



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101659388 B

(45) 授权公告日 2012. 04. 25

(21) 申请号 200910307852. 4

CN 1689959 A, 2005. 11. 02, 全文.

(22) 申请日 2009. 09. 28

陈婧, 丁桂甫, 杨卓青. SU-8 胶 - 金属复合材料电热微驱动器. 《MEMS 器件与技术》. 2008, 第 45 卷 (第 12 期), 706-711.

(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

审查员 李明

(72) 发明人 吴义伯 毛胜平 王娟 丁桂甫

张丛春 汪红

(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.

B81B 7/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101488724 A, 2009. 07. 22, 全文.

US 2003/0062193 A1, 2003. 04. 03, 全文.

CN 101195472 A, 2008. 06. 11, 说明书第 3 页第 23 行至第 4 页第 33 行, 附图 1-6.

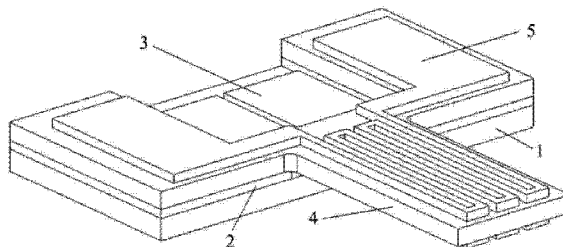
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

双向面外运动电热微驱动器

(57) 摘要

一种微机电系统技术领域的双向面外运动电热微驱动器, 包括: 基座、支撑块、下路电阻丝层、聚合物驱动层和上路电阻丝层, 其中: 支撑块和下路电阻丝层位于基座上, 下路电阻丝层的电阻部分伸出悬空, 聚合物驱动层位于支撑块和下路电阻丝层上, 聚合物驱动层的一端与支撑块固定连接, 另一端伸出悬空, 上路电阻丝层淀积在聚合物驱动层上, 聚合物驱动层的悬梁部分位于上路电阻丝层的悬空部分和下路电阻丝层的悬空部分之间且紧密相连形成三层膜的三明治结构。本发明利用三层膜电热微驱动器提供双向驱动位移, 通过两个偏置层进行偏置复位, 充分发挥聚合物基电热微驱动器驱动位移大、功耗低、结构简单的优势, 扩大电热微驱动器在微机电系统技术领域的应用。



1. 一种双向面外运动电热微驱动器,包括:基座、支撑块、下路电阻丝层、聚合物驱动层和上路电阻丝层,其特征在于:支撑块和下路电阻丝层位于基座上,下路电阻丝层的电阻部分伸出悬空,聚合物驱动层位于支撑块和下路电阻丝层上,聚合物驱动层的一端与支撑块固定连接,另一端伸出悬空,上路电阻丝层淀积在聚合物驱动层上,聚合物驱动层的悬梁部分位于上路电阻丝层的悬空部分和下路电阻丝层的悬空部分之间且紧密相连形成三层结构。

2. 根据权利要求1所述的双向面外运动电热微驱动器,其特征是,所述的上路电阻丝层和下路电阻丝层是电镀制得的金属悬梁结构,该金属悬梁结构包括:电极部分和悬梁部分,其中:电极部分作为金属悬梁结构固定的末端,电极部分与悬梁部分电连接,悬梁部分为平行条状排布的电阻条。

3. 根据权利要求2所述的双向面外运动电热微驱动器,其特征是,所述的电阻条为细条状结构,该电阻条在电极受到电信号后能够产生焦耳热,使上下两路电阻丝构成器件中的发热部件。

4. 根据权利要求2或3所述的双向面外运动电热微驱动器,其特征是,所述的电阻条的线宽控制在5-30微米。

5. 根据权利要求1所述的双向面外运动电热微驱动器,其特征是,所述的聚合物驱动层为对二甲苯聚合物经图形化处理得到的聚合物薄层。

6. 根据权利要求1或5所述的双向面外运动电热微驱动器,其特征是,所述的聚合物功能层的悬梁部分的长度为300~800微米。

## 双向面外运动电热微驱动器

### 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,具体是一种双向面外运动电热微驱动器。

### 背景技术

[0002] 微机电系统技术区别于传统集成电路工艺技术的一个显著特征即是其可动性,在微机电系统技术中微驱动器处于核心的地位。根据驱动器的运动形式,一般可以分为面内驱动和面外驱动,其中面外驱动能够获得与器件表面垂直的驱动位移。由于这个特性,目前面外运动的微驱动器已经在很多领域得到应用,比如光学微镜、光开关、微继电器等。微驱动器的驱动形式主要有静电、压电、电磁和电热等,其中电热驱动表现为高的驱动力,便于利用常规的微加工工艺实现,近来受到广泛关注。但是,电热驱动响应时间较一般的驱动形式要长,因而呈现了比其他驱动形式较慢的工作特性。同时,受限于电热驱动受热膨胀变形的驱动本质,双向运动的电热微驱动器的实现较其他几种驱动形式远为困难。

[0003] 从器件的工作特性来看,目前速度较快的静电微驱动器已经能够达到吉赫兹(GHz)的工作频率,而常规的电热微驱动器的频率仅为一千赫兹。限制该工作频率的本质上是电热驱动的驱动机理,这暂时还是一个无法克服的问题。但是通常被忽视的是,在电热微驱动器的一个工作周期内,对其工作频率起决定性作用的是散热回复的过程。目前一般的电热微驱动器多数利用受热膨胀变形作为驱动机制,工作温度在一百摄氏度以上,有些超过五百摄氏度。这类电热微驱动器一般通过器件与周围空气的对流换热进行散热,因而极大地限制了它的降温速度,冷却过程很长,驱动器的回复很慢,从而限制了工作频率。总的来讲,对于改进电热微驱动器工作频率的相关研究,目前还是少之又少。

[0004] 另外,从器件的驱动特性来看,目前双向运动的电热微驱动器多数通过两个运动方向相反的电热微驱动器串联而成。但是一般情况下正向运动和反向运动的单元一直相连,因而这种驱动机制必然导致较低的驱动位移。为了避免或者克服这种问题,有人引进了滑块或者活塞机制,这又使得器件体积大,结构烦琐,制备困难。此外,这种通过简单地线性组合而成的器件,本质上也不属于单个的集成的双向运动器件。

[0005] 通过检索现有文献,发现 Wen-Chih Chen 等人在 Sensors and Actuators A(《传感器与执行器 A》2003 年第 103 卷 48-58 页)上发表了题为“A reliable single-layer out-of-plane micromachined thermal actuator”(中文名称“一种可靠的单层的面外运动微热驱动器”)的一篇文章,该驱动器由四根平行的末端相连的梁组成,两根内梁和两根外梁处于不同的平面,因此单独加热内梁或者外梁则能形成扭矩,从而实现双向的面外运动。但是该驱动器由单层的单晶硅制成,在局部温度已经超过一千摄氏度时,末端驱动位移仅为几微米,存在能耗高、工作温度高、驱动位移小等问题。

[0006] 又经检索发现, Aron Michael 等人在 Journal of Microelectromechanical Systems(《微机电系统》2008 年第 17 卷第 1 号第 58-69 页)上发表了题为“A novel bistable two-way actuated out-of-plane electrothermal microbridge”(中文名称“一

种新型双稳态双向驱动的面外运动电热微桥”)的一篇文章,该微桥由三层膜结构组成:低应力的等离子增加化学气相沉积(PECVD)氧化物、高压应力的PECVD氧化物和磷掺杂的硅,当驱动电压9V时,1200微米长的微桥能够获得31微米的面外运动。由于采用了通过工艺控制应力让微桥保持预弯曲的设计,因而该微桥的缺点也是显然的。沉积薄膜的应力往往不能精确可调,使得预弯曲位移不好控制,因而对工艺条件有很高要求,成品率能以保证。同时,由于利用弹簧刚度和支架的热应力使梁弯曲,显然驱动力很小,且弯曲梁易疲劳损伤导致寿命有限,而且稳态切换时间过长,达到毫秒级,工作频率很低。

## 发明内容

[0007] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提供一种双向面外运动电热微驱动器,利用三层膜电热微驱动器提供双向驱动位移,通过两个偏置层进行偏置复位,充分发挥聚合物基电热微驱动器驱动位移大、功耗低、结构简单的优势,扩大电热微驱动器在微机电系统技术领域的应用。

[0008] 本发明是通过以下技术方案实现的,本发明包括:基座、支撑块、下路电阻丝层、聚合物驱动层和上路电阻丝层,其中:支撑块和下路电阻丝层位于基座上,下路电阻丝层的电阻部分伸出悬空,聚合物驱动层位于支撑块和下路电阻丝层上,聚合物驱动层的一端与支撑块固定连接,另一端伸出悬空,上路电阻丝层淀积在聚合物驱动层上,聚合物驱动层的悬梁部分位于上路电阻丝层的悬空部分和下路电阻丝层的悬空部分之间且紧密相连形成三层结构。

[0009] 所述的上路电阻丝层和下路电阻丝层是电镀制得的金属悬梁结构,该金属悬梁结构包括:电极部分和悬梁部分,其中:电极部分作为金属悬梁结构固定的末端,电极部分与悬梁部分电连接,悬梁部分为平行条状排布的电阻条。

[0010] 所述的电阻条为细条状结构,该电阻条在电极受到电信号后能够产生焦耳热,使上下两路电阻丝构成器件中的发热部件,所述的电阻条的线宽为5-30微米。

[0011] 所述的聚合物驱动层为对二甲苯聚合物(parylene)经图形化处理得到的聚合物薄层,该聚合物功能层的悬梁部分的长度为300~800微米。通过上下两路电阻丝对它的包裹构成三层膜的三明治结构,充分利用了聚合物热膨胀系数大的优点。通过这种紧密的设计,聚合物驱动层能够较充分地接受金属发热部件的热量。同时parylene具有极小的热膨胀系数,从而在聚合物驱动层上下两路的电阻丝之间能够产生较大的温差,促进了该器件双向驱动特性的实现。

[0012] 本发明工作时,以实现向上驱动为例,对下路电阻丝层的电极施加一定的脉冲电压,下路电阻丝层会产生焦耳热,由于金属良好的导热性,热量会迅速分布在parylene聚合物层下表面。采用的parylene聚合物具有极低的热导率(parylene C的热导率仅为0.082W/m·K),热量在parylene中传导较慢,远低于下路电阻丝层的热生成速率。因此在上路电阻丝层聚合物驱动层-下路电阻丝层的厚度方向形成一个很大的正温度梯度。根据经典的双层膜理论,热膨胀系数较大的聚合物驱动层将构成翘曲功能层,热膨胀系数较小的上路电阻丝层将构成偏置层,整个三层膜结构向上翘曲。当电脉冲降至低电平时,停止对下路电阻丝层的加热,驱动器中的热生成速率降为零。当三层膜结构以热传导的形式完成热量重分布,上路电阻丝层-聚合物驱动层-下路电阻丝层厚度方向的温度梯度接近于零,

这时三层膜结构中的上路电阻丝层起到偏置作用,整个驱动器趋于平直,从而完成复位。由于三层膜结构之间通过直接的热传导进行热量分布,因而该驱动器复位的速率显著地大于常规的电热微驱动器与空气对流换热进行复位的速率。同理,对上路电阻丝层的电极部分施加一定的脉冲电压,即可以实现向下驱动的功效。

[0013] 与现有技术相比,本发明利用较快速的热传导代替较慢的对流换热,通过让另一路电阻丝对回复起偏置被动作用,使得该器件在温度均布时即能完成复位,因此工作频率得到大幅提高;能够完全利用常规的微加工工艺实现。结构简单,制备工序少,成本低廉,便于大规模制造;相比单纯的硅基微驱动器,具有工作温度低,能量利用率高等优点,并且在同等输入功率下能够产生更大的驱动位移。

#### 附图说明

[0014] 图 1 为实施例 1 结构示意图。

[0015] 图 2 为实施例 1 中支撑块和下路电阻丝层的结构示意图。

[0016] 图 3 为实施例 1 中聚合物驱动层的结构示意图。

#### 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:基座 1、支撑块 2、下路电阻丝层 3、聚合物能层 4 和上路电阻丝层 5,其中:基座 1 位于玻璃圆片或硅片的基底上,支撑块 2 和下路电阻丝层 3 位于基座的上面,两者平面上交错排布。下路电阻丝层 3 的条状平行电阻丝伸出悬空。聚合物功能层 4 位于支撑块 2 和下路电阻丝层 3 上面,其中一端通过支撑块 2 固定,另一端伸出悬空。上路电阻丝层 5 淀积在聚合物功能层 4 的上面,并且和聚合物功能层 4、下路电阻丝层 3 三者紧密相连,形成三层膜的三明治结构。和下路电阻丝层 3 的结构一样,上路电阻丝层 5 的电极位于固定末端,平行排布的电阻丝伸出悬空。

[0019] 如图 2 所示,是本实施例中支撑块 2 和下路电阻丝层 3 的结构示意图,该下路电阻丝层 3 是电镀制得的金属悬梁结构,该金属悬梁结构包括:电极部分和悬梁部分,其中:电极部分作为金属悬梁结构固定的末端,电极部分与悬梁部分电连接,悬梁部分为平行条状排布的电阻条。

[0020] 所述的电阻条为细条状结构,具体为绕曲的蛇形弹簧形状,该电阻条的线宽为 18 微米,在电极受到电信号后能够产生焦耳热,使上下两路电阻丝构成器件中的发热部件。

[0021] 如图 3 所示,是本实施例中聚合物功能层 4 的结构示意图。聚合物功能层是具有固定末端的悬梁,固定末端在支撑块 2 上面,悬梁部分受到下路电阻丝层 3 和上路电阻丝层 5 包裹,构成一种复合结构的悬臂梁。聚合物功能层悬梁部分的长度影响了该驱动器具有的末端位移,结合工艺条件考虑,一般为 550 微米。

[0022] 本实施例采用 UV-LIGA 工艺制备,具体的微加工工艺:

[0023] 1、准备玻璃圆片或者硅片作为基底。

[0024] 2、溅射铬 / 铜电镀种子层。

- [0025] 3、甩 SU-8 胶,并图形化,程控坚膜后作为驱动器基座。
- [0026] 4、电镀铜作为牺牲层,电镀至高度与 SU-8 胶齐平。
- [0027] 5、溅射铬 / 铜电镀种子层。
- [0028] 6、甩光刻胶,并图形化,电镀镍形成支撑块和下路电阻丝层。
- [0029] 7、沉积 parylene 作为聚合物驱动层。
- [0030] 8、甩光刻胶,并图形化,作为 RIE 刻蚀的掩膜。
- [0031] 9、RIE 刻蚀 parylene,形成图形化的聚合物驱动层。
- [0032] 10、溅射铬 / 铜电镀种子层。
- [0033] 11、甩光刻胶,并图形化,电镀镍形成上路电阻丝层。
- [0034] 12、去胶,去电镀种子层,去牺牲层,并最终释放器件。
- [0035] 本实施例针对以往的双向驱动电热微驱动器结构复杂、能量利用率低、驱动位移小等缺点,具有驱动温度低、工作频率高等优点。

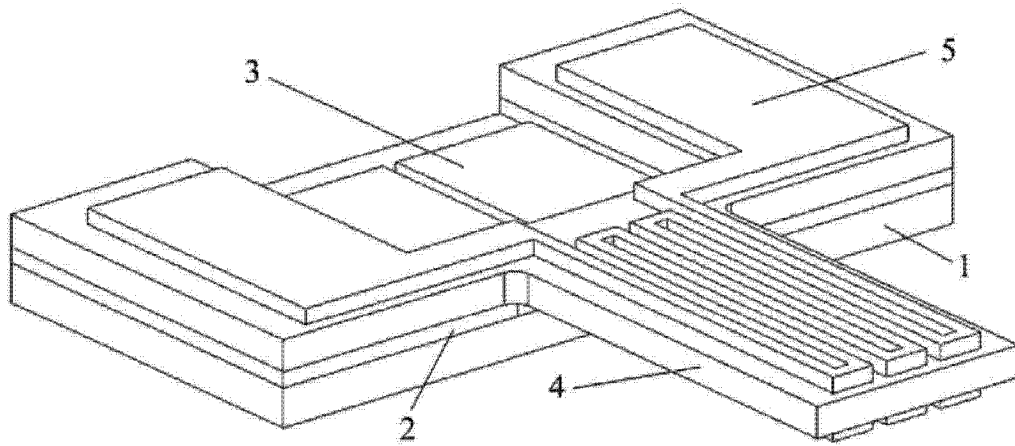


图 1

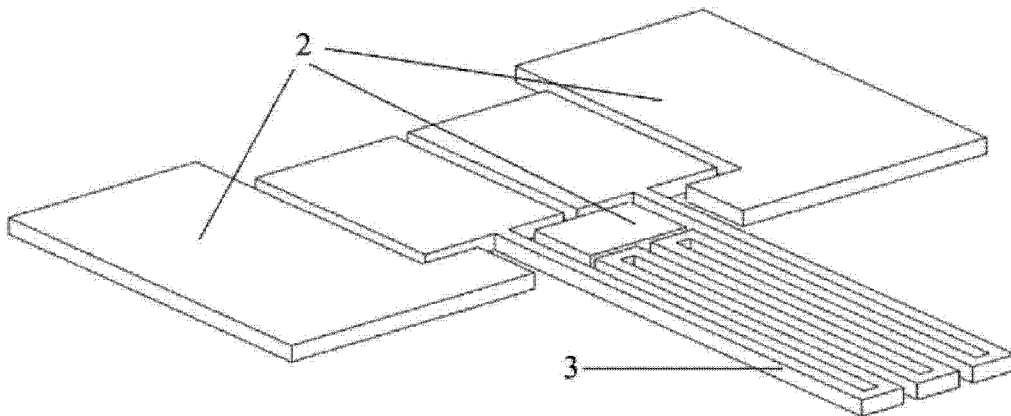


图 2

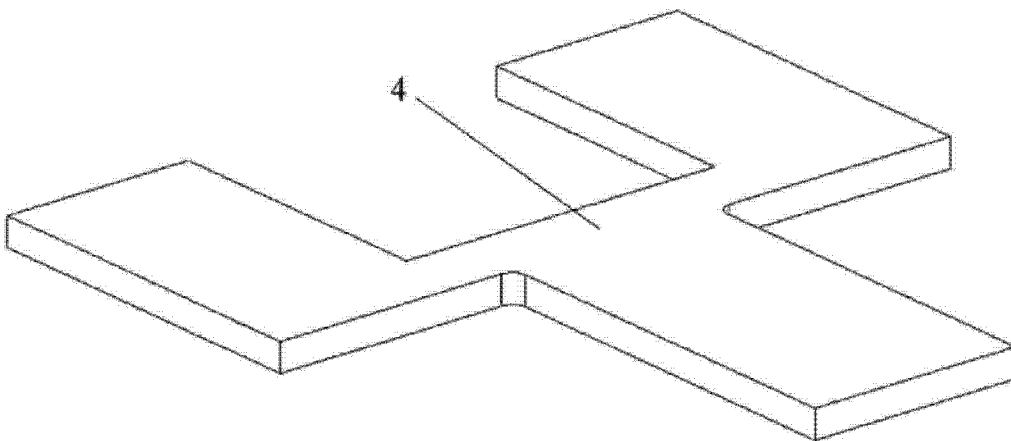


图 3