



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101621261 B

(45) 授权公告日 2012. 04. 25

(21) 申请号 200910055966. 4

(22) 申请日 2009. 08. 06

(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 张丛春 吴义伯 王娟 张小波

王亚攀 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.

H02N 10/00 (2006. 01)

B81B 7/02 (2006. 01)

审查员 潘莉

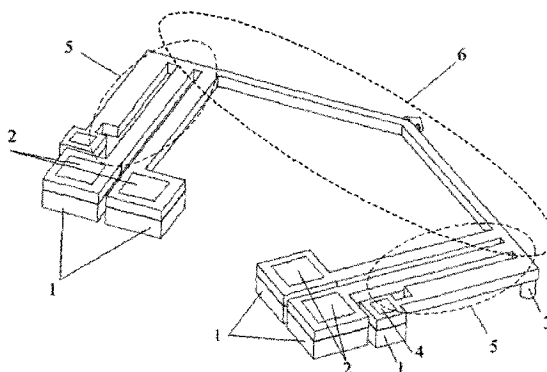
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器

(57) 摘要

一种基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器,属于微机电系统技术领域。本发明包括:U 型梁基座、U 型梁电极、V 型梁基座、V 型梁电极、U 型双热臂复合梁电热驱动器、V 型复合梁电热驱动器。所述 U 型双热臂复合梁电热驱动器包括 U 型双热臂金属电阻丝、U 型金属冷臂、U 型双热臂聚合物驱动层和 U 型冷臂聚合物层;所述 V 型复合梁电热驱动器包括 V 型金属电阻丝、金属触点和 V 型聚合物驱动层。U 型双热臂金属电阻丝、U 型金属冷臂和 V 型金属电阻丝完全被所述的 U 型双热臂聚合物驱动层、U 型冷臂聚合物层和 V 型聚合物驱动层包裹,形成聚合物-金属-聚合物的三明治结构。本发明的电热微驱动器驱动位移较大、驱动刚度较高、功耗低、且能量利用率高。



1. 一种基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器,其特征在于,包括:一个 V 型复合梁电热驱动器以及两组相同结构的 U 型梁基座、U 型梁电极、V 型梁基座、V 型梁电极和 U 型双热臂复合梁电热驱动器,其中:两组相同结构的 U 型梁基座和 V 型梁基座分别位于衬底上,U 型梁电极位于 U 型梁基座之上,V 型梁电极位于 V 型梁基座之上,U 型双热臂复合梁电热驱动器位于 V 型梁基座上并分别与 V 型梁电极、U 型梁电极以及 V 型复合梁电热驱动器相连接。

2. 根据权利要求 1 所述的基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器,其特征是,所述的 U 型双热臂复合梁电热驱动器包括:U 型双热臂金属电阻丝、U 型金属冷臂、U 型双热臂聚合物驱动层和 U 型冷臂聚合物层,其中:U 型双热臂金属电阻丝一端与 U 型梁电极相连,另一端与 V 型复合梁电热驱动器相连,U 型金属冷臂一端与 V 型梁电极相连,另一端与 V 型梁基座相连,U 型双热臂聚合物驱动层与 U 型梁基座相连,U 型冷臂聚合物层与 V 型梁基座相连。

3. 根据权利要求 1 所述的基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器,其特征是,所述的 V 型复合梁电热驱动器包括:V 型金属电阻丝、金属触点和 V 型聚合物驱动层,其中:V 型金属电阻丝与 U 型双热臂复合梁电热驱动器相连,金属触点位于 V 型金属电阻丝的对称中点,V 型聚合物驱动层与 U 型双热臂复合梁电热驱动器相连。

4. 根据权利要求 2 所述的基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器,其特征是,所述的 U 型双热臂金属电阻丝为蛇形结构的金属电阻丝,U 型金属冷臂为金属梁,该金属电阻丝的直径小于金属梁的直径。

5. 根据权利要求 3 所述的基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器,其特征是,所述的 V 型金属电阻丝为蛇形结构的金属电阻丝,该金属电阻丝的直径小于金属梁的直径。

6. 根据权利要求 2 所述的基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器,其特征是,所述 U 型双热臂聚合物驱动层由聚酰亚胺、聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚二甲基硅氧烷、聚对二甲苯或感光性负胶 SU-8 中的一种制成。

6、根据权利要求 3 所述的基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器,其特征是,所述 V 型聚合物驱动层由聚酰亚胺、聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚二甲基硅氧烷、聚对三甲苯或感光性负胶 SU-8 中的一种制成。

基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器

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,具体是一种基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器。

背景技术

[0002] 微驱动器是微机电系统 (MEMS) 中实现微驱动功能的关键部件,其驱动位移/力的大小、驱动效率的高低以及动作的可靠性等指标决定了系统的成败,已经成为近年来国内外研究的热点之一。根据能源供给方式不同,微驱动器一般分为静电型、电磁型、压电型、电热型等。静电型和电磁型微执行器必须在共振状态或者高电压下工作才能得到大位移,此外它们产生的力也非常小。相比而言,压电型和电热型微驱动器能提供较大的位移和力,不过压电驱动是利用压电晶体的逆压电效应通过外部施加电场来产生致动,同样需要较高的驱动电压。因此为了得到大的位移和力,人们注意到基于热膨胀效应的电热微驱动器。

[0003] 按运动方式,电热微驱动器可分为:面内驱动和面外驱动。前者是利用微结构的非对称热膨胀来获得平行于基底的横向运动,其设计思想是用不同尺寸的同一种材料使两根平行的梁热膨胀量不同,加热时整个结构向膨胀小的一方弯曲。这种驱动器被广泛运用于各种领域,如微镜、微夹钳、继电器等。后者是利用双金属效应来获得纵向运动,这种结构提供的位移通常是垂直于衬底方向的,它类似于双层膜结构。但是这种面外驱动的电热驱动器有以下显著的缺点:1、工艺过程中存在的残余应力使得结构在最后释放悬空的时候即出现了末端翘曲,不能保持悬臂结构的平直;2、由于双层膜材料之间具有较大的热膨胀系数差,在产生驱动位移的同时,因两者之间的热失配,使得它们之间的结合力较差,容易出现脱落现象;3、由于仅使用其中热膨胀系数较大的一层作为电热驱动层,其产生热量只有一部分传导到了双层结构,且热能散失较大,因此能量利用率较低。

[0004] 经对现有技术的文献检索发现,基于面内运动的电热微驱动器常见的形式有 V 型和 U 型两种。Enikov 等在《Journal of Microelectromechanical Systems》(《微机电系统》)2005 年第 14 卷第 4 期第 788 页上发表的题名“Analytical Model for Analysis and Design of V-Shaped Thermal Microactuators”(“一种 V 型热微驱动器的设计和解析模型”),报道了一种基于多晶硅的 V 型梁电热微驱动器,该电热微致动器结构简单,较容易实现控制,且可以与集成电路制造工艺相兼容。但由于采用多晶硅工艺,成本较高,需要 600-700℃ 的较高温度才能使驱动器达到数十微米的驱动位移,且驱动力也不够大,限制了该类驱动器的应用。

[0005] 同时, Qiu 等在《Journal of Microelectromechanical Systems》(《微机电系统》)2005 年第 14 卷第 5 期第 1099 页上发表的题名“A Bulk-Micromachined Bistable Relay With U-Shaped Thermal Actuators”(“一种体硅微加工的 U 型电热驱动双稳态继电器”),报道了一种以 U 型梁电热微驱动器作为驱动机构的微继电器,提出了一种 U 型梁电热微驱动器,该驱动器采用一面具有金属涂层的硅作为电热驱动部分,金属涂层的作用是使硅驱动梁上的热量尽快散失形成相对另一根梁(热臂)的冷臂,根据两根梁上的热量差异导致 U

型梁偏转。一般情况下,对于电热器件来说,升温过程远大于降温过程,显然该设计没有做到避害就利,因此该驱动器响应很低,且驱动电压较高,与集成电路标准工艺不兼容。

发明内容

[0006] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提供一种基于 U+V 型的柔性复合梁电热微驱动器,采用聚合物材料作为驱动主体,在 V 型电热驱动器的电极两端通入一定电流,使得 V 型聚合物驱动层体积膨胀,通过在 V 型电热驱动器两端部施加一对 U 型电热驱动器产生的驱动力偶,推动 V 型电热驱动器的驱动位移,从而实现 V 型电热驱动器端部位移进行放大。

[0007] 本发明是通过以下技术方案实现的,本发明为复合悬臂梁式结构,包括:两组相同结构的 U 型梁基座、U 型梁电极、V 型梁基座、V 型梁电极、U 型双热臂复合梁电热驱动器和一个 V 型复合梁电热驱动器。其中:两组相同结构的 U 型梁基座和 V 型梁基座分别位于衬底上,U 型梁电极位于 U 型梁基座之上,V 型梁电极位于 V 型梁基座之上,U 型双热臂复合梁电热驱动器位于 V 型梁基座上并分别与 V 型梁电极、U 型梁电极以及 V 型复合梁电热驱动器相连接。

[0008] 所述的 U 型梁基座和 V 型梁基座均包括:金属支撑和引线电极,其中:金属支撑固定位于衬底上方,引线电极位于金属支撑上方形成与外部电路的电接触。

[0009] 所述的衬底采用玻璃片、硅片、氧化铝或陶瓷制成。

[0010] 所述的 U 型双热臂复合梁电热驱动器包括:U 型双热臂金属电阻丝、U 型金属冷臂、U 型双热臂聚合物驱动层和 U 型冷臂聚合物层,其中:U 型双热臂金属电阻丝一端与 U 型梁电极相连,另一端与 V 型复合梁电热驱动器相连,U 型金属冷臂一端与 V 型梁电极相连,另一端与 V 型梁基座相连,U 型双热臂聚合物驱动层与 U 型梁基座相连,U 型冷臂聚合物层与 V 型梁基座相连。

[0011] 所述的 V 型复合梁电热驱动器包括:V 型金属电阻丝、金属触点和 V 型聚合物驱动层,其中:V 型金属电阻丝与 U 型双热臂复合梁电热驱动器相连,金属触点位于 V 型金属电阻丝的对称中点,V 型聚合物驱动层与 U 型双热臂复合梁电热驱动器相连。

[0012] 所述的 U 型双热臂金属电阻丝和 V 型金属电阻丝为蛇形结构的金属电阻丝,U 型金属冷臂为金属梁,该金属电阻丝的直径小于金属梁的直径。

[0013] 所述的 U 型双热臂金属电阻丝、U 型金属冷臂、V 型金属电阻丝均由镍 (Ni)、铜 (Cu)、金 (Au)、铂 (Pt)、钛 (Ti)、钨 (W)、铬铜 (Cr/Cu)、铬金 (Cr/Au)、铁镍 (Fe/Ni) 或钛钨 (Ti/W) 等金属或合金材料中的任意一种制成,这些金属及其合金都可以通过电化学沉积或溅射方法制备出来,与 MEMS 技术兼容。具有蛇形弹簧结构的金属电阻丝有两个功能:一是作为发热源将产生的热能全部传递给 U 型双热臂聚合物驱动层,二是作为弹簧机构实现对 V 型复合梁电热微驱动器的柔性屈服控制,以产生更大的驱动位移。

[0014] 所述的聚合物驱动层均由聚酰亚胺 (PI)、聚苯乙烯 (PS)、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、聚二甲基硅氧烷 (PDMS)、聚对二甲苯 (Parylene) 或感光性负胶 (SU-8) 等聚合物材料中的任意一种制成。

[0015] 所述的 U 型双热臂聚合物驱动层、U 型冷臂聚合物层和 V 型聚合物驱动层包裹于 U 型双热臂金属电阻丝、U 型金属冷臂和 V 型金属电阻丝的外部形成聚合物-金属-聚合物

的三明治结构,一方面可以使得金属电阻丝产生的焦耳热被聚合物层充分吸收,另一方面可以提高聚合物层的驱动强度。

[0016] 本发明以微机电系统加工技术为基础,采用室温下多次叠层电镀及图形化材料来实现金属微结构的制作。本发明在同时施加三路脉冲电流的情况下,金属电阻丝将产生一定的焦耳热,这些热量完全被聚合物层吸收,V型电热驱动器除了自身的驱动位移外,还将产生一个由于左右对称的U型双热臂电热驱动器在V型电热驱动器两端施加一对驱动力偶作用下的偏转位移,从而实现对V型电热驱动器端部位移进行放大。因此,器件就可以在平行衬底方向产生一个面内运动的水平位移,并会输出一定的驱动力。在断开脉冲电源之后,器件冷却恢复室温,结构恢复平直。

[0017] 与现有技术相比本发明具有以下优点:

[0018] 1、采用蛇形结构的金属电阻丝作为金属热臂,一方面作为发热源起到通电过程中产生更多焦耳热的作用,另一方面提高了聚合物层的刚度,将产生更大的位移和驱动力。

[0019] 2、采用具有较大热膨胀系数的聚合物包裹金属电阻丝,形成聚合物-金属-聚合物结构,充分利用输入能量,有效提高了能量利用率,同时蛇形金属电阻丝作为骨架支撑聚合物结构,可以有效的防止聚合物层与基底粘连导致器件失效。

[0020] 3、本发明中以玻璃、硅片或氧化铝陶瓷为基底,工艺更简单易实现,成本更低廉,且通过电镀技术或溅射方法制备的金属和聚合物材料在MEMS集成制造过程中都是非常成熟的工艺,适合大批量集成制造。

附图说明

[0021] 图1是实施例1结构示意图。

[0022] 图2是实施例1中U型梁基座和V型梁基座结构示意图。

[0023] 图3是实施例1中金属电阻丝结构示意图。

[0024] 图4是实施例1中聚合物层结构示意图。

具体实施方式

[0025] 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。

[0026] 如图1至图4所示,实施例1包括:U型梁基座1、U型梁电极2、V型梁基座3、V型梁电极4、U型双热臂复合梁电热驱动器5和V型复合梁电热驱动器6,其中:两组相同结构的U型梁基座1和V型梁基座3分别位于衬底上,U型梁电极2位于U型梁基座1之上,V型梁电极4位于V型梁基座3之上,U型双热臂复合梁电热驱动器5位于V型梁基座3上并分别与V型梁电极4、U型梁电极2以及V型复合梁电热驱动器6相连接。

[0027] 所述的衬底采用2mm厚的玻璃片。

[0028] 所述的U型梁基座1和V型梁基座3均包括:金属支撑和引线电极,其中:金属支撑固定位于衬底上方,引线电极位于金属支撑上方形成与外部电路的电接触。

[0029] 所述的U型双热臂复合梁电热驱动器5包括:U型双热臂金属电阻丝7、U型金属冷臂8、U型双热臂聚合物驱动层12、U型冷臂聚合物层13。U型双热臂金属电阻丝7一端

与 U 型梁电极 2 相连,另一端与 V 型金属电阻丝 9 相连;U 型金属冷臂 8 一端与 V 型梁电极 4 相连,另一端与 V 型梁基座 3 相连;U 型双热臂聚合物驱动层 12 与 U 型梁基座 1 相连,另一端与 V 型聚合物驱动层 14 相连;U 型冷臂聚合物层 13 与 U 型梁基座 1 相连,另一端与 V 型梁基座 3 相连。

[0030] 所述的 V 型复合梁电热驱动器 6 包括:V 型金属电阻丝 9、金属触点 10 和 V 型聚合物驱动层 14。V 型金属电阻丝 9 分别与 U 型金属冷臂 8 相连,V 型聚合物驱动层 14 分别与 U 型冷臂聚合物层 13 相连,金属触点 10 位于 V 型金属电阻丝 9 的对称中点。

[0031] 所述的 U 型双热臂金属电阻丝 7、U 型金属冷臂 8、V 型金属电阻丝 9 被所述的 U 型双热臂聚合物驱动层 12、U 型冷臂聚合物层 13、V 型聚合物驱动层 14 包裹形成聚合物-金属-聚合物的三明治结构。

[0032] 如图 2 所示,所述的 U 型梁基座 1 和 V 型梁基座 3 分别位于基底上,U 型双热臂复合梁电热驱动器两端分别由 U 型梁基座 1 和 V 型梁基座 3 支撑,形成桥式结构;V 型复合梁电热微驱动器 6 的两端分别由左右分布的 V 型梁基座 3 支撑。支撑基座的存在,使得所设计的 U 型双热臂复合梁电热驱动器和 V 型复合梁电热驱动器成为桥式结构,可有效避免因悬臂梁式结构因粘连而使器件失效的问题。

[0033] 如图 3 所示,所述的 U 型双热臂金属电阻丝 7 和 V 型金属电阻丝 9 为蛇形弹簧结构的细长金属电阻丝,U 型金属冷臂 8 具有普通条状的粗短金属梁,所述 U 型双热臂金属电阻丝 7 和 V 型金属电阻丝 9 的直径小于 U 型金属冷臂 8 的直径。该 U 型双热臂金属电阻丝 7 和 V 型金属电阻丝 9 有两个功能:一是作为发热源将产生的热能全部传递给聚合物层,二是作为弹簧机构实现对 V 型复合梁电热微驱动器 6 的柔性屈服控制,以产生更大的驱动位移。

[0034] 如图 4 所示,由于聚合物具有比金属非常高的热膨胀系数,将会比单纯金属或多晶硅等产生更大的驱动位移。但聚合物又具有比金属或多晶硅等低的弹性模量,通过将 U 型双热臂金属电阻丝 7、U 型金属冷臂 8、V 型金属电阻丝 9 包裹起来形成三明治结构,一方面提高了能量利用率,另一方面增加了聚合物层的弹性模量,有效提高了微驱动器的驱动刚度。

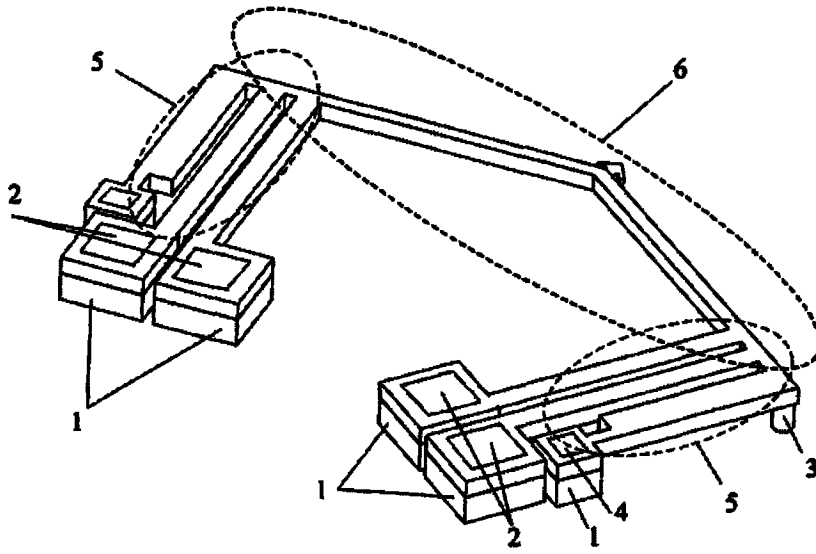


图 1

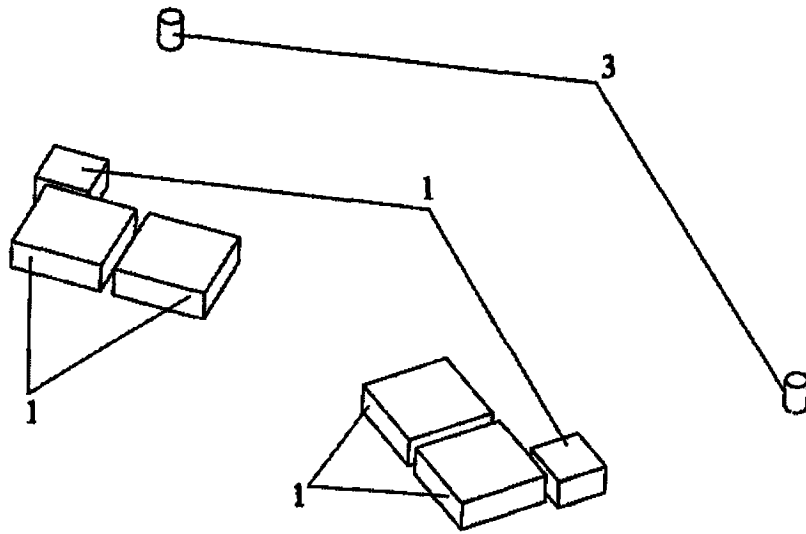


图 2

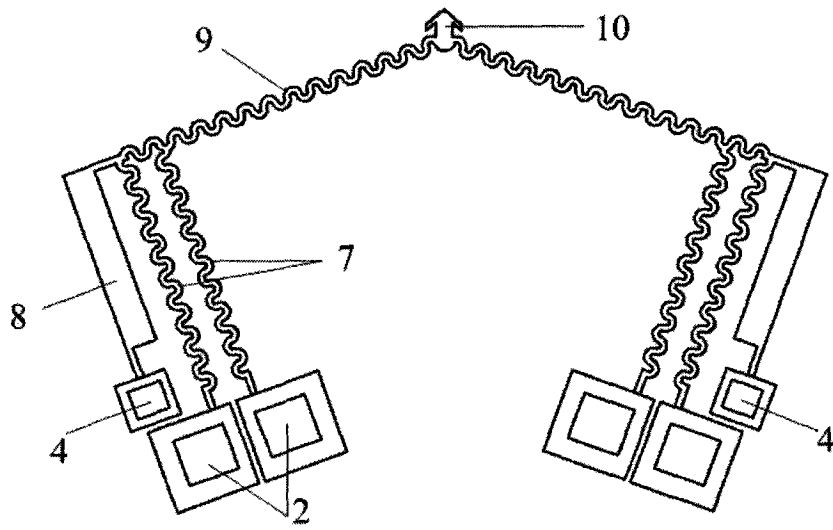


图 3

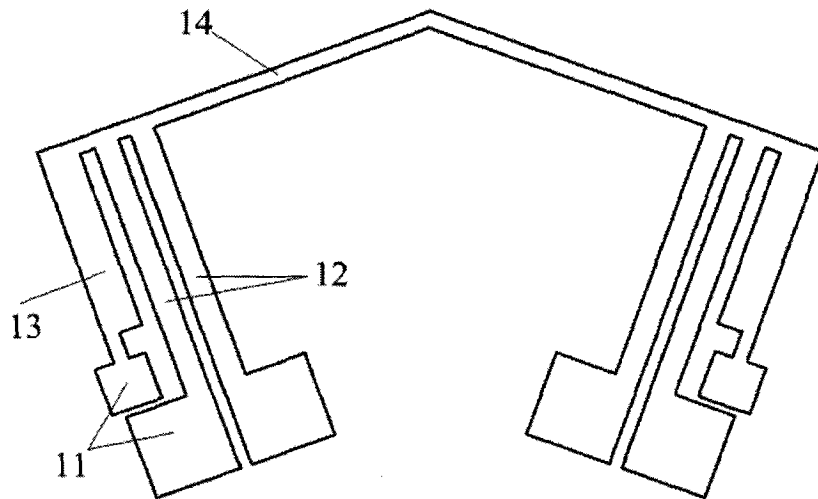


图 4