

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 3/14 (2006.01)

G02F 1/01 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 03803856.0

[43] 公开日 2007 年 7 月 18 日

[11] 公开号 CN 101002115A

[22] 申请日 2003.1.24 [21] 申请号 03803856.0

[30] 优先权

[32] 2002. 2. 14 [33] EP [31] 02075649.0

[86] 国际申请 PCT/IB2003/000222 2003.1.24

[87] 国际公布 WO2003/069380 英 2003.8.21

[85] 进入国家阶段日期 2004.8.13

[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·J·菲斯特拉 S·库伊佩

S·斯塔林加

B·H·W·亨德里克斯

R·M·斯诺尔伦

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 王 岳 叶恺东

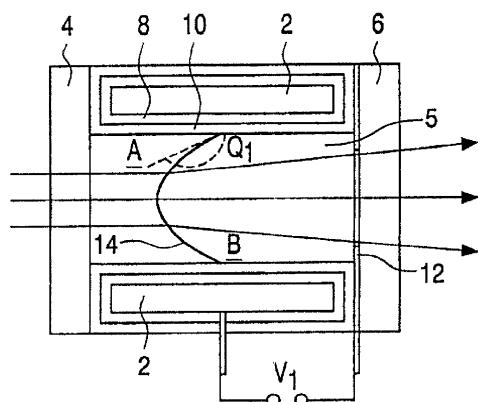
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称

可变焦透镜

[57] 摘要

一种可变焦透镜包括在弯月面上接触的第一流体(A)和第二、不可混合的流体(B)。第一电极(2)通过流体接触层(10)与流体主体分离，而第二电极(12)与第一流体接触以导致电湿效应，从而改变弯月面的形状。流体接触层具有基本上圆筒形的内壁。



---

1. 一种可变焦透镜，包括

基本上圆筒形的流体容器，其具有圆筒壁和轴，该流体容器包括第一流体（A）和轴向移位的第二流体（B），所述流体是不可混合的，在弯月面（14）上接触，并且具有不同的折射率，

流体接触层（10），其被安排在所述圆筒壁的内部，

第一电极（2），其通过流体接触层与第一流体和第二流体分离，

第二电极（12），其对第二流体起作用，

流体接触层具有对第二流体的可湿性，该可湿性在将电压施加于第一电极和第二电极之间的情况下变化，从而使弯月面的形状依赖于所述电压而变化，

其中当没有电压被施加于第一和第二电极之间时，对第二流体的流体接触层的可湿性在弯月面与接触层相交的两侧上基本上相等。

2. 权利要求 1 的透镜，其中流体接触层的内表面具有线性横截面，并且其中所述线性横截面在 10 度内平行于表面的基本上圆筒形形状的轴。

3. 权利要求 1 的透镜，其中第一流体包括绝缘液体而第二流体包括传导液体。

4. 权利要求 1 的透镜，其中第一流体包括蒸汽而第二流体包括传导液体。

5. 任何一个以上权利要求的透镜，其中透镜被安排成产生弯月面形状，其当从第二流体观察时是凹的，在增加被施加于第一和第二电极之间的电压的量级时，所述形状变得较不凹。

6. 任何一个以上权利要求的透镜，其中流体接触层是均匀厚度的基本上均匀的层。

7. 任何一个以上权利要求的透镜，其中所述第一电极基本上是圆筒形的。

8. 任何一个以上权利要求的透镜，其中所述第一流体具有比所述第二流体大的折射率，并且其中透镜是复合透镜，其包括提供正透镜焦度的至少一个固定透镜元件（104）；从而使当弯月面相对于第一流体为凸时该复合透镜具有正的透镜焦度。

9. 一种光学设备，其包括任何一个以上权利要求的透镜，该设备包括

限定聚焦平面（120）的装置，其中透镜被安排成使当由平行光线组成的辐射被输入并且非零电压被施加于第一和第二电极之间时，该辐射被聚焦于聚焦平面上。

10. 一种图像捕获设备，其包括任何一个以上权利要求的透镜。
11. 一种用于扫描光学记录载体的光学扫描设备，其包括权利要求 1 到 10 的任何一个的透镜。
12. 权利要求 12 的光学扫描设备，其中所述透镜被安排成校正在扫描正被扫描的光学记录载体中的不同信息层深度期间产生的球面象差。
13. 一种操作可变焦透镜的方法，该透镜包括：基本上圆筒形的流体容器，其具有圆筒壁，该流体容器包括第一流体（A）和轴向移位的第二流体（B），所述流体是不可混合的，在弯月面（14）上接触，并且具有不同的折射率，

流体接触层（10），其被安排在所述圆筒壁的内部，

第一电极（2），其通过流体接触层与第一流体和第二流体分离，

第二电极（12），其对第二流体起作用，

当没有电压被施加于第一和第二电极之间时，对第二流体的流体接触层的可湿性在弯月面与接触层相交的两侧上基本上相等，

对第二流体的流体接触层的可湿性在将电压施加于第一电极和第二电极之间的情况下变化，

所述方法包括控制所述电压以改变弯月面的形状。

14. 权利要求 13 的方法，其中所述方法包括改变所述电压以产生弯月面形状，其当从第二流体观察时是凹的。

15. 权利要求 13 或 14 的方法，其中所述方法进一步包括改变所述电压以产生弯月面形状，其当从第二流体观察时是凸的。

16. 权利要求 15 的方法，其中所述弯月面具有 100 和 140 度之间的与流体接触层的接触角。

## 可变焦透镜

### 技术领域

本发明涉及一种可变焦透镜，其包括在弯月面上接触的第一流体和第二流体；并涉及一种操作这种可变焦透镜的方法。所述弯月面的形状可通过电压来控制。

### 背景技术

流体是这样一种物质，其响应于任何力而改变其形状，趋向于流动或遵循其容器的轮廓，并且包括气体、液体和能流动的固体和液体的混合物。

如果如从第二流体来看弯月面是空的，则第一流体和第二流体之间的弯月面被称为凹面。如果第一流体被当作透镜，则根据先前句子中的定义，如果弯月面是凹面，该透镜一般将被称为凹面。

具有这种安排的可变焦透镜被描述于国际专利申请 WO 99/18456 中。在该安排中，透镜包括容器，其被填充有传导性第一液体，绝缘、不易混合的第二液体的小滴，其通过被施加于容器壁的流体接触层而保持在该壁的表面区中。流体接触层定位小滴，这是因为流体接触层的一部分是疏水的，而相邻部分是亲水的。将电压施加给容器中的电极导致小滴的折射上表面或弯月面变凸。在一个实施例中，流体接触层的疏水和亲水部分沿圆筒形表面而被安排，小滴的侧面沿所述圆筒形表面而在轴向上被定位，并且由此当没有电压被施加时由亲水部分来定中心，而当电压被施加时由一系列电极沿圆筒的侧面来定中心。这样的透镜制造起来是复杂的，并且特别是在圆筒形配置中，需要相对高的电压以改变小滴的透镜特性，当被用于一个时间段内时，这可导致透镜的过早降级。

具有这种安排的另外的可变焦透镜被描述于国际专利申请 WO 00/58763 中。用于对绝缘液体小滴定中心的所提出的装置是有承口的凹口，其由可调透镜中的绝缘层形成。凹口的侧面被安排成保持小滴被定中心于该凹口内并且提供小滴上的凸折射表面。凹口被成形以使这样的透镜的制造仍是相对复杂的，并且由于凹口的底座由与凹口的侧面相同的材料形成，如果透镜应是操作性的，则这样的材料必须被选择成透明

的。

## 发明内容

依照本发明，提供了一种可变焦透镜，包括

基本上圆筒形的流体容器，其具有圆筒壁和轴，该流体容器包括第一流体（A）和轴向移位的第二流体（B），所述流体是不可混合的，在弯月面上接触，并且具有不同的折射率，

流体接触层，其被安排在所述圆筒壁的内部，

第一电极，其通过流体接触层与第一流体和第二流体分离，

第二电极，其对第二流体起作用，

流体接触层具有对第二流体的可湿性，该可湿性在将电压施加于第一电极和第二电极之间的情况下变化，从而使弯月面的形状依赖于所述电压而变化，

其中当没有电压被施加于第一和第二电极之间时，对第二流体的流体接触层的可湿性在弯月面与接触层相交的两侧上基本上相等。

相交的两侧上的流体接触层的相等可湿性允许弯月面的较大移动，并因此允许弯月面的曲率的较大变化。它允许凹的弯月面变凸或反之亦然。

在优选实施例中，透镜被安排成产生凹的弯月面形状，在增加被施加于第一和第二电极之间的电压的量级时，该形状变得较不凹。借助基本上圆筒形的流体接触层，第一流体弄湿流体接触表面的趋势可被用于产生凹的弯月面形状，此外，相对低的电压可被用于改变弯月面形状以改变透镜的焦度。因此，透镜焦度的所需范围可被产生而无需施加过量的电压。

通过使用流体接触层的基本上圆筒形的内表面并将透镜安排成产生凹的弯月面形状，透镜的透镜焦度的范围可被提高而无需施加过量的电压。在电压的足够高量级的情况下，弯月面的形状可变凸。过量电压的施加可导致对流体接触层的充电，已发现这可导致所述层的降级，从而导致透镜使用寿命的显著减小。

用于流体接触层的基本上圆筒形的内表面可无需复杂的处理技术而被产生。具体而言，这样的内表面形状可通过浸涂圆筒形电极而产生，这是相对可靠且不贵的过程。此外，流体接触层优选地具有均匀的厚度，

从而在透镜的整个可调范围内提供弯月面的可靠折射行为。同样，这样的均匀流体接触层可通过浸涂圆筒形电极元件而容易地产生。

本发明的第二方面涉及一种操作可变焦透镜的方法，该透镜包括：基本上圆筒形的流体容器，其具有圆筒壁，该流体容器包括第一流体(A)和轴向移位的第二流体(B)，所述流体是不可混合的，在弯月面上接触，并且具有不同的折射率；流体接触层，其被安排在所述圆筒壁的内部；第一电极，其通过流体接触层与第一流体和第二流体分离；第二电极，其对第二流体起作用，当没有电压被施加于第一和第二电极之间时，对第二流体的流体接触层的可湿性在弯月面与接触层相交的两侧上基本上相等，对第二流体的流体接触层的可湿性在将电压施加于第一电极和第二电极之间的情况下变化，所述方法包括控制所述电压以改变弯月面的形状。

#### 附图说明

从对本发明优选实施例的以下描述来看，本发明另外的特点和优点将变得显而易见，其中：

图1到3以示意性横截面示出依照本发明实施例的可调透镜；

图4以示意性横截面示出依照本发明实施例的图像捕获设备；并且

图5以示意性横截面示出依照本发明实施例的光学扫描设备。

#### 具体实施方式

图1到3示出包括形成毛细管的圆筒形第一电极2的可变焦透镜，所述毛细管借助透明的前元件4和透明的背面元件6来密封以形成包含两种流体的流体容器5。电极2可以是被施加于所述管的内壁上的传导涂层。

在该实施例中，所述两种流体由两种不可混合的液体组成，其处于以下形式：电绝缘的第一流体A，如硅油或烷烃(alkane)，在此被进一步称为“油”；以及电传导的第二流体B，如包含盐溶液的水。两种液体优选地被安排成具有相等的密度，从而使透镜独立于取向，即不依赖于两种液体之间的重力效应而起作用。这可通过适当地选择第一流体成分来实现；例如可通过增加分子成分来更改烷烃或硅油以增加其密度，从而匹配盐溶液的密度。

根据对所使用的油的选择，油的折射率可在 1.25 和 1.60 之间变化。同样，根据所添加的盐量，盐溶液的折射率可在 1.33 和 1.48 之间变化。在该实施例中，流体被选择成使流体 A 具有比第二流体高的折射率。

第一电极 2 是典型地在 1 mm 和 20 mm 之间的内径的圆筒。电极 2 由金属材料形成并被涂以绝缘层 8，其例如由聚对二甲苯 (parylene) 形成。绝缘层具有 50 nm 和 100  $\mu\text{m}$  之间的厚度，其典型值在 1  $\mu\text{m}$  和 10  $\mu\text{m}$  之间。绝缘层被涂有流体接触层 10，其减小弯月面与流体容器的圆筒形壁的接触角上的滞后。流体接触层典型地由无定形碳氟化合物形成，如 DuPont<sup>TM</sup> 生产的 Teflon<sup>TM</sup> AF1600。流体接触层 10 具有 5 nm 和 50  $\mu\text{m}$  之间的厚度。AF1600 涂层可通过对电极 2 的相继浸涂来产生，这形成了基本上均匀厚度的材料的均匀层，因为电极的圆筒形侧面基本上平行于圆筒形电极；浸涂是通过浸渍电极同时沿其轴向将电极移动进出浸渍溶液而进行的。聚对二甲苯涂层可使用化学气相沉积来施加。当没有电压被施加于第一和第二电极之间时，对第二流体的流体接触层的可湿性在弯月面 14 与流体接触层 10 相交的两侧上基本上相等。

在此情况下，第二、环形电极 12 被安排在与背面元件相邻的流体容器的一端。第二电极 12 被安排有流体容器中的至少一部分以使该电极对第二流体 B 起作用。

两种流体 A 和 B 是不可混合的，以趋向于分成由弯月面 14 分离的两个流体主体。当没有电压被施加于第一和第二电极之间时，相对于第一流体 A，流体接触层具有比第二流体 B 高的可湿性。由于电湿 (electrowetting)，对第二流体 B 的可湿性在将电压施加于第一电极和第二电极之间的情况下变化，这趋向于改变三相线 (流体接触层 10 和两种流体 A 和 B 之间的接触线) 处的弯月面的接触角。弯月面的形状由此根据所施加的电压是可变的。

现在参考图 1，当例如 0 V 和 20 V 之间的低电压  $V_1$  被施加于电极之间时，弯月面采用第一凹弯月面形状。在该配置中，在流体 B 中所测量的弯月面和流体接触层 10 之间的初始接触角  $\theta_1$  是例如近似 140°。由于比第二流体 B 高的第一流体 A 的折射率，由弯月面形成的透镜，在此被称为弯月面透镜，在该配置中具有相对高的负焦度。

为减小弯月面形状的凹度，较高量级的电压被施加于第一和第二电极之间。现在参考图 2，当依赖于绝缘层的厚度，例如 20 V 和 150 V 之

间的中间电压被施加于电极之间时，弯月面采用第二凹弯月面形状，与图 1 中的弯月面相比，其具有增加的曲率半径。在该配置中，第一流体 A 和流体接触层 10 之间的中间接触角  $\theta_2$  是例如近似  $100^\circ$ 。由于比第二流体 B 高的第一流体 A 的折射率，该配置中的弯月面透镜具有相对低的负焦度。

为产生凸弯月面形状，更高量级的电压被施加于第一和第二电极之间。现在参考图 3，当例如 150 V 到 200 V 的相对高的电压被施加于电极之间时，弯月面采用在其中弯月面凸的弯月面形状。在该配置中，第一流体 A 和流体接触层 10 之间的最大接触角  $\theta_3$  是例如近似  $60^\circ$ 。由于比第二流体 B 高的第一流体 A 的折射率，该配置中的弯月面透镜具有正焦度。

注意，尽管使用相对高的焦度来实现图 3 的配置是可能的，在实际的实施例中优选的是，包括如所述的透镜的设备适合于在所述的范围内仅使用低和中间的焦度，就是说所施加的电压被限制以使绝缘层中的电场强度小于  $20 \text{ V}/\mu\text{m}$ ，并且导致对流体接触层的充电并因此导致流体接触层的降级的过量电压不被使用。

此外，注意初始低电压配置将依赖于对液体 A 和 B 的选择（依赖于其表面张力）而变化。通过选择具有较高表面张力的油，并且/或者通过将诸如乙二醇的组分添加于减小其表面张力的盐溶液，初始接触角可被减小；在此情况下，透镜可采用对应于图 2 中所示的低光学焦度配置，以及对应于图 3 中所示的中间焦度配置。在任何情况下，低焦度配置保持使弯月面是凹的，并且相对宽范围的透镜焦度可被产生而无需使用过量电压。

尽管在以上实例中，流体 A 具有比流体 B 高的折射率，流体 A 亦可具有比流体 B 低的折射率。例如，流体 A 可以是（全）氟化油，其具有比水低的折射率。在此情况下，优选地不使用无定形含氟聚合物层，这是因为它可能溶解在氟化油中。可替换的流体接触层是例如石蜡涂层。

图 4 说明了可变焦图像捕获设备，其包括依照本发明实施例的透镜。与针对图 1 到 3 所描述的元件类似的元件被提供了增加了 100 的相同参考数字，并且这些类似元件的先前描述应当在此适用。

所述设备包括复合可变焦透镜，其包括圆筒形第一电极 102、刚性前透镜 104 和刚性后透镜 106。两个透镜和第一电极所包围的空间形成

圆筒形流体容器 105。流体容器容纳第一和第二流体 A 和 B。两种流体沿弯月面 114 触及 (touch)。如先前所述，依赖于被施加于第一电极 102 和第二电极 112 之间的电压，弯月面形成可变焦度的弯月面透镜。在可替换的实施例中，两种流体 A 和 B 具有被改变的位置。

前透镜 104 是诸如聚碳酸酯或环烯共聚物的高度折射塑料的凸-凸透镜，并具有正焦度。前透镜的至少一个表面是非球面的，从而提供所需的初始聚焦特性。后透镜元件 106 由低色散的塑料形成，如 COC (环烯共聚物)，并包括用作平象物镜的非球面透镜表面。后透镜的另一个表面可以是平的、球面的或非球面的。第二电极 112 是位于后透镜元件 106 的折射表面外围的环形电极。

闪耀光阑 (glare stop) 116 和孔径光阑 118 被添加于透镜的前面。像素化 (pixellated) 的图像传感器 120，如 CMOS 传感器阵列，位于透镜之后的传感器平面中。

电子控制电路 122 依照通过对图像信号的聚焦控制处理而得到的聚焦控制信号来驱动弯月面透镜以提供无限远和 10 cm 之间的物体范围。所述控制电路控制实现聚焦于无限远的低电压电平和当要聚焦较近物体时的较高电压电平之间的所施加电压。当聚焦于无限远时，具有近似 140° 的接触角的凹弯月面被产生，而当聚焦于 10 cm 时，具有近似 100° 的接触角的凹弯月面被产生。

传导的第二流体、绝缘层和第二电极形成电容器，其电容依赖于弯月面的位置。可使用常规的电容表来测量电容。弯月面透镜的光学强度可从电容的测量值来确定。

透镜被配置成使低非零电压被施加以使透镜聚焦于无限远处的物体 (平行的进入光线)，从而在合理的制造容差内提供聚焦于无限远的能力；另一方面，如果透镜应被配置成使当施加零电压时发生聚焦于无限远，则将必须应用较严格的制造容差。

前透镜元件 104 优选地被形成为单个主体，而一个管在其内表面上支持电极 102，并且由后透镜 106 封闭以形成密封的单元。第二透镜元件 106 可针对图 4 中所示而被扩展，并且透镜元件 106 的平后表面可被替换成有角度的反射镜表面，优选地有 45° 的角度，从而允许图像传感器 120 被置于透镜之下以减小透镜的尺度。

流体容器 105 可被提供有膨胀容器以适应由于流体的热膨胀而造成

的体积变化。膨胀容器可以是流体容器的一个壁中的挠性膜。

前透镜 104 和后透镜 106 的内表面可被涂有保护层以避免用来借助流体 A 和 B 制成透镜的材料的不兼容。保护层亦可具有防反射特性。

图 5 示出了来自包含依照本发明实施例的透镜的光学扫描设备的元件。所述设备用于从光盘 206 进行记录和/或回放，例如双层数字视频记录 (DVR) 盘（例如见 K. Schep、B. Stek、R. van Woudenberg、M. Blum、S. Kobayashi、T. Narahara、T. Yamagami、H. Ogawa 的文章 “Format description and evaluation of the 22.5 GB DVR disc”，Technical Digest, ISOM 2000, Chitose, Japan, 2000 年 9 月 5-8 日）。该设备包括例如具有 0.85 的数值孔径的复合物镜，其包括刚性前透镜 202 和刚性后透镜 204，例如如在国际专利申请 WO 01/73775 中所述，用于将由基本上平行的光线组成的、例如具有 405 nm 的波长的输入准直束聚焦于当前正被扫描的信息层的平面中的光斑 208。

在双层 DVR 盘中，两个信息层处于 0.1 和 0.08 mm 的深度；它们由此被分离典型的 0.02 mm。当从一个层到另一个重新聚焦时，由于信息层深度的差异，产生了某种  $200 \text{ m}\lambda$  的不想要的球面波前象差，其需要被补偿。实现它的一种方式是使用例如移动所述设备中的准直器透镜的机械激励器来改变输入束的聚散度，所述激励器是相对昂贵的。另一种途径是使用可开关的液晶元，这亦是相对昂贵的解决方案。

在该实施例中，类似于针对图 1 到 3 中所述的可开关可变焦透镜 200 被使用。在该实施例中，所选择的油是聚二甲基 (8-12%) - 苯甲基硅氧烷共聚物 (polydimethyl (8-12%) -phenylmethylsiloxane copolymer)，并且盐水溶液被用作传导液体。当透镜 200 被安排有平面弯月面时，每种液体都具有近似 1 mm 的厚度。

所述设备包括电子控制电路 222，用于根据当前正被扫描的信息层将两个所选电压之一施加给透镜 200 的电极。在一个配置中，在扫描 0.08 mm 的信息层深度期间，相对低的所选电压被施加以产生半径  $R=21.26 \text{ mm}$  的弯月面曲率。在另一个配置中，在扫描 0.1 mm 的信息层深度期间，相对高的所选电压被施加以产生平面弯月面曲率。结果，波前象差的均方根值可从  $200 \text{ m}\lambda$  被减小到  $18 \text{ m}\lambda$ 。注意，可通过使用弯月面曲率的不同组合来获得类似的效果，这是因为仅需要透镜焦度的变化；此外，亦可通过使两种液体的折射率较为相似而借助弯月面中的较大移动来实现

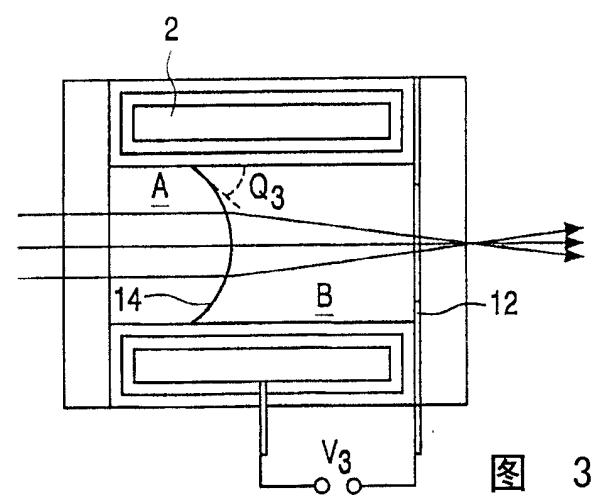
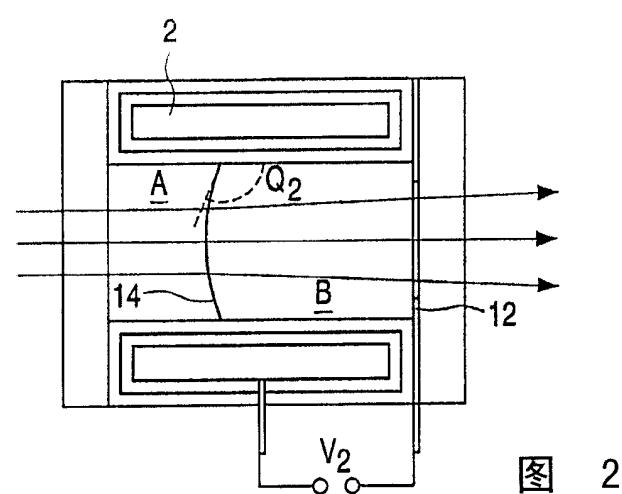
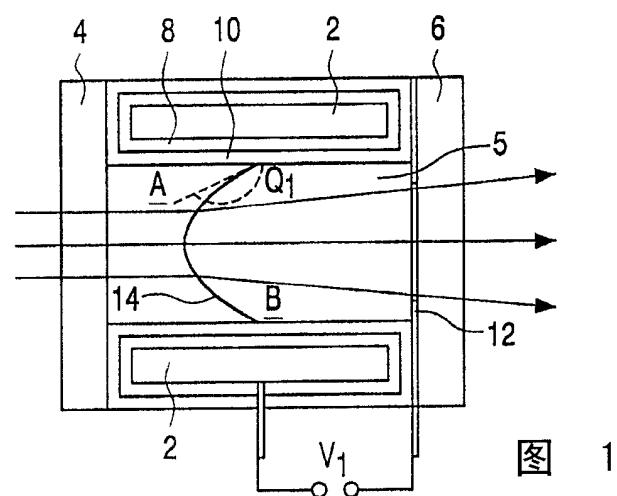
透镜焦度的差异。

注意，对于所有以上实施例，电极本身优选地是圆筒形的，但与完美圆筒的某种变化是可能的，例如略微的圆锥形。然而，所述圆筒应优选地仍基本上是圆筒形，也就是说其中流体接触层具有线性的横截面，即所述层形成圆筒横截面中的直线，其中圆筒的轴位于横截面中。线性横截面应至少在 10 度内平行于电极的轴，更优选的是至少在 1 度内。可通过使用常规的、便宜的管道 (tubing) 来制造圆筒形电极，该管道具有在 0.1 度的范围内平行于所述轴的横截面和其上可沉积各个层的光滑内壁。使用这种管道的可能性将成本优点给予了依照本发明的透镜。流体接触层本身可以不是完美的线性；然而任何非线性度优选地被限制以使非线性度导致半径外延上的差异小于电极的轴向外延的十分之一，更优选地小于二十分之一。

以上实施例应被理解成本发明的说明性实例。可预期本发明另外的实施例。例如，第一流体可由蒸汽而不是绝缘液体组成。第二流体可以是具有比第一流体低的表面张力的流体。在此情况下，低施加电压时的弯月面的形状将是凸的。

应理解，针对一个实施例所述的任何特点亦可被用在其它实施例中。

此外，亦可在被限定于所附权利要求中的本发明的范围内采用以上未描述的等效形式和修改。



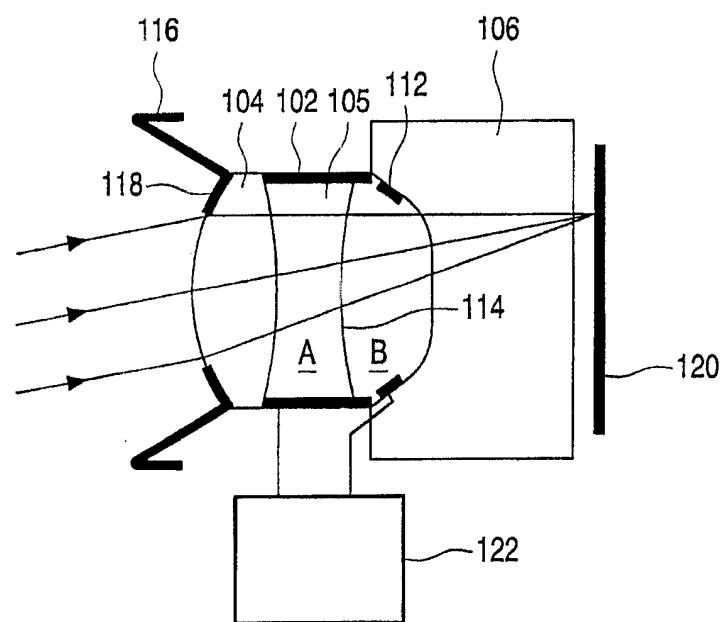


图 4

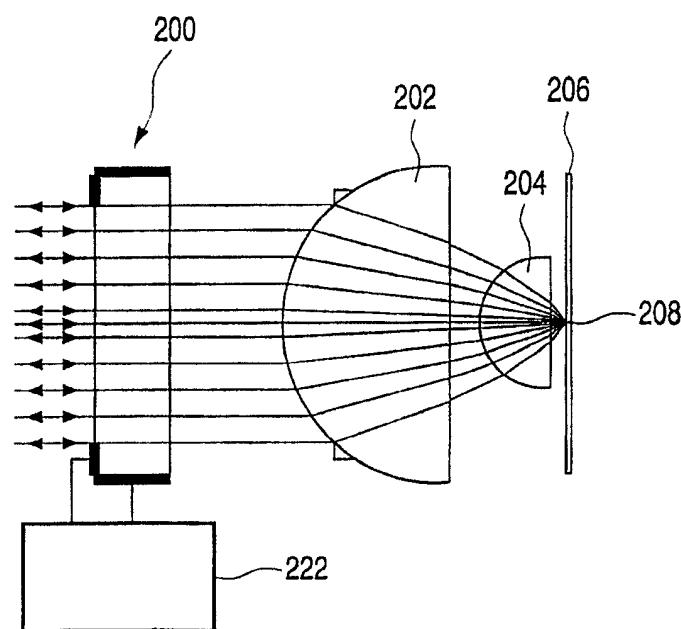


图 5