[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01H 59/00 (2006.01)

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510062851.X

[43] 公开日 2006 年 1 月 4 日

[11] 公开号 CN 1716491A

[22] 申请日 2005.3.31
[21] 申请号 200510062851.X
[30] 优先权
[32] 2004. 4. 1 [33] US [31] 10/816,569
[71] 申请人 朗迅科技公司
地址 美国新泽西州
[72] 发明人 阿曼·盖斯帕彦
托马斯·N.·克鲁潘津
约瑟夫·A.·泰勒 唐纳德·维斯
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 李 玲

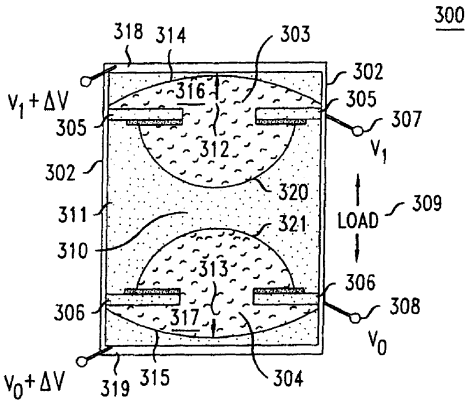
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称

液体微型电开关

[57] 摘要

本发明涉及一种液体电开关，它使用多个导电液滴来形成一条电通路。 在第一个实施例中，至少使用第一电压差，以便在两个液滴之间创建一个分隔距离。 作为示范，这些液滴全都包含在一个壳体中，并且由一种不能溶合的绝缘液体所环绕。 在这个实施例中，至少第一电压差从第二液滴中吸引出至少一个液滴的至少一部分，由此防止电流从所述至少一个液滴流动到第二液滴。 在另一个实施例中，至少第一电压差是以这样一种方式改变的，其中促使所述至少一个液滴与第二液滴相接触，由此在这两个液滴之间创建一条电通路。



1. 一种电开关，包括:

具有第一电压的第一导电液滴;

具有第二电压的第二导电液滴；以及

用于可逆地使所述第一液滴接触所述第二液滴的装置。

2. 权利要求 1 的电开关，其中所述用于接触的装置包括:

用于在所述第一液滴和第一电极之间产生第一电压差的装置；以及

用于在所述第二液滴与第二电极之间产生第二电压差的装置。

3. 权利要求 2 的设备，其中所述用于产生第一电压差的装置至少包括第一电压源，所述电压源电连接到所述第一电极和所述第一液滴，所述第一电极与所述第一液滴电绝缘。

4. 权利要求 2 的设备，其中所述用于产生第二电压差的装置至少包括第一电压源，所述电压源电连接到所述第二电极和所述第二液滴，所述第二电极与所述第二液滴电绝缘。

5. 权利要求 2 的设备，其中所述用于可逆地使所述第一液滴接触所述第二液滴的装置包括用于增大施加给所述第一液滴的压力，由此使所述第一液滴接触所述第二液滴的热源。

6. 一种电开关，包括:

具有第一电压的第一导电液滴;

具有第二电压的第二导电液滴;

处于所述第一导电液滴附近的第一电极;

处于所述第二导电液滴附近的第二电极;

至少用于将电压施加给所述第一导电液滴与所述第二导电液滴中的至少一个液滴的第一电压源。

7. 权利要求 6 的电开关，还包括围绕在所述第一导电液滴周围的第一流体，其中所述流体不能与所述第一导电液滴溶合。

8. 权利要求 7 的电开关，还包括围绕在所述第一导电液滴周围

的第二流体，其中所述流体不能与所述第一导电液滴溶合。

9. 权利要求 8 的电开关，其中所述第一流体和所述第二流体包含相同的流体。

10. 一种与电路中的开关结合使用的方法，所述开关包括液体的第一导电液滴和液体的第二导电液滴，所述方法包括:

将所述液体的第一导电液滴与所述液体的第二导电液滴接触，以便在所述液体的第一导电液滴与所述液体的第二导电液滴之间形成电通路。

11. 权利要求 10 的方法，还包括:

将所述液体的第一导电液滴与所述液体的第二导电液滴分离，以便消除所述电通路。

液体微型电开关

技术领域

本发明涉及电开关，尤其涉及液体微型电开关。

背景技术

出于多种目的，在汽车、测试设备、开关板以及电信应用之类的诸多应用中都用到了以微型开关著称的小型继电器和开关。由于当前的总体趋势是小型化电气仪器，因此，目前越来越需要更小的继电器和开关。由此，在小型化传统的机电开关的过程中已经实施了相当多的研究。然而，对传统的机电开关、例如图 1 所示的开关而言，这些开关往往固有的就会因为其机械特性而不是非常可靠——在某些情况下，活动部分和/或开关内部的物理电触点会出现故障。

参考图 1，作为例证的现有技术中的机电开关 100 具有分别与臂 101 和 102 相连的负载触点 101a 以及 102a。在向线圈装置 111 施加输入电压的时候，输入电压会磁化线芯 110，而线芯 110 则在方向 107 上将臂 106 以及触点 108 拉向线芯 110 的触点 109。这种活动转而促使臂 105 上的触点 103 沿着方向 104 向上运动，由此在某种程度上以物理方式推动臂 102，以使负载触点 101a 与 102a 相互接触，从而闭合负载电路。当从线圈 111 上除去输入电压的时候，弹簧杆 113 会推动触点 101a 以及 102a 而使之相互远离，由此中断负载电路连接。

如上所述，开关 100 固有的就必须进行机械接触来切换负载。在这些触点，随着时间的过去，氧化故障将会出现，这时需要对开关进行维护或更换。在激活开关 100 的时候，这时将会存在一个时间窗，在这个时间窗中，负载电路会在开路与闭路状态之间闪变。这种现象称为“弹跳（bounce）”，它会在施加电流的时间与切换电路的时间之间产生延迟，并且由此产生一种需要在负载设计的过程中加以考虑的

情形。

近年来，研究工作集中在开发微型微机电系统（MEMS）开关上，其中举例来说，这些开关是使用集成电路制造工艺制造的，由此通常可以降低制造成本。然而，这种开关还是有些不可靠，这是因为与图1中的机电开关100相类似的MEMS开关同样具有固态触点的特征，这些固态触点必须通过相互接触来闭合开关。相应地，虽然MEMS开关在成本上要低于更大规模的机电开关，但是机电开关所具有的上述问题仍旧是存在的。特别地，在正常的周期性工作中，这种开关所需要的固态-固态接触表面还会受到氧化作用/降解作用的损害。在相对较小的范围中，这有可能导致触点阻抗增加、产生静摩擦力或是实行高连通功率的微件焊接。

为了防止出现与小型机电开关相关的前述问题，其它研究工作集中在固态继电器（SSR）上。图2显示了一个典型的现有技术中的SSR 200，所述SSR是以金属氧化物半导体场效应晶体管（MOSFET）为基础的。特别地，输入电流经由引线202和203施加到发光二极管201，作为例证，所述发光二极管可以是砷化镓（GaAs）红外LED。在光学罩205内部，合成的发射光204反射到光电二极管阵列206a中的一连串光电二极管206上。这些光电二极管产生一个电压，并且该电压将会传递到驱动器电路207，其中众所周知，所述驱动器电路被用于控制两个MOSFET 208的栅极，并且由此被用于切换负载209。

举例来说，SSR 200中的所有组件都是用半导体材料制造的，这样一来，固态继电器组合了无法在其他类型的设备中发现的众多操作特性。由于没有活动部分，因此，与前述机电开关相比，固态继电器具有切换寿命相对较长的特点，并且显现出无弹跳的操作。此外，输入LED只需要很低的信号电平，因此，在低功率应用中，这种SSR开关是很有吸引力的。

由于上述理由，SSR在很多应用中都是非常有利的，但是在某些方面，它们的有效性是有限的。特别地，这种设备可能会遭受到相对较高的泄漏电流，并且由此可能会相对低效。同样，一般来说，SSR

在可传送功率方面也是有限的，相应的，在切换更高负载的能力方面，所述 SSR 同样是有限的。最后，与机电和/或基于 MEMS 的设备相比，制造 SSR 的成本相对较高，由此提高了使用 SSR 的设备的成本。

为了解决上述限制中的某些限制，近期主要尝试的是开发那些基于液体的微型开关。在 J. Kim 等人发表于 2002 年 4 月 1 日的 SENSOR ACTUAT A-PHYS 97-8:672-679 的“A micromechanical switch with electrostatically driven liquid-metal droplet”、L.Latorre 等人发表于 2002 年 8 月的 JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS 第 11 卷第 4 号的“Electrostatic actuation of microscale liquid-metal droplets”以及 J. Simon、S.Saffer 和 C.-J.Kim 发表于 1997 年 9 月的 J. Microelectro-mechanical Systems 第 6 卷第 3 号第 208～216 页的“A Liquid-Filled Microrelay with a Moving Mercury Micro-Drop”中都对这种尝试进行了描述，其中所述文献在此全部引入作为参考。如这些参考文献中所述，典型的现有液体开关使用的是可以活动的液滴，这个液滴既可以形成触点也可以离开固态电极，由此可以连接或是断开电路。但是这种方法也存在局限性，即液体-固体接触界面的润湿和电化学现象相对不可靠。

发明内容

由于上述原因，发明人认识到需要一种效果好、寿命长并且制造成本相对低廉的微型电开关。由此，发明人发明了一种微型开关，这种开关基本上排除了上述那些与现有设备相关的问题。特别地，发明人发明的是一种液体电开关，这种开关使用了多个导电液滴，由此形成电通路。在第一实施例中，至少使用第一电压差来在两个液滴之间产生分隔距离。作为示范，这些液滴全都包含在外壳中，并且由一种不能溶合的绝缘液体所包围。在这个实施例中，至少第一电压差从第二液滴中吸引出至少一个液滴的至少一部分，由此防止电流从所述至少一个液滴流动到第二液滴。

在另一个实施例中，至少第一电压差是以这样一种方式改变的，

其中促使所述至少一个液体液滴与第二液滴相接触，由此在这两个液滴之间创建电通路。

附图说明

图 1 显示的是作为示范的现有技术中的机电电开关；

图 2 显示的是作为示范的现有技术中的固态继电器；

图 3 显示的是本发明的一个示范性实施例，其中示出的是一个处于开路位置的链面的微型电开关；以及

图 4 显示的是处于闭合位置的图 4 中的示范性微型开关。

具体实施方式

图 3 显示的是依照本发明的原理的液体微型电开关的一个实施例，特别地，所述开关是一个链面结构的液体电开关。更准确地说，图 3 描绘的是液体电开关 301 的剖面图，其中所述开关具有外部壳体 302，并且作为示范，所述外壳是圆柱形的，其直径介于 10 与 500 微米之间。本领域技术人员可以了解，在这里可以选择多种适当的形状和尺寸来实现发明原理中的教导。作为示范的电极 318 和 319 放置在作为示范的圆筒的末端。在壳体 302 内部，液滴 303 和 304 分别位于两个导电板 305 和 306 的相对的两侧上，所述导电板分别电连接到开关端子 307 和 308，开关端子 307 和 308 则转而分别连接到希望切换的电负载 309。液滴 303 和 304 可以是从多种合乎需要的导电液体中选出的，例如离子性液体、水盐溶液、液态金属等等。本领域技术人员将会了解，在这里可以方便地依照本发明的原理来为液滴选择多种不同液体。

作为示范，导电液滴 303 和 304 由一种电介质密封流体 310 所环绕，其中举例来说，所述流体不能与选作液滴 303 和 304 的液体溶合，但却与所述液体密度匹配。其中举例来说，使用这种密封液体不但是为了防止液滴 303 和 304 蒸发，而且还确保开关 300 的不依赖于比重的抗振和防冲击操作。很多常见的液体都可以充当密封液体，包括硅

油、烷烃以及乙醇。一旦得到的话，根据这里的教导，本领域技术人员将会意识到，在这里可以选择任意数量的适当液体来实现这里描述的原理。

作为示范，液滴 303 和 304 允许分别经由孔 312 和 313 而局部渗透到板 305 与 306 之间的腔室 311 中。在操作中，为了在两个液滴 303 与 304 之间保持分离（也就是保持一个开路开关），不但在电极 318 与液滴 313 之间施加了一个电压差，而且还在电极 319 与液滴 304 之间施加了一个电压差。其中举例来说，在图 3 的典型实例中，将电压 V_1 施加到引线 307，并且由此将其施加到导电板 305 以及液滴 303。同样，电压 V_0 被施加到导线 308，并且由此被施加到导电板 306 以及液滴 304。这样一来，作为示范，通过向电极 318 施加大小为 $V_1+\Delta V$ 的电压以及向电极 319 施加大小为 $V_0+\Delta V$ 的电压，在导电板与液滴之间产生电压差。其结果则是沿着方向 316 而将液滴 303 的顶端部分 314 拉向电极 318，以及沿着方向 317 而将液滴 304 的顶端部分 315 拉向电极 319，由此分别拉开液滴 303 和 304 的底端部分 320 和 321，使之相互分离。由此产生开路的电开关，这样一来，在两个液滴 303 与 304 之间并没有实际传导电荷。

图 4 显示的是被配置为处于闭合或接通位置中的图 3 的电开关。参考图 4，为了在引线 307 与 308 之间建立电连接，将会从上部腔室 402 以及下部腔室 403 这两个腔室中排出液体，直到液滴 303 与 304 彼此接触为止，由此可以在导电板 305 与 306 之间形成导电液体桥 401。其中举例来说，这种从腔室 402 和 403 中排出液体的操作是通过分别消除液滴 303 和 304 与导电板 305 和 306 之间的上述电压差来实现的。一旦消除这些电压差，那么，受到上部腔室 402 和下部腔室 403 中的液滴周围的不互溶液体施加于液滴的压力，处于液滴 303 和 304 的上部 316 和 317 的一些液体分别被推回到腔室 311 中。作为示范，一旦允许液滴 303 和 304 渗透到腔室 311 中，那么它们将会相互接触，从而在导电液滴 303 与 304 之间形成链状液体桥 401。由此允许电流在这两个液滴之间流动，以便为负载 309 提供电力。

要想再次开路开关（也就是将开关切换到断路位置），那么只需要在液滴 303 与 304 以及电极 305 与 306 之间重新施加一个电位差。这个电位差旨在拉动液滴，使之更接近相应电极，相应地，在液体退回到上部和下部腔室 402 与 403 的时候，液体桥 401 将会破裂，并且引线 307 与 308 之间的电连接将会终止。

在图 3 和图 4 的实施例中显示：通过用静电学的方式调整填充腔室的液体表面的曲率，可以改变各个腔室中的液体总量。根据这里的教导，本领域技术人员可以设计出用于改变腔室中的液体总量的替换方法。例如，这种方法可以通过改变上部和下部腔室中的压力、使用电法毛细管现象或者电浸湿机制来实现。本领域技术人员将会了解，在控制液体微滴的时候，这些方法显示出具有非常显著的效果。举例来说，如果依赖于压力的变化，那么可以通过提升上部和下部腔室中的压力而从腔室中排出这一个或两个液滴中的一部分，由此液滴将会相互接触。腔室中的压力下降具有相反的效果并且会将更多的液滴拉到腔室中，由此将会中断液滴之间的接触。其中举例来说，这种压力变化可以通过使用热能来加以实现，其中所述热能是通过加热或冷却上部和/或下部腔室中的液体得到的。本领域技术人员将会了解，加热液体会导致从腔室中排出液滴，冷却液体则会将液滴拉回到腔室中。

如果使用的是电法毛细管机理，那么将会使用示范性的电解液（例如氯化钾（KCI）的水溶液）作为填充腔室的二次液体，并且将示范性的液态金属（例如汞）用于液滴液体。在液滴与防止电流流经液体-液体界面的环绕液体之间将会形成带电的电偶层，并且由此在这两种液体之间提供电绝缘。通过在液滴与环绕电解液之间施加电压差，所述双层的电荷密度将会改变，这样一来，液体-液体界面的表面张力也会改变。由于这个界面的表面张力确定了液滴的曲率，因此腔室中的液体总量也会改变。电毛细管现象是一种众所周知的效应，在很多出版物中都对此进行了描述，例如 1990 年由 A. Adamson 编著并由 John Wieley&Sons 公司出版的 Physical Chemistry of Surfaces 一书。

同样，如果使用电湿法，那么导电液滴的接触角度可以改变，由

此改变腔室中的液体总量。在美国专利申请 10/139124 中对用于改变具有基底的液体微型透镜的电湿法进行了描述，其中所述申请的名称是“Method And Apparatus For Calibrating A Tunable Microlens”，所述申请在此全部引入作为参考。

本领域技术人员将会了解，在这里如此描述的液体微型开关很容易集成到高密度的二维阵列中，由此开放了一种创建大型开关结构的方式。这种情况下可以使用自组技术，以便允许液体微滴在恰当的几何图案中调整其自身，而不需要进行特殊组合。在 2003 年 3 月 31 日提交的名为“Method and Apparatus for Variably Controlling the Movemenet of A Liquid on a Nanostructured Surface”的美国专利申请 10/403,159 中描述了这种技术，其中所述申请在这里全面引入作为参考。本领域技术人员将会了解，除了申请'159 中述及的方法之外，这种自组技术也可以通过用表面能量涂层很高或很低的备选图形选择性地对板构形来加以实现，由此会把液体吸引到上述开关结构的需要位置。

在很多方面，这里描述的基于液体的先进微型开关都是非常有利的。举例来说，除了相对廉价的制造工艺之外，在某种程度上，依照本发明原理的开关具有如下特征，那就是除了液滴之外没有其他的活动部分。电连接是通过主动改变液滴形状而被建立和中断的，相对于设备的剩余部分而言，所述液滴保持不变。这样一来，依照本发明原理的开关实际消除了机械磨损，而这正是在传统开关中导致出现故障的主要原因之一。此外，这里描述的开关不具有处于电流流动通路中的物理触点-触点界面。如上所述，电流始终是经由液体中示范性的连续链面主体（液体桥）传导的，其中所述主体是在各个切换周期中在相邻液滴之间形成的。由此消除了触点的化学和电化学降解——这是另一个为传统的现有技术的开关所共有的重大故障机制。最后，所建议的液体-液体触点设计还提供了零断路状态电流（高度绝缘）、低通路状态阻抗以及高速的无弹跳操作。这样一来，这里描述的液体开关无缝地将高可靠性、高性能、小型化以及低成本等优点结合在了一起。

上文只描述了本发明的原理。由此可以预见，虽然在这里并未明确描述或显示，但是本领域技术人员可以设计出用于实现本发明原理并包含在发明原理的实质和范围以内的不同方案。此外，这里阐述的所有实例以及条件语言只是为了进行教导，以便帮助读者理解本发明的原理，并且在这里应该将其视为是不对此类具体叙述的实例和条件加以限制。另外，在这里对本发明各个方面、实施例及其特定实例进行论述的所有语句全都包含了其功能等价物。

图1
(现有技术)

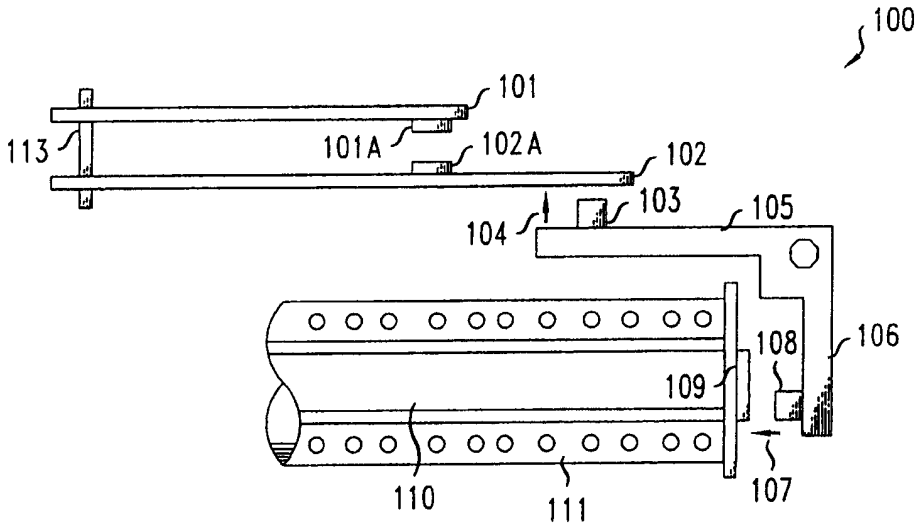


图2
(现有技术)

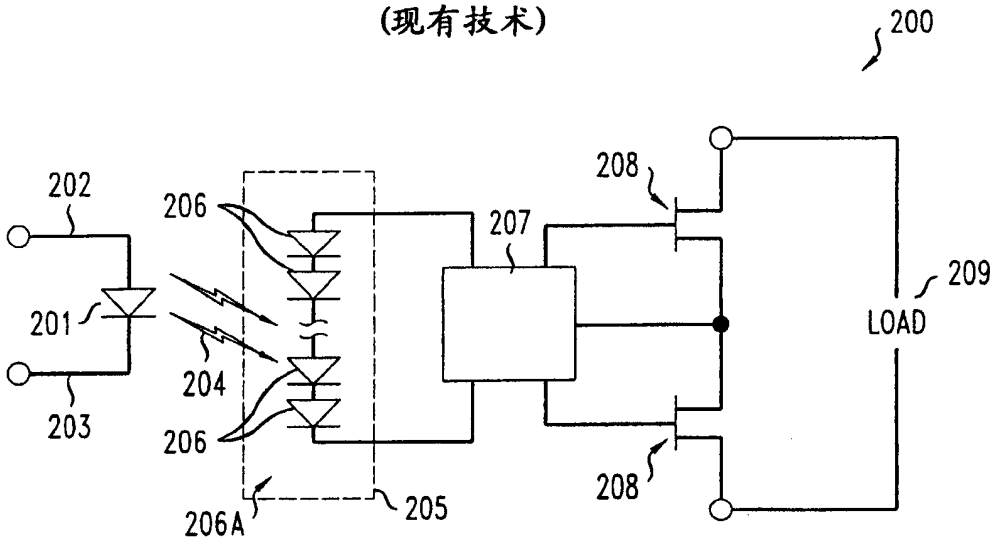


图 3

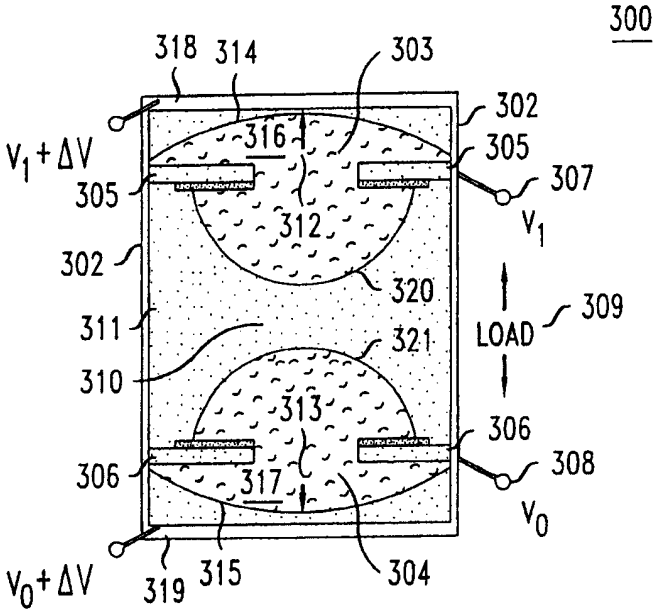
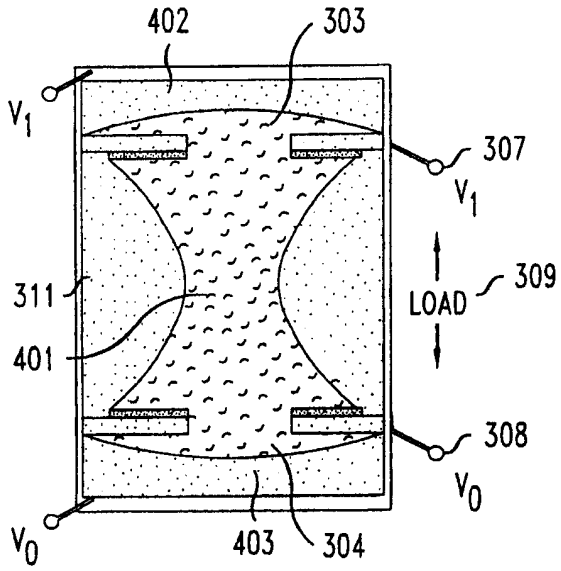

300
318
314
303
302
316
305
307
$V_1+\Delta V$
305
V_1
312
302
320
309
311
321
LOAD
310
313
306
306
308
317
V_0
$V_0+\Delta V$
319
315
304

图 4


402
303
V_1
307
V_1
309
311
LOAD
401
308
V_0
V_0
403
304