

[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] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580002225.X

[43] 公开日 2007年2月7日

[11] 公开号 CN 1910480A

[22] 申请日 2005.1.7

[21] 申请号 200580002225.X

[30] 优先权

[32] 2004.1.12 [33] EP [31] 04100077.9

[86] 国际申请 PCT/IB2005/050095 2005.1.7

[87] 国际公布 WO2005/069043 英 2005.7.28

[85] 进入国家阶段日期 2006.7.11

[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·奎帕 B·H·W·亨德里克斯

J·E·奥伯特

[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 梁永

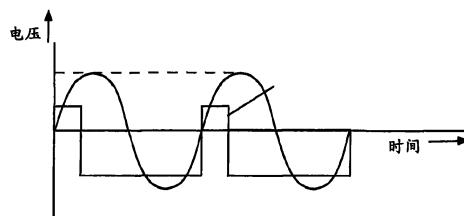
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

[54] 发明名称

电润湿器件

[57] 摘要

一种电润湿器件, 包括可变元件(28)和用于该可变元件(28)的控制系统(11), 其中控制系统(11)适合于将不对称的电压波形提供到可变元件。



1. 一种电润湿器件,包括可变元件和用于该可变元件的控制系
统,其中控制系统适合于将不对称的电压波形提供到可变元件。
2. 根据权利要求1的电润湿器件,具有小于 $2^{1/2}$ 的峰值电压与有
效电压比。
3. 根据权利要求1或权利要求2的电润湿器件,其中提供的电压
波形基本上是直线性的。
4. 根据之前任一权利要求的电润湿器件,其中控制系统适合于提
供可变的脉冲宽度和/或波高。
5. 根据权利要求4的电润湿器件,其中电压波形的正部分和负部
分具有不同高度。
6. 根据权利要求4或权利要求5的电润湿器件,其中控制系统适
合于提供具有不同脉冲宽度的波形的正部分和负部分。
7. 根据之前任一权利要求的电润湿器件,其中可变元件是可变焦
透镜。
8. 根据之前任一权利要求的电润湿器件,其中电压波形具有远远
大于可变元件的导电液体的弯月面的机械共振频率的频率。
9. 根据之前任一权利要求的电润湿器件,其中电压波形的频率小
于下述频率:超出该频率,通过该器件形成的电容器基本上不完全充
电。
10. 一种包含根据权利要求1至9的任一权利要求的电润湿器件
的可变透镜,可变滤波器和/或可变光阑。
11. 一种包含根据权利要求1至9的任一权利要求的电润湿器件
的图像捕获器件。
12. 一种包括包含根据权利要求1至9的任一权利要求的电润湿
器件的图像捕获器件的电话。
13. 一种控制电润湿器件的方法,包括将不对称电压波形提供给
电润湿器件的可变元件。
14. 根据权利要求13的控制电润湿器件的方法,其中所述波形具
有小于 $2^{1/2}$ 的峰值电压与有效电压比。
15. 根据权利要求13或权利要求14的控制电润湿器件的方法,
其中电压波形是基本上直线性的电压波形。

16. 根据权利要求 13 至 15 的任一权利要求的控制电润湿器件的方法，其中电压波形具有可变脉冲宽度和/或高度。

17. 根据权利要求 13 至 16 的任一权利要求的控制电润湿器件的方法，其中包括改变脉冲宽度和/或脉冲高度以减小可变元件的绝缘层的充电。

18. 根据权利要求 17 的控制电润湿器件的方法，其中包括确定使绝缘层的充电减小的具体波形并将该波形提供给可变焦透镜。

电润湿器件

技术领域

本发明涉及一种电润湿器件，用于电润湿器件的控制系统和涉及一种控制电润湿器件的方法。

电润湿器件一般由绝缘层的一侧上的第一电极和具有弯月面的导电液体构成，所述导电液体与在绝缘层的相对侧上的第二电极接触，其中施加到电极上的电压引起导电液体通过弯月面与绝缘体的接触角的改变而改变形状。形状的改变例如可以用于改变通过流体的光束的焦距。

背景技术

在本申请人的共同未决申请 WO 03/069380 中更全面地描述了电润湿器件，该申请的部分说明书在此包含在附录 1 中。

在电润湿器件例如可变焦透镜中，性能通常受到第一电极和导电液体之间的绝缘层的充电的限制。该层的充电可能在某个阈值电压之上发生，并且在电压增加以及在施加的电压的持续时间增加时增加。绝缘体的充电限制透镜的性能，并且在非均匀充电经常发生的情况下，透镜的光学质量将下降。此外，充电可能缩短绝缘层的寿命。

电润湿可以利用直流电 (DC) 以及交流电 (AC) 进行。AC 操作的优点在于极性的连续反转使充电发生的时间较少。此外，反转极性可以去除已经在绝缘层中建立的电荷。为了能够使用 AC 电压，其频率应当充分地高于导电液体的弯月面的机械共振频率。仅在这时弯月面保持静止。

DC 以及 AC 操作目前用于电润湿。

利用电润湿器件的第一个问题在于尽管 AC 操作可以由于连续改变的极性而减小绝缘层的充电，但是由于需要驱动透镜的有效电压，因此正弦 AC 操作产生更高的峰值电压。有效电压通常限定为电压平方的时间平均值的平方根，也称为 RMS 电压。由于电润湿器件中弯月面的接触角的余弦在理论上与施加到电极的电压的平方成比例，因此施加电压的 RMS 值是用于描述电润湿器件的操作的适当参数。正弦 AC

电源的有效电压小于峰值电压，因此虽然有效电压不是特别地高，但是由此得到的峰值电压可能引起问题。结果，高的峰值电压可能增加绝缘层的充电或甚至引起绝缘体的电击穿。

US 2001/0017985 公开了施加到电润湿器件的方波电源电压。

发明内容

本发明的一个目的是减小上述缺点。

本发明的进一步目的是提供具有减少绝缘层的充电的电润湿器件。

根据本发明的第一方面，电润湿器件包括可变元件和用于该可变元件的控制系统，其中控制系统适合于将不对称的电压波形提供到可变元件。

优选地，电压波形具有小于 $2^{1/2}$ 的峰值电压与有效电压比。

提供的电压波形优选地基本上是直线性的。直线性的波形优选地表示基本上正方形和/或矩形波形。

控制系统可以适合于提供可变脉冲宽度和/或波高，脉冲宽度或波高可以在波形的正和负部分之间变化。

可变元件优选地是可变焦透镜。

本发明者已经意识到的第二个问题在于绝缘层可能例如在正电压处比在负电压处以更快的速度充电。这通常取决于绝缘层的类型和液体的类型。同样，对于某种极性（例如正电压），可能会比相反极性（例如负电压）更难去除已经建立在表面上或绝缘体内部的电荷。

不对称波形的有利使用能利用上述确认的惊人效果。

有利地，基本直线性的电压波形的有效电压基本上等于其峰值电压。与峰值电压是有效电压的 $2^{1/2}$ 倍的正弦波相比，这种特征是有利的。直线性的电压波形导致可变透镜的绝缘层的充电较少。

控制系统优选地适合于提供不对称电压波形，其中电压波形的正和负部分具有不同的高度。控制系统可以适合于提供具有不同脉冲宽度的波形的正和负部分。

不对称波高和/或不对称脉冲宽度的有利提供允许电润湿器件补偿当电压具有给定极性时绝缘层充电到更大程度或更快充电的情况。

优选地，电压波形具有频率，其远远大于可变元件的导电液体的

弯月面的机械共振频率，但足够的小以给绝缘体上方形成的电容器足够的时间充电。

优选地，电压波形的频率小于下述频率：超出该频率，通过该器件形成的电容器基本上不充电。基本上充电意味着至少一半充电，但是优选至少 90% 充电。优选地，电压波形的频率小于或等于下述频率：低于该频率，通过该器件形成的电容器基本上完全充电。

根据本发明的第二方面，用于电润湿器件的控制系统适合于将不对称电压波形提供给电润湿器件的可变元件。

根据本发明的第三方面，控制电润湿器件的方法包括将不对称电压波形提供给电润湿器件的可变元件。

优选地，所述波形具有小于 $2^{1/2}$ 的峰值电压与有效电压比。

电压波形可以是基本上直线性的波形。

电压波形可以具有可变脉冲宽度和/或高度。

该方法优选地包含提供不对称电压波形，优选地对于电压波形的正和负部分具有不对称脉冲宽度和/或脉冲高度。

该方法优选地包括改变脉冲宽度和/或脉冲高度以减小可变元件的绝缘层的充电。变化基于给定可变元件的具体特性进行。优选地，该方法包括确定使绝缘层的充电有利减小的具体波形并将该波形提供给可变焦透镜。

本发明扩展到引入根据第一方面的电润湿器件的可变透镜，可变滤波器和/或可变光阑。本发明扩展到引入根据第一方面的电润湿器件的图像捕获器件。本发明扩展到引入包含根据第一方面的电润湿器件的图像捕获器件的电话。

在此所述的所有特征可以与上述任何方面以任何组合方式进行组合。

附图说明

为了更好的理解本发明，以及示出本发明的实施例怎样实现，现在将参考仅作为例子的所附概略附图进行描述，在附图中：

图 1 至 3 示出了背景技术中包括的现有公开文献中的可调透镜的示意截面；

图 4 示出了背景技术材料中的图像捕获的示意截面；

图 5 示出了背景技术材料中的光学扫描的示意截面；

图 6 是示出了正弦和正方形波的峰值和有效电压的示意图；

图 7 是示出了正弦波和不对称正方形波的峰值和有效电压的示意图；和

图 8 是根据本发明的电润湿器件控制系统的示意框图。

具体实施方式

在此讨论的电润湿器件形成可变焦透镜并且由第一电极和与第二电极接触的导电流体构成，在第一电极和导电流体之间具有绝缘层。电压信号施加到电极以使导电流体变形并且改变其透镜聚焦特性。更通常地，电润湿器件包含可变元件，其在该情况下为可变焦透镜。

在标准的正弦波电压中，峰值与有效电压的比例为 $2^{1/2}$ 。具有较低比例的每个波形将对于导电流体的弯月面的某个位置给出较低的峰值，因此减小绝缘层中充电或电击穿的风险。为了解决上述第一问题，我们因此应当施加具有比例低于 $2^{1/2}$ 的波形。最好的波形具有为 1 的比例，这可以对于直线性的或正方形波得到。

图 6 给出了具有相同有效电压的正弦波和正方形波之间的差别的说明。

上述第二个问题可以通过使电压波形在脉冲宽度和/或在高度方面不对称来解决。如果例如绝缘体在正电压处快速充电，但是在负电压处充电较慢，则施加交流电压可以是有用的，对于该交流电压，正脉冲与负脉冲相比较短和/或高度较低。

图 7 给出了这种不对称电压的例子。两种波（矩形和正弦）的有效电压再次相等。

图 8 示出了可操作以提供图 7 所示的方波的控制系统的框图。DC/DC 转换器 310 提供高电源电压以控制晶体管 324 和 326，其将控制电压提供给可变元件，在本实施例中表示为流体聚焦系统 328。电压源 312 将 3.3V 的 DC 电源提供给可变电阻 314 和 316，其为正脉冲宽度调节部分 314 和负脉冲宽度调节部分 316。两个电阻都连接到脉冲宽度调制器 (PWM) 318。可变电阻 320 和 322 分别经由晶体管 324 和 326 提供正电压电平调节和负电压电平调节，所述晶体管形成连接到流体聚焦系统 328 的电压开关。

如图 8 所实现的正和负脉冲的宽度通过可变电阻 314 和 316 确定，各个电平通过可变电阻 320 和 322 设置。从而具有可变脉冲宽度和高度的正方形波被提供给透镜 328 和流体聚焦系统。

上述设备和方法可以在包含可变元件，特别是可变透镜，光阑，滤波器和泵的电润湿器件中实现。

应用不仅包括可变焦透镜而且包括可变光阑，可变滤波器，用于显示器的单元，电润湿泵，电润湿电动机等。

附录 1

下面是 WO 03/069380 的部分描述。对于图 1 至 5 的参考是对于本说明书的末端处的附图的参考。

图 1 至 3 示出了可调透镜的示意截面；

图 4 示出了图像捕获器件的示意截面；和

图 5 示出了光学扫描器件的示意截面。

图 1 至 3 示出了可变焦透镜，包括圆柱第一电极 2，其形成毛细管，由透明前组 4 和透明后组 6 密封以形成包含两种流体的流体室 5。电极 2 可以是涂布在管的内壁上的导电涂层。

在本实施例中，两种流体由两种不混溶的液体构成，所述液体采用电绝缘第一液体 A 和导电第二液体 B 的形式，电绝缘第一液体 A 如硅油或烷，在此进一步称为“油”，导电第二液体 B 如包含盐溶液的水。两种液体优选布置成具有相同的密度，以便透镜功能独立于方向，即不需要取决于两种液体之间的重力效应。这可以通过第一液体组分的适当选择来实现；例如烷或硅油可以通过分子组分的添加而改变以增加其密度，从而与盐溶液的密度相匹配。

取决于使用的油的选择，油的折射率可以在 1.25 和 1.60 之间改变。同样地，取决于添加的盐的量，盐溶液的折射率可以在 1.33 和 1.48 之间改变。在本实施例中，选择流体使得第一流体 A 具有高于第二流体 B 的折射率。

第一电极 2 是内径一般在 1mm 和 20mm 之间的圆柱。电极 2 由金属材料形成并通过例如由聚对苯二甲撑形成的绝缘层 8 涂覆。绝缘层的厚度在 50nm 和 100 μ m 之间，一般的值在 1 μ m 和 10 μ m 之间。绝缘层涂覆有流体接触层 10，其减小弯月面与流体室的圆柱壁的接触角中

的滞后作用。流体接触层优选由无定形碳氟化合物如由 DuPont™ 制造的 Teflon™ AF1600 形成。流体接触层 10 具有在 5nm 和 50 μ m 之间的厚度。AF1600 涂层可以通过电极 2 的连续浸渍涂敷来得到，因为电极的圆柱侧面基本上平行于圆柱电极，因此形成基本上均匀厚度的均匀材料层；浸渍涂敷通过浸渍电极同时使电极沿其轴向移入和移出浸渍溶液进行。聚对苯二甲撑涂层可以利用化学汽相沉积来涂布。当没有电压施加在第一和第二电极之间时，由第二流体引起的流体接触层的可湿性在弯月面 14 与流体接触层 10 的相交的两侧上基本相等。

第二环形电极 12 布置在流体室的一端处，在该情况下，相邻于后组。第二电极 12 布置具有流体室中至少一个部分，以便电极作用于第二流体 B。

两种流体 A 和 B 是不混溶的以便倾向于分离为由弯月面 14 分离的两个流体主体。当没有电压施加在第一和第二电极之间时，流体接触层关于第一流体 A 的可湿性高于关于第二流体 B 的可湿性。由于电润湿，由第二流体 B 引起的可湿性在第一电极和第二电极之间施加的电压的作用下发生变化，这倾向于改变在三相位线（流体接触层 10 和两种液体 A 和 B 之间的接触线）处的弯月面的接触角。弯月面的形状从而根据施加的电压是可变的。

现在参考图 1，当例如 0V 和 20V 之间的低电压 V_1 施加在电极之间时，弯月面采用第一凹弯月面形状。在该配置中，弯月面和流体接触层 10 之间、在流体 B 中测量的初始接触角 θ_1 为例如大约 140°。由于第一流体 A 的折射率高于第二流体 B，因此由弯月面形成的透镜，在此称为弯月面透镜，在该配置中具有相对高的负光焦度。

为了减小弯月面形状的凹度，较高幅度的电压施加在第一和第二电极之间。现在参考图 2，当根据绝缘层的厚度例如在 20V 和 150V 之间的中间电压 V_2 施加在电极之间时，弯月面采用第二凹弯月面形状，其与图 1 中的弯月面相比，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 θ_2 例如为大约 100°。由于第一流体 A 的折射率高于第二流体 B，因此该配置中的弯月面透镜具有相对低的负光焦度。

为了得到凸弯月面形状，更高幅度的电压施加在第一和第二电极之间。现在参考图 3，当例如 150V 至 200V 的相对高电压 V_3 施加在电

极之间时，弯月面采用其中弯月面是凸的弯月面形状。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 θ_3 例如为大约 60° 。由于第一流体 A 的折射率高于第二流体 B，因此该配置中的弯月面透镜具有正光焦度。

注意到虽然利用相对高光焦度(power)实现图 3 的配置是可能的，但是在一个实用的实施例中优选包括如所述的透镜的装置适合于仅使用在所述范围中的低和中间光焦度，即施加的电压限制成绝缘层中的电场强度小于 $20\text{V}/\mu\text{m}$ ，以及不使用引起流体接触层的充电并因此造成流体接触层的退化的过高电压。

此外注意到初始的低电压配置将取决于液体 A 和 B 的选择即取决于它们的表面张力而改变。通过选择具有较高表面张力的油，和/或通过添加组分如乙二醇到减小其表面张力的盐溶液中，初始接触角可以减小；在该情况下，透镜可以采用相应于图 2 所示的低光焦度配置，和相应于图 3 所示的中间光焦度配置。在任何情况下，低光焦度配置保持以便弯月面是凹的，以及透镜光焦度的相对宽的范围可以得到，而不需要利用过高的电压。

尽管在上述例子中，流体 A 具有高于流体 B 的折射率，但是流体 A 也可以具有低于流体 B 的折射率。例如，流体 A 可以是（全）氟化油，其具有低于水的折射率。在该情况下，优选不使用无定形含氟聚合物层，因为它可能在氟化油中溶解。可替换流体接触层例如是石蜡涂层。

图 4 说明了包括根据本发明实施例的透镜的可变焦图像捕获器件。类似于图 1 至 3 所示的元件设有增加 100 的相同的附图标记；这些类似元件的之前描述应当应用到这里。

该器件包括包含圆柱第一电极 102、刚性前透镜 104 和刚性后透镜 106 的复合可变焦透镜。由该两透镜和第一电极所密封的空间形成圆柱流体室 105。流体室保持第一和第二液体 A 和 B。两种流体沿弯月面 114 接触。如前所述，弯月面根据施加在第一电极 102 和第二电极 112 之间的电压而形成可变光焦度的弯月面透镜。在可替换实施例中，两种流体 A 和 B 已改变位置。

前透镜 104 是由高折射塑料如聚碳酸酯或环状烯烃共聚物形成的凸-凸透镜，并具有正的光焦度。前透镜的至少一个表面是非球面，以

提供所需要的初始聚焦特性。后透镜元件 106 由低色散塑料如 COC(环状烯烃共聚物)形成,并包括起平象物镜作用的非球面透镜表面。后透镜元件的另一表面可以是平的、球面的或非球面的。第二电极 112 是定位到后透镜元件 106 的折射表面周围的环形电极。

将闪耀光阑 116 和孔径光阑 118 添加到透镜的前面。像素化 (pixellated) 图像传感器 120 如 CMOS 传感器阵列位于透镜后面的传感器平面内。

电子控制电路 122 根据来源于图像信号的聚焦控制处理的聚焦控制信号驱动弯月面透镜,以便提供在无穷大和 10cm 之间的物体范围。控制电路将所施加的电压控制在低压电平和高压电平之间,在该低压电平时实现无穷远的聚焦,当更接近的物体被聚焦时使用高压电平。当聚焦在无穷远时,产生具有大约 140° 的接触角的凹弯月面,而当聚焦在 10cm 时,产生具有大约 100° 的接触角的凹弯月面。

导电第二流体、绝缘层和第二电极形成电容器,其电容取决于该弯月面的位置。该电容可以利用常规电容计进行测量。弯月面透镜的光学强度可以由该电容的测量值确定。

构造该透镜以便施加低的非零电压以将该透镜聚焦到无穷远处的物体(平行入射光),由此在合理的制造公差范围内提供聚焦到无穷远处的能力;另一方面,如果将透镜构造成当施加零电压时聚焦到无穷远,那么不得不应用更严格的制造公差。

前透镜元件 104 优选形成为在其内表面具有保持电极 102 的管的单个主体,并与后透镜 106 隔离以形成密封单元。第二透镜元件 106 可以关于图 4 所示那样延伸,并且透镜元件 106 的平的后表面可以由形成角度优选 45° 角的镜面取代,以允许图像传感器 120 设置在透镜下方,以便减小透镜的尺寸。

流体室 105 可以设有膨胀室以适应由于流体的热膨胀而引起的体积改变。膨胀室可以为在流体室的一个壁内的柔性膜。

前透镜 104 和后透镜 106 的内表面可以涂覆有保护层以避免构成透镜的材料与流体 A 和 B 之间的不相容性。保护层也可以具有抗反射特性。

图 5 示出了来自包含根据本发明实施例透镜的光学扫描器件的元件。该器件用于从光盘 206 记录和/或回放,该光盘例如双层数字视频

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 22.5GB DVR disc”, Technical Digest, ISOM 2000, Chitose, Japan, Sept.5-8, 2000)。该器件包括例如具有 0.85 的数值孔径的复合物镜, 包括刚性前透镜 202 和刚性后透镜 204, 例如如国际专利申请 WO 01/73775 所述, 用于将例如具有 405nm 波长并由基本上平行的光线构成的入射准直光束聚焦到正在被扫描的信息层的平面内的点 208。

在双层 DVR 盘中, 双信息层为 0.1mm 和 0.08mm 的深度; 由此它们一般分隔 0.02mm。当从一层到另一层再聚焦时, 由于信息层的深度差, 因此引起一些 $200m\lambda$ 的不希望的球面波前象差, 该象差需要被补偿。其一种实现方式是利用机械驱动器改变入射光束的聚散度, 例如使器件内的准直透镜移动, 这相对昂贵。另一种途径是使用可切换的液晶单元, 这同样是相对昂贵的解决办法。

在本实施例中, 使用类似于图 1 至 3 中描述的可切换变焦透镜 200。在本实施例中, 所选的油是聚二甲基 (8-12%) - 苯甲基硅氧烷共聚物, 并将盐水溶液用作导电液体。当将透镜 200 设置为具有平坦的弯月面时, 每种液体具有大约 1mm 的厚度。

该器件包括电子控制电路 222, 用于根据当前正在扫描的信息层将两个选择电压中的一个施加到透镜 200 的电极上。在一种配置中, 在深度为 0.08mm 的信息层扫描期间, 施加相对低的选择电压以产生半径 $R=-21.26mm$ 的弯月面曲率。在另一种配置中, 在深度为 0.1mm 的信息层扫描期间, 施加相对高的选择电压以产生平坦的弯月面曲率。结果, 可以将波前象差的均方根值从 $200m\lambda$ 降低到 $18m\lambda$ 。注意到由于仅需要改变透镜光焦度, 因此利用弯月面曲率的不同组合, 可以获得类似的效果; 另外, 透镜光焦度的差也可以通过使两种液体的折射率更接近, 从而利用在弯月面内更大的移动来实现。

注意到关于所有上述实施例, 电极本身优选为圆柱形, 但是对优选的圆柱作一些改变也是可能的, 例如稍微的圆锥形。然而, 圆柱应当优选保持基本上圆柱形, 即其中流体接触层具有线性截面, 即该层在圆柱的截面内形成直线, 其中圆柱的轴位于该截面内。该线性截面应当平行于该电极的轴, 至少在 10 度范围内, 更优选至少在 1 度范围

内。圆柱电极可以利用常规的、具有在 0.1 度范围内平行于该轴的截面和可以在其上沉积各种层的光滑内壁的便宜的导管制造。使用这种导管的可能性给出了使根据本发明的透镜具有成本优势。流体接触层本身可以不优选为线性；然而优选限制为任何非线性性，以便该非线性性使径向延伸的差小于电极轴向延伸的十分之一，更优选小于二十分之一。

应当将上述实施例理解为本发明的示例性例子。能设想本发明的进一步实施例。例如，第一流体可以由蒸汽而不是绝缘液体构成。第二流体可以为具有低于第一流体的表面张力的流体。在该情况下，在低施加电压下弯月面的形状为凸的。

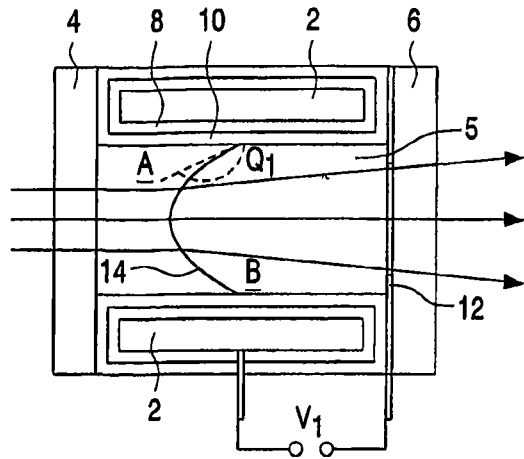


图 1

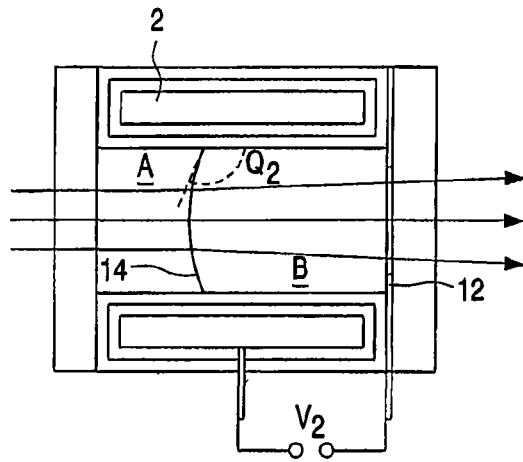


图 2

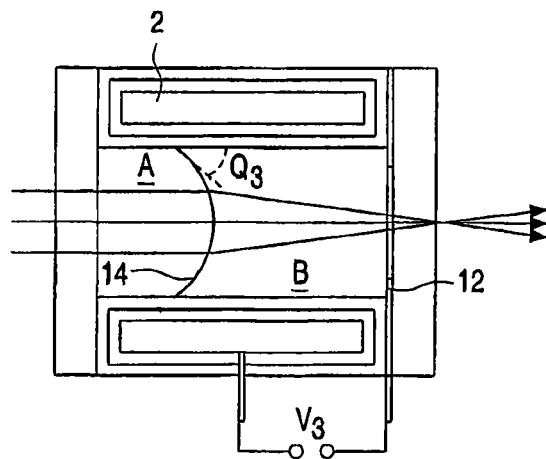


图 3

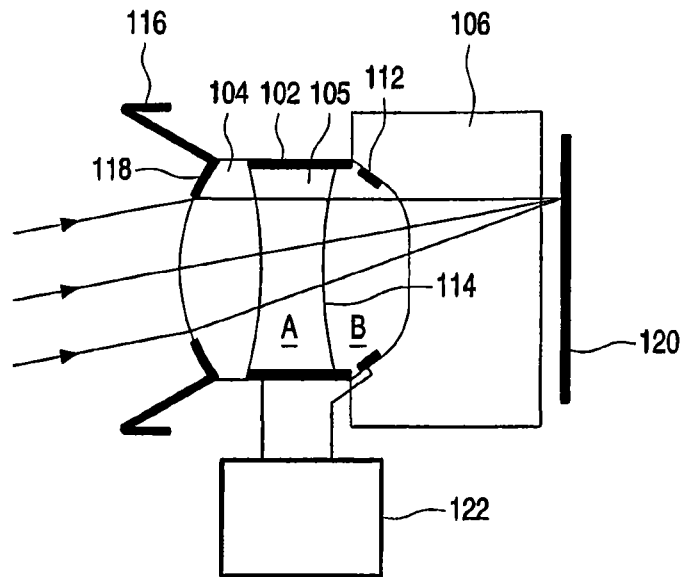


图 4

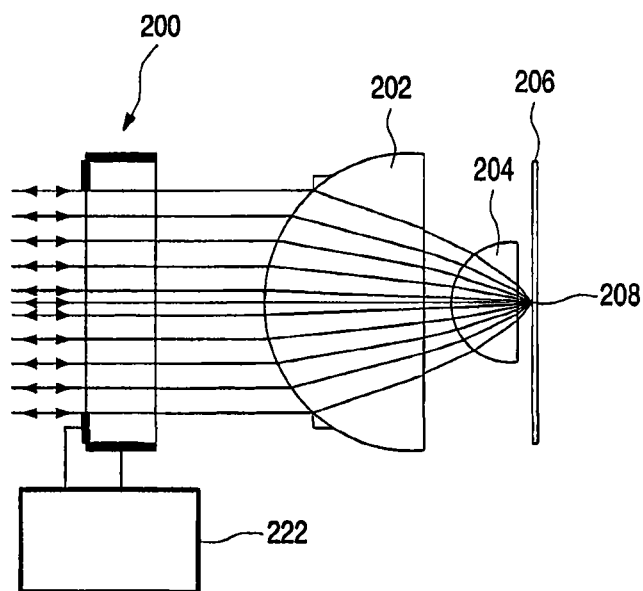


图 5

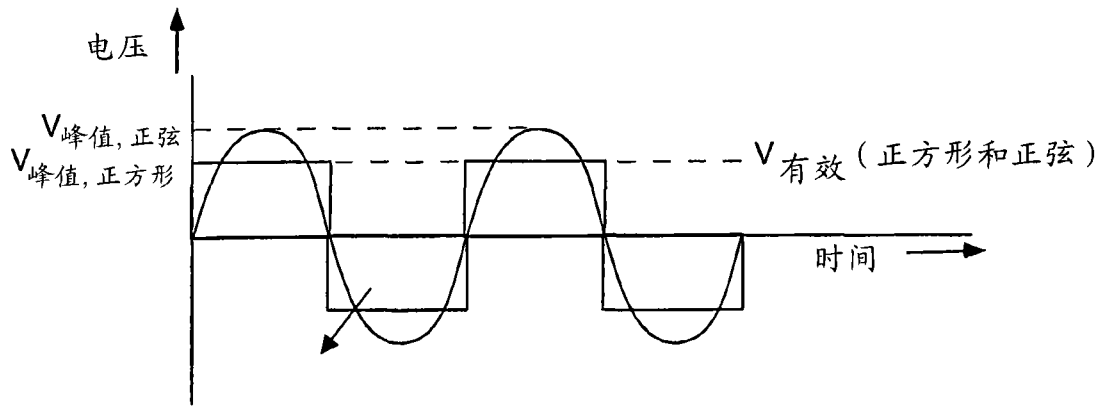


图 6

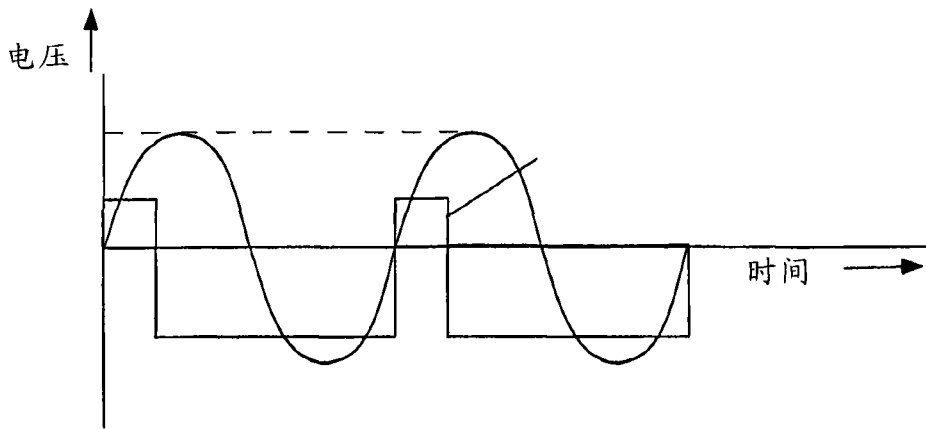


图 7

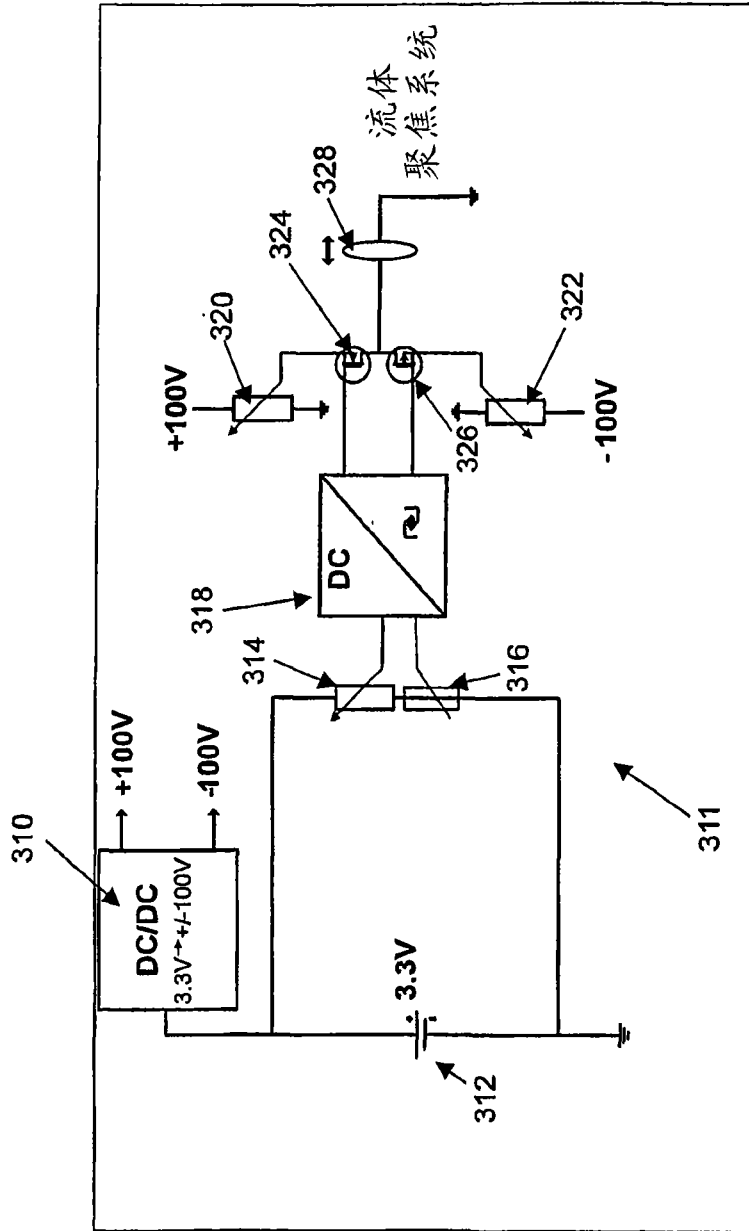


图 8