

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 15/14 (2006.01)

G02B 9/10 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510071423.3

[45] 授权公告日 2009年1月14日

[11] 授权公告号 CN 100451715C

[22] 申请日 2005.5.8

[21] 申请号 200510071423.3

[30] 优先权

[32] 2004.5.6 [33] JP [31] 2004-137028

[73] 专利权人 日本电产科宝株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 竹内穗高

[56] 参考文献

CN1517742A 2004.8.4

CN1469153A 2004.1.21

JP2003-131126A 2003.5.8

US2003/0099043A1 2003.5.29

CN1213085A 1999.4.7

US6487024B2 2002.11.26

JP2002-131635A 2002.5.9

CN1458542A 2003.11.26

CN1664643A 2005.9.7

US2003/0138245A1 2003.7.24

审查员 章锦

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 李玲

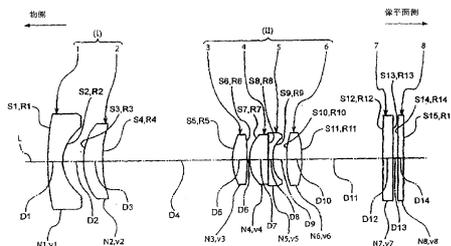
权利要求书 3 页 说明书 40 页 附图 15 页

[54] 发明名称

变焦透镜

[57] 摘要

一种变焦透镜包括，从物侧依次为：具有一总负折射率的第一透镜组；和具有一总正折射率的第二透镜组。通过移动第二透镜组改变变焦因子。通过移动随着通过第二透镜组的移动导致的变焦因子的变化的第一透镜组来调焦。第一透镜组包括具有负折射率的第一个透镜和具有正折射率的第二个透镜。第二透镜组包括具有正折射率的第三个透镜、粘合在一起的具有正折射率的第四个透镜和具有负折射率的第五个透镜、和具有正折射率的第六个透镜。粘合透镜构成一具有一凸表面朝向物侧的弯月形。作为结果的透镜是在长度上短的、紧凑的、并且适用于数字照相机。



1 一种变焦透镜包括，从物侧到像平面侧依次为：  
具有总负折射率的第一透镜组，和  
具有总正折射率的第二透镜组；

其中通过把所述的第二透镜组从所述的像平面侧移动至所述的物侧，  
焦点调整从广角端变化到远焦端；

其中通过移动所述第一个透镜组进行调焦，以纠正随所述焦点调整的变化而使所述像平面的变化；

其中所述第一透镜组包括，从所述物侧依次为：

具有负折射率的第一个透镜，和

具有正折射率的第二个透镜；和

其中所述第二透镜组包括，从所述物侧依次为：

具有正折射率的第三个透镜，

具有正折射率的第四个透镜，

具有负折射率的第五个透镜，所述第四个透镜和所述第五个透镜粘合在一起构成具有一凸表面朝向所述物侧的一弯月形并且具有一总负折射率，和

具有正折射率的第六个透镜，

其中

$$0.5 < f2 / |f1| < 1.3,$$

$$1.25 < |f1| / fw < 2.5,$$

其中  $f1$  是所述第一透镜组的焦距， $f2$  是所述第二透镜组的焦距，并且  $fw$  是整个透镜系统在所述广角端的焦距。

2 如权利要求 1 中所述的一种变焦透镜，其特征在于：

$v4 > v5$ ，和

$$1.0 < R7 / R9 < 3.0,$$

其中  $v4$  是所述第四个透镜的色散系数， $v5$  是所述第五个透镜的色散系数， $R7$  是所述第四个透镜的物侧表面的曲率半径，并且  $R9$  是所述第五个透镜的像平面侧的表面的曲率半径。

- 3 如权利要求 1 中所述的一种变焦透镜，其特征在于：  
 $v_1 - v_2 > 10$ ，和  
 $D_2 / f_w > 0.2$ ，  
其中  $v_1$  是所述第一个透镜的色散系数， $v_2$  是所述第二个透镜的色散系数， $D_2$  是所述第一个透镜和所述第二个透镜之间沿着光轴的距离，并且  $f_w$  是整个透镜系统在所述广角端的焦距。
- 4 如权利要求 1 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述第一个透镜、所述第三个透镜、和所述第六个透镜中的每一个在所述物侧和所述像平面侧的诸表面中的至少一个表面上由一非球面构成。
- 5 如权利要求 4 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述第一个透镜在一具有较小曲率半径的表面上有一非球面。
- 6 如权利要求 5 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述第一个透镜上的所述非球面的形状使得负折射率在朝着所述非球面的边缘部分的方向减小。
- 7 如权利要求 4 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述第一个透镜是通过粘合一由树脂材料构成的树脂层到一具有在所述树脂层上构成的所述非球面的玻璃透镜上而构成的一混合透镜。
- 8 如权利要求 7 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述树脂层粘合到具有一较小曲率半径的所述第一个透镜的一表面上。
- 9 如权利要求 8 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述树脂层上的所述非球面的形状使得负折射率在朝着所述非球面的边缘部分的方向减小。
- 10 如权利要求 7 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，在所述第一个透镜中， $1 < |R_{2a} / R_2| < 1.5$ ，其中  $R_{2a}$  是所述玻璃透镜和所述树脂层粘合处的所述表面的曲率半径，并且  $R_2$  是在其上构成所述非球面的所述表面的曲率半径。
- 11 如权利要求 4 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述第三个透镜是通过粘合一由树脂材料构成的树脂层到一玻璃透镜上而构成的一混

- 合透镜，其中所述非球面构成于所述树脂层上。
- 12 如权利要求 11 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述树脂层粘合到具有一较小曲率半径的所述第三个透镜的一表面上。
  - 13 如权利要求 12 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述树脂层上的所述非球面的形状使得正折射率在朝着所述非球面的边缘部分的方向减小。
  - 14 如权利要求 11 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，在所述第三个透镜中， $0.7 < |R5a / R5| < 2.0$ ，其中 R5a 是所述玻璃透镜和所述树脂层粘合处的一表面的曲率半径，并且 R5 是在其上构成所述非球面的所述表面的曲率半径。
  - 15 如权利要求 4 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述第六个透镜是通过粘合一由树脂材料构成的树脂层到一玻璃透镜上而构成的一混合透镜，其中所述非球面构成于所述树脂层上。
  - 16 如权利要求 15 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，所述树脂层上的所述非球面的形状使得正折射率在朝着所述非球面的边缘部分的方向减小。
  - 17 如权利要求 15 中所述的一种变焦透镜，其特征在于，在所述第六个透镜中， $0.5 < |R11a / R11| < 2.0$ ，其中 R11a 是所述玻璃透镜和所述树脂层粘合处的一表面的曲率半径，并且 R11 是在其上构成所述非球面的所述表面的曲率半径。

## 变焦透镜

通过引用包括在此

本申请按照 35U.S.C. §119 要求 2004 年 5 月 6 号提交的日本专利申请第 2004-137028 号的优先权。本申请的内容通过总引用包含在此。

### 发明背景

本发明涉及一种装备诸如 CCD 的固态成像元件的适用于摄影机、数字照相机的紧凑的变焦透镜。更具体地，本发明涉及一种装备具有高像素点数的固态成像元件的适用于摄影机、数字照相机的紧凑的变焦透镜。

近年来，在诸如用于数字照相机和摄影机的 CCD 那样的固态成像元件方面有着重大的技术进步，导致更高的密度和增大的像素点值。与此相伴地，有一种对具有出众光学特性的透镜的要求。同样，随着数字照相机和摄影机的紧凑性不断增强，强烈要求安装在这些设备上的用于成像的变焦透镜是紧凑的和重量轻的。

为了提供优良的便携性，对紧凑性的需要特别包括当设备被携带时透镜的缩短，也就是，透镜在贮藏时可以更薄。

为了有效利用光线，微透镜是在诸如 CCD 那样的固态成像元件的表面上构成的。结果，如果到达固态成像元件的光线的入射角太高，则会发生光晕（所谓的‘阴影’），导致光线没有进入固态成像元件。结果，期望固态成像元件一起使用的透镜的位置，使得出射光瞳可与成像面、一远心光学系统保持一足够的距离，其中到达固态成像元件的入射角，也就是出射角可以保持很小。随着与近年来的技术进步相伴的在微透镜中的改进，高达 15 度左右的入射角可以没问题地使用。

对于传统的变焦系数约为 2 或 3 的变焦透镜，揭示过许多诸如那些安装在紧凑照相机上的变焦透镜的例子，其中使用了两个透镜组（例如，参

阅日本公开专利文献第 2003—075721 号和日本公开专利文献第 2003—307676 号)。这些变焦透镜是由具有正折射率的第一透镜组和具有负折射率的第二透镜组构成的所谓的远距离照相类型的双组变焦透镜。这种设计的优势在于当透镜被贮藏时允许其较薄。

但是,在具有正折射率的第一透镜组和具有负折射率的第二透镜组以这种类型结构中,最外围的光线的出射角尤其在广角端变得太大。结果,对于诸如 CCD 这样的固态成像元件使用这种设计是极为困难的。

在另一个已知的结构中,一种具有双组结构的变焦透镜包括,从物侧到像平面侧依次是具有一总负折射率的第一透镜组、和具有一总正折射率的第二透镜组(例如,参看日本公开专利文献第 3000—035537 号)。

但是,因为第一透镜组是由四个依次具有正折射率、负折射率、负折射率、和正折射率的透镜构成,当第一透镜组被贮藏(缩回)时照相机的总长度很长。同样,因为离物侧最远的透镜具有一正折射率,即使它可以有效地纠正畸变像差,这依然会导致对离物侧最远的透镜提供大的外部直径,使更薄、更紧凑的设计变得困难。

使用诸如上述的那些双组变焦透镜,最外围光线的出射角,尤其在广角端,变得很大,这阻碍了远心和这些结构用于近来的具有高像素值的固态成像元件。同样,使用传统的双组变焦透镜,第一透镜组由大量的增加部件数目的透镜组成。这使得完成一个紧凑的、重量轻的设计变得困难。特别地,当照相机被贮藏时一种很薄的设计是不可能完成的。

结合附图阅读下面关于本发明的描述,本发明上述的和其它的目的、特征和优点将会变得明显,其中同样的参考数字代表相同的元件。

## 发明内容

本发明克服这些问题并且提供一种轻巧而且紧凑的变焦透镜。此变焦透镜适用于近来的具有高像素值的固态成像元件,尤其在贮藏照相机时提供一种很薄的设计,并且提供具有有效的多种像差修正的很好的光学性

质。进一步地讲，本发明的一个目的是提供一种薄的、紧凑的、适用于具有高像素值的固态成像元件的变焦透镜，同时该变焦透镜符合下列条件：焦点调整大约 2.5-3 倍；在成像时（从第一透镜组的前表面到像平面）透镜系统的总长度小于或等于 35mm；透镜组沿着光轴的总厚度（第一透镜组的厚度加上第二透镜组的厚度）小于或等于 12mm；后截距至少 5mm 以允许放置一块低通滤光器；在广角端的透镜亮度（F 数值）大约 3.2；并且畸变像差度小于或等于|5%|。

本发明的变焦透镜包括，从物侧到像平面依次为，具有全部负折射率的第一透镜组和具有总正折射率的第二透镜组，其中通过把第二透镜组从像平面侧移动至物侧以使焦点调整从广角端改变到远焦端，并且通过移动第一透镜组进行调焦，以纠正随焦点调整的变化而使像平面的变化。第一透镜组包括，从物侧依次为，具有负折射率的第一个透镜和具有正折射率的第二个透镜。第二透镜组包括，从物侧依次为，具有正折射率的第三个透镜，具有正折射率的第四个透镜和具有负折射率的第五个透镜，它们粘合在一起构成具有面向物侧凸起表面和总负折射率的弯月形；和具有正折射率的第六个透镜。这种结构提供包含六块透镜的两个透镜组，允许照相机在贮藏（缩回）时具有有效的光学特性、减少总长度、减少尺寸、并且提供一种薄而且紧凑的设计。

根据上述结构，满足下面的条件（1）和（2）：

$$(1) \quad 0.5 < f2 / |f1| < 1.3$$

$$(2) \quad 1.25 < |f1| / fw < 2.5$$

其中，f1 是第一透镜组的焦距，f2 是第二透镜组的焦距，并且 fw 是整个透镜系统在广角端的焦距。采用这种结构，可以达到不同的焦点调整，尤其是大约 2.5-3 倍的因子；可以获得能够有效修正畸变像差（distortion）、倍率色像差（lateral chromatic aberation）、球面像差（spherical aberration）、和非点像差（astigmatism）的出众的光学性质；可以提供足够的远心；可以提供一种紧凑的、薄的设计。

根据上述结构，满足下面的条件（3）和（4）：

$$(3) \quad v4 > v5$$

$$(4) \quad 1.0 < R7 / R9 < 3.0$$

其中v4 是第四个透镜的色散系数（Abbe number），v5 是第五个透镜的色散系数，R7 是第四个透镜的物侧表面的曲率半径，并且 R9 是第五个透镜的像平面侧表面的曲率半径。采用这种结构，多种类型的像差，尤其

是色像差和球面像差，可以被有效地修正。

根据上述结构，满足下面的条件（5）和（6）：

$$(5) \nu_1 - \nu_2 > 10$$

$$(6) D_2 / f_w > 0.2$$

其中 $\nu_1$ 是第一个透镜的色散系数， $\nu_2$ 是第二个透镜的色散系数， $D_2$ 是第一个透镜和第二个透镜之间沿着光轴的距离， $f_w$ 是整个透镜系统在广角端的焦距。采用这种结构，多种类型的像差，尤其是色像差和球面像差，可以被有效地修正。

根据上述结构，第一个透镜、第三个透镜、和第六个透镜中的每一个在物侧和/或像平面侧表面由非球面构成。采用这种结构，第一个透镜上的非球面提供有效的畸变像差和非点像差修正，第三个透镜上的非球面提供有效球面像差修正，并且第六个透镜上的非球面提供有效的非点像差和慧像差修正。结果，多种类型的像差可以全部被有效地修正。

根据上述结构，第一个透镜在其一具有较小曲率半径的面上是一非球面。采用这种结构，多种类型的像差，尤其是畸变像差和非点像差，可以被有效地修正。

根据上述结构，在第一个透镜上塑造非球面使得朝向边缘部分负折射率在减小。采用这种结构，多种的类型的像差，尤其是畸变像差和非点像差，可以被有效地修正。

根据上述结构，第一个透镜是一种通过把由树脂材料制作的树脂层粘合到具有构成于树脂层上的非球面的玻璃透镜上而构成的混合透镜。

如果只用玻璃材料或诸如塑料的树脂材料形成具有非球面的第一个透镜，则可用的玻璃材料或树脂材料的类型会被限制。但是，以这种结构，通过在玻璃透镜上涂敷一树脂层并且在该树脂层上形成一非球面，不同类型的玻璃材料可以作为基料用于玻璃透镜。这进一步减少了成本，同时提供更为有效的色像差修正。

根据上述结构，树脂层被粘合到具有一较小的曲率半径的第一个透镜的一表面上。采用这种结构，多种类型的像差，尤其是畸变像差和非点像差，可以被有效地修正。

根据上述结构，形成于树脂层上的非球面的形状使得朝着边缘部分的方向负折射率在减小。采用这种结构，多种类型的像差，尤其是畸变像差和非点像差，可以被有效地修正。

根据上述结构，在第一个透镜中，满足下面的条件（7）：

$$(7) \quad 1 < |R2a / R2| < 1.5$$

其中  $R2a$  是玻璃透镜和树脂层结合处的表面的曲率半径，并且  $R2$  是形成非球面处的表面的曲率半径。采用这种结构，在第一个透镜上的树脂层的形状防止由温度变化和湿气吸收以及类似的情形所引起的变化，同时允许以高精度度形成该非球面。同样，可有效地修正多种类型的像差并且可以改善生产率。

根据上述结构，通过把从一树脂材料形成的树脂层和一玻璃透镜粘合起来形成第三个透镜，同时非球面形成于该树脂层。

如果只用玻璃材料或诸如塑料的树脂材料形成具有非球面的第三个透镜，则可用的玻璃材料或树脂材料的类型会被限制。但是，采用这种结构，通过在玻璃透镜上涂敷一树脂层并且在该树脂层上形成一非球面，不同类型的玻璃材料可以作为基料用于玻璃透镜。这进一步减少了成本，同时提供更有效的色像差修正。

根据上述结构，树脂层粘合在具有较小的曲率半径的第三个透镜的一表面上。采用这种结构，多种类型的像差，尤其是球面像差，可以被有效地修正。

根据上述结构，形成于树脂层上的非球面的形状使得朝向边缘部分正折射率在减小。采用这种结构，多种类型的像差，尤其是球面像差，可以被有效地修正。

根据上述结构，在第三个透镜中，满足下面的条件（8）：

$$(8) \quad 0.7 < |R5a / R5| < 2.0$$

其中  $R5a$  是玻璃透镜和树脂层结合处的表面的曲率半径，并且  $R5$  是形成非球面处的表面的曲率半径。采用这种结构，可防止在第三个透镜上的树脂层的形状由于温度变化和湿气吸收以及类似的情形而变化。这种结构允许以高精度度形成该非球面，有效地修正多种类型的像差并且改善生产

率。

根据上述结构，第六个透镜是一种通过把由树脂材料制成的树脂层粘合到一玻璃透镜上形成的混合透镜，其中非球面在树脂层上形成。

如果只用玻璃材料或诸如塑料的树脂材料形成具有非球面的第六个透镜，则可用的玻璃材料或树脂材料的类型会被限制。但是，以这种结构，通过在玻璃透镜上涂敷一树脂层并且在该树脂层上形成一非球面，不同类型的玻璃材料可以作为基料用于玻璃透镜。这进一步减少了成本，同时提供更有效的色像差修正。

根据上述结构，形成于树脂层上的非球面的形状使得朝向边缘部分正折射率在减小。采用这种结构，多种类型的像差，尤其是非点像差和慧像差，可以被有效地修正。

根据上述结构，在第六个透镜中，满足下面的条件（9）：

$$(9) \quad 0.5 < |R11a / R11| < 2.0$$

其中 R11a 是玻璃透镜和树脂层结合处的表面的曲率半径，并且 R11 是形成非球面处的表面的曲率半径。采用这种结构，可防止在第三个透镜上的树脂层的形状由于温度变化和湿气吸收以及类似的情形而变化。这种结构允许以高精度度形成该非球面，有效地修正多种类型的像差并且改善生产率。

采用具有上述结构的本发明的变焦透镜，本设计变得更紧凑、更薄、更轻和较廉价，可提供可有效纠正各种像差的极好的光性能的变焦透镜。

特别地，一种适用于具有高像素值的成像元件的变焦透镜可提供大约 2.5-3 倍的焦点调整。因为在成像过程中透镜系统的总长度（从第一透镜组的前表面到像平面）是 35mm 或更小，所以可提供一种紧凑的设计。并且因为透镜组沿着光轴的总尺寸（第一透镜组的厚度加上第二透镜组的厚度）是 12mm 或更小，该设备在贮藏时可以做的更紧凑、更薄。因为后截距是 5mm 或更大，可容易地放置一低通滤光器。在广角端 F 数值提供亮度为 3.2。适用于具有高像素值的成像元件的变焦透镜提供优质的光学特性、对多种类型的像差和畸变像差的有效修正以使其小于|5%|。

## 附图说明

从下面的详细说明和本发明的说明性的实施例的图示中将会更明显地看到上述和其它关于本发明的特点，其中相同的参考数字指代相似的元件，并且在其中：

图 1 所示的是根据本发明的变焦透镜的第一个实施例的结构；

图 2 所示的是根据第一个实施例在变焦透镜的广角端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 3 所示的是根据第一个实施例在变焦透镜的中间位置的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 4 所示的是根据第一个实施例在变焦透镜的远焦端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 5 所示的是根据本发明的变焦透镜的第二个实施例的结构；

图 6 所示的是根据第二个实施例在变焦透镜的广角端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 7 所示的是根据第二个实施例在变焦透镜的中间位置的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 8 所示的是根据第二个实施例在变焦透镜的远焦端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 9 所示的是根据本发明的变焦透镜的第三个实施例的结构；

图 10 所示的是根据第三个实施例在变焦透镜的广角端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 11 所示的是根据第三个实施例在变焦透镜的中间位置的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 12 所示的是根据第三个实施例在变焦透镜的远焦端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 13 所示的是根据本发明的变焦透镜的第四个实施例的结构；

图 14 所示的是根据第四个实施例在变焦透镜的广角端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 15 所示的是根据第四个实施例在变焦透镜的中间位置的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 16 所示的是根据第四个实施例在变焦透镜的远焦端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 17 所示的是根据本发明的变焦透镜的第五个实施例的结构；

图 18 所示的是根据第五个实施例在变焦透镜的广角端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 19 所示的是根据第五个实施例在变焦透镜的中间位置的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 20 所示的是根据第五个实施例在变焦透镜的远焦端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 21 所示的是根据本发明的变焦透镜的第六个实施例的结构；

图 22 所示的是根据第六个实施例在变焦透镜的广角端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 23 所示的是根据第六个实施例在变焦透镜的中间位置的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

图 24 所示的是根据第六个实施例在变焦透镜的远焦端的像差图，如球面像差、非点像差、畸变像差、倍率色像差。

## 具体实施方式

参照附图将会描述本发明的较佳的实施例。

图 1 所示的是根据本发明的变焦透镜的一个实施例的基本结构。如图 1 所示，如下元件按顺序排列，从物侧到像平面方：具有总负折射率的第一透镜组 I 和具有总正折射率的第二透镜组 II。

从物侧依次开始，第一透镜组 I 由具有负折射率的第一个透镜 1 和具有正折射率的第二个透镜 2 组成。

从物侧依次开始，第二透镜组 II 由以下组成：具有正折射率的第三个透镜 3；具有正折射率的第四个透镜 4 和具有负折射率的第五个透镜 5 粘合在一起使得总折射率为负的，并且这两块弯月形的透镜以凸的表面朝向物侧；和具有正折射率的第六个透镜 6。

根据上述结构玻璃纤维 7、8，例如一个红外截止滤波器和一个低通滤波器以及类似的，被放置在第二透镜组 II（第六个透镜）的像平面侧。一个可打开和关闭光路的快门（图中未显示）插放在第二透镜组 II（第六个透镜）和玻璃滤波器 7 之间。孔径光阑限定在支撑第二透镜组 II 的支撑框架的离物侧最远的那侧的外部边缘，也就是第三个透镜 3 附近。

根据上述结构，通过沿着光轴 L 从像平面侧到物侧移动第二透镜组 II，焦点调整可从广角端到远焦端变化。第一透镜组 I 修正与焦点调整的变化相伴的像平面中的变化并且提供焦点调节（调焦）。

由于变焦透镜以这样方式由两透镜组 I、II 和六个透镜 1-6 组成，所以能获得有效光学特性，同时可减少总长度、在存储（缩回）照相机时，可减少其尺寸，并且获得薄而紧凑的设计。

第一透镜组 I 具有焦距  $f_1$ ，第二透镜组具有焦距  $f_2$ ，整个透镜系统在广角端具有焦距  $f_w$ ，整个透镜系统在远焦端具有焦距  $f_t$ ，并且整个透镜系统

在中间区域具有焦距  $f_m$ 。

如图 1 所示，从第一个透镜 1 到第六个透镜 6 以及玻璃滤波器 7、8，朝向物侧和像侧的各自的表面标记为  $S_i$  ( $i=1-15$ )，并且每一个表面  $S_i$  的曲率半径标记为  $R_i$  ( $i=1-15$ )。相对于 d 线的折射率标记为  $N_i$  并且色散系数标记为  $v_i$  ( $i=1-8$ )。

此外，沿着光轴 L 从第一个透镜 1 到玻璃滤波器 8 的距离（厚度，空气距离）标记为  $D_i$  ( $i=1-14$ )，并且后截距标记为 BF。

第一个透镜 1 具有负折射率并且使用玻璃材料以在物侧的表面  $S_1$  为凸表面和在像平面侧的表面  $S_2$  为凹表面的弯月形状构成。具有小曲率半径的表面  $S_2$  是由具有在朝向非球面  $S_2$  的边缘负折射率不断减小的一非球面构成的。结构，多种类型的像差可以被有效地修正，尤其是畸变像差和非点像差。

第二个透镜 2 具有正折射率并且使用玻璃材料以在物侧的表面  $S_3$  为凸表面和在像平面侧的表面  $S_4$  为凹表面的弯月形状构成。表面  $S_3$ 、 $S_4$  都由非球面构成。

第三个透镜 3 具有正折射率并且使用玻璃材料以在物侧的表面  $S_5$  和在像平面侧的表面  $S_6$  皆为凸表面的双凸形状构成。物侧表面  $S_5$  由一非球面构成并且像平面侧的表面  $S_6$  由一球面构成。非球面  $S_5$  的使用提供尤其对球面像差的有效修正。

第四个透镜 4 具有正折射率并且使用玻璃材料以在物侧的表面  $S_7$  为凸表面和在像平面侧的表面  $S_8$  为凹表面的弯月形状构成。表面  $S_7$ 、 $S_8$  都由球面构成。

第五个透镜 5 具有负折射率并且使用玻璃材料以在物侧的表面  $S_8$  为凸表面和在像平面侧的表面  $S_9$  为凹表面的弯月形状构成。表面  $S_8$ 、 $S_9$  都由球面构成。

第四个透镜和第五个透镜在表面  $S_8$  处粘合在一起作为一粘合透镜，其粘合面  $S_8$  构成单一曲率半径  $R_8$  使得它们一起具有总负折射率并且以朝向物侧凸的表面构成一弯月形。

第六个透镜 6 具有正折射率并且使用玻璃材料以在物侧的表面 S10 为凸表面和在像平面侧的表面 S11 为凸表面的双凸形状构成。物侧表面 S10 由一球面构成并且像平面侧的表面 S11 由一非球面构成。非球面 S11 提供尤其对非点像差和慧像差的有效修正。

非球面通过下述方程定义：

$$Z=Cy^2/[1+(1-\varepsilon C^2 y^2)^{1/2}] + Dy^4 + Ey^6 + Fy^8 + Gy^{10} + Hy^{12}$$

其中 Z 是从 在该非球面顶点正切的平面到距光轴 x 处高度为 y 的该非球面上的一点 之间的距离；y 是距离光轴 L 的高度；C 是非球面的顶点处的曲率（1/R）； $\varepsilon$  是圆锥常数；D、E、F、G、H 是非球面系数。

同样，对于第一透镜组 I 和第二透镜组 II，满足下述条件：

$$(1) 0.5 < f2 / |f1| < 1.3$$

$$(2) 1.25 < |f1| / fw < 2.5$$

其中 f1 是第一透镜组 I 的焦距，f2 是第二透镜组 II 的焦距，并且 fw 是整个透镜系统在广角端的焦距。

条件（1）为第一透镜组 I 和第二透镜组 II 的焦距设置一合适的比率。如果超过该比率的上限，则像差变得显著，尤其是畸变像差和倍率色像差，并且修正变得困难。如果超过该比率的下限，则达到大约 2.5-3 倍的焦点调整变得困难。

条件（2）为第一透镜组 I 定义合适的焦距。如果超过该焦距的上限，则为达到大约 2.5-3 倍的焦点调整总透镜长度必须很大。同样，在广角端最外面的光线变得离光轴 L 更远，因此要增加第一个透镜 1 的外部直径并且使得达到一种薄的、紧凑的设计很困难。如果超过该焦距的下限，像差，尤其是球面像差和非点像差，变得难以修正。

因此，通过满足条件（1）和（2）可以达到大约 2.5-3 倍的焦点调整，可以提供具有修正畸变像差、倍率色像差、球面像差、和非点像差的出众的光学特性，可以达到足够的远心，并且可以提供一种紧凑的、薄的设计。

同样，通过上述结构，构成第二透镜组 II 一部分的粘合在一起的透镜，即第四个透镜和第五个透镜，第四个透镜的色散系数  $v_4$ ，第五个透镜的色散系数  $v_5$ ，第四个透镜的物侧表面 S7 的曲率半径 R7，和第五个透镜的像

平面侧的表面 S9 的曲率半径 R9 都要满足下述条件 (3)、(4)：

$$(3) \ v4 > v5$$

$$(4) \ 1.0 < R7 / R9 < 3.0$$

条件(3)定义了第四个透镜 4 和第五个透镜 5 的色散系数之间的关系。通过满足条件(3)，可以提供有效的尤其是针对色像差的修正。

条件(4)定义了粘合透镜的物侧表面和像平面侧的表面的曲率半径之间的关系。通过满足条件(4)，可以提供有效的尤其是针对球面像差的修正。

同样，在此结构中，构成第一透镜组 I 的第一个透镜 1 和第二个透镜 2 需满足下面的条件(5)、(6)：

$$(5) \ v1 - v2 > 10$$

$$(6) \ D2 / fw > 0.2$$

其中 v1 是第一个透镜 1 的色散系数，v2 是第二个透镜 2 的色散系数，D2 是沿着光轴 L 在第一个透镜 1 和第二个透镜 2 之间的距离，并且 fw 是整个透镜系统在广角端的焦距。

条件(5)定义了第一个透镜 1 和第二透镜 2 的色散系数之间的关系。通过满足条件(5)，可以提供有效的尤其是针对色像差的修正。

条件(6)定义了第一个透镜 1 和第二个透镜 2 之间的距离。这提供了有效的尤其是针对球面像差的修正。

下面将会以第一个实施例的形式描述一其中有特定数值应用于上述结构的实施例。对于第一个实施例，表格 1 显示各种技术条件，表格 2 显示各种数值数据(设定)，和表格 3 显示涉及非球面的数值数据。表格 4 以 f (分别为 fw、fm、ft) 显示该总透镜系统在广角端、中间位置、远焦端的焦距和沿着光轴 L 的表面距离 D4、D11 的数值数据。在表格 1 中，透镜的总长度是从第一透镜组 I 的前表面 S1 到第二透镜组 II 的后表面 S11 的距离。透镜系统的总长度是从第一透镜组 I 的前表面 S1 到像平面(包括 CCD 的防护玻璃罩)的距离。(对于表格 5、表格 9、表格 13、表格 17、表格 21 同样如此)

在第一个实施例中，针对条件(1)到条件(6)的数值数据如下所示：

$$(1) \ f2 / |f1| = 0.828; \quad (2) \ |f1| / fw = 1.854; \quad (3) \ v4 = 38.0 > v5 = 23.8;$$

$$(4) \ R7 / R9 = 1.220; \quad (5) \ v1 - v2 = 17.1; \quad \text{和} \quad (6) \ D2 / fw = 0.321$$

图 2、图 3 和图 4 显示了在广角端、中间位置、和远焦端的诸如球面像差、非点像差、畸变像差、和倍率色像差的像差图表。在图 2 至图 4 中，在 d 线处像差以 d 来表示，在 F 线处以 F 来表示，在 c 线处以 c 来表示。SC 表示对正弦条件的违反，DS 表示径向平面上的像差，以及 DT 表示子午圈平面像差。

表格 1

物距 (mm)	无限 ( $\infty$ )	第二透镜组 II 的厚度 (mm)	5.40
焦距 (mm)	4.98 ~ 9.21 ~ 13.45 ~	透镜组的总厚度 (mm)	9.70
F 数值	3.24 ~ 4.33 ~ 5.43	后截距 (空气变换) (mm)	7.72~ 11.23~ 14.73
出射光瞳的位置 (mm)	-11.79~ -15.29~ -18.80	画角 ( $2\omega$ )	60.9°~ 34.0°~ 23.5°
最外围光线的出射角	11.8°~ 11.14°~ 9.1°	焦距 f1 (mm)	-9.234
透镜总长度 (mm)	19.65~ 13.13~ 10.72	焦距 f2 (mm)	7.648
透镜系统的总长度 (mm)	27.81~ 24.80~ 25.90	在广角端的焦距 fw (mm)	4.980
第一透镜组 I 的厚度 (mm)	4.30		

表格 2

表面	曲率半径 (mm)	距离 (mm)	折射率 (d 线)	色散系数
S1	R1 24.782	D1 1.300	N1 1.80470	v1 40.9
S2*	R2 3.542			
		D2 1.600		
S3	R3 5.939	D3 1.400	N2 1.84666	v2 23.8
S4	R4 10.737			
		D4 可变数		
S5*	R5 6.027	D5 1.300	N3 1.48419	v3 70.0
S6	R6 -22.610			
		D6 0.150		
S7	R7 3.524	D7 1.200 D8 0.550	N4 1.60342 N5 1.84666	v4 38.0 v5 23.8
S8	R8 10.100			
S9	R9 2.889			
		D9 0.900		
S10	R10 13.393	D10 1.300	N6 1.51450	v6 63.1
S11*	R11 -10.678			
		D11		

		可变数		
S12	$\infty$	D12	N7	v7 64.2
S13	$\infty$	0.800	1.51680	
		D13		
		0.500		
S14	$\infty$	D14	N8	v8 64.2
S15	$\infty$	0.500	1.51680	
		BF		
		0.500		

\* 非球面

表格 3

表面	非球面系数	数值数据
S2	$\epsilon$	0.3930000
	D	$0.4061610 \times 10^{-3}$
	E	$0.9793810 \times 10^{-5}$
	F	$-0.4802350 \times 10^{-7}$
	G	$0.1098130 \times 10^{-8}$
	H	$-0.4248720 \times 10^{-8}$
S5	$\epsilon$	1.1000000
	D	$-0.8107880 \times 10^{-3}$
	E	$-0.2869430 \times 10^{-4}$
	F	$-0.1585290 \times 10^{-5}$
	G	$-0.7433420 \times 10^{-7}$
	H	0.0
S11	$\epsilon$	1.0000000
	D	$0.1980620 \times 10^{-3}$
	E	$0.5208730 \times 10^{-5}$
	F	$0.2156492 \times 10^{-6}$
	G	$0.5215280 \times 10^{-8}$
	H	0.0

表格 4

	广角端	中间位置	远焦端
f (mm)	4.98 (fw)	9.21 (fm)	13.45 (ft)
D4 (mm)	9.950	3.435	1.022
D11 (mm)	5.862	9.368	12.874

在上述的第一个实施例中：在成像的过程中总的透镜系统的长度（第一透镜组的前表面 S1 到像平面）是 27.81mm（广角端）- 24.80mm（中间）- 25.90mm（远焦端）；沿着光轴的总尺寸（第一透镜组 I 的厚度加上第二透镜组 II 的厚度）是 9.70mm；后截距（空气变换）是 7.72mm（广角端）- 11.23mm（中间）- 14.73mm（远焦端）；F 值是 3.24（广角端）- 4.33（中间）- 5.43（远焦端）；并且畸变像差是|5%|或更少。多种类型的像差可被有效地修正并且可提供一种具有出众的光学特性的适用于具有高像素值的成像元件的薄的、紧凑的变焦透镜。

图 5 所示的是根据本发明的变焦透镜的另一个实施例的基本结构。除了第一个透镜制作为一混合透镜以外，此结构与图 1 所示的实施例（第一个实施例）的结构是一样的。与第一个实施例中相同的那些结构此处将不再描述。

如图 5 所示，第一个透镜是一混合透镜，一玻璃透镜由具有凸的物侧表面 S1 和凹陷的像平面侧的表面 S2a 的弯月形构成，使得其具有一负折射率，并且一由树脂材料构成的树脂层与具有小曲率半径的表面 S2a 粘合在一起。树脂层的像平面侧的表面 S2 构成一非球面。

该树脂层具有折射率  $N_{1a}$ ，色散系数  $v_{1a}$ ，和沿着光轴 L 的厚度  $D_{1a}$ 。

如果只用玻璃材料或诸如塑料的树脂材料形成具有非球面的第一个透镜，则可用的玻璃材料或树脂材料的类型会被限制。但是，如上所述通过在玻璃透镜上涂敷一树脂层并且使该树脂层构成一非球面，不同类型的玻璃材料可以作为基料用于玻璃透镜。因此，减少了成本，并且可更有效地修正色像差。

该树脂层在具有更小的曲率半径的表面 S2a 上粘合到第一个透镜 1 上，并且在树脂层上构成的非球面 S2 的形状使得负折射率在朝向边缘时在减小。结果，多种类型的像差，尤其是畸变像差和非点像差，可被有效地修正。

此外，在第一个透镜 1 中，满足下述条件 (7)：

$$(7) 1 < |R2a / R2| < 1.5$$

其中 R2a 是玻璃透镜和树脂层结合处的表面 S2 的曲率半径，并且 R2 是构成一非球面的表面 S2 的曲率半径。

条件 (7) 定义了粘合表面 S2a 和非球面 S2 的曲率半径的合适的比率。如果超过该上限，最外围边缘处的厚度变得比树脂层中心处的厚度显著地厚许多；这将消极地影响到非球面的精度。如果超过该下限，最外围边缘处的厚度变得比树脂层中心处的厚度显著地薄许多；这将消极地影响到非球面的精度。同样，如果该数值不在此范围内，其形状可由于温度和湿气吸收以及类似的情况变化。同样，使用材料的量在增加，因此成本在增加。

结果，通过满足条件 (7)，可防止第一个透镜的树脂层的形状由于温度变化和湿气吸收以及类似的情况而变化。这允许非球面 S2 以高精度度构成，提供多种类型的像差的有效修正并且改善生产效率。

下面将会以第二个实施例的形式描述一其中有特定数值应用于上述结构的实施例。对于第二个实施例，表格 5 显示各种技术条件，表格 6 显示各种数值数据 (设定)，和表格 7 显示涉及非球面的数值数据。表格 8 以 f (分别为 fw、fm、ft) 显示该总透镜系统在广角端、中间位置、远焦端的焦距和沿着光轴 L 的表面距离 D4、D11 的数值数据。

在第二个实施例中，针对条件 (1) 到条件 (7) 的数值数据如下所示：

$$(1) f2 / |f1| = 0.827; (2) |f1| / fw = 1.853; (3) v4 = 38.0 > v5 = 23.8; (4) R7 / R9 = 1.221; (5) v1 - v2 = 16.9; (6) D2 / fw = 0.321; (7) |R2a / R2| = 1.231$$

图 6、图 7 和图 8 显示了在广角端、中间位置、和远焦端的诸如球面像差、非点像差、畸变像差、和倍率色像差的像差图表。在图 6 至图 8 中，

在 d 线处像差以 d 来表示，在 F 线处以 F 来表示，在 c 线处以 c 来表示。SC 表示对正弦条件的违反，DS 表示径向平面像差，以及 DT 表示子午圈平面像差。

表格 5

物距 (mm)	无限 ( $\infty$ )	第二透镜组 II 的厚度 (mm)	5.40
焦距 (mm)	4.98 ~ 9.20 ~ 13.45 ~	透镜组的总 厚度 (mm)	9.70
F 数值	3.24 ~ 4.31 ~ 5.42	后截距 (空气变 换) (mm)	7.70~ 11.19~ 14.70
出射光瞳的 位置 (mm)	-11.77~ -15.26~ -18.77	画角 (2T)	61.0°~ 34.0°~ 23.5°
最外围光线 的出射角	11.8°~ 11.17°~ 9.1°	焦距 f1 (mm)	-9.228
透镜总长度 (mm)	19.65~ 13.16~ 10.74	焦距 f2 (mm)	7.634
透镜系统的 总长度 (mm)	27.83~ 24.83~ 25.92	在广角端的 焦距 fw (mm)	4.980
第一透镜组 I 的厚度 (mm)	4.30		

表格 6

表面	曲率半 径	距离 (mm)	折射率 (d 线)	色散系 数
----	----------	------------	--------------	----------

	(mm)			
S1	R1 24.905	D1 1.250 D1a 0.050	N1 1.80610 N1a 1.51313	v1 40.9 v1a 53.9
S2a	R2a 4.113			
S2*	R2 3.340			
		D2 1.600		
S3	R3 5.831	D3 1.400	N2 1.84666	v2 23.8
S4	R4 10.186			
		D4 可变数		
S5*	R5 5.940	D5 1.300	N3 1.48419	v3 70.0
S6	R6 -23.449			
		D6 0.150		
S7	R7 3.542	D7 1.200 D8 0.550	N4 1.60342 N5 1.84666	v4 38.0 v5 23.8
S8	R8 10.100			
S9	R9 2.900			
		D9 0.900		
S10	R10 13.393	D10 1.300	N6 1.51450	v6 63.1
S11*	R11 -10.678			
		D11		

		可变数		
S12	$\infty$	D12	N7	v7 64.2
S13	$\infty$	0.900	1.51680	
		D13		
		0.500		
S14	$\infty$	D14	N8	v8 64.2
S15	$\infty$	0.500	1.51680	
		BF		
		0.500		

\* 非球面

表格 7

表面	非球面系数	数值数据
S2	$\epsilon$	0.2230000
	D	$0.4103460 \times 10^{-3}$
	E	$0.1086030 \times 10^{-4}$
	F	$-0.1652350 \times 10^{-5}$
	G	$-0.1854690 \times 10^{-9}$
	H	$-0.3368230 \times 10^{-8}$
S5	$\epsilon$	1.0000000
	D	$-0.7670420 \times 10^{-3}$
	E	$-0.2741760 \times 10^{-4}$
	F	$-0.1552780 \times 10^{-5}$
	G	$-0.7294890 \times 10^{-7}$
	H	0.0
S11	$\epsilon$	1.0000000
	D	$0.1980620 \times 10^{-3}$
	E	$0.5208730 \times 10^{-5}$
	F	$0.2156490 \times 10^{-6}$

	G	$0.5215280 \times 10^{-8}$
	H	0.0

表格 8

	广角端	中间位置	远焦端
f (mm)	4.98 (fw)	9.20 (fm)	13.45 (ft)
D4 (mm)	9.950	3.461	1.043
D11 (mm)	5.777	9.269	12.781

在上述的第二个实施例中：总的透镜系统的长度（第一透镜组的前表面 S1 到像平面）是 27.83mm（广角端）- 24.830mm（中间）- 25.92mm（远焦端）；沿着光轴的透镜组的总尺寸（第一透镜组 I 的厚度加上第二透镜组 II 的厚度）是 9.70mm；后截距（空气变换）是 7.70mm（广角端）- 11.19mm（中间）- 14.70mm（远焦端）；F 值是 3.24（广角端）- 4.31（中间）- 5.42（远焦端）；并且畸变像差是|5%|或更少。多种类型的像差可被有效地修正并且可提供一种具有出众的光学特性的适用于具有高像素值的成像元件的薄的、紧凑的变焦透镜。

图 9 所示的是根据本发明的变焦透镜的另一个实施例的基本结构。此结构与图 5 所示的实施例（第二个实施例）的结构是一样的，并且因此在这里将不会再描述该结构。

下面将会以第三个实施例的形式描述一其中有特定数值应用于上述结构的实施例。对于第三个实施例，表格 9 显示各种技术条件，表格 10 显示各种数值数据（设定），和表格 11 显示涉及非球面的数值数据。表格 12 以 f（分别为 fw、fm、ft）显示该总透镜系统在广角端、中间位置、远焦端的焦距和沿着光轴 L 的表面距离 D4、D11 的数值数据。

在第三个实施例中，针对条件（1）到条件（7）的数值数据如下所示：

- （1） $f_2 / |f_1| = 0.825$ ；（2） $|f_1| / fw = 1.851$ ；（3） $v_4 = 64.2 > v_5 = 33.3$ ；  
（4） $R_7 / R_9 = 1.136$ ；（5） $v_1 - v_2 = 16.9$ ；（6） $D_2 / fw = 0.313$ ；（7）

$$|R2a / R2|=1.231$$

图 10、图 11 和图 12 显示了在广角端、中间位置、和远焦端的诸如球面像差、非点像差、畸变像差、和倍率色像差的像差图表。在图 10 至图 12 中，在 d 线处像差以 d 来表示，在 F 线处以 F 来表示，在 c 线处以 c 来表示。SC 表示对正弦条件的违反，DS 表示径向平面像差，以及 DT 表示子午圈平面像差。

表格 9

物距 (mm)	无限 ( $\infty$ )	第二透镜组 II 的厚度 (mm)	6.68
焦距 (mm)	6.40 ~ 12.16 ~ 17.92 ~	透镜组的总 厚度 (mm)	11.63
F 数值	3.25 ~ 4.42 ~ 5.61	后截距 (空气变 换) (mm)	9.78~ 14.53~ 19.28
出射光瞳的 位置 (mm)	-15.01~ -17.96~ -24.51	画角 (2T)	60.9°~ 33.1°~ 22.7°
最外围光线的 出射角	12.1°~ 11.1°~ 8.9°	焦距 f1 (mm)	-11.848
透镜总长度 (mm)	24.33~ 15.76~ 12.70	焦距 f2 (mm)	9.769
透镜系统的 总长度 (mm)	34.59~ 30.77~ 32.46	在广角端的 焦距 fw (mm)	6.400
第一透镜组 I 的厚度 (mm)	4.95		

表格 10

表面	曲率半径 (mm)	距离 (mm)	折射率 (d 线)	色散系数
S1	R1 31.133	D1 1.200 D1a 0.050	N1 1.80610 N1a 1.51313	v1 40.7 v1a 53.9
S2a	R2a 5.220			
S2*	R2 4.239			
		D2 2.000		
S3	R3 7.404	D3 1.700	N2 1.84666	v2 23.8
S4	R4 13.163			
		D4 可变数		
S5*	R5 7.613	D5 1.500	N3 1.51450	v3 63.1
S6	R6 -23.245			
		D6 0.150		
S7	R7 4.105	D7 1.600 D8 0.630	N4 1.51680 N5 1.80610	v4 64.2 v5 33.3
S8	R8 45.000			
S9	R9 3.612			
		D9 1.300		

S10	R10 17.386	D10 1.500	N6 1.51450	v6 63.1
S11*	R11 -12.683			
		D11 可变数		
S12	$\infty$	D12 0.900	N7 1.51680	v7 64.2
S13	$\infty$			
		D13 0.500		
S14	$\infty$	D14 0.500	N8 1.51680	v8 64.2
S15	$\infty$			
		BF 0.500		

\* 非球面

表格 11

表面	非球面系数	数值数据
S2	$\varepsilon$	0.2248000
	D	$0.1938790 \times 10^{-3}$
	E	$0.3071690 \times 10^{-5}$
	F	$-0.2910730 \times 10^{-6}$
	G	$-0.2641060 \times 10^{-10}$
	H	$-0.2450000 \times 10^{-9}$
S5	$\varepsilon$	1.0000000
	D	$-0.3255306 \times 10^{-3}$
	E	$-0.7113555 \times 10^{-5}$
	F	$-0.2522561 \times 10^{-6}$
	G	$-0.6992022 \times 10^{-8}$
	H	0.0

S11	$\epsilon$	1.0000000
	D	$0.1000000 \times 10^{-3}$
	E	$0.1480948 \times 10^{-5}$
	F	$0.3706728 \times 10^{-7}$
	G	$0.5400299 \times 10^{-9}$
	H	0.0

表格 12

	广角端	中间位置	远焦端
f (mm)	6.40 (fw)	12.16 (fm)	17.92 (ft)
D4 (mm)	12.700	4.133	1.074
D11 (mm)	7.860	12.609	17.358

在上述的三个实施例中：在成像的过程中总的透镜系统的长度（第一透镜组的前表面 S1 到像平面）是 34.59mm（广角端）- 30.77mm（中间）- 32.46mm（远焦端）；沿着光轴的透镜组的总尺寸（第一透镜组 I 的厚度加上第二透镜组 II 的厚度）是 11.63mm；后截距（空气变换）是 9.78mm（广角端）- 14.53mm（中间）- 19.28mm（远焦端）；F 值是 3.25（广角端）- 4.42（中间）- 5.61（远焦端）；并且畸变像是|5%|或更少。多种类型的像差可被有效地修正并且可提供一种具有出众的光学特性的适用于具有高像素值的成像元件的薄的、紧凑的变焦透镜。

图 13 所示的是根据本发明的变焦透镜的另一个实施例的基本结构。除了第三个透镜 3 制作为一混合透镜以外，此结构与图 5 所示的实施例（第二个实施例）的结构是一样的。与第二个实施例中相同的那些结构此处将不再描述。

如图 13 所示，第三个透镜 3 是一混合透镜，其中一玻璃透镜由具有凸的物侧表面 S5a 和凸的像平面侧的表面 S6 的双凸形状构成，使得其具有

一正折射率,并且一由树脂材料构成的树脂层与具有较小曲率半径的表面 S5a 粘合在一起。具有树脂层的物侧表面 S5 构成一非球面。

该树脂层具有折射率  $N_{3a}$ , 色散系数  $v_{3a}$ , 和沿着光轴 L 的厚度  $D_{5a}$ 。

如果只用玻璃材料或诸如塑料的树脂材料形成具有非球面的第三个透镜, 则可用的玻璃材料或树脂材料的类型会被限制。但是, 如上所述通过在玻璃透镜上涂敷一树脂层并且使该树脂层构成一非球面, 不同类型的玻璃材料可以作为基料用于玻璃透镜。因此, 减少了成本, 并且可更有效地修正色像差。

该树脂层在具有较小的曲率半径的表面 S5a 上粘合到第三个透镜 3 上, 并且在树脂层上构成的非球面 S5 的形状使得正折射率在朝向边缘时在减小。结果, 多种类型的像差, 尤其是球面像差, 可被有效地修正。

此外, 在第三个透镜 3 中, 满足下述条件 (8) :

$$(8) \quad 0.7 < |R_{5a} / R_5| < 2.0$$

其中  $R_{5a}$  是玻璃透镜和树脂层结合处的表面 S5a 的曲率半径, 并且  $R_5$  是构成一非球面的表面 S5 的曲率半径。

条件 (8) 定义了粘合表面 S5a 和非球面 S5 的曲率半径的合适的比率。如果超过该上限, 最外围边缘处的厚度变得比树脂层中心处的厚度显著地薄许多; 这将消极地影响到非球面的精度。如果超过该下限, 最外围边缘处的厚度变得比树脂层中心处的厚度显著地厚许多; 这将消极地影响到非球面的精度。同样, 如果该数值不在此范围内, 其形状可由于温度和湿气吸收以及类似的情况而变化。同样, 使用材料的量在增加, 因此成本在增加。

结果, 通过满足条件 (8), 可防止第三个透镜 3 的树脂层的形状由于温度变化和湿气吸收以及类似的情况而变化。这允许非球面 S5 以高精度构成, 提供多种类型的像差的有效修正并且改善生产效率。

下面将会以第四个实施例的形式描述一其中有特定数值应用于上述结构的实施例。对于第四个实施例, 表格 13 显示各种技术条件, 表格 14 显示各种数值数据 (设定), 和表格 15 显示涉及非球面的数值数据。表格 16 以  $f$  (分别为  $f_w$ 、 $f_m$ 、 $f_t$ ) 显示该总透镜系统在广角端、中间位置、远焦端的焦距和沿着光轴 L 的表面距离  $D_4$ 、 $D_{11}$  的数值数据。

在第四个实施例中，针对条件（1）到条件（8）的数值数据如下所示：

（1） $f_2 / |f_1| = 0.825$ ；（2） $|f_1| / f_w = 1.851$ ；（3） $v_4 = 64.2 > v_5 = 33.3$ ；  
（4） $R_7 / R_9 = 1.136$ ；（5） $v_1 - v_2 = 16.9$ ；（6） $D_2 / f_w = 0.313$ ；（7）  
 $|R_{2a} / R_2| = 1.231$ ；和（8） $|R_{5a} / R_5| = 1.00$

图 14、图 15 和图 16 显示了在广角端、中间位置、和远焦端的诸如球面像差、非点像差、畸变像差、和倍率色像差的像差图表。在图 14 至图 16 中，像差在 d 线处以 d 来表示，在 F 线处以 F 来表示，在 c 线处以 c 来表示。SC 表示对正弦条件的违反，DS 表示径向平面像差，以及 DT 表示子午圈平面像差。

表格 13

物距 (mm)	无限 ( $\infty$ )	第二透镜组 II 的厚度 (mm)	6.68
焦距 (mm)	6.40 ~ 12.16 ~ 17.92 ~	透镜组的总 厚度 (mm)	11.63
F 数值	3.25 ~ 4.42 ~ 5.60	后截距 (空气变 换) (mm)	9.78~ 14.53~ 19.28
出射光瞳的 位置 (mm)	-15.01~ -19.76~ -24.51	画角 (2T)	60.9°~ 33.1°~ 22.7°
最外围光线 的出射角	12.1°~ 11.1°~ 8.9°	焦距 $f_1$ (mm)	-11.848
透镜总长度 (mm)	24.33~ 15.76~ 12.70	焦距 $f_2$ (mm)	9.769
透镜系统的 总长度 (mm)	34.59~ 30.77~ 32.46	在广角端的 焦距 $f_w$ (mm)	6.400

第一透镜组 I 的厚度 (mm)	4.95	
---------------------	------	--

表格 14

表面	曲率半径 (mm)	距离 (mm)	折射率 (d 线)	色散系数
S1	R1 31.133	D1 1.200 D1a 0.050	N1 1.80610 N1a 1.51313	v1 40.7 v1a 53.9
S2a	R2a 5.220			
S2*	R2 4.239			
		D2 2.000		
S3	R3 7.404	D3 1.700	N2 1.84666	v2 23.8
S4	R4 13.163			
		D4 可变数		
S5*	R5 7.642	D5a 0.050 D5 1.450	N3a 1.51313 N3 1.51680	v3a 53.9 v3 64.2
S5a	R5a 7.642			
S6	R6 -23.402			
		D6 0.150		
S7	R7 4.105	D7 1.600 D8 0.630	N4 1.51680 N5 1.80610	v4 64.2 v5 33.3
S8	R8 45.000			

S9	R9 3.612			
		D9 1.300		
S10	R10 17.386	D10 1.500	N6 1.51450	v6 63.1
S11*	R11 -12.683			
		D11 可变数		
S12	$\infty$	D12 0.900	N7 1.51680	v7 64.2
S13	$\infty$			
		D13 0.500		
S14	$\infty$	D14 0.500	N8 1.51680	v8 64.2
S15	$\infty$			
		BF 0.500		

\* 非球面

表格 15

表面	非球面系数	数值数据
S2	$\epsilon$	0.2248000
	D	$0.1938790 \times 10^{-3}$
	E	$0.3071690 \times 10^{-5}$
	F	$-0.2910730 \times 10^{-6}$
	G	$-0.2641060 \times 10^{-10}$
	H	$-0.2450000 \times 10^{-9}$
S5	$\epsilon$	1.0000000
	D	$-0.3255306 \times 10^{-3}$
	E	$-0.7113555 \times 10^{-5}$

	F	$-0.2522561 \times 10^{-6}$
	G	$-0.6992022 \times 10^{-8}$
	H	0.0
S11	$\varepsilon$	1.0000000
	D	$0.1000000 \times 10^{-3}$
	E	$0.1480948 \times 10^{-5}$
	F	$0.3706728 \times 10^{-7}$
	G	$0.5400299 \times 10^{-9}$
	H	0.0

表格 16

	广角端	中间位置	远焦端
f (mm)	6.40 (fw)	12.16 (fm)	17.92 (ft)
D4 (mm)	12.700	4.134	1.075
D11 (mm)	7.861	12.610	17.359

在上述的四个实施例中：在成像的过程中总的透镜系统的长度（第一透镜组的前表面 S1 到像平面）是 34.59mm（广角端）- 30.77mm（中间）- 32.46mm（远焦端）；沿着光轴的透镜组的总尺寸（第一透镜组 I 的厚度加上第二透镜组 II 的厚度）是 11.63mm；后截距（空气变换）是 9.78mm（广角端）- 14.53mm（中间）- 19.28mm（远焦端）；F 值是 3.25（广角端）- 4.42（中间）- 5.60（远焦端）；并且畸变像差是|5%|或更少。多种类型的像差可被有效地修正并且可提供一种具有出众的光学特性的适用于具有高像素值的成像元件的薄的、紧凑的变焦透镜。

图 17 所示的是根据本发明的变焦透镜的另一个实施例的基本结构。除了第六个透镜 6 制作为一混合透镜以外，此结构与图 5 所示的实施例（第二个实施例）的结构是一样的。与第二个实施例中相同的那些结构此处将不再描述。

如图 17 所示, 第六个透镜 6 是一混合透镜, 其中一玻璃透镜由具有凸的物侧表面 S10 和凸的像平面侧的表面 S11a 的双凸形状构成, 使得其具有一正折射率, 并且一由树脂材料构成的树脂层与像平面侧的表面 S11a 粘合在一起。具有树脂层的像平面侧的表面 S11 构成一非球面。

该树脂层具有折射率  $N6a$ , 色散系数  $v6a$ , 和沿着光轴 L 的厚度  $D10a$ 。

如果只用玻璃材料或诸如塑料的树脂材料形成具有非球面的第六个透镜, 则可用的玻璃材料或树脂材料的类型会被限制。但是, 如上所述通过在玻璃透镜上涂敷一树脂层并且使该树脂层构成一非球面, 不同类型的玻璃材料可以作为基料用于玻璃透镜。因此, 减少了成本, 并且可更有效地修正色像差。

该树脂层在像平面侧的表面 S11a 上与第六个透镜 6 粘合在一起, 并且在树脂层上构成的非球面 S11 的形状使得正折射率在朝向边缘时减小。结果, 多种类型的像差, 尤其是非点像差和慧像差, 可被有效地修正。

此外, 在第六个透镜 6 中, 满足下述条件 (9):

$$(9) \quad 0.5 < |R11a / R11| < 2.0$$

其中 R11a 是玻璃透镜和树脂层结合处的表面 S11a 的曲率半径, 并且 R11 是构成一非球面的表面 S11 的曲率半径。

条件 (9) 定义了粘合表面 S11a 和非球面 S11 的曲率半径的合适的比率。如果超过该上限, 最外围边缘处的厚度变得比树脂层中心处的厚度显著地薄许多; 这将消极地影响到非球面的精度。如果超过该下限, 最外围边缘处的厚度变得比树脂层中心处的厚度显著地厚许多; 这将消极地影响到非球面的精度。同样, 如果该数值不在此范围内, 其形状可由于温度和湿气吸收而变化。同样, 使用材料的量在增加, 因此成本在增加。

结果, 通过满足条件 (9), 可防止第六个透镜 6 的树脂层的形状由于温度变化和湿气吸收而变化。这允许非球面 S11 以高精度度构成, 提供多种类型的像差的有效的修正并且改善生产效率。

下面将会以第五个实施例的形式描述一其中有特定数值应用于上述结构的实施例。对于第五个实施例, 表格 17 显示各种技术条件, 表格 18 显

示各种数值数据（设定），和表格 19 显示涉及非球面的数值数据。表格 20 以  $f$ （分别为  $f_w$ 、 $f_m$ 、 $f_t$ ）显示该总透镜系统在广角端、中间位置、远焦端的焦距和沿着光轴  $L$  的表面距离  $D_4$ 、 $D_{11}$  的数值数据。

在第五个实施例中，针对条件（1）到条件（7）以及条件（9）的数值数据如下所示：

（1） $f_2 / |f_1| = 0.824$ ；（2） $|f_1| / f_w = 1.851$ ；（3） $v_4 = 64.2 > v_5 = 33.3$ ；  
（4） $R_7 / R_9 = 1.136$ ；（5） $v_1 - v_2 = 16.9$ ；（6） $D_2 / f_w = 0.313$ ；（7）  
 $|R_{2a} / R_2| = 1.231$ ；和（9） $|R_{11a} / R_{11}| = 1.00$

图 18、图 19 和图 20 显示了在广角端、中间位置、和远焦端的诸如球面像差、非点像差、畸变像差、和倍率色像差的像差图表。在图 18 至图 20 中，像差在  $d$  线处以  $d$  来表示，在  $F$  线处以  $F$  来表示，在  $c$  线处以  $c$  来表示。SC 表示对正弦条件的违反，DS 表示径向平面像差，以及 DT 表示子午圈平面像差。

表格 17

物距 (mm)	无限 ( $\infty$ )	第二透镜组 II 的厚度 (mm)	6.68
焦距 (mm)	6.40 ~ 12.16 ~ 17.92 ~	透镜组的总 厚度 (mm)	11.63
F 数值	3.25 ~ 4.42 ~ 5.60	后截距 (空气变 换) (mm)	9.78~ 14.53~ 19.28
出射光瞳的 位置 (mm)	-15.01~ -19.76~ -24.50	画角 ( $2\omega$ )	60.9°~ 33.1°~ 22.7°
最外围光线 的出射角	12.1°~ 11.1°~ 8.9°	焦距 $f_1$ (mm)	-11.848
透镜总长度 (mm)	24.33~ 15.76~ 12.70	焦距 $f_2$ (mm)	9.768

透镜系统的 总长度 (mm)	34.59~ 30.77~ 32.46	在广角端的 焦距 fw (mm)	6.400
第一透镜组 I 的厚度 (mm)	4.95		

表格 18

表面	曲率半 径 (mm)	距离 (mm)	折射率 (d 线)	色散系 数
S1	R1 31.133	D1 1.200 D1a 0.050	N1 1.80610 N1a 1.51313	v1 40.7 v1a 53.9
S2a	R2a 5.220			
S2*	R2 4.239			
		D2 2.000		
S3	R3 7.404	D3 1.700	N2 1.84666	v2 23.8
S4	R4 13.163			
		D4 可变数		
S5*	R5 7.613	D5 1.500	N3 1.51450	v3 63.1
S6	R6 -23.245			
		D6 0.150		
S7	R7 4.105	D7 1.600 D8 0.630	N4 1.51680 N5 1.80610	v4 64.2 v5 33.3
S8	R8 45.000			

S9	R9 3.612			
		D9 1.300		
S10	R10 17.409	D10 1.450 D10a 0.050	N6 1.51680	v6 64.2
S11a	R11a -12.771		N6a 1.51313	v6a 53.9
S11*	R11 -12.771			
		D11 可变数		
S12	$\infty$	D12 0.900	N7 1.51680	v7 64.2
S13	$\infty$			
		D13 0.500		
S14	$\infty$	D14 0.500	N8 1.51680	v8 64.2
S15	$\infty$			
		BF 0.500		

\* 非球面

表格 19

表面	非球面系数	数值数据
S2	$\epsilon$	0.2248000
	D	$0.1938790 \times 10^{-3}$
	E	$0.3071690 \times 10^{-5}$
	F	$-0.2910730 \times 10^{-6}$
	G	$-0.2641060 \times 10^{-10}$
	H	$-0.2450000 \times 10^{-9}$
S5	$\epsilon$	1.0000000
	D	$-0.3255306 \times 10^{-3}$

	E	$-0.7113555 \times 10^{-5}$
	F	$-0.2522561 \times 10^{-6}$
	G	$-0.6992022 \times 10^{-8}$
	H	0.0
S11	$\epsilon$	1.0000000
	D	$0.1000000 \times 10^{-3}$
	E	$0.1480948 \times 10^{-5}$
	F	$0.3706728 \times 10^{-7}$
	G	$0.5400299 \times 10^{-9}$
	H	0.0

表格 20

	广角端	中间位置	远焦端
f (mm)	6.40 (fw)	12.16 (fm)	17.92 (ft)
D4 (mm)	12.700	4.134	1.075
D11 (mm)	7.859	12.608	17.358

在上述的五个实施例中：在成像的过程中总的透镜系统的长度（第一透镜组的前表面 S1 到像平面）是 34.59mm（广角端）- 30.77mm（中间）- 32.46mm（远焦端）；沿着光轴的透镜组的总尺寸（第一透镜组 I 的厚度加上第二透镜组 II 的厚度）是 11.63mm；后截距（空气变换）是 9.78mm（广角端）- 14.53mm（中间）- 19.28mm（远焦端）；F 值是 3.25（广角端）- 4.42（中间）- 5.60（远焦端）；并且畸变像差是|5%|或更少。多种类型的像差可被有效地修正并且可提供一种具有出众的光学特性的适用于具有高像素值的成像元件的薄的、紧凑的变焦透镜。

图 21 所示的是根据本发明的变焦透镜的另一个实施例的基本结构。除了第三个透镜和第六个透镜 6 制作为混合透镜以外，此结构与图 5 所示的实施例（第二个实施例）的结构是一样的。因为此结构把图 13 所示的实

施例（第四个实施例）、图 17 所示的实施例（第五个实施例）和图 5 所示的实施例（第二个实施例）结合到一起，所以该结构的描述将会被省略。

下面将会以第六个实施例的形式描述一其中有特定数值应用于上述结构的实施例。对于第六个实施例，表格 12 显示各种技术条件，表格 22 显示各种数值数据（设定），和表格 23 显示涉及非球面的数值数据。表格 24 以  $f$ （分别为  $f_w$ 、 $f_m$ 、 $f_t$ ）显示该总透镜系统在广角端、中间位置、远焦端的焦距和沿着光轴  $L$  的表面距离  $D_4$ 、 $D_{11}$  的数值数据。

在第六个实施例中，针对条件（1）到条件（9）的数值数据如下所示：

（1） $f_2 / |f_1| = 0.825$ ；（2） $|f_1| / f_w = 1.851$ ；（3） $v_4 = 64.2 > v_5 = 33.3$ ；  
（4） $R_7 / R_9 = 1.136$ ；（5） $v_1 - v_2 = 16.9$ ；（6） $D_2 / f_w = 0.313$ ；（7）  
 $|R_{2a} / R_2| = 1.231$ ；（8） $|R_{5a} / R_5| = 1.00$ ；和（9） $|R_{11a} / R_{11}| = 1.00$

图 22、图 23 和图 24 显示了在广角端、中间位置、和远焦端的诸如球面像差、非点像差、畸变像差、和倍率色像差的像差图表。在图 22 至图 24 中，像差在  $d$  线处以  $d$  来表示，在  $F$  线处以  $F$  来表示，在  $c$  线处以  $c$  来表示。SC 表示对正弦条件的违反，DS 表示径向平面像差，以及 DT 表示子午圈平面像差。

表格 21

物距 (mm)	无限 ( $\infty$ )	第二透镜组 II 的厚度 (mm)	6.68
焦距 (mm)	6.40 ~ 12.16 ~ 17.92 ~	透镜组的总 厚度 (mm)	11.63
F 数值	3.25 ~ 4.42 ~ 5.60	后截距 (空气变 换) (mm)	9.78~ 14.53~ 19.28
出射光瞳的 位置 (mm)	-15.01~ -19.75~ -24.50	画角 ( $2\omega$ )	60.9°~ 33.1°~ 22.7°

最外围光线的出射角	12.1°~ 11.1°~ 8.9°	焦距 f1 (mm)	-11.848
透镜总长度 (mm)	24.33~ 15.77~ 12.71	焦距 f2 (mm)	9.769
透镜系统的总长度 (mm)	34.59~ 30.77~ 32.46	在广角端的焦距 fw (mm)	6.400
第一透镜组 I 的厚度 (mm)	4.95		

表格 22

表面	曲率半径 (mm)	距离 (mm)	折射率 (d 线)	色散系数
S1	R1 31.133	D1 1.200 D1a 0.050	N1 1.80610	v1 40.7 v1a 53.9
S2a	R2a 5.220		N1a 1.51313	
S2*	R2 4.239			
		D2 2.000		
S3	R3 7.404	D3 1.700	N2 1.84666	v2 23.8
S4	R4 13.163			
		D4 可变数		

S5*	R5 7.642	D5a	N3a	v3a
S5a	R5a 7.642	0.050	1.51313	53.9
S6	R6 -23.402	D5 1.450	N3 1.51680	v3 64.2
		D6 0.150		
S7	R7 4.105	D7	N4	
S8	R8 45.000	1.600	1.51680	v4 64.2
S9	R9 3.612	D8 0.630	N5 1.80610	v5 33.3
		D9 1.300		
S10	R10 17.409	D10	N6	v6 64.2
S11a	R11a -12.771	1.450	1.51680	v6a
S11*	R11 -12.771	D10a 0.050	N6a 1.51313	53.9
		D11 可变数		
S12	$\infty$	D12	N7	v7 64.2
S13	$\infty$	0.900	1.51680	
		D13 0.500		
S14	$\infty$	D14	N8	v8 64.2
S15	$\infty$	0.500	1.51680	
		BF 0.500		

\* 非球面

表格 23

表面	非球面系数	数值数据
S2	$\varepsilon$	0.2248000
	D	$0.1938790 \times 10^{-3}$
	E	$0.3071690 \times 10^{-5}$
	F	$-0.2910730 \times 10^{-6}$
	G	$-0.2641060 \times 10^{-10}$
	H	$-0.2450000 \times 10^{-9}$
S5	$\varepsilon$	1.0000000
	D	$-0.3255306 \times 10^{-3}$
	E	$-0.7113555 \times 10^{-5}$
	F	$-0.2522561 \times 10^{-6}$
	G	$-0.6992022 \times 10^{-8}$
	H	0.0
S11	$\varepsilon$	1.0000000
	D	$0.1000000 \times 10^{-3}$
	E	$0.1480948 \times 10^{-5}$
	F	$0.3706728 \times 10^{-7}$
	G	$0.5400299 \times 10^{-9}$
	H	0.0

表格 24

	广角端	中间位置	远焦端
f (mm)	6.40 (fw)	12.16 (fm)	17.92 (ft)
D4 (mm)	12.700	4.135	1.076
D11 (mm)	7.861	12.609	17.358

在上述的六个实施例中：在成像的过程中总的透镜系统的长度（第一透镜组的前表面 S1 到像平面）是 34.59mm（广角端）- 30.77mm（中间）- 32.46mm（远焦端）；沿着光轴的透镜组的总尺寸（第一透镜组 I 的厚度加上第二透镜组 II 的厚度）是 11.63mm；后截距（空气变换）是 9.78mm（广角端）- 14.53mm（中间）- 19.28mm（远焦端）；F 值是 3.25（广角端）- 4.42（中间）- 5.60（远焦端）；并且畸变像差是|5%|或更少。多种类型的像差可被有效地修正并且可提供一种具有出众的光学特性的适用于具有高像素值的成像元件的薄的、紧凑的变焦透镜。

在上述诸多实施例中，第一个透镜 1、第三个透镜 3、和第六个透镜 6 以非球面构成。但是，即使不使用非球面，一种包括具有负折射率的第一透镜组 I 和具有正折射率的第二透镜组 II 的结构可提供一种在贮藏时具有较小总长度的紧凑的并且薄的设计，其中：由具有负折射率的第一透镜 1 和具有正折射率的第二个透镜 2 构成第一透镜组 I；由具有正折射率的第三个透镜 3、具有负折射率的粘合透镜（第四个透镜 4 和第五个透镜 5）、和具有正折射率的第六个透镜 6 构成第二透镜组 II。

如上所述根据本发明的变焦透镜在保持想要的光学特性的同时允许一种紧凑的、薄的设计，因此使其对于数字照相机和摄像机以及使用具有高像素值的固态成像元件的类似物来说尤其有用。

参照附图已描述过本发明的较佳的实施例，应该理解本发明并不限于那些精确的实施例，并且在不脱离如附带的权利要求书中所定义的本发明的范围和精神的情况下，本领域的技术人员可以在其中实现多种的变化和修改。

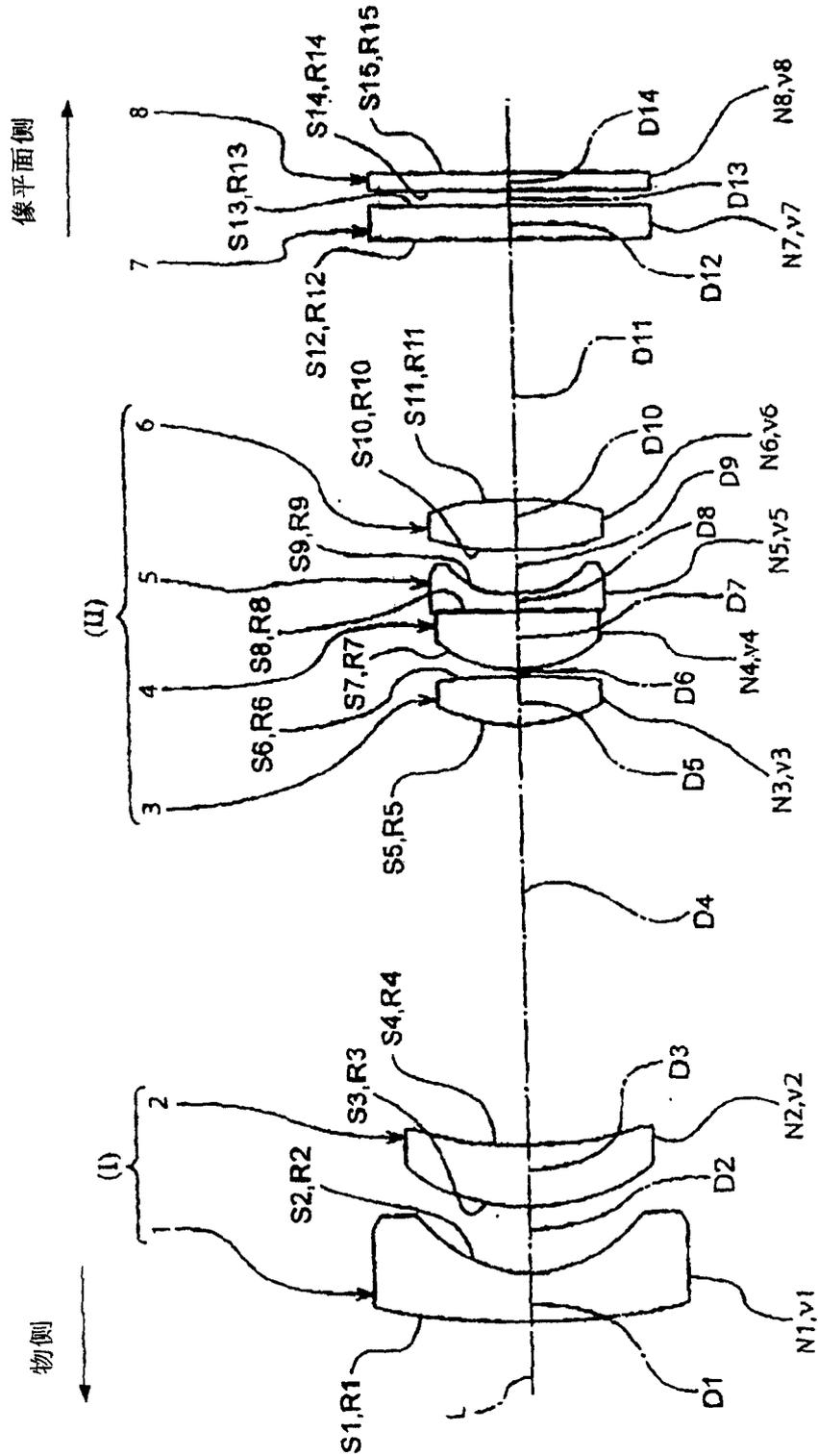
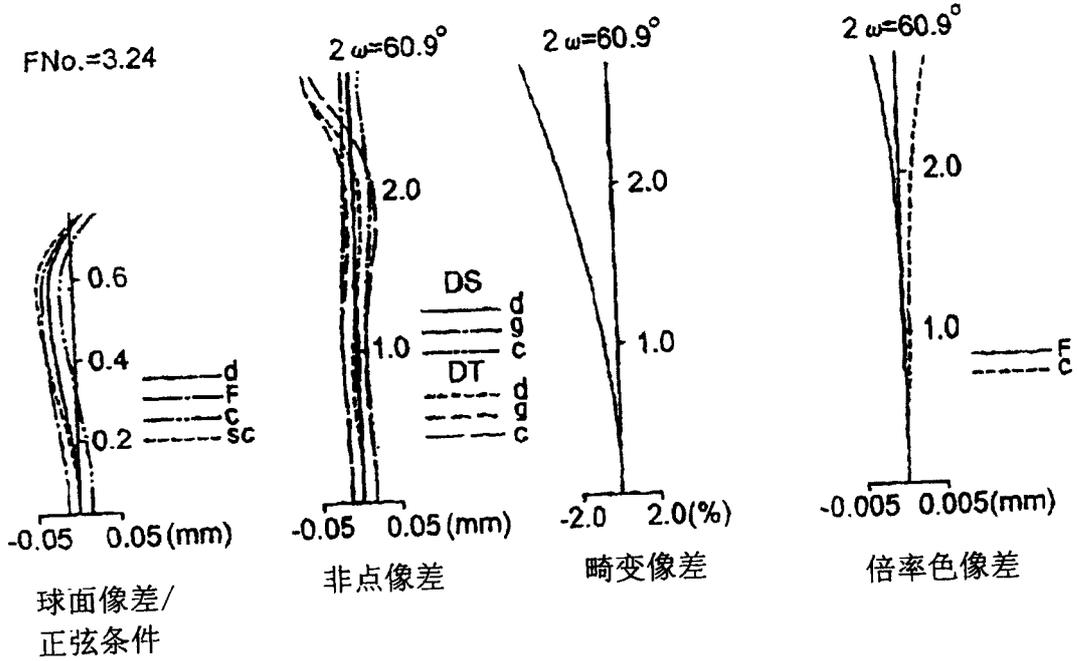
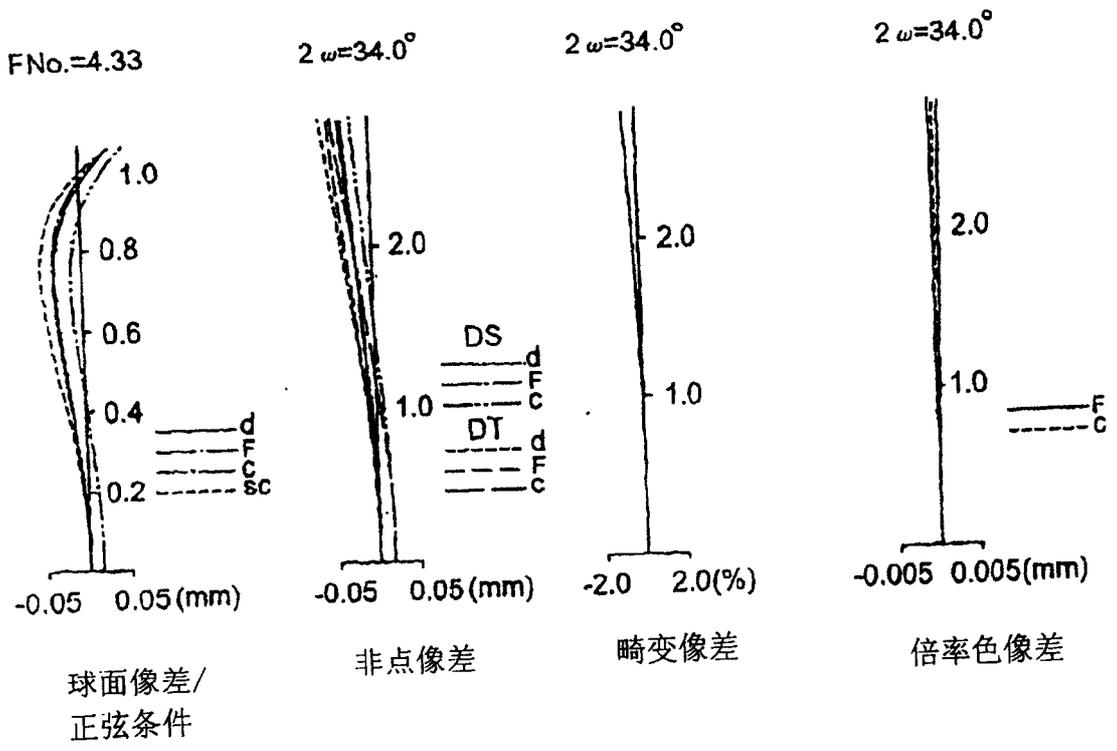


图 1



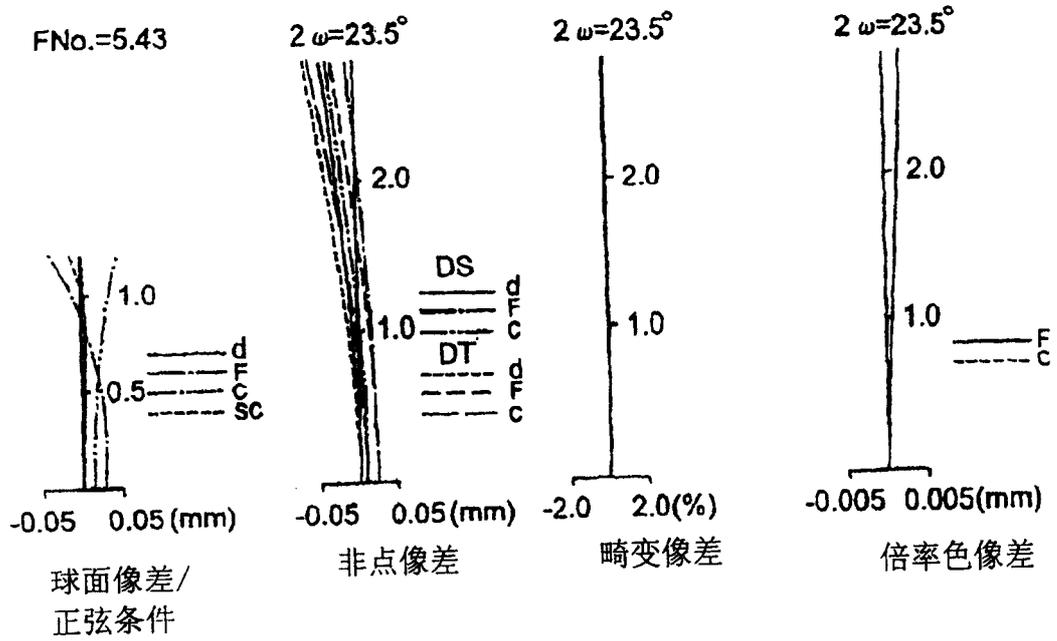
(SC)

图 2



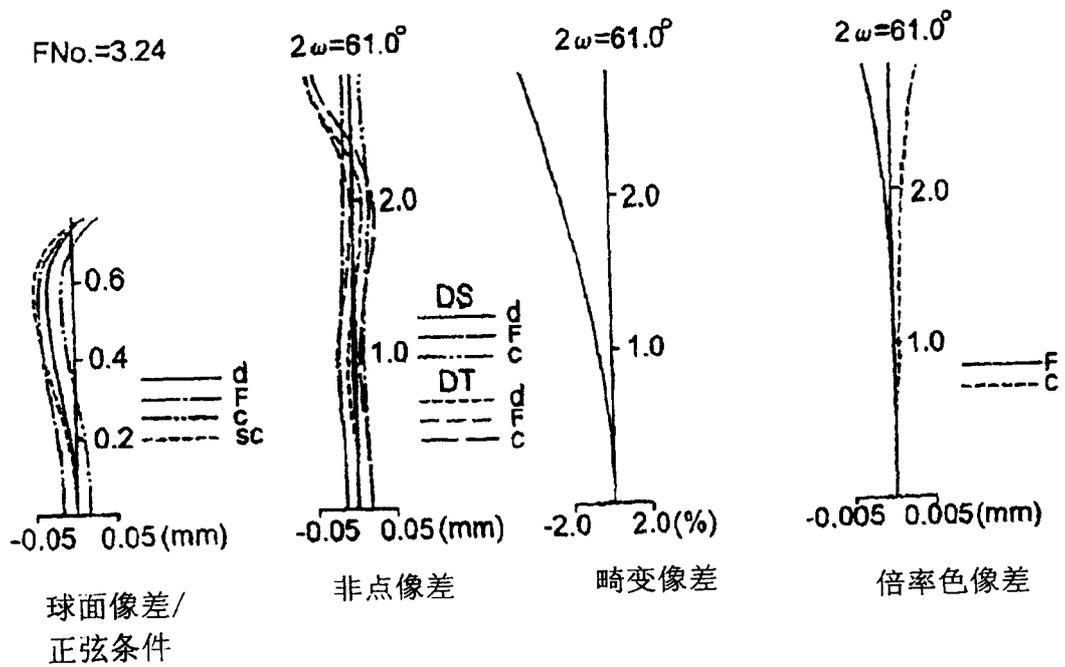
(SC)

图 3



(SC)

图 4



(SC)

图 6

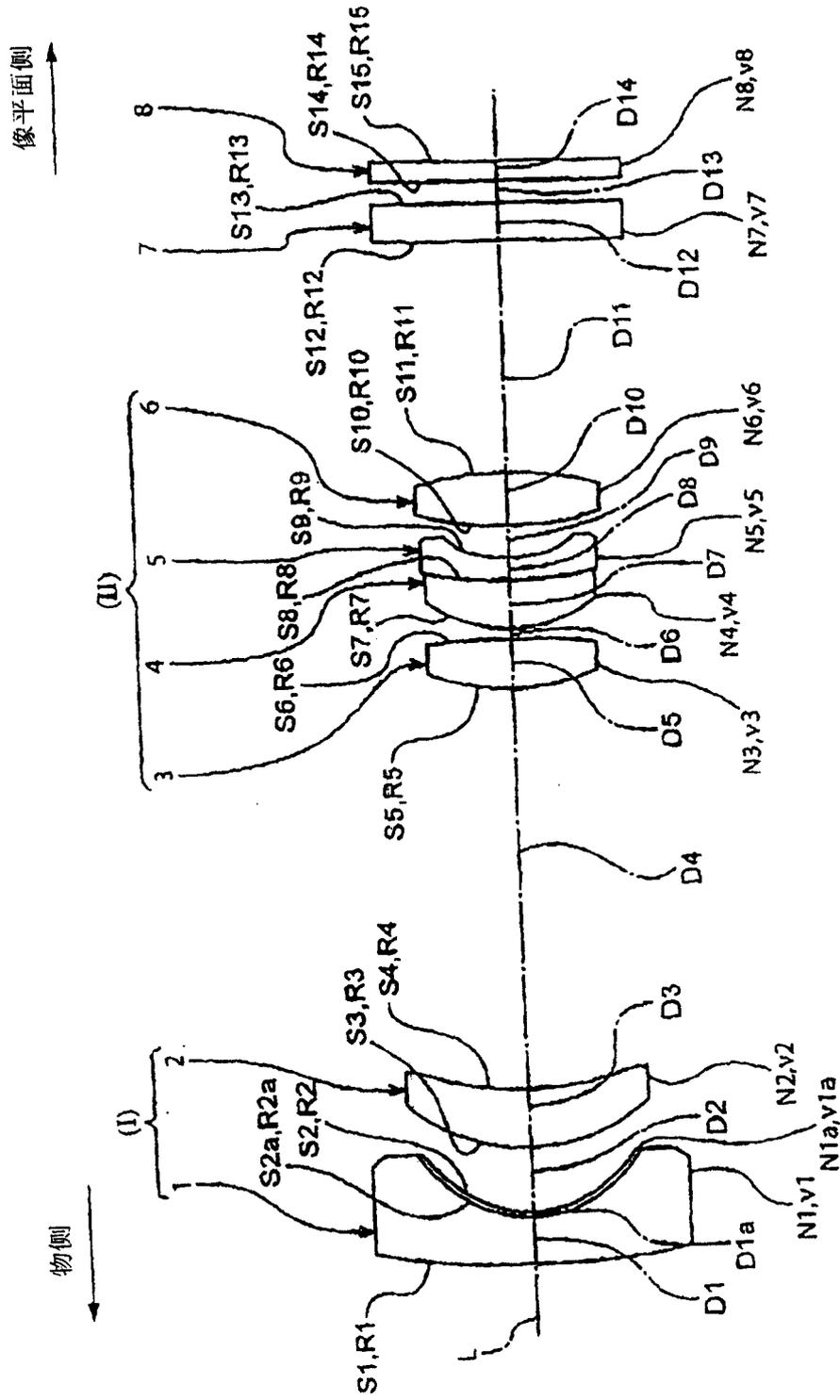
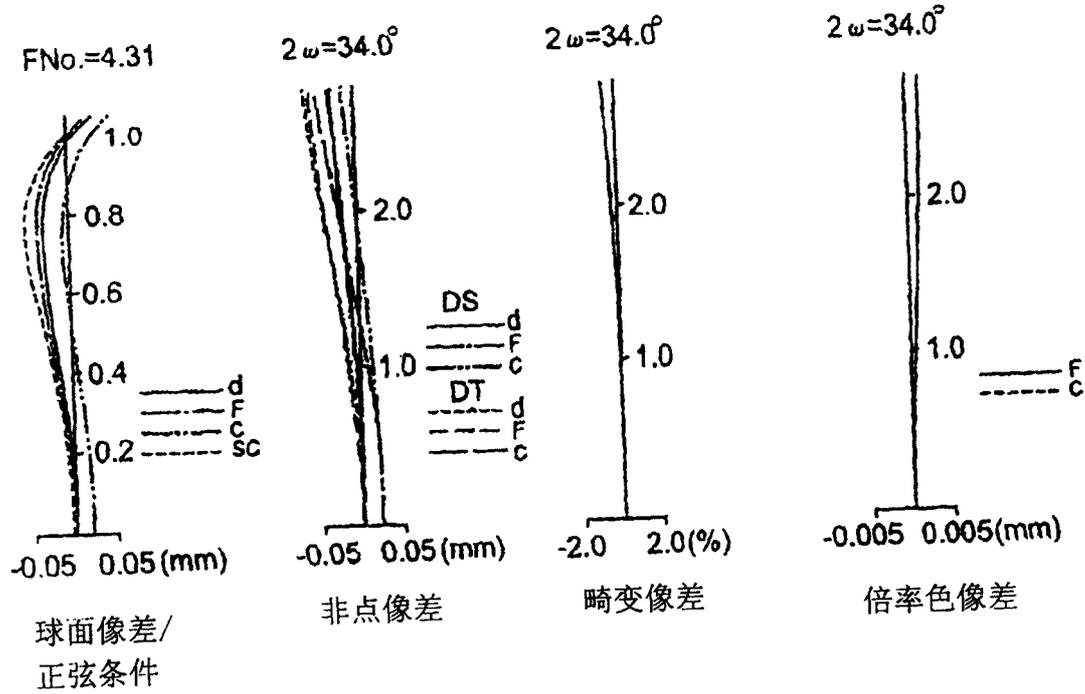
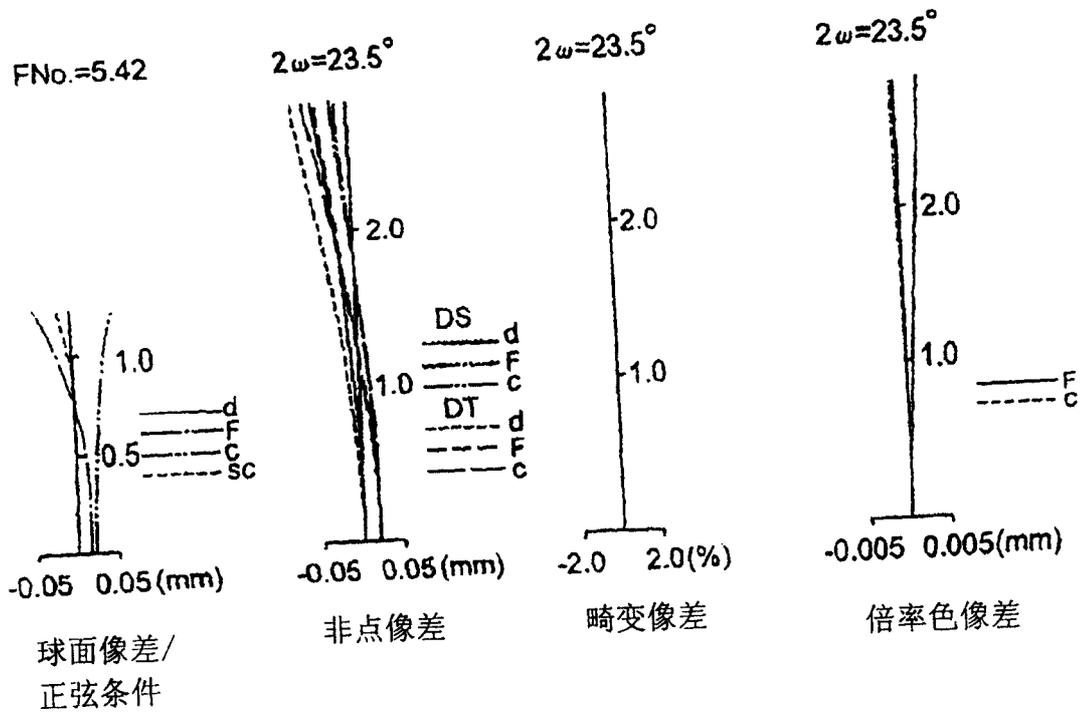


图 5



(SC)

图 7



(SC)

图 8

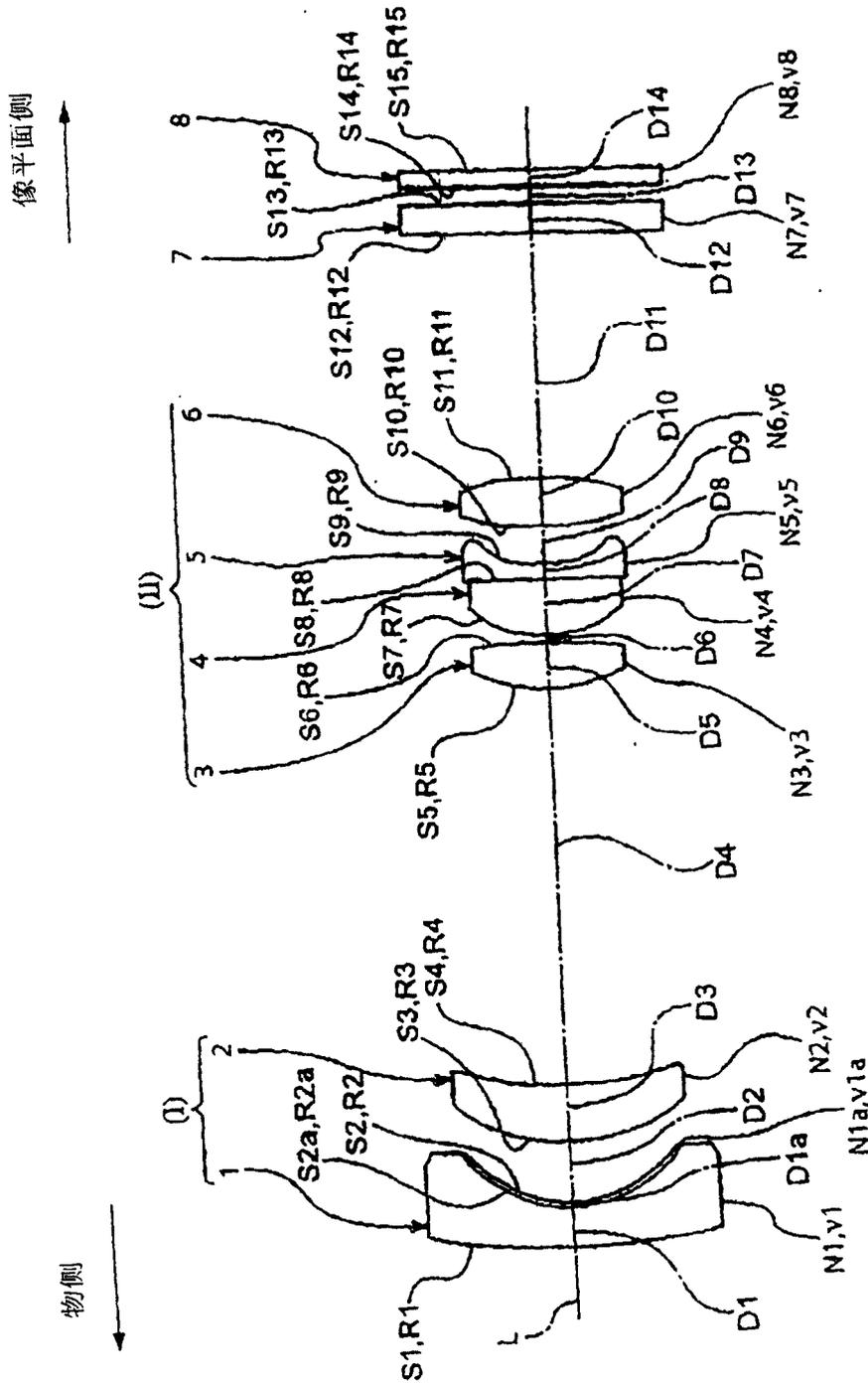


图 9

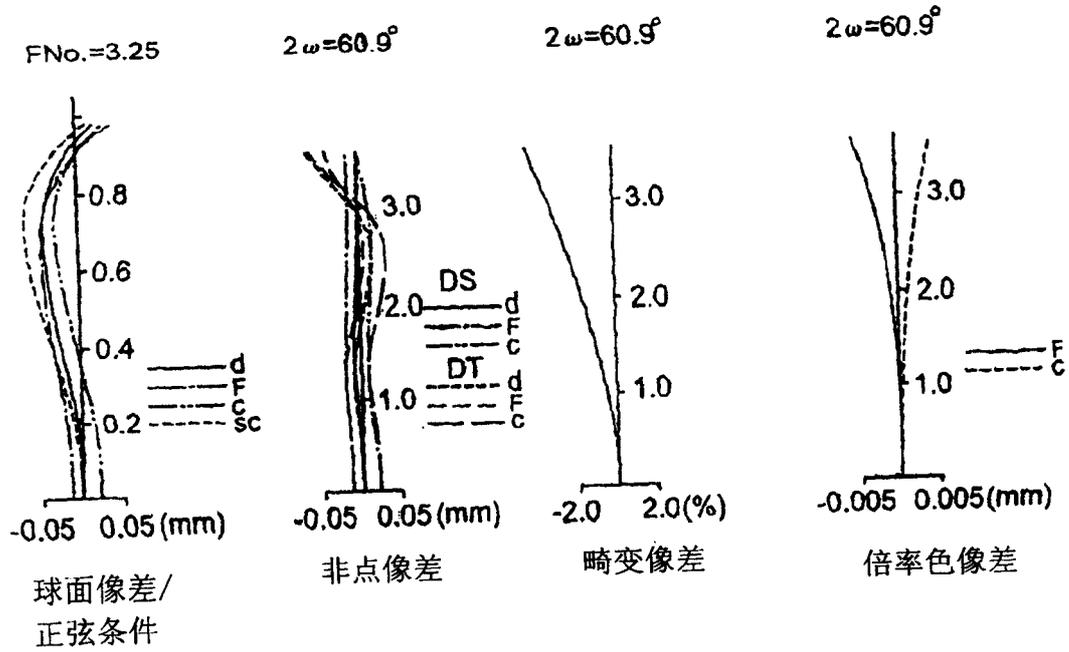


图 10

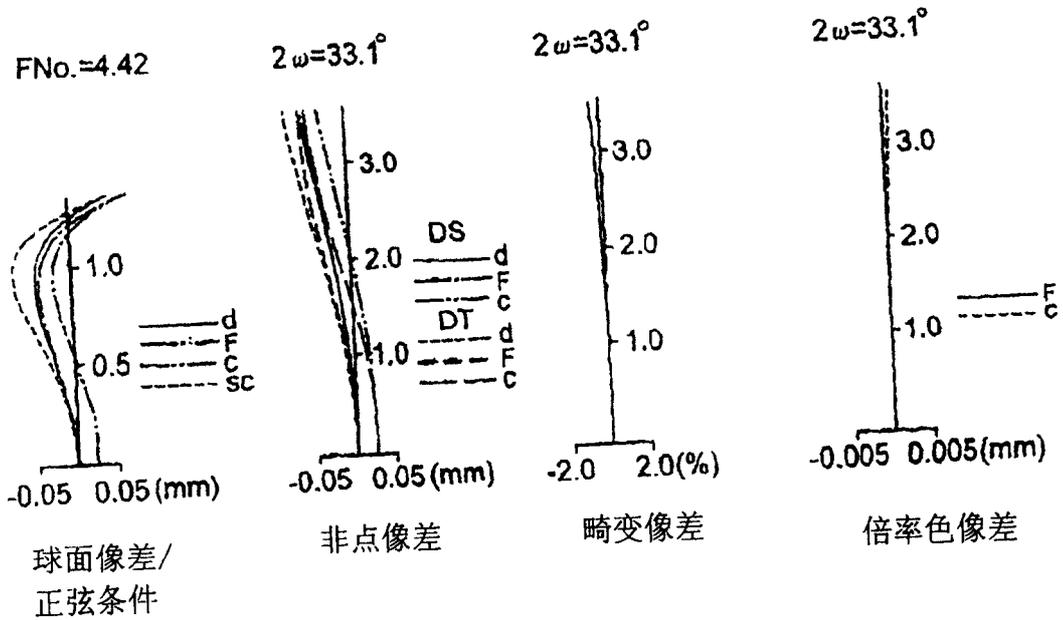
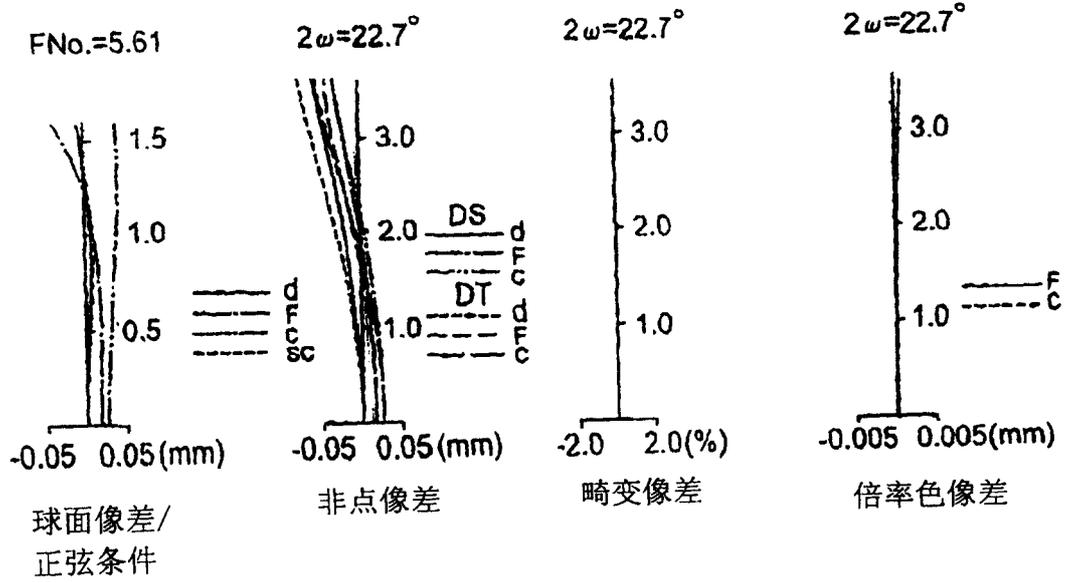
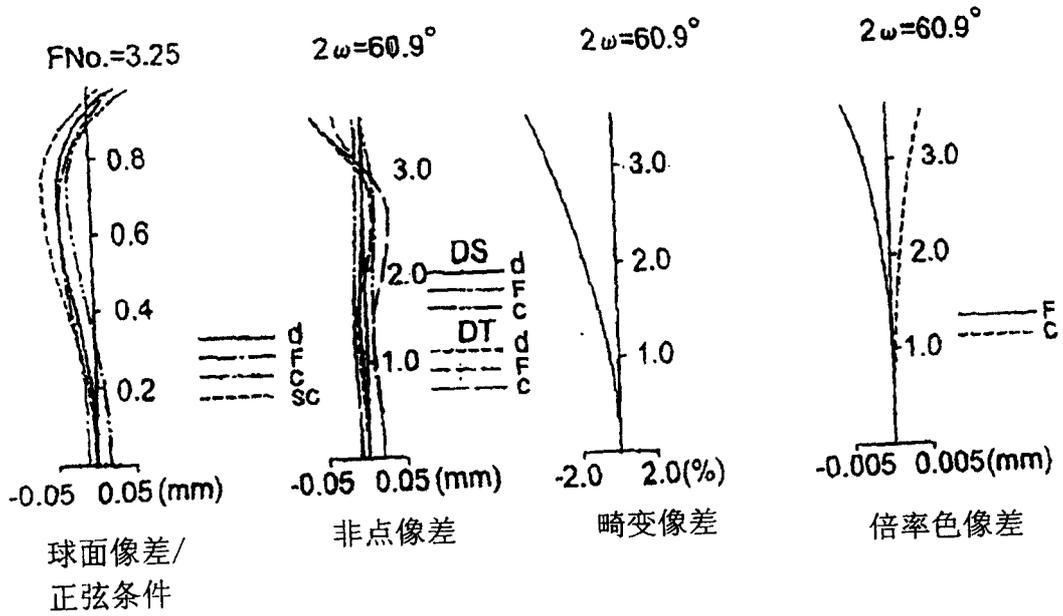


图 11



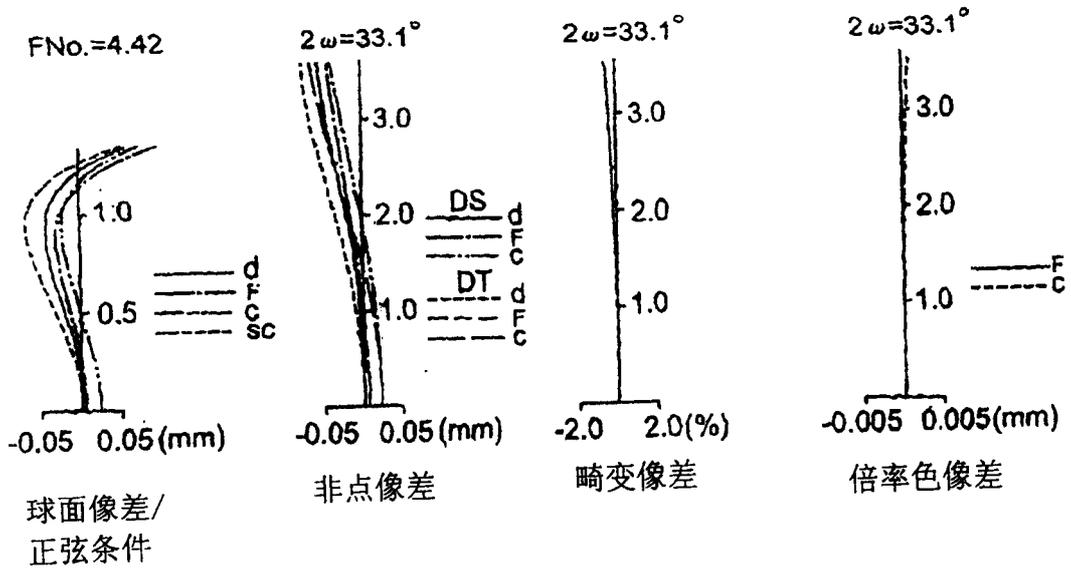
(SC)

图 12



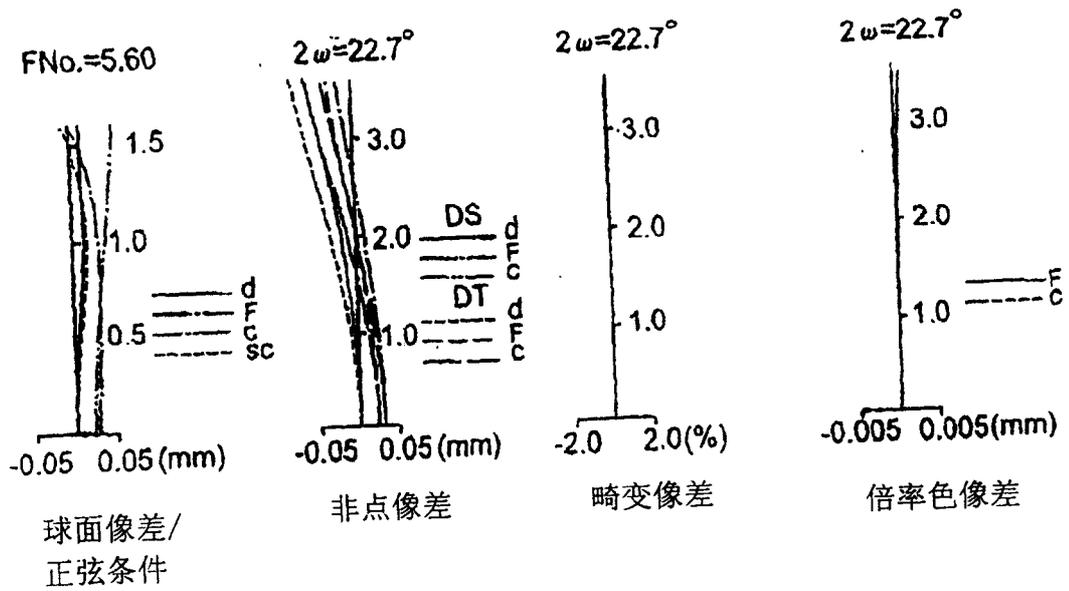
(SC)

图 14



(SC)

图 15



(SC)

图 16

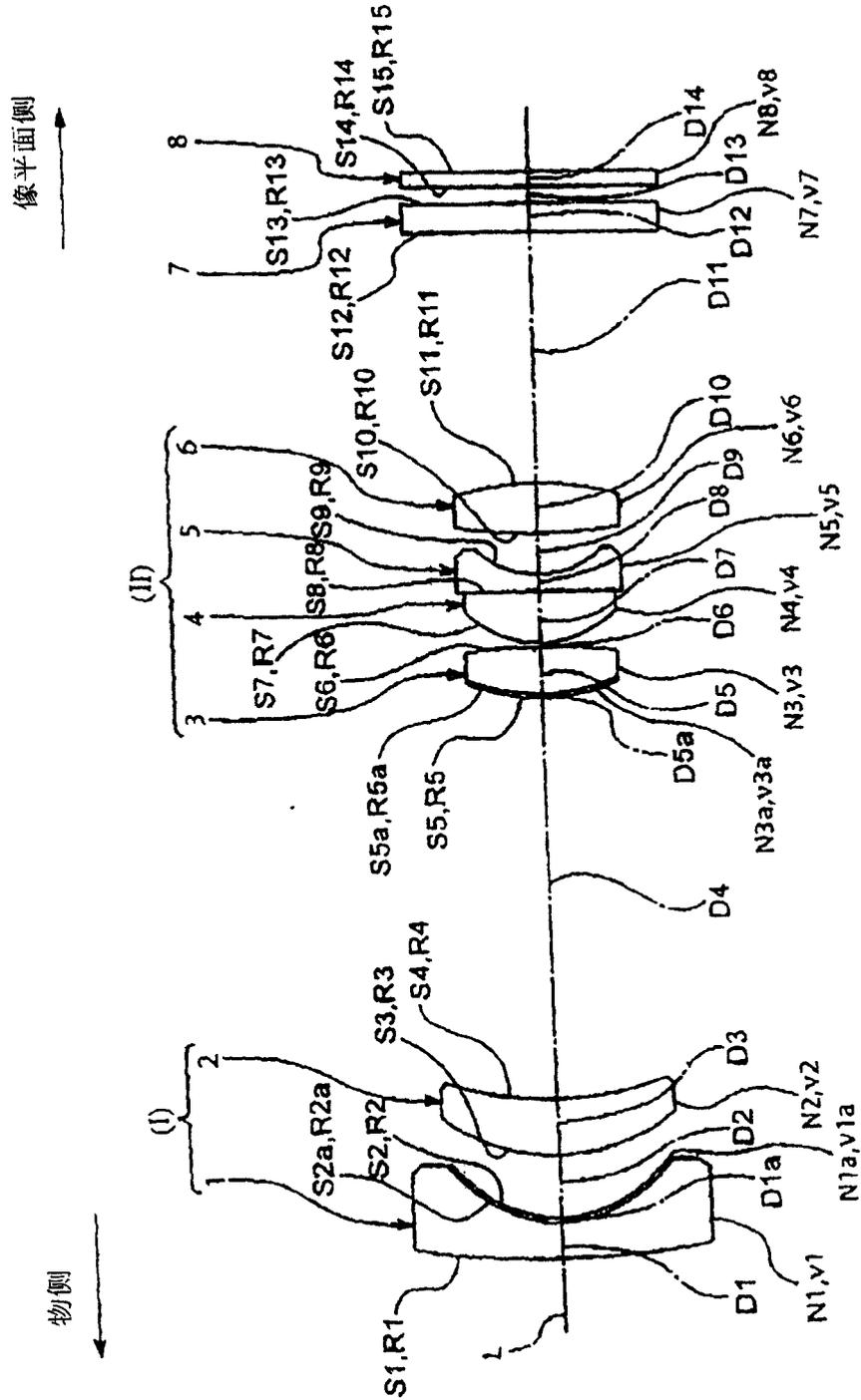


图 13

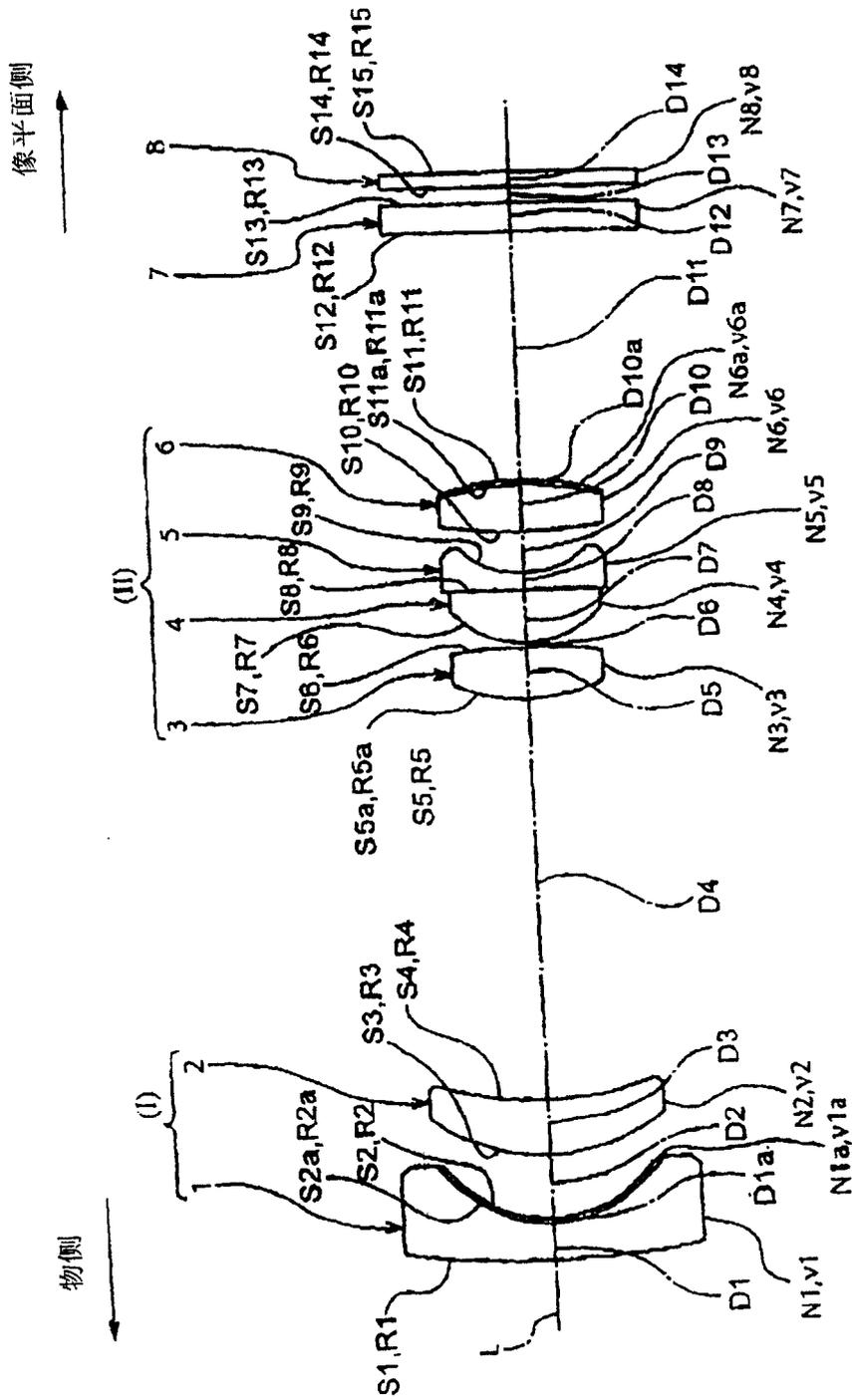
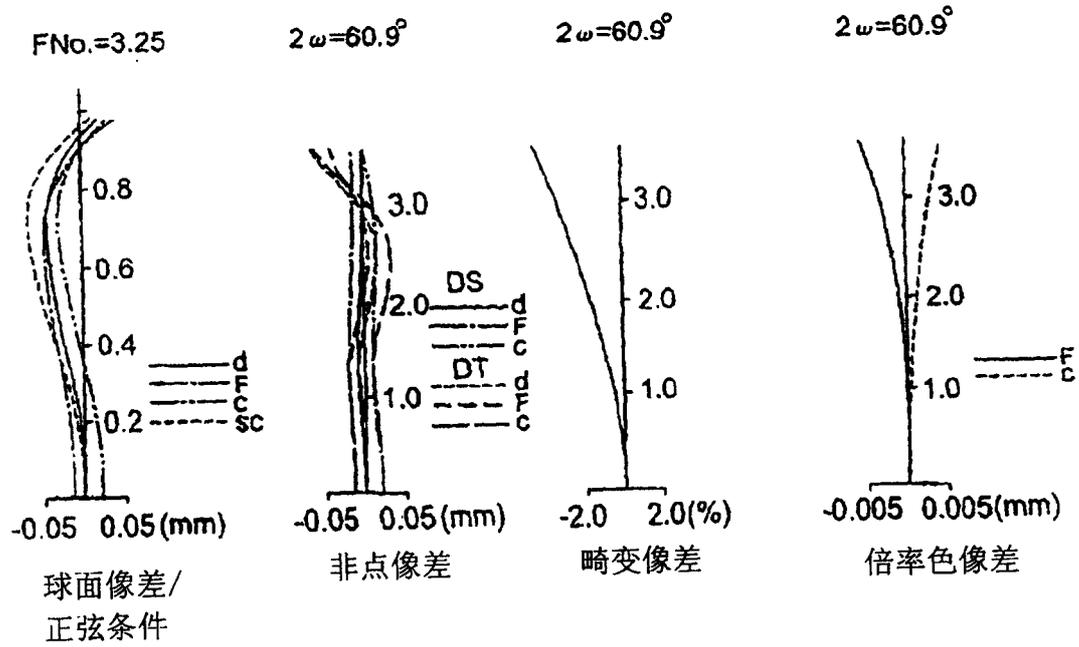
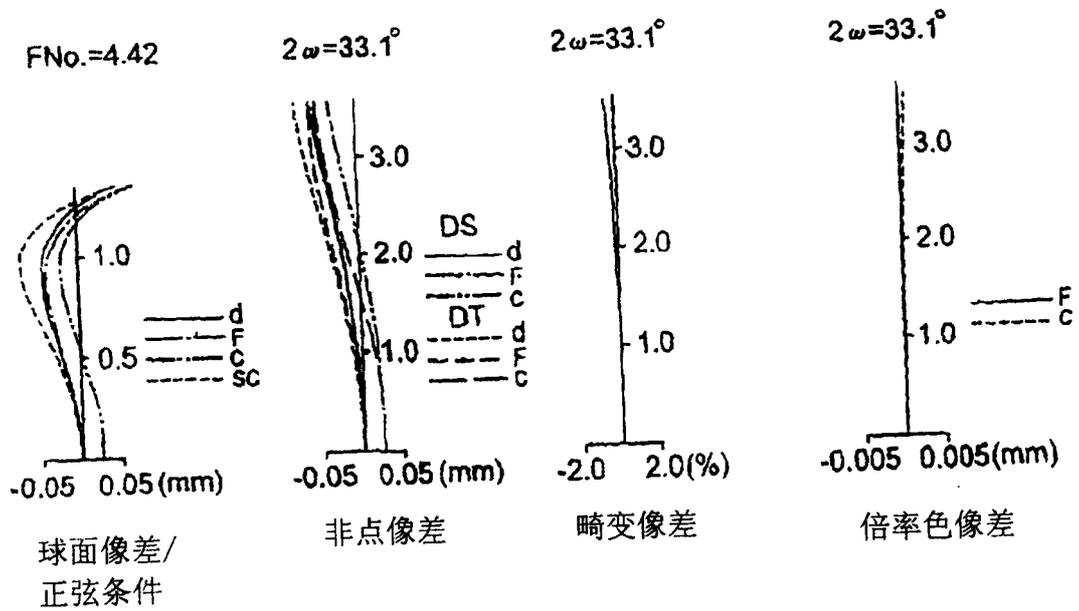


图 17



(SC)

图 18



(SC)

图 19

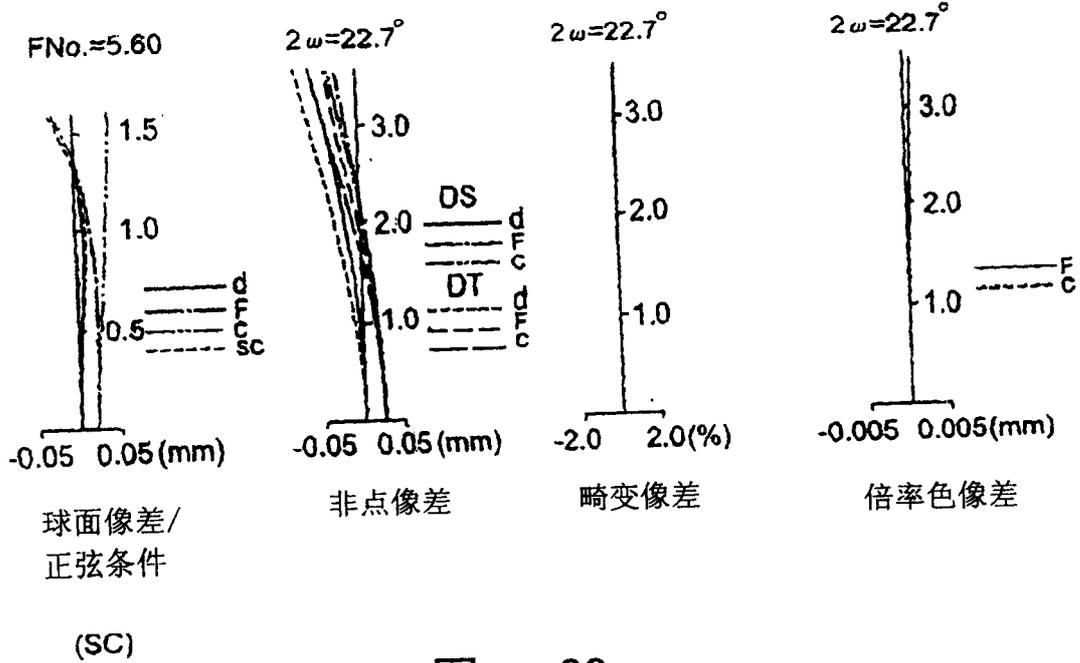


图 20

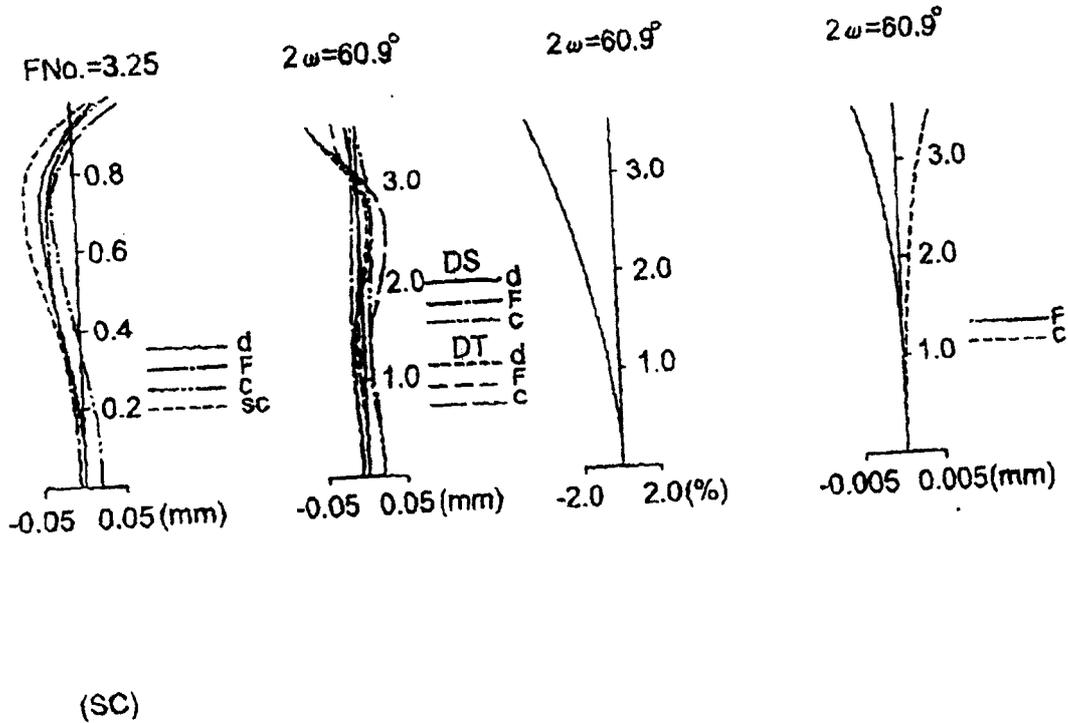


图 22

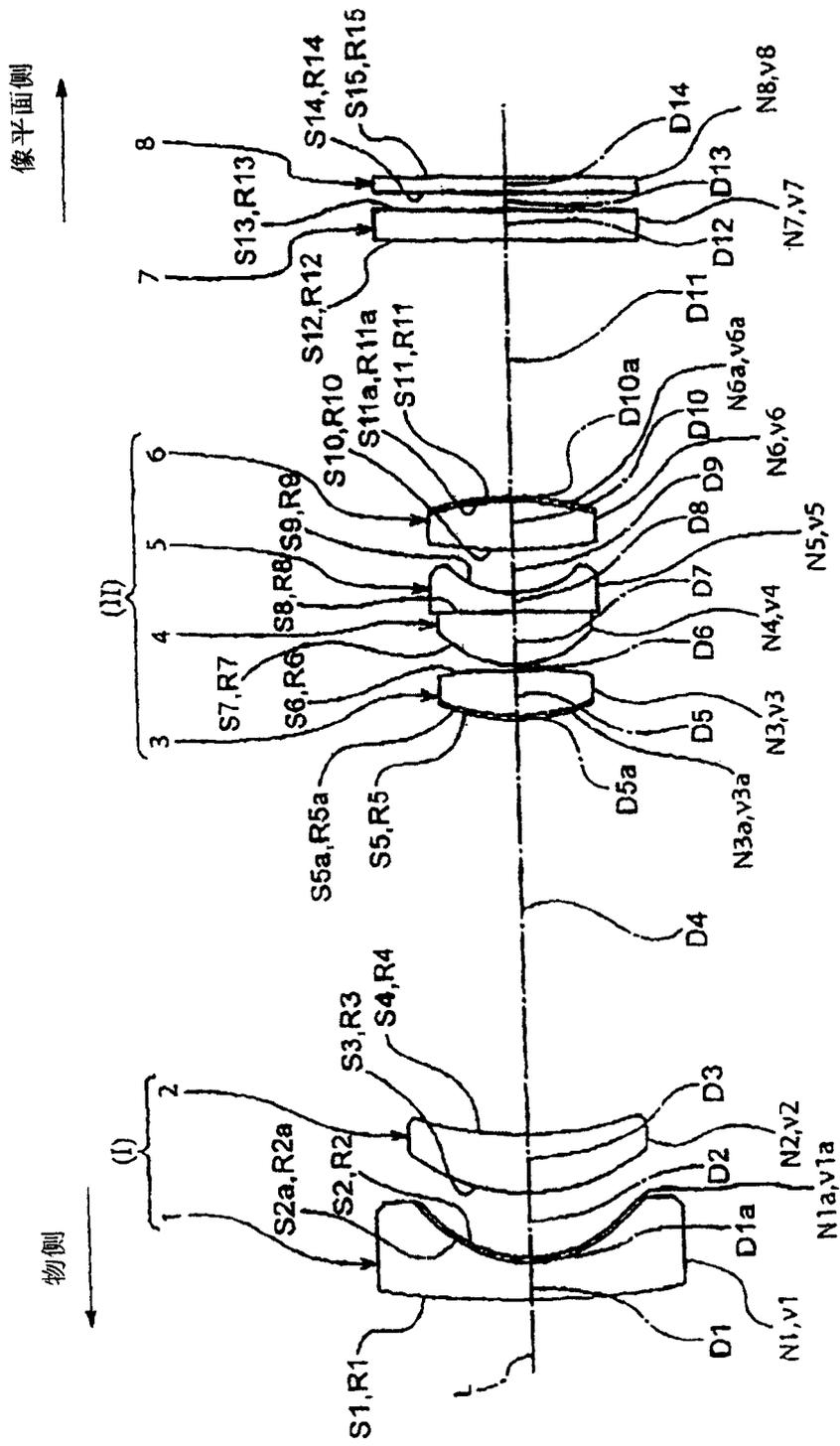


图 21

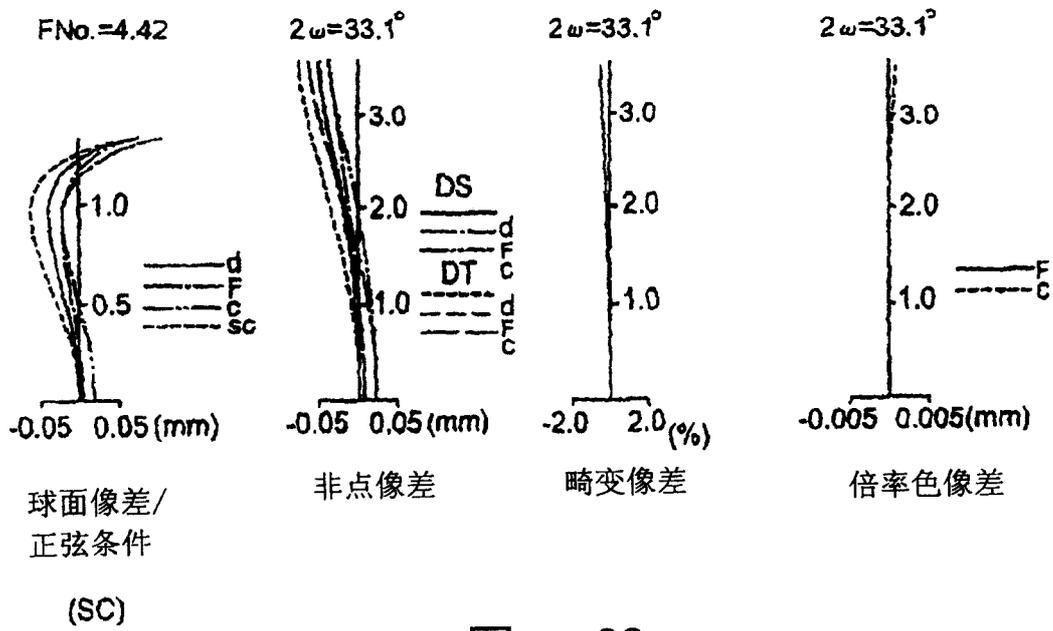


图 23

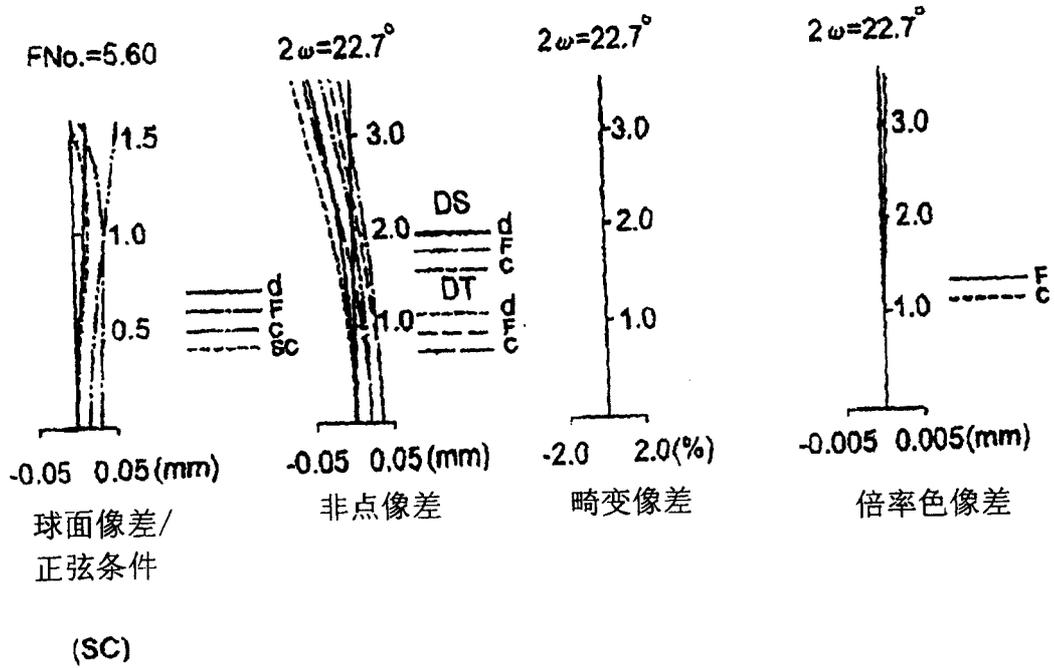


图 24