件)。屏幕 S 与液晶面板 LCD 的显示面 (原画面) 是经过投射透镜 PL 的共轭关系, 屏幕 S 是距离长的一侧的共轭点 (第 1 共轭点), 相当于放大侧 (投射透镜 PL 的前方), 液晶面板 LCD 是距离短的一侧的共轭点 (第 2 共轭点), 相当于缩小侧 (投射透镜 PL 的后方)。

GB 是对应彩色合成棱镜、偏振滤光片, 滤色片等在设计上设置的玻璃片。ASP 表示非球面的位置。SP 是开口光圈。

投射透镜 PL 通过连接构件 (图中未标出) 安装在液晶视频投影仪主体 (图中未标出) 上。玻璃片 GB 以后的液晶面板 LCD 侧的部件被包含在投影仪主体内。

在各实施形式中, 在从广角端 (A) 向望远端 (B) 进行变倍时, 如箭头所示的那样, 使第 2 透镜组 L2、第 3 透镜组 L3 以及第 4 透镜 L4 独立地向第 1 共轭点侧 (屏幕 S 侧) 移动。在进行变倍时, 第 1 透镜组 L1、第 5 透镜组 L5 不动。此外, 使第 1 透镜组 L1 在光轴上移动进行聚焦。

在各实施形式中, 通过在放大侧配置负折射率、在缩小侧配置正折射率的透镜组构成反远距型 (负引导型), 可以实现广角化并进一步容易地确保较长的后焦点。在各实施形式中, 为了使屏幕 S 上的照度分布均匀, 在各个透镜面上实施了多层镀膜。

相对于反面高变倍化困难, 通过使变倍时的可动成分成为 3 个成分, 实现了抑制了变倍时的像差变动的紧凑的光学系统。

此外, 在第 1 透镜组 L1 以及第 5 透镜组 L5 同时进行变倍时, 通过相对于缩小共轭面固定并使透镜全长不变, 可以确保作为投射透镜系统的牢固性。此外, 还可以在变倍时固定有效直径大的第 1 透镜组 L1, 减少重量平衡的变化, 这样使得可以在机构方面有利。

在进行变倍时, 通过从缩小侧向放大侧移动第 3 透镜组 L3 来承担

主要的变倍任务，在放大侧移动第2透镜组L2，承担校正伴随着聚焦面的移动的作用。第4透镜组L4也用于校正由于光圈SP和第3透镜组L3同时移动所造成的瞳孔移动，与作为变倍透镜组的第3透镜组L3同样在放大侧移动。为了减小了变倍时的像差变动，第4透镜组L4向沿着光圈SP的作用的方向移动，即放大侧，在大致等倍附近发挥作用。

通过在原画面侧附加在以往的负、正、正、正折射率的透镜组构成的4组变倍透镜上进一步具有独立的正的折射率的第5透镜组，第5透镜组可以起到弱化从第1透镜组L1到第4透镜组L4的合成的正的折射率，形成有利于高视场角化以及大口径化的构成。如果作为透镜系统的折射率配置考虑，则作为第5透镜组L5的正的折射率，形成具有比较大的折射率的倾向，故作为构成第5透镜组L5的正透镜材料的平均折射率 N_{5p} ，从校正像差的观点看，应使之满足

$$1.62 < N_{5p} < 1.85 \quad (1)$$

进而，如果做成

$$1.65 < N_{5p} < 1.80 \quad (1a)$$

则更好。

这里，平均折射率 N_{5p} 在第5透镜组L5由一个正透镜构成时为该正透镜的材料的折射率。

通过在构成第5透镜组L5的正透镜上使用高折射率的材料，不仅可以远离光圈SP面获得降低畸变等的轴外像差以及内向性慧差的产生的效果，而且还可以较小地设计匹兹阔(Petzval)和。

在取第1透镜组L1的焦距为 f_1 以及在广角端的全系统的焦距为 f_w 时，应使之满足

$$0.5 < |f_w / f_1| < 1.0 \quad (2)$$

条件式(2)是确定第2透镜组L2~第5透镜组L5的作用倍率(?)的关系式，如果超过下限，虽然在校正像差上有利于作用，但用于配置彩色合成系统的后焦点则不足；反之如果超过上限，则不但第1透镜组L1的负的折射率变强并产生超出需要的后焦点空间，特别是畸变像差等轴外像差校正将变得困难而不理想。

最好是使之满足

$$0.65 < |f_w/f_1| < 0.95 \quad (2a)$$

此外，为了用于减少光学系统整体的构成透镜片数，折射率分配变小的第4透镜组L4利用4片以下的透镜进行构成。另外，为了校正用于实现紧凑化而伴随着各个透镜组的折射率的增加的诸像差的劣化，在透镜系统内部应至少采用1片的非球面透镜。

作为非球面透镜，可以选择利用玻璃成形(mold)的非球面透镜或者成形薄的树脂等而成的混合非球面等。但是，也可以根据分辨率的目标和非球面的敏感度使用利用塑料成形的非球面透镜。

另外，虽然原本可以使光圈SP独立地移动为好，但如果一并考虑追加用于移动的凸轮槽等生产上的情况，则最好将之配置在第3透镜组L3内这样的变倍时进行移动的透镜组内。

进而，在取广角端的全系统的焦距为 f_w ，第5透镜组L5的焦距为 f_5 时，应使之满足

$$1.2 < f_5/f_w < 4 \quad (3)$$

如前述的这样，通过在原画面附近附加正折射率的第5透镜组L5，可以起到弱化第1透镜组L1~第4透镜组L4的合成折射率的作用，对该高视场角化以及大口径化起到有利的作用。如果超过条件式(3)的下限，则第5透镜组L5的折射率变得过大而使畸变以及内向性慧斑等变大。反之如果超过上限，则第5透镜组L5的折射率变得过小，弱化第1透镜组L1~第4透镜组L4的合成折射率的作用的效果变小，因其减弱了高性能化的效果而不理想。此外，希望切实地采用高折射率的材料。

进一步做成

$$2 < f_5/f_w < 3.8 \quad (3a)$$

更好。

此外，通过用第1透镜组担负对应了放大侧的投影距离的变化的聚焦机构，可以以最简易的机构实现光学系统。

下面，对各个实施形式的特征进行说明。

首先，对图 1 的实施形式进行说明。

第 1 透镜组 L1 从放大侧起顺序地为负、负、正透镜的 3 片构成，最靠近放大侧的负透镜的缩小侧的面采用了非球面。该非球面为在球面玻璃上成形薄的塑料而成的混合型的非球面，主要用于高效地校正畸变像差。

第 2 透镜组 L2 由 1 片两透镜面凸面的正透镜构成，主要担负着校正第 1 透镜组 L1 产生的诸像差和在进行变倍时校正缩小侧的聚焦面位置的作用。该正透镜使用折射率高（1.8 以上）的玻璃材料，以进行匹兹阔和的校正以及减小变倍时的球差等的像差变动。如果是大口径且在高的空间频率下要求有高的响应，则焦深将变浅。因此，如果在中间像高等的像面弯曲以及像散大则会劣化解像感。为了防止这一现象，将匹兹阔和校正到较小是十分重要的。进一步从色差的校正的观点看，为了高效地校正第 1 透镜组 L1 产生的倍率色差，作为材料，第 2 透镜组 L2 选择具有高像散特性且进而具有异常像散性的镧系的重火石材料等。此外，可以减小使聚焦面校正时的第 2 透镜组 L2 的移动量，以使使担负变倍的第 3 透镜组 L3 以及第 4 透镜组 L4 的在广角端的倍率达到等倍附近。

第 3 透镜组 L3 用 1 片两透镜面凸面的正透镜构成，担负了作为主要的变倍透镜组的作用。第 3 透镜组 L3 在大致等倍率附近的范围内使用在全变倍区域的倍率。这里，光圈 SP 存在于第 3 透镜组 L3 内，在进行变倍时与第 3 透镜组 L3 一起移动，压制变倍时的轴外像差的变动。

第 4 透镜组 L4 为负、负、正、正的 4 片构成，在最放大侧配置了负的折射率的透镜。利用该负的折射率的透镜，可以高效地减小匹兹阔和。进而，主平面位置配置在液晶面板 LCD 侧，这样可以容易地实现充分长度来确保良好的远心性能以及后焦点。此外，还将缩小侧的透镜 G9 的两面做成了非球面。上述非球面由成形塑料成形而构成，放大侧的面主要校正像面弯曲，而缩小侧的面则主要用于高效地校正畸变以及球差。

另外，第 5 透镜组 L5 在缩小倍率方面起作用，起着弱化第 1 透镜

组 L1 ~ 第 4 透镜组 L4 的合成折射率的作用，用材料的折射率为 1.65 的透镜构成。

在实施形式 1 中，由于 F 值小达 1.6，故可以实现高亮度且能够以短达约 3m 的投影距离投影 100 英寸的变倍透镜。

5 下面，以与实施形式 1 的不同的结构为中心对图 4 的实施形式 2 进行说明。

第 3 透镜组 L3 由 1 片朝向放大侧凸面的弯月形状的正透镜构成。

第 4 透镜组 L4 为负、正、正透镜的 3 片构成，用球面构成了配置在缩小侧的透镜 G8 的两透镜面。此外，第 4 透镜组 L4 的配置在放大
10 侧的胶合透镜中透镜 G7 的材料采用了作为较低色散的玻璃的 OHARA 公司的 FS15（商品名称）。作为透镜 G7 并非仅限定与此，为了进一步改善色差等，也可以采用 OHARA 公司的 FPL151（商品名称）等异常色散性高的玻璃。

另外，第 5 透镜组 L5 以缩小倍率作用，起着弱化第 1 透镜组 L1 ~
15 第 4 透镜组 L4 的合成折射率的作用，与实施形式 1 比，构成透镜的材料
的折射率为 1.72，选择了大折射率的材料，以便能够主要地良好校正
匹兹阔和以及内向性慧差·畸变等诸像差。在本实施系统中，如果构成
第 5 透镜组 L5 的透镜的材料折射率采用 1.8 以上的玻璃，则可以进
一步提高上述的像差校正的效果。其他的构成以及作用与实施形式 1 相
20 同。

在实施形式 2 中，由于 F 值小达 1.8，故可以实现高亮度且能够以短达约 2.7m 的投影距离投影 100 英寸的变倍透镜。

下面，以与实施形式 1 的不同的结构为中心对图 7 的实施形式 3 进行说明。

25 第 3 透镜组 L3 由 1 片朝向放大侧凸面的弯月形状的正透镜构成。

第 4 透镜组 L4 为负、正、正透镜的 3 片构成，用非球面构成了配置在最靠近缩小侧的透镜 G8 的缩小侧的面。该非球面是在球面玻璃上成形薄的塑料而成的混合型的非球面，主要是高效地校正畸变以及球差。这里，也可以将通过玻璃成形而成的非球面作为该非球面。

另外，第5透镜组L5以缩小倍率而用，起着弱化第1透镜组L1~第4透镜组L4的合成折射率的作用，用材料的折射率为1.72的透镜构成。其他的构成以及作用与实施形式1相同。

在实施形式3中，由于F值小达1.8，故可以实现高亮度且能够以短达约2.4m的投影距离投影100英寸的变倍透镜。

下面，以与实施形式1的不同的结构为中心对图10的实施形式4进行说明。

在实施形式4中，与其他的实施形式相比较，由于最宽视场角标准的原因，是负折射率的第1透镜组L1的折射率与其他的实施形式相比特别强的透镜构成。第1透镜组L1从放大侧起为负、负、正透镜的3片构成，且在最靠近放大侧的负透镜G1的缩小侧面上采用了非球面。上述非球面为在球面玻璃上成形薄的塑料而成的混合型的非球面，主要用于抑制由反远距的非对称的折射率配置所造成的畸变像差、慧差等的产生。

第3透镜组L3由1片朝向放大侧凸面的弯月形状的正透镜构成。

第4透镜组L4为负、正、正透镜的3片构成，在正透镜G7、正透镜G8的材料方面采用作为低色散玻璃的FPL151，以便能够特别地良好校正画面周边部分的倍率色差等。进而，透镜G8的缩小侧的面采用了非球面。在本实施系统中，采用的是在球面玻璃上成形薄的塑料而成的混合型的非球面，主要用于高效地校正畸变以及球差。

另外，第5透镜组L5以缩小倍率而用，起着弱化第1透镜组L1~第4透镜组L4的合成折射率的作用，用材料的折射率为1.67的透镜构成。其他的构成以及作用与实施形式1相同。

在实施形式4中，由于F值小达1.8，故可以实现高亮度且能够以短达约2.1m的投影距离投影100英寸的变倍透镜。

下面，展示实施形式1~4的变倍透镜的数值数据（数值实施例1~4）。在各数值实施例中， i 表示自放大侧起的光学面的顺序， R_i 表示第 i 序号光学面（第 i 面）的曲率半径， d_i 表示第 i 面和第 $(i+1)$ 面之间的间隔， N_i 和 v_i 分别表示对应 d 线的第 i 序号的光学材料的材质的折

射率和阿贝数。 f 为焦距， FNO 为 F 数， ω 为半视场角。

此外，数值实施例1的最靠近像侧的3个面、数值实施例2~4的最靠近像侧的2个面是构成相当于彩色分解棱镜、荧光屏、各种滤光片等的玻璃片GB的面。

- 5 另外，在取 k 为离心率， A 、 B 、 C 、 D 、 E 为非球面系数，在离开光轴的高度 h 位置的光轴方向的变位以面顶点为基准取为 x 时，非球面的形状可以用下式表示

$$x = \frac{\left(\frac{1}{r}\right)h^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(h/r)^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12}$$

式中， r 为曲率半径。

- 10 这里， $[e-Z]$ 意味着是 $[10^{-Z}]$ 。

上述的各条件式与数值实施例中的诸数值的关系示于表1。

数值实施例 1

f: 21.9 ~ 26.0	FNO: 1.60 ~ 1.77	ω : 29.05° ~ 25.02°		
	Ri	di	Ni	v_i
1	101.512	1.65	1.705	41.2
2	19.804	0.05	1.526	51.4
3	非球面	10.59		
4	-29.440	1.50	1.605	60.6
5	267.824	0.94		
6	-218.285	3.74	1.839	37.2
7	-47.624 (可变)			
8	71.040	3.49	1.810	40.9
9	-336.750 (可变)			
10	38.913	5.16	1.625	53.2
11	-192.889 (可变)			
12	-36.254	1.00	1.839	37.2
13	-65.805	3.38		
14	-21.625	1.25	1.812	25.4
15	499.750	0.15		
16	48.671	9.27	1.489	70.2
17	-24.239	0.15		
18	非球面	4.58	1.532	55.5
19	非球面 (可变)			
20	59.309	4.33	1.661	50.9
21	-192.852	1.45		
22	∞	41.50	1.625	58.2
23	∞	2.60	1.518	64.1
24	∞			

间隔数据

	W	T
d7	2.34	1.93
d9	10.83	0.55
d11	22.03	23.98
d19	0.55	9.30

非球面数据

	C (1/r)	K	A	B	C	D	E
3	5.88e-02	-8.094e-06	-3.470e-09	4.374e-09	-4.127e-11	1.016e-13	-1.261e-17
18	1.941e-03	-1.800e+03	-6.560e-06	-1.646e-08	-9.565e-12	-5.385e-14	6.152e-16
19	-2.392e-02	-7.891e-01	2.950e-06	-2.533e-09	1.130e-09	-7.880e-14	7.862e-16

数值实施例 2

f: 19.2 ~ 22.9	FNO: 1.84 ~ 2.05	ω : 32.33° ~ 27.97°		
	Ri	di	Ni	ν_i
1	46.383	1.65	1.705	41.2
2	19.914	0.05	1.526	51.4
3	非球面	12.21		
4	-46.696	1.50	1.605	60.6
5	59.000	3.15		
6	-117.243	2.63	1.839	37.2
7	-64.042 (可变)			
8	69.656	3.95	1.839	37.2
9	-223.405 (可变)			
10	37.955	3.86	1.776	49.6
11	6691.750 (可变)			
12	-21.065	1.25	1.854	37.2
13	39.720	8.95		
14	-22.365	0.20	1.812	23.8
15	339.726	4.07		
16	-42.429 (可变)		1.661	50.9
17	42.599	4.61		
18	-201.557	5.00	1.727	38.0
19	∞	29.20		
20	∞		1.518	64.1

间隔数据

	W	T
d7	2.06	1.95
d9	10.63	0.55
d11	25.65	28.92
d19	0.55	7.47

非球面数据

	C (1/r)	k	A	B	C	D	E
3	5.88e-02	-6.245e-01	1.563e-06	-4.654e-08	3.006e-10	-1.062e-12	1.378e-15

数值实施例 3

f: 17.2 ~ 20.4

FNO: 1.84 ~ 2.04

 ω : 35.28° ~ 30.83°

	Ri	di	Ni	ν_i
1	41.822	1.65	1.705	41.2
2	20.338	0.05	1.526	51.4
3	非球面	13.90		
4	-47.727	1.50	1.605	60.6
5	42.130	4.22		
6	-24464.713	2.45	1.839	37.2
7	-144.720 (可变)			
8	75.215	3.72	1.839	37.2
9	-145.290 (可变)			
10	33.852	3.77	1.735	40.5
11	431.918 (可变)			
12	-22.539	1.25	1.854	23.8
13	32.138	7.93	1.489	70.2
14	-31.470	0.20		
15	170.672	6.68	1.591	61.1
16	-26.482	0.05	1.526	51.4
17	非球面 (可变)			
18	43.286	5.01	1.727	38.0
19	-230.165	5.00		
20	∞	29.20	1.518	64.1
21	∞			

间隔数据

	W	T
d7	2.37	1.96
d9	9.92	0.55
d11	21.78	24.68
d19	0.55	7.43

非球面数据

	C (1/r)	k	A	B	C	D	E
3	5.88e-02	-6.497e-01	6.834e-07	-4.593e-08	2.774e-10	-9.413e-13	1.046e-15
17	-3.619e-02	-4.413e-01	1.169e-06	2.261e-09	-1.199e-11	-6.980e-14	3.333e-16

数值实施例 4

f: 14.9 ~ 17.7	FNO: 1.84 ~ 2.06	ω : 39.16° ~ 34.40°		
	Ri	di	Ni	ν_i
1	37.044	1.65	1.705	41.2
2	19.103	0.05	1.526	51.4
3	非球面	22.75		
4	-33.331	1.50	1.605	60.6
5	42.393	3.04		
6	115.344	2.43	1.766	40.1
7	-1099.749 (可变)			
8	136.432	3.14	1.839	37.2
9	-71.027 (可变)			
10	33.681	3.53	1.735	40.5
11	1322.136 (可变)			
12	-25.827	1.25	1.826	29.7
13	23.164	6.70	1.498	81.5
14	-31.410	0.15		
15	111.567	6.10	1.498	81.5
16	-23.034	0.05	1.526	51.4
17	非球面 (可变)			
18	37.812	4.46	1.673	47.2
19	-846.872	5.00		
20	∞	29.20	1.518	64.1
21	∞			

间隔数据

	W	T
d7	2.28	1.97
d9	10.54	1.70
d11	18.89	21.27
d19	0.55	7.30

非球面数据

	C (1/r)	K	A	B	C	D	E
3	6.452e-02	-6.810e-01	4.419e-06	-4.335e-08	2.465e-10	-7.187e-13	5.847e-16
17	-4.053e-02	-2.775e-01	-2.809e-07	-6.822e-09	-4.690e-11	5.243e-14	-5.340e-16

5 表 1

条件式	数值实施例			
	1	2	3	4
(1) N5p	1.66	1.72	1.72	1.67
(2) fw/fl	0.893	0.846	0.825	0.894
(3) f5/fw	3.169	2.544	2.949	3.625

图 13 是图像投射装置（投影仪）的实施形式的主要部分的概略图。

同图表示将前述的变倍透镜适用于 3 片式的彩色液晶投影仪，且通过颜色合成手段将基于多个液晶显示元件的多种颜色光的图像信息合成后，用投射透镜将之投射放大到屏幕面上的图像投射装置。图 13 中，彩色液晶投影仪 1 用作为彩色合成装置的棱镜 2 将来自 R、G、B 的 3 片液晶面板 5R、5G、5B 的 RGB 各种彩色光合成到一条光路，并使用由前述的变倍透镜构成的投影透镜 3 将其投影到屏幕 4 上。

图 14 是照相机的实施形式的主要部分的概略图。在本实施系统中，作为摄影透镜表示在摄像机、胶片照相机、数字照相机等中使用了上述的变倍透镜的例子。

图 14 中，由摄影透镜 8 将被摄物体 9 的像成像在感光体 7 上，获

得图像信息。在感光体 7 是胶片照相机时对应于银盐胶片，在感光体 7 是摄像机或者数字照相机时则对应于 CCD 传感器、CMOS 传感器等固体摄像元件。

5 这里，在摄影透镜中适用前述的变倍透镜时，被摄物体在距离长的一方的共轭点（第 1 共轭点）相当于放大侧（前方），置放感光体的位置在距离短的一方的共轭点（第 2 共轭点）则相当于缩小侧（后方）。

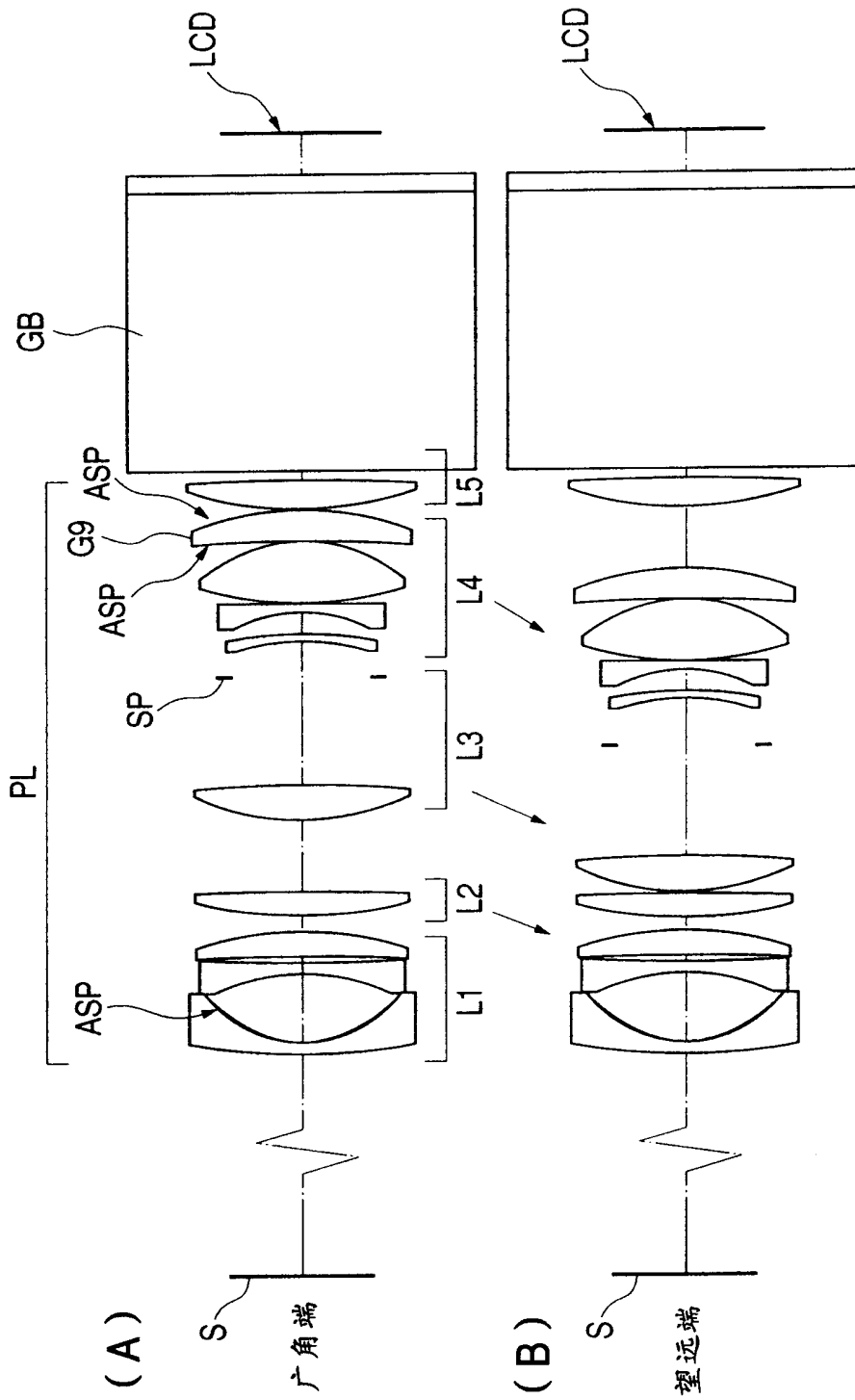


图 1

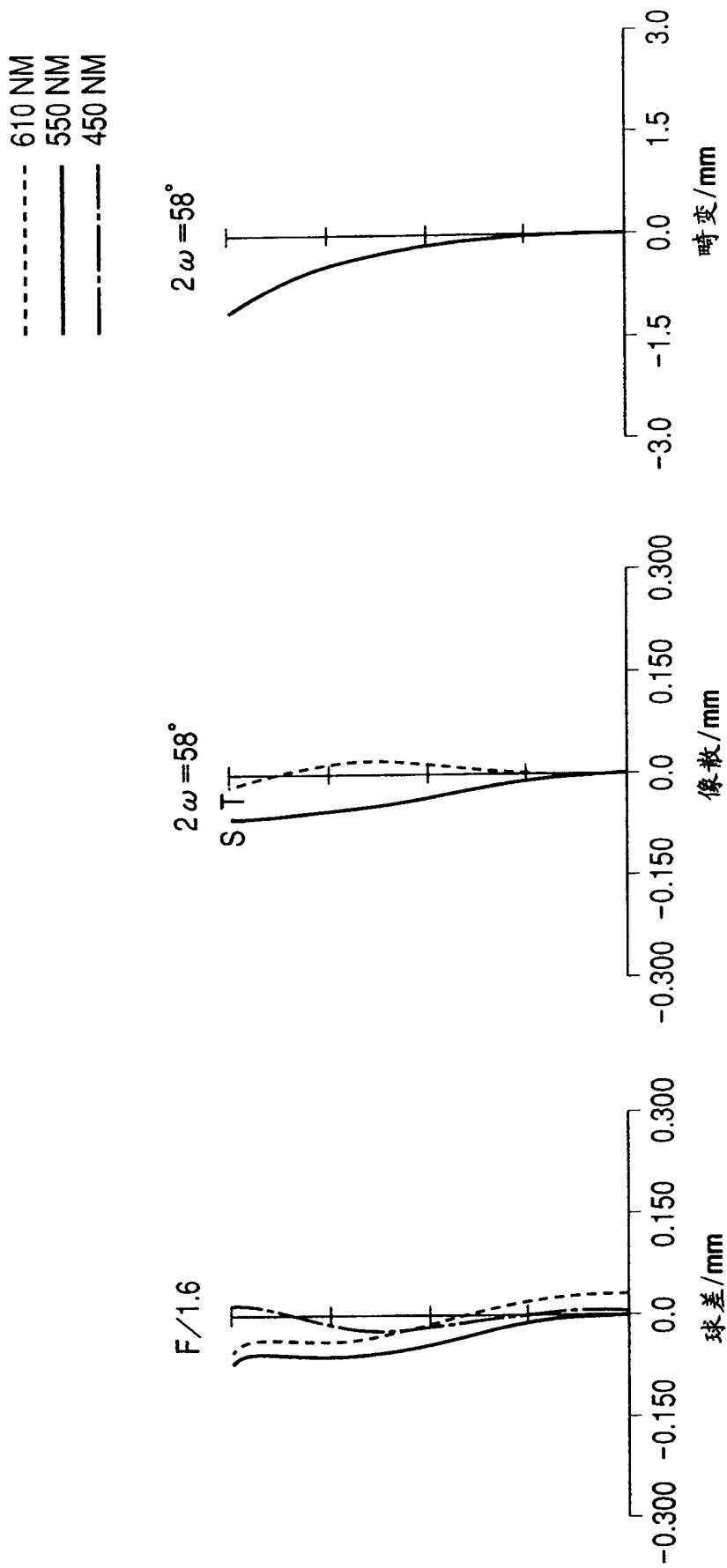


图 2

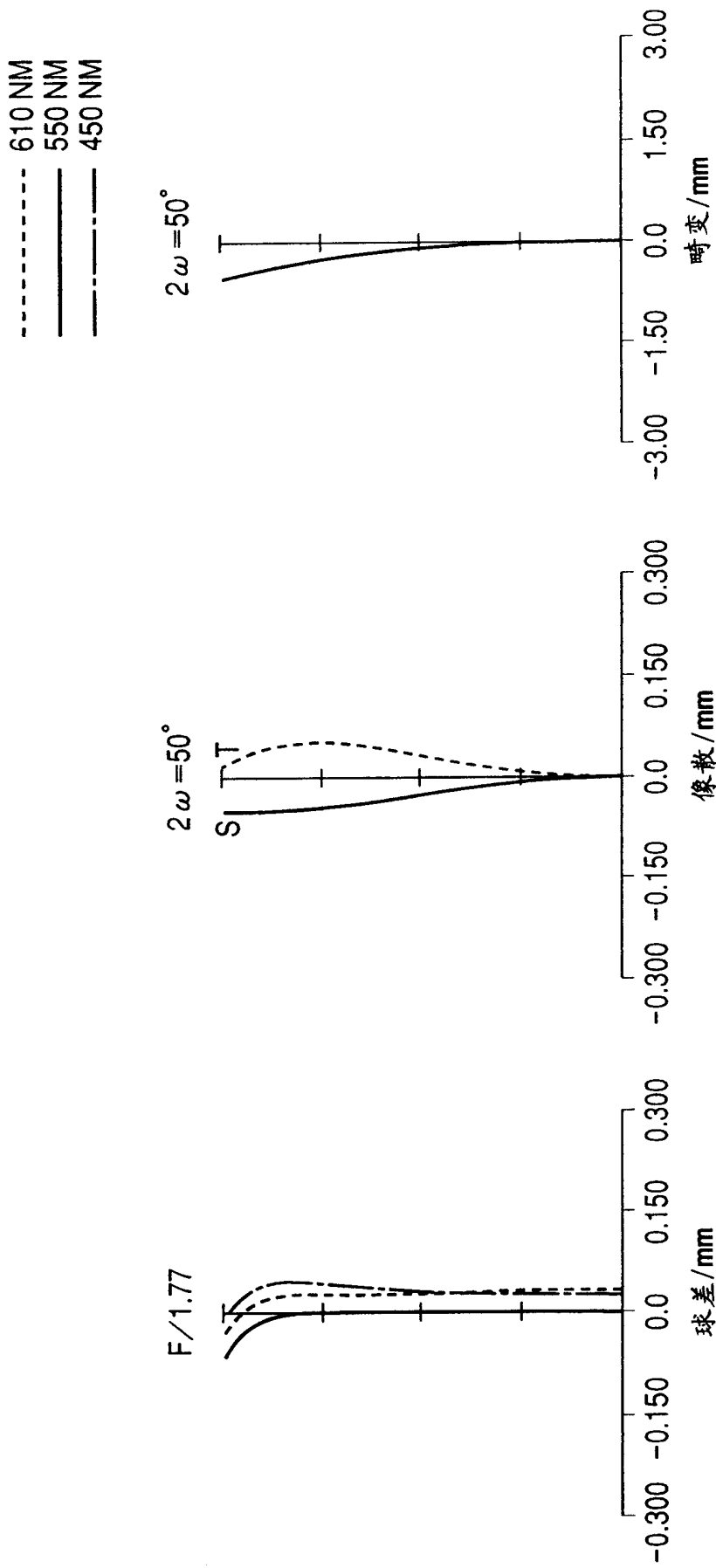


图 3

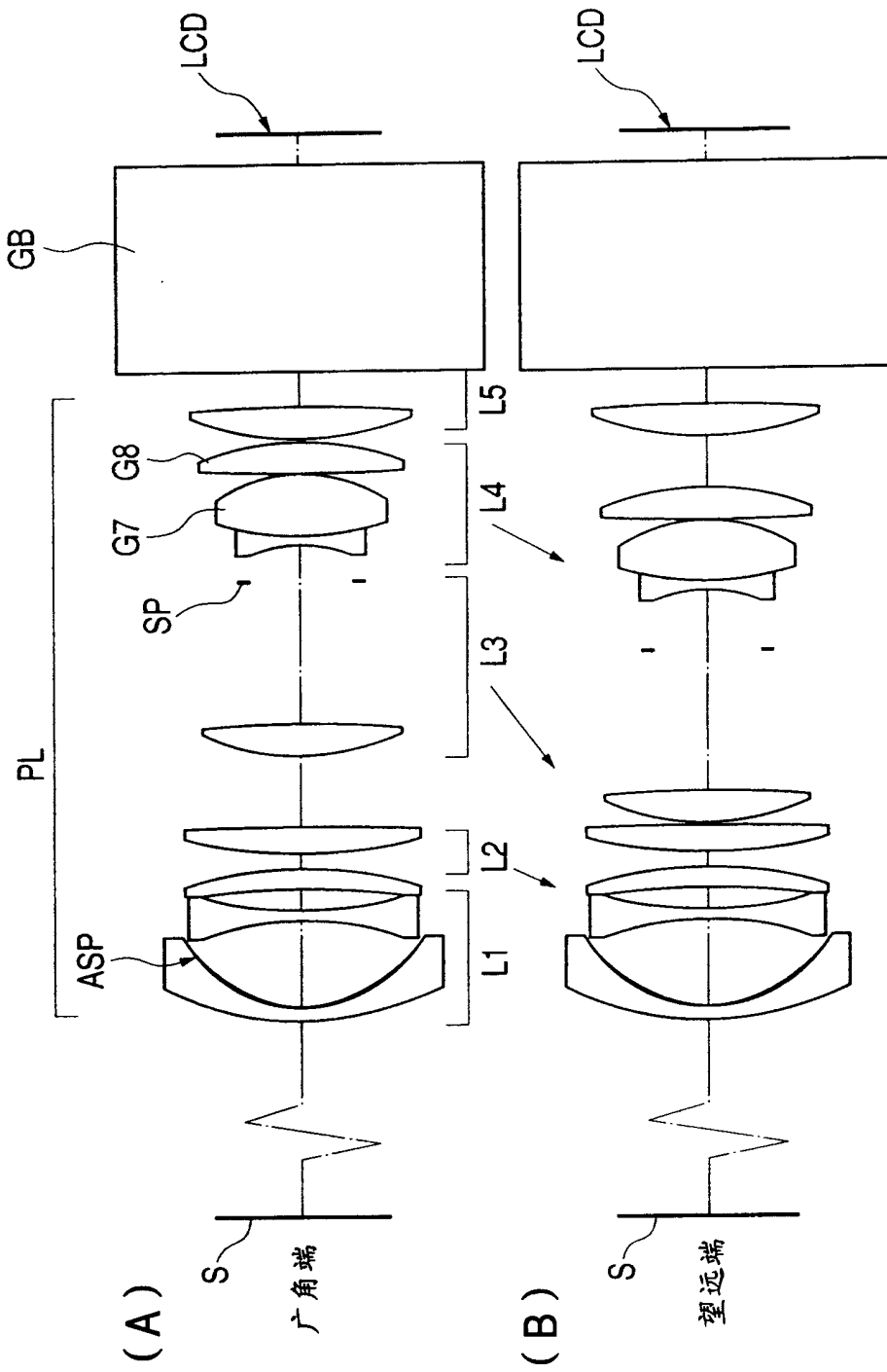


图 4

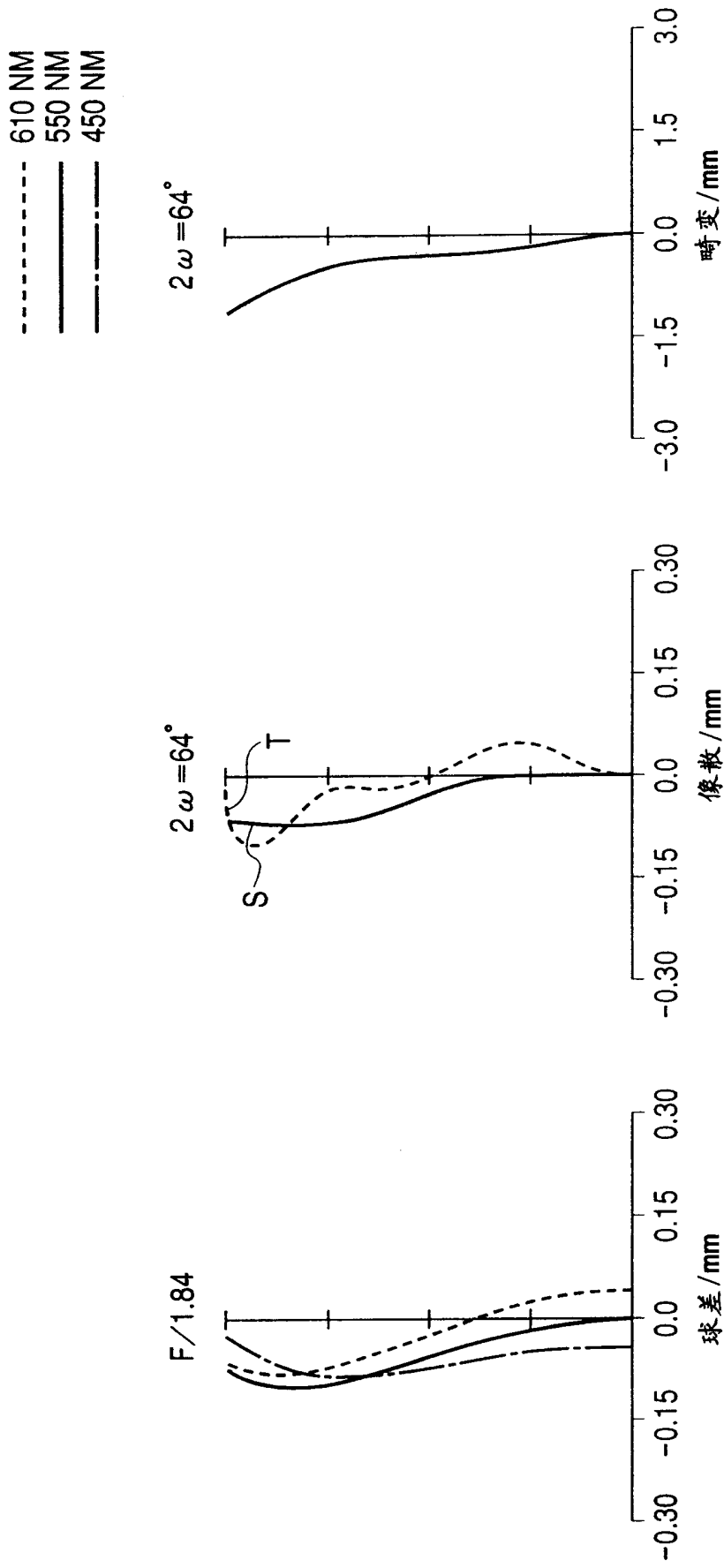


图 5

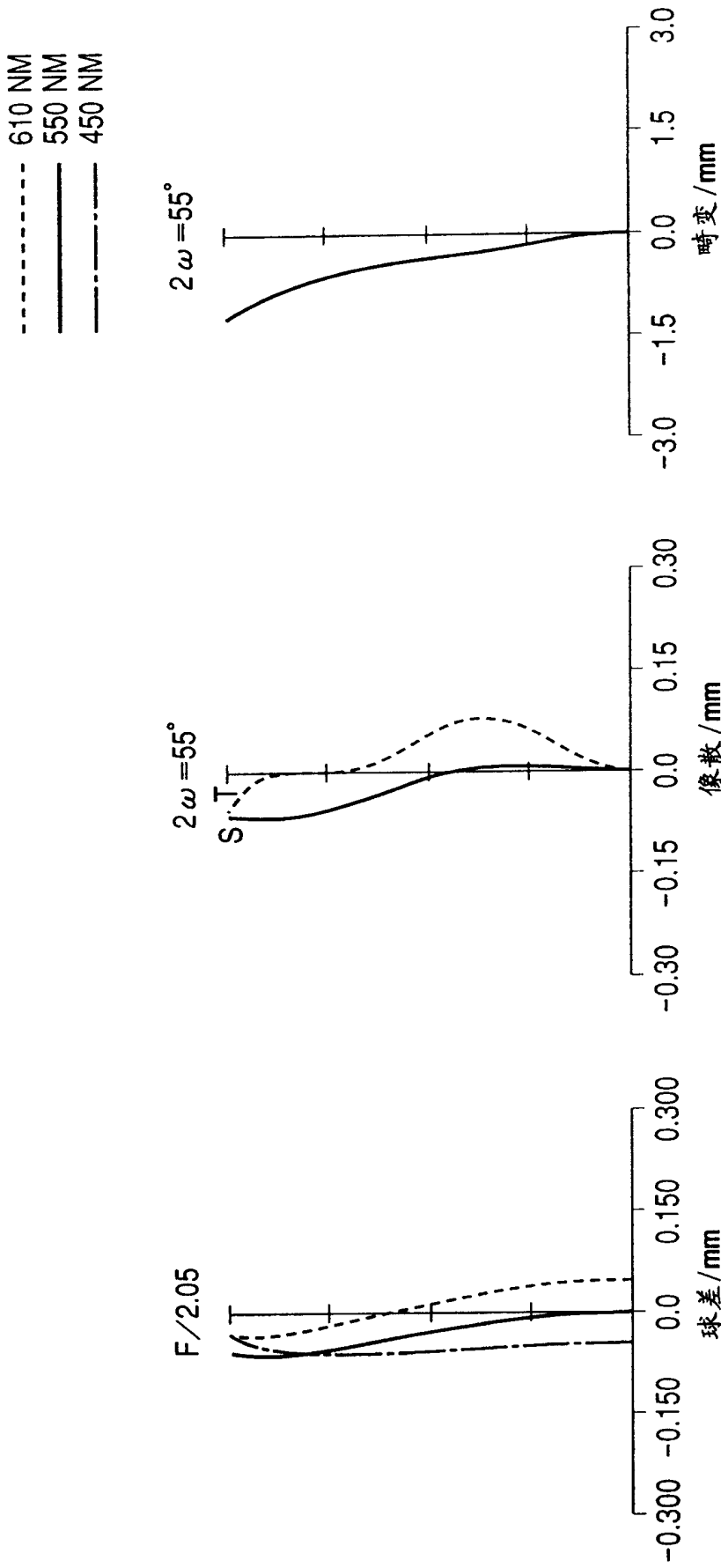


图 6

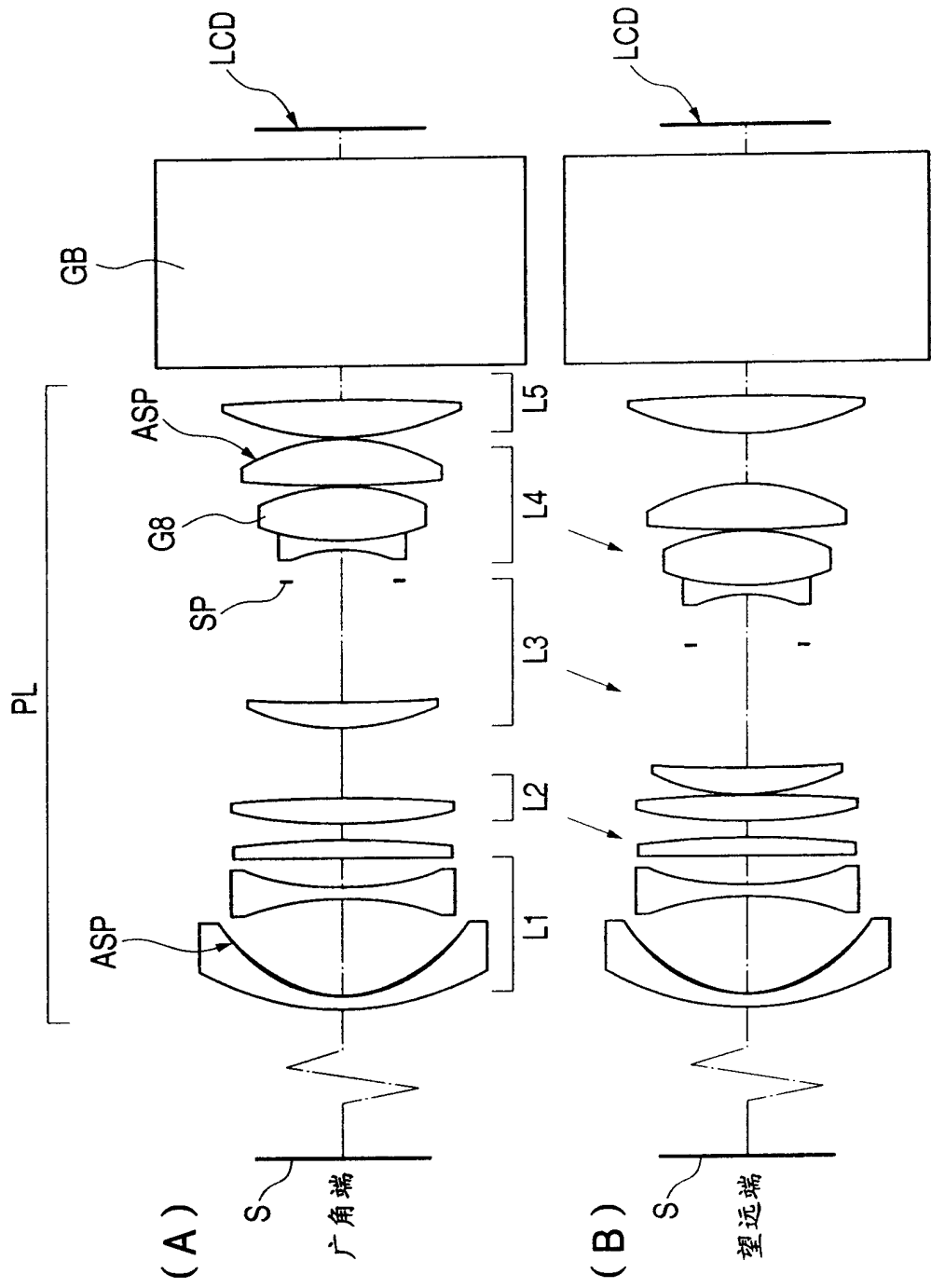


图 7

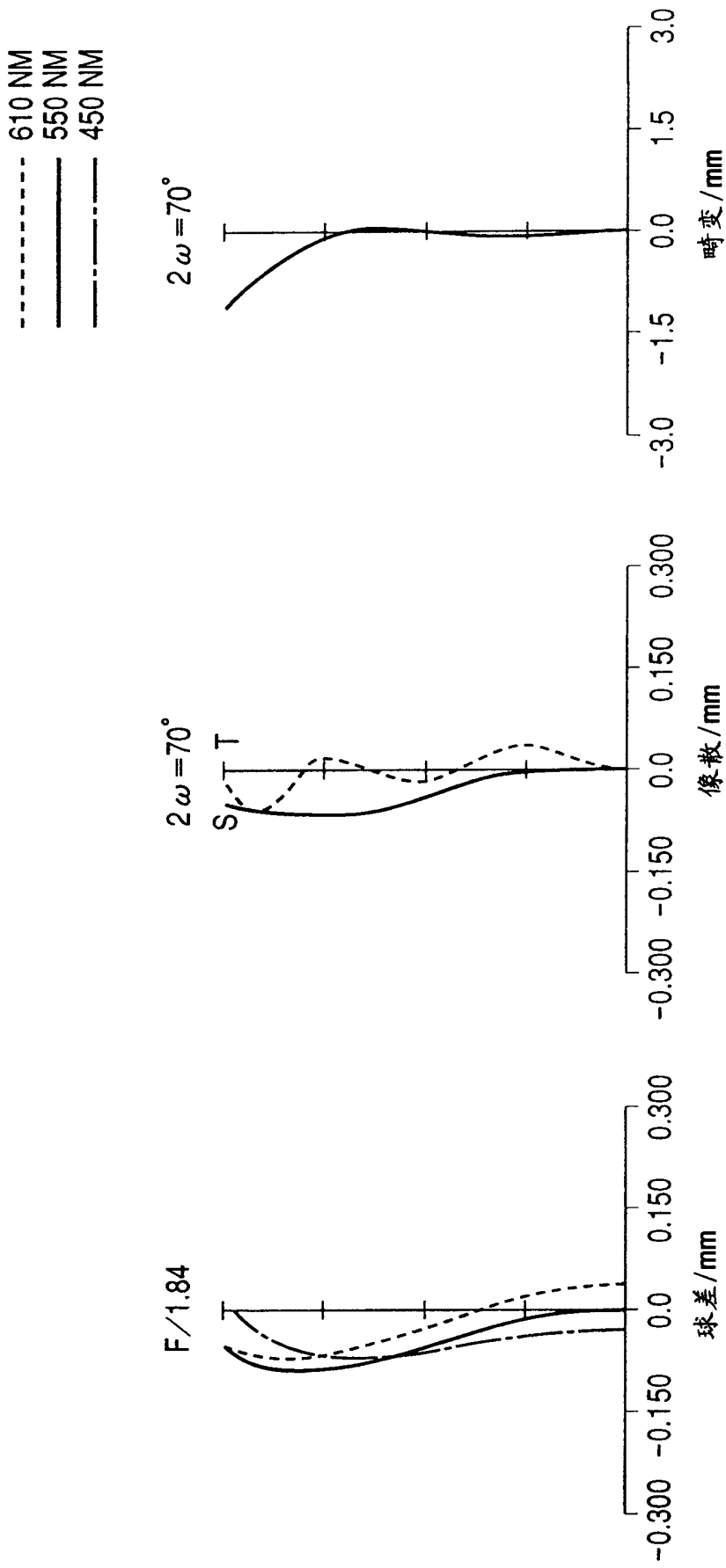


图 8

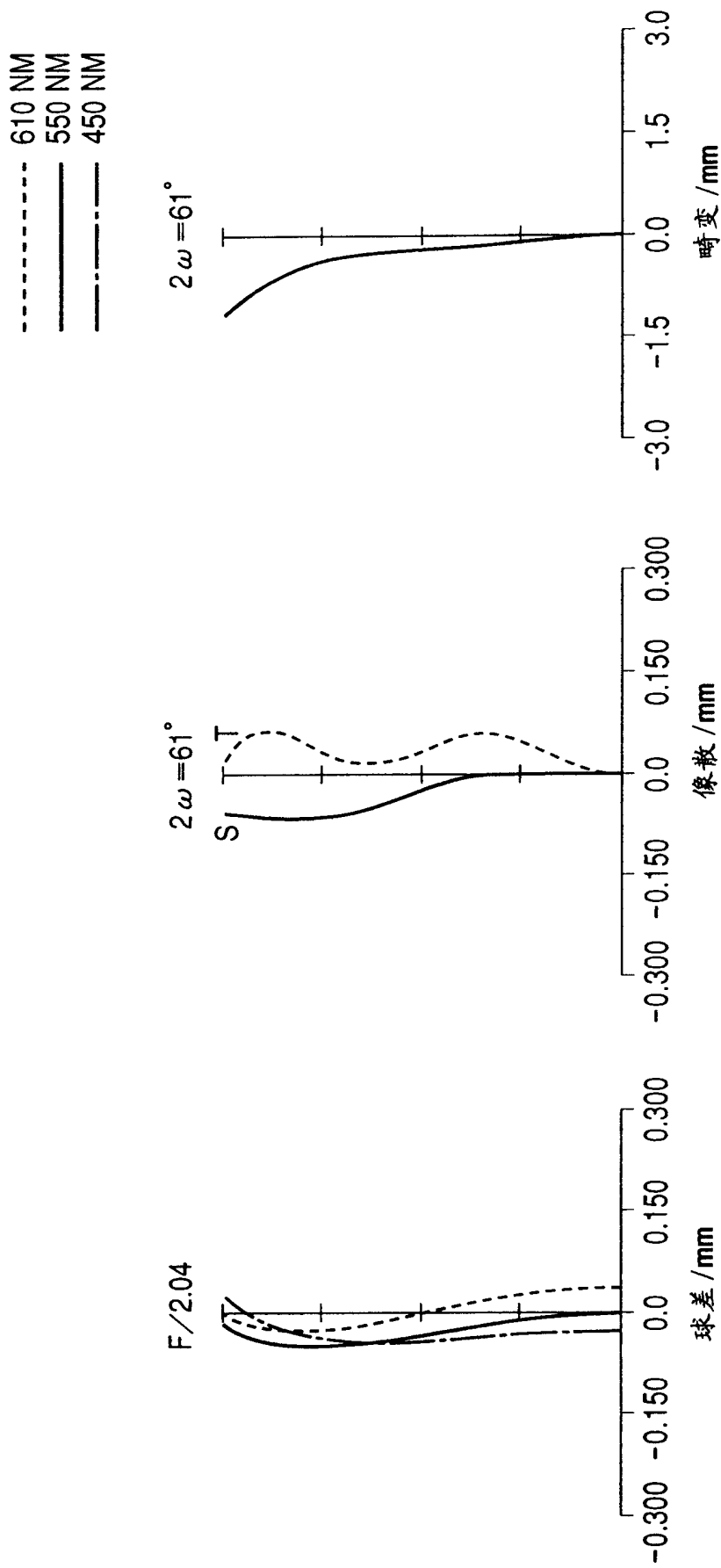


图 9

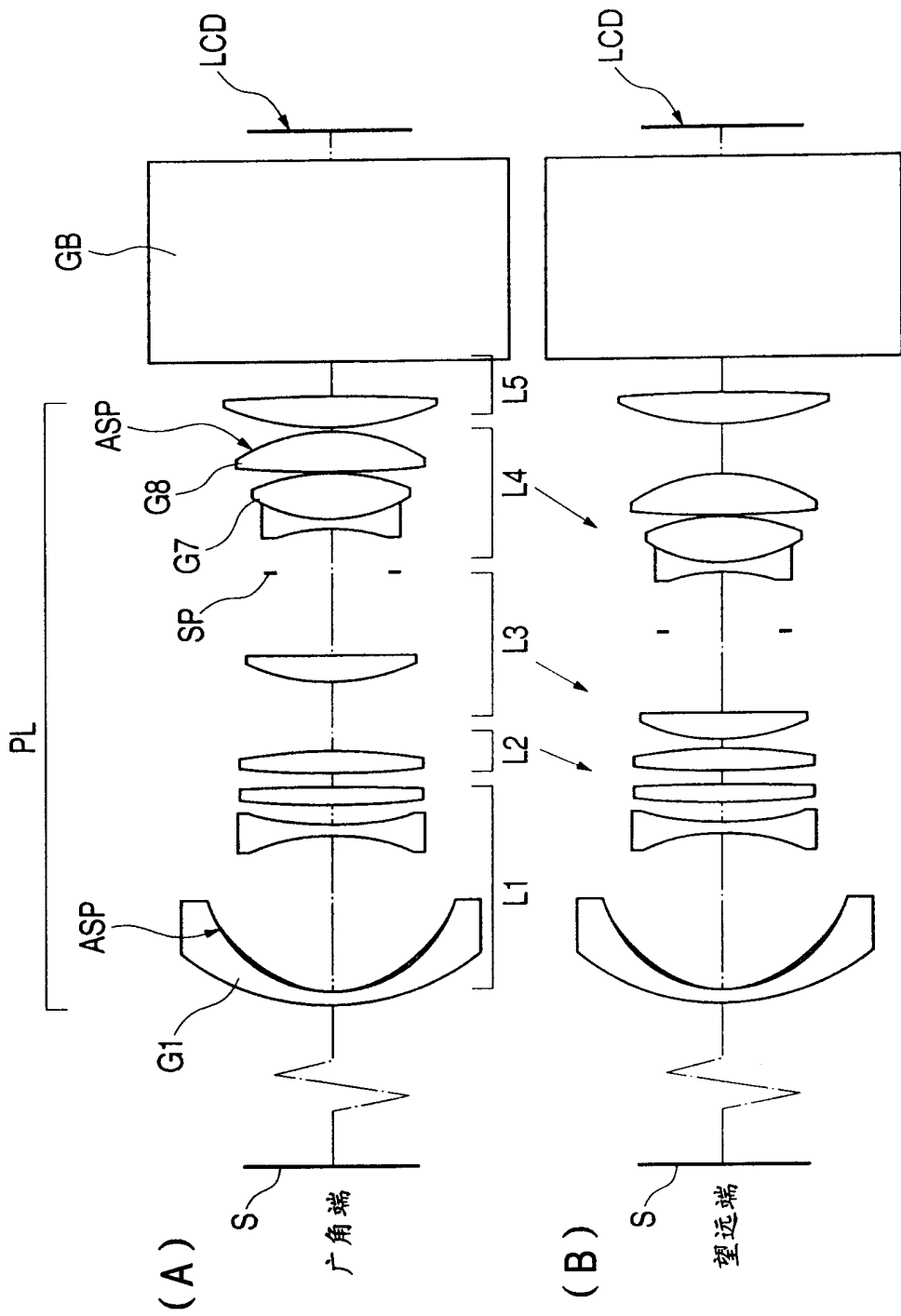


图 10

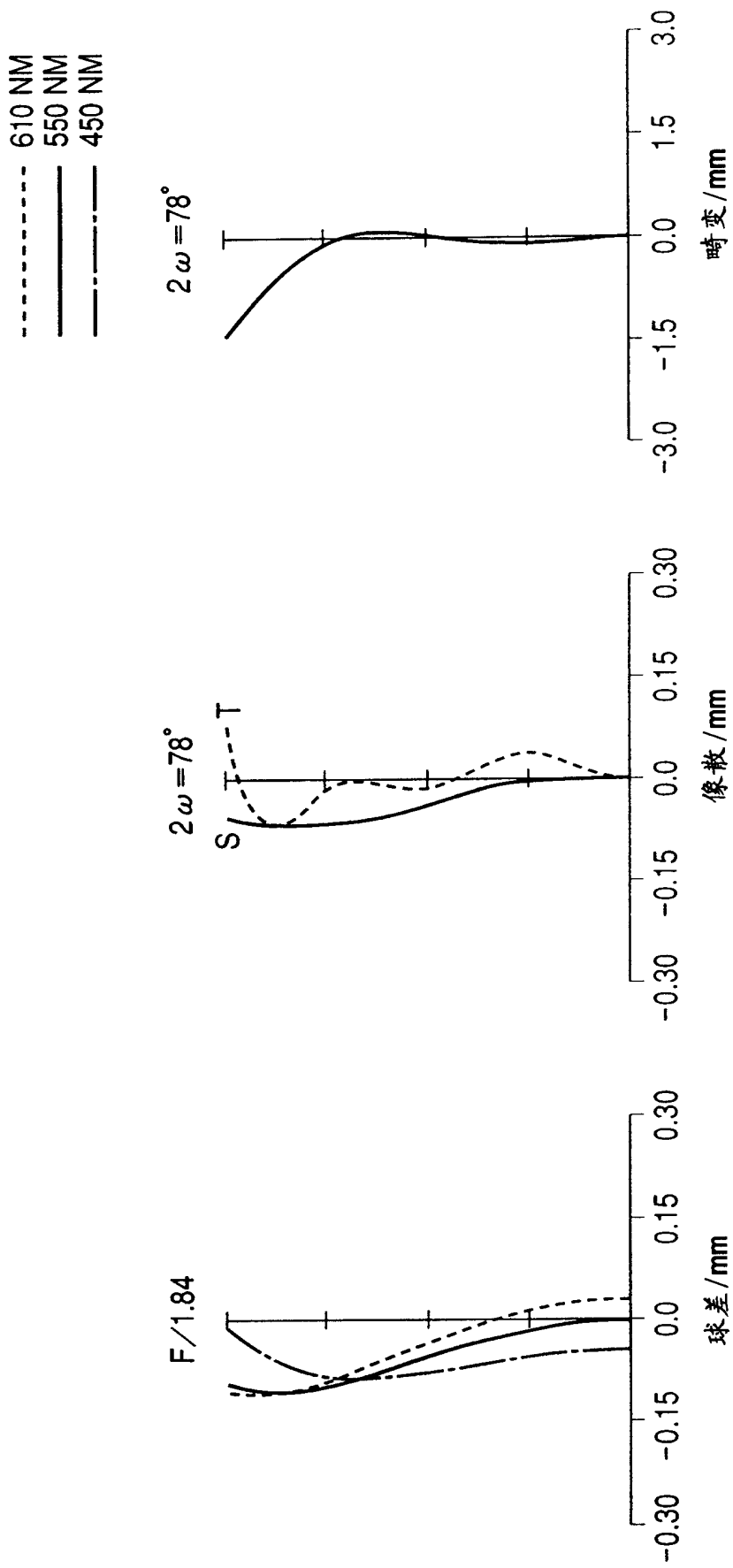


图 11

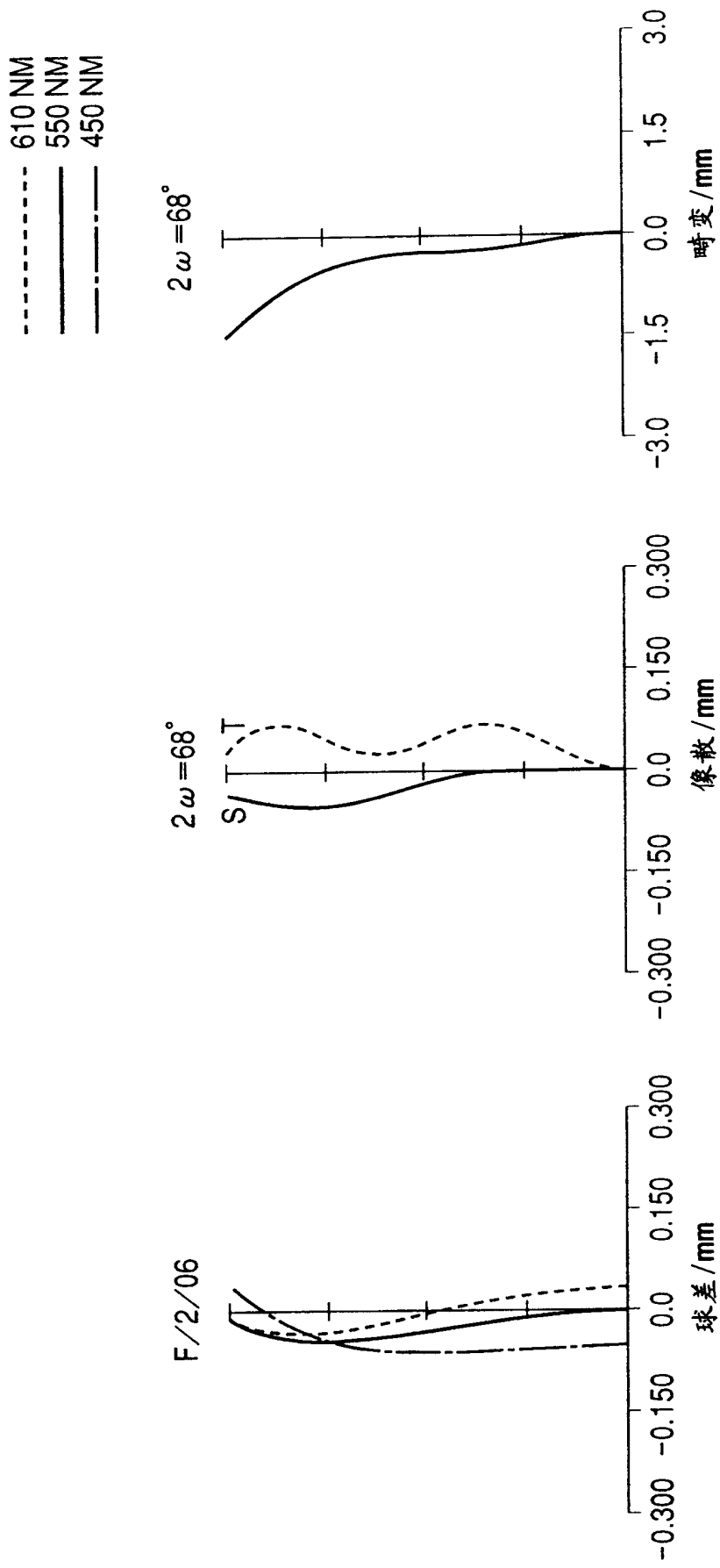


图 12

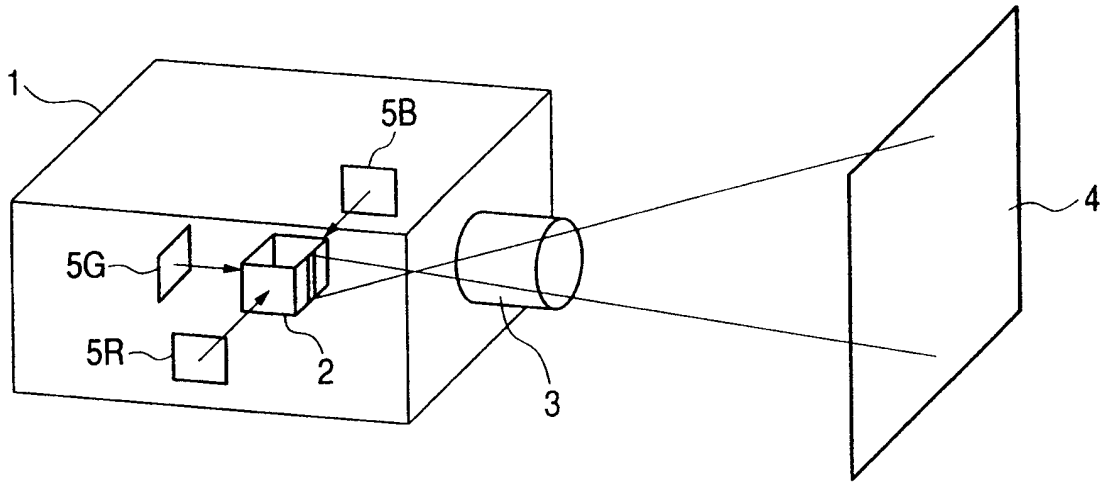


图 13

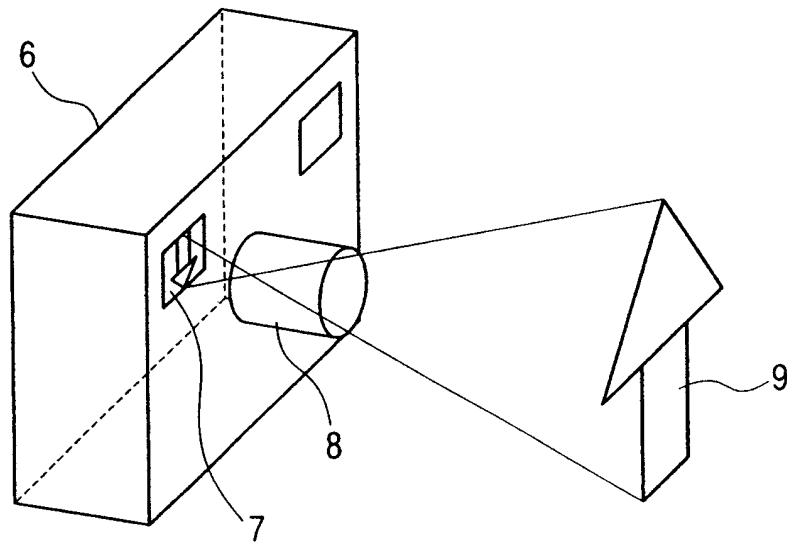


图 14