



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200380101887.3

[43] 公开日 2005 年 12 月 7 日

[11] 公开号 CN 1705901A

[22] 申请日 2003.10.17

[21] 申请号 200380101887.3

[30] 优先权

[32] 2002.10.25 [33] EP [31] 02079473.1

[86] 国际申请 PCT/IB2003/004595 2003.10.17

[87] 国际公布 WO2004/038480 英 2004.5.6

[85] 进入国家阶段日期 2005.4.22

[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 S·库伊佩

B·H·W·亨德里克斯

R·M·斯诺伊伦

W·G·奥普海伊

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

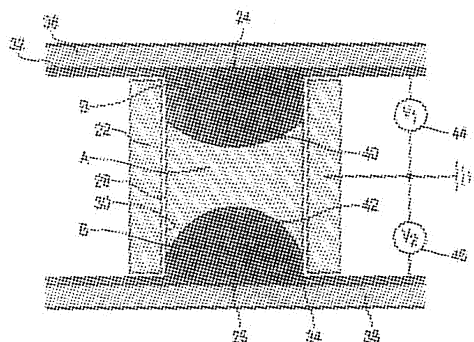
代理人 王岳 王忠忠

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 10 页

[54] 发明名称 变焦透镜

[57] 摘要

一种变焦透镜，从物侧到像侧包括前透镜组(72)、可控透镜组和后透镜组(74)，可控透镜组包括电压控制的电润湿器件，该器件包括具有不同折射率的第一流体(A)和第二流体(B)，并具有至少两个第一流体-第二流体界面(40、42)。通过向该器件的电极施加电压(V1、V2)可独立地改变这些界面的曲率，由此改变透镜的光焦度，因此不需要机械移动这些透镜元件。



1. 一种变焦透镜，其至少具有第一固定透镜组、第二固定透镜组和可控透镜组，其特征在于可控透镜组包括电压控制的电润湿器件，该器件包括具有不同折射率的第一流体和第二流体，并包括至少
5 两个第一流体-第二流体界面。
2. 根据权利要求1所述的变焦透镜，其具有在其物侧的前透镜组和在其像侧的后透镜组，其特征在于第一透镜组是前透镜组，第二透镜组是后透镜组，电润湿器件设置在该第一透镜组和该第二透镜组之间。
- 10 3. 根据权利要求2所述的变焦透镜，其特征在于电润湿器件包括具有两个第一流体-第二流体界面的一个电润湿单元。
4. 根据权利要求2所述的变焦透镜，其特征在于电润湿器件包括第一电润湿单元和第二电润湿单元，每个单元都具有至少一个第一流体-第二流体界面。
- 15 5. 根据权利要求4所述的变焦透镜，其特征在于每个电润湿单元都具有两个第一流体-第二流体界面。
6. 根据权利要求1所述的变焦透镜，其特征在于电润湿器件包括第一和第二电润湿单元，每个单元都具有一个第一流体-第二流体界面，并且在第一和第二电润湿单元之间设置透镜光阑。
- 20 7. 根据权利要求6所述的变焦透镜，其具有在其物侧的前透镜组和在其像侧的后透镜组，其特征在于第一透镜组是前透镜组，第二透镜组是后透镜组，将电润湿器件设置在该第一透镜组和该第二透镜组之间。
8. 根据权利要求6所述的变焦透镜，其特征在于一个电润湿单元形成了前透镜组，第二电润湿单元形成了后透镜组，将该第一透镜组和该第二透镜组设置在电润湿单元之间，透镜光阑设置在该第一透镜组和该第二透镜组之间。
- 25 9. 根据权利要求1-8中任一项所述的变焦透镜，其特征在于该透镜包括至少一个折叠式反射镜，该反射镜设置在电润湿单元与第一
30 或第二透镜组之间。
10. 根据权利要求9所述的变焦透镜，其特征在于其包括两个折叠式反射镜，一个位于变焦透镜的物侧部分，另一个位于变焦透镜的

像侧部分。

11. 根据权利要求 1-8 中任一项所述的变焦透镜, 其特征在于电润湿单元包括:

5 具有圆柱壁的基本上为圆柱形的腔, 流体腔包含第一流体和轴向移动的第二流体, 两种流体不混溶, 在弯月形界面上相互接触, 并具有不同的折射率,

设置在圆柱壁内部的流体接触层,

第一电极, 通过流体接触层与第一流体和第二流体分开,

第二电极, 对第二流体起作用,

10 流体接触层具有对于第二流体的可湿性, 在第一电极和第二电极之间施加电压的情况下该可湿性发生变化, 因此弯月面的形状根据所述电压而变化,

其中在第一和第二电极之间没有施加电压时, 流体接触层对于第二流体的可湿性在弯月面与该流体接触层的相交处两侧基本上相等。

15 12. 根据权利要求 11 所述的变焦透镜, 其包括一个电润湿单元, 其特征在于第二流体位于第一流体的任一侧, 第一流体和第二流体在各自的第一和第二弯月面界面上相互接触。

13. 根据权利要求 12 所述的变焦透镜, 其特征在于在前透镜组和电润湿单元之间设置折叠式反射镜。

20 14. 根据权利要求 12 或 13 所述的变焦透镜, 其特征在于在电润湿单元和后透镜组之间设置折叠式反射镜。

15. 根据权利要求 11 所述的变焦透镜, 其包括两个电润湿单元, 其特征在于每个单元具有一个弯月面界面, 并且透镜光阑设置在所述单元之间。

25 16. 根据权利要求 11 所述的变焦透镜, 其特征在于在每个电润湿单元中, 第二流体位于第一流体的任一侧, 第一流体和第二流体在各自的第一和第二弯月面界面上相互接触。

17. 根据权利要求 15 或 16 所述的变焦透镜, 其特征在于这两个单元共用一个流体腔。

30 18. 根据权利要求 17 所述的变焦透镜, 其特征在于流体腔包括至少一个折叠式反射镜, 该反射镜由流体腔壁的反射倾斜部分形成, 该反射镜以基本上 90° 角反射入射辐射。

19. 根据权利要求18所述的变焦透镜,其特征在于流体腔包括两个折叠式反射镜,一个位于变焦透镜的物侧部分,另一个位于变焦透镜的像侧部分。

20. 根据权利要求13、14、18或19所述的变焦透镜,其特征在于位于像侧部分的折叠式反射镜与前透镜组成一整体。

21. 根据权利要求1-20中任一项所述的变焦透镜,其特征在于第一流体包括绝缘液体,第二流体包括传导性液体。

22. 根据权利要求1-20中任一项所述的变焦透镜,其特征在于第一流体包括蒸汽,第二流体包括传导性液体。

23. 一种照相机,包括如权利要求1-22中任一项所述的变焦透镜。

24. 一种手提式装置,其包括输入装置、信息处理装置和显示器装置,其中包括如权利要求23所述的照相机。

变焦透镜

5 本发明涉及一种变焦透镜，其至少具有第一固定透镜组、第二固定透镜组和可控透镜组。

本发明还涉及包括这种变焦透镜的照相机，以及包括这种照相机的手提式设备。

10 常规的变焦透镜包括大量具有固定折射表面曲率并由例如玻璃或透明塑料的透明材料制成的固态透镜元件。这些透镜元件分为位于物侧的前透镜组、位于像侧的后透镜组，以及位于前透镜组和后透镜组之间的可控透镜组。每个组可以由一个或多个透镜元件组成。可控透镜的透镜元件可彼此相对移动，用以执行变焦和聚焦。变焦理解为表示通过改变透镜系统的焦距来改变图像比例，即，选择成像的目标景物的尺寸。变焦透镜的最大位置是其中将目标景物的一小部分成像的
15 摄远配置，和其中将目标景物的较大部分成像的广角配置。通过移动可控透镜组的透镜元件，可将变焦透镜设置在两个极端配置之间以及设置在位于这两个配置之内的配置之间。聚焦理解为表示对于变焦透镜系统的每种配置来说使选定的目标景物都保持在焦点上。

20 由于透镜元件所需的机械移动，常规的变焦透镜沿其光轴具有大尺寸，因此不太适合于小型化。电动机消耗能量，用以移动几个透镜元件。如果变焦透镜用在小型照相机中，那么应该使该变焦透镜小型化，所述小型照相机构成如移动电话之类的小型、手提式且电池供电的装置的一部分。常规的变焦透镜设计不适合于这种应用，因为电动机消耗了大量的电池电力，并且机械易损性也成为问题。此外，机械
25 变焦需要一定量的时间。

本发明的一个目的是提供一种适合于小型照相机的变焦透镜。该变焦透镜的特征在于可控透镜组包括电压控制的电润湿（electrowetting）器件，该器件包括具有不同折射率的第一流体和第二流体，并包括至少两个第一流体-第二流体界面。

30 电润湿器件是一种新型光学元件，其包括在流体腔中的两种流体，所述流体经界面相互接触。在该器件的两个电极之间施加电压可改变该界面的形状。

流体理解为表示响应于任何作用力而改变其形状、易于流动或者符合流体腔轮廓的物质。这种流体可以是气体、液体以及能够流动的固体和液体的混合物。

5 透镜组可以仅由一个透镜元件组成，但是也可以包括两个或多个透镜元件。在下文中描述的变焦透镜的实施方案中，第一和第二透镜组都由一个透镜元件来表示，但是实际上，每个透镜组可以包括更多的透镜元件。

电润湿器件可以配置为可变焦点透镜。在这种透镜中，流体具有不同的折射率，它们的界面具有弯月面的形状。对该器件的电极施加电压导致由弯月面形成的折射面的曲率变化，由此导致其透镜光焦距的变化。变焦透镜基于电润湿原理，并且包括两个独立驱动的弯月面，从而允许通过改变施加到与一个弯月面相关联的电极上的电压来变焦，即改变该变焦透镜的焦距。通过改变施加到与另一个弯月面相关联的电极上的电压来执行聚焦，即对于在摄远和广角之间的所有配置来说将物体保持在焦点上。

在该变焦透镜系统中，不需要为透镜元件的移动留出空间，因此可大大减小该系统的轴向尺寸。当不再需要电动机驱动的透镜元件时，可以实现非常快速的变焦和聚焦，大大降低了用于变焦和聚焦的电力，使变焦透镜系统适合电池供电。

20 要注意，国际专利申请 WO 97/36193 描述了一种变焦透镜系统，该系统具有位置固定的可变焦点透镜。这些透镜是柔性透镜，包括构成透镜腔的柔性膜，该透镜腔充满透明流体。例如通过压电致动器或通过改变流体容积来改变形成折射透镜表面的膜的曲率。为了变焦和聚焦，该膜应该强烈变形。变形不能通过电压直接进行控制。此外，

25 向柔性透镜注入流体和从柔性透镜抽取流体需要电力。

进一步注意，专利申请公开 US2001/0017985 描述了能够控制其光学透射率的电润湿光学元件。该元件包括第一传导性液体和第二液体，这两种液体具有基本上相等的折射率和不同的透射率。液体没有彼此混合，而是以液体之间的界面具有预定形状的状态容纳在密封容器中。当通过电极在液体之间施加电压时，该界面的形状改变，由此改变透射光的量，其中一个电极与传导性液体相接触。界面形状的改变还可用来获得可变焦点透镜。这种透镜可用在这样的变焦透

镜系统中，即在该变焦透镜系统中，将可变焦点透镜放置在前透镜组和中继透镜组之间。该变焦透镜系统只包括一个用于变焦的可变焦点元件，通过移动前透镜组进行聚焦。

5 与常规变焦透镜设计最相似的新型变焦透镜的实施方案具有在其物侧的前透镜组和在其像侧的后透镜组。该实施方案的特征在于第一透镜组是前透镜组，第二透镜组是后透镜组，电润湿器件设置在该第一透镜组和该第二透镜组之间。

关于界面数量和这些界面在电润湿单元上的分布，变焦透镜可以有几个实施方案。

10 第一实施方案的特征在于电润湿器件包括具有两个第一-第二流体界面的一个电润湿元件。

这是适合于变焦透镜的电润湿器件的最紧凑的设计。

第二实施方案的特征在于电润湿器件包括两个电润湿单元，每个都具有至少一个第一流体-第二流体界面。

15 这一实施方案提供了更大的设计自由度。

如果一个实施方案进一步的特征在于每个电润湿单元具有两个第一流体-第二流体界面，那么该实施方案的性能可大大增强。

这样，该变焦透镜包括四个界面（弯月面），从而提供了很大的设计自由度，并且允许更精确的调整，和使用更低的电压。

20 优选的是，该变焦透镜的特征在于电润湿器件包括第一和第二电润湿单元，每个都具有一个第一流体-第二流体界面，并且在第一和第二电润湿单元之间设置透镜光阑。

25 利用这一实施方案可以实现与具有四个界面的实施方案类似的性能，但是界面的数量减少了，因此该器件更简单。这种用法是基于更加对称地使用该器件，即利用第一和第二界面中相似的表面来折射成像光束。透镜系统中的光阑是限制成像光束直径的光圈（diaphragm）。

30 这一实施方案具有在其物侧的前透镜组和在其像侧的后透镜组，其进一步的特征在于第一透镜组是前组，第二透镜组是后组，将电润湿器件放置在该第一透镜组和该第二透镜组之间。

另外，这一实施方案进一步的特征在于一个电润湿单元形成了前透镜组，第二电润湿单元形成了后透镜组，将第一透镜组和第二透镜

组放置在该电润湿单元之间，透镜光阑放置在该第一透镜组和该第二透镜组之间。

在该实施方案中，固定和可控透镜组的次序完全不同于常规的变焦透镜。

- 5 根据本发明的另一个方面，如果该透镜进一步的特征在于该透镜包括至少一个折叠式反射镜，该反射镜放置在电润湿单元与第一和第二透镜组其中之一的中间，那么可以进一步减小该变焦透镜的内置高度。

10 该实施方案使具有变焦透镜的照相机的主要部分的设置与其中装入该照相机的器件的主表面平行。

利用一个实施方案得到了最小的内置尺寸，所述实施方案的特征在于其包括两个折叠式反射镜，一个位于变焦透镜的物侧部分，另一个位于变焦透镜的像侧部分。

15 关于电润湿单元的可能设计，优选的是，变焦透镜的特征在于该电润湿单元包括：

具有圆柱壁的基本上为圆柱形的腔，该流体腔包含第一流体和至少一种轴向移动的第二流体，两种流体不混溶，在弯月形界面上相互接触，并具有不同的折射率，

设置在圆柱壁内部的流体接触层，

20 第一电极，通过流体接触层与第一流体和至少一种第二流体分开，

第二电极，对第二流体起作用，

25 流体接触层具有对于第二流体的可湿性，在第一电极和第二电极之间施加电压的情况下该可湿性发生变化，因此弯月面的形状根据所述电压而变化，

其中在第一和第二电极之间没有施加电压时，流体接触层对于第二流体的可湿性在弯月面与该接触层的相交处两侧基本上相等。

流体接触层在相交处两侧相等的可湿性允许第二流体做较大的移动，因此导致弯月面曲率较大变化。这对于变焦透镜是非常重要的。

30 在这种类型的变焦透镜中，电润湿单元的数量、在这些单元中的界面数量以及固定透镜组和单元的顺序可以按照如上所述的顺序。

这种类型的变焦透镜包括两个电润湿单元，其进一步的特征在于

这两个单元共用一个流体腔。

这种类型的变焦透镜的一个实施方案具有大大减小的内置高度，其特征在于流体腔包括至少一个折叠式反射镜，该反射镜由流体腔壁的反射倾斜部分形成，其以基本上 90° 角反射入射辐射。

5 优选的是，该实施方案进一步的特征在于流体腔包括两个折叠式反射镜，一个位于变焦透镜的物侧部分，另一个位于变焦透镜的像侧部分。

该实施方案进一步的特征在于，位于像侧部分的折叠式反射镜与前透镜组成一整体。

10 按照这种方式，该变焦透镜的元件数量减少了一个，从而降低了制造成本。

所有上述实施方案进一步的特征在于第一流体包括绝缘液体，第二流体包括传导性液体。

15 可替换的是，这些实施方案的特征在于第一流体包括蒸汽，第二流体包括传导性液体。

由于其中装有这种变焦透镜的照相机与常规照相机的区别在于本发明提供的这些特征，因此这种照相机构成本发明的一部分。

由于将这种照相机装入到手提式装置中提供了具有变焦功能的这样一种装置，因此，这种装置也构成本发明的一部分。

20 通过非限制性实施例的方式，参考下文中描述的各个实施方案对本发明的这些和其他方面进行说明，使其更清楚。在图中：

图 1 示出在电极之间施加低电压时构成可调节透镜的电润湿单元以及该元件中的弯月面的曲率；

图 2 示出在施加中间电压时弯月面的曲率；

25 图 3 示出在施加高电压时弯月面的曲率；

图 4 示出具有两个可独立控制的弯月面且适合用在变焦透镜中的电润湿单元；

图 5 和 6 分别示出在摄远配置和广角配置时该元件的曲率和通过该单元的光线的光路；

30 图 7 示出具有两个电润湿单元的变焦透镜，每个电润湿单元具有两个界面；

图 8 和 9 分别示出在广角配置和摄远配置时该变焦透镜的弯月面

曲率和通过该变焦透镜的光线的光路；

图 10 示出在前端具有折叠式反射镜的变焦透镜；

图 11 示出在后端具有折叠式反射镜的变焦透镜；

图 12 示出在后端具有集成的折叠式反射镜和透镜元件的变焦透
5 镜；

图 13 和 14 分别示出在广角配置和摄远配置时该变焦透镜的弯月
面曲率和通过该变焦透镜的光线的光路；

图 15 和 16 分别示出在广角和摄远配置时的高性能变焦透镜的第
一实施方案，该变焦透镜具有两个电润湿单元，每个单元具有一个界
10 面；

图 17 和 18 示出这种高性能变焦透镜的第二实施方案；

图 19 示出一种移动电话，其具有包括本发明的变焦透镜的照相
机；以及

图 20 示出一种膝上型计算机，其具有包括本发明的变焦透镜的照
15 相机。

首先描述可变焦点透镜的实施方案的原理可以最好地阐明，所述
可变焦点透镜优选用作变焦透镜中的可变透镜元件。

图 1 至 3 示出这种透镜 1 的横截面。该透镜包括形成毛细管的圆
柱形的第一电极 2，借助于透明的前部元件 4 和透明的后部元件 6 密封
20 来形成容纳了两种流体的流体腔 5。电极 2 可以是涂敷在管 7 的内壁上的
传导性涂层。

在该实施方案中，这两种流体由两种不可混溶的液体组成，即电
绝缘的第一液体 A，如硅油或链烷，本文中进一步称作“油”，以及传
导性的第二液体 B，如盐水溶液。优选将这两种液体设置为具有相等的
25 密度，从而使透镜的功能不取决于方向，即不取决于两种液体之间的
重力影响。这可以通过适当选择第一液体的组分来实现；例如可以通
过增加分子组分改变链烷或硅油，以增大其密度从而与盐溶液的密度
相匹配。

根据对所用油的选择，油的折射率可以在 1.25 和 1.60 之间变化。
30 同样，根据所添加的盐的量，盐溶液的折射率可以在 1.33 和 1.48 之
间变化。在本实施方案中，对这两种流体进行选择，使第一流体 A 的
折射率大于第二流体 B。

第一电极 2 是内径一般在 1mm 和 20mm 之间的圆柱体。电极 2 由金属材料形成，并涂有例如聚对二甲苯的绝缘层 8。绝缘层的厚度在 50nm 和 100 μm 之间，通常的值在 1 μm 和 10 μm 之间。

绝缘层 8 涂有流体接触层 10，其减少了弯月面与流体腔圆柱壁的接触角的滞后。流体接触层优选由无定形的碳氟化合物形成，如 DuPont™ 生产的 Teflon™ AF1600。该流体接触层 10 的厚度为 5nm 和 50 μm 之间。AF1600 涂层可通过电极 2 的反复浸渍涂敷来产生。因为该电极的圆柱面基本上平行于圆柱电极，所以由此形成了厚度基本上均匀的均质材料层。通过浸渍电极，同时使其沿轴向移入和移出浸渍溶液来进行浸渍涂敷。可以通过化学汽相沉积来涂敷聚对二甲苯涂层。当第一和第二电极之间没有施加电压时，流体接触层 10 对于第二流体的可湿性在弯月面 14 与该流体接触层的相交处两侧基本上相等。

环形的第二电极 12 设置在流体腔的一端，在这种情况下，该电极邻近后部元件 6。第二电极的至少一部分设置在流体腔中，从而使该电极对第二流体 B 起作用。

两种流体 A 和 B 是不可混溶的，从而容易由位于二者中间的弯月面 14 而分成两种流体主体。当第一和第二电极 2 和 12 之间没有施加电压时，流体接触层相对于第一流体 A 的可湿性比相对于第二流体 B 的可湿性更高。由于电润湿，在第一和第二电极之间施加电压的情况下，对于第二流体 B 的可湿性发生变化，这容易改变弯月面在三相线处的接触角。三相线是流体接触层 10 与两种液体 A 和 B 之间相接触的线。因此，弯月面的形状可根据外加电压而变化。当从具有较高折射率的流体方向看时，如果弯月面是凹的，那么第一流体和第二流体之间的弯月面称为凹面。如果把这种流体看作透镜，那么如果根据前面句子中的定义该弯月面是凹面，则该透镜通常称作凹透镜。

现在参考图 1，当在电极之间施加例如 0V 和 20V 之间的低电压 V_1 时，弯月面采用第一凹弯月面形状。在这种构形中，流体 B 中测得的弯月面和流体接触层 10 之间的初始接触角 θ_1 例如约为 140°。由于第一流体 A 的折射率高于第二流体 B，因此在这种构形中由弯月面形成的透镜（这里称为弯月透镜）具有较高的负光焦度。穿过透镜 1 的准直光束 b 强烈发散。

为了减少弯月面形状的凹度，在第一和第二电极之间施加较高的

电压。现在参考图 2, 当根据绝缘层 8 的厚度而在电极之间施加例如 20V 和 150V 之间的中间电压 V_2 时, 弯月面采用第二凹弯月面形状, 该弯月面形状与图 1 中的弯月面相比曲率半径增大。在这种构形中, 第一流体 A 和流体接触层 10 之间的中间接触角 θ_2 例如约为 100° 。由于第一流体 A 的折射率高于第二流体 B, 因此这种构形中的弯月透镜具有较低

5 的负光焦度。准直光束 b 轻微发散。

为了产生凸弯月面形状, 在第一和第二电极之间施加更高的电压。现在参考图 3, 当在电极之间施加例如 150V 至 200V 的较高电压 V_3 时, 弯月面采用凸面形状。在这种构形中, 第一流体 A 和接触层 10 之间的最大接触角 θ_3 例如约为 60° 。由于第一流体 A 的折射率高于第二流体 B, 因此在这种构形中的弯月透镜具有正光焦度。该透镜将准直光束 b 变为会聚光束。

10

注意, 尽管可以利用较高的光焦度来实现图 3 的构形, 但是在实际的实施方案中, 优选的是, 使包括如上所述的透镜的设备适合于仅仅使用所述范围内的低和中间电压。也就是说, 对施加的电压进行限制, 使绝缘层的电场强度小于 $20\text{V}/\mu\text{m}$, 过高的电压导致流体接触层充电, 并因此导致流体接触层破裂, 因此不使用这样的过高电压。

15

而且还要注意, 初始的低电压配置根据流体(液体)A 和 B 的选择, 根据它们的表面张力而变化。通过选择具有较大表面张力的油和/或

20 通过向盐溶液中添加如乙二醇的成分而减少其表面张力, 可以减小初始的接触角。在这种情况下, 透镜可以采用与图 2 所示相对应的低光焦度配置, 以及与图 3 所示相对应的中间光焦度配置。无论如何, 保持较低的光焦度配置, 使弯月面是凹面, 并且不利用过高的电压就可以产生较宽范围的透镜光焦度。

25 尽管在上面的实施例中流体 A 的折射率高于流体 B, 但是流体 A 的折射率也可以低于流体 B。例如, 流体 A 可以是折射率低于水的(全)氟化油(perfluorinated oil)。在这种情况下, 优选不使用无定形的含氟聚合物层, 因为这种含氟聚合物层可溶于氟化油中。可替换的流体接触层例如是石蜡涂层。

30 本发明提供了一种新型变焦透镜, 其中利用图 1-3 中所示类型的透镜元件代替了常规变焦透镜的可动透镜元件。制成的这种新型变焦透镜在变焦动作和聚焦动作方面与常规变焦透镜相比基本上更加紧凑

且消耗基本上更少的电力。这些性能使得这种新型变焦透镜非常适合于装入到用于小型和/或手提式和/或电池供电的装置的小型照相机中，所述装置例如移动电话、个人数字助理（PDA）、个人计算机照相机、内部通信系统和电子游戏中。

5 图 4 示出新型变焦透镜的可控透镜部分的可能结构的横截面，该部分包括呈电润湿器件形式的两个可变焦点透镜元件 24、26。该器件包括传导性材料形成的圆柱体 22。该圆柱体涂有绝缘层 28。圆柱体的内侧面具有流体接触层 30。该传导性圆柱体 22 构成了透镜元件 24 和 26 的公共第一电极。第一透镜元件 24 的第二电极由具有用于透射辐射的中心透明区域的环形传导性层 32 构成。位于下侧的传导性层 34 形成了第二透镜元件 26 的第二电极。透明层 36 和 38 分别可以覆盖传导性层 32 和 34。圆柱体的中心部分充满透明且非传导性的第一液体或蒸汽 A。在液体 A 的每一侧存在透明且传导性的第二液体 B，液体 B 的折射率低于第一液体 A。不可混溶的这两种流体在上侧由第一弯月面 40 分开，该第一弯月面形成第一可变焦点的透镜元件。液体 A 和 B 在下侧由第二弯月面 42 分开，该第二弯月面形成第二可变焦点的透镜元件。

15 弯月面的曲率以及因此透镜元件 24 和 26 的焦距可分别借助于可控的电压源 44 和 46 而彼此独立地改变。通过改变源 44 的电压 V_1 而改变第一透镜元件 24 的弯月面曲率来执行变焦，即改变变焦透镜的焦距。通过改变源 46 的电压 V_2 而改变第二透镜元件 26 的弯月面曲率来执行聚焦，即对于不同的变焦配置都保持清晰的图像。移向目标意味着变焦透镜系统的焦距增大，移离目标意味着焦距缩小。

20 图 5 示出与图 4 的实施方案类似的电润湿器件的实施方案对于摄远配置的弯月面曲率以及光线的光路，但是液体 A 和 B 互换。在摄远配置中，将景物的小物体成像在胶片或电子传感器上，例如 CCD 或 CMOS 传感器。在变焦透镜的这种配置中，第一弯月面 40 具有半径较小的凸曲率，因此透镜元件 24 作为具有较大光焦度的正会聚透镜元件。第二弯月面 42 具有凹曲率，因此第二透镜元件 26 作为负发散透镜元件。在图 5 中用实线示出入射光束的边缘光线的光路。两个透镜元件的组合起到其第二主点位于透镜物侧之外和位于透镜物侧处的透镜的作用，如虚线 52 所示。这样，摄远配置的组合焦距 $f_{1,01}$ 较大。

30 图 6 示出对于变焦透镜的广角配置的弯月面曲率以及光线的光

路。在这种配置中，对景物的较大物体成像。在广角位置，第一弯月面 40 的凸曲率仍然具有凸曲率，但是其半径大于摄远配置中的曲率。现在第二弯月面 42 的曲率是凸曲率，因此透镜元件 26 是正会聚透镜。如虚线 54、56 所示，透镜元件 24 和 26 的组合的第二主点位于第二透镜元件 26 附近。这样，广角位置的焦距 f_{wide} 较小。

图 7 示出变焦透镜系统 60 的一个实施方案，该变焦透镜系统包括容纳在圆柱结构中的两个电润湿透镜元件，或单元 (cell) 62 和 66，该圆柱结构包括如上所述的传导性圆柱体、绝缘层、流体接触层和第二电极。图 7 仅仅示出圆柱体 70。该圆柱体在物侧由固态透镜元件 72 形式的前组封闭，在像侧由固态透镜元件 74 形式的后组封闭。前部元件 72 是高折射塑料制成的正双凸透镜元件，所述塑料如聚碳酸酯 (PC) 或环烯烃聚合物 (COC)，并且该前部元件提供所需的初始聚焦特性。该透镜元件可以具有至少一个非球面以校正变焦透镜的球面像差。透镜元件 72 后面有一个具有液体 B/液体 A/液体 B 界面的第一电润湿单元 62。该单元可由透明塑料制成的平板 78 密封，塑料如 PC 或 COC，平板 78 包括变焦透镜的视场光阑 80。该板 78 密封了液体 B/液体 A/液体 B 界面的第二电润湿单元 66 的前侧。第二电润湿单元由后透镜元件 74 密封。透镜元件 74 是高折射塑料制成的正双凸元件，塑料如 PC 或 COC。该透镜元件可用作平像场镜，其至少一个折射面可以是非球面。电润湿单元的液体 A 可以是折射率为 1.536 的 (全) 氟化油，液体 B 可以是折射率为 1.336 的盐水溶液。COC 的折射率是 1.536。

每个电润湿单元都分别包含两个液体界面或弯月面 63、64 和 67、68，该电润湿单元允许改变电润湿透镜元件的两个折射面。变焦或聚焦所需的透镜光焦度变化可分布在这两个折射面上，因此需要每个表面较小的变化。这意味着可利用比只具有一个液体界面的电润湿透镜元件所需的更低的电压来实现所需的光焦度变化。变焦透镜的这两个电润湿单元 62 和 64 还可以由图 4 的电润湿透镜 24 和 26 来代替。

图 8 和 9 示出与图 7 中所示相类似的变焦透镜的实施方案的光线踪迹曲线图，但是该实施方案具有凹凸前透镜元件 72' 和平凸后透镜元件 74'。图 8 示出了广角配置，图 9 示出了摄远配置。从图 8 和 9 可直接看到，为了变焦界面 63 和 64 发生变化，为了聚焦界面 66 和 68 发生变化。

图 8 和 9 的变焦透镜的一个实际的实施方案显示出下面的特性：

	摄远	广角
焦距	7.11mm	3.35mm
F/数	3.4	2.6
视角对角线	28°	56°

这种变焦透镜适合于与具有 640×480 像素、像素尺寸为 $4.2\mu\text{m}$ 的
5 VGAS 型 CMOS 传感器 48 协同工作。

包括电润湿单元而不是固态透镜元件的变焦透镜具有高的变焦
(和聚焦)速度,其直接由电激励,具有小尺寸,并能够以低成本成
批制造。这些性能使电润湿变焦透镜非常适合于用在装入到几种类
型装置中的小型照相机中,所述装置特别是手提式和电池供电装置。

10 装入到诸如移动电话的手提式装置中的小型照相机的变焦透镜,
应该具有尽可能小的内置高度。因为这种照相机的前透镜元件通常装
在该装置的前表面(用户看到的表面),所以迄今为止讨论的变焦透
镜的内置高度都由变焦透镜的轴向长度来确定。这意味着主要由变焦
透镜长度确定的该照相机的内置高度应该适合该装置的深度,该深度
15 优选尽可能地小。

根据本发明的另一方面,可通过在变焦透镜中包括折叠式反射镜
而显著减小变焦透镜的内置高度。图 10 示出了包括这样一种反射镜 92
的变焦透镜 90,该反射镜形成了第一电润湿单元 62 的壁的一部分。图
10 的变焦透镜包括与图 7 的变焦透镜相同的元件,这些元件用相同的
20 附图标记来表示。来自目标景物的光束 b 垂直入射到前透镜元件 72
上。在光束穿过第一电润湿单元 62 的界面 63 和 64 之后,如果该反射
镜相对于光束 b 的主光线成 45° 角放置,那么光束由反射镜 92 沿水平
方向反射。沿水平方向放置的该变焦透镜的其他元件是:具有光阑 80
的透明板 78、第二电润湿单元 66、后透镜元件 74 和传感器 48。该水
25 平方向平行于装置的前表面,在该表面中应该嵌入照相机,即变焦透
镜和传感器 48。按照这种方式,照相机的内置高度 h_c 减小为反射镜的
高度与从第二界面 64 到前透镜元件 72 的外表面的光路的几何长度之
和。

5 优选将反射镜设置在接近前透镜元件 72 的第一位置, 在该位置, 为该反射镜留有足够的可用空间。在图 7 的设计中, 第一界面 63 接近前透镜, 该位置直接位于第二界面后面。在变焦透镜的另一个设计中, 折叠式反射镜可以设置在另一个位置, 前提是该位置尽可能靠近前透

10 镜。
在变焦透镜的后侧包括第二折叠式反射镜, 从而允许进一步减小该照相机的总尺寸。图 11 示出包括这样一种反射镜 94 的变焦透镜 100。该反射镜将穿过电润湿单元 66 的光束 b 沿垂直方向反射, 因此可将后透镜元件 74 和传感器 48 设置在该方向上。按照这种方式, 减

15 小了照相机在水平方向上的尺寸, 而不会增大其内置高度。
如图 12 所示, 可将折叠式反射镜与后透镜元件结合成反射镜透镜元件 96。该反射镜透镜元件具有相对于光束 b 的主光线成例如 45° 角设置的反射平面底面 97, 和形成透镜元件的折射面的两个曲面 98 和 99。按照这种方式, 可减少变焦透镜的元件数量以及因此降低其制造

20 成本。元件 95 的至少一个曲面可以是非球面, 如图 7、10 和 11 中的后透镜元件 74 的情况。
图 13 和 14 示出与图 12 的实施方案相类似的变焦透镜的实施方案的光线踪迹曲线图, 但是该实施方案用具有凹凸前透镜元件 72' 和凸凹后透镜元件 96' 来代替双凸透镜元件。图 13 示出了广角配置, 图 14 示

25 出了摄远配置。从这两幅图可直接看到, 为了变焦, 界面 63 和 64 发生变化; 而为了聚焦, 界面 67 和 68 发生变化。
图 7-14 中所示的变焦透镜的实施方案具有卓越的性能, 在这些实施方案中, 电润湿器件具有两个电润湿单元, 每个电润湿单元都包括两个第一液体-第二液体界面。根据进一步的创造性, 界面的数量或弯月面的数量可以从四个减为两个, 同时保持高级性能。弯月面数量的这种减少意味着在结构和对弯月面曲率的控制方面相当大地简化了该电润湿器件。根据改进的设计方案的电润湿器件包括两个电润湿单

30 元, 每个单元都具有一个弯月面。对于该改进的设计方案不可缺少的是该电润湿单元设置在透镜光阑的不同侧。透镜系统的光阑是这样一种光圈, 其限制成像光束的直径, 并防止将杂散辐射或来自不需要的反射的辐射引入成像光束, 同时防止降低图像的对比度。这样一种光圈确保了对于所有成像光束部分来说光束直径都相等, 因此照明强度

和分辨率在像场中恒定。将透镜光阑放置在电润湿单元之间的作用是对称地使用两个界面，即由成像光束覆盖的第一和第二界面的中心表面区域具有近似相等的尺寸。那么在该单元中就不再需要第二界面。

图 15 和 16 示出高性能变焦透镜的第一实施方案 110 在广角配置和摄远配置时的光线踪迹曲线图，所述变焦透镜只有两个界面。该透镜包括固定的前透镜，该前透镜从物侧（左侧）到像侧（右侧）包括：固定的前透镜元件 112、第一电润湿单元 120、第二电润湿单元和固定的后透镜元件 114。第一电润湿单元 120 包括由前板 126 和后壁 128 密封的腔 132，以用于容纳液体 A 和 B，所述液体具有弯月面 124 形式的界面。第二电润湿单元 130 包括由后板 136 和前壁 138 密封的腔 132，以用于容纳液体 A 和 B，所述液体具有弯月面 134 形式的界面。变焦透镜的光阑 116 位于单元 120、130 之间。在变焦透镜的广角配置时，弯月面 124 是凹面，从而第一单元 120 形成了凹透镜元件，而弯月面 134 是凸面，从而第二单元 130 形成了凸透镜元件。在摄远配置时，弯月面 124 是凸面，从而第一单元 120 形成了凸透镜元件，而弯月面 134 是凹面，从而第二单元 130 形成了凹透镜元件。

图 15 和 16 的变焦透镜的实际实施方案显示出下面的特性：

	摄远	广角
焦距	7.03mm	3.61mm
F 数	3.4	2.6
视角对角线	28°	56°

图 17 和 18 分别示出高性能变焦透镜的第二实施方案 140 在广角配置和摄远配置时的光线踪迹曲线图，所述变焦透镜只有两个弯月面。现在第一电润湿单元 150 设置在变焦透镜的前侧，第二电润湿单元设置在后端。第一和第二透镜元件 142 和 144 置于单元 150 和 160 之间。现在透镜光阑 146 位于透镜元件 142 和 144 之间。第一电润湿单元 150 包括由前板 156 和后板 158 密封的腔 152，以用于容纳两种液体 A 和 B，所述液体具有弯月面 154 形式的界面。第二电润湿单元 160 包括由前板 168 和后板 166 密封的腔 162，以用于容纳液体 A 和 B，所述液体具有弯月面 164 形式的界面。如从图 17 和 18 直接清晰可见，

通过如上所述向单元的电极提供适当的电压而将弯月面 154 和 164 的曲率反转并改变曲率半径，以再次执行从广角配置向摄远配置的转变。

图 17 和 18 的变焦透镜的实际实施方案显示出下面的特性：

5

	摄远	广角
焦距	8.98mm	4.79mm
F/数	3.5	2.8
视角对角线	28°	56°

如果需要，图 15、16 的变焦透镜和图 17、18 的变焦透镜还可以配有一个或两个折叠式反射镜以缩短这些透镜的内置高度。第一折叠式反射镜将设置在图 15、16 的实施方案中的前部元件 112 和第一单元 120 之间，和图 17、18 的实施方案中的第一单元 150 和第一固定透镜元件 142 之间。第二折叠式反射镜将设置在图 15、16 的实施方案中的第二单元 130 和后透镜元件 114 之间，和图 17、18 的实施方案中的第二固定透镜元件 144 和第二单元 160 之间。

对于需要对透镜进行更精确调整的变焦透镜的一些用途中，变焦透镜中可以包括由电动机或其他装置控制的可动透镜组（一个或多个透镜元件）。那么电润湿器件仍然提供与上述变焦透镜中相同的优点。

图 19 示出其中可使用本发明变焦透镜的手提式装置的一个实施例。在图 19 中该装置是以正视图示出的移动电话 170。该移动电话具有将用户的语音作为数据输入的麦克风 172，输出通信对方的语音的扬声器 174，以及发送和接收通信波的天线 176。该移动电话进一步包括输入拨号盘 178 和显示器 180，用户通过输入拨号盘 178 输入数据，如要拨打的电话号码，显示器例如是液晶显示面板。该面板可用于显示通信对方或用户的照片，或者显示数据和图形。移动电话中包括数据处理单元（未示出），以用于处理输入的数据和接收到的数据。

电话 170 具有小型照相机 182，该小型照相机包括如上所述的变焦透镜，以用于拍摄景物、图像或者传送给对方或用户的数据。在这种照相机中，仅仅变焦透镜的第一透镜元件的入射面 184 是可见的。该元件分别可以是如图 4 示出的前透镜元件 24、图 7，8，10，11，12，

13 中示出的前透镜元件 72、图 15 中示出的前透镜元件 112，或者图 17 中示出的第一电润湿单元 150。照相机的其他元件，即两个电润湿单元和后透镜，或者图 17 的实施方案中的两个固定透镜元件和第二电润湿单元以及传感器可以沿着垂直于电话前表面的线设置，即沿着与图 19 的图面相垂直的方向设置，前提是手机在该方向上的尺寸足够大。优选的是，变焦透镜包括至少一个折叠式反射镜。这样，至少两个电润湿单元或者图 17 的实施方案中的至少两个固定透镜元件沿着平行于手机前表面的线设置，因此可以相对薄一些。

10 实施本发明的另一种手提式装置是配有小型照相机的个人数字助理 (PDA)。具有上述变焦透镜的这种照相机可以按照与为移动电话所述相同的方式设置在 PDA 中。

15 图 20 示出作为实施本发明的便携式装置的一个实施例的膝上型计算机 (笔记本电脑)。该膝上型计算机 190 包括基本部分 192，键盘 195 和处理器单元装入到该基本部分中。覆盖部分 196 能够相对于基本部分转动，其包括显示器 198 和小型照相机 200。这种照相机具有上述变焦透镜，可以按照与为移动电话所述相同的方式设置在膝上型计算机中。

20 本发明不仅可以用在如移动电话、个人数字助理、便携计算机和电子玩具的手提式装置的照相机中，或者用在便携装置的照相机中，而且还可以用在其他类型的内置照相机中。本发明还可以用在非内置照相机中，如台式计算机的照相机、内部通信系统的照相机以及袖珍和其他尺寸照相机，例如数字摄像机中。照相机可以是静止图像 (照片) 照相机或者摄像机。对于本发明来说，照相机使用胶片还是电子传感器，例如 CCD 传感器或 CMOS 传感器是无关紧要的。

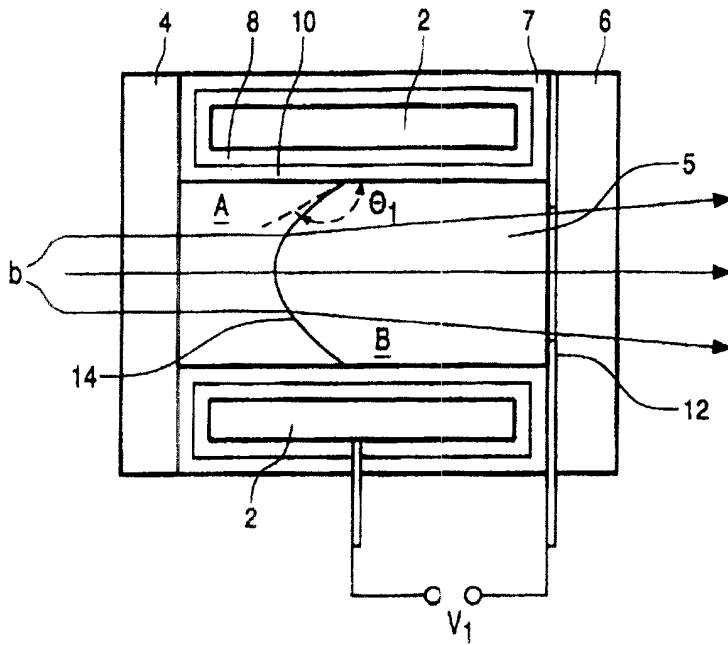


图 1

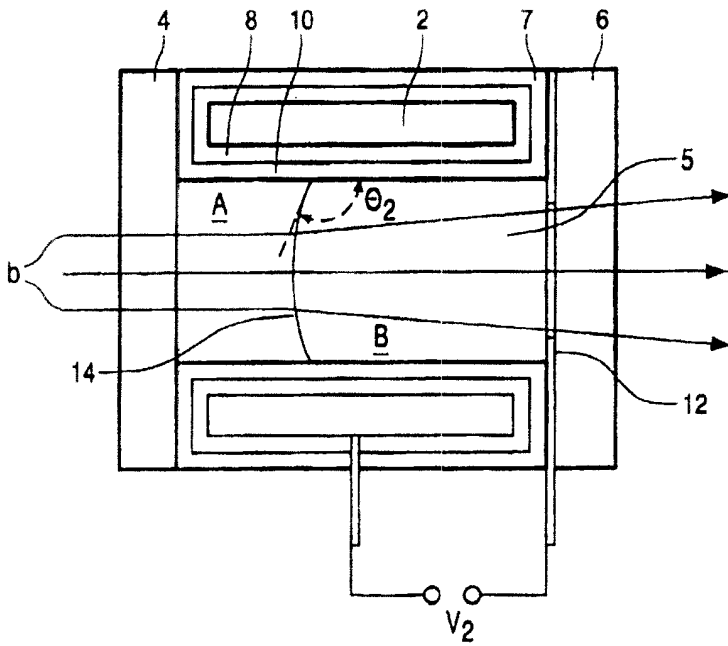


图 2

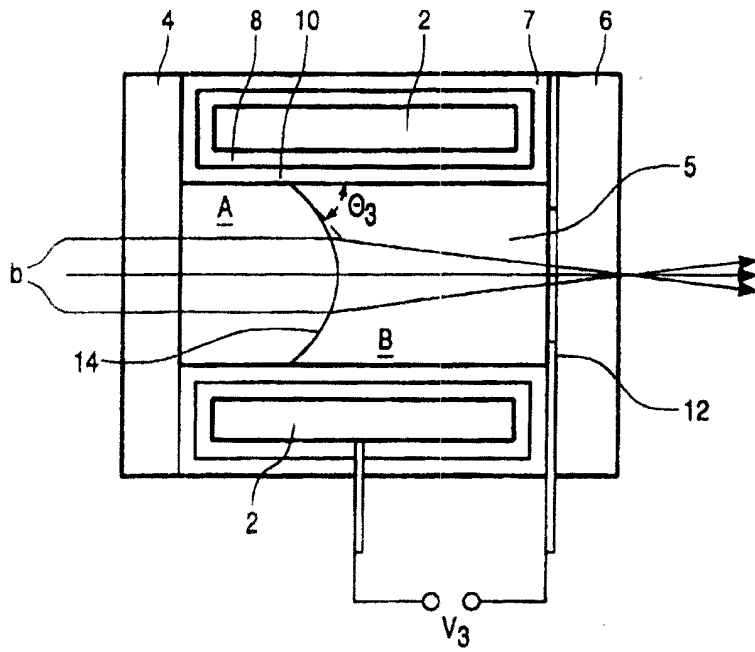


图 3

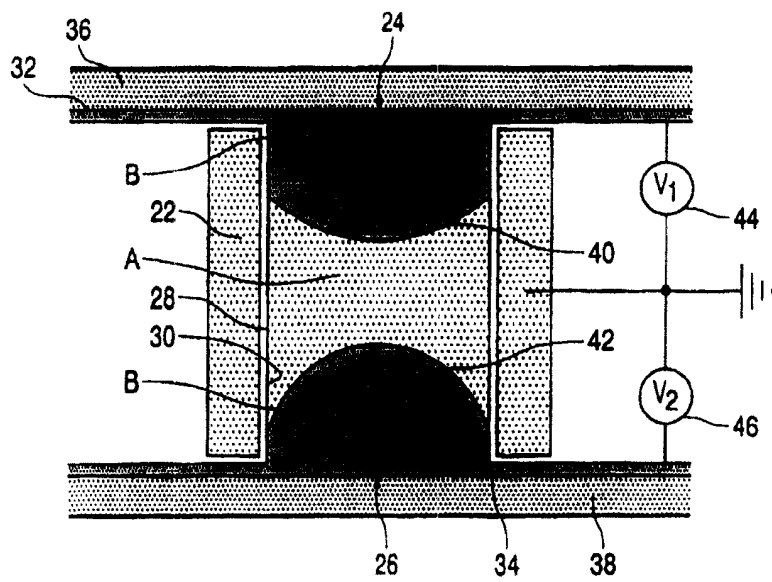


图 4

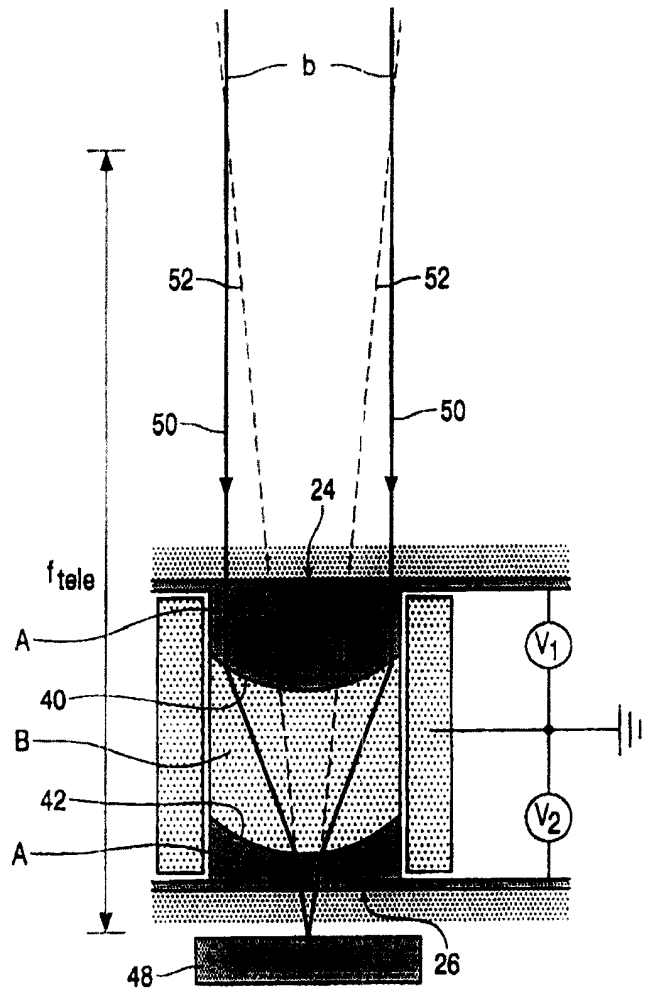


图 5

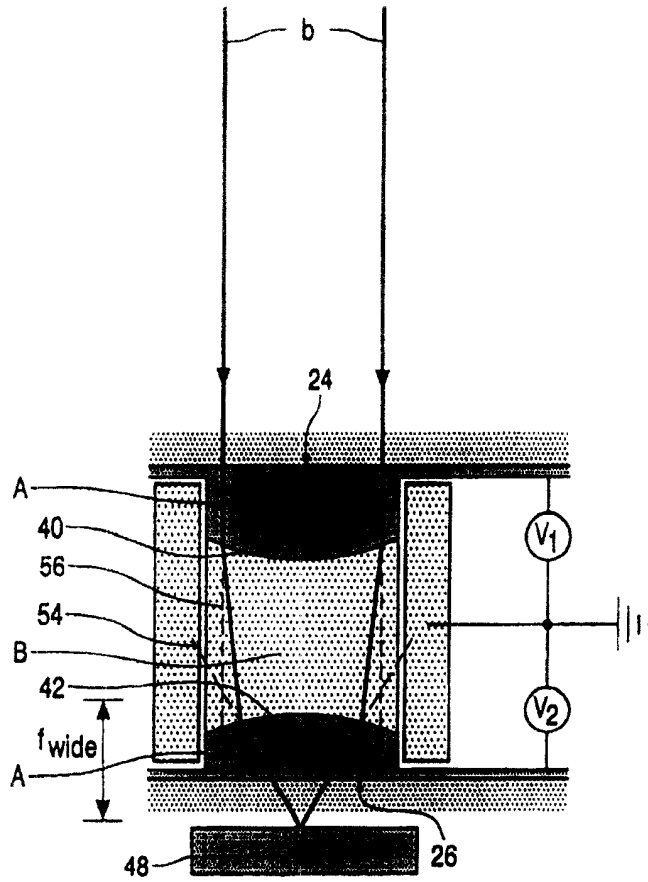


图 6

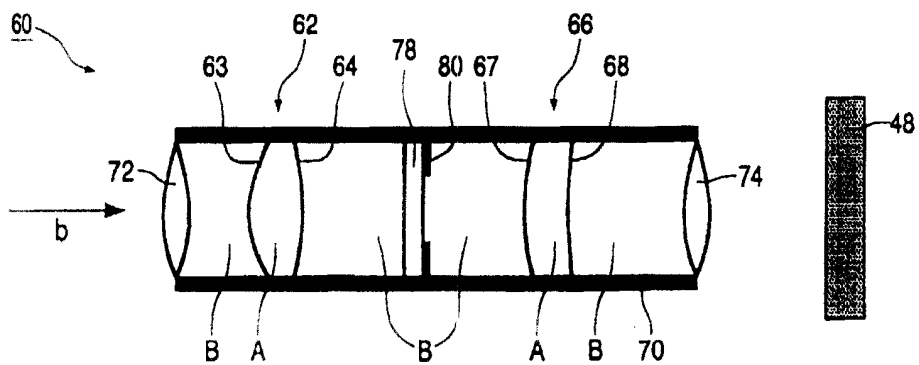


图 7

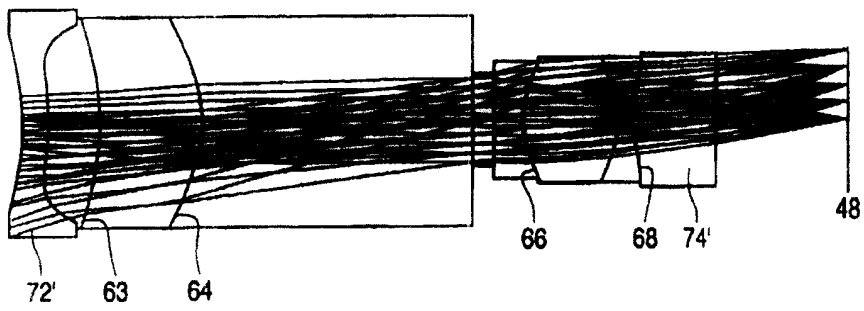


图 8

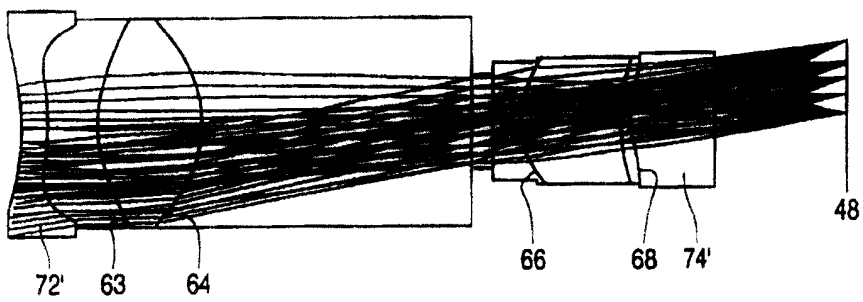


图 9

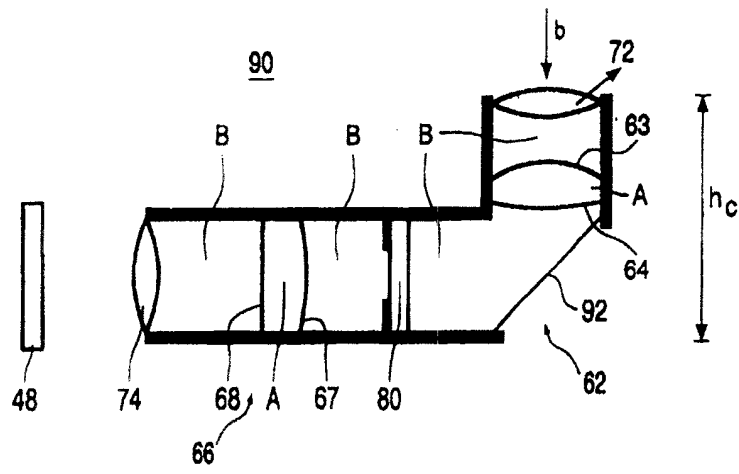


图 10

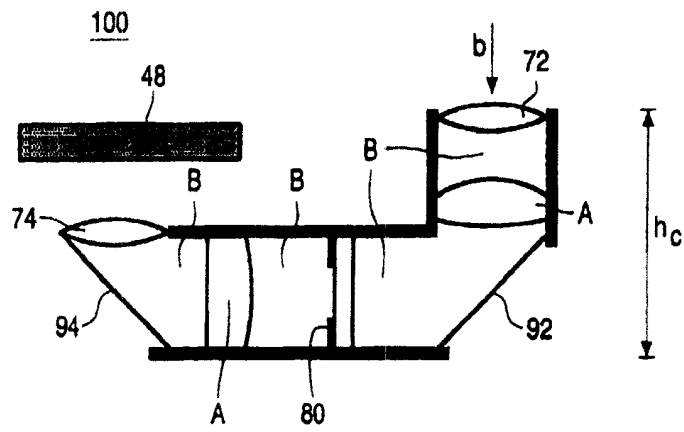


图 11

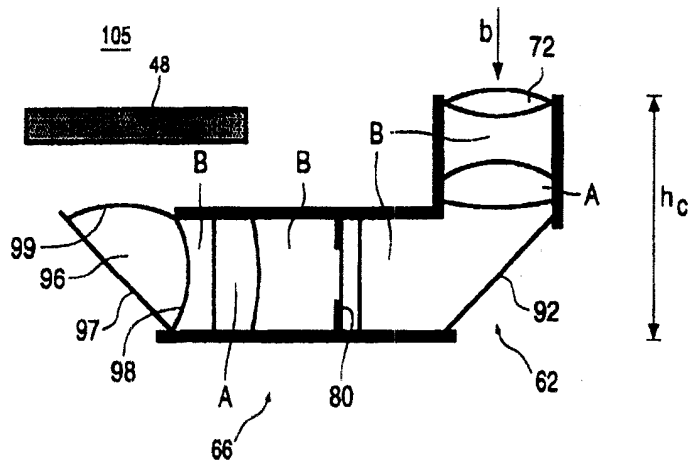


图 12

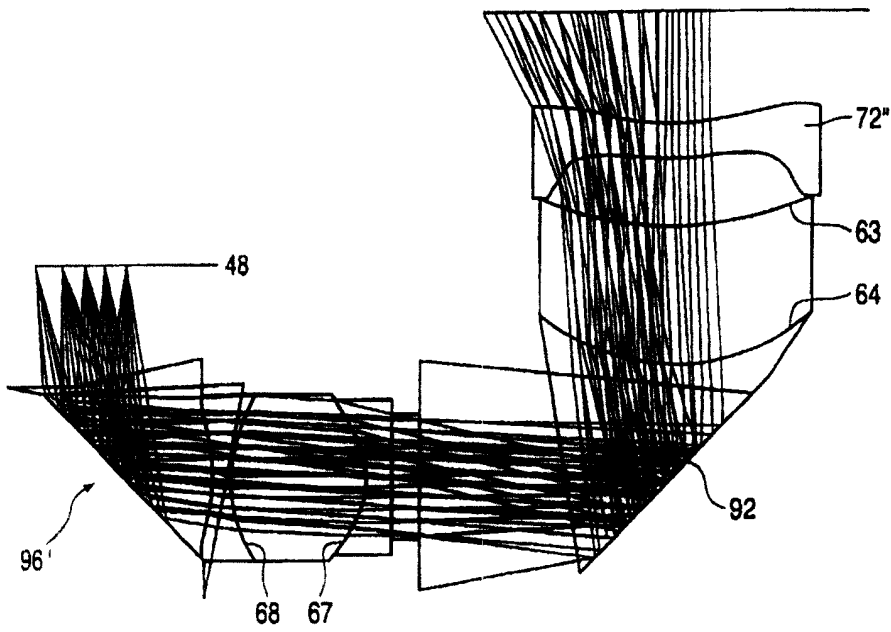


图 13

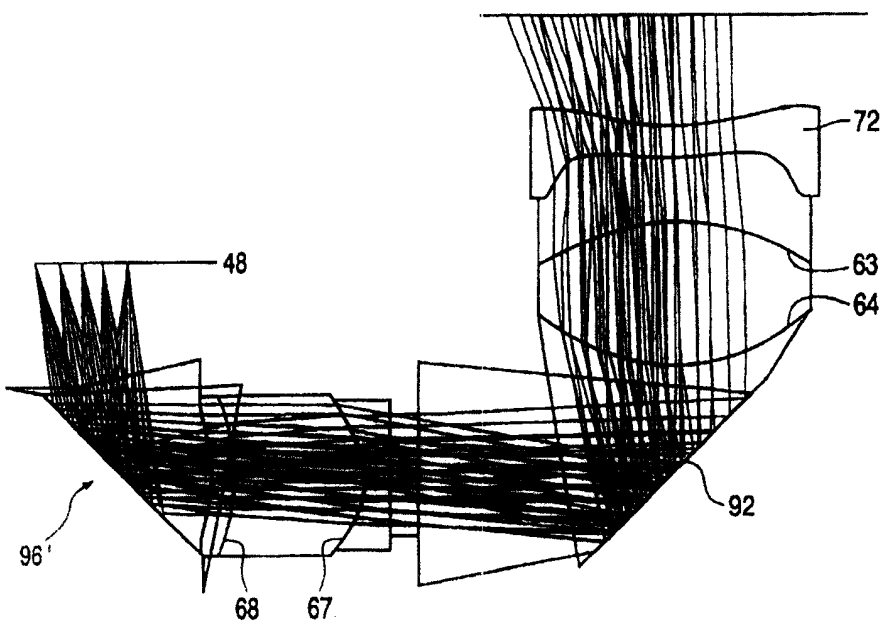


图 14

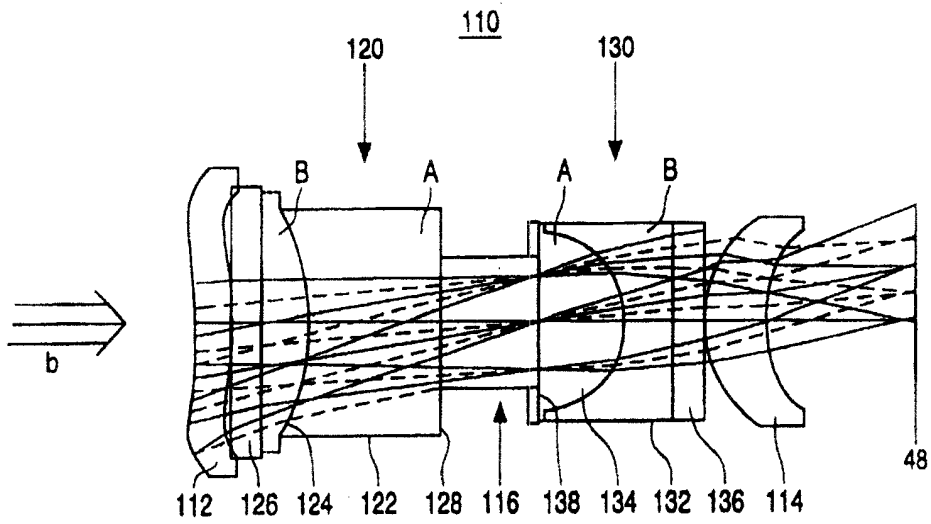


图 15

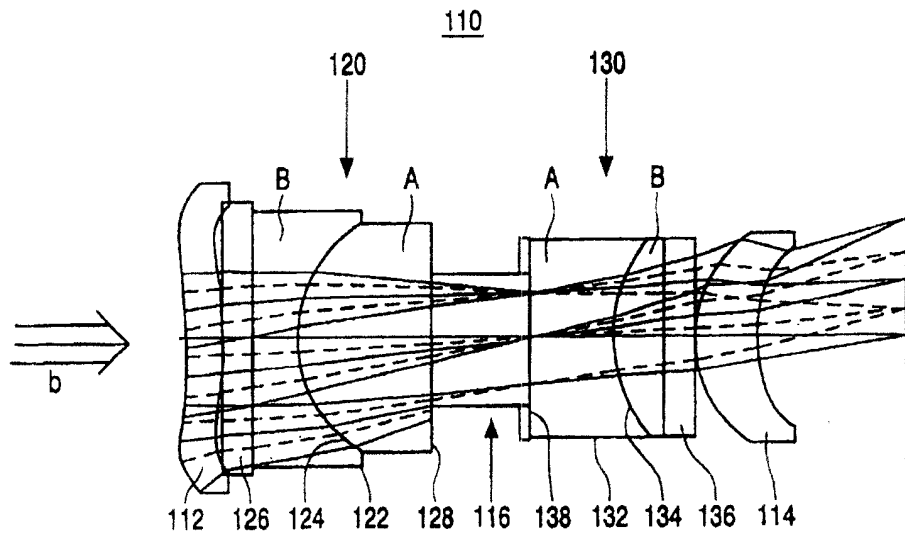


图 16

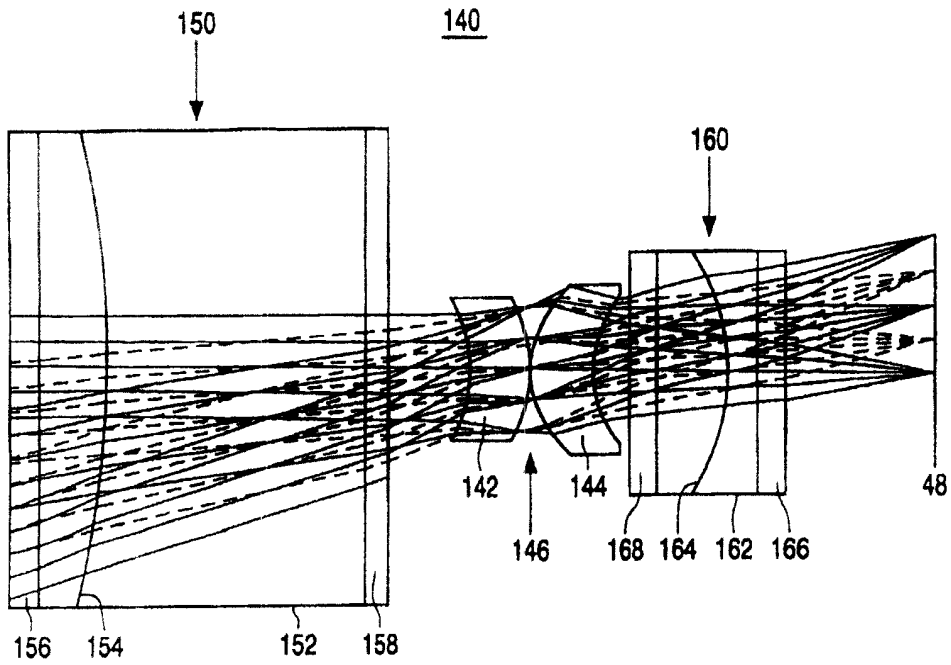


图 17

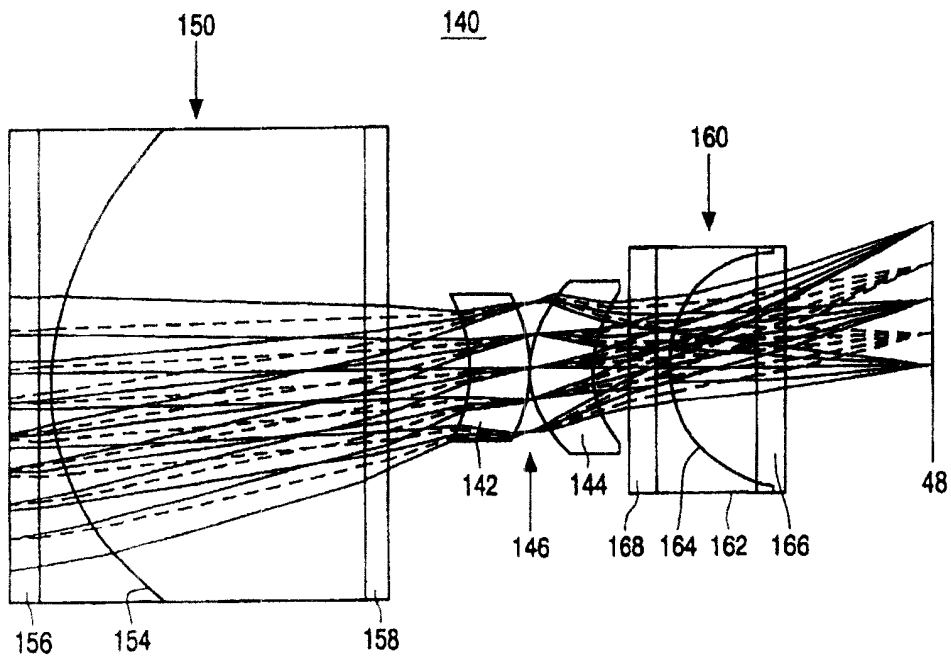


图 18

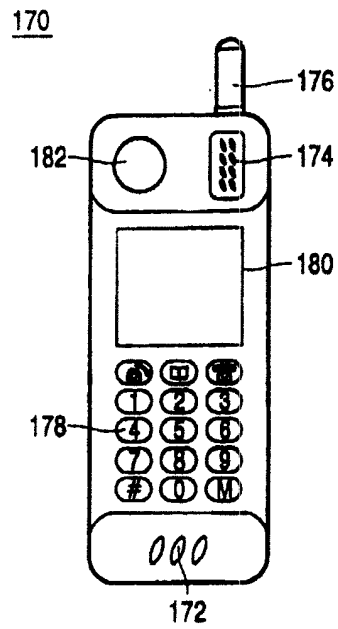


图 19

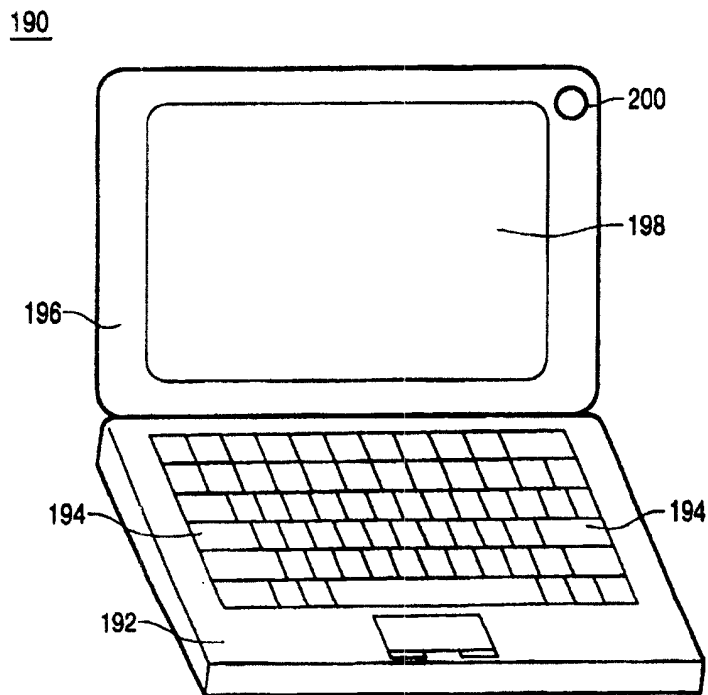


图 20