



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101885464 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 15

(21) 申请号 201010209974. 2

(22) 申请日 2010. 06. 26

(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 丁桂甫  
刘启发 苏永其

(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.  
G02B 26/00 (2006. 01)  
B81B 3/00 (2006. 01)  
F03G 7/06 (2006. 01)

(56) 对比文件  
US 2004/0207497 A1, 2004. 10. 21,  
US 2006/0221430 A1, 2006. 10. 05,  
CN 101478269 A, 2009. 07. 08,  
WO 2008/035295 A1, 2008. 03. 27,

CN 101621261 A, 2010. 01. 06,  
CN 1710056 A, 2005. 12. 21,  
曾文光, 丁桂甫, 王艳, 付世, 蔡玉丽. 新型  
复合结构电热微驱动器的研制. 《传感器与微系  
统》. 2008,  
张丹, 丁桂甫, 蔡豪刚. 电化学沉积 Cu 牺牲层  
工艺用于制备面外运动电热微驱动器. 《微细加  
工技术》. 2007,  
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,

审查员 张云

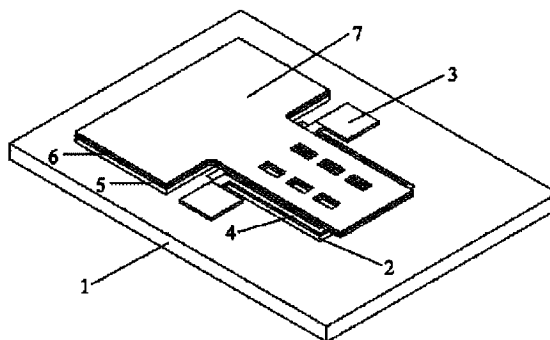
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

铝氧化铝双层膜电热微驱动器

(57) 摘要

一种微机电系统技术领域的铝氧化铝双层膜电热微驱动器, 包括: 基底、下置空腔、基座、电极、下置电阻丝、铝翘曲功能层和氧化铝牵制层, 其中: 铝翘曲功能层的末端与基座相连, 另一端悬空, 氧化铝牵制层位于铝翘曲功能层上方且两者紧密结合形成双层膜结构, 基座固定设置于基底上, 电极与下置电阻丝相连, 下置电阻丝位于下置空腔上方并与基底悬空, 所述的下置空腔为基底上刻蚀制成的矩形结构。本发明利用下置的条状排布的镍电阻丝作为发热源, 利用阳极氧化形成的铝氧化铝双层膜结构作为驱动主体, 以充分发挥电热微驱动器驱动位移大、能量密度高、工艺兼容性好的优势, 扩大电热微驱动器在微机电系统技术领域的应用。



1. 一种铝氧化铝双层膜电热微驱动器,包括:基底、下置空腔、基座、电极、下置电阻丝、铝翘曲功能层和氧化铝牵制层,其特征在于:铝翘曲功能层的末端与基座相连,另一端悬空,氧化铝牵制层位于铝翘曲功能层上方且两者紧密结合形成双层膜结构,基座固定设置于基底上,电极与下置电阻丝相连,下置电阻丝位于下置空腔上方并与基底悬空,所述的下置空腔为基底上刻蚀制成的矩形结构,所述的基座为金属块或 SU8 胶制成的厚膜结构,其高度为 5-10 微米,所述下置空腔的深度为 25 微米。

2. 根据权利要求 1 所述的铝氧化铝双层膜电热微驱动器,其特征是,所述的基底是石英玻璃基底或者硅基底。

3. 根据权利要求 1 所述的铝氧化铝双层膜电热微驱动器,其特征是,所述的下置电阻丝是等间距排布的金属镍条阵列,所述的金属镍条的长度为 300-600 微米,宽度为 5-30 微米,厚度为 2-5 微米,条间距为 10-30 微米。

4. 根据权利要求 1 所述的铝氧化铝双层膜电热微驱动器,其特征是,所述的铝翘曲功能层是伸出悬空的悬臂梁结构,长为 300-600 微米,宽为 200-500 微米,厚度为 5-10 微米。

5. 根据权利要求 1 所述的铝氧化铝双层膜电热微驱动器,其特征是,所述的氧化铝牵制层是通过对铝膜阳极氧化形成,该氧化铝牵制层的厚度为 2-5 微米。

6. 根据权利要求 1 所述的铝氧化铝双层膜电热微驱动器,其特征是,所述的铝翘曲功能层为 T 字形结构。

## 铝氧化铝双层膜电热微驱动器

### 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,具体是一种具有下置空腔的铝氧化铝双层膜电热微驱动器。

### 背景技术

[0002] 微驱动器,是微机电系统 (MEMS) 的一个重要组成部分。由于具有驱动位移大,功率密度高,便于集成制造等优点,电热微驱动器正在日益受到关注。目前,常见的电热微驱动器的结构主要有冷热臂结构、V 型梁结构和双层膜结构等。其中,双层膜结构的电热微驱动器区别于冷热臂、V 型梁等结构的一个显著特征,即是能够提供很大的面外位移。由于这个特性,双层膜电热微驱动器已经在微继电器、光开关、光学微镜、可变电容等应用中扮演了重要角色。

[0003] 双层膜电热微驱动器的基本结构是具有不同热膨胀系数的两种材料组合的悬臂梁。比较常见的是金属和多晶硅、二氧化硅、碳化硅等组合,或者金属和聚合物之间的组合。而由于工艺条件的限制,工艺过程中产生的残余应力会使悬臂梁在释放后难以保持平直,器件末端过大的翘曲位移限制了双层膜电热微驱动器的实际应用。

[0004] 双层膜电热微驱动器的基本原理是利用不同材料层在受热时的膨胀长度不同而发生面外翘曲。但是由于它双层膜的驱动本质,必然要求由两种或者两种以上的材料紧密叠加而成,并且在材料的结合界面处剪切应力最大,这就使得双层膜驱动器一直面临层与层之间分层这样一个很大的问题。传统的设计都是通过通过在一种材料的表面沉积另外一种材料,从而实现双层膜的结构。通常的实现方式有溅射、气相沉积和涂覆等,但是这种纯物理作用的结合界面,本质上决定了驱动器在工作受力时难免会发生分层。

[0005] 经过对现有技术的检索发现,Werner Riethmüller 等人在 IEEE TRANSACTIONS ONELECTRON DEVICES(《电子器件学报》1988 年第 35 卷 758-763 页)上发表了题为“Thermally Excited Silicon Microactuators”(中文名称“通过热激励的硅微驱动器”)的一篇文章,文中首次提出了一种硅和金属的双层膜电热微驱动器。该驱动器的牵制层为  $p^+$  硅,功能层为金,金层中嵌入多晶硅作为加热电阻,氮化硅作为绝缘层。当对多晶硅电阻施加电信号,根据双层膜效应,该驱动器能够实现向下弯曲。但是考虑到该驱动器功能层为金属金,因而成本非常高,此外  $p^+$  硅与电路集成不兼容。同时,悬臂梁结构的层数较多,工作时难免发生分层,从而使器件失效。

### 发明内容

[0006] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提供一种铝氧化铝双层膜电热微驱动器,利用下置的条状排布的镍电阻丝作为发热源,利用阳极氧化形成的铝氧化铝双层膜结构作为驱动主体,以充分发挥电热微驱动器驱动位移大、能量密度高、工艺兼容性好的优势,扩大电热微驱动器在微机电系统技术领域的应用。

[0007] 本发明是通过以下技术方案实现的,本发明包括:基底、下置空腔、基座、电极、下

置电阻丝、铝翘曲功能层和氧化铝牵制层,其中:铝翘曲功能层的末端与基座相连,另一端悬空,氧化铝牵制层位于铝翘曲功能层上方且两者紧密结合形成双层膜结构,基座固定设置于基底上,电极与下置电阻丝相连,下置电阻丝位于下置空腔上方并与基底悬空,所述的下置空腔为基底上刻蚀制成的矩形结构。

[0008] 所述的基底是石英玻璃基底或者硅基底。

[0009] 所述的下置电阻丝是等间距排布的金属镍条阵列,所述的金属镍条的长度为300-600微米,宽度为5-30微米,厚度为2-5微米,条间距为10-30微米。

[0010] 所述的铝翘曲功能层是伸出悬空的悬臂梁结构,长为300-600微米,宽为200-500微米,厚度为5-10微米。

[0011] 所述的氧化铝牵制层是通过铝膜阳极氧化形成,该氧化铝牵制层的厚度为2-5微米。

[0012] 所述的铝翘曲功能层为T字形结构。

[0013] 所述的基座为金属块或SU8胶制成的厚膜结构,其高度为5-10微米。

[0014] 通过对铝阳极氧化,使铝部分或者全部氧化成氧化铝,已经被广泛应用于铝的表面保护,多孔氧化铝模板的制备,以及铝电极的制备等。但是被忽视的是,铝膜在部分阳极氧化后形成了铝氧化铝的双层膜结构。这种双层膜的界面是通过牢固的化学键结合,要远高于通过普通物理作用结合的界面。同时,铝的热膨胀系数已经是氧化铝的3倍左右,在受热时双层膜效应已经十分明显。不过,为了避免引入新的材料层而造成新的物理作用的结合界面,双层膜的加热已经不能用在双层膜中嵌入电阻的方法实现。已经知道,在空气间隙小到一定程度时,器件表面对流系数与空气间隙成反比。在空气间隙只有几微米时,器件表面对流系数是自然对流的上千倍以上,因此将电阻下置后已经能够满足对双层膜的加热。而电阻的下表面如果与基底直接接触,传热方式为热传导,会使供热效率大幅降低。因此,通过对基底刻蚀出一个下置空腔,使得电阻与基底悬空,能够大幅提高发热源对悬臂梁的供热效率。

[0015] 本发明工作时,对下置电阻丝的电极施加一定的脉冲电压,下置电阻丝会产生焦耳热。由于下置电阻丝与悬臂梁之间的间距仅为几微米,使得电阻丝上表面的换热系数与间距成反比例地急剧增大,能够达到自然对流换热系数的上千倍。而由于下置空腔的存在,电阻丝的下表面与基底的距离相对较大,与上表面相比,表面换热系数已经不在一个数量级上,因此电阻产生的焦耳热大部分用于对上方供热。当双层膜受热时,铝翘曲功能层热膨胀系数较高,并且处于直接受热面,能够发生更大的膨胀,而氧化铝牵制层热膨胀系数较低,发生的膨胀较小,从而双层膜悬臂梁向上翘曲。

[0016] 与现有技术相比,本发明针对以往的双层膜驱动器界面结合强度低,容易分层等问题,提出了通过阳极氧化铝膜形成铝氧化铝双层膜结构。与以往常规的双层膜驱动器相比,本发明具有以下优点:首先,由于氧化铝是由部分铝膜氧化生成,两者的界面通过牢固的化学键结合,因此能够有效避免驱动器在工作时发生分层。其次,将电阻丝下置于双层膜悬臂梁下的设计,能够显著简化悬臂梁制备的工艺难度。再其次,基底上的下置空腔使得电阻丝不与基底直接接触,从而显著地提高热效率。最后,本发明的双层膜结构主体是金属铝,柔韧性高,不易破坏,并且可以通过调节沉积条件降低应力使得悬臂梁十分平直。

## 附图说明

- [0017] 图 1 是本发明结构示意图。
- [0018] 图 2 是铝氧化铝双层膜的结构示意图。
- [0019] 图 3 是图 2 剩余部分的结构示意图。

## 具体实施方式

[0020] 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。

[0021] 如图 1 所示,本实施例包括:基底 1、下置空腔 2、电极 3、下置电阻丝 4、基座 5、铝翘曲功能层 6 和氧化铝牵制层 7,其中:铝翘曲功能层 6 的末端与基座 1 相连,另一端悬空,氧化铝牵制层 7 位于铝翘曲功能层 6 上方且两者紧密结合形成双层膜结构,基座 5 固定设置于基底 1 上,电极 3 与下置电阻丝 4 相连,下置电阻丝 4 位于下置空腔 2 上方并与基底 1 悬空。

[0022] 所述的下置空腔 2 为基底 1 上刻蚀制成,该下置空腔 2 的为矩形,深度为 25 微米,下置空腔的作用是使下置电阻丝 4 悬空于基底 1。

[0023] 如图 2 所示,为铝翘曲功能层 6 和氧化铝牵制层 7 的结构示意图。铝翘曲功能层 6 是如图所示的“T”字形状,末端与基座 5 相连,另一端悬空形成悬臂梁,悬臂梁部分的长为 450 微米,宽为 350 微米,厚度为 8 微米。铝翘曲功能层 6 可以通过溅射或者蒸镀制备,沉积温度较低与现有的微机械加工技术相兼容。氧化铝牵制层 7 的形状与铝翘曲功能层 6 一致,是通过对沉积的铝膜部分阳极氧化制备所得。由于阳极氧化的氧化铝是孔状结构,强度较低,因此,氧化铝牵制层 7 的厚度要略小于铝翘曲功能层 6 的厚度,为 4 微米。

[0024] 图 3 是隐去双层膜悬臂梁后器件剩余部分的结构示意图。基底 1 是石英玻璃圆片或者硅片,其中采用石英玻璃圆片,成本低,基底导热系数低,有利于防止热量向基底无谓的散失。下置空腔 2 是通过对基底刻蚀形成,形状为矩形,深 25 微米。下置电阻丝 4 位于下置空腔 2 的上方,末端与电极 3 相连,从而与基底 1 悬空。下置电阻丝 4 为金属镍,形状为等间距平行排布的条状结构,长为 450 微米,宽为 18 微米,厚度为 4 微米,条间距为 20 微米。

[0025] 该电热微驱动器能够利用现有的微加工工艺实现集成制造,可靠性高,有望应用于微继电器、光开关,以及光学微镜等。

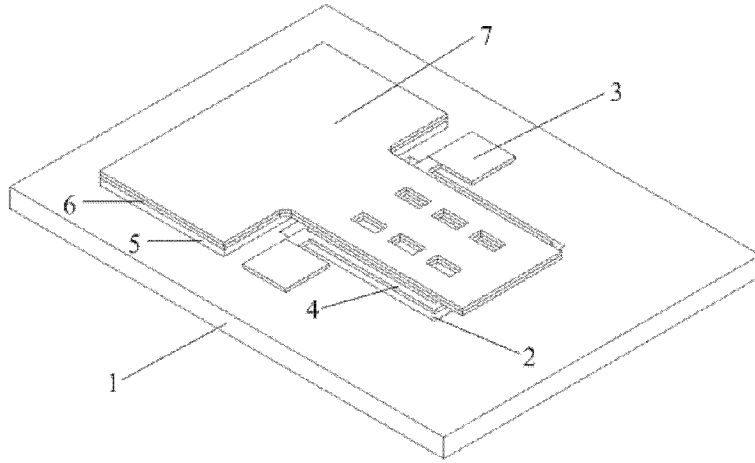


图 1

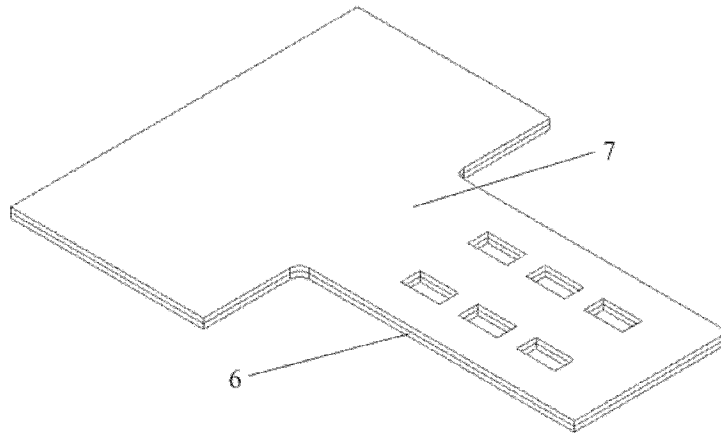


图 2

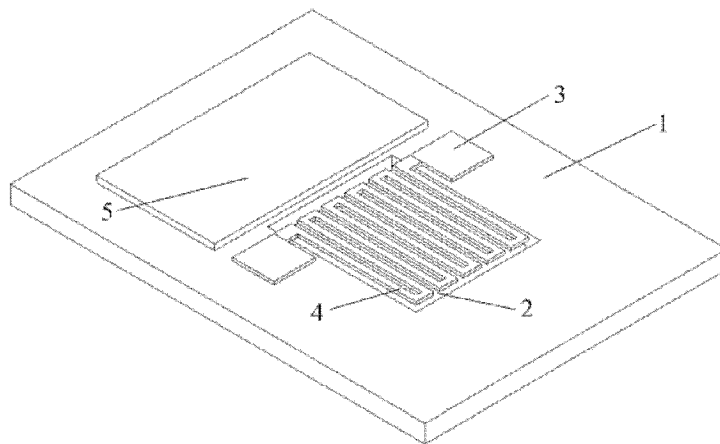


图 3