

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01G 5/16 (2006.01)

B81B 3/00 (2006.01)

H01H 59/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680038014.6

[43] 公开日 2008年10月15日

[11] 公开号 CN 101288137A

[22] 申请日 2006.10.10

[21] 申请号 200680038014.6

[30] 优先权

[32] 2005.10.14 [33] EP [31] 05109574.3

[86] 国际申请 PCT/IB2006/053711 2006.10.10

[87] 国际公布 WO2007/043006 英 2007.4.19

[85] 进入国家阶段日期 2008.4.11

[71] 申请人 NXP 股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 特奥多尔·G·S·M·赖克斯

彼得·G·斯滕肯

[74] 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司

代理人 陈源 张天舒

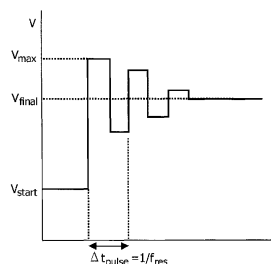
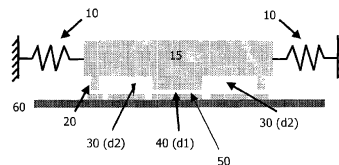
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 4 页

[54] 发明名称

MEMS 可调器件

[57] 摘要

一种微机电器件，该器件具有基板(60)、可移动元件(15)、被布置在基板和可移动元件上以移动可移动元件的电极对(40)，和对电极供电的控制器(50)。为了将可移动元件移动到中间位置，在移动过程中施加了一个或多个脉冲，来定时补偿移动的欠阻尼或过阻尼。这可以降低稳定延迟。这种器件适用于可调 RF 电容器。为了控制间隙的降低，最大电源电平的单个脉冲补偿了器件的固有迟缓和过阻尼。为了补偿欠阻尼，脉冲具有对应于谐振频率的周期，并且包括高于或低于最终电源电平的峰和谷，以便相继的峰和谷更接近于给定的供电电平。



1. 一种微机电器件，该微机电器件具有基板（60）、可移动元件（15）、电极对（40）和控制器（50），所述电极对被布置在所述基板和所述可移动元件上，所述电极对相互协作使所述可移动元件相对于所述基板移动，所述控制器对所述电极供电，以将所述可移动元件移动到最大位置和最小位置之间的中间位置，所述控制器提供一个或多个具有比将所述电极保持在中间位置的第二电平高的第一电平的脉冲，然后将脉冲降低到第二电平以将所述可移动部分稳定在所述中间位置。

2. 根据权利要求1所述的器件，所述一个或多个脉冲取决于所述移动是减小还是增大所述电极之间的间隙（d1）。

3. 根据权利要求1或2所述的器件，所述控制器布置来控制所述电极之间的电压差，从而改变静电力。

4. 根据前面权利要求中的任何一项所述的器件，其中为了控制所述电极之间间隙的增大，所述控制器布置来提供最大供电电平的单个脉冲。

5. 根据权利要求4所述的器件，所述单个脉冲的持续时间取决于移动之前和之后的供电电平。

6. 根据前面权利要求中的任何一项所述的器件，其中为了控制所述电极之间间隙的减小，所述控制器布置来提供一个被定时来抑制所述可移动元件的振荡的脉冲序列。

7. 根据权利要求6所述的器件，所述序列取决于移动之前和之后的供电电平。

8. 根据权利要求 6 或 7 所述的器件，所述序列具有与振荡频率对应的周期，并且包括许多高于或低于给定电源电平的峰和谷，相继的所述峰和谷更接近给定供电电平。

9. 根据前面权利要求的任何一项所述的器件，其具有在所述基板上和在所述可移动元件上的电容器电极（30），从而形成可调电容器。

10. 根据前面权利要求的任何一项所述的器件，所述器件具有对所述可移动元件进行偏置的弹性联轴器（10）。

11. 根据权利要求 10 所述的器件，所述弹性联轴器至少被布置在所述可移动元件的两侧上。

12. 一种控制微机电器件的可移动元件的方法，该微机电器件具有基板（60）、可移动元件（15）、被布置在所述基板和所述可移动元件上的电极对（40），所述电极对相互协作以使所述可移动元件相对于所述基板移动，所述方法具有以下步骤：在移动过程中，通过把一个或多个具有比将所述移动元件保持在中间位置所需的第二电平高的电平的脉冲施加给所述电极，将所述可移动元件移动至中间位置，随后施加所述第二电平以将所述可移动元件稳定在所述中间位置。

MEMS 可调器件

技术领域

本发明涉及 MEMS 器件, 并涉及控制和制造这种器件的相应方法, 以及具体地涉及 MEMS 可调电容器件。

背景技术

术语“MEMS”(微机电系统、结构或开关)可以包括多种器件。MEM 器件的常见布置包括诸如独立梁之类的可移动元件, 该元件的第一电极与第二电极相对。第一电极和第二电极彼此分离一个气隙。通过施加激励电压来提供静电力, 使第一电极朝向第二电极移动。使用弹力可以使第一电极移动远离第二电极。也可以使用其它力, 诸如来自线圈形式的电极中的电流的感应力、气压等等。MEMS 器件通常具有下述特征: 元件尺寸小, 例如在微米范围内(大约人类头发的厚度)、采用电信号的可电控器件以及在机械方面包含运动部件。

一些常见应用是:

- 麦克风或扬声器; (使用特殊类型薄膜)
- 传感器, 特别是气压传感器
- 谐振器
- 显示器中的像素开关, 或用于驱动光开关的镜片的像素开关,
- RF 应用中的开关或可变电容。

一种重要的商业应用是将 MEMS 器件用于与诸如电话或计算机(例如笔记本电脑)之类的移动无线装置的前端中的集成波段转换的可变阻抗匹配。在 WO 2004/000717 中示出了采用 MEMS 器件的可变电容示例。可以从基于金属的 MEMS 形成可调电容器, 其在 RF 架构(例如, 自适应阻抗匹配网络或可变 LC VCO 储能电路)中具有广泛的应用前景。

然而, 这些器件的缺点是它们的固有的迟缓, 尤其是当激励电

压接近闭合电压时。闭合电压是当顶部金属的位移已经到达中间间隙闭合的点时的电压。在大气压力下，阻尼效应比惯性效应占优势。当达到由静电力和弹力的平衡所确定的平衡位移时，在该界限处可以计算出，接近闭合电压时，移动电极的速度以及速度对位移的导数都接近零。遗憾的是，在略低于闭合电压时出现了最大电容变化。

发明内容

本发明的目的是提供改进的 MEMS 器件，以及控制和制造这种器件的相应方法，具体地涉及改进的 MEMS 可调电容器器件。本发明的优点是能够快速达到可调 MEMS 器件的工作点，例如，该可调 MEMS 器件具有可移动构件和在其间的可设置间隙。

根据第一方面，本发明提供：一种微机电器件，该微机电器件具有基板、可移动元件、电极对和控制器，将电极对布置在基板和可移动元件上，所述电极对相互协作来使可移动元件相对于基板移动；控制器对电极供电，以将可移动元件移动到最大位置和最小位置之间的中间位置，该控制器提供一个或多个具有比将电极保持在中间位置所需的第二电平高的第一电平的脉冲，然后将脉冲降低到第二电平以将可移动部分稳定在中间位置。优选的第一电平是接近于可以施加的（例如不会击穿的）最大电压。为了提供这个电压，可以提供独立的电压发生器。除了电压之外，还可以向感应器件施加电流。

可选地，每当在一个方向上移动可移动元件，只施加第一电平，而不考虑要达到的中间位置。改变施加第一电平脉冲的持续时间以使可移动元件接近期望的最终位置。

为了补偿上面提到的移动过阻尼和/或固有迟缓，控制器以可获得的最高电压将可移动元件尽快驱动至中间位置，这个最高电压优选地高于将可移动元件保持在中间位置的电压。如果器件是欠阻尼的，当施加一个或多个脉冲时，电极可能被迫进入振铃状态。在这种情况下，主动阻尼可以抑制振铃。通过电极电容的振荡变化可以检测振铃，并且由此产生的适当反向驱动电压可以抑制振铃。这可以降低稳定延迟（settling delay），因此有助于克服这种延迟的缺点。理论上，

该优点适用于任何可调器件。

根据另一方面，本发明提供：一种微机电器件，该微机电器件具有基板、可移动元件、电极对和控制器，将电极对布置在基板和可移动元件上，两个电极相互协作来使可移动元件相对于基板移动；控制器用于对电极供电，以使可移动元件移动到最大位置和最小位置之间的中间位置，该控制器供电以通过主动阻尼来克服振铃。理论上，该方法适用于任何可调器件。

本发明的实施例提供一种微机电器件，该微机电器件具有基板、可移动元件、电极对和控制器，将电极对布置在基板和可移动元件上，两个电极相互协作来使可移动元件相对于基板移动；控制器用于对电极供电，以通过在移动过程中对电极提供一个或多个脉冲并随后施加给定电源电平来使可移动元件移动到最大位置和最小位置之间的中间位置，例如，对应于施加到电极上的给定电源电平的中间位置，所述一个或多个脉冲被定时来补偿固有的迟缓和/或补偿移动的欠阻尼或过阻尼。这可以减小稳定延迟，因此有助于克服这种延时的缺点。理论上，这个优点适用于任何可调器件。

作为某些实施例的附加特征，脉冲选择取决于移动是为了减小还是增加电极之间的间隙。这典型地确定了移动是欠阻尼的还是过阻尼的，因此确定了脉冲应该增加阻尼还是克服阻尼以减小稳定时间。

作为另一个这样的附加特征，控制器布置来控制电极之间的电压差以改变静电力。这典型地比诸如使用感应力之类的替代物更省电。

作为另一个这样的附加特征，为了控制间隙的减小，控制器布置来提供最大供电电平的单个脉冲。这适用于一种间隙的减小是过阻尼的器件这种常见情况。

作为另一个这样的附加特征，单个脉冲的持续时间取决于在移动之前和之后的供电电平。

作为另一个这样的附加特征，为了控制间隙的增加，控制器布置来提供定时脉冲序列来抑制可移动元件的振荡。这适用于一种间隙的增大是欠阻尼的器件这种常见情况。

作为另一个这样的附加特征，该序列取决于移动之前和之后的供电电平。

作为另一个这样的附加特征，该序列具有对应于谐振频率的周期，并且包括一些高于或低于给定电源电平的峰和谷，以便相继的峰和谷更接近给定供电电平。

作为另一个这样的附加特征，该器件具有在基板上和在可移动元件上的电容器电极，以形成可调电容器。

作为另一个附加特征，提供弹性联轴器以对可移动元件进行偏置。与需要多对电极的浮动可移动元件相比，这可以提供更简单的结构或更准确的定位。

作为另一个附加特征，至少在可移动元件的两侧布置弹性联轴器。这可以提供更稳定和可靠结构，例如，该结构不易受振动影响并且具有较少的制造偏差。

本发明的其它方面包括控制这种器件的相应方法。

可以将任意的附加特征结合起来，以及可以将任意附加特征与任意方面结合。对于该领域的技术人员而言，相对于其它现有技术的其它优点是明显的。在不偏离本发明的权利要求的前提下，可以进行各种变化和修改。因此，应当完全理解的是，本发明的形式只是说明性的，而不是为了限制本发明的范围。

附图说明

参照附图，通过示例，对如何实施本发明进行描述，其中：

图 1 示出了 MEMS 可调电容器的示意图，

图 2 示出了电容和激励电压之间的关系图，

图 3 示出了调谐比和闭合时间之间的关系图，

图 4 示出了根据本发明的实施例，在移动过程中激励电压的脉冲，

图 5 示出了在 $V=V_{\max}$ 时测得的电容和时间的关系图，

图 6 示出了电容的稳定时间图，

图 7 示出了根据本发明的另一实施例在移动过程中激励电压的

脉冲，

图 8 示出了根据本发明的实施例的电极电压控制器的部件。

具体实施方式

本发明的权利要求范围不只限于明确公开的实施例。任何参照标记都不限制权利要求的范围。词语“包括”不排除在权利要求中所列举的元素和步骤之外的其它元素或步骤的存在。在元素前词语“一个”的使用不排除多个这种元素的存在。

双间隙平行极板可调电容器结合了连续的和可逆的大电容调谐，典型的调谐比（tuning ratio）为 4 至 5，具有在 1pF 和 2GHz 时为 300 的典型高品质因数（参照 Rijks 等等将要出版的文献以及其中的参考文献）。调谐比被定义为 $C(V)/C(0)$ 。图 1 中示意地图示了这个概念。该图示出双间隙中继式可调电容器的截面图。具有大气隙的激励电容器与具有小气隙的 RF 电容器分离。当 $d1/d2 < 1/3$ 时，可以连续地调谐间隙 $d1$ 而不受吸合效应限制。由于可移动元件具有有限刚度，在结构边缘的凸起可以防止激励电容引起的吸合效应。

图 2 示出了所测得的作为激励电压函数的电容和调谐比的调谐曲线。虚线表示闭合电压。与只有两个重要状态的开关相反，通过选择适当的激励电压，可以实现在开启状态和闭合状态之间的所有状态。

然而，这些器件的缺点是它们固有速度慢，尤其当激励电压接近闭合电压时。闭合电压是当上面金属的位移 x 等于 $d1$ 并且中间间隙闭合时的电压。在大气压力下，阻尼效应比惯性效应占优势。当达到由静电力和弹力的平衡所确定的平衡位移时，在该界限处可以计算出，接近闭合电压时，不仅移动电极的速度而且速度对位移的导数都接近零。遗憾的是，在略低于闭合电压时出现最大电容变化（见图 2）。图 3 示出调谐比和闭合时间（当施加阶跃函数电压时，所测得的从 $C(0)$ 至 $C(V)$ 的时间）的关系。在图 3 中，自测量结果导出三角形标记，括号中的数字表示在 $t=0$ 时所施加的单位为伏特的激励电压。已经计算出了关系线。这个器件的闭合电压大约是 15V。

该实施例示出了激励可调 MEMS 器件的方法，这种方法将产生更快的调谐。诸如电容器之类的可调器件的一些实施例是被适时的电压脉冲激励的，该电压脉冲具有比将可调器件保持在最终期望位置所需的电压值高的电压值。施加这种具有不同脉冲宽度 Δt_{pulse} 的电压的目的是使调谐器件接近最终期望的位置。在其它实施例中，采用许可的最高电压 ($V_{\text{max}} \gg V_{\text{close}}$) 进行激励， $V_{\text{max}} / V_{\text{close}}$ 典型地是 2-5，并且具有特定的脉冲宽度 Δt_{pulse} ，以便可以获得最高可能调谐速度，随后施加第二电压 V_{final} 以稳定所需状态。双间隙平行极板可调 MEMS 电容器尤其适用该方法。

MEMS 器件的两种常见结构如下：

1. 在诸如硅之类的半导体基板中的 MEMS 结构。在这种情况下，电极与基板表面垂直。这种结构可以应用于传感器应用和谐振器应用，但是也不排除其它应用。
2. 作为薄膜元件的 MEMS 结构。典型地，作为梁的可移动元件实质上平行于基板。这种类型 MEMS 结构典型地用于 RF MEMS。对于梁，至少有两种结构：

双端固支梁，即与在两侧或多侧与基板表面连接的梁，以形成弹力耦接，以便朝向基板的偏转出现在梁的中心。

单端固支梁（悬臂梁），在这种情况下，朝向基板的偏转出现在梁的末端。

梁通常具有孔，这是对梁和基板之间的牺牲层进行蚀刻以产生气隙的结果。当打开或闭合梁时，通过允许空气流入和流出在梁和基板之间的空穴，这些孔还有助于降低空气阻尼。在 WO 2004/000717 中示出使用 MEM 器件的可调电容器示例。在该文中，阐述了随着电极间的间隙的降低，电容增大。与可移动电极的移动距离成正比的机械弹力限制着运动。然而，当可移动电极移动时，静电吸引力与间隙变化呈非线性关系。因此，存在吸引力克服了弹力而电极坍塌在一起的一个点。这种情况发生时的控制电压被称为“吸合”电压 V_{p1} 。该文献还阐明了这种现象将电容调谐比限制为 1.5，这对于很多应用是不够的。为了增加这个比值，已知的是给电容器提供用以将静电力施加

给梁的两个分离的电极，并且该电容器电极具有较小的间隙。

本发明的第一实施例可以利用图 1 所示的布置，并且参照用于射频 (RF) 的器件将对该实施例进行描述。该图示出了由弹性联轴器 10 保持的可移动元件 15。以定义了间隙 d_1 的基板和可移动元件来提供电容器电极 40。以定义了比 d_1 大的间隙 d_2 的基板和可移动元件来提供用于移动可移动元件以调谐电容器的驱动电极 30。可以提供止动器 20 以防止电极的吸合。移动的顶部电极典型地是 DC 和 RF 的公共地。如图 1 所示，在这种情况下，底部电极是分段的，并且被固定在基板 60 上。底部中心电极被用于 RF 电容器（小气隙），底部左电极和底部右电极与 DC 激励连接（大气隙以阻止吸合）。电极电压控制器 50 为驱动电极提供用于移动可移动元件所必需的电压或电流。

可以使用申请者已知的制造工艺来制造 MEMS 结构，这些制造工艺被称为 PASSI™ 或 CoSip（还被称为 PICS 或基于硅的 Sip SbSiP）。这些制造工艺提供了如下器件的工艺流程，例如像线圈、电阻器和电容器的无源部件，用于移动电话应用的 MEMS 开关和可调电容器。与标准的 PASSI™ 相比，RF-MEMS 的区别在于为了产生表面微机械自由悬挂结构的牺牲层蚀刻步骤。更多细节可以从以下参考文献中找到：J. T. M van Beek et al., High-Q integrated RF passives and RF-MEMS on silicon: Materials, integration and packaging issues for high-frequency devices symp. Boston 2003. Ed. by P. Murali et al. *MRS Fall meeting*. Vol. 783. Warrendale, MRS Materials Research Soc., 97-108, 2004, 以及：T. G. S. Rijks et al, MEMS tunable capacitors and switches for RF applications, MIEL 2004, Nis, Serbia, *24h Int. Cont Microelectronics*, Conference proceedings.

本发明的一些实施例用适时的电压脉冲激励可调电容器，该电压脉冲具有比将电容器保持在最终期望位置所需的电压值高的电压值，在一些实施例中，采用许可的最高电压 ($V_{max} \gg V_{close}$) 进行激励。施加这种脉冲宽度为 t_{pulse} 的脉冲的目的是使调谐器件尽可能接近最

终期望的位置，以便获得最快可能调谐速度，随后将电压降低至第二电压 V_{final} 以稳定所需状态。如图 4 所示出的示例。上述问题和用以解决该问题的方法尤其适用于所有向上调谐的布置（即增加电容量）。如图 6 所示出的示例。对于向下调谐（即减小电容，表示电容性 MEMS 开关的开启时间的降低），调谐速度是由弹力和空气阻尼确定的，该器件可以处于欠阻尼状态，因此在施加如上所述的脉冲后，处于振铃状态。在这种情况下，通过提供被定时来与振铃不同相的脉冲，可以使用后续不同的脉冲序列来降低稳定时间。下文图 7 中示出该示例。通过使振荡最小化，这可以降低调谐时间。

在图 4 中， V_{start} 定义了施加在具有电容量 C_{start} 的可调电容器上的启动电压或当前电压。 V_{final} 是确定可调电容器的最终状态或新状态 C_{final} 的电压。这两个电压都可以由图 2 中的 C-V 曲线得到。如图 4 所示，施加了 V_{max} 的脉冲。在该脉冲的结尾，施加了 V_{final} 以保持电极，从而保持电容量处于恒定值。 V_{max} 是高于 V_{final} 的电压，并且优选地是许可的最大（例如没有严重损坏或击穿风险的可能的最大的）激励电压。如图 5 所示，当忽略惯性时，可以从在 V_{max} 时的 C-t 曲线得出 Δt_{pulse} 。该图示出了施加阶跃函数激励电压 V_{max} 时的电容的时间响应。图 4 的 V-t 图形理论上是将电容从 C_{start} 向上调谐到 C_{final} 的最快方式。该实施例的原则是驱动系统使其尽快到达期望位置，然后施加将系统保持在所到位置所需的约束（例如电压）。

如图 7 所示及下文描述，当稳定时间是例如欠阻尼器件中的问题时，可以设计更复杂的 V-t 图形。

在本发明的实施例中，使用了两种调谐控制形式：首先，用高电压过驱动 MEMS 器件的可移动构件，在这种情况下，尽快将该构件驱动到最终位置，其次，如果可移动元件是欠阻尼的并且已经开始振铃，则应用主动阻尼。

为了比较，图 6 示出三种不同情况下的器件电容的时间响应图。

图 6 通过比较示出施加图 4 的 V-t 图形的结果的第一示例。上曲线是对在 $t=500\mu\text{s}$ 时无脉冲情况下施加的从 0V 至 $V_{\text{final}}=V_{\text{max}}=30\text{V}$ 的阶跃函数激励电压的响应。下曲线是对无任何脉冲的从 0V 至

$V_{\text{final}}=13.2\text{V}$ 的阶跃函数激励电压的响应。该曲线示出了较长的稳定时间。中间曲线示出了对具有类似于图 4 的用于降低稳定延迟的脉冲的 $V-t$ 图形的响应, 该 $V-t$ 图形的 $V_{\text{start}}=0\text{V}$ 、 $V_{\text{max}}=30\text{V}$ 、 $V_{\text{final}}=13.2\text{V}$ 以及 Δt_{pulse} 是 $3\mu\text{s}$ 。虽然在初始响应后, 存在稳定过程, 但是中间曲线明确地示出了调谐速度的增益。关于 $500\mu\text{s}$ 附近的过渡时期, 在 $t=500$ 和 $t=503\mu\text{s}$ 的峰值是由于测量系统中的电容器 (例如通过同轴电缆) 的充电和放电的结果, 因此可以被忽略。

与已知的采用具有脉冲的操作相比, 本发明实施例中的电压脉冲用于降低调谐延迟, 随后施加保持电压 (V_{final}) 以稳定最终状态。

例如当采用低压密封包装来包装器件时, 器件的可移动元件能变为欠阻尼。这会增加调谐速度, 也会导致振铃, 即在稳定状态附近以机械谐振频率振荡。当检测到振铃时, 可以将振铃反馈至驱动电压发生器。如果使驱动电压以相位差为 180 度的相同频率振荡, 则该驱动电压将有效地抑制器件的振荡。这是主动阻尼的原理。图 7 示出用于抑制振铃以降低稳定时间的一个脉冲序列的示例。该序列具有对应于谐振频率的周期, 并且包括一些高于和低于给定供电电平的峰和谷, 因此相继的峰和谷序列将接近给定供电电平。根据振铃的数量可以确定降低峰和谷的速度。这取决于开始电平和最终电平, 并取决于诸如弹性常数之类的可移动元件的特征以及空气阻尼系数。

如果合适的话, 可以使用反馈机制, 以便控制器感测输出电容振铃并且相应地改变电极控制。可以改变脉冲的周期和幅度。

图 8 示出了控制器部件的示例, 虽然可以设想出其它实施方法。对于很多应用, 使用高电压来提高调谐速度。由于 MEMS 电容器的驱动电极的驱动电压可能超过标准 CMOS 工艺可得到的电压, 所以通常使用高压发生器芯片。该芯片具有产生上述 $V-t$ 图形的电压调节器。在图 8 的示例中, 使用振荡器 100 来产生高压, 该振荡器由为其它电路供电的低压电源 (典型地为 2.7V , 但是可以使用其它电平) 供电。该振荡器将 DC 馈送至升压 DC 转换器 110。这可以通过电荷泵或其它期望的已知类型的电路。示出的是 30V 输出, 但是可以根据需要使用其它电平。当对差分电压以及变化率进行改变时, 所需电流量将取决

于所用电荷。

改变差分电压包括提供取决于驱动电极电容和电压电平的电荷。驱动电极的电容由两部分组成：气隙电容和电解质电容。这两部分串联连接，因此可以得到总电容。可以由布置的弹簧常数、由可移动元件周围的大气产生的阻尼系数、电介质的介电常数和相对介电常数导出确定可移动元件运动的力学方程。用于完全下拉电桥所需的电荷可以极低，在 50pC 范围内（闭合电容为大约 10pF，电压为 5V）。然而，如果施加较高电压，这将导致使用更多电荷。

将高压馈给电压调节器 120，电压调节器 120 将脉冲和电平输出到驱动电极。可遵循高压施用的惯例来实现调节器。一个示例是被布置为可变电阻器的 MOSFET。由控制信号对其进行控制，在这个示例中，控制信号是由通过微处理器 130 馈送信号的 DAC（数模转换器）140 输出的，微处理器 130 遵循程序并且根据诸如时序信号和来自别处的反馈来输出脉冲和电平的数字显示。可以使用传统的编程语言对处理器进行编程。可以使用例如遵循惯例的逻辑电路或其它数字硬件来实现处理器电路或其它部分。该处理器例如可以使用任何传统的 ASIC 技术，或可以被实现为不同技术的混合。该器件可以被实现为使用不同技术的混合以适应 MEMS 结构、高压电路以及低压逻辑和其它电路的不同要求。

本发明实施例应用广泛，尤其用于采用可调电容器来建立自适应网络的 RF 架构中。示例有自适应阻抗匹配网络和用于移动通信 RF 前端的 VCO 的可调 LC 储能电路，以及用于移动 TV 或移动通信基站的自适应滤波器。除了电容器之外，实施例可以包括任何利用被重新定位在中间位置的可移动元件器件，包括可变衰减器、光束偏转板、传感器等等。

已经描述了一种微机电器件，该器件具有基板（60）、可移动元件（15）、被布置在基板和可移动元件上以移动可移动元件的电极对（40）以及用以对电极供电的电极电压控制器（50）。为了将可移动元件移动到中间位置，以第一电压施加了一个或多个脉冲，所述第一电压高于将器件保持在中间位置所需的电压。第一电压被施加一定

时间周期使器件接近中间位置。在移动过程中，一个或多个脉冲被定时来补偿器件的固有迟缓和/或移动的欠阻尼或过阻尼。在本发明实施例中，采用了两种控制形式：当 MEMS 器件的可移动元件闭合时，采用高压过驱动，在这种情况下，元件被尽快地驱动到它的最终位置；以及当可移动元件是欠阻尼的并且振铃已经开始时，采用主动阻尼。这可以降低稳定延迟。本发明适用于可调 RF 电容器。为了控制间隙的降低，最大供电电平的单个脉冲可以补偿过阻尼。为了补偿欠阻尼，可以施加另外的具有与谐振频率对应的周期的脉冲，这些脉冲包括高于和低于最终电源电平的峰和谷，相继的峰和谷越来越接近给定供电电平。

本发明适用于：

- 麦克风或扬声器；（使用特殊类型振膜）
- 传感器，尤其是气压传感器
- 谐振器
- 显示器中的像素开关，或用于驱动光开关的镜片的像素开关，
- RF 应用中的开关或可变电容。

所属领域的技术人员可以设想出在权利要求范围内的其它变化和其它优点。

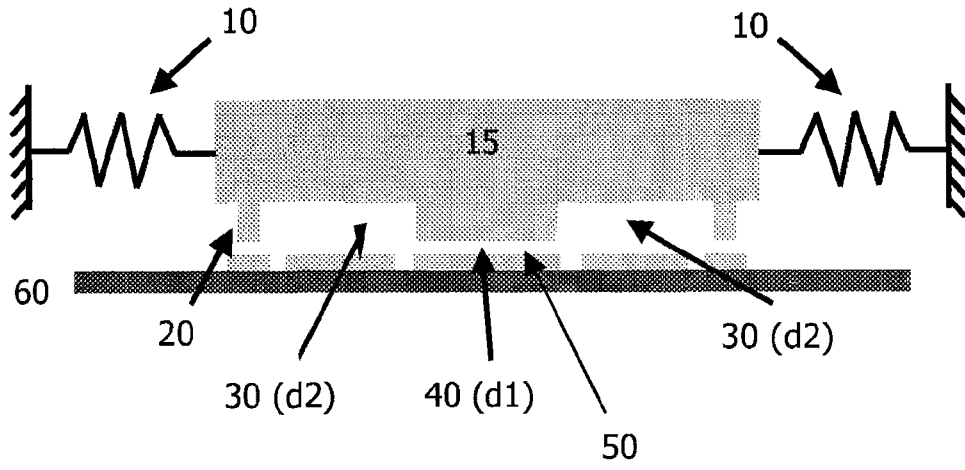


图 1

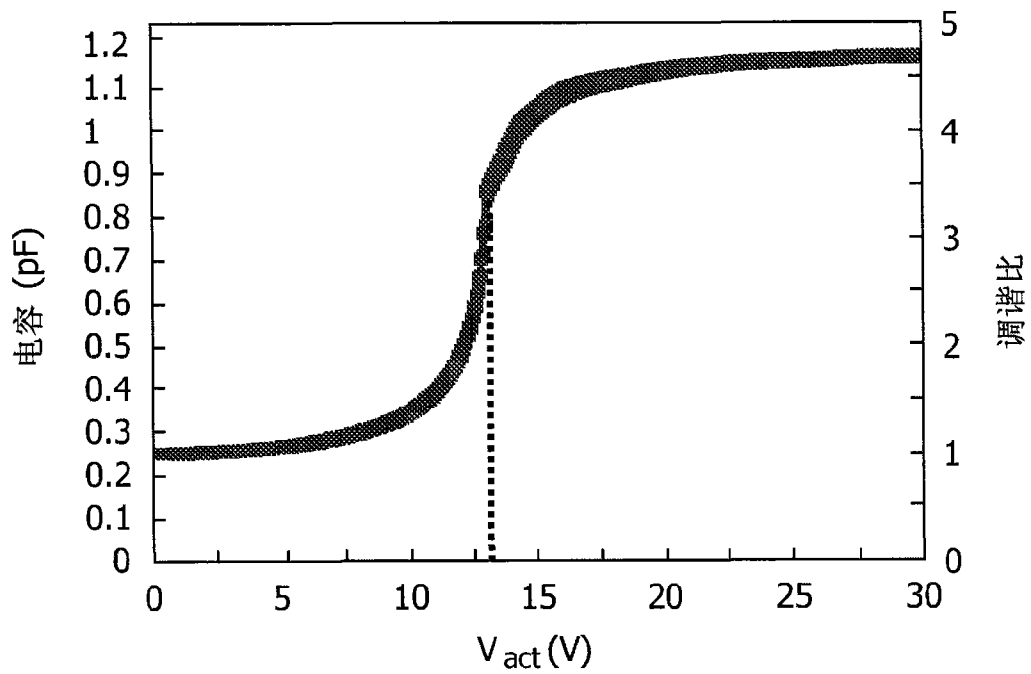


图 2

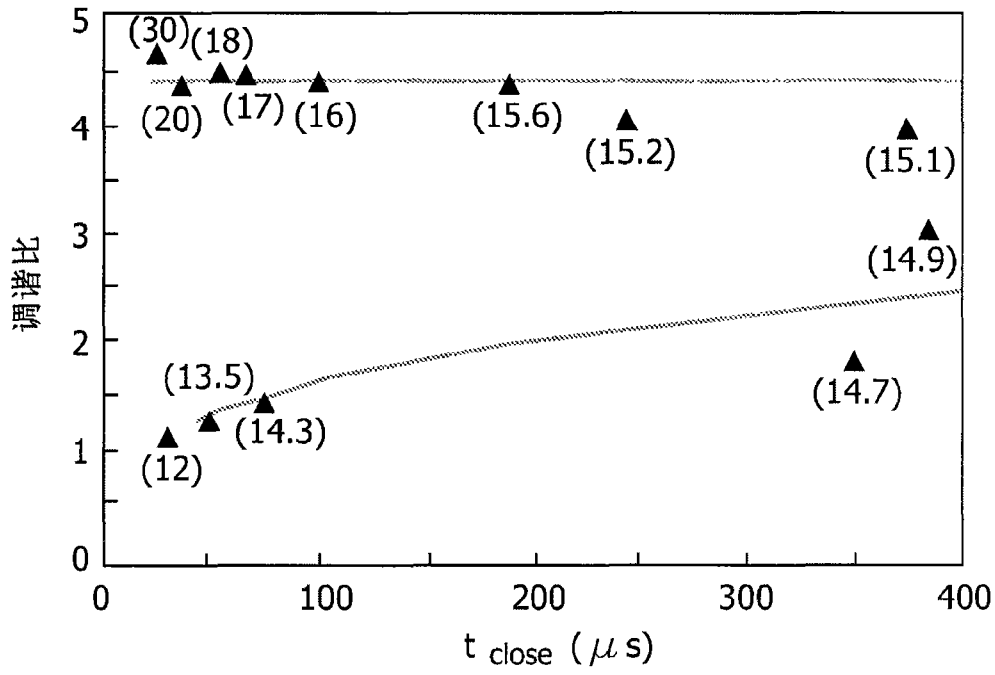


图 3

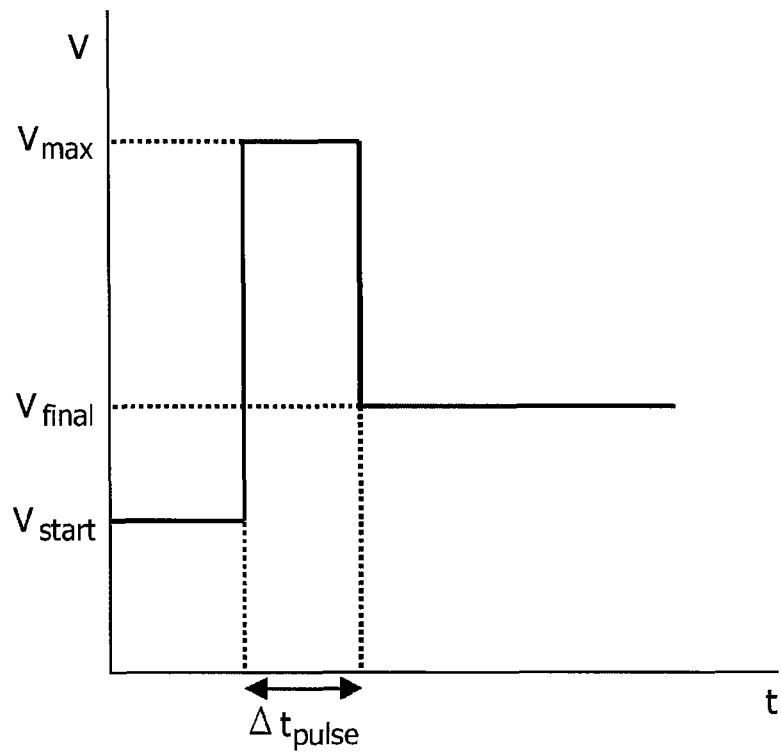


图 4

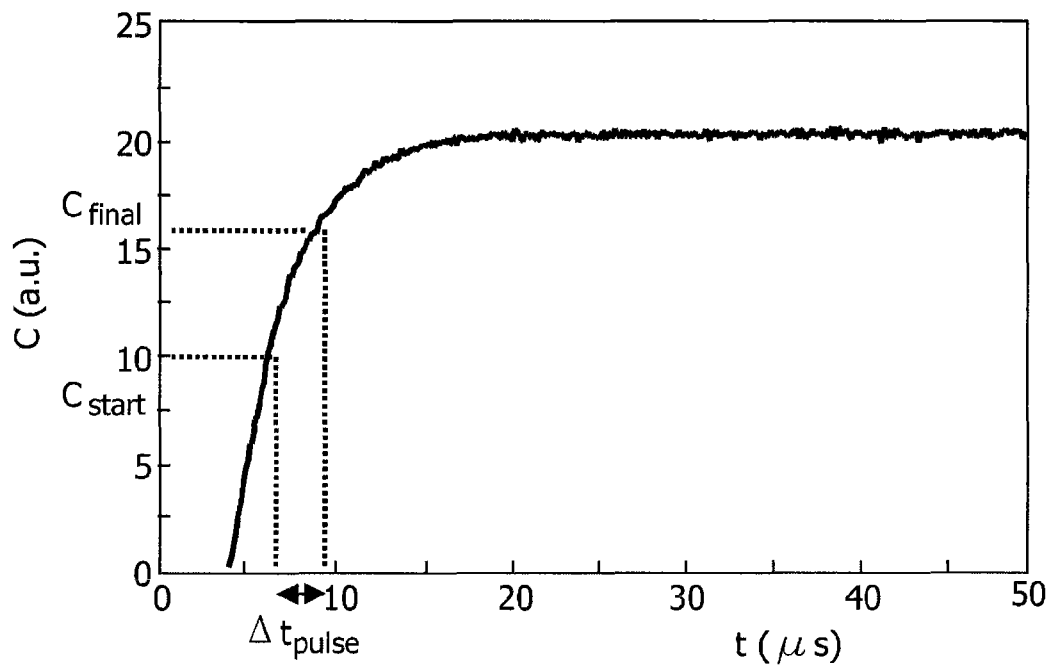


图 5

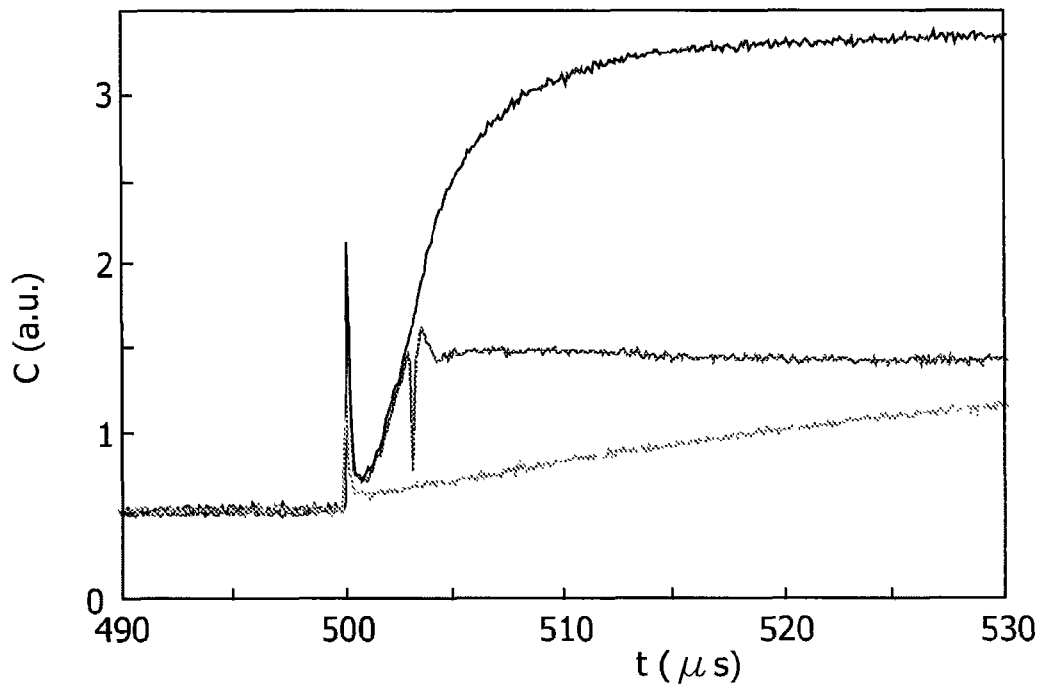


图 6

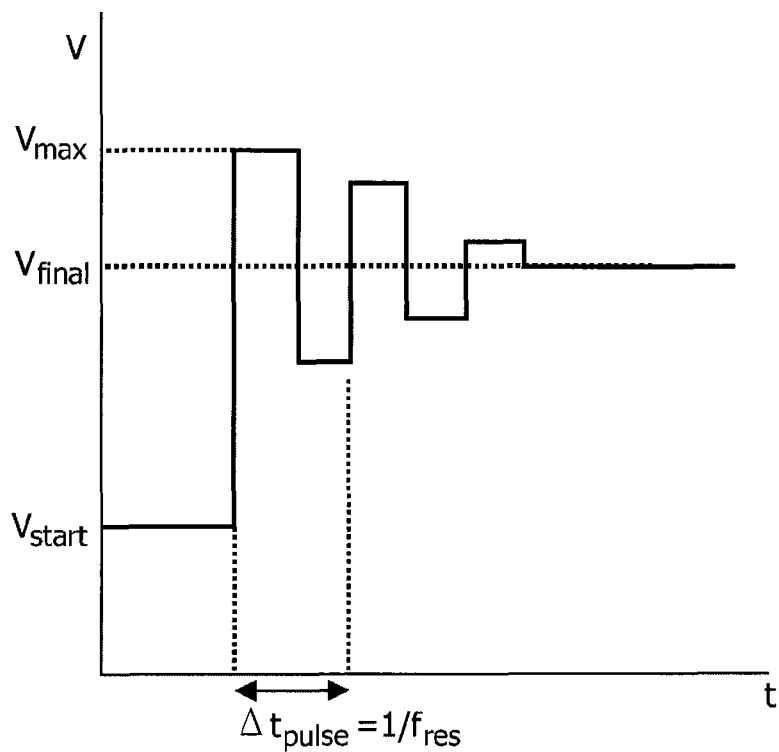


图 7

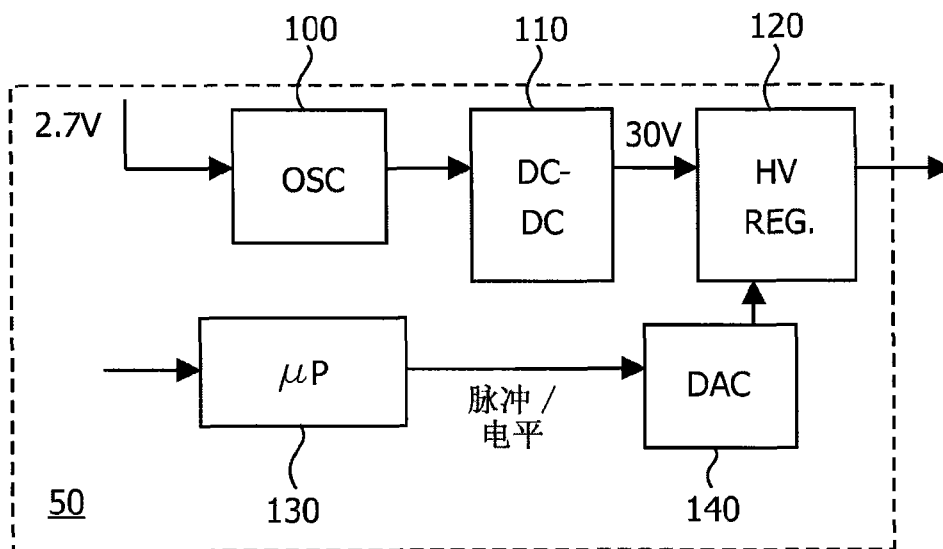


图 8