

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G02B 3/14 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580001997.1

[43] 公开日 2007年2月7日

[11] 公开号 CN 1910479A

[22] 申请日 2005.1.4

[21] 申请号 200580001997.1

[30] 优先权

[32] 2004.1.7 [33] EP [31] 04100025.8

[86] 国际申请 PCT/IB2005/050028 2005.1.4

[87] 国际公布 WO2005/069054 英 2005.7.28

[85] 进入国家阶段日期 2006.7.6

[71] 申请人 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

[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 张志醒

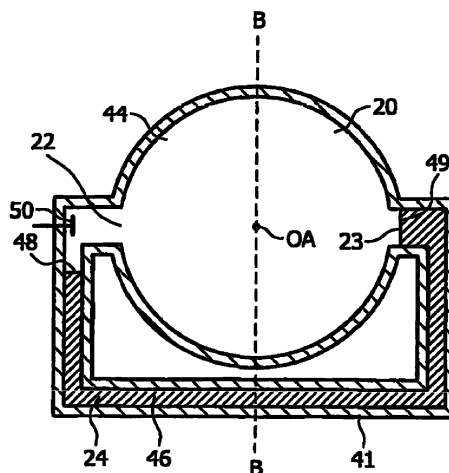
权利要求书2页 说明书15页 附图6页

[54] 发明名称

变焦光学系统

[57] 摘要

提供了一种变焦光学系统，所述变焦光学系统具有包括第一透镜的透镜系统，所述第一透镜设置成提供辐射束的连续可变焦距。所述透镜系统还包括可切换光学元件，所述可切换光学元件包括第一流体、第二流体以及波前修改器，所述波前修改器具有一部件，所述辐射束设置成通过所述部件。在第一模式中，可切换光学元件具有第一流体结构，所述第一流体结构具有基本上由第一流体所覆盖的所述部件；在第二模式中，可切换光学元件具有第二不同的流体结构，所述第二不同的流体结构具有基本上由第二流体所覆盖的所述部件。



1. 一种包括透镜系统的变焦光学系统，所述透镜系统设置成提供用于辐射束的可改变的变焦设置，其中所述透镜系统包括具有第一模式和第二模式的可切换光学元件，其特征在于所述元件包括第一流体、第二流体和具有一部件的波前修改器，所述辐射束设置成通过所述部件，其中

在第一模式中，可切换光学元件具有第一流体结构，其中所述部件基本上由第一流体所覆盖；以及

在第二模式中，可切换光学元件具有第二不同的流体结构，其中所述部件基本上由第二流体所覆盖。

2. 根据权利要求1的变焦光学系统，其中第一流体是液体，第二流体是气体。

3. 根据前述任一权利要求的变焦光学系统，其中可切换光学元件包括公用的第一流体电极、第二不同的流体电极和第三不同的流体电极，其中

在第一流体结构中，所述元件设置成通过在所述第一和第二流体电极上施加第一电压来提供可切换电湿润作用力；以及

在第二流体结构中，所述元件设置成通过在所述第一和第三流体电极上施加第二不同的电压来提供不同的可切换电湿润作用力。

4. 根据前述任一权利要求的变焦光学系统，其中可切换光学元件包括另一波前修改器，该另一波前修改器具有设置所述辐射束通过的一个不同部件，其中

波前修改器适合执行第一波前修改，并且另一波前修改器适合执行第二不同的波前修改，第二不同的波前修改设置成补充第一波前修改。

5. 根据前述任一权利要求的变焦光学系统，其中波前修改器具有一个面，其中所述面基本上为球面或非球面，并且所述部件在所述面上。

6. 根据前述任一权利要求的变焦光学系统，其中所述第一透镜是流体弯月形透镜，所述流体弯月形透镜包括由具有一曲率的流体弯月面分开的不同液体，

其中所述光学系统还包括控制系统并且可变焦距包括流体弯月面

曲率的变化，其中所述控制系统设置成使用弯月面电湿润作用力控制可变焦距。

7. 根据权利要求6的变焦光学系统，其中流体弯月形透镜还包括第一电极和第二不同的电极，并且所述控制系统设置成在所述第一和第二弯月电极上施加电压以提供所述弯月面电湿润作用力。

8. 根据权利要求1-5中任一权利要求的变焦光学系统，其中透镜系统包括固态透镜，所述固态透镜能够相对于可切换光学元件设置在可变空间位置上。

9. 根据权利要求1-5中任一权利要求的变焦光学系统，其中所述透镜系统包括具有可变光焦度的液晶透镜。

10. 包括前述任一权利要求的变焦光学系统的图像获取设备，其中利用在所述第一模式中的光学系统，所述设备适合以获取具有第一变焦设置的图像，并且利用在所述第二模式中的光学系统，所述设备适合获取具有第二不同变焦设置的图像。

11. 根据权利要求10的图像获取设备，其中所述图像获取设备还包括数字变焦系统，所述数字变焦系统设置成将数字变焦因子引入到在第一模式中获取的图像中和/或在第二模式中获取的图像中。

## 变焦光学系统

### 技术领域

本发明涉及变焦光学系统，所述变焦光学系统具体地但不排他地是用于图像获取设备。

### 背景技术

通常，当使用图像获取设备如照相机获取物体的图像的时候，期望能够改变图像的变焦设置。当照相机和物体之间的距离保持不变时，高的变焦因子使获取的物体图像有高的放大系数水平和窄的视场。低的变焦因子使获取的物体图像有低的放大系数水平和宽的视场。在照相机的例子中，高的变焦因子的特征在于远距离照相镜头设置，低的变焦因子的特征在于广角透镜设置。

不同的变焦因子要求变焦光学系统的不同的有效焦距。对于远距离照相镜头设置，有效焦距相对较大，而对于广角透镜设置，有效焦距相对较短。

为了以不同的变焦设置获取图像，照相机的变焦光学系统的有效焦距必须是可变的，同时还要保持物体的图像在焦点上。可以使用提供可变焦距的至少两个透镜来构成这样一个变焦光学系统。

一种已知的变焦光学系统包括固态透镜的一个阵列，所述透镜沿一条公共的光路设置。通过改变这些透镜沿光路的位置，就可以获得不同的有效焦距同时还可以保持图像在焦点处，于是，使获取的图像具有不同的变焦设置。然而，这种类型的变焦光学系统相当庞大并且机械上复杂。不同透镜的移动可以用手动的方式或自动的方式实现，但这些方法在一般情况下相当昂贵并且缺乏稳健性。由这样一种变焦光学系统提供的变焦因子的范围取决于许多参数，其中包括各种不同透镜的焦度、以及沿光路可以实现的透镜之间的距离。这种类型的变焦光学系统的变焦因子范围的上限的增加在一般情况下将要增加变焦光学系统的体积和复杂性。

如果不使用可以提供远距离照相功能和广角变焦功能这两者的一种变焦光学系统，则通常必须在远距离照相系统和广角系统之间交换

照相机的透镜以便获得不同变焦因子的范围。这是一个相当缓慢和不方便的过程，并且需要照相机用户除了要携带照相机以外还有携带不同的透镜。

国际专利申请 WO03/069380 描述了一种流体弯月形透镜。这种透镜包括一个用于分开第一流体和第二流体的并且具有一定曲率的流体弯月面。通过改变这个曲率，就可以改变透镜的焦距和图像的焦点。在透镜可用在各种不同取向的应用中，所述流体优选地是密度匹配的，以避免出现不期望的重力效应。因此，可以使用密度匹配的两种液体，如油和水。

可以将两个这样的流体弯月形透镜引入一个变焦光学系统中，以便获取具有不同变焦因子的图像。为了实现变焦因子的大的范围，要求在每个流体弯月面中有大的光焦度(optical power)变化。由于两种流体的折射率没有很大的差别，并且因为曲率的变化程度受到了限制，所以流体弯月形透镜的光焦度范围是相当小的。这就对变焦光学系统提供的可能的变焦因子范围施加了一个限制。特别地，变焦透镜系统中的一个透镜部件（通常是最靠近图像获取设备的部件）在变焦期间需要最大的光焦度范围，从而通过作为一个透镜部件的流体弯月面的相对受限的光焦度范围来限制变焦量。

### 发明内容

本发明的一个目的是提供一种变焦光学系统，所述变焦光学系统对于所获取的图像的变焦功能进行了改进，同时还减小了光学系统中对于机械部件的需要。

按照本发明，提供一种变焦光学系统，所述变焦光学系统包括一个透镜系统，对于所述的透镜系统进行安排，以便对于辐射束提供可变的变焦设置，其中透镜系统包括具有第一模式和第二模式的可切换的光学元件，

其特征在于：所述元件包括第一流体、第二流体、和一个波前修改器，所述波前修改器具有一部分，对于所述辐射束进行安排，以使所述辐射束可以通过所述部分，其中

在第一模式，可切换的光学元件具有第一流体结构，在第一流体结构中所述部分基本上由第一流体覆盖，和

在第二模式，可切换的光学元件具有不同的第二流体结构，在第二流体结构中所述部分基本上由第二流体覆盖；并且

按照本发明，可以产生变焦光学系统，所述变焦光学系统相对来说是简单、小型、廉价、和稳健的。

变焦光学系统优选地在第一流体结构具有第一有效焦距并且在第二流体结构具有第二有效焦距，其中所述第一和第二有效焦距中的每一个都安排成可以提供不同的变焦设置。

如果光学元件在第一模式，则透镜系统具有第一光学变焦设置。如果光学元件在第二模式，则透镜系统具有第二光学变焦设置，其中变焦因子被增加。

透镜系统优选地包括具有连续可变焦距的第一透镜。可以改变第一透镜的焦点，以使具有第一变焦设置或者第二变焦设置的图像都能得到正确地聚焦。当在两个变焦设置之间发生切换时，还可以步进式地改变第一透镜的焦点以提供正确的变焦功能。因此，这个光学系统是一个二进制的变焦光学系统，具有两个分立的光学变焦设置。

除了在两个变焦设置之间提供附加的变焦因子以外，还可以使用数字变焦功能。在本发明的一个实施例中，一种图像获取设备包括光学系统并且包括一个数字变焦系统，所述数字变焦系统安排成可以对于第一模式中获取的图像和/或第二模式中获取的图像引入一个数字变焦因子。

优选地，对于第一流体结构中的可切换光学元件进行安排，以便可以通过在第一和第二流体电极上施加第一电压提供可切换的电湿润作用力，并且，对于第二流体结构中的可切换光学元件进行安排，以便可以通过在第一和第三流体电极上施加不同的第二电压提供不同的可切换的电湿润作用力。

优选地，第一流体是一种液体，第二流体是一种气体。术语气体包括与液体的蒸汽混合的气体或者只有气体。这是可能的，因为两种流体不需要密度匹配，即使设备在各种不同的取向上使用亦是如此，并且因为在两种流体之间可以提供相当大的折射率之差。

第一透镜可以是流体弯月形透镜的形式。在这个实施例中，可切换的光学元件优选地（在它的两种模式之间）具有最大的光焦度范围，这个最大的光焦度范围大于第一透镜的最大的光焦度范围。通过这种

安排，可以将可切换的光学元件用作变焦期间在透镜系统中需要最大光焦度范围的透镜部件，以使变焦量不受流体弯月形透镜的相当受限的光焦度范围的限制。

从下面通过实例给出的本发明的优选实施例的描述并参照附图，本发明的另外的特征和优点将变得显而易见。

#### 附图说明

图 1-3 示意地示出了按照现有技术的可变焦距透镜；

图 4、5 示出了一个变焦光学系统，但不是按照本发明的变焦光学系统，这个系统包括两个流体弯月形透镜；

图 6、7 示意地示出了按照本发明的在第一流体结构中的可切换的光学元件分别沿线 A-A、B-B 的示意剖面图；

图 8、9 示意地示出了根据本发明的在第二流体结构中的可切换的光学元件分别沿线 C-C、D-D 的示意剖面图；

图 10 示意地示出了按照本发明的一个实施例的在第一模式中的光学系统；

图 11 示意地示出了按照本发明的一个实施例的在第二模式中的变焦光学系统；

图 12 示意地示出了包括按照本发明的一个实施例的变焦光学系统的一个图像获取设备。

#### 具体实施方式

图 1-3 示出了按照现有技术的可变焦距透镜，它是一种流体弯月形透镜，包括一个形成毛细管的第一圆柱弯月电极 2，借助于透明前组件 3 和透明后组件 4 密封所述电极 2 以形成包含两种不同流体的流体室。第一弯月电极 2 可以是施加在管内壁上的一个导电涂层。

这两种不同的流体由两种不易混合的液体组成，它们是以电绝缘的第一液体 A（例如硅油或烷烃，在这里称之为“油”）和导电的第二液体 B（如含盐溶液的水）的形式出现的。优选地，将这两种液体安排成具有相等的密度，以使对于弯月面形状的控制与取向无关，即，与两种液体之间的重力效应无关。这可以通过适当地选择第一液体组分来实现；例如，通过添加分子组分以增加他们的密度以便与盐溶液密

度匹配，从而可以使烷烃或硅油改性。

按照对于所用油的选择，油的折射率可以在 1.25 和 1.85 之间变化。类似地，按照所加盐的数量，盐溶液的折射率可以在 1.33 和 1.60 之间变化。对于流体进行选择，以使第一流体 A 的折射率大于第二流体 B 的折射率。

第一弯月电极 2 是圆筒形，它的内径在一般情况下在 1mm 和 20mm 之间。第一弯月电极 2 是由金属材料构成的，并且涂以绝缘层 5，绝缘层例如由聚对亚苯基二甲基 (parylene) 构成的。绝缘层的厚度在 50 纳米和 100 微米之间，典型数值在 1 微米和 10 微米之间。所述绝缘层涂以流体接触层 6，用于减小弯月面与流体腔室的圆筒形壁的接触角的滞后。流体接触层优选地由非晶的碳氟化合物构成，例如 DuPont™ 生产的 Teflon™ AF1600。流体接触层 6 的厚度在 5 纳米和 50 微米之间。AF1600 涂层可通过第一弯月电极 2 的连续浸渍涂敷产生，从而可以形成厚度基本上均匀的均匀材料层，这是因为第一弯月电极 2 的圆筒形侧面基本上平行于圆筒形电极的缘故；浸渍涂敷是通过浸渍所述电极同时使电极沿它的轴向方向进、出浸渍溶液完成的。可以使用化学汽相沉积施加该聚对亚苯基二甲基 (paralyne) 涂敷。当在第一和第二弯月电极 7 之间不施加电压时，流体接触层对于第二流体的可湿润性在弯月面 8 与流体接触层 6 相交的两个侧面上是基本上相等的。

第二弯月电极 7 是环形的，并且将弯月电极 7 安排在流体腔室的一端，在这种情况下靠近后组件。第二弯月电极 7 至少一部分安排在流体腔室内以使这个电极可以作用在第二流体 B 上。

两种流体 A、B 是不易混合的，因此趋向于分离成两种流体主体，由具有曲率的流体弯月面 8 分隔开。当在第一和第二弯月电极之间不施加电压的时候，流体接触层对于第一流体 A 比第二流体 B 具有更大的可湿润性。由于弯月面电湿润作用力，第二流体 B 的可湿润性在第一弯月电极 2 和第二弯月电极 7 之间施加电压的情况下发生变化，这趋向于改变在三个相线（在流体接触层 6 和两种液体 A、B 之间的接触线）处的弯月面的接触角。流体弯月形透镜的可变的焦距就包括流体弯月面曲率的变化，而流体弯月面的曲率是按照所施加电压变化的。

现在参照附图 1，当一个低电压  $V_1$ （例如，在 0 伏和 20 伏之间的电压）施加在弯月电极之间，则弯月面采取第一凹入弯月面形状。在



这种结构中，在弯月面和流体接触层 6 之间的初始接触角  $\theta_1$ （在流体 B 内度量的）例如接近 140 度。由于第一流体 A 的折射率大于第二流体 B 的折射率，所以由弯月面形成的透镜（在这里称之为弯月形透镜）在这种结构中具有相当高的负光焦度。

为了减少弯月面形状的凹度，在第一和第二弯月电极之间施加更高的电压幅值。现在参考图 2，当根据绝缘层的厚度，在弯月电极之间施加例如在 20 伏和 150 伏之间的中间电压时，弯月面采用第二凹弯月面形状，所述第二凹弯月面形状相比于图 1 中的弯月面具有增加的弯曲率。在这个结构中，第一流体 A 和流体接触层 6 之间的中间接触角  $\theta_2$  例如为大约  $100^\circ$ 。由于第一流体 A 的折射率高于第二流体 B 的折射率，所以在这个结构中的弯月形透镜具有相对低的负光焦度。

为了产生凸弯月面形状，在第一和第二弯月电极之间施加又一个更高的电压幅值。现在参考图 3，在弯月电极之间施加例如 150 伏 - 200 伏的相对高的电压  $V_3$  时，弯月面采用其中弯月面为凸的弯月面形状。在这个结构中，在第一流体 A 和流体接触层 6 之间的最大接触角  $\theta_3$  例如为大约  $60^\circ$ 。由于第一流体 A 的折射率高于第二流体 B 的折射率，所以在这个结构中的弯月形透镜具有负光焦度。

注意，当使用相对高的光焦度实现图 3 的结构的同时，优选地，包括如上所述透镜的设备适合于仅仅使用所述范围中的低中光焦度，也就是说所施加的电压被限制以便绝缘层中的电场强小于  $20\text{V}/\mu\text{m}$ ，并且导致充电流体接触层以及因此导致流体接触层的退化的过多电压不被使用。

另外注意，根据液体 A 和 B 的选择，根据它们表面张力，初始低电压结构将变化。通过选择具有较高表面张力的油，和/或通过在一成分（例如，乙二醇）添加到盐溶液（这减少了其表面张力），可以减少初始接触角；在这种情况下透镜可以采用对应图 2 中所示结构的低光焦度结构，以及采用对应图 3 中所示结构的中间光焦度结构。在任何情况下，低光焦度结构保持不变以便弯月面是凹的，并且不用使用过多电压就可以产生相对宽范围的透镜光焦度。

图 4 和图 5 示出了变焦光学系统，其设置成包括使用图 1-3 所描述的两个流体弯月形透镜。

在所示的光学系统中，沿光轴 OA 设置第一流体弯月形透镜 9 和

第二流体弯月形透镜 10。在光轴 OA 上并且在第一和第二流体弯月形透镜 9, 10 之间存在多个光学元件 11, 所述多个光学元件 11 帮助波前修改沿光轴 OA 行进的给定辐射束。光学系统设置成获取为图像场景的给定对象的图像。在聚焦功能并且通过第一和第二流体弯月形透镜 9, 10 将变焦因子引入携带图像的给定辐射束之后, 设置图像检测器 12 以检测图像场景的图像。在这个例子中, 图像检测器 12 是电荷耦合器件 (CCD)。

参考图 4, 在变焦范围的一界限上示出了光学系统, 并且沿光轴 OA 进行观看, 光学系统具有第一视场  $\alpha_1$ , 第一流体弯月形透镜 9 具有为凹面的流体弯月面 13, 第二流体弯月形透镜 10 具有为凹面的流体弯月面 14。图 4 说明了在光学系统的变焦因子范围的最高界限上的变焦设置, 所述设置由光学系统引入到图像场景的获取图像。由 CCD12 获取所述图像。

参考图 5, 并且沿光轴 OA 从具有视场的第二视场  $\alpha_2$  的图像场景到 CCD 进行观看, 第一流体弯月形透镜 9 具有为凸面的流体弯月面 13, 第二流体弯月形透镜 10 具有为凸面的流体弯月面 14。图 5 说明了在光学系统的变焦因子范围的最低界限上的变焦设置, 所述变焦设置由光学系统引入到被获取物体的图像。

图 4 和图 5 所示的光学系统的变焦因子被限制。在一个典型设置中, 最高界限的变焦因子大约是在最低变焦设置所获取的图像的变焦因子的 2 倍。因此, 变焦因子差的上限近似为 2 倍, 这相对小。

参考图 6-图 7, 根据本发明的实施例的可切换光学元件包括腔室 20、其经由所述腔室的两个开口 22, 23 流动地连接到具有两个相对末端的导管 24。所述腔室的第一开口 22 流动地连接到所述导管的第一末端, 以及所述腔室的第二开口 23 流动地连接到所述导管的第二末端以便形成用于流体系统的流体密封外壳。所述腔室 20 的一侧通过具有一个部件 28 的波前修改器 26 密封, 所述部件 28 具有暴露于所述腔室 20 的内部的一个面。由透明材料, 例如 Zeonx<sup>TM</sup> 形成波前修改器, 所述 Zeonx<sup>TM</sup> 是聚环烯烃共聚物 (COC), COC 在含水液体中是不可溶解的。这例如可以由注入模型工艺形成。波前修改器 26 的部件 28 的面基本上是非球面的, 并且关于光轴 OA 旋转地对称。

所述腔室 20 进一步由包括另一波前修改器 36 的盖板密封, 其由

例如类似 Zeonx™ 的透明材料形成，并且具有不同部件 32。所述不同部件 32 被覆盖在疏水流体接触层中，所述疏水流体接触层为透明的，并且例如由 DuPont™ 生产的 Teflon™ AF1600 形成。这个疏水流体接触层的一个表面暴露于所述腔室 20 的内部。

所述不同部件 32 具有一个面，所述面是非球面的，并且关于光轴 OA 旋转地对称。所述不同部件 32 的面具有与部件 28 的面的非球面曲率不同的非球面曲率。

沿光轴 OA 行进的给定辐射束设置成通过所述部件 28 和所述不同部件 32。波前修改器 26 适合于执行第一波前修改并且另一波前修改器 36 适合于对所述给定辐射束执行第二不同的波前修改。所述第二波前修改设置成补充第一波前修改。

例如由金属形成的公用第一流体电极 50 被定位在靠近所述腔室的一个开口 22 的导管 24 中。

第二流体电极 34 位于盖板 36 和疏水流体接触层之间。这个第二流体电极 34 被形成为一块透明导电材料，例如氧化铟锡 (ITO)。例如由聚对亚苯基二甲基形成的绝缘层 (未示出) 可以形成在流体接触层和第二流体电极 34 之间。应该注意的是，第二电极 34 具有与波前修改器 26 的部件 28 的面所占有的区域完全重叠的可操作区域。疏水流体接触层具有一表面区域，所述表面区域完全重叠波前修改器的部件 28 的面。

密封的流体系统包括第一流体 44 和第二流体 46。第一流体 44 包括极性和/或导电流体。在这个例子中，第一流体 44 是液体并且是盐水，其具有大约为 1.37 的第一预定折射率。盐水的凝固点比非盐水的凝固点低。在这个例子中，第二流体优选地是气体并且包括具有第二不同折射率大约为 1 的空气。在这个例子中，空气与盐水 44 的饱和蒸汽混合并且在第一流体和第二流体的折射率之间的折射率差大约为 0.4。在不同例子中，按重量计算，第一流体 44 大约为 65% 的 KSCN 的水溶液，具有大约 1.49 的折射率并且与第二流体 46 的折射率差大约为 0.5。在另一个例子中，其中第一流体 44 是诸如苯胺或新烟草碱之类的极性有机液体，所述第一流体具有大约分别为 1.59 或 1.57 的折射率，第一流体和第二流体之间的折射率差大约为 0.6。第二流体为空气的优点是如果在制造时的可切换光学元件不是气密性的，则将基本上

不降低元件的性能。第一流体 44 和第二流体 46 在流体弯月面 48, 49 彼此相互接触。

在可切换光学元件的第一流体结构中, 如图 6 和图 7 中所图示的, 第一流体 44 基本上充满腔室 20 和导管 24 的部分。通过基本上充满, 意味着第一流体 44 覆盖波前修改器 26 的部件 28 的至少大部分以及另一波前修改器 36 的不同部件 32 的至少大部分。在这个第一流体结构中, 第一流体与所述腔室中的疏水流体接触层的暴露表面的至少大部分相接触。第一流体电极 50 与由第一流体 44 填充的导管的部分相接触。

在导管壁 41 和导管盖板 42 之间形成导管 24。所述导管盖板由疏水流体接触层 38 覆盖, 所述疏水流体接触层 38 暴露于导管 24 的内部的一个表面上, 所述疏水流体接触层例如由 AF1600<sup>TM</sup> 形成。第三流体电极 40 位于导管盖板 42 和疏水流体接触层 38 之间。这个电极由导电材料形成, 例如氧化铟锡 (ITO)。应该注意的是, 第三流体电极 40 具有一个表面区域, 所述表面区域与导管 24 的内部的大部分重叠。

在所述元件的第一流体结构中, 除由第一流体 44 所填充的部分外第二流体 46 基本上充满导管 24, 所述第一流体 44 与公用第一流体电极 50 相接触。

在可切换光学元件的第二流体结构中, 如图 8 和图 9 所图示的, 第一流体 44 基本上充满导管 24。在这个第二流体结构中, 第一流体 44 继续与公用第一流体电湿润电极 50 相接触, 所述公用第一流体电湿润电极 50 定位在导管先前所描述的部分中。现在, 第一流体 44 与导管的疏水流体接触层 38 相接触。第二流体 46 现在基本上充满所述腔室 20 以便第二流体 46 覆盖波前修改器 26 的部件 28 的至少大部分以及另一波前修改器 36 的不同部件 32 的至少大部分。另外, 第二流体 46 充满导管 24 的一部分。导管 24 的这个部分位于与其中定位公用第一流体电极 50 的的部分的相对的末端上。在第二流体结构中, 第一流体电极 50 与第一流体 44 相接触, 所述第一流体 44 充满导管 24 的部分。

流体切换系统 (未示出) 与公用第一流体电极、第二流体电极和第三流体电极相连接。流体切换系统对可切换光学元件起作用并且设置成切换第一和第二流体结构。在第一流体结构中, 流体切换系统设置成在公用第一流体电极 50 和第二流体电极 34 上施加适当值的电压

V1。所施加的电压 V1 提供切换电湿润作用力以便本发明的可切换光学元件趋向于采用第一流体结构，其中导电第一流体 44 移动以基本上充满腔室 20。作为所施加电压 V1 的结果，腔室 20 的疏水流体接触层暂时在本质上变得至少相对亲水性，因而有助于优选第一流体 44 以基本充满腔室 20。要重视的是，在第一流体结构中当在公用第一流体电极 50 和第三电湿润电极 40 上不施加电压，以便导管中的流体接触层保持相对高的疏水性。

为了在可切换光学元件的第一流体结构和第二流体结构之间进行切换，流体切换系统断开所施加的电压 V1 以及在公用第一流体电极 50 和第三流体电极 40 上施加适当值的第二施加电压 V2。在公用第一流体电极 50 和第二流体电极 34 上不施加电压。

可切换光学元件现在位于第二流体结构状态中，其中由于所施加电压 V2 所提供的切换电湿润作用力的结果，第一流体 44 基本上充满导管 24。利用所施加的电压 V2，导管 24 的疏水流体接触层 38 至少相对亲水性，并且趋向于吸引第一流体 44。第一流体 44 移动以充满导管 24 的部分，其中在所述部分中定位公用第一流体电极 50。如先前所描述的，第二流体 46 现在基本上充满腔室 20。腔室 20 的疏水流体接触层现在具有相对高的疏水性，并且有助于第二流体在第二流体结构中的这个安排。

在元件的第一和第二流体结构之间进行转换（如由流体切换系统控制）期间，流体系统的第一和第二流体 44, 46 以循环的方式通过流体系统进行流动，每个流体可以相互替换。在从第一流体结构转换第二流体结构的这个循环流体流动中，第一流体 44 经由腔体的一个开口 22 从腔体 20 传送到导管 24 的一个末端。同时，第二流体 46 经由腔体的另一开口 23 从导管 24 的另一末端传送到腔体 20。在从第二流体结构到第一流体结构的转换期间，发生相反的循环流体流动。

因此，当从第一流体结构变化到第二流体结构时，在第三流体电极 40 和公用第一流体电极 50 上所施加的电压 V2 将导电的第一流体 44 吸引到腔体 20 中，因此将电绝缘的第二流体 46 移出腔体 20。另外，腔体 20 的疏水流体接触层 32 将导电的第一流体 44 从腔体 20 推到导管 24。从第二流体结构到第一流体结构的转换在这些方面与从第一转换状态到第二转换状态的转换相反。

图 10 和图 11 示意性示出了用于根据本发明的实施例中的照相机的二元(binary) 变焦光学系统。图 10 示出了当在第一变焦模式时的光学系统；图 11 示出了当在第二不同变焦模式时的光学系统。

二元变焦光学系统包括第一透镜，所述第一透镜设置成从而为沿光轴 OA 行进的给定辐射束提供连续的可变焦距。在这个实施例中，第一透镜是与使用图 1 - 图 3 所描述的透镜类似的流体弯月形透镜 52。二元变焦光学系统还包括可切换光学元件 54，可切换光学元件 54 与使用图 6 - 9 所描述的元件类似；以及流体切换系统 56，其与用于切换第一和第二结构先前所描述的系统类似。流体弯月形透镜 52、可切换光学元件 54 和流体切换系统 56 的元件和特征与先前所描述的元件和特征类似。对于这样的元件和特征，在此使用类似的参考数字，从 100 开始递增；也应该将相应的描述应用于此。部分 128 (未示出) 的面以及不同部分 132 (未示出) 的面都是非球面的，并且设置成提供具有改进的对象视场质量的二元变焦光学系统，所述对象视场质量对于所获取的对象图像具有最小的外围失真。

固态透镜组设置成在光轴 OA 上并且位于液体弯月形透镜 52 和可切换光学元件 54 之间，所述固态透镜组包括邻近可切换光学元件 54 和邻近流体弯月形透镜 52 的两个固态透镜 58, 60。在两个固态透镜之间是光阑 (未示出)。固态透镜组 58 的一个或两个固态透镜的折射率与可切换光学元件 54 的第一流体 144 的折射率类似。二元变焦光学系统设置成获取为图像场景的给定对象的图像。图像检测器 62，例如电荷耦合器件 (CCD) 设置成在由流体弯月形透镜 52 和可切换光学元件 54 提供到携带图像的给定辐射束的光学变焦设置上检测和获取图像场景的图像。在这个实施例中，可切换光学元件 54 设置成在流体弯月形透镜 52 和图像检测器 62 之间并且具有最大的光焦度范围 (在其两个模式之间)，所述最大的光焦度范围大于流体弯月形透镜 52 的最大的光焦度范围。

参考图 10，二元变焦光学系统在第一变焦模式中具有可切换光学元件 54，所述可切换光学元件 54 在第一流体结构中。在第一流体结构中，二元变焦光学系统具有相对长的第一有效焦距，所述焦距设置成提供相对高的变焦因子。当沿光轴 OA 从流体弯月形透镜 52 到可切换光学元件 54 进行观看时，流体弯月面 108 具有凹曲率。在第一变焦模

式中，光学系统具有第三视场 $\alpha_3$ ，所述第三视场 $\alpha_3$ 对应在第一变焦模式中由可切换光学元件54提供的相对高的变焦因子。

参考图11，二元变焦光学系统在第二变焦模式中具有可切换光学元件54，所述可切换光学元件54在第二流体结构中。流体切换系统56以类似于使用图6-图9所描述的方式将第一流体结构切换到第二流体结构。在第二流体结构中，可切换光学元件54具有相对短的第二有效焦距，所述第二有效焦距设置成提供相对低的变焦设置。第二有效焦距短于第一有效焦距。当沿光轴OA从流体弯月形透镜52到可切换光学元件54进行观看时，流体弯月面108具有凸曲率。二元变焦光学系统还包括与第一和第二弯月电极连接的控制系統64并且设置成在第一弯月电极和第二弯月电极施加电压以便通过使用电湿润作用力改变流体弯月面108的曲率来控制可变焦距。

在第二变焦模式中，光学系统具有第四视场 $\alpha$ 。在这个例子中，在第二变焦模式中获取的图像的第四视场 $\alpha_4$ 大于在第一变焦模式中获取的图像的第三视场 $\alpha_3$ 。优选地，在两种模式之间的光学变焦因子大于2，并且更加优选地大于3。

利用在第一变焦模式或第二变焦模式中的二元变焦光学系统，通过控制系统62在第一和第二弯月电极施加不同电压来改变流体弯月面108的曲率可以改变可变焦距。曲率可以被改变以便在其光焦度范围的一个界限上是凸的，并且在其光焦度范围的另一界限上是凹的。

图12示意性示出了包括二元变焦光学系统68的图像获取设备66，所述二元变焦光学系统68类似于先前所描述的本发明实施例的二元变焦光学系统。二元变焦光学系统68的元件和特征类似于先前描述的那些元件和特征。对于这样的元件和特征，在此将使用类似的参考数字，从200开始递增；也应该将相应的描述应用于此。在这个实施例中，图像获取设备是照相机并且设置成来记录为图像场景的给定对象的图像，所述图像场景包括特征70。设备控制系统72设置成控制照相机的功能并且与控制系统264、流体切换系统256、电源74、图像显示系统76、图像存储系统78和用户控制系统80连接。所述设备控制系统包括图像修改系统82。

在操作中，用户使用用户控制系统80控制照相机的功能。用户能够选择二元变焦光学系统68的第一变焦模式或第二变焦模式。设备控

制系统 72 控制流体切换系统 256 以便如先前所描述的, 或者在第一变焦模式中选择第一流体结构, 或者在第二变焦模式中选择第二流体结构。在照相机中, 第一变焦模式是具有相对窄的图像场景视场的远距离照相变焦模式, 以及第二变焦模式是具体相对宽的图像场景视场的广角变焦模式。当使照相机适当地指向图像场景以便二元变焦光学系统 68 可以正确地记录图像以及照相机或者在远距离照相变焦模式或者在广角变焦模式中的同时, 用户观看图像显示系统 76 并且选择要被记录的图像场景的图像的特有变焦因子。通过这样做, 设备控制系统 72 对控制系统 264 进行控制, 所述系统 264 适当地改变先前所描述的流体弯月面的曲率。

双变焦光学系统允许对于将被记录的图像选择相对高的变焦设置, 这时照相机处于摄远变焦模式, 或双变焦光学系统允许对于将被记录的图像选择相对低的变焦设置, 这时照相机处于广角变焦模式。图像修改系统 82 是数字变焦系统, 它设置成将可变数字变焦因子引入到远距离照相变焦模式中或在广角变焦模式中获取的图像以便可以获得另一变焦设置。数字变焦因子例如被引入到具有相对低的变焦因子的广角变焦模式中捕获的图像, 或具有相对高的变焦因子的摄远变焦模式中捕获的图像。。这允许要被记录的图像具有在所述相对低的变焦设置和所述相对高的变焦设置之间的一个变焦设置。数字变焦系统 82 也能够将可变的数字变焦因子引入到远距离照相变焦模式中记录的并且具有相对高的变焦因子的图像变焦因子。这允许被记录的图像具有高于远距离照相变焦模式的光学变焦设置的变焦设置。

在先前所描述的本发明的实施例中, 二元变焦光学系统包括一个透镜, 所述透镜设置成提供连续可变的焦点并且所述透镜是流体弯月形透镜。在本发明的不同实施例中, 设置成提供连续可变焦距的透镜是固态透镜。所述透镜设置成沿光轴 OA 相对于可切换光学元件被移动到不同的空间位置。透镜本身具有固定的光焦度。二元变焦光学系统所包括的先前所描述的可替换控制系统设置成通过改变透镜的空间位置来连续地控制可变焦距。例如通过驱动齿轮系统的电动机获得不同的空间位置以沿光轴 OA 移动透镜。通过控制系统适当地改变光轴 OA 上的透镜的空间位置, 可能改变由二元变焦光学系统获取的给定对象的图像的光焦度和变焦因子(类似先前所描述的)。



要重视的是，在本发明的替换实施例中，透镜阵列包括多个固态透镜，它们可以使用机械执行机构沿光轴 OA 独立地移动到不同的空间位置。

在本发明的另一可替换实施例中，设置成提供连续可变焦距的透镜是液晶透镜，它避免需要机械系统来移动透镜元件。

另一要重视的是，不同流体的流体弯月形透镜和可切换光学元件对于所描述那些流体流体弯月形透镜和可切换光学元件可以是不同的，并且各自具有不同的折射率。还要重视的是，可切换光学元件的第一流体和第二流体可替换地分别是气体和液体，或者第一和第二流体都是液体。

还要重视的是，形成例如二元变焦光学系统的波前修改器和电极之类元件的材料可以与上述材料不同。依照某些特性可以选择不同的材料，例如可切换光学元件的波前修改器材料在第一流体或第二流体中不是必须可溶解的。

还要重视的是，可切换光学元件的部件和/或不同部件的面具有不同的非球面形状或可替换地是球形。另外要重视的是，所述部件或不同部件的面可以包括非周期结构 (NPS) 或衍射光栅。

所描述的可切换光学元件以循环的方式通过流体系统进行操作。要重视的是，在第一流体和第二流体的流体结构转换期间，可切换光学元件关于设置和流体流动的可替换结构可以被使用，例如在主腔室和一个或多个流体贮存器之间的非循环流体流动可以被使用。

在可替换实施例中要重视的是，所描述的可切换光学元件被不同地构建并且波前修改器包括类似于盖板的第二流体电极的另一流体电极，所述盖板包括另一波前修改器。所述另一流体电极与第二流体电极电连接以便所施加的电压  $V_1$  被施加在第一流体结构中的公用第一流体电极、第二流体电极和另一流体电极上。另外要重视的是，波前修改器的部件被覆盖在例如由 Teflon™ AF1600 形成的疏水流体接触层中。这个层的一个表面被暴露于腔室的内部。在这个要重视的实施例中，可切换光学元件的结构在第一和第二流体结构之间进行切换期间允许更加有效地在腔室和导管之间移动流体。

在可切换光学元件的可能不同实施例中，使用不涉及电湿润作用力的机构，例如机械泵机构，流体切换系统可以不同地设置成在第一

和第二流体结构之间进行切换。

另外注意，包括透镜阵列的常规变焦光学系统可以与本发明的二元光学系统相结合以允许获取具有另外不同变焦设置的图像。

本发明的二元变焦光学系统被描述用于包括和操作例如照相机的图像获取设备。要重视在各种图像获取设备（例如包括照相机的移动电话、或包括照相机的其他设备）中包括二元变焦光学系统。上述实施例被理解为本发明的说明性例子。要重视本发明的另外实施例。应该理解的是，关于任一实施例所描述的任何特征可以被单独使用，或者结合所描述的其他特征被使用，并且也可以结合任何其他实施例的一个或多个特征被使用、或者被用于任何其他实施例的任何结合。另外，在不偏离所附权利要求所限定的本发明范围的情况下，也可以使用上面没有描述的等价形式和修改。

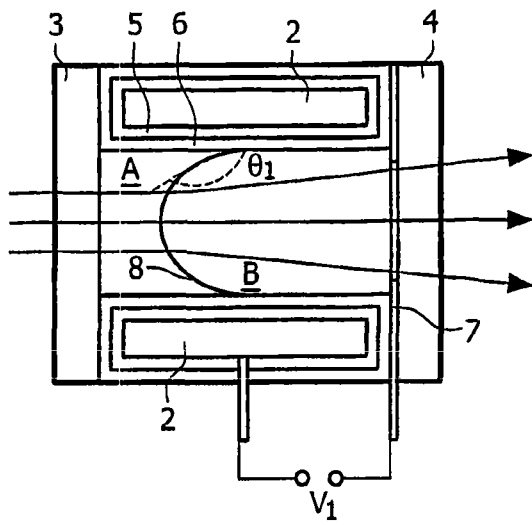


图 1  
现有技术

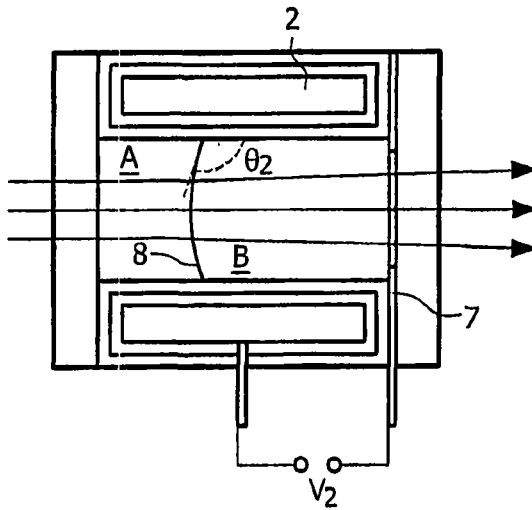


图 2  
现有技术

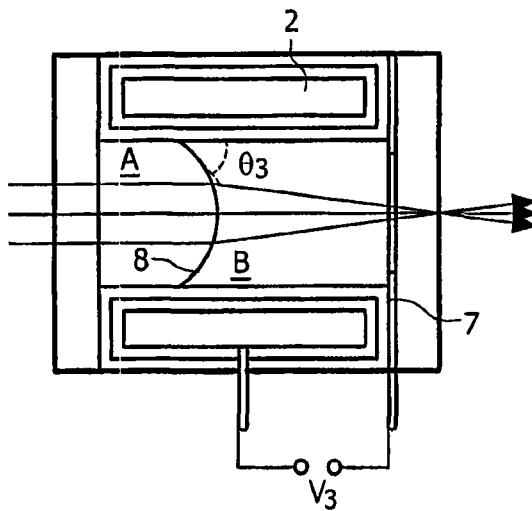


图 3  
现有技术

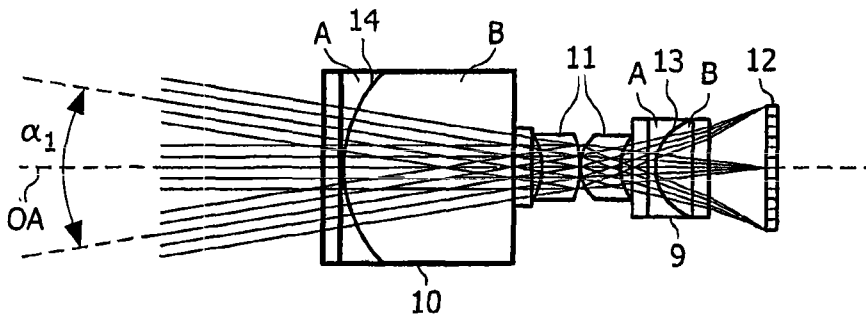


图 4

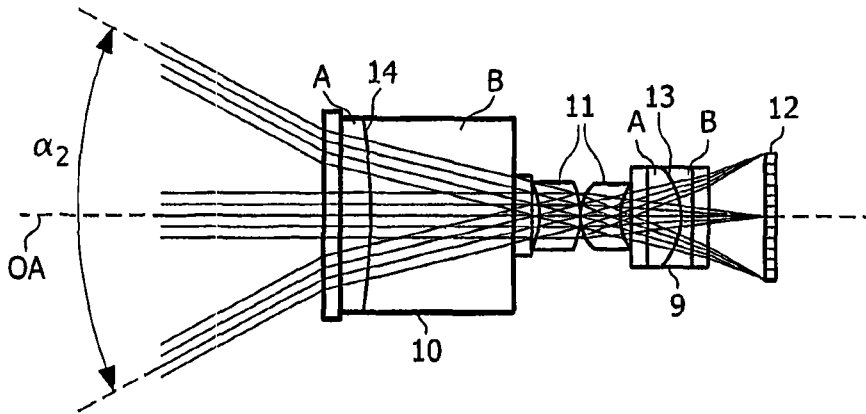


图 5

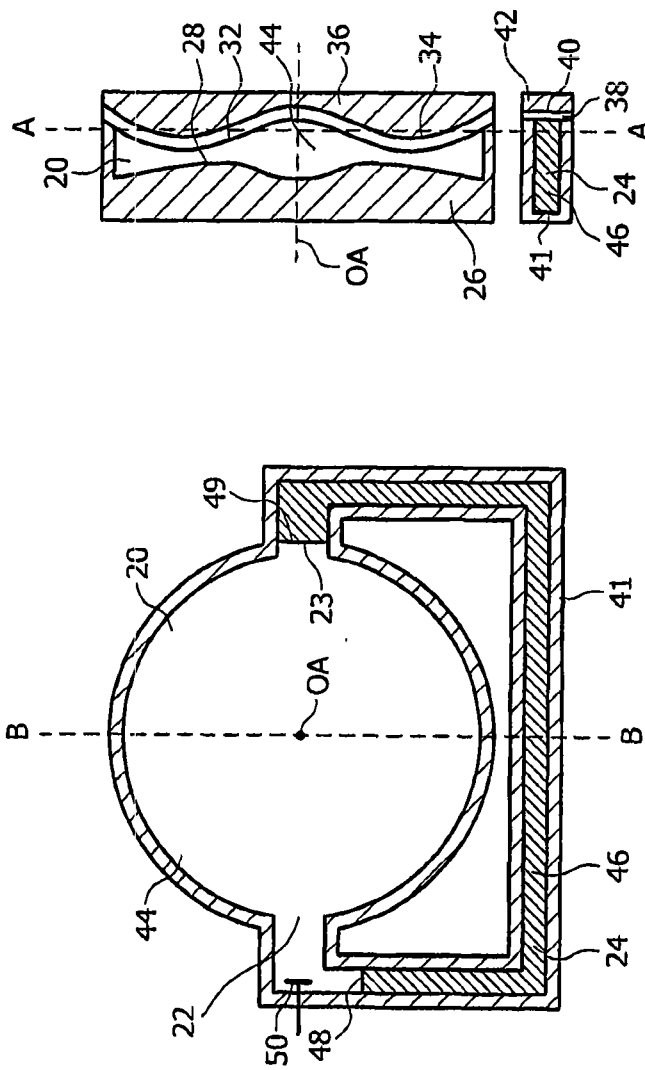


图 7

图 6

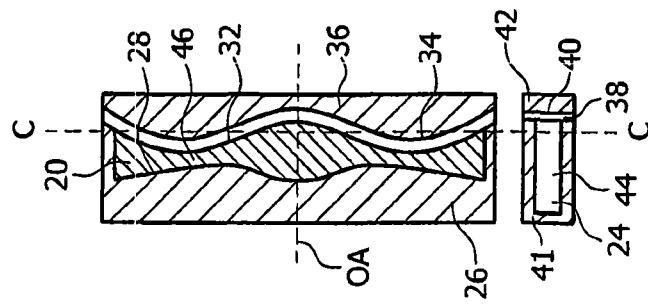


图 9

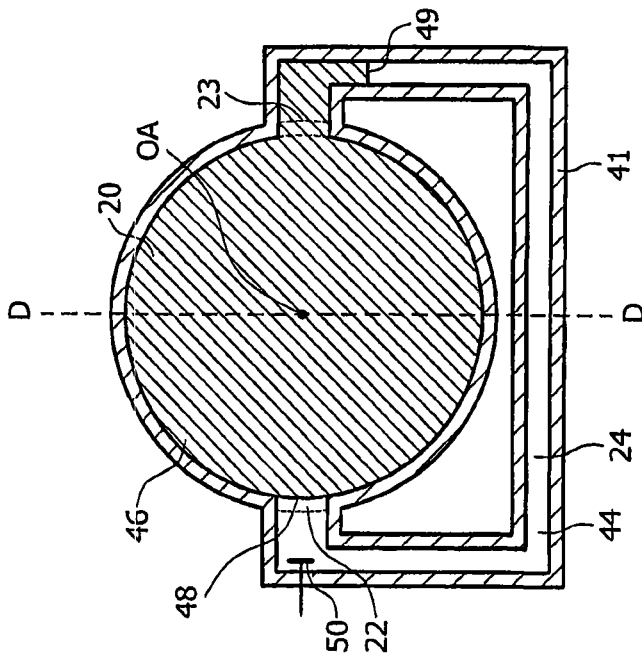


图 8

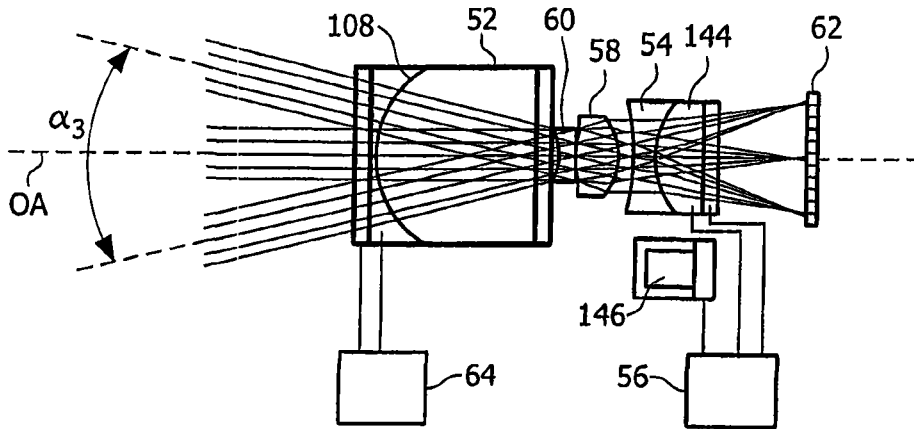


图 10

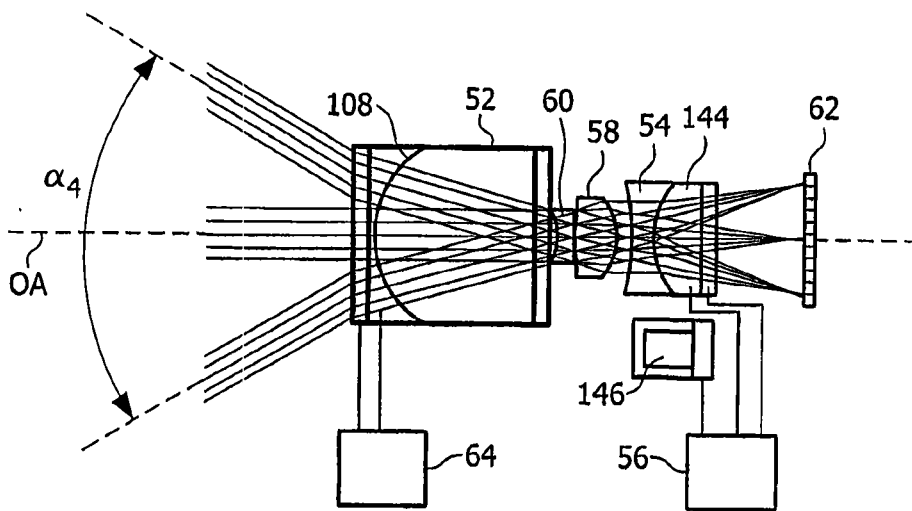


图 11

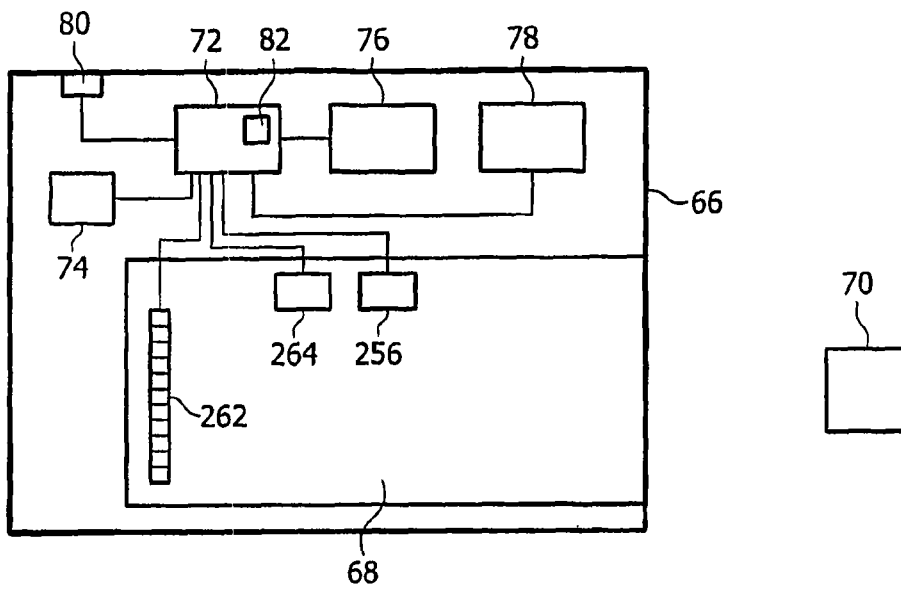


图 12