



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101951111 B

(45) 授权公告日 2012. 10. 03

(21) 申请号 201010289298. 4

EP 1739813 A1, 2007. 01. 03, 全文 .

(22) 申请日 2010. 09. 22

US 2006175937 A1, 2006. 08. 10, 全文 .

US 2009261689 A1, 2009. 10. 22, 全文 .

(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 查洁立

(72) 发明人 陶凯 杨卓青 丁桂甫 吴义伯

蔡方伟 王文君

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限

公司 31225

代理人 蒋亮珠

(51) Int. Cl.

H02K 35/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2009315335 A1, 2009. 12. 24, 全文 .

CN 101002343 A, 2007. 07. 18, 全文 .

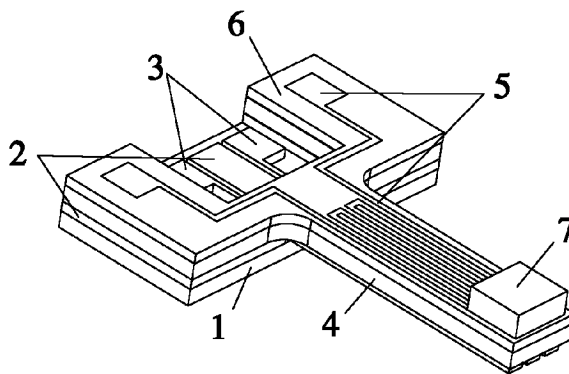
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器

(57) 摘要

一种微机电技术领域的基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器,包括:基座、支撑块、下路电阻丝层、聚合物结构层、上路电阻丝层和拾振磁体,基座、下路电阻丝层、聚合物结构层、上路电阻丝层和拾振磁体依次由下而上固定设置,上路电阻丝层和下路电阻丝层的悬空部分分别包裹于聚合物结构层的悬梁部分并形成三层膜的三明治结构,拾振磁体位于三明治结构上方的顶端并与上路电阻丝层紧密相连。本发明利用上下两路平行排布的金属电阻丝层和中间包夹的热绝缘性聚合物层组成的三明治结构作为悬臂梁来实现调频功能,以充分发挥聚合物结构伸长大、功耗低、结构简单的优势,以实现调频的长度、刚度、应力调节。本发明整个结构均可采用标准微加工工艺,与 IC 工艺相兼容,易于批量化加工。



1. 一种基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器,包括:基座、支撑块、下路电阻丝层、聚合物结构层、上路电阻丝层和拾振磁体,其特征在于:基座、下路电阻丝层、聚合物结构层、上路电阻丝层和拾振磁体依次由下而上固定设置,上路电阻丝层和下路电阻丝层的悬空部分分别包裹于聚合物结构层的悬梁部分并形成三层膜的三明治结构,拾振磁体位于三明治结构上方的顶端并与上路电阻丝层紧密相连;

所述的聚合物结构层是图形化的 parylene 聚合物薄膜,该聚合物结构层一端的固定部分通过支撑块固定,另一端的悬梁部分伸出支撑块并悬空。

2. 根据权利要求 1 所述的基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器,其特征是,所述的上路电阻丝层包括电镀镍或铜制备的金属悬臂梁结构和旋涂的聚酰亚胺层。

3. 根据权利要求 1 所述的基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器,其特征是,所述的下路电阻丝层是由电镀镍或铜制备得到的金属悬臂梁结构。

4. 根据权利要求 2 或 3 所述的基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器,其特征是,所述的金属悬臂梁结构包括:依次连接的电极、支撑块和电阻条,其中:电极作为固定末端与支撑块一起位于基座的上表面,平行条状排布的电阻条延伸至基座外部作为悬臂梁悬空。

5. 根据权利要求 4 所述的基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器,其特征是,所述的电阻条为细条状结构或绕曲的蛇形弹簧结构,在电极受到电信号后能够产生焦耳热,使下路电阻丝层发热,并传至其上面的聚合物结构层。

6. 根据权利要求 4 所述的基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器,其特征是,所述的支撑块是电镀金属块,该支撑块镶嵌于上路电阻丝层或下路电阻丝层中起到支撑保护作用。

7. 根据权利要求 4 所述的基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器,其特征是,所述的电阻条,长为 500-3000 微米,宽为 5-30 微米,厚度为 2-10 微米。

8. 根据权利要求 1 所述的基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器,其特征是,所述的聚合物结构层的悬梁部分长度为 500-3000 微米,宽 10-1000 微米,厚度为 10-100 微米。

基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种微机电系统领域的装置,具体是一种基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器。

背景技术

[0002] 随着科学技术的迅速发展,无线传感器网络系统逐渐进入人们的视野,其在生物医疗、工业、建筑业、消费电子和国防等领域中,皆有广阔的应用前景。对无线传感网络供电是一个迫切需要解决的问题,目前高能量密度的一次性电池仍是人们的首选。尽管电池的储能密度和使用寿命不断得以提高,传统电池仍具有一些无法改变的缺陷:体积大,质量大,供能寿命有限,更换困难。而能从周围环境中采集能量的能源装置无疑是一个颇具前景的替代方案,振动能量采集器能够把周围环境中的振动能量转化为电能从而为微型元器件供电,是一种很有潜力的研究领域。基于 MEMS 加工技术的微型振动能量采集器,能与逐步微型化的无线传感器节点的其他电子器件更好地结合在一起,使其适合于特殊环境的使用要求,因此有广泛的应用前景。

[0003] 振动能量采集器通常应工作在谐振状态(拾振固有频率与环境振动频率相等),此时受迫振幅最大,输出功率也最大。而环境频率通常是在一个范围内变化的,例如笔记本电脑正常工作时频率为 543Hz,在读一张 CD 时,它的振动频率为 154Hz。因此制作能在一定频谱范围内频率可调以适应外部环境振动频率的振动能量采集器,以高效的利用周围环境中的振动能量,具有很重大的研究价值,这也一直是广大研究者的研究热点。

[0004] 通常有两种方法可以达到频率可调,一种是改变振动系统中质量块的有效质量在悬臂梁上的分布,另一种是改变悬臂梁的结构参数,主要是改变悬臂梁的刚度和预警力。经过对现有技术的检索发现,Dibin Zhu 等人在“Design and experimental characterization of a tunable vibration-based electromagnetic micro-generator”(Sensors and Actuators, A, 2010, 284-293)(中文题目“一种可调频微型电磁式振动能量采集器的设计与实验表征”国际期刊:传感器与执行器 A)文章中报道了一种利用永磁体给悬臂梁提供一个轴向拉力,通过适当调节磁体位置,使悬臂梁所受拉力不同,从而成功实现了共振频率从 67.6 至 98Hz 可调,但它整个结构都是由人工装配而成,因而调频困难,工艺步骤繁多复杂,且个体尺寸较大,集成制造困难,难以与微型器件兼容。Christian Peters 等人在“A closed-loop wide-range tunable mechanical resonator for energy harvesting systems”(Journal of Micromechanics and Micro engineering, 19, 2009, 094004)(中文题目:“一种闭环可调宽频带振动能量采集器”国际期刊:微机械和微工程学报)文章中报道了一种利用压电驱动的可调频振动能量采集器,通过在其中一块压电片上加载 $-5 \sim +5V$ 电压,实现了共振频率从 66 至 89Hz 可调,虽然部分结构可以集成,但整体依然靠人工装配,且结构复杂,制作困难,输出功率不高,能量转化效率低,很难实现大规模集成制造。

发明内容

[0005] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提供一种基于电热驱动的可调频微型振动能量采集器,利用上下两路平行排布的金属电阻丝层和中间包夹的热绝缘性聚合物层组成的三明治结构作为悬臂梁来实现调频功能,以充分发挥聚合物结构伸长大、功耗低、结构简单的优势,实现对悬臂梁的长度、刚度、应力调节。本发明整个结构均可采用标准微加工工艺,与 IC 工艺相兼容,易于批量化加工。

[0006] 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、聚合物结构层、上路电阻丝层和拾振磁体,其中:基座、下路电阻丝层、聚合物结构层、上路电阻丝层和拾振磁体依次由下而上固定设置,上路电阻丝层和下路电阻丝层的悬空部分分别包裹于聚合物结构层的悬梁部分并形成三层膜的三明治结构,拾振磁体位于三明治结构上方的顶端并与上路电阻丝层紧密相连。

[0007] 所述的上路电阻丝层包括电镀镍或铜制备的金属悬臂梁结构和旋涂的聚酰亚胺层。

[0008] 所述的下路电阻丝层是由电镀镍或铜制备得到的金属悬臂梁结构。

[0009] 所述的金属悬臂梁结构包括:依次连接的电极、支撑块和电阻条,其中:电极作为固定末端与支撑块一起位于基座的上表面,平行条状排布的电阻条延伸至基座外部作为悬臂梁悬空。

[0010] 所述的电阻条为细条状结构或绕曲的蛇形弹簧结构,在电极受到电信号后能够产生焦耳热,使下路电阻丝层发热,并传至其上面的聚合物结构层。

[0011] 所述的支撑块是电镀金属块,该支撑块镶嵌于上路电阻丝层或下路电阻丝层中起到支撑保护作用。

[0012] 所述的聚合物结构层是图形化的 parylene 聚合物薄,该聚合物结构层一端的固定部分通过支撑块固定,另一端的悬梁部分伸出支撑块并悬空,以实现充分地吸收电阻条产生的热量,以促进整个器件调频功能的实现。

[0013] 所述的拾振磁体可以用微装配的方法将粘结磁体直接安装到器件上,也可以通过粘结磁体微结构图形化的方法,利用光刻、涂覆和刻蚀等工艺集成在器件上,这有利于加工工艺的灵活性。

[0014] 本发明主要用于采集自然界中广泛存在的 1000 赫兹以下某一特定频率范围内的低频振动能。通过调节能量采集器自身的固有频率,使之能与外界振动产生谐振,根据法拉第定律,当器件在这一特定频率范围内振动时,通过感应线圈产生较大感应电流。根据理论分析,振动能量采集器通常应工作在谐振状态(拾振固有频率与环境振动频率相等),此时受迫振幅最大,输出功率也最大。本发明利用三明治悬臂梁结构和拾振磁体组成的拾振结构来实现能量采集,当外界发生振动时,三明治悬臂梁结构及其上的拾振磁体会发生振动,引起感应线圈产生电流,实现能量转化和采集。

[0015] 本发明的调频原理是:对三明治悬臂梁结构中电阻丝施加一定的脉冲电压,由于金属有良好的导热性,热量会迅速分布在聚合物结构层表面,使聚合物受热膨胀,进而产生膜内应力或使膜长度增长,这必然引起膜固有特性的变化,包括整个拾振结构固有频率的改变,从而实现固有频率的调节。当对上路电阻丝层施加脉冲电压时,根据经典的双层膜理论,聚合物结构层上表面受热膨胀,进而向下挤压弯曲;当对下路电阻丝层施加脉冲电压

时,聚合物结构层下表面受热膨胀,进而向上挤压弯曲;当对上下两路电阻丝层同时施加脉冲电压时,聚合物结构会因受热膨胀伸长。这都在不同程度改变着结构的固有频率,而且随着外加电压的变化,伸长长度和内应力大小也会发生相应的变化,进而引起频率的改变。

[0016] 本发明选用了 parylene 聚合物薄膜作为聚合物结构层功能材料,充分利用了它膨胀系数大、热导率低 (parylene C 的热导率仅为 $0.082\text{W/m}\cdot\text{K}$) 的特点。聚合物结构层膨胀系数大,可以在很小的热量作用下产生较大幅度的拉伸,这可以大大提高悬臂梁的弯曲程度和拉伸长度;热导率低,意味着悬臂梁上很容易产生较大温度梯度,这可以使弯曲程度更加明显,有利于增加膜应力。

[0017] 本发明主要采用了三明治式三层膜结构,比以往只用单层膜具有更大的驱动能力,而且可轻松实现向上翘曲、向下翘曲和向前伸展等运动,悬臂梁结构内部特性变化大,因而有更大的调频范围;本发明选用了 parylene 聚合物薄膜作为作为中间结构层功能材料,比一般用金属氧化物具有更好的性能,其热膨胀系数大、热导率低等优点,有利于膜内应力进一步增大;本发明采用上下两路电阻丝层将聚合物包裹并紧密接触,可以提高悬臂梁的刚度和抗变形能力,可以有效防止悬臂梁在释放过程中的垮塌;本发明的能量采集器的拾振磁体可以直接用粘结磁体手工装配,也可以在上路电阻丝层上用粘结磁体微结构图形化的方法利用光刻、涂覆和刻蚀等工艺直接集成;本发明整个器件可以利用微加工工艺一次性集成制造,省去了一般微型能量采集器均需手工装配的烦恼,制备工序少,成本低廉,便于集成和批量生产。

附图说明

[0018] 图 1 为本发明结构示意图。

[0019] 图 2 为实施例中下路电阻丝层结构示意图。

[0020] 图 3 为实施例中聚合物结构层结构示意图。

[0021] 图 4 为实施例中上路电阻丝层结构示意图。

具体实施方式

[0022] 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。

[0023] 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、聚合物结构层 4、上路电阻丝 5、聚酰亚胺绝缘层 6 和拾振磁体 7,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,支撑块 2 镶嵌于下路电阻丝层 3 空隙处。下路电阻丝层 3 的条状平行电阻丝伸出悬空。聚合物结构层 4 位于支撑块 2 和下路电阻丝 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 淀积在聚合物结构层 4 的上面,并旋涂了一层聚酰亚胺绝缘层 6 用于绝缘支撑作用,二者和聚合物结构层 4、下路电阻丝层 3 紧密相连,形成三层膜的三明治结构。

[0024] 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,支撑块的形状不限,主要作用是固定上面的聚合物结构层 4 的末端。下路电阻丝层 3 的末端电极固定在基座 1 上,电阻丝部分是平行的电阻条,延伸出去构成悬梁。电阻条的形状也可以是绕曲

的蛇形弹簧形状等,但是为了确保足够的发热量,电阻条的线宽控制在 5-30 微米之间。

[0025] 如图 3 所示,是本实施例中聚合物结构层 4 的结构示意图。聚合物结构层 4 是具有固定末端的悬臂梁,固定末端在支撑块 2 上面,悬臂梁部分受到下路电阻丝层 3 和上路电阻丝层 5、聚酰亚胺绝缘层 6 的包裹,构成一种复合结构的悬臂梁。聚合物结构层悬梁部分的长度影响了该悬臂梁结构具有的末端位移和内应力,结合工艺条件考虑,长度为 500-3000 微米,宽 100-1000 微米,厚度为 10-100 微米。

[0026] 如图 4 所示,是本实施例上路电阻丝 5 和聚酰亚胺绝缘层 6 组成的上路电阻丝层结构示意图。与下路电阻丝层 3 相似,上路电阻丝 5 的末端电极固定在聚合物结构层 4 上,电阻丝部分可以是平行的电阻条,也可以是绕曲的蛇形弹簧形状等,但是为了确保足够的发热量,电阻条的线宽控制在 5-30 微米之间。

[0027] 本实施例采用 UV-LIGA 工艺制备,具体的微加工工艺:

[0028] 1、准备玻璃圆片或者硅片作为基底。

[0029] 2、溅射铬 / 铜电镀种子层。

[0030] 3、甩 SU-8 胶,并图形化,程控坚膜后作为驱动器基座。

[0031] 4、电镀铜作为牺牲层,电镀至高度与 SU-8 胶齐平。

[0032] 5、溅射铬 / 铜电镀种子层。

[0033] 6、甩光刻胶,并图形化,电镀镍形成支撑块和下路电阻丝。

[0034] 7、沉积 parylene 作为聚合物驱动层。

[0035] 8、甩光刻胶,并图形化,作为 RIE 刻蚀的掩膜。

[0036] 9、RIE 刻蚀 parylene,形成图形化的聚合物驱动层。

[0037] 10、溅射铬 / 铜电镀种子层。

[0038] 11、甩光刻胶,并图形化,电镀镍形成上路电阻丝。

[0039] 12、旋涂聚酰亚胺绝缘层,并在其上粘结或制备粘结磁体。

[0040] 13、去胶,去电镀种子层,去牺牲层,并最终释放器件。

[0041] 本实施例针对以往基于压电驱动的能量采集器具有的制作结构复杂,输出功率低,变频范围小的缺点,提出了一种可以完全集成制造的可调频微型振动能量采集器,具有结构简单,易于加工,便于集成和批量生产的优点。

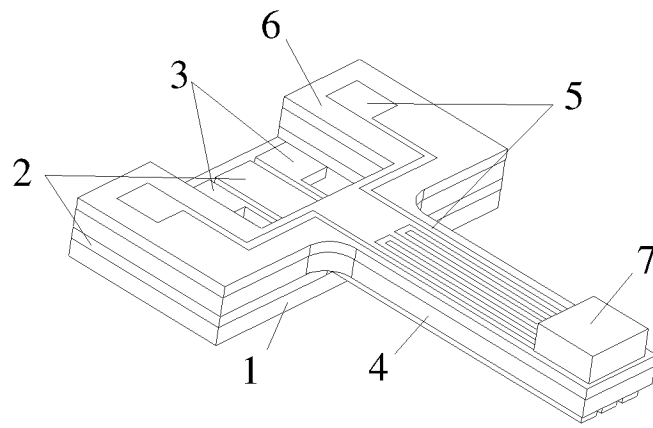


图 1

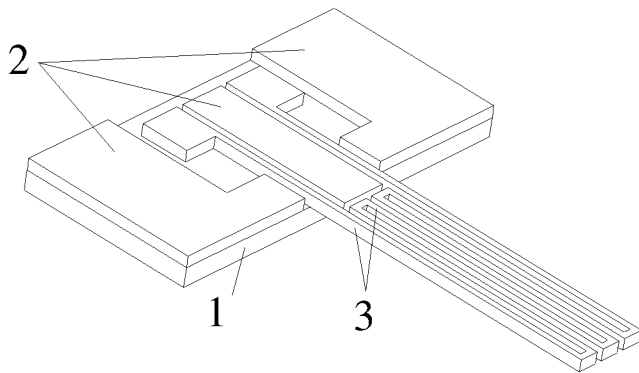


图 2

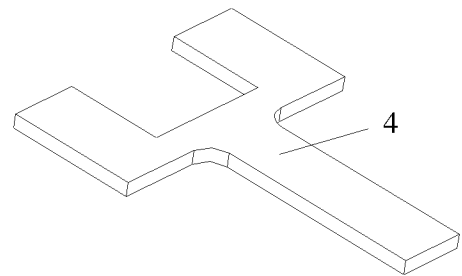


图 3

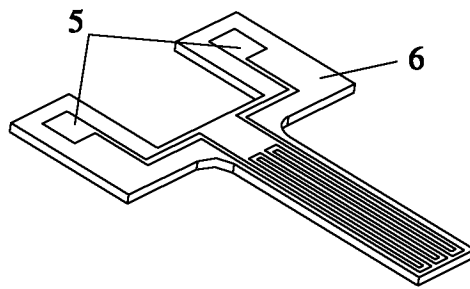


图 4