

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 9/12 (2006.01)

G02B 15/14 (2006.01)

G02B 11/16 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610065187.9

[43] 公开日 2006年10月4日

[11] 公开号 CN 1841111A

[22] 申请日 2006.3.27

[21] 申请号 200610065187.9

[30] 优先权

[32] 2005.3.29 [33] JP [31] 2005-095327

[71] 申请人 宾得株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 榎本隆

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 程伟 王锦阳

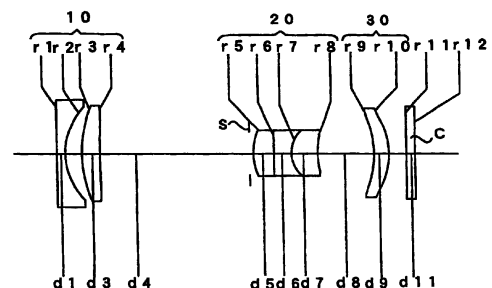
权利要求书 4 页 说明书 17 页 附图 7 页

## [54] 发明名称

变焦透镜系统

## [57] 摘要

一种变焦透镜系统，其包括按照从物方顺序的第一负透镜组、光圈、第二正透镜组和第三正透镜组。通过沿光轴方向移动第一负透镜组和第二正透镜组实现变焦。变焦透镜系统包括六片透镜元件；并且六片透镜元件分成以下透镜组：第一负透镜元件和第二正透镜元件按照从物方的顺序设置，以构成第一负透镜组。第三正透镜元件、第四负透镜元件和第五正透镜元件按照从物方的顺序相互胶合地设置，以构成第二正透镜组；和设置第六正透镜元件，以构成第三正透镜组。



1. 一种变焦透镜系统，其包括按照从物方顺序的第一负透镜组、光圈、第二正透镜组和第三正透镜组；

其中，通过沿光轴方向移动所述第一负透镜组和所述第二正透镜组实现变焦；

其中，所述变焦透镜系统包括六片透镜元件；

其中，第一负透镜元件和第二正透镜元件按照从物方的顺序设置，以构成所述第一负透镜组；

其中，第三正透镜元件、第四负透镜元件和第五正透镜元件按照从物方的顺序相互胶合地设置，以构成所述第二正透镜组；和

其中，设置第六正透镜元件，以构成所述第三正透镜组。

2. 如权利要求1所述的变焦透镜系统，其中，在从短焦距端变焦到长焦距端时，所述第一负透镜组和所述第二正透镜组之间的距离减小；和

其中，所述第二正透镜组和所述第三正透镜组之间的距离增大，而所述第三正透镜组相对于像平面保持静止。

3. 如权利要求1所述的变焦透镜系统，其满足以下条件：

$$1.2 < f_{2G} / f_w < 1.6$$

其中

$f_{2G}$ 表示所述第二正透镜组的焦距；

$f_w$ 表示所述整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距。

4. 如权利要求1所述的变焦透镜系统，其满足以下条件：

$$0.8 < f_w / f_3 < 1.2$$

其中

$f_w$ 表示所述整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距；

$f_3$ 表示所述第二正透镜组的所述第三正透镜元件的焦距。

5. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其满足以下条件:

$$-2.0 < f_w / f_4 < -1.4$$

其中

$f_w$  表示所述整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距; 和  
 $f_4$  表示所述第二正透镜组的所述第四负透镜元件的焦距。

6. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其满足以下条件:

$$0.8 < f_w / f_5 < 1.4$$

其中

$f_w$  表示所述整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距; 和  
 $f_5$  表示所述第二正透镜组的所述第五正透镜元件的焦距。

7. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其满足以下条件:

$$1.5 < |f_{1G}| / f_w < 2.5$$

其中

$f_{1G}$  表示所述第一负透镜组的焦距; 和  
 $f_w$  表示所述整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距。

8. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其满足以下条件:

$$0.2 < f_{2G} / f_6 < 0.5$$

其中

$f_{2G}$  表示所述第二正透镜组的焦距; 和  
 $f_6$  表示所述第六正透镜元件的焦距。

9. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统, 其满足以下条件:

$$0.5 < \sum 2G / f_w < 1.0$$

其中

$\sum 2G$  表示从所述第二正透镜组的最靠物方侧的表面到其最靠像方侧的表面的距离; 和

$f_w$  表示所述整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距。

10. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其满足以下条件：

$$(N_n - N_p) / r_{c2} < 0.1$$

其中

$N_n$  表示所述第二正透镜组的所述第四负透镜元件的 d 线的折射率；

$N_p$  表示所述第二正透镜组的所述第五正透镜元件的 d 线的折射率；

$r_{c2}$  表示所述第二正透镜组的所述第四负透镜元件和所述第五正透镜元件之间胶合面的曲率半径。

11. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其满足以下条件：

$$12 < v_p - v_n$$

其中

$v_p$  表示所述第二正透镜组的所述第三正透镜元件和所述第五正透镜元件的平均阿贝数；

$v_n$  表示所述第二正透镜组的所述第四负透镜元件的阿贝数。

12. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其满足以下条件：

$$10^\circ < \beta_W < 25^\circ$$

其中

$\beta_W$  表示由光轴和在短焦距端的最大像高的主光线形成的角度；

13. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其满足以下条件：

$$\beta_W - \beta_T < 12^\circ$$

其中

$\beta_W$  表示由光轴和在短焦距端的最大像高的主光线形成的角度；

$\beta_T$  表示由光轴和在长焦距端的最大像高的主光线形成的角度。

14. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其满足以下条件：

$$0 < r_{c1}$$

其中

$r_{c1}$  表示所述第二正透镜组的所述第三正透镜元件和所述第四负透

镜元件之间胶合面的曲率半径。

15. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其满足以下条件：

$$2.8 < f_T / f_W$$

其中

$f_T$  表示所述整个变焦透镜系统在长焦距端的焦距；

$f_W$  表示所述整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距。

16. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其中，通过以下所述透镜组的移动模式之一实现调焦：

仅移动所述第一负透镜组；

仅移动所述第二正透镜组；或

整体移动所述第一负透镜组和所述第二正透镜组。

## 变焦透镜系统

### 技术领域

本发明涉及变焦透镜系统，尤其是涉及适用于数字照相机的超小型变焦透镜系统。

### 背景技术

近年来，具有照相功能的移动电话和 PDA（个人数字助手）迅速普及。因此，需要在其中包含成像装置的数字照相机的进一步小型化和更高的图像质量。为了提供更高的图像质量，需要成像装置获得大约 1/3 英寸（对角线图像高度=3.0mm）或更大尺寸的图像。

同样，自然需要为更高像素化设计的变焦透镜系统，以进一步小型化和获得更高的图像质量。但是，在主要用于具有照相功能的移动电话的常规变焦透镜系统中，变焦透镜系统的透镜元件的数量大约是三片或四片，其不足以获得更高的图像质量。另一方面，通常用于数字照相机的变焦透镜系统包括六至八片透镜元件；应该理解，这种数量的透镜元件（6-8）不能获得变焦透镜系统的足够小型化。

作为小型化的变焦透镜系统，一般采用负引导型（negative-lead）变焦镜头系统，其中，具有负折射率的透镜组位于其最靠物方侧。就这种系统而言，已知以下两种负引导型变焦镜头系统：

- (i) 两片透镜组布置的负引导型变焦镜头系统，即，具有负折射率的第一透镜组（在下文中，第一负透镜组），和具有正折射率的第二透镜组（在下文中，第二正透镜组），按这个顺序从物方起；和
- (ii) 三片透镜组布置的负引导型变焦透镜系统，即，第一负透镜组，第二正透镜组和具有正折射率的第三透镜组（在下文中，第三正透镜组），按照这个顺序从物方起。

在两片透镜组布置的负引导型变焦透镜系统中，一般通过增加在第二正透镜组中的透镜元件的数量来努力实现变焦透镜系统的进一步小型化。由于这种布置而导致放大率增大，并且第二正透镜组的行进

距离 (traveling distance) 变得更短。

在三片透镜组布置的负引导型变焦透镜系统中, 透镜组的数量增加, 而透镜元件的数量也增加。因此, 每个透镜组的行进距离可以更短; 但是, 为了获得变焦透镜系统的进一步小型化的目的, 很难确定透镜组和透镜元件两者数量的增加、变焦透镜系统的整个长度和透镜组直径的增加三者之间的平衡。

本发明以三片透镜组布置的变焦透镜系统进行具体实现, 即, 按照从物方顺序的第一负透镜组、第二正透镜组和第三正透镜组。也就是说, 本发明提供三片透镜组布置的超小型变焦透镜系统, 其由较少数量的透镜元件构成, 并能够满足成像装置的更高像素化。

## 发明内容

根据本发明的一方面, 提供包括按照从物方顺序的第一负透镜组、光圈 (diaphragm)、第二正透镜组、和第三正透镜组的变焦透镜系统。

通过沿光轴方向移动第一负透镜组和第二正透镜组来执行变焦。

特别是, 变焦透镜系统包括六片透镜元件; 六片透镜元件被分成以下透镜组:

按照从物方的顺序设置第一负透镜元件和第二正透镜元件, 以构成第一负透镜组;

按照从物方的顺序设置第三正透镜元件、第四负透镜元件和第五正透镜元件, 这些透镜元件相互胶合, 以构成第二正透镜组; 和

设置第六正透镜元件, 以构成第三正透镜组。

根据本发明的变焦透镜系统, 在从短焦距端变焦到长焦距端时, 第一负透镜组和第二正透镜组之间的距离减小; 第二正透镜组和第三正透镜组之间的距离增大, 而第三正透镜组相对像平面保持静止。

变焦透镜系统优选满足以下条件:

$$1.2 < f_{2G} / f_w < 1.6 \quad (1)$$

其中

$f_{2G}$  表示第二正透镜组的焦距;

$f_w$  表示整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距。

变焦透镜系统优选满足以下条件:

$$0.8 < f_w / f_3 < 1.2 \quad (2)$$

其中

$f_w$ 表示整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距；和  
 $f_3$ 表示第二正透镜组的第三正透镜元件的焦距。

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$-2.0 < f_w / f_4 < -1.4 \quad (3)$$

其中

$f_w$ 表示整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距；和  
 $f_4$ 表示第二正透镜组的第四负透镜元件的焦距。

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$0.8 < f_w / f_5 < 1.4 \quad (4)$$

其中

$f_w$ 表示整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距；和  
 $f_5$ 表示第二正透镜组的第五正透镜元件的焦距。

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$1.5 < |f_{1G}| / f_w < 2.5 \quad (5)$$

其中

$f_{1G}$ 表示第一负透镜组的焦距；和  
 $f_w$ 表示整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距。

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$0.2 < f_{2G} / f_6 < 0.5 \quad (6)$$

其中

$f_{2G}$ 表示第二正透镜组的焦距；和  
 $f_6$ 表示第六正透镜元件（第三正透镜组）的焦距。

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$0.5 < \sum 2G / f_w < 1.0 \quad (7)$$

其中

$\sum 2G$ 表示从第二正透镜组的最靠物方侧表面到其最靠像方侧表面的距离；和

$f_w$ 表示整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距。

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$(N_n - N_p) / r_{c2} < 0.1 \quad (8)$$

其中

$N_n$  表示第二正透镜组的第四负透镜元件的 d 线(d-line)的折射率；

$N_p$  表示第二正透镜组的第五正透镜元件的 d 线的折射率；和

$r_{c2}$  表示第二正透镜组的第四负透镜元件和第五正透镜元件之间胶合面 (bonding surface) 的曲率半径。

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$12 < v_p - v_n \quad (9)$$

其中

$v_p$  表示第二正透镜组的第三正透镜元件和第五正透镜元件的平均阿贝数；和

$v_n$  表示第二正透镜组的第四负透镜元件的阿贝数。

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$10^\circ < \beta_W < 25^\circ \quad (10)$$

其中

$\beta_W$  表示由光轴和在短焦距端的最大像高的主光线形成的角度；

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$\beta_W - \beta_T < 12^\circ \quad (11)$$

其中

$\beta_W$  表示由光轴和在短焦距端的最大像高的主光线形成的角度；和

$\beta_T$  表示由光轴和在长焦距端的最大像高的主光线形成的角度。

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$0 < r_{c1} \quad (12)$$

其中

$r_{c1}$  表示第二正透镜组的第三正透镜元件和第四负透镜元件之间胶合面的曲率半径。

变焦透镜系统优选满足以下条件：

$$2.8 < f_T / f_W \quad (13)$$

其中

$f_T$  表示整个变焦透镜系统在长焦距端的焦距；和

$f_w$  表示整个变焦透镜系统在短焦距端的焦距。

对于本发明的变焦透镜系统，可能通过以下透镜组的移动模式之一进行聚焦：

- (i) 仅移动第一负透镜组；
- (ii) 仅移动第二正透镜组；或
- (iii) 整体移动第一负透镜组和第二正透镜组。

本公开涉及日本专利申请 No.2005-95327 中包含的主题(2005年3月29日提交)，其整个内容清楚地并入在此。

### 附图说明

下面将参照附图详细描述本发明，其中：

图1是根据本发明第一实施例的变焦透镜系统的透镜布置；

图2A、2B、2C和2D表示图1所示的透镜布置在短焦距端产生的像差；

图3A、3B、3C和3D表示图1所示的透镜布置在中间焦距位置产生的像差；

图4A、4B、4C和4D表示图1所示的透镜布置在长焦距端产生的像差；

图5是根据本发明第二实施例的变焦透镜系统的透镜布置；

图6A、6B、6C和6D表示图5所示的透镜布置在短焦距端产生的像差；

图7A、7B、7C和7D表示图5所示的透镜布置在中间焦距位置产生的像差；

图8A、8B、8C和8D表示图5所示的透镜布置在长焦距端产生的像差；

图9是根据本发明第三实施例的变焦透镜系统的透镜布置；

图10A、10B、10C和10D表示图9所示的透镜布置在短焦距端产生的像差；

图11A、11B、11C和11D表示图9所示的透镜布置在中间焦距位置产生的像差；

图12A、12B、12C和12D表示图9所示的透镜布置在长焦距端产

生的像差；

图 13 是用于根据本发明的变焦透镜系统的透镜组移动路径的示意图。

### 具体实施方式

如图 13 的透镜组移动路径所示，本发明的变焦透镜系统包括按照从物方顺序的第一负透镜组 10、光圈 S、第二正透镜组 20 和第三正透镜组 30。

第一负透镜组 10 包括按照从物方顺序的第一负透镜元件和第二正透镜元件。

第二正透镜组 20 包括按照从物方顺序的第三正透镜元件、第四负透镜元件和第五正透镜元件（即，三片型的透镜布置），这些透镜元件相互胶合（bonded）。

第三正透镜组 30 包括第六正透镜元件。

在从短焦距端（W）变焦到长焦距端（T）时，第一负透镜组 10 首先朝像方移动，然后，朝物方移动；第二正透镜组 20 单一地朝物方移动；第三正透镜组 30 保持静止（即，相对像平面 I 不移动）。

由于透镜组在变焦时的上述移动，第一负透镜组 10 和第二正透镜组 20 之间的距离首先大大地减小，然后逐渐减小；第二正透镜组 20 和第三正透镜组 30 之间的距离单一地增大；而光圈 S 与第二正透镜组 20 一起移动。

对于变焦透镜系统，可能通过以下透镜组的移动模式之一来进行聚焦：

- (i) 仅移动第一负透镜组 10；
- (ii) 仅移动第二正透镜组 20；或
- (iii) 整体移动第一负透镜组 10 和第二正透镜组 20。

第一负透镜组 10 由两片透镜元件（第一负透镜元件和第二正透镜元件）构成，从而实现小型化。特别是，为了校正畸变，期望利用非球面。已知用三片透镜元件构成第一负透镜组；但是，三片透镜元件使第一负透镜组的厚度增加，从而使其小型化变得困难。

关于三片型第二正透镜组 20，为了小型化，全部三片透镜元件相

互胶合。

如上所述，整个第二正透镜组 20 具有正折射率，并包括三片光学元件；习惯做法是用两片正透镜元件和一片负透镜元件构成第二正透镜组。

在考虑校正球差的情况下，经常采用这种第二正透镜组，其包括按照从物方顺序的两片具有很大正折射率的透镜元件和负透镜元件。但是，因为正透镜元件的凸面不得不相互接触，胶合三片透镜元件变得很困难。

另一方面，在按照从物方顺序设置正透镜元件、负透镜元件和正透镜元件的情况下，这种布置适于校正像差；但是，应该理解，正透镜元件和负透镜元件的偏心灵敏度（sensitivity of decentration）变得明显。为了避免这种缺陷，通过胶合所有三片透镜元件，(i) 可以获得第二正透镜组 20 的小型化，(ii) 可以适当地校正在其中产生的像差，(iii) 可以改善各个透镜元件的偏心灵敏度。

也就是说，即使将各个透镜元件的偏心灵敏度和透镜元件之间的距离灵敏度设定得更高，由于加工误差引起的光学性能的劣化可以最小，第二正透镜组的厚度，即，从其最靠物方侧到最靠像方侧的距离，也可以减小。

而且，通过在第二正透镜组 20 的后面（在像方侧）设置第三正透镜组 30，可以实现足够的小型化和远心性（telecentricity）。在本发明中，通过用单透镜元件（第六正透镜元件）构成第三正透镜组 30，可以获得第三正透镜组 30 的小型化。

条件（1）涉及第二正透镜组 20 的焦距。

如果第二正透镜组 20 的折射率变小到  $f_{2G} / f_w$  超过条件（1）的上限范围的程度，则第二正透镜组 20 的行进距离变得更长，从短焦距端到长焦距端增大。当  $f_{2G} / f_w$  超过条件（1）的上限时，如果努力使变焦透镜系统最小化，则第一负透镜组 10 的折射率不得不设定得更大，而像差，特别是在短焦距端的慧差大大地产生。因此，第二正透镜组 20 和第三正透镜组 30 的像差校正变得困难。

如果第二正透镜组 20 的折射率变大到  $f_{2G} / f_w$  超过条件（1）的下限范围的程度，则第二正透镜组 20 的行进距离变得更短，从而可以使

整个变焦透镜系统小型化。但是，像差，特别是球差大大地产生。因此，第一负透镜组 10（两片透镜元件）和第三正透镜组 30（单透镜元件）的像差校正变得困难。

条件（2）涉及第二正透镜组 20 的第三正透镜元件的焦距。

如果第三正透镜元件的折射率变大到  $f_w / f_3$  超过条件（2）的上限范围的程度，则第二正透镜组 20 的折射率可以更大；但是，仅在第三正透镜元件中产生的球差变得更大，从而使该球差的校正变得困难。

如果第三正透镜元件的折射率变小到  $f_w / f_3$  超过条件（2）的下限范围的程度，则不能使第二正透镜组 20 的正折射率更大。当  $f_w / f_3$  超过条件（2）的下限时，如果努力使变焦透镜系统的整个长度最小化，则第二正透镜组 20 的大多数正折射率不得不由其第五正透镜元件承担。因此，在第五正透镜元件中产生的球差变得更大，从而使该球差的校正变得困难。

条件（3）涉及第二正透镜组的第四负透镜元件的焦距。

如果第四负透镜元件的折射率变小到  $f_w / f_4$  超过条件（3）的上限范围的程度，则在第二正透镜组 20 中产生的球差校正不足，从而使球差的校正变得困难。

如果第四负透镜元件的折射率变大到  $f_w / f_4$  超过条件（3）的下限范围的程度，则第二正透镜组 20 中的负折射率变得太大。当  $f_w / f_4$  超过条件（3）的下限时，如果努力使变焦透镜系统的整个长度最小化，则第三正透镜元件的折射率和第五正透镜元件的折射率不得不大于为了保证第二正透镜组 20 的正折射率所必须的折射率。因此，在第三和第五两个正透镜元件中产生的球差变得更大，从而使该球差的校正变得困难。

条件（4）涉及第二透镜组 20 的第五正透镜元件的焦距。

如果第五正透镜元件的折射率变大到  $f_w / f_5$  超过条件（4）的上限范围的程度，则可以使第二正头透镜组 20 的正折射率更大；但是，仅在第五正透镜元件中产生的球差变得更大，从而使该球差的校正变得困难。

如果第五正透镜元件的折射率变小到  $f_w / f_5$  超过条件（4）的下限范围的程度，则第二正透镜组 20 的正折射率不能更大。当  $f_w / f_5$  超过

条件(4)的下限时,如果努力使变焦透镜系统的整个长度最小化,则第二正透镜组20的大多数正折射率不得不由其第三正透镜元件承担。因此,在第三正透镜元件中产生的球差变得更大,从而使球差的校正变得困难。

条件(5)涉及第一负透镜组10的焦距。

如果第一负透镜组10的负折射率变小到 $|f_{1G}|/f_w$ 超过条件(5)的上限范围的程度,则第二正透镜组20不得不极大地承担折射率,以便减小变焦透镜系统的整个长度。因此,在第二正透镜组20中大大地产生像差,特别是球差,从而使通过第一负透镜组10和第三正透镜组30校正该球差变得困难。

如果第一负透镜组10的负折射率变大到 $|f_{1G}|/f_w$ 超过条件(5)的下限范围的程度,则第一负透镜组10的行进距离变得更短,其有利于变焦透镜系统的小型化。但是,大大地产生负畸变,并且由于较少数量的透镜元件构成第一负透镜组10而导致校正该畸变变得困难。

条件(6)涉及在第二正透镜组20和第三正透镜组30(第六透镜元件)上的折射率分布。

如果 $f_{2G}/f_6$ 超过条件(6)的上限,则第二正透镜组20的折射率分布变小(即,第二正透镜组20的折射率变得相对小),第一负透镜组10不得不极大地承担折射率,以便减小变焦透镜系统的整个长度。因此,像差,特别是在短焦距端的慧差大大地在第一负透镜组10中产生,从而使通过第二正透镜组20和第三正透镜组30校正该像差变得困难。

如果 $f_{2G}/f_6$ 超过条件(6)的下限,则第三正透镜组30的折射率分布变得更小(即,第三正透镜组30的折射率变得相对小),出瞳靠近像平面,从而远心性恶化。而且,第二正透镜组20的折射率变得相对大,在第二正透镜组20中大大地产生球差。

条件(7)涉及第二正透镜组20的厚度。

如果 $\sum 2G/f_w$ 超过条件(7)的上限,则第二正透镜组20的厚度(即,从其最靠物方侧到最靠像方侧的距离)增大。因此,第二正透镜组20的折射率需要变得非常大,从而大大地产生像差,特别是球差。因此,

通过第一负透镜组 10 和第三正透镜组 30 的像差校正变得困难。

如果  $\sum 2G/f_w$  超过条件 (7) 的下限, 则第二正透镜组 20 的正折射率变得更小, 这是因为第二正透镜组 20 中的透镜元件的数量较少。因此, 像差, 特别是球差和慧差的校正变得困难。

条件 (8) 涉及第二正透镜组 20 的第四负透镜元件和第五正透镜元件之间的胶合面的曲率半径。

如果  $(N_n - N_p)/r_{c2}$  超过条件 (8) 的上限, 则胶合面处的折射率变得更大, 从而使球差的校正变得困难。

条件 (9) 涉及第二正透镜组 20 的两片正透镜元件和一片负透镜元件的 d 线的阿贝数的差。在第二正透镜组 20 的透镜元件的数量较小的情况下, 优选玻璃材料, 从而使材料的阿贝数的差较大, 用于校正色差。

如果  $v_p - v_n$  超过条件 (9) 的下限, 则不能充分进行色差, 特别是轴向色差的校正。

条件 (10) 涉及由光轴和在短焦距端的最大像高的主光线形成的角度。该条件涉及变焦透镜系统的远心性。

如果  $\beta W$  超过条件 (10) 的上限, 则以直角入射到像平面上的主光线极大地偏离像平面的法线。该极大偏离的主光线是造成阴影 (shading) 的原因。

如果  $\beta W$  超过条件 (10) 的下限, 则在短焦距端的后焦距 (back focal length) 变大, 从而使变焦透镜系统的整个长度和直径变得更大。

条件 (11) 分别涉及由光轴与在短焦距端的最大像高的主光线形成的角度差, 和由光轴与在长焦距端的最大像高的主光线形成的角度差。该条件涉及在变焦透镜系统中产生的阴影。

如果角度差变大到条件 (11) 的  $\beta W - \beta T$  上限范围的程度, 则产生阴影。

条件 (12) 涉及第二正透镜组 20 的第三正透镜元件和第四负透镜元件之间的胶合面的曲率半径。即, 该条件 (12) 涉及在构成第二正透镜组 20 的三片透镜元件中, 物方侧的两个透镜元件的胶合面的曲率半径。因为上述胶合面具有较大的曲率半径, 所以可能形成凸胶合面或凹胶合面, 以便校正像差。

通过满足条件 (12)，第三正透镜元件的像方侧表面变成凹面。第三正透镜元件的该像方侧凹面可以有利地用于以下三片透镜元件的胶合过程：

(i) 面朝其物方侧表面向下水平设定第三正透镜元件，从而使第四负透镜元件沿垂直于水平方向的竖直向上方向胶合到第三正透镜元件上；和

(ii) 设定第三正透镜元件的物方侧表面作为胶合的参考面，从而使其像方侧凹面能够容纳粘接剂，当第四负透镜元件胶合到第三正透镜元件的像方侧凹面上时，不让粘接剂从像方侧凹面流出。

而且，因为第四负透镜元件的像方侧表面最初被制成深凹面（即，当这些元件在胶合过程中时，第三正透镜元件和第四负透镜元件的最上表面），当第五正透镜元件胶合到第四负透镜元件的像方侧深凹面上时，粘接剂不会从第四负透镜元件的像方侧深凹面流出。

在上述胶合过程中，三片透镜元件能够相互胶合，而第三正透镜元件的物方侧表面固定作为胶合的参考面。因此，在制造阶段可以减小偏心。

如果  $r_{c1}$  超过条件 (12) 的下限，则第三正透镜元件的像方侧表面变成凸面，从而使粘接剂不能容纳在其中。

因此，当  $r_{c1}$  超过条件 (12) 的下限时，用于三片透镜元件的胶合过程不得不如下进行：

(i') 面朝其像方侧表面向下水平设定第四负透镜元件，从而使第三正透镜元件沿垂直于水平方向的竖直向上方向胶合到第四负透镜元件上；

(ii') 设定第四负透镜元件的像方侧表面作为胶合的参考面，从而其物方侧凹面能够容纳粘接剂，当第三正透镜元件胶合到第四负透镜元件的物方侧凹面上时，不让粘接剂从物方侧凹面流出；和

(iii') 改变从第四负透镜元件的像方侧表面胶合到第三正透镜元件的物方侧表面的参考面，从而使第四负透镜元件的像方侧深凹面在竖直向上的方向上暴露；和

(iv') 通过在第四负透镜元件的像方侧凹面中容纳粘接剂，把第五正透镜元件胶合到第四负透镜元件的像方侧凹面。

可以看出，因为参考面基于胶合而变化，所以这种胶合过程造成偏心。

条件(13)涉及整个变焦透镜系统的变焦率。通过满足该条件，可以获得足够的变焦率。

在下文中将描述本实施例的特殊数值数据。

在用球差表示的色差(轴向色差)图中，实线和两种虚线分别表示关于d, g和c线的球差。

在横向色差图中，两种虚线分别表示关于g和c线的放大率；但是，d线作为与纵坐标一致的基线。

在像散图中，S表示弧矢像，M表示子午线像。

表格，FNO表示f数，f表示整个变焦透镜系统的焦距，W表示半视角(°)，fB表示后焦距(等于沿光轴从第三正透镜组30的最靠像方侧表面到成像装置的像平面的空气厚度)，r表示曲率半径，d表示透镜元件厚度或透镜元件之间的距离， $N_d$ 表示d线的折射率， $\nu$ 表示阿贝数。

除上述之外，关于光轴对称的非球面定义如下：

$$x = cy^2 / (1 + [1 - \{1 + K\}c^2y^2]^{1/2}) + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10} \dots$$

其中：

c表示非球面顶点的曲率(1/r)；

y表示与光轴的距离；

K表示圆锥(conic)系数；和

A4表示第四阶非球面系数；

A6表示第六阶非球面系数；

A8表示第八阶非球面系数；和

A10表示第十阶非球面系数。

#### [实施例1]

图1是根据本发明第一实施例的变焦透镜系统的透镜布置。图2A-2D表示图1所示的透镜布置在短焦距端产生的像差。图3A-3D表示图1所示的透镜布置在中间焦距位置产生的像差。图4A-4D表示图1所示的透镜布置在长焦距端产生的像差。表格1表示第一实施例的数值数据。

第一负透镜组 10 包括按照从物方顺序的第一负透镜元件和第二正透镜元件。第二正透镜元件的物方侧表面和像方侧表面形成非球面，每个非球面关于光轴对称。

第二正透镜组 20 包括第三正透镜元件、第四负透镜元件和第五正透镜元件，所有这些元件按照从物方的顺序相互胶合。第三正透镜元件的物方侧表面和第五正透镜元件的像方侧表面形成非球面，每个非球面关于光轴对称。

第三正透镜组 20 包括具有面朝图像的凸面的正新月透镜元件（第六正透镜元件）。正新月透镜元件的物方侧表面和像方侧表面形成非球面，每个非球面关于光轴对称。

放在成像装置前面的盖玻片设置在第三正透镜组 30 的后面（在图像侧上）。

在第二正透镜组 20 前方（表面 NO. 5），光圈 S 被设置成 0.20。

表 1

$$F = 1: 3.6 - 4.6 - 6.3$$

$$f = 4.40 - 7.60 - 13.00$$

$$W = 35.4 - 20.7 - 12.4$$

$$F_B = 2.50 - 2.50 - 2.50$$

表面序号	r	d	Nd	v
1	371.737	0.50	1.88300	40.8
2	4.285	0.93	—	—
3*	7.896	1.00	1.84666	23.8
4*	36.355	8.80 - 3.54 - 0.54	—	—
5*	3.577	1.17	1.87408	41.3
6	250.000	1.00	1.69287	29.8
7	1.899	1.55	1.58636	60.9
8*	6.428	3.25 - 5.57 - 9.48	—	—
9*	-6.904	0.90	1.65128	38.3
10*	-4.562	1.00	—	—
11	∞	0.50	1.51633	64.1
12	∞	—	—	—

符号\*表示关于光轴旋转对称的非球面。

非球面数据（不表示的非球面系数是零（0.00））：

表面序号	K	A4	A6	A8
3	0.00	$-0.37957 \times 10^{-3}$	$0.72870 \times 10^{-4}$	$-0.59022 \times 10^{-5}$
4	0.00	$-0.11275 \times 10^{-2}$	$0.55760 \times 10^{-4}$	$-0.88593 \times 10^{-5}$
5	0.00	$-0.25165 \times 10^{-3}$	$-0.68257 \times 10^{-4}$	
8	0.00	$0.10802 \times 10^{-1}$	$0.15863 \times 10^{-2}$	$0.20000 \times 10^{-4}$
9	0.00	$-0.53057 \times 10^{-2}$	$0.73506 \times 10^{-3}$	$-0.44593 \times 10^{-5}$
10	0.00	$-0.28029 \times 10^{-2}$	$0.38430 \times 10^{-3}$	$-0.25000 \times 10^{-4}$

[实施例 2]

图 5 是根据本发明第二实施例的变焦透镜系统的透镜布置。图 6A—6D 表示图 5 所示的透镜布置在短焦端产生的像差。图 7A—7D 表示图 5 所示的透镜布置在中间焦距位置产生的像差。图 8A—8D 表示图 5 所示的透镜布置在长焦距端产生的像差。表格 2 表示第二实施例的数值数据。

第二实施例的基本透镜布置与第一实施例的相同，除了第一负透镜组 10 的第一负透镜元件的像方侧表面形成为非球面之外。

在第二正透镜中 20 前方（表面 NO. 5），光圈 S 被设置成 0.20。

[表格 2]

F = 1: 3.5 - 4.6 - 6.3

f = 4.40 - 7.60 - 13.00

W = 35.3 - 20.9 - 12.6

F<sub>B</sub> = 2.60 - 2.60 - 2.60

表面序号	r	d	Nd	v
1	20.838	0.50	1.88300	40.8
2*	3.633	1.01	—	—
3*	5.973	0.96	1.84666	23.8
4*	11.973	8.15 - 3.38 - 0.66	—	—
5*	3.548	1.16	1.83481	42.7
6	125.000	1.00	1.68740	29.6
7	1.999	1.80	1.59884	54.6
8*	7.987	2.99 - 5.31 - 9.22	—	—
9*	-5.409	0.90	1.63854	55.4

10*	-4.100	1.00	-	-
11	$\infty$	0.50	1.51633	64.1
12	$\infty$	-	-	-

符号\*表示关于光轴旋转对称的非球面。

非球面数据（不表示的非球面系数是零（0.00））：

表面序号	K	A4	A6	A8
2	0.00	$-0.63085 \times 10^{-4}$	$0.85225 \times 10^{-5}$	
3	0.00	$-0.77823 \times 10^{-3}$	$0.62326 \times 10^{-4}$	$-0.12357 \times 10^{-4}$
4	0.00	$-0.16913 \times 10^{-2}$	$0.21552 \times 10^{-4}$	$-0.16513 \times 10^{-4}$
5	0.00	$-0.38972 \times 10^{-3}$	$-0.89671 \times 10^{-4}$	
8	0.00	$0.10781 \times 10^{-1}$	$0.16503 \times 10^{-2}$	$0.20000 \times 10^{-4}$
9	0.00	$-0.75191 \times 10^{-2}$	$0.66822 \times 10^{-3}$	$0.44593 \times 10^{-5}$
10	0.00	$-0.42498 \times 10^{-2}$	$0.24916 \times 10^{-3}$	$0.25000 \times 10^{-4}$

### [实施例 3]

图 9 是根据本发明第三实施例的变焦透镜系统的透镜布置。图 10A—10D 表示图 9 所示的透镜布置在短焦距端产生的像差。图 11A—11D 表示图 9 所示的透镜布置在中间焦距位置产生的像差。图 12A—12D 表示图 9 所示的透镜布置在长焦距端产生的像差。表格 3 表示第三实施例的数值数据。

第三实施例的基本透镜布置与第二实施例的相同。

在第二透镜组 20 前方（表面 NO. 5），光圈 S 被设置为 0.20。

### [表格 3]

F = 1: 3.6 - 4.6 - 6.3

f = 4.40 - 7.60 - 13.00

W = 35.2 - 20.5 - 12.3

F<sub>B</sub> = 2.20 - 2.20 - 2.20

表面序号	r	d	Nd	v
1	-306.390	0.50	1.88300	40.8
2*	4.300	1.06	-	-
3*	7.633	0.97	1.84666	23.8
4*	35.433	9.16 - 3.66 - 0.53	-	-
5*	3.455	1.19	1.88300	40.8

6	90.000	1.01	1.71677	28.1
7	1.688	1.44	1.58309	47.2
8*	6.659	3.62 - 5.94 - 9.85	-	-
9*	-8.868	0.97	1.67859	30.5
10*	-5.275	1.00	-	-
11	$\infty$	0.50	1.51633	64.1
12	$\infty$	-	-	-

符号\*表示关于光轴旋转对称的非球面。

非球面数据（不表示的非球面系数是零（0.00））：

表面序号	K	A4	A6	A8
2	0.00	$-0.14624 \times 10^{-2}$	$0.38977 \times 10^{-4}$	
3	0.00	$-0.19699 \times 10^{-2}$	$0.55384 \times 10^{-4}$	$-0.38703 \times 10^{-5}$
4	0.00	$-0.17729 \times 10^{-2}$	$0.22016 \times 10^{-4}$	$-0.62418 \times 10^{-5}$
5	0.00	$-0.35502 \times 10^{-3}$	$-0.63574 \times 10^{-4}$	
8	0.00	$0.10216 \times 10^{-1}$	$0.84465 \times 10^{-3}$	$0.20000 \times 10^{-4}$
9	0.00	$-0.32206 \times 10^{-2}$	$0.52473 \times 10^{-3}$	$0.44593 \times 10^{-5}$
10	0.00	$-0.77385 \times 10^{-3}$	$0.19518 \times 10^{-3}$	$0.25000 \times 10^{-4}$

每个实施例的每种条件的数值如表格 4 所示。

[表格 4]

	实施例 1	实施例 2	实施例 3
条件 (1)	1.43	1.37	1.47
条件 (2)	1.06	1.01	1.09
条件 (3)	-1.59	-1.48	-1.82
条件 (4)	1.08	1.10	1.26
条件 (5)	2.17	2.00	2.21
条件 (6)	0.35	0.29	0.37
条件 (7)	0.85	0.90	0.83
条件 (8)	0.06	0.04	0.08
条件 (9)	21.3	19.1	15.9
条件 (10)	15.2	15.6	14.8
条件 (11)	8.25	8.78	7.67
条件 (12)	250.0	120.0	90.0

---

条件 (13)	2.95	2.95	2.95
---------	------	------	------

从表格 4 能够理解，第一至第三实施例的每个都满足条件 (1) - (13)。而且，如从像差图可以理解的那样，各种像差被充分校正。

根据上面的描述，可以获得具有以下特征的超小型变焦透镜系统：  
更少数量的透镜元件；

变焦率为 2-3；

达到适于成像装置更高像素化的更高的光学性能。

在此描述的本发明的具体实施例中可以进行各种变化，这种变化在发明权利要求的精神和范围内。应该说明，在此包含的所有主题是说明性的，而不限制本发明的范围。

图1

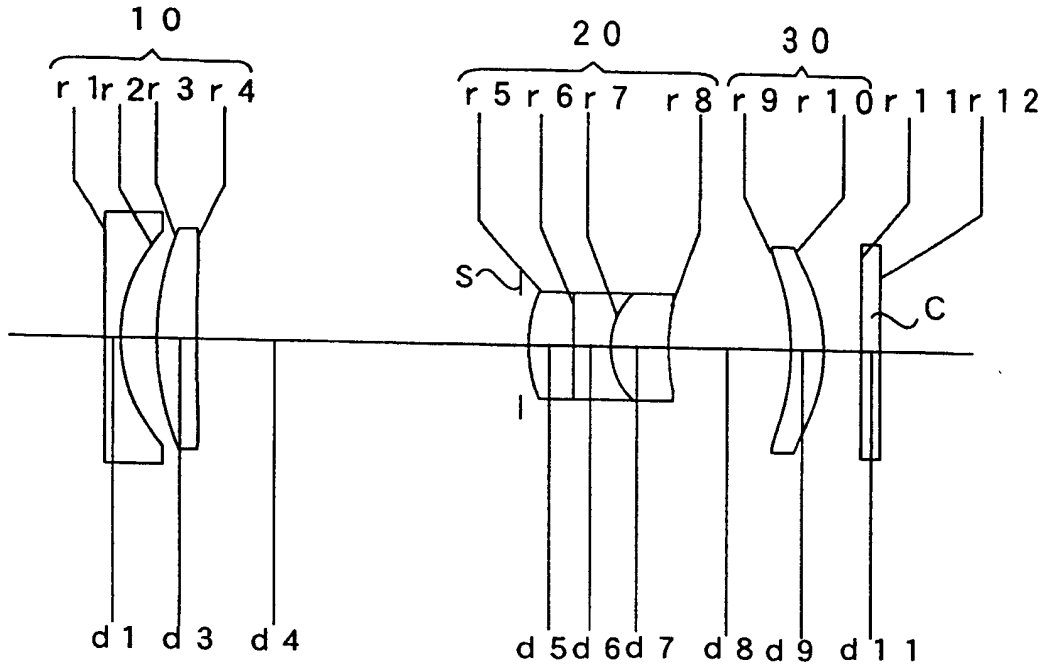
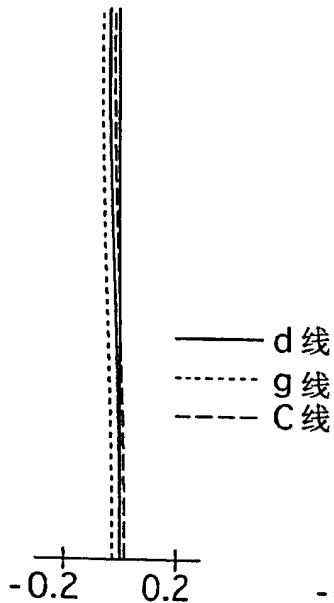


图2A

F=1:3.6

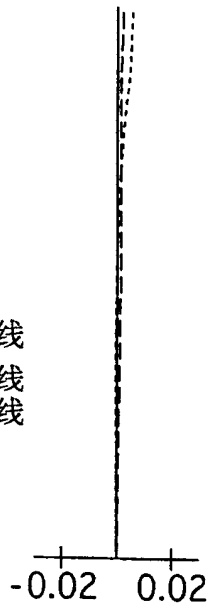


球差

色差

图2B

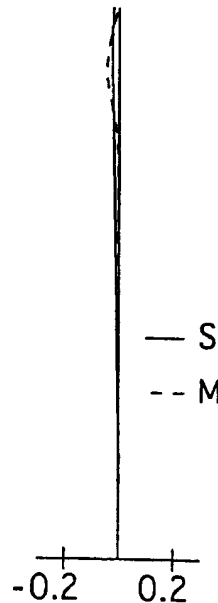
W=35.4°



横向色差

图2C

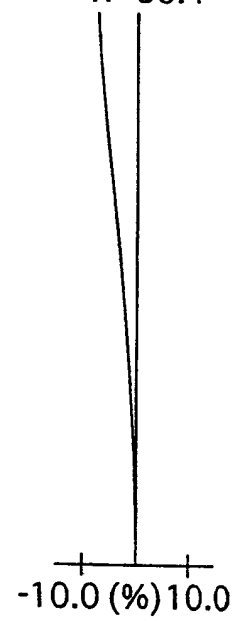
W=35.4°



像散

图2D

W=35.4°



畸变

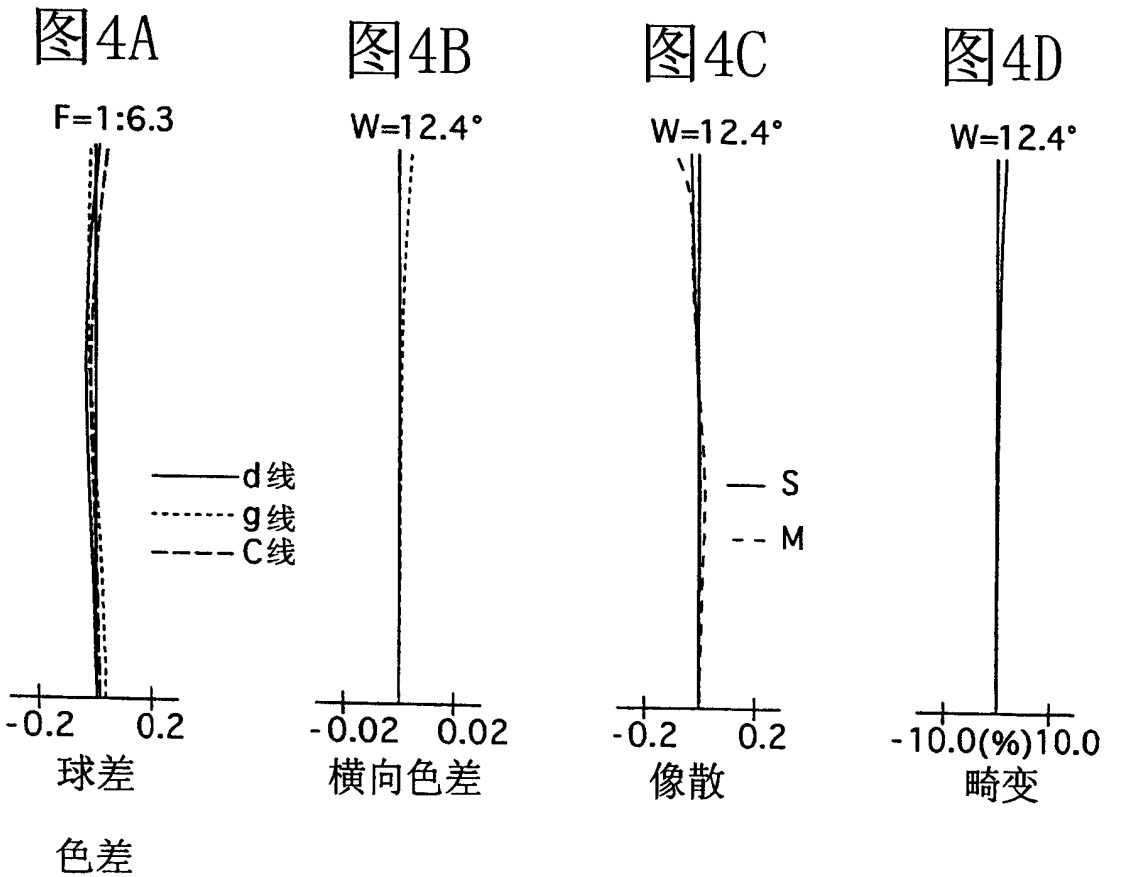
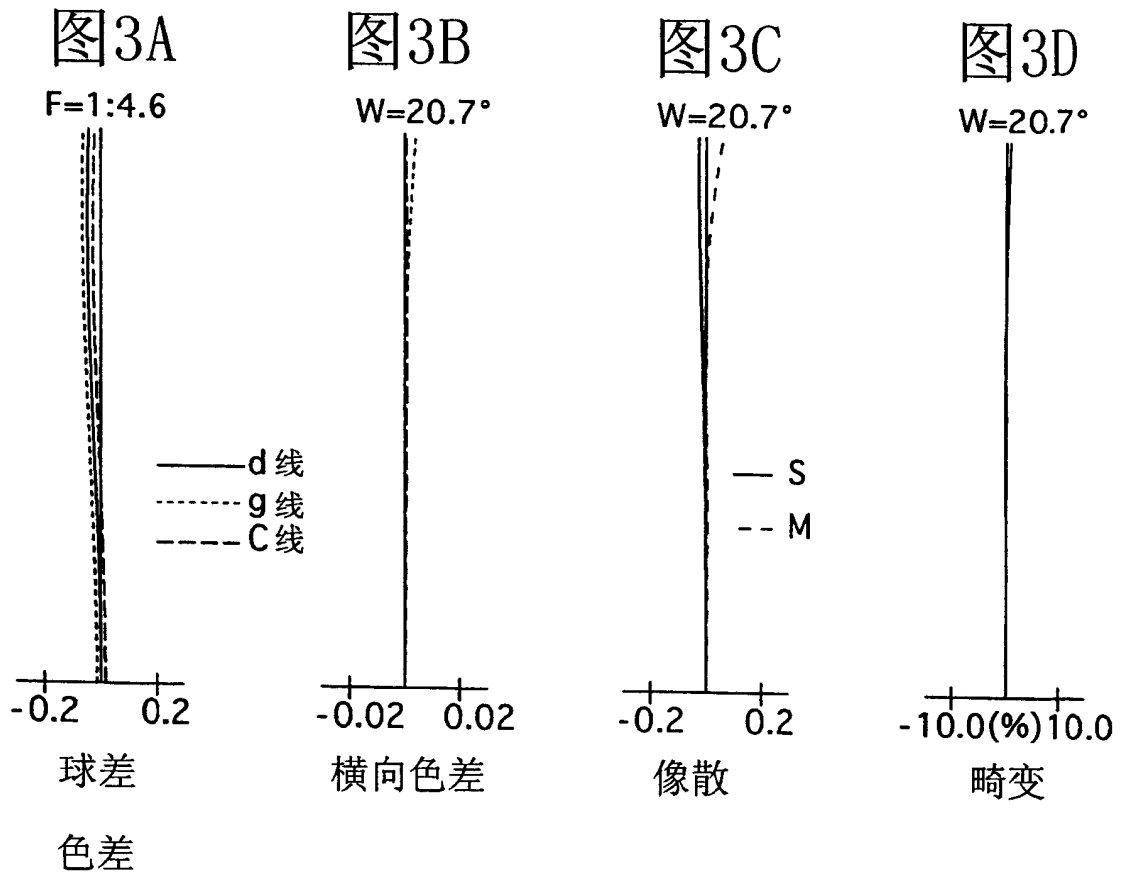
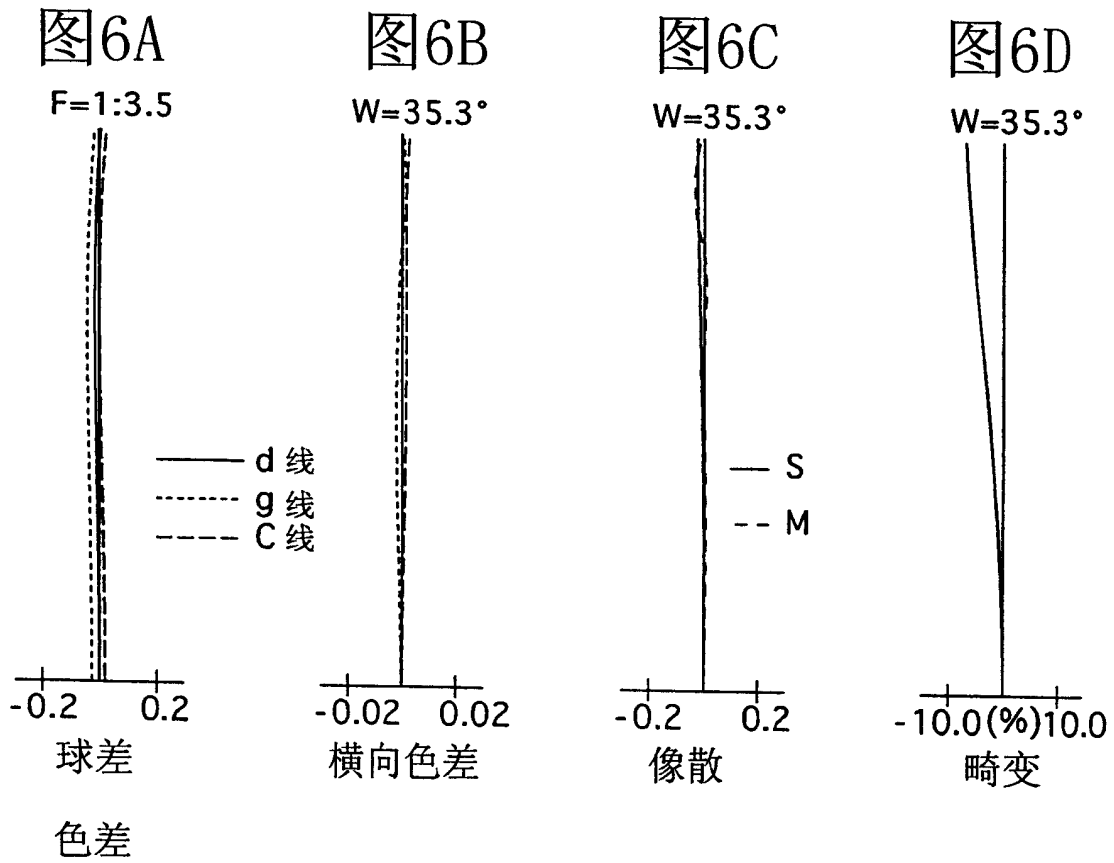
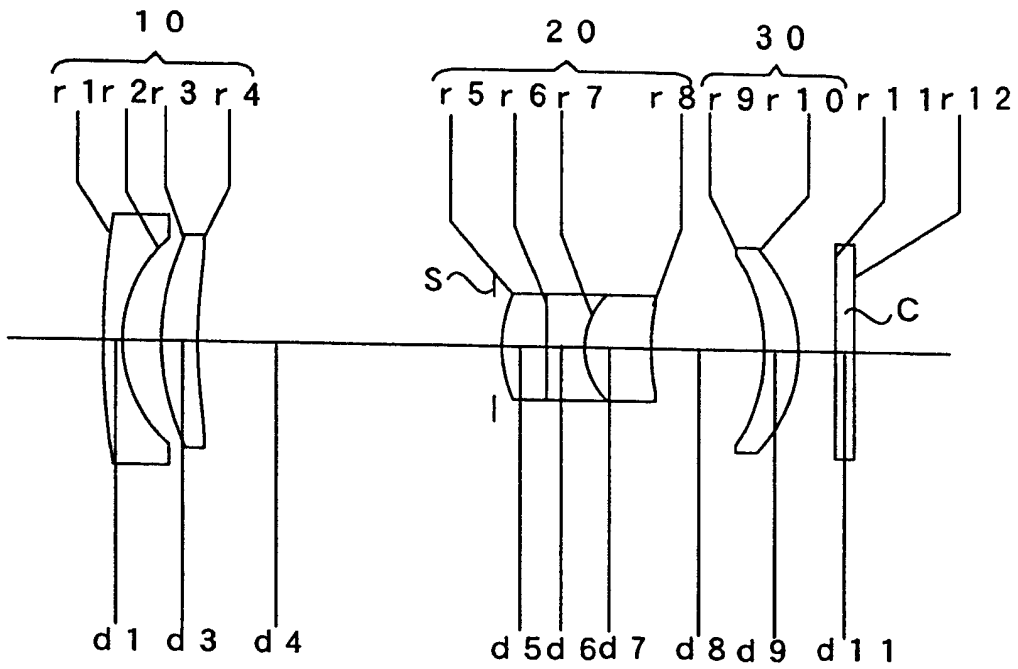


图5



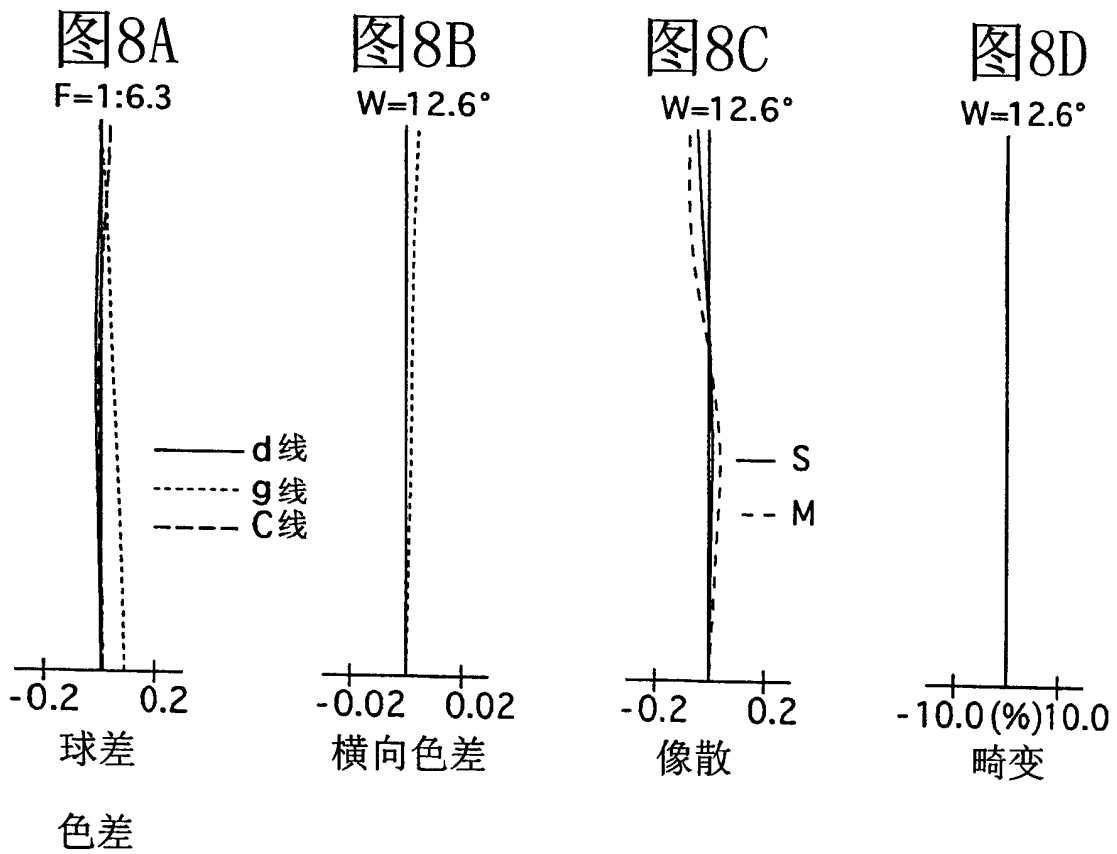
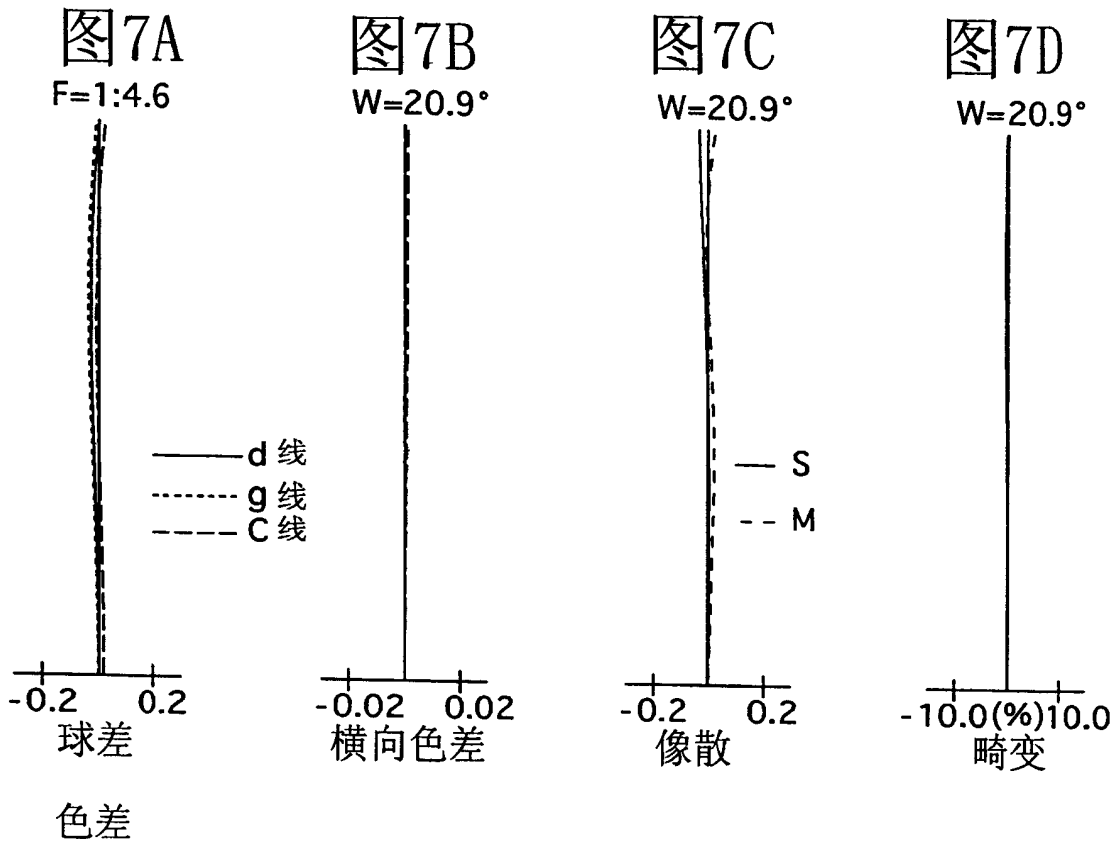


图9

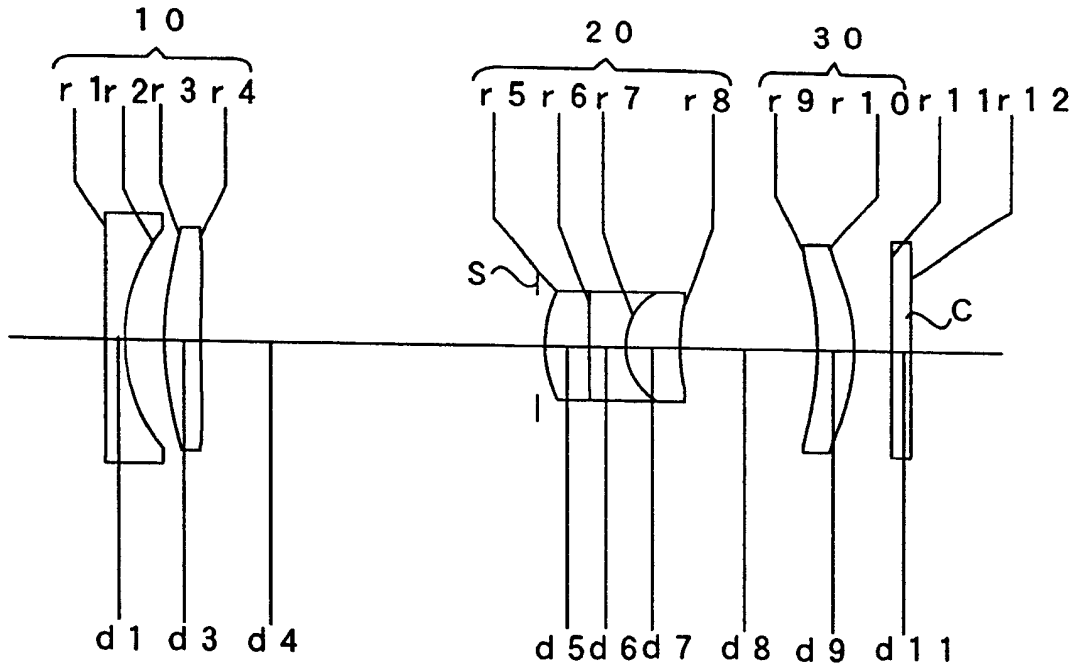


图10A

F=1:3.6

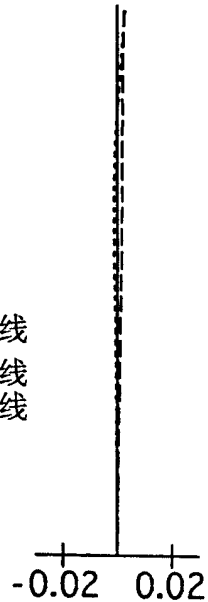


球差

色差

图10B

W=35.2°



横向色差

图10C

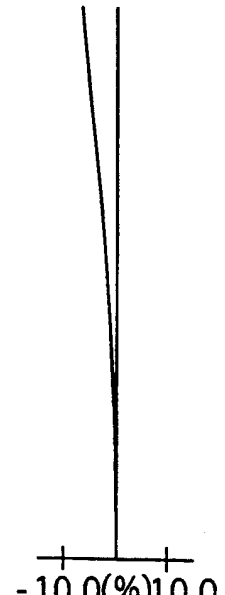
W=35.2°



像散

图10D

W=35.2°



畸变

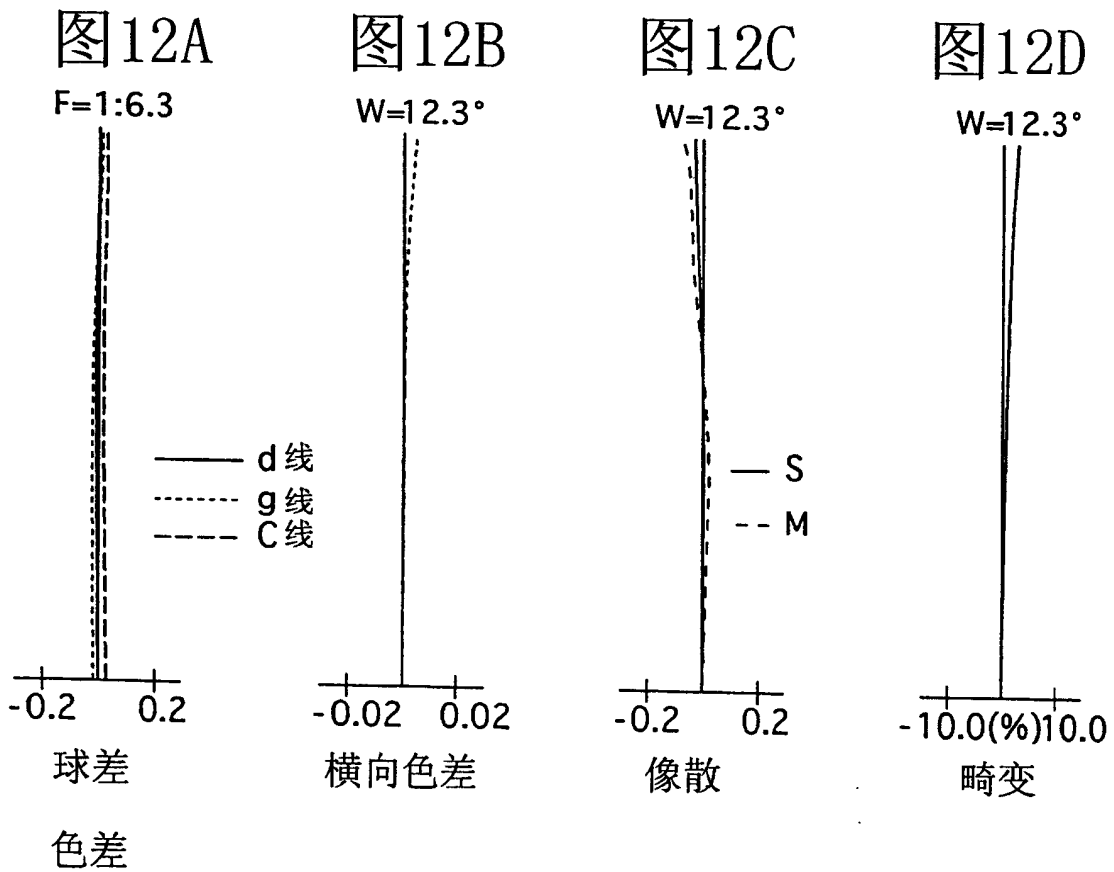
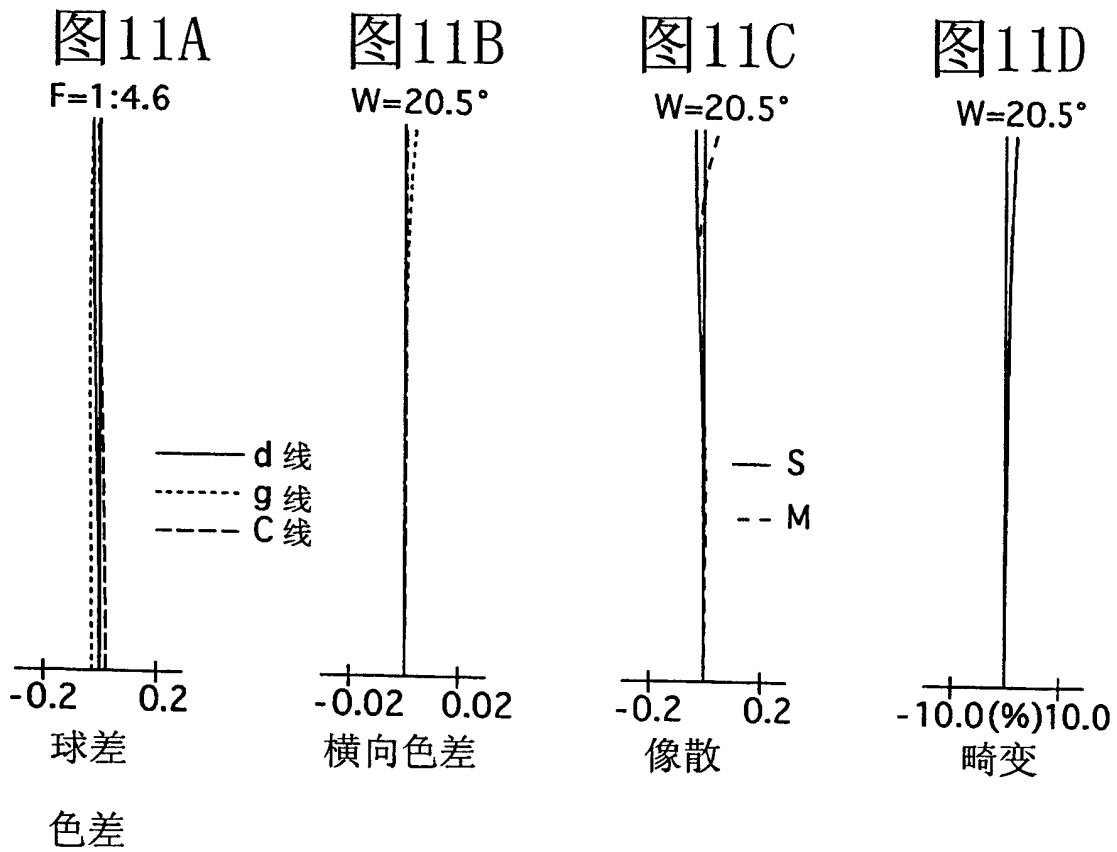


图13

