



[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 02803715.4

[45] 授权公告日 2005 年 11 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1226648C

[22] 申请日 2002. 1. 16 [21] 申请号 02803715.4

[30] 优先权

[32] 2001. 1. 17 [33] US [31] 09/764,820

[86] 国际申请 PCT/US2002/005479 2002. 1. 16

[87] 国际公布 WO2002/071124 英 2002. 9. 12

[85] 进入国家阶段日期 2003. 7. 15

[71] 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 J·莫斯可维奇

审查员 刘 冀

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

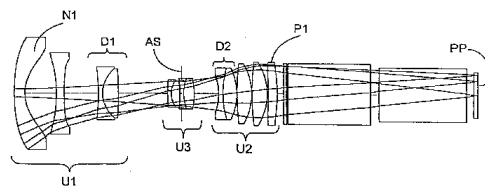
代理人 李家麟

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 5 页

[54] 发明名称 用于像素化屏面的紧凑型远心投影
透镜

[57] 摘要

提供一用于像素化屏面 (PP) 的远心的投影透镜。投影透镜具有一负的第一单元 (U1) 和一正的第二单元 (U2)，第一单元具有一包含至少一个非球形表面的至少一个负弯月形元件 (N1)，第二单元具有一包含至少一个非球形表面的至少一个正元件 (P1)。透镜的光圈 (AS) 位于两个单元之间，在光圈附近可使用一第三透镜单元 (U3) 以改进轴向色的纠正。透镜具有小的前顶距离、小的通光孔径以及长的后焦距，其使它们特别适用紧凑型的投影系统的制造。



1. 一种用来形成像素化屏面的图像的投影透镜，所述投影透镜具有一长的共轭侧和一短的共轭侧，并从所述的长的共轭侧到所述的短的共轭侧依次包括：

(A) 一第一透镜单元，其具有一负光焦度且包括全弯月形的至少一个负透镜元件，所述负透镜元件是朝向长共轭侧呈凸形，并包括至少一个非球面的表面；以及

(B) 一具有一正光焦度的第二透镜单元，所述第二透镜单元与第一透镜单元隔开一轴向间距，并包括至少一个正透镜单元，它包括至少一个非球面的表面；

其中，

(i) 投影透镜在短的共轭侧是远心的；以及

(ii) 投影透镜具有一有效的焦距 f_0 ，一有效的后焦距 BFL，以及一前顶距离 FVD，它们满足下列关系式：

$BFL/f_0 > 3.5$ ；且

$FVD/f_0 < 20$ 。

2. 如权利要求 1 所述的投影透镜，其特征在于，

$BFL/f_0 > 4.0$ 。

3. 如权利要求 1 所述的投影透镜，其特征在于，

$FVD/f_0 < 17$ 。

4. 如权利要求 1 所述的投影透镜，其特征在于，

$BFL/f_0 > 4.0$ ；且

$FVD/f_0 < 17$ 。

5. 如权利要求 1 所述的投影透镜，其特征在于，

(i) 所述投影透镜包括多个透镜元件，各个元件具有一通光孔径；

(ii) 最大通光孔径直径为 D ；以及

(iii) D 满足下列关系式

$D/f_0 < 5.0$ 。

6. 如权利要求 5 所述的投影透镜，其特征在于，

$D/f_0 < 4.0$ 。

7. 如权利要求 1 所述的投影透镜，其特征在于，
 - (i) 投影透镜具有沿透镜的长的共轭侧的方向的视野角度值 θ ；以及
 - (ii) θ 满足下列关系式：
$$\theta > 70^\circ$$
8. 如权利要求 7 所述的投影透镜，其特征在于，
$$75^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$$
9. 如权利要求 1 所述的投影透镜，其特征在于，第一和第二透镜单元各包括一色纠正对。
10. 如权利要求 1 所述的投影透镜，其特征在于，所述投影透镜包括一位位于第一透镜单元和第二透镜单元之间的轴向空间上的孔径光阑。
11. 如权利要求 10 所述的投影透镜，其特征在于，所述投影透镜包括一位位于所述孔径光阑附近的第三透镜单元。
12. 如权利要求 11 所述的投影透镜，其特征在于，所述第三透镜单元包括至少一个色纠正对。
13. 一种投影透镜系统，其特征在于，它包括：
 - (a) 一像素化屏面；以及
 - (b) 如权利要求 1 所述的投影透镜。
14. 如权利要求 13 所述的投影透镜系统，其特征在于，还包括一照明系统，它包括一光源和形成光源映象的照明光学器件。

用于像素化屏面的紧凑型远心投影透镜

技术领域

本发明涉及投影透镜，具体来说，涉及具有大的有效后焦距对焦距比的紧凑型远心透射透镜，其用于形成诸如 LCD、反射 LCD、DMD 等的由像素组成的物体的图像。

定义

对用于本说明书和权利要求书中的下列的术语应具有如下的意义：

(1) 远心

远心透镜是在无穷远处具有至少一个光瞳的透镜。按照主光线来说，在无穷远处具有一光瞳是指主光线平行于光轴，（a）如果入射光瞳在无穷远处，则在物体空间内，或（b）如果出射光瞳在无穷远处，则在象空间。因为光线可通过一透镜沿任何方向传播，所以，在无穷远处的光瞳既可用作入射光瞳也可用作出射光瞳，具体视透镜相对于物体和象的方向而定。因此，术语“远心光瞳”在这里用来描述在无穷远处的透镜的光瞳，不管光瞳是用作入射光瞳还是用作出射光瞳。

在实际的应用中，远心光瞳实际不需位于无穷远处，这是因为在离透镜光学表面足够远距离处的具有入射光瞳或出射光瞳的透镜，本质上是一个远心系统。对于这样一个透镜的主光线基本上平行于光轴，因此透镜通常在功能上等同于光瞳的理论（高斯）位置位于无穷远处的透镜。

因此，如这里所采用的，术语“远心的”和“远心透镜”意在包括在离透镜元件长距离处的具有至少一个光瞳的透镜，且术语“远心光瞳”用来描述这样的离透镜元件长距离处的光瞳。对于本发明的投影透镜，远心光瞳距离通常将至少大约是透镜焦距的 10 倍。

(2) 有效后焦距

一投影透镜/像素屏组合的有效后焦距（BFL）是介于像素屏的前表面和投影透镜的最后透镜元件的后表面的顶之间的距离的，所述投影透镜具有的光强度存在下面两种情况：（1）像素屏的图像位于无穷远处，以及（2）投影透

镜位于空气中，即，介于透镜的最后透镜元件和像素屏之间的空间充以空气，与此相对照的有，通常用于投影透镜和像素屏之间的构成棱镜、分光器等的玻璃。

(3) 前顶距离

一投影透镜/像素屏组合的前顶距离（FVD）是介于像素屏的前表面和投影透镜的最前透镜元件的前表面的顶之间的距离的，所述投影透镜具有的光强度存在下面两种情况：（1）像素屏的图像位于无穷远处，以及（2）投影透镜位于空气中，即，介于透镜的最后透镜元件和像素屏之间的空间充以空气，与此相对照的有，通常用于投影透镜和像素屏之间的构成棱镜、分光器等的玻璃。

背景技术

投影透镜系统（本文中也被称为“投影系统”）被用来在一观看屏上形成物体的图像。这样的系统可以是前投射型或背投射型，根据观看者和物体是在屏（前投影）的同一侧，还是在屏（背投影）的相对侧而定。

这样的系统的基本结构示于图 5，其中，标号 10 是光源（例如，一金属卤化物灯或高压水银蒸气灯），12 是照明光学器件，其形成光源的映象（照明系统的“输出”），14 是被投影的物体（例如，通一断像素的液晶显示器上的矩阵），以及 13 是投影透镜，其由多个透镜元件组成，在观看屏上形成一物体 14 的放大的图像。

对于正投系统，观看者位于图 5 中的屏 16 的左侧，而对于背投系统，观看者位于屏的右侧。对于包容在一个单一的机壳内的背投系统，一镜面通常用来折叠光路，因此，可减小系统的总体尺寸。

使物体成为像素化屏面的投影透镜系统已被用于各种应用中。这样的系统最好使用一个单投影透镜，它形成一具有红、绿和蓝像素的单一屏面的图像，或是三个屏面，一个是用于红光，第二个是用于绿光，而第三个是用于蓝光。在某些情形下，例如，大的图像背投系统，使用多屏面和多投影透镜，使各屏面/投影透镜组合产生总的图像的一部分。在任一情形中，用于这样系统的投影透镜通常需有一长的有效的后焦距来适应通常用于像素化屏面的棱镜、分光器、色轮等。

采用像素化屏面的投影透镜系统的一个特别重要的应用，是用在微显示领域，例如，用来显示数据的正投系统和用作计算机监视器的背投系统。最近在

制造技术上的突破已导致出现诸如 DMD、反射式 LCD 以及诸如此类的使用数字光真空管器件的多种微显示器。

为了显示具有大量信息内容的图像，这些器件必须具有大量的像素。因为器件本身比较小，所以，个别的像素也很小，典型的像素大小从 DMD 显示器的 17μ 到反射式 LCD 的 8μ 或更小。这就是说，用于这些系统的投影透镜必须具有非常高的象差纠正能力。特别重要的是，对色差和色失真的纠正能力。

高的色差纠正能力之所以重要，是因为色差可在像素化屏面上的图像中容易被看到像素模糊，在极端的情形下，像素从图像完全滴落。这些问题在视野的边缘通常尤为严重。

系统的所有这些失真需要着手解决，诸如横向色，慧差、象散的颜色的变化，以及失真，其中失真是最富有挑战性的。横向色，即，颜色放大的变化，是特别麻烦的事，因为它放大本身也同时降低对比度，特别在视场的边缘部分。在极端的情形下，在全视场的区域内可看见虹视效应。

在使用阴极射线管（CRT）的投影系统中，少量的（残余的）横向色可用电子的方法进行补偿，例如，通过相对于蓝 CRT 上产生的图像，减小在红 CRTD 的面上产生的图像的大小。然而，采用像素屏面，这种调节不能进行，因为图像被数字化，因此，跨越整个视场不可能在大小上进行光顺的调节。较高级的横向色的纠正包括二次的横向色的纠正，因此，需要从投影透镜进行。

利用像素化屏面来显示数据，导致对失真纠正的严格要求。这是因为在观看数据时，即使在透镜的视场的最边缘点上也要有良好的图像质量。显然，显示的数字或字母的不失真的图像，在视场的边缘与其在中心处是同样地重要。此外，投影透镜经常用于偏离屏面。在这种情形下，在观察屏上的失真并不关于通过屏的中心的水平线对称地变化，但可单调增加，例如，从屏的底到屏的顶。这种效应使得即使少量的失真也容易被观察者觉察到。

当一视窗（WINDOWS）型计算机接口的放大的图像被投射到一观看屏上时，低失真和高的色纠正能力显得特别重要。与其平行线、邻接的指令、和对话框，以及复合的着色的接口，实质上就是用于失真和颜色的测试型式。使用者很容易地觉察出并反对在这种接口的图像上的即使微小水平的失真或色差。

上述微显示器通常要求，从照明系统来的光束具有对于显示器接近法向的入射角。对于投影透镜来说，这就转化为要求透镜具有一远心的入射光瞳，即，投影透镜必须沿其物体（像素化屏面）所位于的、短的成象共轭的方向是远心

的。这使透镜关于光圈是非对称的，它使横向色的纠正变得更加困难。

除了以上所述，对于背投系统，日益要求机箱越来越小（较小的轨迹）。对于投影透镜来说，这就转化为要求透镜沿图像（屏）的方向具有宽的视场。这个要求使得透镜的横向色纠正变得更加困难。同样地，对于长的有效后焦距的要求也使得横向色更加难于纠正。

除了要有宽的视场，对于机箱越来越小的要求，也就转化为要求透镜具有短的前顶距离。这样，必须分配给机箱内的投影透镜的线性空间量得到减小。此外，对于一给定的视场，越短的前顶距离导致用于投影透镜的透镜元件的最大通光孔径也越小。这不仅减小透镜的最大横向尺寸，而且减小其重量和成本。对于有效后焦距来说，减小前顶距离使得纠正透镜的失真变得更加困难。特别是，一较短的前顶距离通常要求较强的透镜元件，而其失真更加难于纠正。

同步地实现短的焦距、长的有效后焦距、沿透镜的长的共轭方向的宽的视场，以及短的前顶距离，同时仍保持使用像素化屏面的投影透镜系统所需要的高的失真纠正能力，这是特别富有挑战性的，因为这些不同的要求互相抵触。如下面所描述和图示说明的，本发明提供的投影透镜，它满足这些向背的准则。

发明内容

鉴于以上所述，本技术领域内有这样的要求，需要用于像素化屏面的投影透镜，它们最好在在一定程度上具有下列所有的特性：

- (1)高水平的横向色纠正能力，包括二次横向色的纠正；
- (2)低失真；
- (3)沿图像方向的大视场；
- (4)远心入射光瞳；
- (5)长的有效后焦距；
- (6)短的前顶距离；以及
- (7)对于组成投影透镜的诸透镜的小的最大通光孔径。

为了满足本技术领域的这些要求，本发明提供投影透镜，它们最好和一定程度上具有所有上述的七个特征。

特别是，本发明提供一种用来形成像素化屏面的投影透镜，其中，投影透镜具有一长的共轭侧（图像或屏侧）和一短的共轭侧（物体或像素化屏面侧），并从其长的共轭到其短的共轭依次包括：

(A)第一透镜单元(U1)，其具有一负光焦度且包括全弯月形的至少一个负透镜元件(N1)，所述负透镜元件是朝向长共轭侧呈凸形，并包括至少一个非球面的表面；以及

(B)具有一正光焦度的第二透镜单元(U2)，所述第二透镜单元与第一透镜单元隔开一轴向的空间，并包括至少一个正透镜单元(P1)，它包括至少一个非球面的表面；

其中，

(i)投影透镜在短共轭侧是远心的；以及

(ii)投影透镜具有有效焦距 f_0 ，有效后焦距 BFL，以及前顶距离 FVD，它们满足下列关系式：

$BFL/f_0 > 3.5$ ；且

$FVD/f_0 < 20$ 。

比值 BFL/f_0 最好大于 4.0，且在某些情况下，可大于 4.5，甚至大于 5.0。同样，比值 FVD/f_0 最好小于 17，且在某些情况下，可小于 15，甚至小于 13。

除了具有上述的比值 BFL/f_0 和 FVD/f_0 以外，本发明的投影透镜最好具有沿至少 70° 的长的共轭的方向的视场 θ （例如， $75^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$ ），以及一最大通光孔径对 f_0 的比值 (D/f_0 之比)，它小于 5.0，且在某些情形下小于 4.0。

附图简述

图 1—4 是根据本发明构造的具代表性的投影透镜的示意侧视图。

图 5 是示出使用本发明的投影透镜的全部投影透镜系统的示意图。

包含在本说明书中并构成本说明书一部分的上列附图，图示本发明的诸优选的实施例，它们连同下面的描述用来解释本发明的原理。应该理解的是，当然，这些附图和描述只是说明性的。对本发明并无限制的意义。

具体实施方式

本发明的投影透镜是负焦距的或倒置的远距摄影型，并包括两个透镜单元，即，在长共轭侧的负单元(U1)和在短共轭侧的正单元(U2)，它们通常被孔径光阑分开。

使用这种全透镜形式来形成像素化屏面的图像具有众多优点。因此，通过将透镜的光圈定位在第二正单元的前聚焦平面，可实现远心。由下面给出的实

例所显示的其它诸优点，包括达到长有效后焦距的能力和提供沿透镜的长共轭方向的宽视场的能力。这两种特征在背投系统中特别有用，其中，透镜必须具有宽视场，以实现最小可能的总体尺寸，并且要求在透镜和像素化屏面之间容纳分光棱镜。这些棱镜可包括偏振分光器，以及分色棱镜。

本发明的透镜通过在第一透镜单元使用一个或多个非球面的表面，实现高的失真纠正能力。通过在第二透镜单元使用一个或多个非球面的表面，可纠正某些残余失真，以及透镜的入射光瞳的球面的偏差。入射光瞳的球面偏差必须降到最小，以对透镜的物体平面上的任意点实现远心。最好非球面的表面形成在塑料的透镜元件上。

必须纠正的最重要的象差是透镜的横向色。本发明的透镜最好使用美国专利申请的技术实现这种纠正，该专利是申请日为 1999 年 5 月 4 日的共同受让的美国专利申请 No. 09/304,693，题为“用于像素化屏面的、具有减小的横向色的投影透镜”，本文援引其内容以供参考。该申请作为 PCT 专利公开 No. W0 00/67059，公开日为 2000 年 11 月 9 日。尽管是较佳的，但上述申请的方法不需要用于本发明的实践中。

不管采用什么方法来纠正侧向光，各个第一和第二透镜单元最好包括至少一个色纠正对（在图 4 中，分别为 D1 和 D2）。还有，投影透镜可包括位于光圈附近的一第三透镜单元（U3），其最好包括至少一个色纠正对，并用来提高透镜的轴向色纠正。

丝毫无限制的意图，本发明将通过下列诸实例作进一步详细的介绍。

实例

图 1—4 和表 1—4 示出根据本发明构造的具代表性的投影透镜。

HOYA 牌号用作应用于透镜系统中的各种玻璃制品。由其它制造商制造的相当的玻璃制品（例如，OHARA 或 SCHOTT）可用于本发明的实践中。工业界认可的材料可用于塑料的元件中。

诸表中罗列的非球面系数用于下列的方程式：

$$z = \frac{cy^2}{1 + [1 - (1+k)c^2y^2]^{1/2}} + Dy^4 + Ey^6 + Fy^8 + Gy^{10} + Hy^{12} + Iy^{14}$$

其中， z 是离系统的光轴距离为 y 的表面凹陷 (sag)， c 是在光轴上的透镜曲率，而 k 是一锥形常数，除了表 1—4 规定中指出的之外，它为零。

与表中各表面相关的标号“a”代表一非球面的表面，即，在上述方程式中的D、E、F、G或I中的至少一个不为零的表面；标号“c”表示在上述方程式中k不为零的表面。在诸图和表中位于U2的短的共轭侧的的各个平面结构是这样的部件，它们与像素化屏面一起使用，或是像素化屏面的一部分。它们不构成投影透镜的部分。表中所给出的所有尺寸均为毫米。

表中的规定是光线在图中从左向右运动的假定之下构筑的。在实际情况中，观察屏将在左方，而像素化屏面将在右方，光线将从右向左运动。特别是，在表的规定中，参照的物体/图像以及入射/出射光瞳均与余下的说明书中的参照相反。像素屏面示于图1—4中，并标注以“PP”，而光圈以标号“AS”示出。

组成表1—4中的投影透镜的各个透镜单元的焦距，列于表5中，其中， f_1 是U1的焦距， f_2 是U2的焦距， f_3 是U3的焦距。两个入口设置在与示于图1的透镜的两个聚焦位置对应的图1的透镜上。在实际上，图2—4的透镜还包括图1所示类型的可变空间，用来聚焦不同共轭的透镜。

表6列出表1—4的透镜的 BFL/f_0 、 FVD/f_0 、 D/f_0 和 θ 值。从表中可见，实例的透镜具有的比值 BFL/f_0 大于3.5， FVD/f_0 比值小于20， D/f_0 比值小于5.0，以及 θ 值大于 70° ，它特别适于采用像素化屏面的紧凑的投影透镜系统的制造。

除了表6中所示的特性之外，本发明的投影透镜最好还具有下列特性：

(i)对于从460毫微米至620毫微米范围内波长，在全视场内发生横向色模糊，所述波长范围小于一个像素，且最好小于一个像素的四分之三（注意到，横向色的纠正可在物体平面和图像平面上确定，在图像平面上进行确定时，可使用一放大的像素）；以及

(ii)一失真，其小于1.5%，且最好小于或等于1.0%。

表1—4的投影透镜达到上述的两个较佳横向色和较佳失真水平。特别是，透镜达到对小于15微米的像素大小（像素宽度）的横向色纠正的较佳水平。

尽管本发明描述和图示了具体的实施例，但应该理解到，本技术领域内的技术人员在不脱离本发明的范围和精神的前提下，从上面的介绍中，显然，可作出各种各样的改型。

表 1

表面 编号	类型	半径	厚度	级	通光孔径 直径
1	a	117.6365	5.00000	ACRYLIC	54.99
2	ac	21.4274	Space 1		43.00
3	a	-127.4598	3.50000	ACRYLIC	38.12
4	a	124.5786	15.82974		31.99
5		-111.5955	2.00000	S-PHM52	24.05
6		16.6022	7.00000	PBM3	22.20
7		-206.1765	22.68808		21.55
8		83.4212	1.60000	S-LAH59	12.65
9		11.8097	4.00000	S-TIH14	12.52
10		-56.3462	1.00000		12.51
11		孔径光阑	-0.57048		12.33
12		-34.9748	1.50000	S-LAH60	12.47
13		21.6254	5.00000	S-FSL5	12.83
14		-36.2924	11.16324		14.09
15		-32.4760	2.00000	S-LAH60	18.53
16		47.0151	6.50000	S-FPL53	20.88
17		-30.9043	0.20000		23.46
18		135.5060	6.50000	S-FPL53	26.20
19		-32.3081	0.20000		27.60
20		135.5060	7.00000	S-FPL53	28.92
21		-32.3081	0.50000		29.36
22	a	-200.0000	4.00000	ACRYLIC	29.05
23	a	-70.0000	Space 2		28.80
24			1.20000	BK7	28.23
25			0.70000		28.12
26			38.00000	SF1	28.03
27			4.00000		25.02
28			40.00000	BK7	24.48
29			3.40000		20.88
30			1.60000	BK7	20.48
31			Image distance		20.36

代号描述

a - 多项式非球面

c - 锥形部分

偶多项式非球面

表面

编号	D	E	F	G	H	I
1	9.6519E-06	-1.5632E-08	1.2711E-11	5.5342E-15	-6.5286E-18	-1.9134E-21
2	8.6678E-06	-4.2959E-08	7.0767E-12	8.8543E-14	-2.4573E-16	2.2616E-19
3	-2.4746E-05	2.5825E-08	1.1482E-10	-3.6770E-14	-6.0705E-16	6.7521E-19
4	-8.7253E-06	6.6534E-08	-7.5878E-11	8.8981E-14	5.0109E-15	-1.2287E-17
22	2.0719E-06	1.4805E-08	2.7648E-11	-1.1585E-13	1.5856E-15	-3.6956E-18
23	4.6867E-06	1.1179E-08	1.3295E-10	-1.0815E-12	5.7973E-15	-1.0147E-17

锥形常数

表面2 $k = -1.0000E+00$

表 1(续)

变量空间

焦点位置	空间 1	空间 2	焦移	图像距离
	T(2)	T(23)		
1	14.469	3.000	0.034	-0.011
2	14.109	2.727	0.014	-0.002

第一级数据

f/数	2.80	2.80
放大	-0.0348	-0.0133
物高	-292.10	-762.00
物距	-322.02	-891.43
有效焦距	12.235	12.278
像距	-.11098E-01	-.17710E-02
总长	534.99	1103.8
桶长	212.98	212.35
光阑表面号	11	11
光阑直径	12.035	12.029
入射光瞳距离	29.763	29.664
出射光瞳距离	-729.89	-729.62

表 2

表面 编号	类型	半径	厚度	级	通光孔径 直径
1	a	313.2208	5.00000	ACRYLIC	56.58
2	ac	24.5396	12.60286		44.81
3	a	-2021.5999	3.50000	ACRYLIC	38.88
4	a	55.8585	21.60922		32.29
5		-338.5775	2.00000	S-LAL18	22.15
6		17.8685	7.00000	S-TIM35	20.99
7		-426.6654	19.43304		20.34
8		138.6638	1.60000	S-LAH59	13.25
9		14.7900	4.50000	S-TIH14	12.79
10		-67.8402	0.97982		12.83
11		孔径光阑	0.50000		12.70
12		-26.6748	1.50000	S-LAH60	12.72
13		31.5122	4.50000	S-FPL53	13.47
14		-24.2044	13.59935		14.74
15		-60.1999	2.00000	S-LAH60	21.30
16		68.4138	6.00000	S-FPL53	23.01
17		-32.7938	0.20000		24.78
18		310.3792	5.00000	S-FPL53	26.60
19		-58.4342	0.20000		27.80
20		114.0878	7.50000	S-FPL53	28.78
21		-32.1934	0.50000		29.37
22		-1000.0000	4.00000	ACRYLIC	29.00
23	a	-90.5000	3.00000		28.89
24			1.20000	BK7	28.21
25			0.70000		28.11
26			38.00000	SF1	28.01
27			4.00000		24.95
28			40.00000	BK7	24.40
29			3.40000		20.85
30			1.60000	BK7	20.46
31			0.01932		20.36

代号描述

a - 多项式非球面

c - 锥形部分

焦移 0.02369

偶多项式非球面

表面

编号	D	E	F	G	H	I
1	8.1433E-06	-1.2583E-08	1.3837E-11	1.3471E-15	-1.2875E-17	7.0217E-21
2	-3.7080E-07	-3.5690E-08	8.7206E-12	1.0950E-13	-1.7448E-16	9.0724E-20
3	-2.3975E-05	1.4822E-08	1.0183E-10	-2.8001E-14	-5.0803E-16	5.6897E-19
4	-7.9144E-06	8.2684E-08	-1.2117E-10	-1.7154E-13	4.5131E-15	-1.0098E-17
23	2.2878E-06	-8.1965E-09	1.5043E-10	-1.1882E-12	4.5352E-15	-6.5914E-18

锥形常数

表面2 $k = -1.0000E+00$

表 2(续)

第一级数据

f/数	2.80	总长	535.622
放大	-0.0348	光阑直径	12.390
物高	-292.10	桶长	215.624
物距	-319.979	入射光瞳距离	29.2388
有效焦距	12.1460	出射光瞳距离	-760.102
像距	0.193170E-01		
光阑表面号	11		

表 3

表面 编号	类型	半径	厚度	级	透光孔径 直径
1	a	96.3733	3.00000	ACRYLIC	38.06
2	ac	22.1246	16.83895		30.28
3		-71.4185	1.50000	S-LAH66	18.10
4		10.6036	7.00000	S-FTM16	15.29
5		-27.6402	1.00000		14.22
6		-22.8394	1.20000	S-LAH66	13.16
7		10.4229	4.10000	S-TIH10	12.35
8		-103.2388	8.87383		12.11
9		孔径光阑	8.22815		9.86
10		-1477.8659	5.30000	S-FPL53	14.90
11		-12.1897	1.30000	S-LAH55	16.03
12		-86.4322	0.80000		18.81
13		-62.8290	4.10000	S-FPL53	19.50
14		-21.2300	0.30000		21.35
15		-73.3053	3.80000	S-FPL53	23.22
16		-29.4771	0.30000		24.58
17		-389.3199	4.30000	S-FPL53	26.14
18		-37.5554	0.30000		27.02
19		232.2161	6.00000	S-FPL51	27.98
20		-33.3737	0.30000		28.36
21		-77.5706	3.00000	ACRYLIC	27.83
22	a	-49.5844	6.92542		27.74
23			4.95500	BK7	25.91
24			1.44000	POLYCARB	25.23
25			49.00000	SF2	25.04
26			4.00000		18.83
27			2.50000	BK7	17.99
28			0.21000	POLYCARB	17.65
29			-0.00030		17.63

代号描述

a - 多项式非球面
c - 锥形部分

焦移 - 0.06051

偶多项式非球面

表面 编号	D	E	F	G	H	I
1	5.5140E-05	-1.2755E-07	8.2598E-11	4.0143E-13	-5.8089E-16	8.9842E-21
2	5.8955E-05	4.1395E-08	-1.0013E-09	-3.6784E-13	2.4401E-14	-5.6812E-17
22	7.1508E-06	6.6037E-10	1.2160E-11	-9.3582E-14	5.6757E-16	-1.1372E-18

锥形常数

表面2 k = -1.0000E+00

表 3(续)

第一级数据

f/数	2.80	总长	964.996
放大	-0.0133	光阑直径	9.576
物高	-660.40	桶长	150.571
物距	-814.425	入射光瞳距离	21.6797
有效焦距	11.1559	出射光瞳距离	-8331.62
像距	-.298217E-03		
光阑表面号	9		

表 4

表面 编号	类型	半径	厚度	级	通光孔径 直径
1	a	106.6356	3.00000	ACRYLIC	38.25
2	a	21.6115	6.97733		29.79
3		25.3000	2.50000	S-LAL8	26.20
4		16.2000	4.80000		22.36
5		70.2300	1.80000	S-LAL18	21.53
6		14.3400	6.60000	S-FTM16	19.05
7		-99.2700	1.21050		17.89
8		-50.0950	1.50000	S-LAL18	17.11
9		14.2500	4.50000	S-TIH6	15.66
10		106.6500	13.71753		14.80
11	孔径光阑		7.29626		9.54
12		-90.7800	5.50000	S-FPL53	13.40
13		-10.4970	1.40000	S-LAH55	14.77
14		-72.7500	0.80000		17.81
15		-4584.0000	5.00000	S-FPL53	19.61
16		-26.1800	0.20000		21.84
17		811.4001	7.50000	S-FPL53	24.19
18		-21.8000	0.50000		25.97
19	a	89.6854	7.00000	ACRYLIC	27.29
20	a	-31.5584	4.86429		27.61
21			1.00000	BK7	26.00
22			2.00000		25.86
23			2.20000	BK7	25.43
24			1.10000	POLYCARB	25.12
25			51.00000	SP2	24.98
26			2.00000		18.42
27			2.40000	BK7	17.99
28			0.07000	POLYCARB	17.67
29			-0.00113		17.68

代号描述

a - 多项式非球面

焦移 - 0.05535

偶多项式非球面

表面
编号

	D	E	F	G	H	I
1	3.6196E-05	-3.7509E-08	-3.1361E-11	9.8606E-14	7.6981E-17	-1.4682E-19
2	2.7865E-05	4.6602E-08	-3.3073E-11	-9.6310E-13	-2.0067E-15	1.5700E-17
19	-2.9659E-07	-5.5950E-09	1.7257E-11	3.8895E-14	-4.1354E-16	-2.5237E-18
20	1.3871E-05	-5.7560E-09	1.3262E-10	-1.0498E-12	4.5835E-15	-1.0785E-17

表 4(续)

第一级数据

f/数	2.80	总长	964.999
放大	-0.0135	光阑直径	9.277
物高	-654.00	桶长	148.436
物距	-816.565	入射光瞳距离	21.6766
有效焦距	11.3160	出射光瞳距离	-6338.20
像距	-.113196E-02		
光阑表面号	11		

表 5

实例	f_0	f_1	f_2	f_3
1A	12.24	-30.47	34.64	-162.00
1B	12.28	-30.53	34.64	-162.00
2	12.15	-29.67	35.12	-102.41
3	11.16	-15.09	26.45	-
4	11.32	-19.88	25.76	-

表 6

实例	f_0	BFL	BFL/ f_0	FVD	FVD/ f_0	D^1	D/f_0	θ
1A	12.24	60.87	4.97	181.95	14.87	55.00	4.49	78.8°
1B	12.28	60.89	4.96	181.61	14.79	55.00	4.48	78.3°
2	12.15	60.92	5.01	184.64	15.20	56.58	4.66	78.8°
3	11.16	46.44	4.16	127.98	11.47	38.06	3.41	76.3°
4	11.32	44.06	3.89	125.86	11.12	38.25	3.38	75.7°

¹最大通光孔径

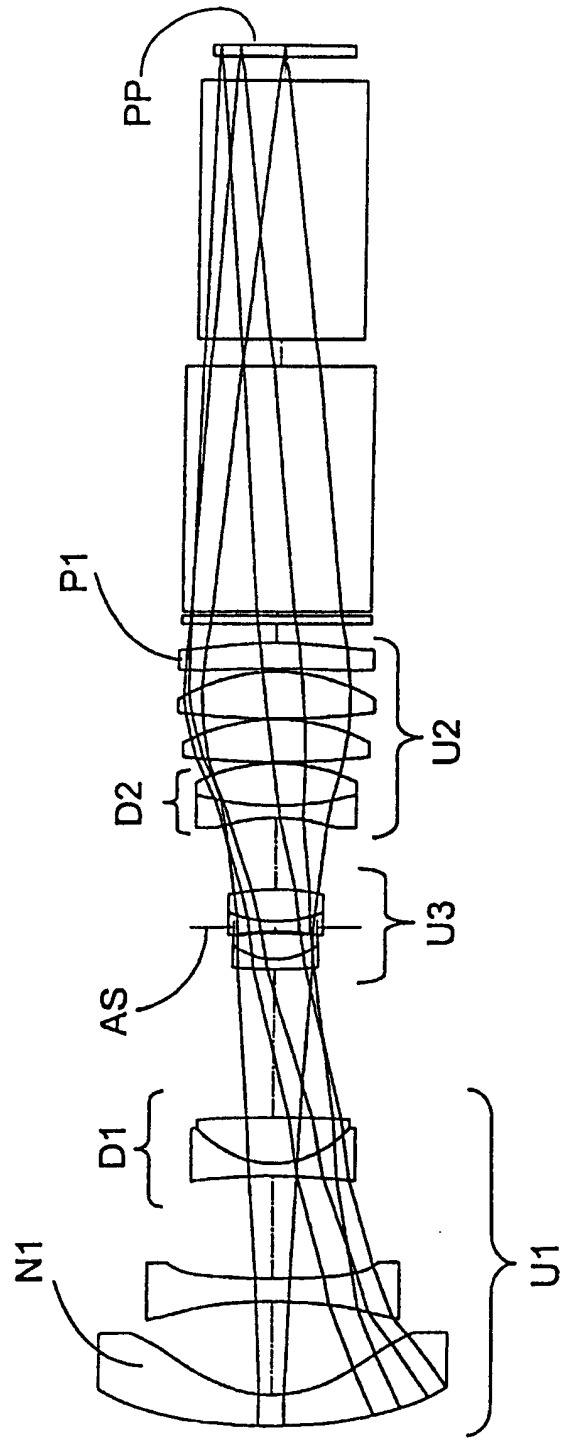


图 1

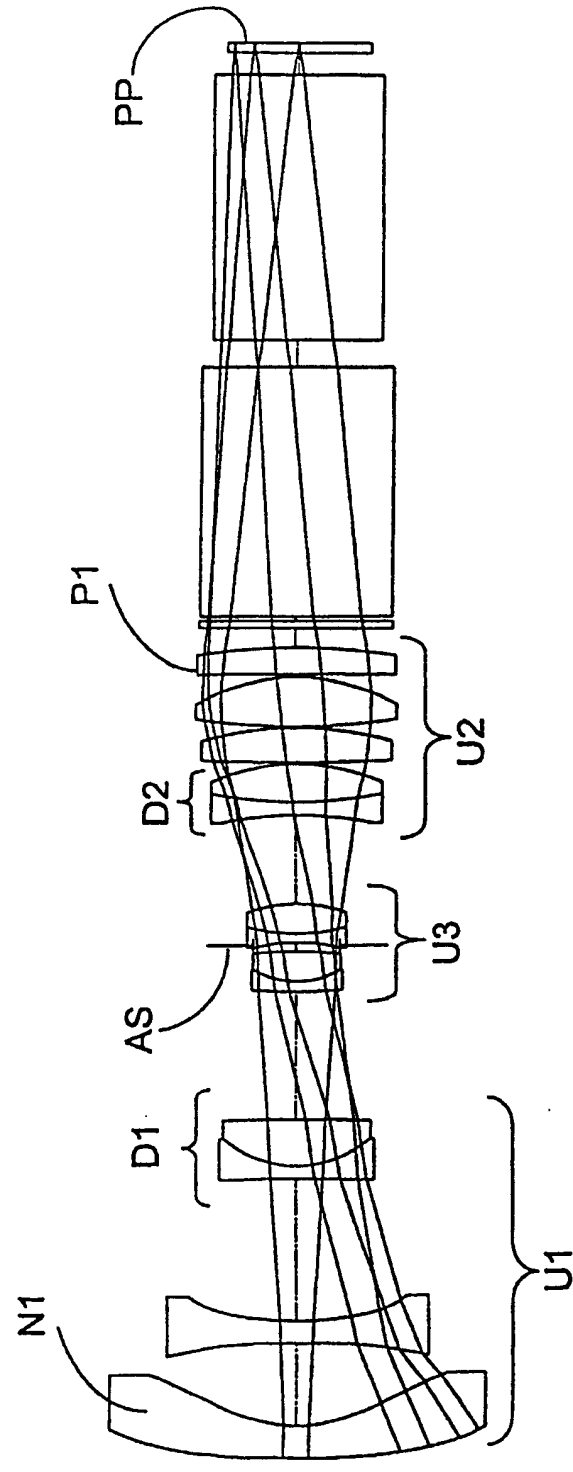
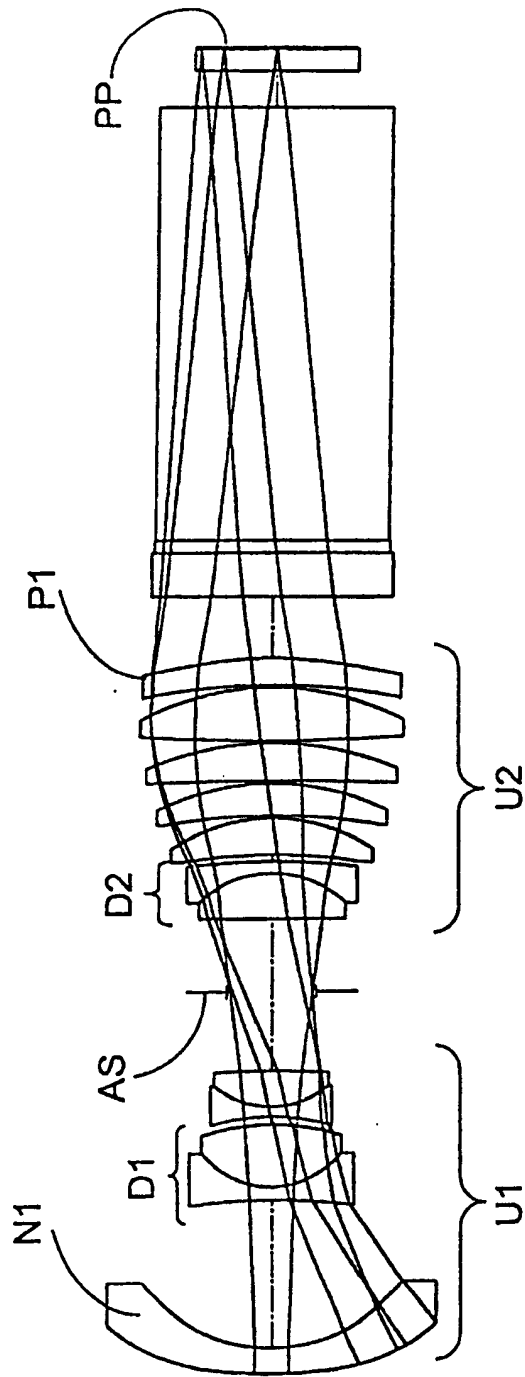


图 2



 3

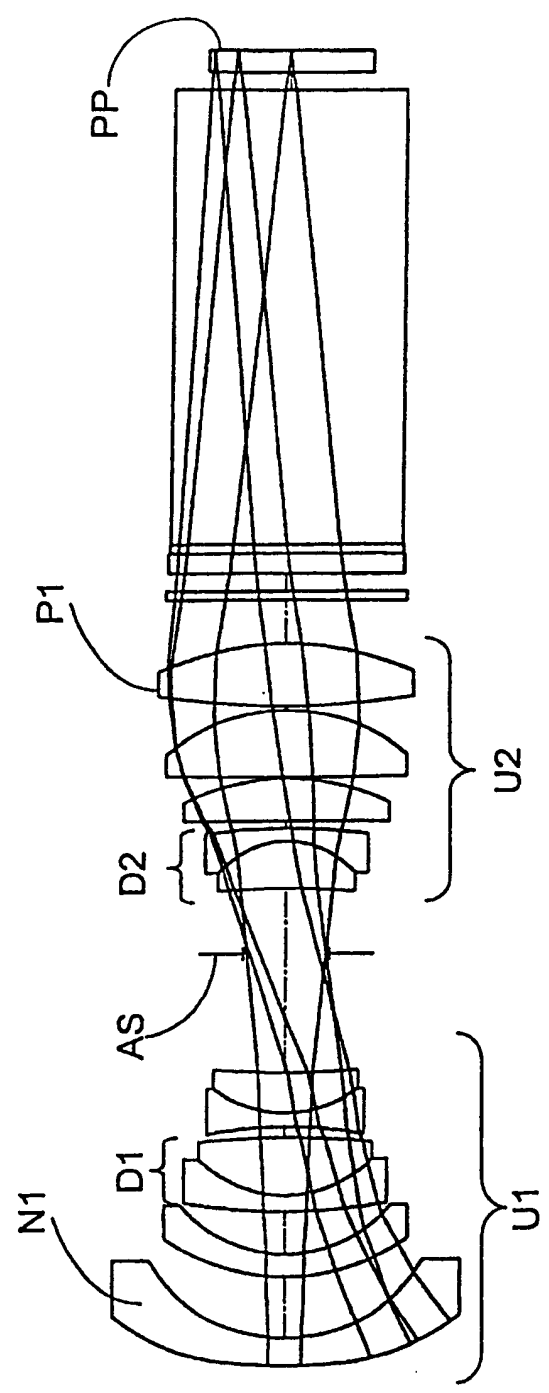


图 4

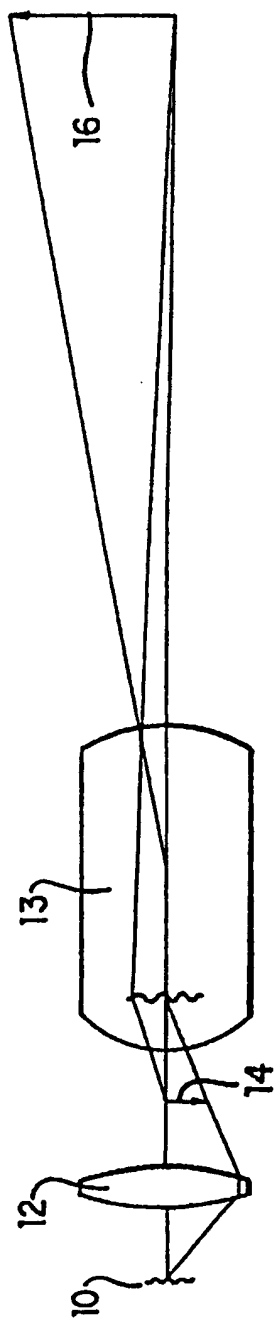


图 5