

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 3/14 (2006.01)

G02B 26/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580003607.4

[45] 授权公告日 2009年4月1日

[11] 授权公告号 CN 100474005C

[22] 申请日 2005.1.25

[21] 申请号 200580003607.4

[30] 优先权

[32] 2004.1.30 [33] EP [31] 04100351.8

[32] 2004.3.9 [33] EP [31] 04100947.3

[86] 国际申请 PCT/IB2005/050289 2005.1.25

[87] 国际公布 WO2005/073762 英 2005.8.11

[85] 进入国家阶段日期 2006.7.31

[73] 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 B·H·W·亨德里克斯 S·凯帕

[56] 参考文献

US 2001/0017985 A1 2001.8.30

US 2300251 A 1942.10.27

WO 03/069380 A1 2003.8.21

审查员 张 靳

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 龚海军 王忠忠

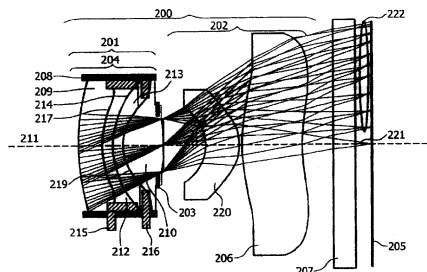
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 6 页

[54] 发明名称

可变透镜系统

[57] 摘要

提供一种包括一个电润湿透镜(104、204)的紧凑的、基本上消色差的光学透镜系统(100、200)。所述光学透镜系统使用一个电润湿透镜,其中至少一个与一种流体(112、212、113、213)相接触的入口窗表面(117、217)或出口窗表面(219)具有一个曲率。在未施加电压时,所述表面曲率的符号与弯月面的曲率符号相同,从而获得一个低装置高度。所述光学元件(104、204)不仅充当聚焦或变焦装置,而且它还充当所述光学透镜系统(100、200)中其它元件的像差减少元件。



1. 一种光学透镜系统(100、200)，所述光学透镜系统包括一个第一透镜群(101、201)、一个第二透镜群(102、202)和一个光圈(103、203)，至少其中一个所述透镜群包括一个光学元件(104、204)，所述光学元件具有：

一个腔体(108、208)，所述腔体具有一入口窗(109、209)、一出口窗(110、210)和一个沿所述腔体纵向延伸的光轴(111、211)，所述腔体包括在一个沿所述光轴横向延伸的弯月面(114、214)上相接触的第一流体(112、212)和第二流体(113、213)，所述流体基本上不混溶，

所述腔体还包括用于施加一个电压的电极(115、116、215、216、415、416)，以使所述弯月面的形状可依赖于所述施加电压而变动，

所述入口窗和出口窗至少之一包括一个与所述第一流体和第二流体之一相接触的表面(117、217、219)，所述表面具有一个曲率，

其特征在于在未施加电压时所述曲率与所述弯月面的曲率具有相同的符号。

2. 一种根据权利要求1的光学透镜系统，其中入口窗和出口窗至少之一由一种材料制成，入口窗和出口窗至少之一具有与一种流体相接触的具有曲率的表面，所述材料具有与相接触的流体的阿贝数不相同的阿贝数。

3. 一种根据权利要求1或2的光学透镜系统，具有一个物空间和一个像空间，其中

所述第一透镜群位于所述物空间一侧，所述第一透镜群包括所述腔体，

所述第二透镜群位于所述像空间一侧，

并且所述光圈位于第一透镜群和第二透镜群之间。

4. 一种根据权利要求3的光学透镜系统，其中所述光圈被安装在第一透镜群的像空间一侧上。

5. 一种根据权利要求1或2的光学透镜系统，具有一个物空间和一个像空间，其中

所述第一透镜群位于所述物空间一侧，所述第一透镜群包括所述腔体，

所述第二透镜群位于所述像空间一侧，
并且所述光圈被集成到所述第一透镜群中。

6. 一种包括一个根据任一前述权利要求的光学透镜系统的光学装置。

7. 一种包括一个根据任一前述权利要求的光学透镜系统的移动电话。

可变透镜系统

技术领域

本发明涉及一种使用可变透镜的光学透镜系统，该可变透镜包括在一弯月面上相接触的第一流体和第二流体，并涉及一种包括这种光学透镜系统的成像系统，还涉及一种设计这种可变透镜系统和光学成像系统的方法。

技术背景

可变透镜是一种装置，其中透镜的一种或多种属性能够可控制地被调节，例如其中透镜的焦距或位置可被改变。光学透镜系统用于将一物体成像到一图像传感器上。该光学透镜系统可包括一可变透镜。

在用于相机模块的图像传感器的发展过程中，总体趋势是它们的分辨率不断增加。从例如 100k 像素范围 CIF 图像传感器和 300k 像素图像传感器的低分辨率传感器开始，目前已有高分辨率的百万像素图像传感器。这些更高的分辨率不仅要求光学透镜系统的聚焦功能以便能够在整个物距范围（例如 10cm 至无穷远）内利用高分辨率，它们还需要一个包含至少两个非球面透镜的透镜系统，以满足比如与像差有关的其它光学性能要求。对于便携式应用，比如移动电话中的相机，相机模块的装置高度很重要，以使模块适合该应用所需的形状因素。

在国际专利申请 W02003/069380 中公开了一种包含作为可变透镜系统的由弯曲透镜围住的电润湿透镜（electrowetting lens）的相机模块。一个外加电压控制着电润湿透镜的两种流体之间弯月面的形状，并因而控制着电润湿透镜的光焦度（optical power）。结果是，通过在成像系统中使用这种电润湿透镜，该可变弯月面半径能够满足聚焦要求，并从而可能消除图像的散焦。由于电润湿透镜的弯月面基本上为球形，它将不会对消除图像中诸如慧形像差、畸变和球面像差的光学像差显著地产生影响。

已知的电润湿透镜由于光学表面数量有限，因而具有有限的放大率、平（像）场和像差减少能力。结果是，该模块仅适用于诸如 CIF 和 (S) VGA 的低分辨率相机。对于具有更高分辨率传感器的相机，该

传感器比如 500k 像素范围的 VGA 图像传感器、1M 像素范围的 XGA 图像传感器和百万像素装置，这是不够的。

一重影光阑和一孔径光阑位于现有技术相机模块的第一非球面透镜之前。由于这种定位，进入透镜系统的漫射光仍可从透镜系统的圆柱壁面上反射到图像传感器，造成重影。

在美国专利申请 US2001/017985 中公开了一种包含电润湿透镜的相机透镜叠层，其具有平整的入口和出口窗，并在电润湿透镜之前和之后包含分离的透镜群。聚焦是通过第一透镜群的移动来进行的。该电润湿透镜具有变焦功能。一光圈被置于电润湿透镜之前，以控制到达图像传感器的光量。

在美国专利申请 US2001/017985 中描述的电润湿透镜仅对相机的变焦作用有影响，而对提高其它光学性能没有贡献。结果是，在这种设计中，可用于透镜叠层的空间量未被经济地利用，不必要地限制了模块的性能。

为实现较低的装置高度 (building height)，在同一文件 US2001/017985 中建议使用一电润湿透镜，该电润湿透镜在未施加电压时具有基本上平坦的弯月面。这种平坦的弯月面降低了装置高度。

上述公开确实仅描述了单个方面，例如所用电润湿透镜的聚焦或变焦，这对于用于例如移动相机模块中的紧凑型高分辨率成像系统是不够的。

上述公开均未解决消色差问题，而消色差是实现成像透镜系统的良好光学色彩校正所需要的。例如，通过形成双胶合透镜或通过将普通折射透镜和衍射透镜相结合，可使常规的透镜系统消色差。对于双胶合透镜，通常形成透镜的两个元件具有基本上相同的折射率和不同的阿贝数。为提供消色差，应选择该两个元件的光焦度 $K1$ 和 $K2$ 以及阿贝数 $V1$ 和 $V2$ ，以使它们符合方程：

$$\frac{K1}{V1} + \frac{K2}{V2} = 0 \quad (1)$$

对折射透镜消色差的另一方法是通过添加一种衍射结构。

上述用于提供消色差透镜系统的方法均不适用于电润湿透镜，因为在电润湿透镜中，光焦度随着依赖于外加电压的两流体之间弯月面

的半径而变化，而上述方法仅适用于固定光焦度的透镜。

本发明的一个目标是提供一种使用小型电润湿透镜的、具有低装置高度并且适用于高分辨率成像系统的可变透镜系统。

本发明的另一个目标是提供一种基本上具有消色差特性的可变焦透镜系统。

发明内容

本发明的目标是通过一光学透镜系统来实现的，该光学透镜系统包括至少一个第一透镜群和一个第二透镜群以及一个光圈，至少其中一个所述透镜群包括一个具有腔体的光学元件，该腔体具有一入口窗、一出口窗和一沿腔体纵向延伸的光轴，该腔体容纳着在一个沿光轴横向延伸的弯月面上相接触的第一流体和第二流体，该两种流体基本上不混溶，且至少入口窗和出口窗表面之一与一流体相接触，并具有一曲率。

这种光学元件也被称作电润湿透镜，其包括用于施加电压的电极，以使弯月面的形状可依赖于外加电压而变动。在未施加电压时，与一流体相接触的入口窗或出口窗的表面可具有与弯月面曲率相同符号的曲率。在该情况下，可实现显著的高度降低。这种高度降低的方法也适用于所述光学元件是唯一具有光焦度的元件的光学透镜系统。并且，两个窗口可均具有弯曲表面。

独立于利用弯曲表面来降低装置高度，该窗口的弯曲表面还可用于光学元件或者甚至整个光学透镜系统的像差校正。

在将弯曲表面用于入口或出口窗至少其中之一时，该光学元件的表面可参加整体光学设计。该窗口的曲率可用作光学设计中的额外数量的自由度，以优化光学透镜系统的性能。这意味着窗口的曲率可适用于校正或削减光学透镜系统中其它元件的像差。该优化可造成诸如畸变和球面像差的光学误差的实质性削减。它还使整个光学系统中光学元件数量减少，以实现所需的整体光学质量。

该光学元件被用在可包括具有光焦度的更多透镜的光学透镜系统中。本发明的目标正是该光学元件不仅充当聚焦或变焦装置，而且它还充当光学透镜系统中其它元件的像差削减元件。

本发明的一个特定实施例提供了一种具有物空间和像空间的光学

透镜系统，其中第一透镜群位于物空间一侧，该第一透镜群包括具有腔体的光学元件，第二透镜群位于像空间一侧，并且一个光圈位于第一和第二透镜群之间。

第一透镜群中电润湿透镜的位置可产生一个小直径电润湿透镜，还导致较低的装置高度和较长的调焦范围。在未施加电压、弯月面的曲率半径具有与同流体相接触的透镜表面的曲率半径相同的符号的情况下，装置高度可进一步降低。较低的装置高度适用于例如移动电话中的相机之应用。

当在第一透镜群中使用小型电润湿透镜时，光圈应优选地放置在紧随电润湿透镜出口窗之后或集成到该出口窗并靠近该出口窗。该光圈可阻挡第一透镜群中不需要的反射，否则该反射可能到达图像传感器并产生重影。

也可取代图像传感器，在整个系统中使用其它光敏元件用于存储图像。这种光敏元件的一个实例为感光胶片。

作为常用的图像传感器，例如百万像素图像传感器，具有内嵌的感光区域，该成像光束的接收角被限制在大约 20 至 25 度。这意味着在光学透镜系统的设计中，朝向图像传感器的主光线与光学透镜系统的光轴所呈的最大角优选地低于该接收角。在电润湿透镜和图像传感器之间可布置一平场透镜，以削减主光线的角度并平整焦平面。

为了使由光学成像系统产生的图像的尺寸与图像传感器尺寸相配，可在电润湿透镜和主光线减少角透镜之间布置一个放大透镜。

在另一个实施例中，至少一个与流体接触的具有曲率的表面的窗口的材料的阿贝数与相接触的流体的阿贝数基本上不相同。

消色差是在一光学系统中减少色散光焦度 (dispersive optical power)。色散光焦度是由光学元件材料的折射率 n 对光波长的依赖性引起。阿贝数 V 可表达这种波长依赖性。

$$V = \frac{n(\lambda_d) - 1}{n(\lambda_F) - n(\lambda_C)} \quad (2)$$

其中 $n(\lambda_i)$ 为波长 λ_i 处的折射率，其中 $\lambda_d = 587.6 \text{ nm}$ ， $\lambda_F = 486.1 \text{ nm}$ ， $\lambda_C = 656.3 \text{ nm}$ 。色散必须得以良好校正，以获得较高的光学质量。传统

的透镜系统使用对烟雾敏感的光栅结构或昂贵的双透镜组件用于色彩校正。基于流体的可变透镜构成一种可消色差的透镜系统。例如，为使流体之间的界面消色差，流体“i”和“n”的折射率 n 和阿贝数 V 必须服从以下关系：

$$\frac{V_i}{V_j} = \frac{n_i - 1}{n_j - 1} \quad (3)$$

当具有弯曲表面的窗口材料的阿贝数和与该表面相接触的流体的阿贝数基本上相等时，不可能利用该界面对光学元件或整个光学透镜系统消色差。因而，具有弯曲表面且阿贝数和与这些表面相接触的流体的阿贝数基本上不相同，则有可能在整体设计中利用这些光学性质对光学透镜系统基本上消除色差。

附图简述

图 1 示意性地表示了根据第一实施例的一个光学透镜系统。

图 2 示出了本发明第一实施例的效果。

图 3 表示了根据本发明第一和第二实施例的一个光学透镜系统设计的波前像差。

图 4 示意性地表示了根据本发明第三实施例的一个光学透镜系统。

图 5 表示了根据本发明第三实施例的一个光学透镜系统设计的波前像差。

图 6 表示了根据第三实施例对于一个光学透镜系统设计的不同波长的光学传递函数的模数。

图 7 示出了包括有根据本发明实施例的光学透镜系统的可变焦图像捕捉装置。

优选实施方式详述

图 1 示意性地表示了根据本发明第一实施例的一个光学透镜系统。光学透镜系统 (100) 包括两个透镜群 101 和 102 以及位于第一透镜群之前的一个光圈 103。第一透镜群 101 包括一个作为可变透镜

的电润湿透镜 104，并充当可变焦距透镜。在图 1 所示的例子中，第一透镜群还确定了光学透镜系统的放大率，以使图像的尺寸与位于光学透镜系统之后的图像传感器 105 的尺寸相匹配。第二透镜群 102 包括一个使光线 122 的焦平面平整的平场透镜 106，该光线 122 从物空间中的一个场角进入。该图像传感器 105 被一个透明盖子 107 覆盖，这里透明盖子 107 为一平面平行平板。

该电润湿透镜包括一个腔体 108，该腔体 108 具有一个入口窗 109 和一个出口窗 110，以及一个穿过该腔体沿纵向延伸的光轴 111。该腔体容纳着在沿光轴横向延伸的弯月面 114 上相接触的第一流体 112 和第二流体 113。这些窗口以及该光学透镜系统中的其它透镜可由玻璃、塑料或其它合适的材料制成。该腔体可具有任何形状，例如圆柱形、圆锥形、或一种在腔体长度上变化的形状。

该光圈 103 减少了光线的量以及可在图像传感器 105 上造成重影的漫射光。

所使用的两种流体 112 和 113 基本上不混溶。第一流体 112 为一导电流体，例如含盐溶液的水，第二流体 113 为一电绝缘流体，例如下文将称为油的硅酮油或一种烷烃。两种流体优选地具有相同的密度，因而透镜独立于其方位而工作，即不依赖于流体的重力效应。

腔体中的第一电极 115 典型地为一半径介于 1 和 20mm 之间的圆柱体，但也可依据腔体的形状和几何尺寸而具有不同的半径或形状。通常为环状的第二电极 116 被布置在腔体的一端，在本例中靠近入口窗。该第二电极 116 与第一流体 112 直接接触。

在未施加电压到该电极 115 和 116 时，所述流体在一个具有曲率的弯月面 114 上相接触。通过在该电极上施加电压，该弯月面可被变成具有较小或较大的曲率半径。此外，依据腔体的构造和电极的排列，可实现多个不同形状的弯月面。

通常，依据所选用的油，油的折射率可在 1.25 和 1.6 之间变化。同样，依据所添加盐的类型和数量，该盐溶液可具有在 1.32 和 1.5 之间变化的折射率。在本实施例中，所述流体的选择应使第一流体具有低于第二流体的折射率。

为了降低装置高度，当未在电极 115 和 116 上施加电压的情况下，与第一流体相接触的入口窗的表面 117 优选地具有与弯月面 114 的曲

率符号相同的曲率。

图 2A 示出了电润湿透镜 301A 的示意图。该透镜包括在一弯月面 314 上相接触的一种流体 312 和 313，两个平窗（309A 和 310）以及布置在外部的位于光轴 311 上的透镜 309B。弯月面 214 的曲率具有与透镜 309B 面对电润湿透镜的那个表面的曲率相同的符号。

当透镜 309B 被集成在电润湿透镜 301A 中时，它还起到窗口作用，从而获得一个如图 2B 示意性地示出的电润湿透镜 301B。该图显示出电润湿透镜 301B 沿光轴 311 具有比图 2A 所示组合体尺寸更小的尺寸。

为提高整个光学透镜系统的光学性能，图 1 中的表面 117 还可具有像差校正特性。例如，它可具有一个包括非球面形状的曲率，以校正由电润湿透镜基本上为球形的弯月面所引入的非球面像差。表面 117 的形状还可用于优化整个光学透镜系统 100 的整体像差水平。

在本发明的第二实施例中，通过正确选择接触流体 112 和入口窗 109 的材料，并与流体-窗口界面 109 优化的表面曲率相结合，可使电润湿透镜基本上消色差。这种材料的选择可在诸如折射率和阿贝数等参数上进行。

为了在选择合适透镜材料和流体中能够拥有充分的自由度，需要允许较宽范围的折射率。这可造成例如用于窗口和接触流体的材料在折射率方面的显著差异。允许这种在折射率方面的显著差异还需要在窗口和流体的阿贝数方面的显著差异，以优化成为基本上消色差的电润湿透镜。还可优化窗口、流体和曲率材料的选择，以基本上消除整个光学透镜系统的色差。

根据以上实施例并如图 1 所示的一个设计实例为一个 $F/2.5$ 、 $f=3.47\text{mm}$ 的自动聚焦相机透镜，其具有 60 度的视场、1.4mm 的入射光瞳和 5.2mm 的装置高度，其将与一个具有 5 微米见方像素尺寸的 VGA 型图像传感器结合使用。该实例的设计包括面对物体的塑料非球面透镜 118。光圈 103 位于该塑料非球面透镜的物空间。紧随该塑料非球面透镜之后的是电润湿透镜 104，该电润湿透镜 104 被入口窗 109 密封，该入口窗 109 由截顶的玻璃球面（例如由 Schott 提供的 $n=1.53$ 且 $V=53.8$ 的 LAK8）制成，紧随其后的是由盐水（ $n=1.37$ 且 $V=38.0$ ）构成的第一流体 112，然后是第二流体 113 油（ $n=1.53$ 且 $V=29.0$ ）。最后该单元被一个由例如 B270 玻璃材料制成的、作为出口窗 110 的

平玻璃板封闭。紧随该电润湿透镜之后的是另一塑料透镜，一平场透镜 106。传感器的盖子 107 在光学特性方面也应被考虑。在本例中，使用一个具有 $n=1.52$ 和 $V=64.2$ 的玻璃板。

图 3 表示了根据上述设计和第一实施例的光学透镜系统的波前像差。图中绘出了在三种波长 490nm、560nm 和 625nm 下，以微米为单位的波前像差 W 分别对归一化入射光瞳坐标 P_x 和 P_y 的图线。在图 3a 中示出了场角为 0 度时的图线，而在图 3b 中示出了场角为 30 度的情形。两图中沿垂直方向的最大刻度均为 20 微米。这些图线显示了不同波长下的像差具有相同的趋势，且不同波长之间像差的差别足够小，从而形成基本上消色差的光学透镜系统。

尽管第一实施例和第二实施例的实例使用了与第一流体相接触的具有曲率的表面的入口窗，然而与第二流体相接触的出口窗的表面也可具有曲率。并且，出口窗材料的选择以及与其光学特性有关的形状可被优化，从而使它们对减少电润湿透镜或整个光学透镜系统的像差（例如畸变、球面像差、色像差）产生影响。

图 4 示意性地表示了根据本发明第三实施例的一个光学透镜系统。在该实施例中，流体和窗口材料的选择（例如折射率和阿贝数的选择）与入口和出口窗两者表面曲率的选择相结合而被使用，以显著地削减由电润湿透镜或甚至整个光学透镜系统引入的像差。该光学透镜系统 200 包括两个透镜群 201 和 202 以及位于第一和第二透镜群之间的一个光圈 203。第一透镜群 201 包括一个作为可变透镜的电润湿透镜 204，并充当可变焦距透镜。第二透镜群 202 还利用透镜 220 来确定光学放大率，以使图像的尺寸与位于光学透镜系统之后的图像传感器 205 的尺寸相匹配。它还通过一个平场透镜 206 来减少主光线的角度。该图像传感器 205 被一个透明盖子 207 覆盖，该透明盖子 207 例如为一平面平行平板。

该电润湿透镜 204 具有一个腔体 208，该腔体 208 具有一个入口窗 209 和一个出口窗 210，以及一个穿过该腔体沿纵向延伸的光轴 211。该腔体容纳着在沿光轴横向延伸的弯月面 214 上相接触的第一流体 212 和第二流体 213。与第一流体 212 相接触的入口窗的表面 217 的曲率半径具有与介于第一和第二流体之间的弯月面 214 的曲率半径相同的符号。并且，与第二流体 213 相接触的出口窗的表面 219 的曲

率半径具有与介于第一和第二流体之间的弯月面 214 的曲率相同的符号。这导致装置高度的降低。这些窗口和透镜可由玻璃、塑料或其它合适的材料制成。

电润湿透镜 204 位于第一透镜群 201 中，并在放大透镜 220 之前，以限制该电润湿透镜的直径，这是由于在光线穿过放大透镜 220 之后，朝向图像传感器的光束直径迅速增加。电润湿透镜直径的这种限制还对于成本、调焦范围、开关速度以及装置高度有利。

该光圈 203 位于第二透镜群之前，以减少由例如电润湿透镜中多余的反射造成的重影。优选地，该光圈靠近电润湿透镜或安装到靠近出口窗的电润湿透镜上，或者甚至集成到靠近出口窗的电润湿透镜中。

如图 4 所示，根据该第三实施例的一个设计实例为一个 $F/2.8$ 、 $f=3.97\text{mm}$ 的自动聚焦相机透镜，其具有 66 度的视场、1.42mm 的入射光瞳和 6.5mm 的装置高度，其将与一个百万像素型图像传感器结合使用。所有透镜（209、210、220 和 206）具有非球形表面，以优化图像的光学质量。弯月面 214 基本上为球面。在 560nm 波长处，电润湿透镜 204 的围住的塑料透镜 209 和 210 的阿贝数为 55.8，而它们的折射率大约为 1.532。导电流体 212 包括盐水，并在 560nm 波长处具有阿贝数 38 和折射率 1.376，而包括硅酮油的非导电的第二流体 213 在 560nm 波长处的阿贝数为 28，并具有折射率 1.552。通过正确选择这些透镜的半径，可使光学系统基本上消色差。

图 5 表示了根据上述设计和第三实施例的光学透镜系统的波前像差。图中绘出了在三种波长 490nm、560nm 和 625nm 下，以微米为单位的波前像差 W 分别对归一化入射光瞳坐标 P_x 和 P_y 的图线。在图 5a 中示出了场角为 0 度时的图线，而在图 5b 中示出了场角为 33 度的情形。两图中沿垂直方向的最大刻度均为 50 微米。这些图线显示了不同波长下的像差具有相同的趋势，且不同波长之间像差的差别足够小，从而形成基本上消色差的光学透镜系统。

图 6 表示了沿 P_x 和 P_y 两个方向，对于高达 33 度的多个场角，根据上述设计的光学透镜系统的多色光学传递函数的模数的计算结果，它是在三种相关波长 490nm、560nm 和 625nm 上的平均值，并作为每毫米上的线数的函数。图中示出了两个线群 601 和 602。线群 601

是沿 Py 方向对于角度 20、29 和 33 度的多色光学传递函数。线群 602 是沿 Px 方向对于角度 0、10、20、29 和 33 度以及沿 Py 方向对于角度 0 和 10 度的多色光学传递函数。图中显示了直至 75 线/mm, 该调制足够用于百万像素成像的应用, 例如用于移动电话中的相机。

在根据第三实施例的实例中, 入口和出口窗两者所有表面均具有半径不等于零的表面曲率, 以减少诸如畸变和球面像差的像差, 并降低装置高度。依据整体系统要求, 也可能仅有入口或出口窗的单个表面具有一个曲率, 以达到足够低的像差水平和足够低的色差。

结合图 1 和图 4 所描述的实施例和实例具有布置在第一透镜群 101 中的电润湿透镜 104; 然而, 该电润湿透镜也可位于第二透镜群 102 中。

图 7A 示出了包括有根据本发明实施例的光学透镜系统 400 的可变焦图像捕捉装置 421。一个测量信号, 比如一个聚焦信号可利用如在相机中使用图像传感器所常用的技术从图像传感器 405 获得。该测量信号被用作电压驱动器 422 的输入信号。该电压驱动器的输出端被连接到光学透镜系统 400 中电润湿透镜 404 的电极 415 和 416 上, 用于控制弯月面 414 的形状。图 7B 表示了可变焦图像捕捉装置 421 被集成到一个移动电话 423 的实例中的应用实例。其它集成位置也是可能的。

该光学元件非常适用于相机应用中的光学透镜系统和光学成像系统。这些相机应用可例如为电影或静态图像手提相机, 或者为电影或静态图像的移动电话相机。特别地对于具有相机用途的移动电话, 对于具有小尺寸、高光学质量、低能耗使用并且牢固的装置有着增加的需要。不存在例如聚焦或变焦的机械运动部件, 使根据本发明的光学元件更为牢固。使用根据本发明的光学元件的光学透镜系统和成像系统能够满足上述要求。

尽管以上实施例涉及适用于比如移动电话的小型移动相机系统的光学透镜系统, 然而本发明也可被用于其它光学系统, 例如在显微镜和光学记录等应用中降低装置高度和减少像差。

根据本发明的光学元件可被用作例如光学存储应用中的小尺寸有源球面像差校正元件。该光学元件可布置在该应用中的光源和物镜之间。与物镜相结合, 该光学元件光焦度的变化可在传向物镜的光束中

引入球面像差。这种引入的球面像差可被用于补偿由于基片厚度变化或在多层存储介质中读取或记录多个层时在光学系统中产生的球面像差。

以上关于可变透镜元件的描述利用电润湿原理来改变弯月面的形状。当然，其它用于改变两流体之间弯月面形状的方法被认为落入本发明的范围，例如通过泵与圆锥形电极相结合的布置来可控制地改变弯月面的形状和位置。

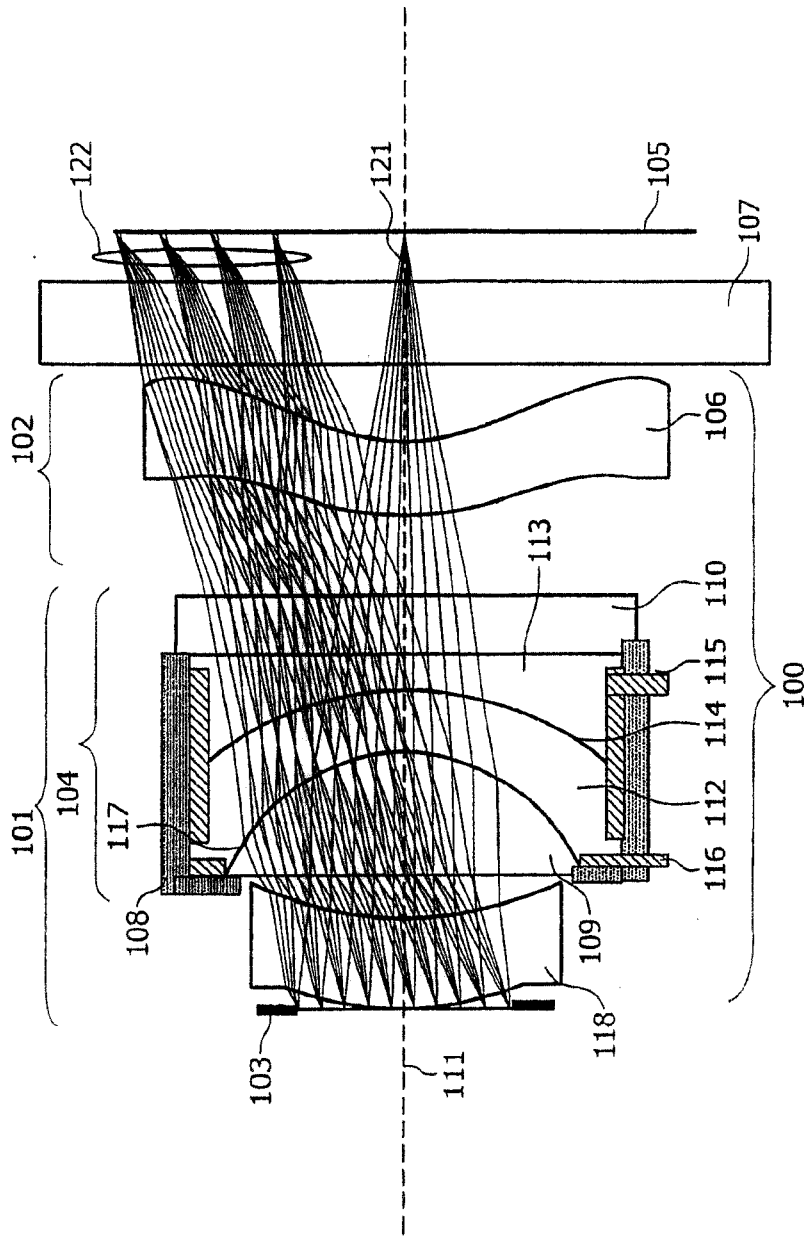


图 1

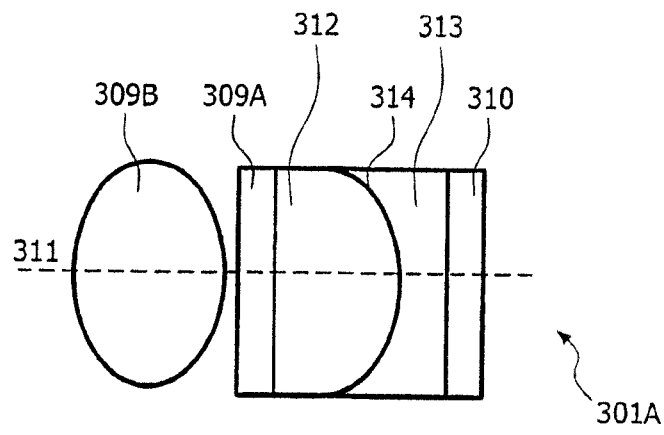


图 2A

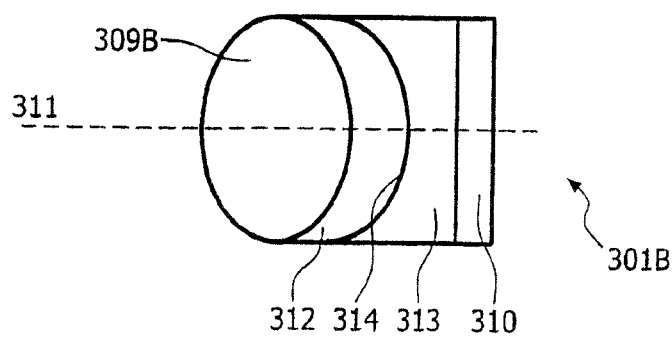


图 2B

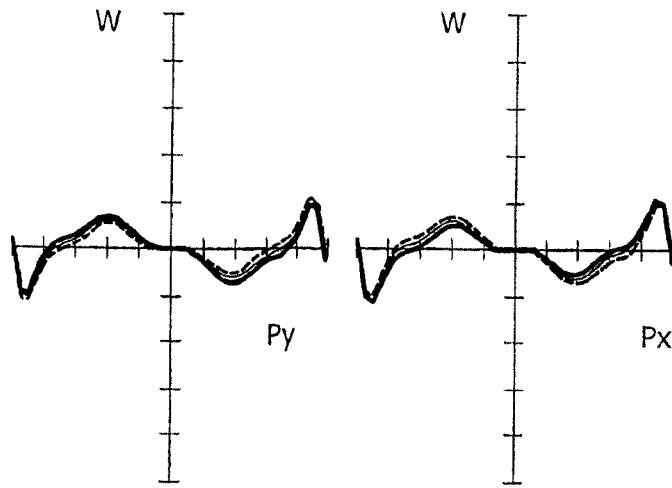


图 3A

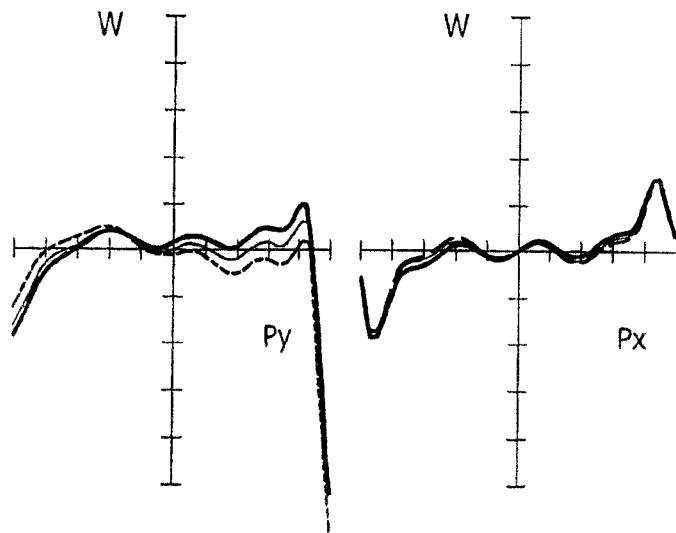


图 3B

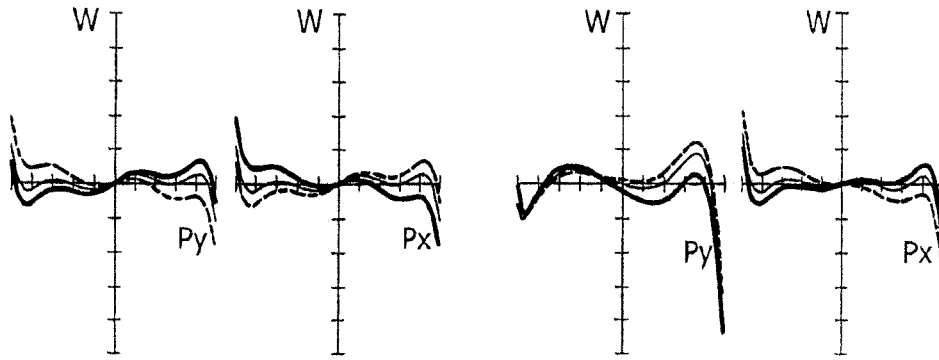


图 5A

图 5B

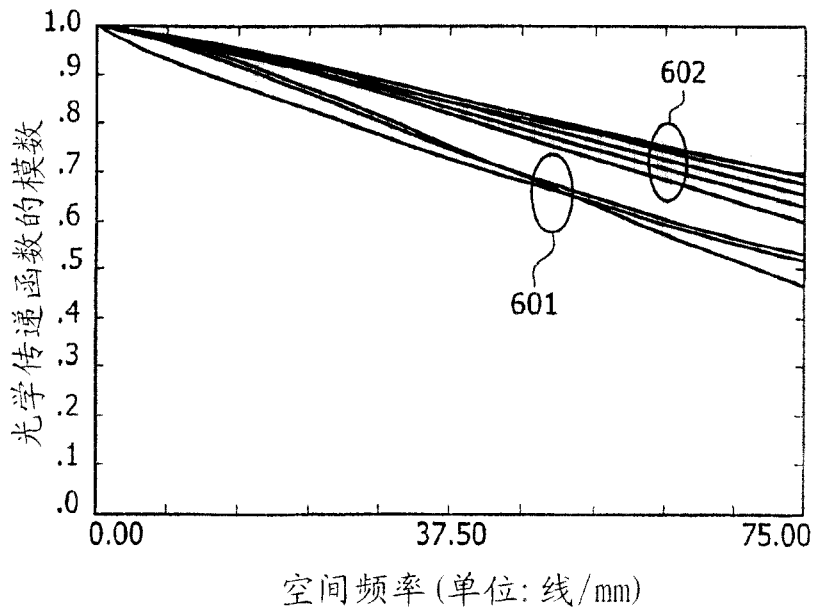


图 6

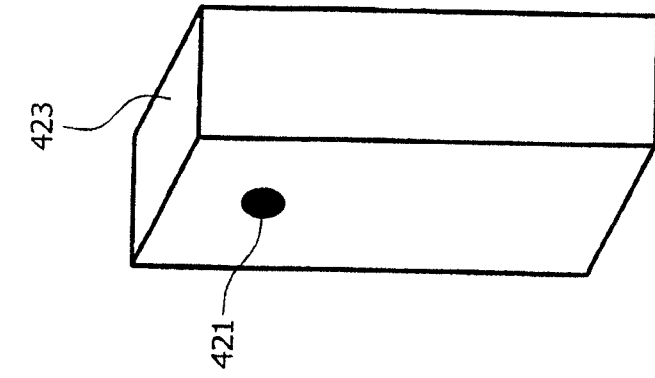


图 7B

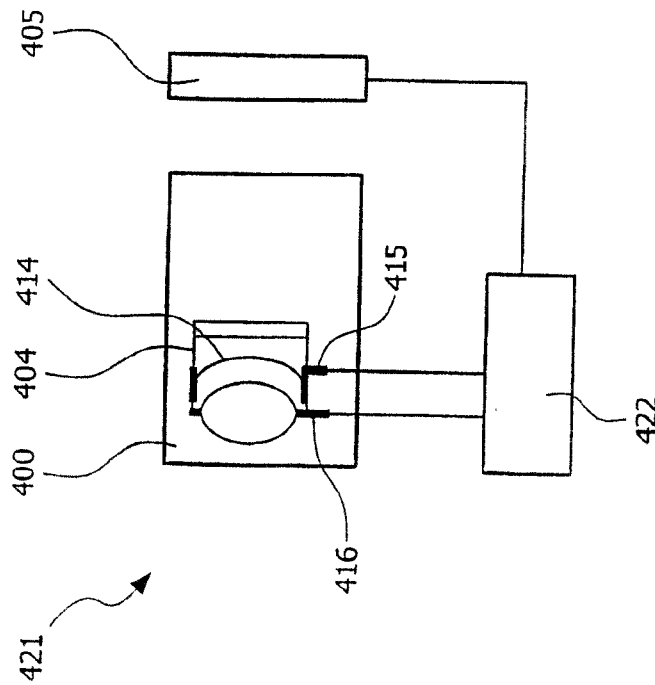


图 7A