



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101719575 B

(45) 授权公告日 2012.08.29

(21) 申请号 201010300231.6

(22) 申请日 2010.01.13

(73) 专利权人 上海交通大学
地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 汪红 毛胜平 吴义伯 汤俊
丁桂甫

(74) 专利代理机构 上海交达专利事务所 31201
代理人 王锡麟 王桂忠

(51) Int. Cl.
H01P 1/10(2006.01)
B81B 7/02(2006.01)

(56) 对比文件
CN 1675728 A, 2005.09.28,
CN 1302445 A, 2001.07.04,
CN 101226856 A, 2008.07.23,
WO 0205012 A2, 2002.01.17,
Medea Cesar Degbe. Design of a

radio-frequency bistable switch using a thermalactuation on a dielectric membrane. 《IEEE, International Symposium on Signals, Systems and Electronics, 2007》. 2007,

审查员 徐泉

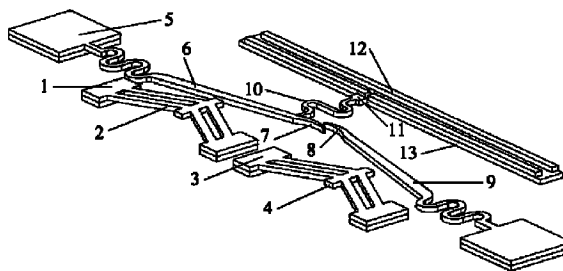
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

电热驱动的面内双稳态射频微开关

(57) 摘要

一种微机电技术领域的电热驱动的面内双稳态射频微开关,包括:电热驱动机构、机械闭锁机构和信号转换机构,其中:电热驱动机构位于机械闭锁机构的正下方,机械闭锁机构与信号转换机构相连接。本发明利用一对闭锁触头实现机械锁定,稳态保持时不需要持续功耗。同时充分发挥电热驱动器驱动力大、位移功率密度高、便于集成制造的优势,用作本开关机械闭锁结构的致动形式。该开关结构简单,适于一体制造,具有可预见的 RF 特性,存在批量制造和实际应用的可能。



1. 一种电热驱动的面内双稳态射频微开关,包括:电热驱动机构、机械闭锁机构和信号转换机构,其特征在于:电热驱动机构位于机械闭锁机构的正下方,机械闭锁机构与信号转换机构相连接;

所述电热驱动机构包括:主驱动器电极、电热主驱动器、副驱动器电极和电热副驱动器,其中:主驱动器电极与电热主驱动器相连,副驱动器电极与电热副驱动器相连,电热主驱动器和电热副驱动器的末端分别正对机械闭锁机构相对设置并不相接触;

所述的信号转换机构包括:柔性杆、接触头和信号线,其中:柔性杆的一端与机械闭锁机构相连,另一端与接触头相连,接触头与信号线相对设置且不相接触;

所述的机械闭锁机构包括:两个固定锚、主悬臂梁、副悬臂梁、主闭锁触头和副闭锁触头,其中:主悬臂梁的外端和副悬臂梁的外端分别与两个固定锚相连接,主悬臂梁的内端和副悬臂梁的内端分别与主闭锁触头和副闭锁触头相连接,主闭锁触头与信号转换机构相连,主闭锁触头与副闭锁触头相对设置且不相接触;

所述的主闭锁触头与副闭锁触头的横截面为形状相同的弧形结构,其纵向最短间隔为2~5微米,横向重叠距离为5~10微米,弧形部分的宽度从50微米渐变为10微米。

2. 根据权利要求1所述的电热驱动的面内双稳态射频微开关,其特征是,所述的电热主驱动器和电热副驱动器均为多个单晶硅V型电热驱动器的阵列组合。

3. 根据权利要求1所述的电热驱动的面内双稳态射频微开关,其特征是,所述的主悬臂梁和副悬臂梁的外端均有一段S型弹簧,S型弹簧的宽度为50微米。

4. 根据权利要求1所述的电热驱动的面内双稳态射频微开关,其特征是,所述的主悬臂梁和副悬臂梁的刚性悬臂梁部分宽度是渐变的,宽度从200微米渐变为50微米。

5. 根据权利要求1所述的电热驱动的面内双稳态射频微开关,其特征是,所述的主悬臂梁和副悬臂梁的刚性悬臂梁部分在横向都存在一个倾角,这个倾角为10~30度。

6. 根据权利要求1所述的电热驱动的面内双稳态射频微开关,其特征是,所述的柔性杆为具有弹簧结构的金属条,该柔性杆的宽度小于主悬臂梁以及副悬臂梁的宽度,宽度为10~30微米。

电热驱动的面内双稳态射频微开关

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种微机电系统技术领域的装置,具体是一种电热驱动的面内双稳态射频微开关。

背景技术

[0002] 近些年来,射频微机电系统技术(RF MEMS)已经在民用和军用方面都展现出巨大的潜力,其中的一个很重要的领域就是RF MEMS开关。就目前常见的开关而言,以晶体管和二极管为主的半导体开关,功率容量低,电阻损耗高,并且截止频率进一步提高的速度正在逐渐减缓;电子机械开关的功率容量大,但是功耗大,工作速度相当慢,并且只能在低频段使用。而RF MEMS开关既综合了半导体开关和机械开关的优点,又克服了他们的缺点;电阻损耗低,隔离度非常高,功率容量大,而功耗小到可以忽略。

[0003] 在MEMS开关中,无功耗实现稳态保持正在成为大家日益追逐的一个目标。与利用磁路锁定相比,新颖的机械闭锁结构不管在工艺制备还是器件复杂性上都具有明显的优点。静电驱动是MEMS开关中目前使用最普遍的驱动形式,然而静电驱动一般需要几十伏的驱动电压,这与目前互补式金属氧化物半导体(CMOS)标准的控制电压不匹配。而利用电热驱动,驱动电压一般不超过5V,与CMOS标准相兼容,并且同等条件下开关的接触力最大。此外,机械闭锁结构一般需要较大的驱动力,热驱动的能量密度最高,驱动力最大,因此最适合作为机械闭锁结构的驱动形式。

[0004] 经过对现有技术的检索发现,Joo-Young Choi等人在EKC2008 Proceedings of theEU-Korea Conference on Science and Technology(1998年欧洲抓韩国科技会议论文集第135-142页)上发表“RF MEMS switch using silicon cantilevers”(利用硅悬臂梁实现的射频微机电系统开关)的一篇文章。该文献中报道了一种面外硅悬臂梁结构,该结构具有弹簧单元和闭锁机构,在受到外部热膨胀力驱动下能够实现双稳态,并且稳态保持不需要持续功耗。利用这种结构他们成功地制备了一个热力驱动的RF MEMS双稳态开关,并且具有出色的RF特性。但是该开关需要额外的外部组装,体积很大,开关响应非常慢,因而不适合大规模批量生产,并且过慢的开关速率也限制了它的实际应用。

[0005] 进一步检索发现,Medea Cesar Degbe等人在International Symposium on Signals, Systems and Electronics,2007(2007年信号、系统和电子国际研讨会论文集547-550页)上发表了“Design of a radio-frequency bistable switch using a thermalactuation on a dielectric membrane”(一种利用热驱动的在介质薄膜上制备的射频双稳态开关的设计)。该文献设计了两个带有金属触点的悬臂梁,通过不同的交叠顺序,触点处于不同的位置,从而能够通断在介质薄膜上的信号线。虽然这种设计貌似简单,但是显然不适合利用微机械加工技术实现一体的集成制造,并且对于装配的精度要求非常高;另外,在最初始状态中悬臂梁已经一直处于受力状态,器件的疲劳寿命受到很大影响。

发明内容

[0006] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提供一种电热驱动的面内双稳态射频微开关,利用一对闭锁触头实现机械锁定,稳态保持时不需要持续功耗。同时充分发挥电热驱动器驱动力大、位移功率密度高、便于集成制造的优势,用作本开关机械闭锁结构的致动形式。该开关结构简单,适于一体制造,具有可预见的 RF 特性,存在批量制造和实际应用的可能。

[0007] 本发明是通过以下技术方案实现的,本发明包括:电热驱动机构、机械闭锁机构和信号转换机构,其中:电热驱动机构位于机械闭锁机构的正下方,机械闭锁机构与信号转换机构相连接。

[0008] 所述的电热驱动机构包括:主驱动器电极、电热主驱动器、副驱动器电极和电热副驱动器,其中:主驱动器电极与电热主驱动器相连,副驱动器电极与电热副驱动器相连,电热主驱动器和电热副驱动器的末端分别正对机械闭锁机构相对设置并不相接触。

[0009] 所述的信号转换机构包括:柔性杆、接触头和信号线,其中:柔性杆的一端与机械闭锁机构相连,另一端与接触头相连,接触头与信号线相对设置且不相接触。

[0010] 所述的机械闭锁机构包括:两个固定锚、主悬臂梁、副悬臂梁、主闭锁触头和副闭锁触头,其中:主悬臂梁的外端和副悬臂梁的外端分别与两个固定锚相连接,主悬臂梁的内端和副悬臂梁的内端分别与主闭锁触头和副闭锁触头相连接,主闭锁触头与信号转换机构相连,主闭锁触头与副闭锁触头相对设置且不相接触。

[0011] 本发明工作时,通过对主驱动器电极施加脉冲电信号,电热主驱动器受热膨胀实现纵向运动,从而推动主悬臂梁运动,主闭锁触头向上推动副闭锁触头。两闭锁触头相互作用,并在主悬臂梁的梁向形成一个力分量,弹簧结构使得悬臂梁的梁向和纵向刚度都大为减少,因而该悬臂梁有旋转和压缩的倾向,从而让主闭锁触头能够更容易地拨开副闭锁触头,减小了对热驱动器驱动力的要求。在主悬臂梁运动的同时,柔性杆也做纵向运动,接触头压合信号线。当电热主驱动器回复时,主悬臂梁也有回复运动的趋势,但是副闭锁触头对其起到阻碍作用。主闭锁触头的弧形扣合在副闭锁触头上,两个悬臂梁搭接在一起形成稳态结构。在柔性杆的调节作用下,接触头一直压合在信号线上,实现了开关“开”的功能。同理,当对副驱动器电极施加脉冲电信号时,副闭锁触头拨开主闭锁触头,主悬臂梁返回初始位置,接触头也随之与信号线脱离,开关“断开”。

[0012] 与目前基于 MEMS 技术制备的射频微开关相比,本发明具有显著的技术优势。首先,本发明能够利用现有的微机械加工技术完全实现集成制造,不需要额外的装配,有利于实现批量制造。其次,本发明采用面内的运动方式,占用空间小,满足平面化生产和应用的要求。另外,利用机械锁定实现稳态保持,仅在状态切换的过程中需要能量输入,从而显著降低了开关功耗。最后,采用了电热驱动机构、机械闭锁机构和信号转换机构各个功能单元分列设计的思路,开关的整体设计不会受某个部件的优化改动而影响。比如在改进信号转换机构传输线设计提高开关 RF 特性的同时,不会影响开关的其他部分。

附图说明

[0013] 图 1 为本发明立体结构示意图;

[0014] 图 2 为本发明正面俯视图;

[0015] 图 3 为实施例的信号转换机构立体结构示意图;

[0016] 图中 :1 主驱动器电极、2V 型阵列电热主驱动器、3 副驱动器电极、4V 型阵列电热副驱动器、5 固定锚、6 主悬臂梁、7 主闭锁触头、8 副闭锁触头、9 副悬臂梁、10 柔性杆、11 接触头、12 信号线、13 绝缘电介质层。

具体实施方式

[0017] 下面对本发明的实施例作详细说明,本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0018] 如图 1 所示,本实施例包括 :主驱动器电极 1、电热主驱动器 2、副驱动器电极 3、电热副驱动器 4、固定锚 5、主悬臂梁 6、主闭锁触头 7、副闭锁触头 8、副悬臂梁 9、柔性杆 10、接触头 11、信号线 12 和绝缘电介质层 13,其中 :主驱动器电极 1 与电热主驱动器 2 相连,副驱动器电极 3 与电热副驱动器 4 相连,电热主驱动器 2 和电热副驱动器 4 的末端分别正对主悬臂梁 6 和副悬臂梁 9 相对设置并不相接触,主悬臂梁 6 的外端和副悬臂梁 9 的外端分别与两个固定锚 5 相连接,主悬臂梁 6 的内端和副悬臂梁 9 的内端分别与主闭锁触头 7 和副闭锁触头 8 相连接,主闭锁触头 7 与柔性杆 10 相连,主闭锁触头 7 与副闭锁触头 8 相对设置且不相接触,柔性杆 10 的另一端与接触头 11 相连,接触头 11 与信号线 12 相对设置且不相接触。

[0019] 所述的电热主驱动器 2 和电热副驱动器 4 均为多个单晶硅 V 型电热驱动器的阵列组合。阵列设计能够提高该开关驱动部分的驱动力,从而保证了主闭锁触头 7 能够顺利推过副闭锁触头 8。

[0020] 所述的主悬臂梁 6 和副悬臂梁 9 的外端均有一段 S 型弹簧,S 型弹簧的宽度为 50 微米左右。S 型弹簧的存在能够降低该悬臂梁的梁向刚度,使得梁在受到梁向作用力时有压缩的倾向,并且弹簧结构的存在使得该悬臂梁的转动更加容易,而刚性悬臂梁部分又保证了悬臂梁该部分在受到驱动力作用时仍然具有一定的刚度,不会发生弯折等现象。

[0021] 所述的主闭锁触头 7 以及副闭锁触头 8 的宽度均小于主悬臂梁以及副悬臂梁的宽度,宽度从 50 微米左右渐变为 10 微米左右。

[0022] 所述的接触头 11 的初始位置与信号线 12 的纵向最短间隔为 5 微米。

[0023] 所述的接触头 11 为矩形结构的绝缘体块,其端面沉积有金元素层。

[0024] 所述的信号线 12 为射频传输线,并且位于绝缘电介质层 13 上面。

[0025] 如图 2 所示,所述的主悬臂梁 6 和副悬臂梁 9 副悬臂梁在横向都存在 θ 的倾角, θ 的角度为 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 度。这种设计降低了主闭锁触头 7 推过副闭锁触头 8 的难度,并且减小了主副闭锁触头相互锁定时结构的弹性回复力对机械稳定性的不利影响。主悬臂梁 6 和副悬臂梁 9 刚性悬臂梁部分都具有较大的刚度,并且刚性悬臂梁部分的宽度是渐变的,宽度从 200 微米左右渐变为 50 微米左右。

[0026] 所述的主闭锁触头 7 与副闭锁触头 8 的横截面为形状相同的弧形结构,其纵向最短间隔为 $2^{\sim}5$ 微米,横向重叠距离为 $5^{\sim}10$ 微米,并且弧形结构的开口方向一致。弧形的设计有利于主闭锁触头 7 在受力时滑过副闭锁触头 8,而在锁定状态时,两弧形彼此相扣,提高了此时依靠结构的弹性回复力打开该机械锁定的难度,确保了该开关的机械稳定性。

[0027] 柔性杆 10 连接主悬臂梁 6 和接触头 11,负责将主悬臂梁 6 的作用力传递给接触头

11,在机械锁定状态柔性杆中的作用力即是该开关的接触力。

[0028] 所述的柔性杆 10 为具有弹簧结构的金属条,该柔性杆 10 的宽度小于主悬臂梁 6 以及副悬臂梁 9 的宽度,宽度为 $10\sim 30$ 微米。弹簧结构的存在降低了杆向的刚度,使得柔性杆 10 能够更加容易被压缩。同时柔性杆 10 的宽度较小,这样对主悬臂梁 6 的影响较小,保证了在开关的工作过程中柔性杆 10 仅起了一个调节位移的作用,而不对开关的驱动力以及闭锁结构有更高的要求。

[0029] 如图 3 所示,接触头 11 是绝缘材料矩形块,在靠近信号线 12 一侧的前端面沉积有金元素。金的化学性质十分稳定,不易被氧化或者腐蚀,并且具有出色的电导率,从而能够显著降低开关的接触电阻和插入损耗。接触头 11 正对着信号线 12 的开口,并且接触头 11 的横向长度大于信号线 12 的开口长度,使得接触头 11 能够在受到推动时压合信号线 12。接触头 11 与信号线 12 保持一定距离,这个距离必须保证主悬臂梁 6 与副悬臂梁 9 实现机械锁定时接触头 11 仍然能够有效压合信号线,并且此时柔性杆 10 中的弹性回复力又不足以打开该机械锁定。因此这个距离是本开关设计的核心,必须和 V 型阵列电热主副驱动器、主副闭锁触头的空间布局相匹配。

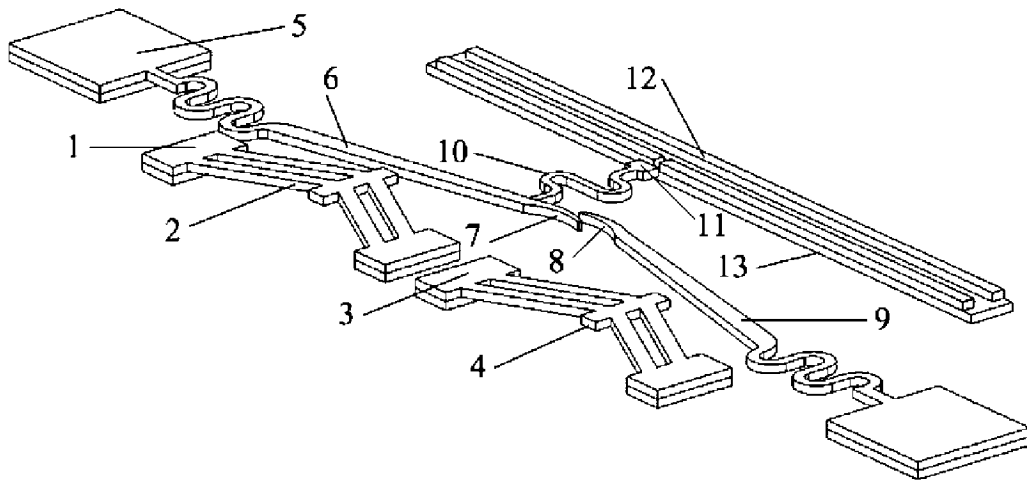


图 1

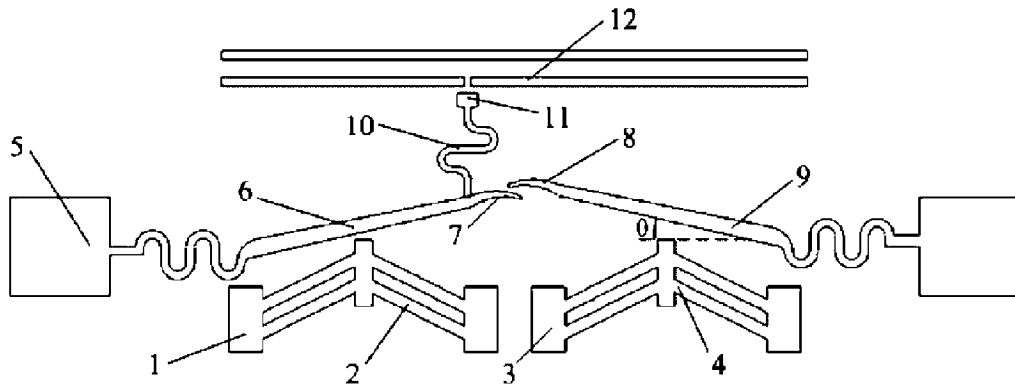


图 2

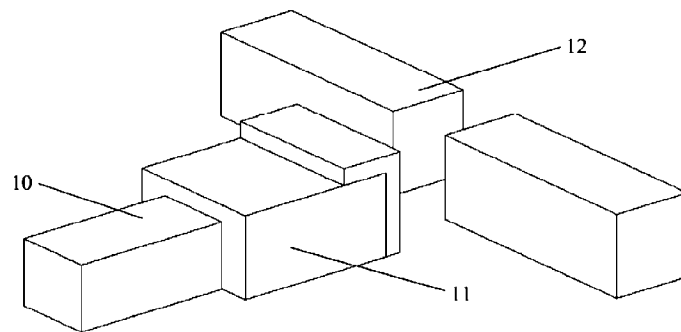


图 3