

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 15/173 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410083203.8

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100538428C

[22] 申请日 2004.9.29

[21] 申请号 200410083203.8

[30] 优先权

[32] 2003.9.29 [33] JP [31] 337261/2003

[73] 专利权人 株式会社尼康

地址 日本东京

[72] 发明人 铃木宪三郎

[56] 参考文献

US5978153A 1999.11.2

JP7-199069A 1995.8.4

JP2003-215456A 2003.7.30

US6577450B2 2003.6.10

审查员 张 瑜

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 顾红霞 车 文

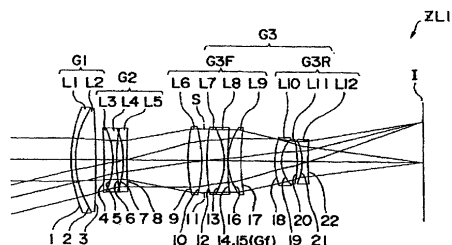
权利要求书 6 页 说明书 25 页 附图 13 页

[54] 发明名称

变焦透镜系统

[57] 摘要

本发明提供一种通过使用衍射光学元件而具有高光学性能的变焦透镜系统，该系统包括具有正屈光力的第一组，具有负屈光力的第二组，以及具有正屈光力的第三组。当从广角端状态变焦为远摄端状态时，第一组与第二组之间的距离和第二组与第三组之间的距离发生变化。第三组包括设在该第三组内最大间隔的目标一侧、具有正屈光力的前组，和设在间隔的图像一侧、具有负屈光力的后组。前组包括孔径光阑和衍射光学面。入射到衍射光学面上达到最大图像高度的主光线的入射角为 10 度或更小。而且，满足给定的条件。



1. 一种变焦透镜系统，包括从目标按顺序而设的：

具有正屈光力的第一透镜组；

具有负屈光力的第二透镜组；和

具有正屈光力的第三透镜组；

当透镜组的位置状态由广角端状态变为远摄端状态时，所述第一透镜组与所述第二透镜组之间的距离发生变化；以及所述第二透镜组与所述第三透镜组之间的距离发生变化；

所述第三透镜组由具有正屈光力的前透镜组和具有负屈光力的后透镜组构成，前透镜组设在该第三透镜组中的目标一侧，后透镜组设在该第三透镜组中的图像一侧，并且在前透镜组与后透镜组之间的空气间隔是该第三透镜组中的最大空气间隔；

所述前透镜组包括孔径光阑和衍射光学面；

入射到所述衍射光学面达到最大图像高度的主光线的入射角为 10 度或更小；并且

满足下面的条件表达式：

$$0.3 < R/f_w < 5.0$$

其中 R 表示设在所述孔径光阑的图像一侧的正透镜其目标侧面的曲率半径， f_w 表示处于广角端状态的变焦透镜系统的焦距。

2. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中所述前透镜组具有位于接触空气的透镜表面上的衍射光学面，而且满足下面的条件表达式：

$$0.05 < L/f_3 < 1.0$$

其中 L 表示具有所述衍射光学面的透镜元件的厚度，当所述表面位于粘合透镜上时，该厚度是粘合厚度， f_3 表示所述第三透镜组的焦距。

3. 根据权利要求 2 的变焦透镜系统，其中满足下面的条件表达式：

$$0.1 < C/f_w < 3.0$$

其中 C 表示所述衍射光学面的有效直径, fw 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

4. 根据权利要求 2 的变焦透镜系统, 其中在所述第三透镜组中, 所述前透镜组具有粘合正透镜, 衍射光学面形成在该粘合正透镜的最图像侧面上, 而且满足下面的条件表达式:

$$0.001 < P/f_w < 0.05$$

其中 P 表示所述衍射光学面的最小槽节距, fw 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

5. 根据权利要求 2 的变焦透镜系统, 其中

所述第一透镜组具有粘合透镜;

所述第二透镜组具有设在最目标一侧位置的粘合透镜, 该粘合透镜由正弯月透镜粘合双凹透镜而制成; 以及

所述第三透镜组具有前透镜组和后透镜组, 前透镜组包括从目标按顺序而设的双凸透镜、粘合正透镜和正弯月透镜; 后透镜组包括从目标按顺序而设的由负弯月透镜和双凸透镜构成的粘合透镜、以及双凹透镜。

6. 根据权利要求 2 的变焦透镜系统, 其中通过沿基本垂直于光轴的方向移动所述第二透镜组来进行减震, 而且满足下面的条件表达式:

$$\Delta S/f_w < 0.1$$

其中 ΔS 表示所述第二透镜组中在减震时移动的最大偏移量, fw 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

7. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统, 其中满足下面的条件表达式:

$$0.1 < C/f_w < 3.0$$

其中 C 表示所述衍射光学面的有效直径, fw 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

8. 根据权利要求 7 的变焦透镜系统，其中在所述第三透镜组中，所述前透镜组具有粘合正透镜，衍射光学面形成在该粘合正透镜的最图像侧面上，而且满足下面的条件表达式：

$$0.001 < P/f_w < 0.05$$

其中 P 表示所述衍射光学面的最小槽节距， f_w 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

9. 根据权利要求 7 的变焦透镜系统，其中

所述第一透镜组具有粘合透镜；

所述第二透镜组具有设在最目标一侧位置的粘合透镜，该粘合透镜由正弯月透镜粘合双凹透镜而制成；以及

所述第三透镜组具有前透镜组和后透镜组，前透镜组包括从目标按顺序而设的双凸透镜、粘合正透镜和正弯月透镜；后透镜组包括从目标按顺序而设的由负弯月透镜和双凸透镜构成的粘合透镜、以及双凹透镜。

10. 根据权利要求 7 的变焦透镜系统，其中通过沿基本垂直于光轴的方向移动所述第二透镜组来进行减震，而且满足下面的条件表达式：

$$\Delta S/f_w < 0.1$$

其中 ΔS 表示所述第二透镜组中在减震时移动的最大偏移量， f_w 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

11. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中在所述第三透镜组中，所述前透镜组具有粘合正透镜，衍射光学面形成在该粘合正透镜的最图像侧面上，而且满足下面的条件表达式：

$$0.001 < P/f_w < 0.05$$

其中 P 表示所述衍射光学面的最小槽节距， f_w 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

12. 根据权利要求 11 的变焦透镜系统，其中

所述第一透镜组具有粘合透镜；

所述第二透镜组具有设在最目标一侧位置的粘合透镜，该粘合透镜由正弯月透镜粘合双凹透镜而制成；以及

所述第三透镜组具有前透镜组和后透镜组，前透镜组包括从目标按顺序而设的双凸透镜、粘合正透镜和正弯月透镜；后透镜组包括从目标按顺序而设的由负弯月透镜和双凸透镜构成的粘合透镜、以及双凹透镜。

13. 根据权利要求 11 的变焦透镜系统，其中通过沿基本垂直于光轴的方向移动所述第二透镜组来进行减震，而且满足下面的条件表达式：

$$\Delta S/f_w < 0.1$$

其中 ΔS 表示所述第二透镜组中在减震时移动的最大偏移量， f_w 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

14. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中

所述第一透镜组具有粘合透镜；

所述第二透镜组具有设在最目标一侧位置的粘合透镜，该粘合透镜由正弯月透镜粘合双凹透镜而制成；以及

所述第三透镜组具有前透镜组和后透镜组，前透镜组包括从目标按顺序而设的双凸透镜、粘合正透镜和正弯月透镜；后透镜组包括从目标按顺序而设的由负弯月透镜和双凸透镜构成的粘合透镜、以及双凹透镜。

15. 根据权利要求 14 的变焦透镜系统，其中通过沿基本垂直于光轴的方向移动所述第二透镜组来进行减震，而且满足下面的条件表达式：

$$\Delta S/f_w < 0.1$$

其中 ΔS 表示所述第二透镜组中在减震时移动的最大偏移量， f_w

表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

16. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中通过沿基本垂直于光轴的方向移动所述第二透镜组来进行减震，而且满足下面的条件表达式：

$$\Delta S/f_w < 0.1$$

其中 ΔS 表示所述第二透镜组中在减震时移动的最大偏移量， f_w 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

17. 一种变焦透镜系统，包括从目标按顺序而设的：

具有正屈光力的第一透镜组；

具有负屈光力的第二透镜组；和

具有正屈光力的第三透镜组；

当透镜组的位置状态由广角端状态变为远摄端状态时，所述第一透镜组与所述第二透镜组之间的距离发生变化；并且所述第二透镜组与所述第三透镜组之间的距离发生变化；

所述第三透镜组由具有正屈光力的前透镜组和具有负屈光力的后透镜组构成，前透镜组设在该第三透镜组中的目标一侧，后透镜组设在该第三透镜组中的图像一侧，并且在前透镜组与后透镜组之间的空气间隔是该第三透镜组中的最大空气间隔；

所述前透镜组包括孔径光阑和衍射光学面；

入射到所述衍射光学面达到最大图像高度的主光线的入射角为 10 度或更小；并且满足下面的条件表达式：

$$0.1 < C/f_w < 3.0$$

其中 C 表示所述衍射光学面的有效直径， f_w 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

18. 根据权利要求 17 的变焦透镜系统，其中所述前透镜组具有位于接触空气的透镜表面上的衍射光学面，而且满足下面的条件表达式：

$$0.05 < L/f_3 < 1.0$$

其中 L 表示具有所述衍射光学面的透镜元件的厚度，当所述表面位于粘合透镜上时，该厚度是粘合厚度， f_3 表示所述第三透镜组的焦距。

19. 根据权利要求 17 的变焦透镜系统，其中在所述第三透镜组中，所述前透镜组具有粘合正透镜，衍射光学面形成在该粘合正透镜的最图像侧面上，而且满足下面的条件表达式：

$$0.001 < P/f_w < 0.05$$

其中 P 表示所述衍射光学面的最小槽节距， f_w 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

变焦透镜系统

发明领域

本发明涉及具有适合于胶片照相机，图像照相机和数字静物照相机的衍射光学元件的变焦透镜系统。

发明背景

随着技术的进步，已经提出了各种类型的变焦透镜系统。作为一种用于胶片照相机，图像照相机，特别是用于数字静物照相机的光学系统，三组型变焦透镜系统，又称作远摄型变焦透镜系统，具有从目标侧按顺序以很短的后焦距而设的正—负—正屈光力的结构。对于这类实例，披露在日本专利申请公开第 11—305126 号中。

然而，根据最近在成像技术方面取得的进展，例如成像器件像素节距的小型化，很难用简单的机构来既实现高光学性能（特别是色移）又实现紧凑性。

发明内容

本发明是鉴于前述的问题而做出的，其目的是提供一种通过使用衍射光学元件而具有优良光学性能和紧凑性的变焦透镜系统。

根据本发明的一个方面，一种变焦透镜系统，包括从目标按顺序而设的：具有正屈光力的第一透镜组；具有负屈光力的第二透镜组；和具有正屈光力的第三透镜组；当透镜组的位置状态由广角端状态变为远摄端状态时，所述第一透镜组与所述第二透镜组之间的距离发生变化；以及所述第二透镜组与所述第三透镜组之间的距离发生变化；所述第三透镜组由具有正屈光力的前透镜组和具有负屈光力的后透镜组构成，前透镜组设在该第三透镜组中最大空气间隔的目标一侧，后透

镜组设在该第三透镜组中最大空气间隔的图像一侧；所述前透镜组包括孔径光阑和衍射光学面；入射到所述衍射光学面达到最大图像高度的主光线的入射角为 10 度或更小；并且满足下面的条件表达式：

$$0.3 < R/f_w < 5.0 \quad (1)$$

其中 R 表示设在所述孔径光阑的图像一侧的正透镜其目标侧面的曲率半径， f_w 表示处于广角端状态的变焦透镜系统的焦距。

在本发明的一种优选实施方式中，所述前透镜组具有位于接触空气的透镜表面上的衍射光学面，而且满足下面的条件表达式：

$$0.05 < L/f_3 < 1.0 \quad (2)$$

其中 L 表示具有所述衍射光学面的透镜元件的厚度（当所述表面位于粘合透镜上时，该厚度是粘合厚度）， f_3 表示所述第三透镜组的焦距。

在本发明的一种优选实施方式中，满足下面的条件表达式：

$$0.1 < C/f_w < 3.0 \quad (3)$$

其中 C 表示所述衍射光学面的有效直径， f_w 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

在本发明的一种优选实施方式中，在所述第三透镜组中，所述前透镜组具有粘合透镜，衍射光学面形成在该粘合正透镜的最图像侧面上，而且满足下面的条件表达式：

$$0.001 < P/f_w < 0.05 \quad (4)$$

其中 P 表示所述衍射光学面的最小槽节距， f_w 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

在本发明的一种优选实施方式中，所述第一透镜组具有粘合透镜；所述第二透镜组具有设在最目标一侧位置的粘合正透镜，该粘合透镜由正弯月透镜粘合双凹透镜而制成；并且所述第三透镜组具有前透镜组和后透镜组，前透镜组包括从目标按顺序而设的双凸透镜、粘合正

合正透镜和正弯月透镜；后透镜组包括从目标按顺序而设的负弯月透镜和双凹透镜。

在本发明的一种优选实施方式中，通过沿基本垂直于光轴的方向移动所述第二透镜组来进行减震，而且满足下面的条件表达式：

$$\Delta S/f_w < 0.1 \quad (5)$$

其中 ΔS 表示所述第二透镜组中在减震时移动的最大偏移量， f_w 表示处于广角端状态的所述变焦透镜系统的焦距。

从下面结合附图对优选实施方式的详细描述，本发明其它的特征和优点可以容易地理解。

附图说明

图1是示出本发明例1的变焦透镜系统其透镜结构的示意图；

图2是示出当透镜组的位置状态从广角端状态（W）变为远摄端状态（T）时，例1的变焦透镜系统其各个透镜组的变焦径迹的示意图；

图3用图表示出例1的变焦透镜系统在广角端状态（W）下的各种像差；

图4用图表示出例1的变焦透镜系统在远摄端状态（T）下的各种像差；

图5是示出本发明例2的变焦透镜系统其透镜结构的示意图；

图6是示出当透镜组的位置状态从广角端状态（W）变为远摄端状态（T）时，例2的变焦透镜系统其各个透镜组的变焦径迹的示意图；

图7用图表示出例2的变焦透镜系统在广角端状态（W）下的各种像差；

图8用图表示出例2的变焦透镜系统在远摄端状态（T）下的各种像差；

图9是示出本发明例3的变焦透镜系统其透镜结构的示意图；

图 10 是示出当透镜组的位置状态从广角端状态 (W) 变为远摄端状态 (T) 时, 例 3 的变焦透镜系统其各个透镜组的变焦径迹的示意图;

图 11 用图表示出例 3 的变焦透镜系统在广角端状态 (W) 下的各种像差;

图 12 用图表示出例 3 的变焦透镜系统在远摄端状态 (T) 下的各种像差;

图 13A 和 13B 是示出菲涅耳带片的例的示意图, 其中图 13A 是平面图, 图 13B 是沿图 13A 中 B-B 面截取的截面图。

具体实施方式

下面参看所附附图说明本发明的优选实施方式。

概括描述多组型变焦透镜系统的特征。由于构造变焦透镜系统需要至少两个透镜组, 因此假定多组型变焦透镜系统具有三个透镜组或更多透镜组的透镜结构。

在多组型变焦透镜系统中, 通过增加负责变焦的透镜组的数目来实现高的变焦比。由于很容易将每个透镜组校正像差的负担 (burdens) 平均化, 因此可以获得极佳的光学性能。然而, 当沿光轴移动的透镜组的数目增加时, 镜筒的机构会变得比较复杂, 从而很容易增加制造成本。在根据本发明的多组型变焦透镜系统中, 运用一种三组型变焦透镜系统, 该系统包括从目标侧按顺序而设的具有正屈光力的第一透镜组, 具有负屈光力的第二透镜组, 以及具有正屈光力的第三透镜组。因此, 在通过简化机构而抑制制造成本的情况下, 可以在确保合适量的变焦比的同时获得极佳的光学性能。在根据本发明的多组型变焦透镜系统中, 由于可以在振动减弱的基础上获得较好的光学性能, 因此它还适合于电子成像设备。

接下来说明衍射光学面和衍射光学元件。一般地, 已经知道三种

偏移光的方法，如折射，反射和衍射。衍射面是显示出衍射的光学面。衍射光学元件是具有衍射光学面的光学元件，如传统上已知的菲涅耳带片或衍射光栅。已经知道这类衍射光学元件可以显示出不同于折射或反射的性能。特别地，它具有负色散。这一性能对于校正色差尤其有效，可以实现对色差的极佳校正，这是不用昂贵的超低色散玻璃所未实现的（即不可能用普通的玻璃实现）。有关衍射光学元件的性质，可以由日本光学协会管理的“衍射光学元件简介”获得更加详细的内容，该协会是日本应用物理协会的分支机构，（光电子学，1997）。

在根据本发明的多组型变焦透镜系统中，衍射光学元件设在具有正屈光力的前透镜组中，该前透镜组位于第三透镜组中最大空气空间的目标一侧，从而借助于其效应来获得极佳的光学性能。此处，通过在由玻璃或树脂材料制成的光学元件的表面上形成衍射光栅来生成衍射光学面，或者通过偏移光来实现产生衍射的表面，例如菲涅耳带片。顺便提及，图 13A 和 13B 是示出菲涅耳带片的例的示意图，其中图 13A 是平面图，图 13B 是沿图 13A 中 B-B 面截取的截面图。尽管示出在图 13 中的菲涅耳带片 1 是开诺全息照片（Kinoform）型，其节距是连续曲线，形成衍射光学元件的光栅槽，但是这种周期性结构也可以是阶式形状，或者对角形状。

在根据本发明的多组型变焦透镜系统中，与具有衍射光学元件的普通光学系统相同，优选的是入射到衍射光学元件的入射角尽可能小。这是因为当光的入射角变大时，在衍射光学面处易于产生闪烁光，从而会恶化光学性能。为了获得不受衍射光学元件所产生的闪烁光太多影响的较好光学性能，对于本发明的光学系统，优选的是入射角是 10 度或更小。尽管衍射光学元件可以设置在只要满足该条件的任何位置处，但是在根据本发明的变焦透镜系统中，优选的是衍射光学元件设置在第三透镜组的前透镜组中。为了充分地获得这种效果，优选的是入射角为 7 度或更小。进一步优选的是处于远摄端状态下的入射角是 5 度或更小，而处于广角端状态下的入射角是 6 度或更小。

下面参看条件表达式(1)至(5)说明本发明的变焦透镜系统。
根据本发明的变焦透镜系统满足下面的条件表达式(1):

$$0.3 < R/f_w < 5.0 \quad (1)$$

其中 R 表示正透镜目标侧面的曲率半径, 该正透镜设在第三透镜组中孔径光阑 S 的图像一侧, f_w 表示处于广角端状态下的变焦透镜系统的焦距。

条件表达式(1)确定了正透镜目标侧面的曲率半径 R , 该正透镜设在第三透镜组中孔径光阑的图像一侧。前透镜组往往是放置在孔径光阑 S 附近。构成前透镜组的透镜的形状与校正球面像差和慧形像差有很大的关系。特别地, 设在孔径光阑(位于第三透镜组中)图像一侧的正透镜对于较好地维持像差平衡是非常重要的。理想的是正透镜的凸面朝向目标。因此, 为了较好地平衡像差, 正透镜目标侧面的曲率半径 R 的合适范围由处于广角端状态下的变焦透镜系统的焦距的比来确定。此处, $R > 0$ 。

当 R/f_w 的比等于或者高于条件表达式(1)的上限时, 曲率半径 R 的值变得过大, 而且球面像差沿正向也变得过大, 从而不能获得较好的光学性能。另一方面, 当 R/f_w 的比等于或者低于条件表达式(1)的下限时, 曲率半径 R 变得过小, 而且球面像差沿负向变得过大, 从而也不能获得较好的光学性能。为了充分地获得本发明的效果, 优选设定上限为 2.0, 优选设定下限为 0.8。

在根据本发明的变焦透镜系统中, 衍射光学面设置在前透镜组中接触空气的任何透镜面上, 而且优选满足下面的条件表达式(2):

$$0.05 < L/f_3 < 1.0 \quad (2)$$

其中 L 表示具有衍射光学面的透镜的厚度(当衍射光学面位于粘合透镜上时, 该厚度是组合厚度), f_3 表示第三透镜组的焦距。

条件表达式(2)确定了具有衍射光学面的透镜元件的厚度 L (当衍射光学面位于粘合透镜上时,该厚度是组合厚度)与第三透镜组 f_3 的焦距的比的合适范围。当衍射光学面设置在变焦透镜系统中(与第三透镜组中空气接触的任何透镜表面上)用作消色差元件时,其它设置用来校正色差的透镜元件如粘合透镜的厚度可以变薄,从而整个透镜系统可以比较紧凑,更薄更轻。此处,条件表达式(2)示出在本发明的透镜系统内有效设置衍射光学元件的条件。

当 L/f_3 的比等于或高于条件表达式(2)的上限时, L 变得过大,而且衍射光学元件变得过厚和过大,从而很难制造,同时会增加制造成本。另一方面,当 L/f_3 的比等于或低于条件表示式(2)的下限时,衍射光学元件变得太薄,从而会引起生产问题,如元件在制造时容易弯曲。而且,在装配时还容易变形,从而有导致光学性能恶化的危险。为了充分地实现本发明的效果,优选设定条件表达式(2)的上限为0.8,还优选设定其下限为0.15。

在根据本发明的变焦透镜系统中,优选满足下面的条件表达式(3):

$$0.1 < C/f_w < 3.0 \quad (3)$$

其中 C 表示衍射光学面的有效直径, f_w 表示处于广角端状态下的变焦透镜系统的焦距。

条件表达式(3)确定了衍射光学面的有效直径 C 的合适范围。当 C/f_w 的比等于或者高于条件表达式(3)的上限时,衍射光学面的有效直径值 C 变得过大,从而很难制造,导致制造成本的增加。而且,从外部来的有害光还容易进入衍射光学面,从而图像质量容易被闪烁光等恶化。另一方面,当 C/f_w 的比等于或者低于条件表达式(3)的下限时,衍射光学面的有效直径值 C 变得过小,而且衍射光学面的槽节距易于变小,从而难以制造该衍射光学面,导致制造成本的增加,以及图像质量被来自衍射光学面的衍射光栅而增加的闪烁光恶化。为

了充分地实现本发明的效果，优选设定条件表达式（3）的上限为 1.0，优选设定条件表达式（3）的下限为 0.15。

在根据本发明的变焦透镜系统中，第三透镜组的前透镜组具有粘合正透镜，衍射光学面形成在该粘合正透镜的最图像侧面上，而且优选满足下面的条件表达式（4）：

$$0.001 < P/f_w < 0.05 \quad (4)$$

其中 P 表示衍射光学面的最小槽节距， f_w 表示处于广角端状态下的变焦透镜系统的焦距。

条件表达式（4）确定了衍射光学面其衍射光栅最小槽节距 P 的合适范围。在衍射光学面内，在任何光线高度下偏移的角可以通过改变槽节距来进行控制，以便获得所谓的“非球面效果”。而且，槽节距代表着局部屈光力，在槽节距变窄时该局部屈光力变大，从而偏移角的角度色散可以很大。当 P/f_w 的比等于或者高于条件表达式（4）的上限时，槽节距变得过大，从而色差的校正能力变得很小，难以很好地校正像差。另一方面，当 P/f_w 的比等于或者低于条件表达式（4）的下限时，槽节距变得过小，从而很难制造该衍射光学面，而且由制造误差所引起的闪烁光的产生会变得很大，导致成像质量的恶化。

顺便提及，在变焦透镜系统中，已经知道照相机抖动容易产生，从而导致成像质量的恶化。而在本发明的变焦透镜系统中，通过使用这种衍射光学元件，可以实现简单结构的光学系统，从而不仅镜筒而且配备透镜的照相机可以更紧凑和更轻。因此，在这种系统结构中，减震机构可以存放在使镜筒小型化而生成的空间内。而且，由这种小型化减少的重量可以分配给减震机构，从而就可以提供具有极佳减震机构的光学系统。另外，在根据本发明的变焦透镜系统中，实际的减震透镜系统可以这样构造，即运用方法来使第二透镜组 $G2$ 或第二透镜组的一部分沿基本上垂直于光轴的方向移动（偏移），从而在向光学系统施加振动时校正拍摄的图像移动。由变焦透镜系统的振动如照

相机抖动引起的整个透镜系统偏移光轴的量，是通过基本垂直于光轴地将变焦透镜系统的透镜组或透镜组的一部分偏移一定的合适量来偏移成像位置而进行校正的。

在根据本发明的变焦透镜系统中，优选满足下面的条件表达式(5)：

$$\Delta S/f_w < 0.1 \quad (5)$$

其中 ΔS 表示第二透镜组G2内在减震时移动的最大偏移量， f_w 表示处于广角端状态下的变焦透镜系统的焦距。

条件表达式(5)确定了第二透镜组G2内在减震时移动的最大偏移量 ΔS （沿基本垂直于光轴方向偏移的最大量）与处于广角端状态下变焦透镜系统的焦距 f_w 的比的合适范围。作为减震透镜组，尽管可以或者使用整个第二透镜组或者使用第二透镜组的一部分，但当用具有较小有效直径的透镜来构造第二透镜组的一部分时，这对于使减震机构小型化而言是比较有效的。在本发明的每一个例子中，虽然减震透镜组Gv的屈光力是负的，但是也可以设定负或者正的屈光力。

当 $\Delta S/f_w$ 的比等于或高于条件表达式(5)的上限时，第二透镜组的最大偏移量 ΔS 变得过大，从而由减震引起的像差变化变得过大，因此这是不希望的。特别地，在像平面外围，沿光轴方向经向的最佳像平面与矢向的最佳像平面之间的差别变得很大，而且产生的侧向色差和偏心慧形像差也很大，因而这是不希望的。此处，若减震透镜组Gv根本不偏移，则不可能获得减震效果，因此在条件表达式(5)中， $\Delta S > 0$ 。为了充分地获得本发明的效果，优选设定条件表达式(5)的上限为0.05。

在根据本发明的变焦透镜系统中，减震透镜系统可以通过组合下列部件来进行构造：探测拍摄透镜内的振动的振动探测器，以及基于来自一个控制器的信号和来自振动探测器的信号而设定合适振动校正

量的振动控制器，其中的控制器控制照相机的操作顺序。

而且，在根据本发明的变焦透镜系统中，为了提高光学性能，优选满足至少下面一个条件表达式（6）和（7）：

$$0.15 < \Delta N \quad (6)$$

$$-1.0 < f_{3F}/f_{3R} < -0.05 \quad (7)$$

其中 ΔN 表示在构成粘合透镜（当存在着多个粘合透镜时，该粘合透镜指的是最目标侧的粘合透镜）的正透镜和负透镜之间的d线处的折射率差，该粘合透镜具有设在第三透镜组中的衍射光学面， f_{3F} 表示第三透镜组中前透镜组的焦距， f_{3R} 表示第三透镜组中后透镜组的焦距。

在根据本发明的变焦透镜系统中，在孔径光阑S附近穿过透镜组的同轴光线的位置容易极大地偏离光轴，因而对于同轴光线的像差校正是很难的。在本发明中，当衍射光学面设在第三透镜组的前透镜组中时，发现通过将正透镜和负透镜间d线处的折射率差正确地设定在合适的范围内，如条件表达式（6）所示的，可以较好地校正前述的同轴色差，其中该正透镜和负透镜构成位于前透镜组中的粘合透镜。在这种情形下，在粘合透镜内，正透镜的折射率优选低于负透镜的折射率。当 ΔN 的值等于或者低于条件表达式（6）的下限时，校正球面像差变得很难，从而不可能获得较好的光学性能。而且，佩兹伐曲率易于变为负值，因而这是不希望的。

条件表达式（7）确定了前透镜组 f_{3F} 的焦距与第三透镜组中后透镜组 f_{3R} 的焦距的比的合适范围。当 f_{3F}/f_{3R} 的比等于或低于条件表达式（7）的下限时，后透镜组 f_{3R} 的焦距的量变得相对较小，从而在变焦时慧形像差的改变变得很大，而且在远摄端状态下失真沿负向偏移很多，因此这是不希望的。另一方面，当 f_{3F}/f_{3R} 的比等于或者高于条件表达式（7）的上限时，前透镜组 f_{3F} 的焦距的量变得相对过小，从而在变焦时球面像差的改变变得很大，因此这是不希望的。

而且，在远摄端状态下球面像差沿负向变得过大，从而不可能获得较好的光学性能。另外，在广角端状态下低级慧形像差沿负向产生，同时在远摄端状态下球面像差沿负向变得校正过度，从而也不可能获得较好的光学性能。为了充分地获得本发明的效果，优选设定条件表达式(7)的上限为 -0.2 ，同时优选设定条件表达式(7)的下限为 -0.8 。

当根据本发明的变焦透镜系统进行实际构造时，进一步优选地满足下面的构成。

为了校正各种像差，特别是同轴色差，球面像差和像场弯曲，第一透镜组仅包括由粘合双凸正透镜的负弯月透镜而构成的粘合透镜，或者额外地包括设在粘合透镜图像一侧的正弯月透镜。为了轻便的目的，优选的是第一透镜组仅包括粘合透镜。

为了较好地校正色差，第二透镜组优选具有粘合透镜。该粘合透镜优选是由从目标侧按顺序而设的正弯月透镜粘合双凹负透镜构成。在这种结构下，可以在变焦时有效地抑制球面像差和像场弯曲。考虑到在变焦时进行像差校正，优选的是在从广角端状态到远射端状态的变焦中，第二透镜组所用的放大率插入一个单位放大率(-1)地变化。

在本发明的变焦透镜系统实际构造时，第二透镜组在变焦期间可以是固定的。在这种简单的透镜结构中，在装配期间制造误差的影响很小，从而对于生产工艺而言这是较好的。

为了对不能由衍射光学面校正的二次频谱进行校正，第三透镜组优选具有由正透镜和负透镜构成的粘合透镜。而且，衍射光学面优选形成在粘合透镜的最(most)图像侧面上，该图像侧面是空气和玻璃之间的界面。这意味着当衍射光学面形成在粘合面上时，衍射光栅的高度变大，从而易于产生闪烁光。优选的是，该衍射光学面具有正屈

光力。而且，为了充分地获得本发明的效果，穿过衍射光学元件的主光线达到最大图像高度的角度是 7 度或更小。另外，通过将该衍射光学面设置在孔径光阑附近，主光线很难受到衍射偏移的影响，从而可以减少由衍射引起的图像周边的色差，因此这是希望的。

第三透镜组优选地由设在目标一侧具有正屈光力的前透镜组和设在图像一侧具有负屈光力的后透镜组构成。在这种结构下，远摄比可以很小，而且总的透镜长度可以很紧凑。前透镜组优选具有从目标侧按顺序而设的双凸透镜，粘合正透镜，和负弯月透镜。后透镜组优选具有从目标侧按顺序而设的负弯月透镜，双凸透镜和双凹透镜。在这种结构下，各种像差，特别是球面像差，像场弯曲和失真可以得到良好的校正。当后透镜组中的双凸透镜与双凹透镜间的（空气）间隔缩至尽可能短时，可以有效地缩短整个透镜长度。在这种情形中，该空气间隔优选小于双凸透镜的厚度。

在本发明中，近目标处的聚焦用所谓的“前聚焦法”来进行，即通过向前移动第一透镜组来进行。为了在聚焦期间在确保周边光量的同时不减弱主光线，可以用所谓的“内部聚焦法”来进行聚焦，即通过沿光轴移动第三透镜组或第三透镜组的一部分来进行。

当衍射光学面实际上形成在透镜表面上时，为了使其便于制造，衍射光学面优选具有一种相对于光轴的旋转对称结构（光栅结构），例如菲涅耳带片。在这种情形中，衍射光学面可以借助于精细研磨或玻璃模制像普通非球面透镜那样进行制造。而且，衍射光学面也可以制造得使在透镜表面上形成有薄树脂层，而且在该树脂层上形成有光栅结构。衍射光栅并不限于简单的单层结构，如开诺全息照片，而是可以采用重叠多个光栅结构的多层结构。当采用多层结构衍射光栅时，衍射效率的光谱特性和角度特性可以得到进一步的提高，因而这是很有利的。顺便提及，考虑到制造，槽间距优选从中心向周边单调地减小。

另外，衍射光学面优选是由 Abbe 数为 65 或更小的光学玻璃材料制成。这是因为可以很容易地形成衍射光栅，而且可以获得良好的光学性能。在根据本发明的变焦透镜系统中，通过在构成本发明变焦透镜系统的每个透镜元件之外还使用非球面透镜或梯度折射率透镜，无需说明，可以获得更好的光学性能。

在本发明中，衍射光学面具有正的屈光力，而且优选设在前透镜组中负透镜的图像一侧，该负透镜粘合有双凸透镜。当衍射光学面具有正的屈光力时，粘合面的曲率半径可以很大，从而可以有效地缩短粘合透镜的整个长度，而且易于制造该衍射光学面，因此这是有利的。另外，高阶色差很难产生，而且也有利于校正像差。

下面参照附图说明本发明的每个例子。在下面说明的三个例子中，如图 1、5 和 9 中所示的各个变焦透镜系统都包括从目标侧按顺序而设的具有正屈光力的第一透镜组 G1，具有负屈光力的第二透镜组 G2，具有正屈光力的第三透镜组 G3。当透镜组的位置状态由广角端状态变为远摄端状态时，第一透镜组 G1 与第二透镜组 G2 之间的距离发生变化，而且第二透镜组 G2 与第三透镜组 G3 之间的距离也发生变化。第三透镜组 G3 由具有正屈光力的前透镜组和具有负屈光力的后透镜组构成，前透镜组设在第三透镜组中最大空气间隔的目标一侧，后透镜组设在该最大空气间隔的图像一侧。在各个图中，像平面用参考符号“I”表示。

在每个例子中，借助于采用后面要提到的非球面表达式（8）和（9）的普通折射率和超高指数法来计算相位差。该超高指数法利用的是非球面表达式和衍射光学面的光栅节距之间确定的有限等价关系（definite equivalence）。在每个例子中，用该超高指数法的数据来表示衍射光学面，换句话说，用非球面表达式（8）和（9）的系数来表示衍射光学面。在每个例子中，在 d 线和 g 线处计算像差。相对于每

个谱线、d 线和 g 线而设的波长和折射率特定值示出在表 1 中。

表 1

	波 长	折 射 率
d 线	587.562nm	10001
g 线	435.835	7418.6853

在每个例子中，非球面表面用下面的表达式 (8) 和 (9) 表示：

$$S(y) = (y^2/r) / (1 + (1 - \kappa y^2/r^2)^{1/2}) + C_2 y^2 + C_4 y^4 + C_6 y^6 + C_8 y^8 + C_{10} y^{10} \quad (8)$$

$$R = 1 / ((1/r) + 2C_2) \quad (9)$$

其中 y 表示垂直于光轴的光线高度（入射高度）， $S(y)$ 表示垂直量，该垂直量是非球面表面顶点处的切面与高度 y 处的非球面表面间沿光轴的距离， r 表示参考曲率半径， R 表示近轴曲率半径， κ 表示圆锥系数， C_2 表示二阶非球面系统， C_4 表示四阶非球面系数， C_6 表示六阶非球面系数， C_8 表示八阶非球面系数， C_{10} 表示十阶非球面系数。

在每个例子中，通过在表面编号的右侧附上星号“*”来表示非球面表面。同时，在每个例子中，借助于采用非球面表达式 (8) 和 (9) 的普通折射率和超高指数法来计算相位差。因此，尽管非球面表达式 (8) 和 (9) 既用于非球面表面又用于衍射光学面，但是用于非球面表面的非球面表达式 (8) 和 (9) 可以显示出非球面的形状。另一方面，用于衍射光学面的非球面表达式 (8) 和 (9) 可以显示出衍射光学面的各种效果。

<例 1>

下面参看图 1 至 4 说明本发明的例 1。图 1 是示出本发明例 1 的变焦透镜系统其透镜结构的示意图。在例 1 所用的变焦透镜系统 ZL1 中，如图 1 所示，具有正屈光力的第一透镜组 G1 由从目标侧按顺序而设的粘合透镜构成，该粘合透镜由具有朝向目标的凸面的负弯月透镜 L1 粘合双凸透镜 L2 制成。具有负屈光力的第二透镜组 G2 由从目

标侧按顺序而设的粘合透镜构成，该粘合透镜由具有朝向图像的凸面的正弯月透镜 L3 粘合双凹透镜 L4 和双凹透镜 L5 而制成。具有正屈光力的第三透镜组 G3 由从目标侧按顺序而设的下列部件构成：双凸透镜 L6，孔径光阑 S，由双凸透镜 L7 粘合具有形成在图像侧表面上的非球面表面的双凹透镜 L8 构成的粘合透镜，具有朝向目标的凸面的正弯月透镜 L9，由具有朝向目标的凸面的负弯月透镜 L10 粘合双凸透镜 L11 构成的粘合透镜，以及双凹透镜 L12。

第三透镜组 G3 由设在目标一侧具有正屈光力的前透镜组 G3F 和设在图像一侧具有负屈光力的后透镜组 G3R 构成。前透镜组 G3F 由从目标侧按顺序而设的下列部件构成：双凸透镜 L6，孔径光阑 S，由双凸透镜 L7 粘合具有形成在图像侧表面上的非球面表面的双凹透镜 L8 构成的粘合透镜，以及具有朝向目标的凸面的正弯月透镜 L9。后透镜组 G3R 由从目标侧按顺序而设的下列部件构成：由具有朝向目标的凸面的负弯月透镜 L10 粘合双凸透镜 L11 构成的粘合透镜，和双凹透镜 L12。

图 2 是示出当透镜组的位置状态从广角端状态 (W) 变为远摄端状态 (T) 时，例 1 的变焦透镜系统 ZL1 其各个透镜组的变焦径迹 (trajectory) 的示意图。图 2 中示出在减震时，作为减震透镜组 Gv 的第二透镜组 G2 沿垂直于光轴的方向移动。

与本发明例 1 有关的各个值列出在表 2 中 (长度单位是 mm)。在表 2 中，[透镜数据] 最左侧一栏是表面编号，“r”表示透镜表面的曲率半径 (在非球面表面的情形中，该曲率半径是顶点处的曲率半径)，“d”表示距下一透镜表面的距离，“nd”表示 d 线处的折射率，“ng”表示 g 线处的折射率。在表 2 中，“f”表示变焦透镜系统的焦距，“FNO”表示 f 数字。上面对表 2 的注解与其它例相同。

在例 1 中，表面编号 3 表示的表面距离 d3 (换句话说，d3 是表

表 2

[透镜数据]

表面号	r	d	nd	ng	
1	47.76982	1.40000	1.755200	1.791500	L1
2	32.50521	7.04573	1.516330	1.526210	L2
3	-271.12620	d3	1.000000		
4	-157.80021	2.96408	1.846660	1.894190	L3
5	-26.46083	1.20000	1.696800	1.712340	L4
6	64.36653	2.18329	1.000000		
7	-31.31715	1.20000	1.772500	1.791970	L5
8	205.51186	d8	1.000000		
9	60.09702	4.70821	1.497000	1.504510	L6
10	-45.92341	0.80000	1.000000		
11	孔径光阑 S	1.00000	1.000000		
12	79.82689	5.81750	1.603001	1.614372	L7
13	-23.88946	1.20000	1.803840	1.834635	L8
14	135.00000	0.00000	10001	7418.68530	
15*	135.00000	0.10000	1.000000		
16	20.17320	4.36498	1.603001	1.614372	L9
17	74.08164	11.31532	1.000000		
18	24.52280	2.30769	1.804109	1.825809	L10
19	11.12758	5.45740	1.603420	1.623810	L11
20	-36.77551	1.76134	1.000000		
21	-16.78364	2.00000	1.748099	1.765893	L12
22	92.83962	38.63960	1.000000		

[非球面数据]

表面编号 15

$$K = 1.0000$$

$$C_2 = -3.50000 \times 10^{-9}$$

$$C_4 = -8.42820 \times 10^{-12}$$

$$C_6 = -7.59890 \times 10^{-14}$$

$$C_8 = -1.17000 \times 10^{-15}$$

$$C_{10} = 5.92230 \times 10^{-18}$$

[在变焦时变化的距离]

广角端状态 (W) 远摄端状态 (T)

$$C_4 = -8.42820 \times 10^{-12}$$

$$C_6 = -7.59890 \times 10^{-14}$$

$$C_8 = -1.17000 \times 10^{-15}$$

$$C_{10} = 5.92230 \times 10^{-18}$$

[在变焦时变化的距离]

	广角端状态 (W)	远摄端状态 (T)
f	56.10	194.00
FNO	3.77	5.65
d3	2.69845	35.06858
d8	20.72462	1.41745

[条件表达式的值]

$$R = 79.82689$$

$$f_w = 56.10000$$

$$L = 7.0175$$

$$f_3 = 26.75764$$

$$C = 21.47$$

$$P = 247 \mu$$

$$\Delta S = 0.5$$

$$f_{3F} = 30.43673$$

$$f_{3R} = -68.79975$$

$$(1) R/f_w = 1.422941$$

$$(2) L/f_3 = 0.262262$$

$$(3) C/f_w = 0.382709$$

$$(4) P/f_w = 0.004403$$

$$(5) \Delta S/f_w = 0.008913$$

$$(6) \Delta N = 0.200839$$

$$(7) f_{3F}/f_{3R} = -0.442396$$

[在衍射光学面处主光线的入射角]

广角端状态 (W)	远摄端状态 (T)
5.79°	4.16°

在例 1 中, 所有 (1) 至 (7) 的条件表达式都满足。同时, 在例 1 中, 减震透镜组 Gv+0.5 的移动量所对应的图像偏移量在广角端状态下是 -0.98861 (d 线), 在远摄端状态下是 -2.11920 (d 线)。当图

像偏移量的符号 (sign) 与减震透镜组 G_v 的移动量的符号相同时, 减震透镜组 G_v 的移动方向与图像的偏移方向相同。另一方面, 当这些符号不同时, 减震透镜组 G_v 的移动方向与图像的偏移方向不同。上面有关减震透镜组 G_v 符号的说明与其它例相同。

图 3 用图表示出例 1 的变焦透镜系统在广角端状态 (W) 下的各种像差。图 4 用图表示出例 1 的变焦透镜系统在远摄端状态 (T) 下的各种像差。在各个图表中, “d” 表示 d 线, “g” 表示 g 线。在示出球面像差的图表中, FNO 表示最大孔径的 f 号。在示出散光和失真的图表中, Y 表示最大图像的高度。在示出慧形像差的图表中, Y 表示每个图像的高度。在 $Y=0$ 处球面像差的横向像差用“减震时或减震前的横向像差”示出。在示出散光的图表中, 实线指示弧矢图像面, 虚线指示经向图像面。有关像差图标说明与其它例相同。

从各个图表可见, 由于在从广角端状态至远摄端状态的每种焦距状态下对各种像差总体上良好的校正, 因此例 1 的变焦透镜显示出极佳的光学性能。

<例 2>

下面参照图 5 至 8 说明本发明的例 2。图 5 是示出本发明例 2 的变焦透镜系统其透镜结构的示意图。如图 5 所示, 在例 2 所用的变焦透镜系统 ZL2 中, 具有正屈光力的第一透镜组 G1 由从目标侧按顺序而设的粘合透镜和具有朝向目标的凸面的负弯月透镜 L3 构成, 其中粘合透镜由具有朝向目标的凸面的负弯月透镜 L1 粘合双凸透镜 L2 而制成。具有负屈光力的第二透镜组 G2 由从目标侧按顺序而设的粘合透镜和双凸透镜 L6 构成, 其中粘合透镜由具有朝向图像的凸面的正弯月透镜 L4 粘合双凹透镜 L5 而制成。具有正屈光力的第三透镜组 G3 由从目标侧按顺序而设的下列部件构成: 双凸透镜 L7, 孔径光阑 S, 由双凸透镜 L8 粘合具有形成在图像侧表面上的非球面表面的双凹透镜 L9 制成的粘合透镜, 具有朝向目标的凸面的正弯月透镜 L10, 由

具有朝向目标的凸面的负弯月透镜 L11 粘合双凸透镜 L12 构成的粘合透镜，以及双凹透镜 L13。

第三透镜组 G3 由设在目标一侧具有正屈光力的前透镜组 G3F 和设在图像一侧具有负屈光力的后透镜组 G3R 构成。前透镜组 G3F 由从目标侧按顺序而设的下列部件构成：双凸透镜 L7，孔径光阑 S，由双凸透镜 L8 粘合具有形成在图像侧表面上的非球面表面的双凹透镜 L9 构成的粘合透镜，和具有朝向目标的凸面的正弯月透镜 L10。后透镜组 G3R 由从目标侧按顺序而设的下列部件构成：由具有朝向目标的凸面的负弯月透镜 L11 粘合双凸透镜 L12 构成的粘合透镜，和双凹透镜 L13。

图 6 是示意图，表示当透镜组的位置状态从广角端状态（W）变为远摄端状态（T）时，例 2 的变焦透镜系统 ZL2 其各个透镜组的变焦径迹。图 6 中示出在减震时，作为减震透镜组 Gv 的第二透镜组 G2 沿垂直于光轴的方向进行移动。

与本发明例 2 有关的各个值列出在表 3 中。在例 2 中，表面编号 5 表示的表面距离 d5（换句话说，d5 是表面编号 5 与表面编号 6 之间的距离）和表面距离 d10（换句话说，d10 是表面编号 10 与表面编号 11 之间的距离）随变焦而改变。在例 2 中，表面编号 13 是孔径光阑 S。表面编号 16 和 17 对应于衍射光学面 Gf。有关衍射光学面的各个值用上述的超高指数法示出。

表 3

[透镜数据]

表面

编号	r	d	nd	ng	
1	53.74734	1.40000	1.756920	1.788014	L1
2	32.60723	7.51878	1.516800	1.526703	L2

3	-151.34076	0.10000	1.000000		
4	84.50000	2.00000	1.516800	1.526703	L3
5	88.00000	d5	1.000000		
6	-88.81223	2.87459	1.846660	1.894150	L4
7	-25.54935	1.20000	1.696800	1.712319	L5
8	60.20040	2.22689	1.000000		
9	-33.85493	1.20000	1.748099	1.765893	L6
10	3205.27995	d10	1.000000		
11	49.62686	4.30672	1.518601	1.527667	L7
12	-74.99845	0.80000	1.000000		
13	孔径光阑 S	1.00000	1.000000		
14	65.01156	5.82118	1.603001	1.614372	L8
15	-23.76273	1.20000	1.803840	1.834635	L9
16	149.99989	0.00000	10001	7418.68530	
17*	150.00016	0.10000	1.000000		
18	20.58525	4.55222	1.603001	1.614372	L10
19	81.42333	12.09084	1.000000		
20	27.75124	0.90446	1.804109	1.825809	L11
21	11.81096	5.58386	1.603420	1.623810	L12
22	-37.34213	2.32884	1.000000		
23	-15.85966	1.22709	1.748099	1.765893	L13
24	235.22793	38.50002	1.000000		

[非球面数据]

表面编号 17

$\kappa = 1.0000$

$C_2 = 0.00000$

$C_4 = -9.47020 \times 10^{-12}$

$C_6 = 2.99610 \times 10^{-14}$

$C_8 = -3.00200 \times 10^{-15}$

$C_{10} = 1.18910 \times 10^{-17}$

[在变焦时变化的距离]

广角端状态 (W)

远摄端状态 (T)

f 56.91

194.00

FNO 3.73

5.64

d5 1.47621

33.33560

d10 20.99175

0.71119

[条件表达式的值]

$$R=65.01156$$

$$f_w=56.91133$$

$$L=7.02118$$

$$f_3=27.26234$$

$$C=22.09$$

$$P=170\mu$$

$$\Delta S=0.5$$

$$f_{3F}=29.95863$$

$$f_{3R}=-59.46041$$

$$(1) R/f_w=1.142331$$

$$(2) L/f_3=0.257541$$

$$(3) C/f_w=0.388148$$

$$(4) P/f_w=0.002987$$

$$(5) \Delta S/f_w=0.008786$$

$$(6) \Delta N=0.200839$$

$$(7) f_{3F}/f_{3R}=-0.503842$$

[在衍射光学面处主光线的入射角]

广角端状态 (W)

远摄端状态 (T)

5.69°

4.13°

在例 2 中, 所有 (1) 至 (7) 的条件表达式都满足。同时, 在例 2 中, 减震透镜组 $G_v+0.5$ 的移动量所对应的图像偏移量在广角端状态下是 -0.97941 (d 线), 在远摄端状态下是 -2.08865 (d 线)。

图 7 用图表示出例 2 的变焦透镜系统在广角端状态 (W) 下的各种像差。图 8 用图表示出例 2 的变焦透镜系统在远摄端状态 (T) 下的各种像差。从各个图表可见, 由于在从广角端状态至远摄端状态的每种焦距状态下对各种像差总体上良好的校正, 因此例 2 的变焦透镜显示出极佳的光学性能。

<例 3>

下面参照图 9 至 12 说明本发明的例 3。图 9 是示出本发明例 3

的变焦透镜系统其透镜结构的示意图。在例3所用的变焦透镜系统 ZL3 中,如图9所示,具有正屈光力的第一透镜组 G1 由从目标侧按顺序而设的粘合透镜构成,该粘合透镜由具有朝向目标的凸面的负弯月透镜 L1 粘合双凸透镜 L2 而制成。具有负屈光力的第二透镜组 G2 由从目标侧按顺序而设的粘合透镜构成,该粘合透镜由具有朝向图像的凸面的正弯月透镜 L3 粘合双凹透镜 L4 和双凹透镜 L5 而制成。具有正屈光力的第三透镜组 G3 由从目标侧按顺序而设的下列部件构成:双凸透镜 L6,孔径光阑 S,由双凸透镜 L7 粘合具有形成在图像侧表面上的非球面表面的双凹透镜 L8 而制成的粘合透镜,具有朝向目标的凸面的正弯月透镜 L9,由具有朝向目标的凸面的负弯月透镜 L10 粘合双凸透镜 L11 而制成的粘合透镜,以及双凹透镜 L12。

第三透镜组 G3 由设在目标一侧具有正屈光力的前透镜组 G3F 和设在图像一侧具有负屈光力的后透镜组 G3R 构成。前透镜组 G3F 由从目标侧按顺序而设的下列部件构成:双凸透镜 L6,孔径光阑 S,由双凸透镜 L7 粘合具有形成在图像侧表面上的非球面表面的双凹透镜 L8 而制成的粘合透镜,以及具有朝向目标的凸面的正弯月透镜 L9。后透镜组 G3R 由从目标侧按顺序而设的粘合透镜和双凹透镜 L12 构成,其中粘合透镜由具有朝向目标的凸面的负弯月透镜 L10 粘合双凸透镜 L11 而制成。

图10是一示意图,表示当透镜组的位置状态从广角端状态(W)变为远摄端状态(T)时,例3的变焦透镜系统 ZL3 其各个透镜组的变焦径迹。图10中示出在减震时,作为减震透镜组 Gv 的第二透镜组 G2 沿垂直于光轴的方向进行移动。

与本发明例3有关的各个值列出在表4中。在例3中,表面编号3表示的表面距离 d3(换句话说,d3是表面编号3与表面编号4之间的距离)和表面距离 d8(换句话说,d8是表面编号8与表面编号9之间的距离)随变焦而改变。在例3中,表面编号11是孔径光阑 S。

表面编号 14 和 15 对应于衍射光学面 Gf。有关衍射光学面的各个值用上述的超高指数法示出。

表 4

[透镜数据]

表面

编号	r	d	nd	ng	
1	51.02481	1.40000	1.756920	1.788014	L1
2	31.48045	7.51878	1.516800	1.526703	L2
3	-152.65341	d3	1.000000		
4	-88.08894	2.87459	1.846660	1.894150	L3
5	-24.67927	1.20000	1.696800	1.712319	L4
6	69.33417	2.22689	1.000000		
7	-33.77560	1.20000	1.772789	1.792324	L5
8	467.93979	d8	1.000000		
9	49.62686	4.30672	1.518601	1.527667	L6
10	-63.09478	0.80000	1.000000		
11	孔径光阑 S	1.00000	1.000000		
12	70.71528	5.82118	1.603001	1.614372	L7
13	-23.46641	1.20000	1.803840	1.834635	L8
14	150.00000	0.00000	10001	7418.68530	
15*	150.00000	0.10000	1.000000		
16	20.55443	4.36333	1.603001	1.614372	L9
17	77.58508	11.78884	1.000000		
18	27.91540	1.20000	1.804109	1.825809	L10
19	11.52770	5.28546	1.603420	1.623810	L11
20	-34.48360	2.21402	1.000000		
21	-16.26388	2.00000	1.748099	1.765893	L12
22	153.58420	38.50002	1.000000		

[非球面数据]

表面编号 15

 $\kappa = 1.0000$ $C_2 = -6.14910 \times 10^{-9}$ $C_4 = -9.47020 \times 10^{-12}$

$$C_6 = 2.99610 \times 10^{-14}$$

$$C_8 = -3.00200 \times 10^{-15}$$

$$C_{10} = 1.18910 \times 10^{-17}$$

[在变焦时变化的距离]

	广角端状态 (W)	远摄端状态 (T)
f	55.00	194.00
FNO	3.72	5.65
d5	1.57590	33.55799
d10	21.50538	1.66215

[条件表达式的值]

$$R = 70.71528$$

$$fw = 55.00007$$

$$L = 7.02118$$

$$f3 = 27.17713$$

$$C = 22.00$$

$$P = 170\mu$$

$$\Delta S = 0.5$$

$$f3F = 29.81403$$

$$f3R = -60.23696$$

$$(1) R/fw = 1.285731$$

$$(2) L/f3 = 0.258349$$

$$(3) C/fw = 0.399999$$

$$(4) P/fw = 0.003091$$

$$(5) \Delta S/fw = 0.009091$$

$$(6) \Delta N = 0.200839$$

$$(7) f3F/f3R = -0.494946$$

[在衍射光学面处主光线的入射角]

	广角端状态 (W)	远摄端状态 (T)
	5.71°	3.99°

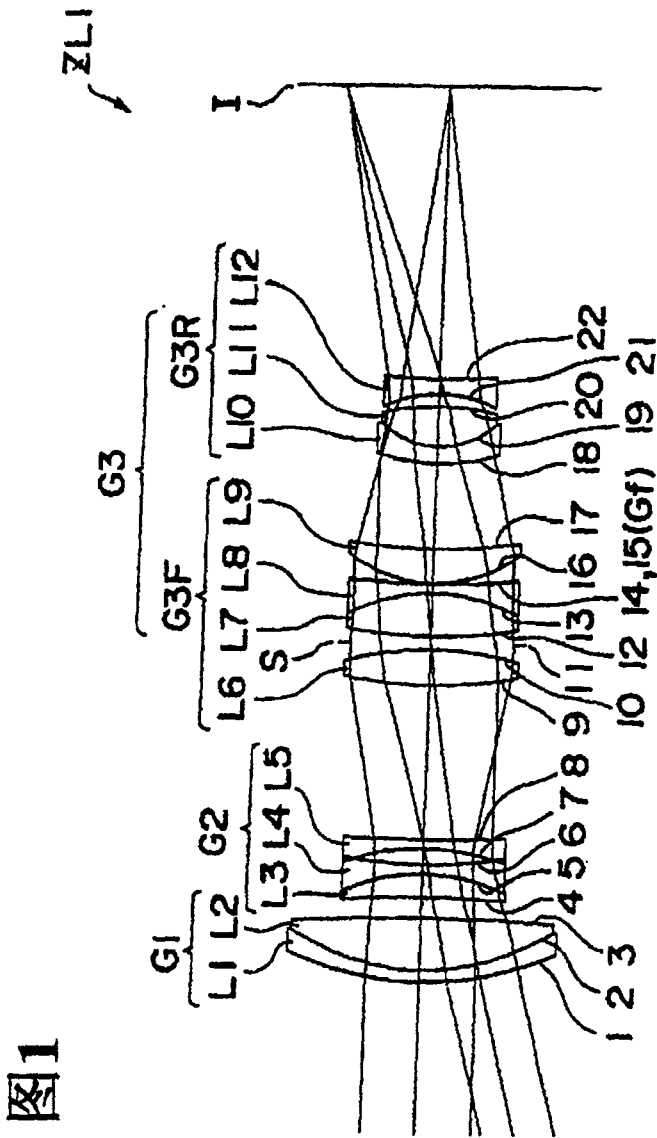
在例 3 中, 所有 (1) 至 (7) 的条件表达式都满足。同时, 在例 3 中, 减震透镜组 $Gv+0.5$ 的移动量所对应的图像偏移量在广角端状态下是 -0.97787 (d 线), 在远摄端状态下是 -2.16346 (d 线)。

图 11 用图表示出例 3 的变焦透镜系统在广角端状态 (W) 下的各种像差。图 12 用图表示出例 3 的变焦透镜系统在远摄端状态 (T)

下的各种像差。从各个图表可见，由于在从广角端状态至远摄端状态的每种焦距状态下对各种像差总体上良好的校正，因此例 3 的变焦透镜显示出极佳的光学性能。

如上所述，本发明可以提供一种适用于胶片照相机，图像照相机，数字静物照相机等的带有衍射光学元件的具有极高光学性能的变焦透镜系统，其中的衍射光学元件配备有减震机构。

本发明其它的优点和修改对于本领域的熟练人员都是显而易见的。因此，在其较宽的方面本发明并不限于此处示出和描述的具体细节，以及典型的器件。从而，只要不脱离由所附权利要求及其等同物限定的本发明的精神和范围，可以对本发明作出各种改变。



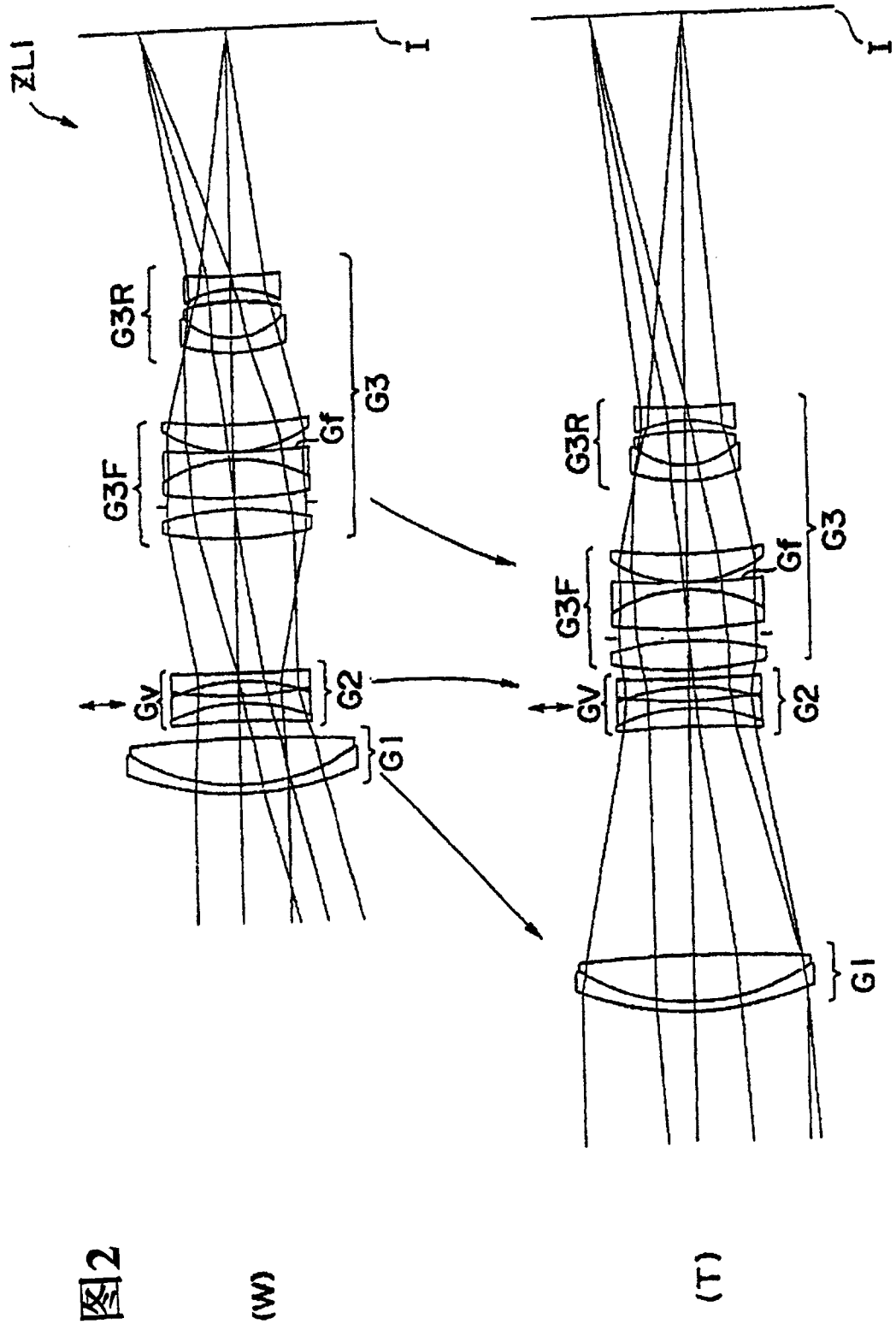
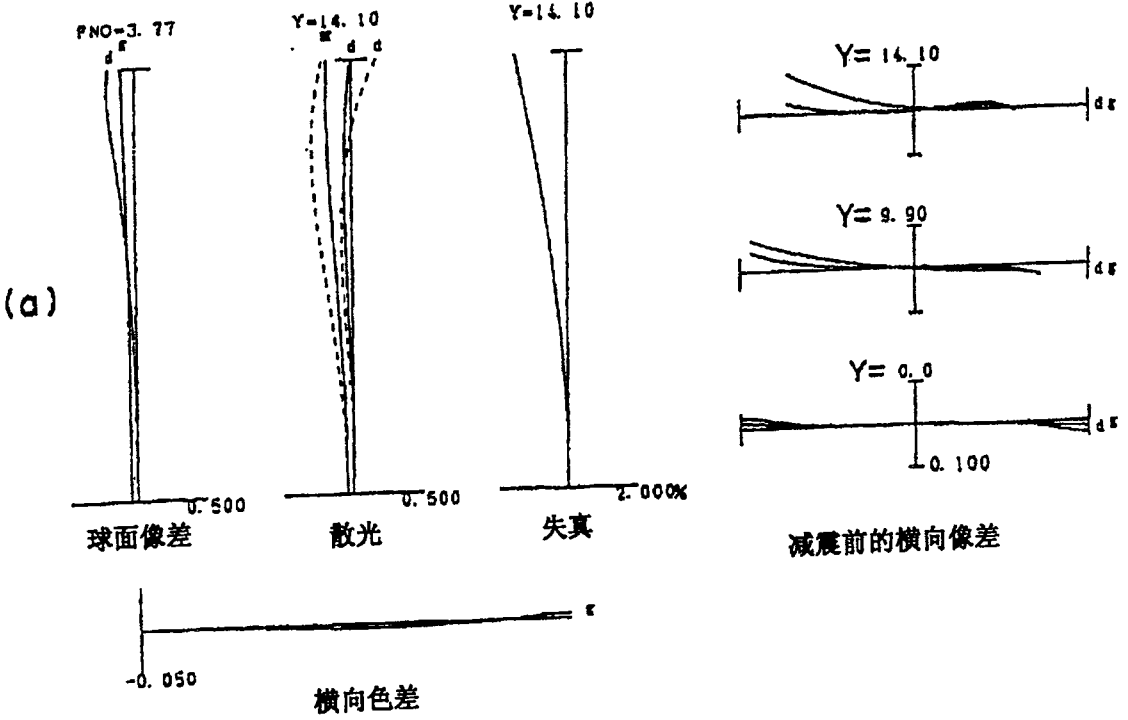


图3



(b)

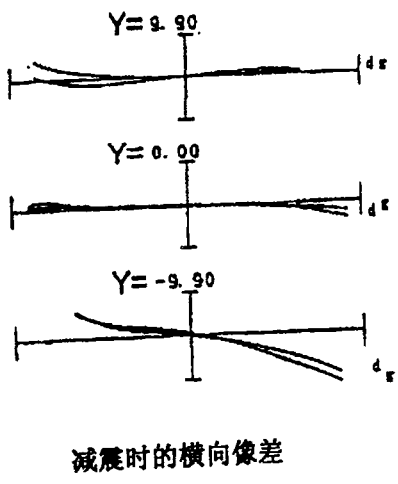
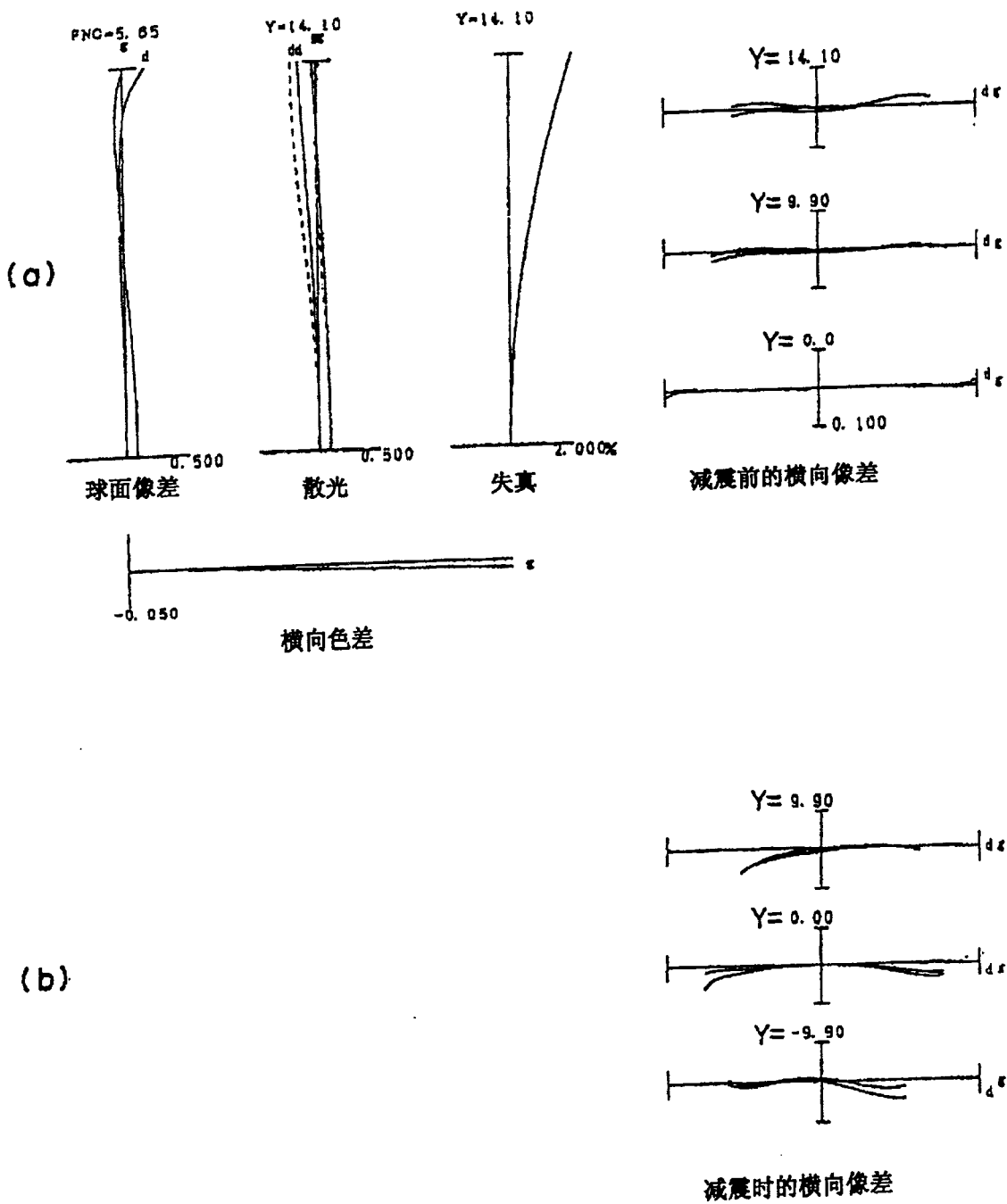
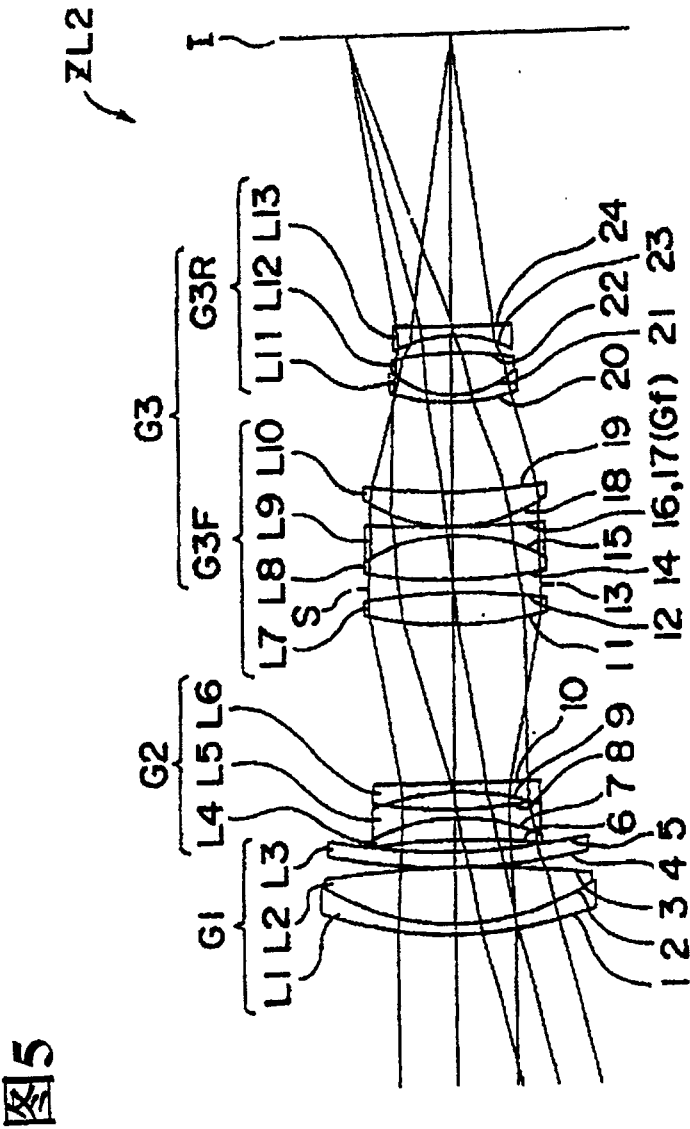


图4





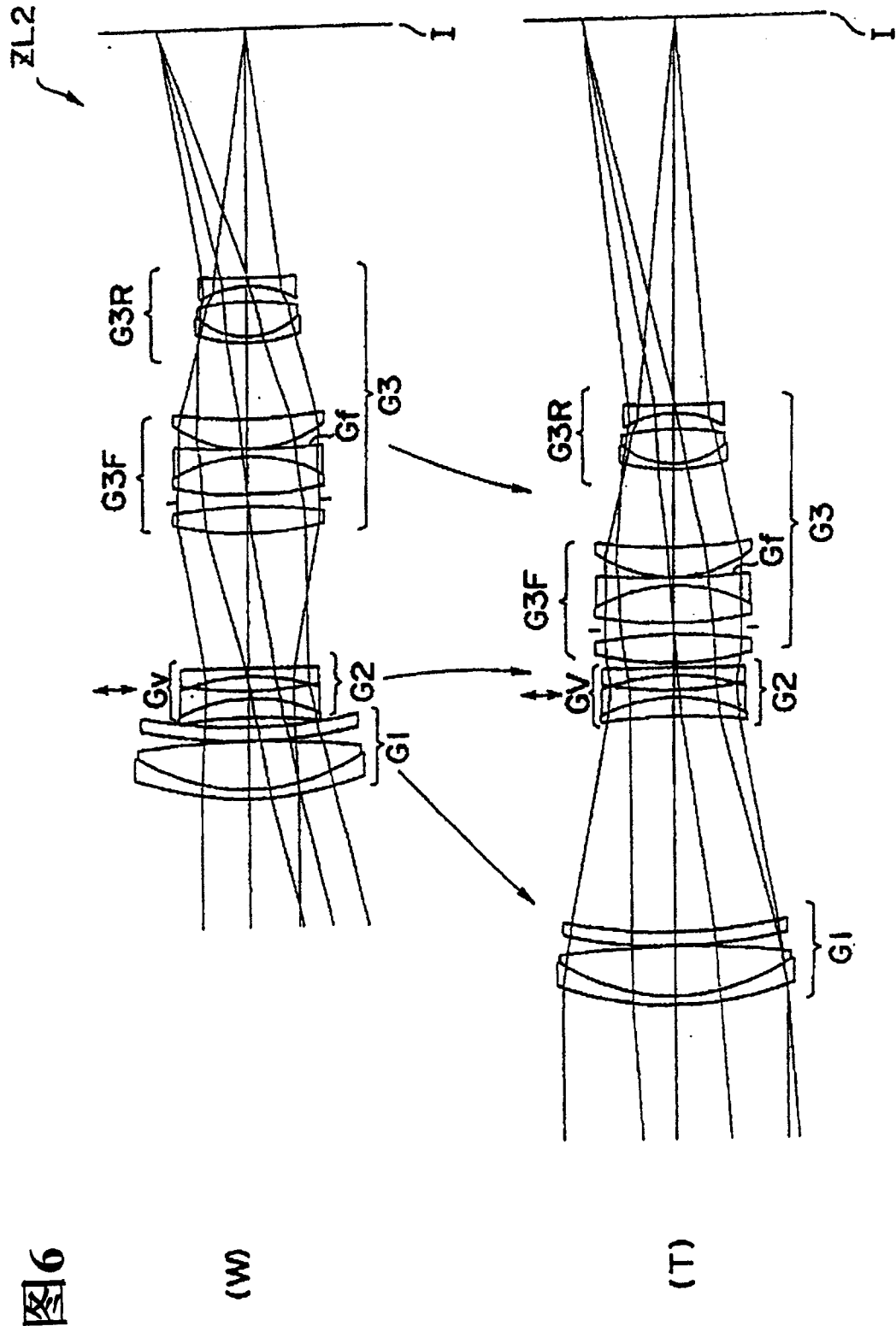
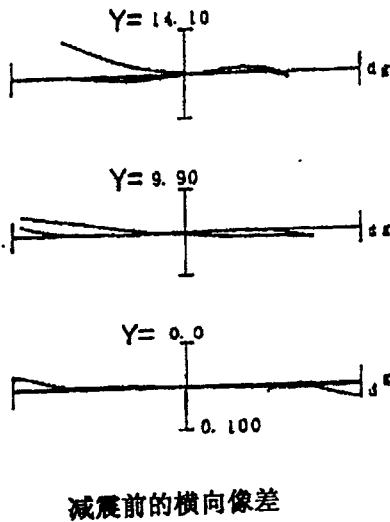
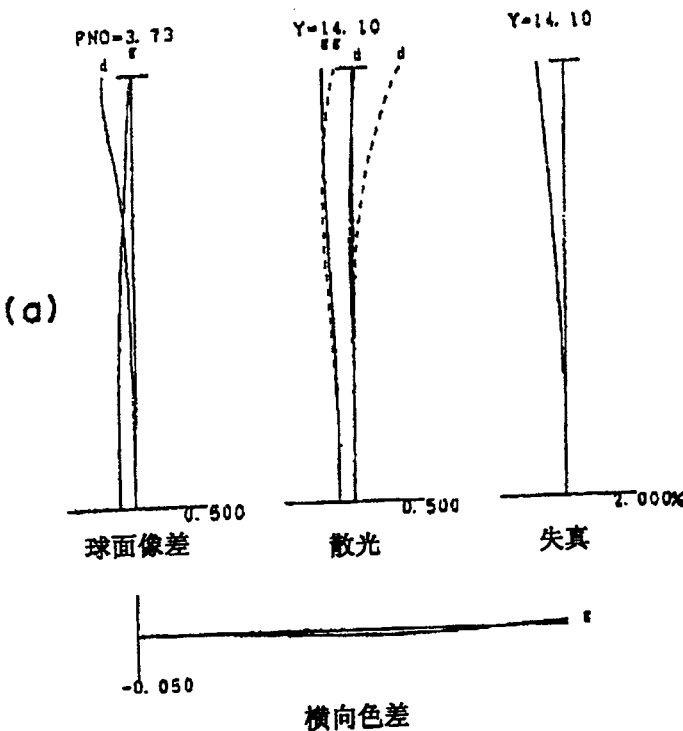


图6

(W)

(T)

图7



(b)

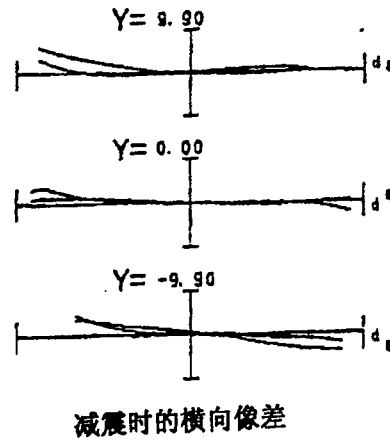
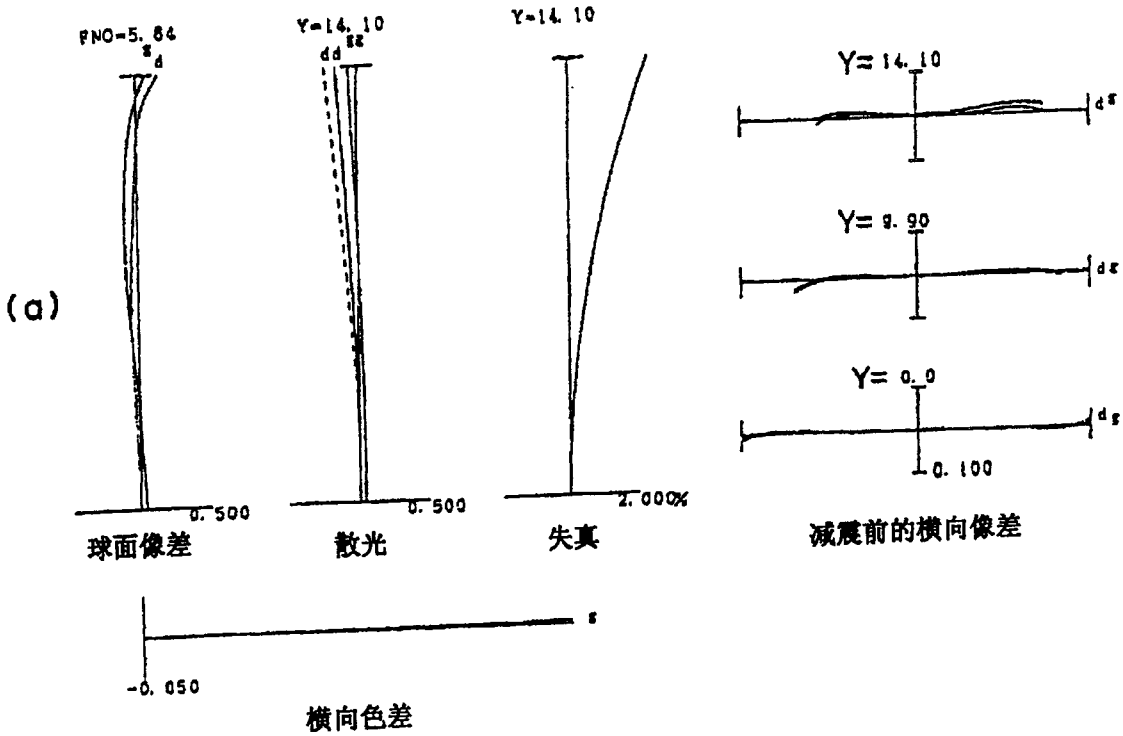
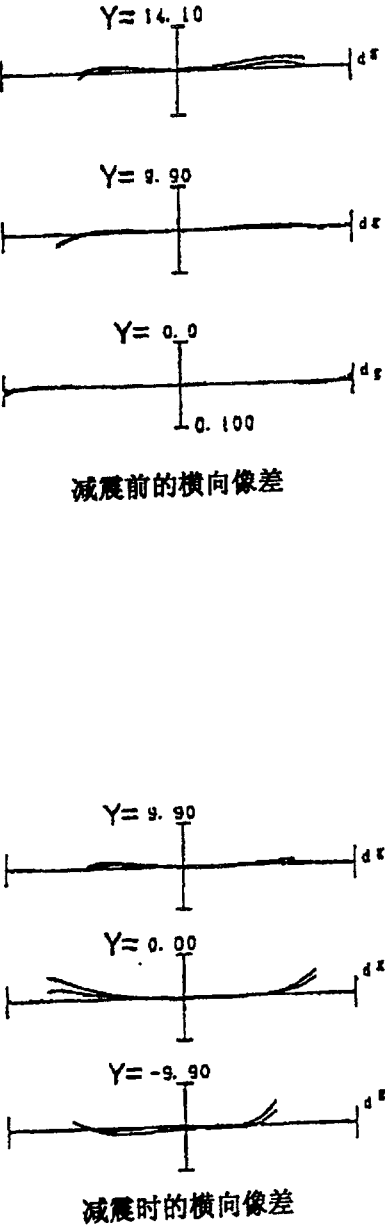
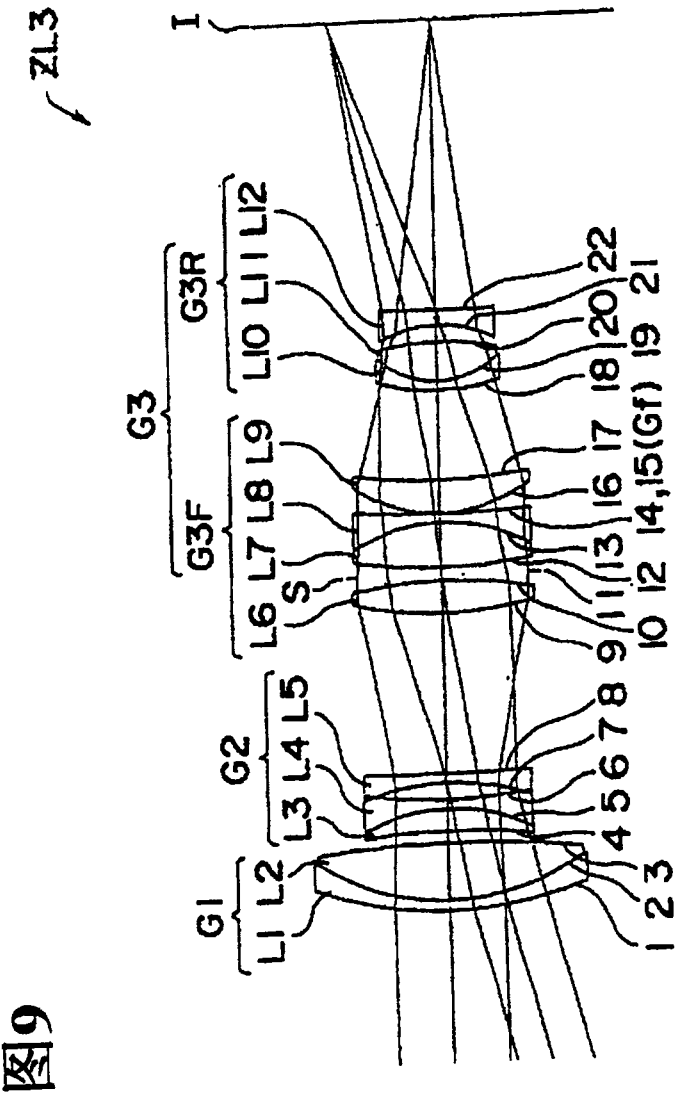


图8



(b)





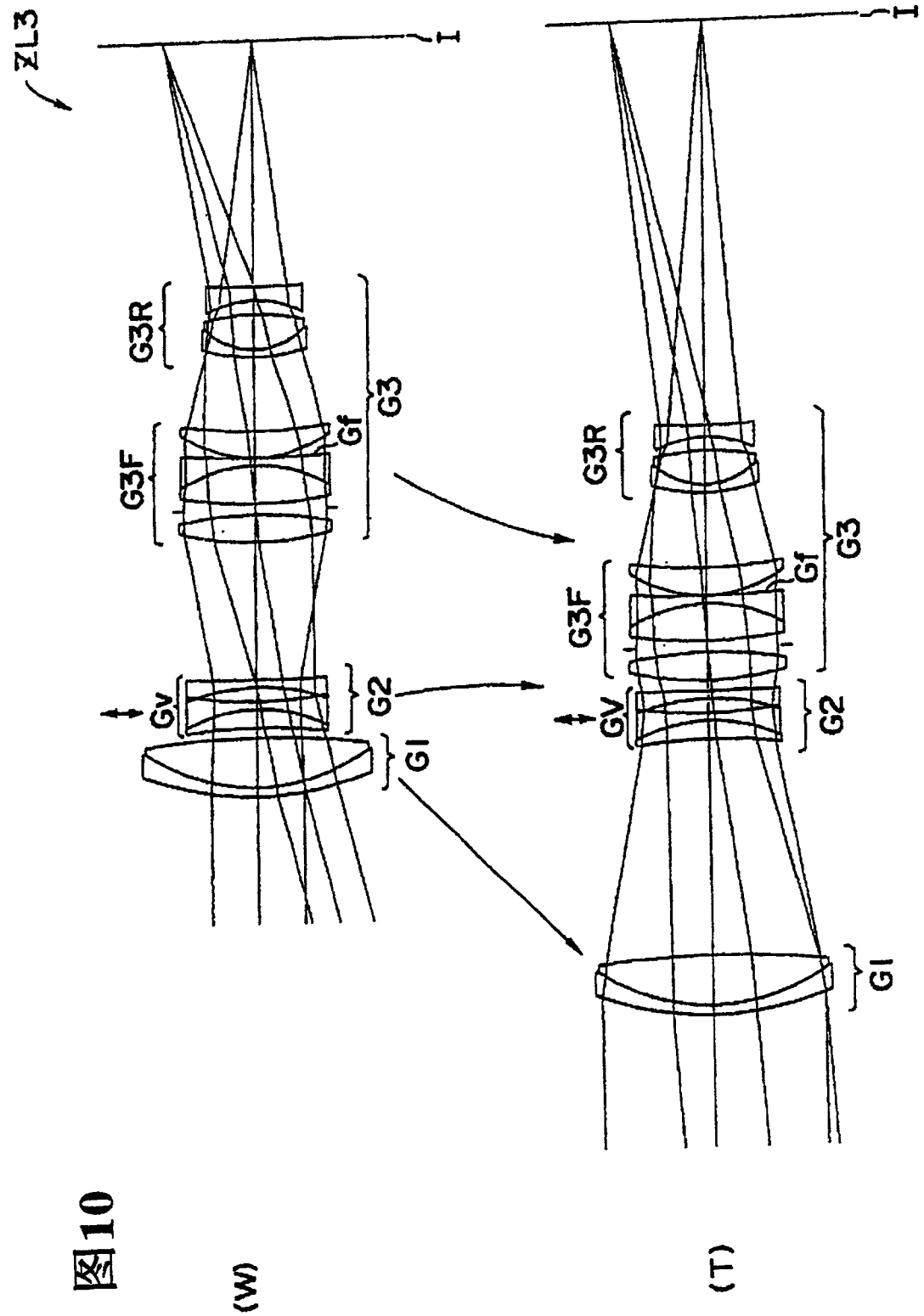


图10

图11

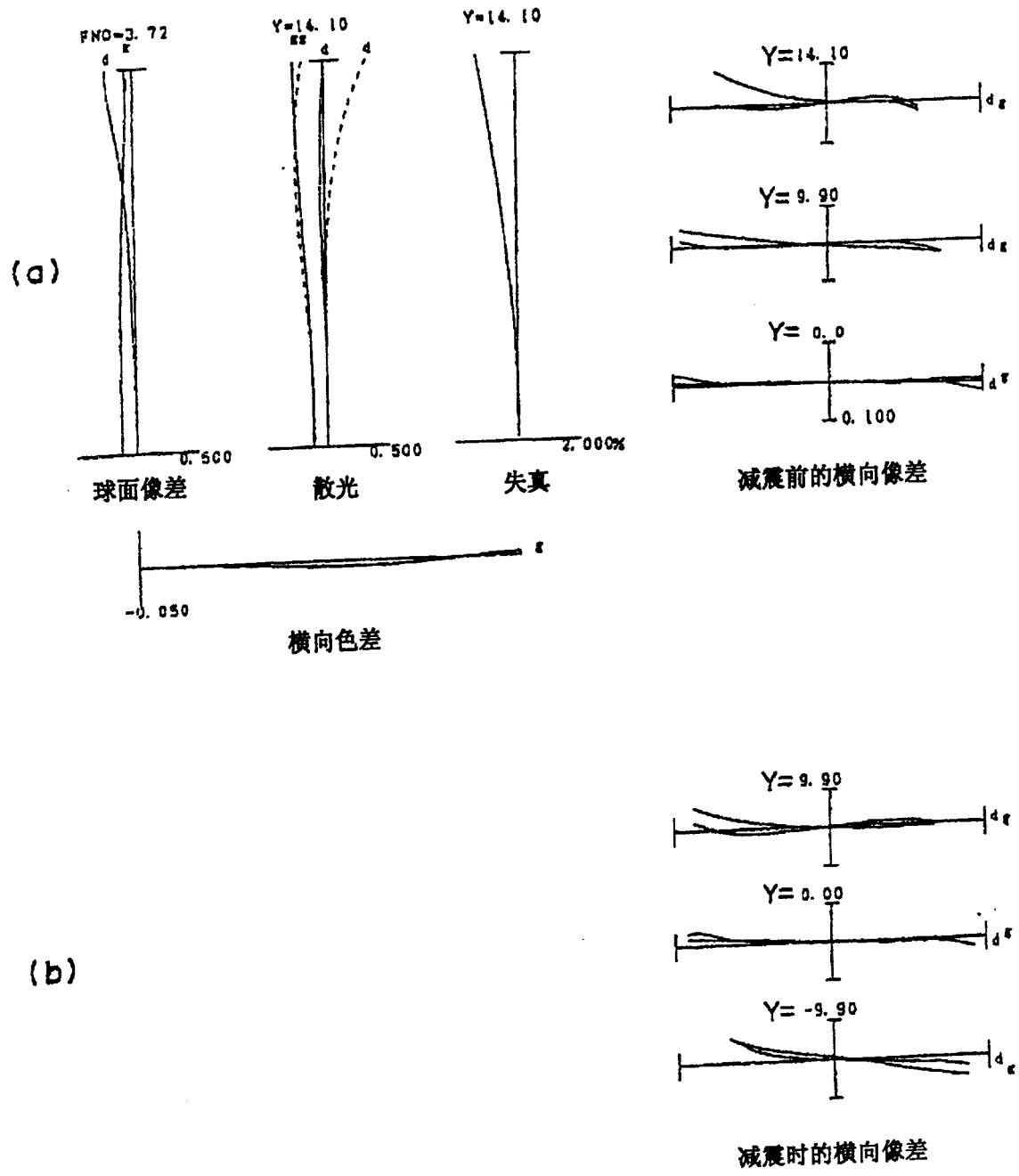


图12

