



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101941670 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 29

(21) 申请号 201010255491. 6

(22) 申请日 2010. 08. 17

(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 丁桂甫 陶凯 杨卓青 王艳

周海林

(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 赵志远

(51) Int. Cl.

B81B 3/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101141093 A, 2008. 03. 12, 全文.

CN 101087114 A, 2007. 12. 12, 全文.

CN 101399484 A, 2009. 04. 01, 全文.

I. Sari et al. An electromagnetic micro power generator for wideband environmental vibrations. 《Sensors and Actuators A》. 2007, 第 145-146 卷第 405-413 页.

审查员 祁恒

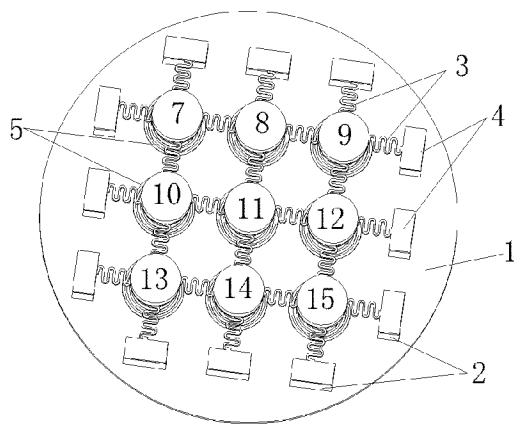
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

## (54) 发明名称

基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器

## (57) 摘要

一种微机电系统技术领域的基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器,包括:绝缘衬底、平面螺旋感应线圈、拾振结构和支撑结构,其中:绝缘衬底、平面螺旋感应线圈和拾振结构依次由下而上固定设置,支撑结构位于平面螺旋感应线圈和拾振结构的外侧并与绝缘衬底固定连接。本装置通过由弹簧连接的圆形永磁体阵列在不同振动模式下,各个永磁体不同振动状态的叠加实现宽频带振动能量采集。永磁阵列是利用微结构图形化方法实现集成制造,而且由于图形化的永磁体可以有较厚的微结构,因而比电镀永磁体有更好的能量采集和转化效率,与 IC 工艺相兼容,易于批量化加工。



1. 一种基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器,包括:绝缘衬底、平面螺旋感应线圈、拾振结构和支撑结构,其特征在于:绝缘衬底、平面螺旋感应线圈和拾振结构依次由下而上固定设置,支撑结构位于平面螺旋感应线圈和拾振结构的外侧并与绝缘衬底固定连接;所述的拾振结构包括:位于正中的永磁阵列、镶嵌在永磁阵列与支撑结构之间的若干蛇形弹簧、位于永磁阵列下方的垫片以及与蛇形弹簧相连接的连接片。

2. 根据权利要求1所述的基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的平面螺旋感应线圈为感应线圈绕组结构。

3. 根据权利要求1或2所述的基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的平面螺旋感应线圈为方形或圆形的多层多匝螺旋金属铜线圈按螺旋渐开的方式组合构成。

4. 根据权利要求1所述的基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的支撑结构是通过电镀镍或铜金属或微电铸形成的方形或者弧形柱状结构。

5. 根据权利要求1所述的基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的平面螺旋感应线圈内设有绝缘材料。

6. 根据权利要求1所述的基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的永磁阵列由3-20个圆形或方形的永磁体构成。

7. 根据权利要求1所述的基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的蛇形弹簧为单匝或多匝S形结构的电镀镍或电镀铜制成,其中的S形结构的内径为20-100微米,S形结构的平直部分长为50-500微米,单个蛇形弹簧长度为50-500微米。

8. 根据权利要求1或4所述的基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的支撑结构采用室温下多次叠层电镀镍或铜金属或微电铸制作。

9. 一种三明治式结构的微型电磁式宽频带振动能量采集器,包括:两个绝缘衬底、两个平面螺旋感应线圈、拾振结构和两个支撑结构,其特征在于:

第一绝缘衬底和第二绝缘衬底相对设置,第一支撑结构和第二支撑结构分别位于第一绝缘衬底和第二绝缘衬底的内侧组成三明治式结构,拾振结构位于三明治式结构的正中且第一平面螺旋感应线圈和第二平面螺旋感应线圈分别设置于拾振结构的上下两侧;所述的拾振结构包括:位于正中的永磁阵列、镶嵌在永磁阵列与支撑结构之间的若干蛇形弹簧、位于永磁阵列下方的垫片以及与蛇形弹簧相连接的连接片。

## 基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种微机电技术领域的装置,具体是一种基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器。

### 背景技术

[0002] 随着微机电系统 (MEMS) 和无线传感网络不断向前发展,如何对它们供电已成为其发展的一大障碍。常用的电池和电力线供电,操作和使用不方便,特别是对于无线传感网络通讯,由于其使用寿命长、节点分布广泛,在某些地方传感器工作位置难以触及,更换电池或用电力线供电,在很多场合下是不切实际的。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。而利用传统的机械加工技术得到的振动能量采集器,由于体积较大,无法与微型无线产品和微机电系统器件集成;随着技术的改进和提高,无线传感器节点的能耗也逐步降低,利用微型振动能量采集器为其供电成为可能,同时与具有体积小,功耗低等特点的微机电系统器件又能很好的匹配,易于集成制造。

[0003] 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,因此需要制作一个能在一定频谱范围内产生谐振的宽频振动能量采集器,以采集周围环境中一定频谱范围内频率的振动能量。

[0004] 经过对现有技术的检索发现,Ibrahim Sari 等人在“An electromagnetic micro powergenerator for wideband environmental vibrations”(Sensors and Actuators, A, 2008, 405-413)(中文题目“一种微型电磁式宽频带振动能量采集器”国际期刊:传感器与执行器 A) 文章中报道了一拾振结构为含 35 根悬臂梁的阵列,在悬臂梁上制作能切割磁感线的线圈,利用每根悬臂梁的不同长度得到不同的固有频率,当外界在一定范围频率振动时,每根悬臂梁分别能在某一特定频率产生谐振,从整体来看,它能在一定频谱范围内都能产生谐振,因而实现一定频谱范围能的振动能量采集。据报到,它能在 4.2-5KHZ 范围内持续产生电压为 10mV,功率为 0.4 $\mu$ W 的电流。虽然部分工艺与 IC 工艺兼容,但永磁体仍靠手工装配,悬臂梁特性控制困难,整体制作工艺步骤繁多复杂,很难批量生产。

### 发明内容

[0005] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提供一种基于永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器,通过由弹簧连接的圆形永磁体阵列在不同振动模态下,各个永磁体不同振动状态的叠加实现宽频带振动能量采集。永磁阵列是利用微结构图形化方法实现集成制造,而且由于图形化的永磁体可以有较厚的微结构,因而比电镀永磁体有更好的能量采集和转化效率,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:绝缘衬底、平面螺旋感应线圈、拾振结构和支撑结构,其中:绝缘衬底、平面螺旋感应线圈和拾振结构依次由下而上固定设置,支撑结构位于平面螺旋感应线圈和拾振结构的外侧并与绝缘衬底固定连接。

[0007] 所述的平面螺旋感应线圈为感应线圈绕组结构,具体为方形或圆形的多层多匝螺旋金属铜线圈按螺旋渐开的方式组合构成,其中金属铜线圈的高度、宽度以及匝与匝之间的距离为 10 微米-30 微米,整体宽度视其上永磁体大小和磁感应强度而定,直径或边长为 200-1500 微米。

[0008] 所述的绝缘衬底由石英或玻璃制成。

[0009] 所述的支撑结构是通过电镀镍或铜等金属或微电铸形成的方形或者弧形柱状结构,采用室温下多次叠层电镀镍或铜等金属或微电铸制作。

[0010] 所述的平面螺旋感应线圈内设有绝缘材料,如氧化铝或聚酰亚胺等。

[0011] 所述的拾振结构包括:位于正中的永磁阵列、镶嵌在永磁阵列与支撑结构之间的若干蛇形弹簧、位于永磁阵列下方的垫片以及与蛇形弹簧相连接的连接片。

[0012] 所述的永磁体阵列由 3-20 个圆形或方形的永磁体构成,所述永磁体的直径或边长为 200-1000 微米,厚度为 50-1000 微米。

[0013] 所述的垫片和连接片均由电镀镍或电镀铜制成且与蛇形弹簧连成一体,厚度为 5-50 微米。

[0014] 所述的蛇形弹簧为单匝或多匝 S 形结构的电镀镍或电镀铜制成,其中的 S 形结构的内径为 20-100 微米,S 形结构的平直部分长为 50-500 微米,单个蛇形弹簧长度为 50-500 微米。

[0015] 所述的蛇形弹簧具体位于永磁阵列的周围,这样磁体受力均匀,克服了悬臂梁或简支梁应力集中的问题,同时也加大了磁体振幅,更有利于能量采集。

[0016] 所述的支撑结构是通过电镀镍或铜等金属或微电铸形成的方形或者弧形柱状结构,采用室温下多次叠层电镀镍或铜等金属制作或微电铸。

[0017] 所述的永磁阵列由大小相同位置不同的圆形或方形永磁体构成,通过每个永磁体在各自范围内振动,在对应的平面螺旋感应线圈产生感应电流,可以通过适当控制谐振永磁体的质量、位置和形状,可以适当调节其拾振频率。

[0018] 本发明涉及一种三明治式结构的微型电磁式宽频带振动能量采集器,包括:两个绝缘衬底、两个平面螺旋感应线圈、拾振结构和两个支撑结构,其中:第一绝缘衬底和第二绝缘衬底分别相对设置,第一支撑结构和第二支撑结构分别位于第一绝缘衬底和第二绝缘衬底的内侧组成三明治式结构,拾振结构位于三明治式结构的正中且第一平面螺旋感应线圈和第二平面螺旋感应线圈分别设置于拾振结构的上下两侧。

[0019] 本发明主要用于采集自然环境中广泛存在的 100-1000 赫兹中某一特定频率范围内的低频振动能。通过由蛇形弹簧和圆形或方形磁体交互连接形成的拾振结构与外界发生谐振,根据法拉第定律,当器件在这一特定频率范围内振动时,通过平面螺旋感应线圈产生较大感应电流。根据理论分析,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。

[0020] 本发明采用了由若干个圆形或方形永磁体组成的永磁阵列来响应外界环境中的振动,跟据有限元理论进行模态分析,当器件在一阶模态时,拾振永磁阵列出现上下振动,其中位于阵列最中间的永磁体振幅最大,依次向外逐渐降低,此时最中间的平面磁感应线圈中得到最大的电压;当器件在二阶模态时,拾振永磁阵列出现波浪形弯曲,此时位于阵列两边永磁体出现最大振幅,相应的平面感应线圈产生感应电流最大,位于中间的永磁体振

幅不大；当器件在第三阶模态是，拾振永磁阵列出现绕以对角线摇摆，此时位于另外两脚的永磁体出现振幅最大，产生最大感应电流。与此同时，还可以通过改变阵列永磁体的相对位置、弹簧刚度和长度以及不同的电镀材料，可以调节不同模态的共振频率，对模态进行整合，使拾振结构在这一固定的频谱范围内产生较大电流，得出发生谐振的一定范围频谱，这克服了以往利用单一拾振结构（一个永磁体和弹簧）只有某一特定固有频率的缺陷和利用悬臂梁结构造成应力集中的毛病，以实现在一定频谱范围内实现谐振。

[0021] 本发明永磁体和蛇形弹簧组成的拾振结构，主要通过改变磁通量来产生感应电动势而不是通过切割磁感线来产生电动势，谐振永磁体位于感应线圈绕组的一侧而不穿过感应线圈所在的平面。利用蛇形弹簧作为永磁体与永磁体之间、永磁体与支撑结构之间的连接，而不是通常所用的悬臂梁或简支梁做支撑，一方面，这样永磁体有更大的自由度，可以使其有更大的振幅，采能效率更高，并且可以对外界振动产生缓冲，避免应力集中折断或拉坏；另一方面，这可以使磁体除了在主方向（垂直于弹簧和永磁体平面方向）上产生谐振能量采集外，在水平方向产生摆动或轻微转动，由于切割磁感线而产生感应电流，这样也能进行能量采集，可以进一步提高能量采集效率。

[0022] 本发明克服了以前基于 MEMS 的电磁式宽频带振动能量采集器在制作工艺的不足，传统的磁片粘结技术精度差，体积大，集成度低，难以满足 MEMS 设计和制造要求；掩膜电镀工艺对外界要求高，厚度很有限，表面性能低，存在应力问题。本发明的拾振结构采用电镀工艺和微结构图形化相结合的方法，利用电镀生成磁性材料基底和弹簧，这样可以保证二者的衔接，然后利用光刻和微结构图形化工艺直接将永磁体集成在器件上，工艺简单便于集成和批量生产。

#### 附图说明

- [0023] 图 1 为实施例 1 结构示意图。
- [0024] 图 2 为实施例 1 结构侧视图。
- [0025] 图 3 为实施例 1 拾振结构示意图。
- [0026] 图 4 为实施例 2 结构示意图。
- [0027] 图 5 为实施例 3 整体结构示意图。
- [0028] 图 6 为实施例 3 内部结构示意图。
- [0029] 图 7 为实施例 3 拾振结构示意图。
- [0030] 图 8 为实施例 3 绝缘衬底示意图。

#### 具体实施方式

[0031] 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。

[0032] 实施例 1

[0033] 基于蛇形弹簧连接由 9 个圆形永磁体组成永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器

[0034] 如图 1 所示，本实施例包括：绝缘衬底 1、平面螺旋感应线圈 5、十二个拾振结构 3、

4、6-15 和十二个对应的支撑结构 2,其中 :绝缘衬底 1、平面螺旋感应线圈 5 和十二个拾振结构 3、4、6-15 依次由下而上固定设置,十二个支撑结构 2 分别位于平面螺旋感应线圈 5 和拾振结构 3、4、6-15 的外侧并与绝缘衬底 1 固定连接。

[0035] 所述的绝缘衬底 1 由石英或玻璃制成。

[0036] 所述的平面螺旋感应线圈 5 为感应线圈绕组结构,具体为方形或圆形的多层多匝螺旋金属铜线圈按螺旋渐开的方式组合构成,其高度、宽度以及匝与匝之间的距离约为 20 微米。

[0037] 如图 3 所示,所述的拾振结构 3、4、6-15 包括 :二十四个蛇形弹簧 3、十二个连接片 4、九个垫片 6、九个圆形磁体 7-15,其中 :九个圆形永磁体 7-15 分别位于拾振结构中央,二十四个蛇形弹簧镶嵌于永磁阵列之间以及永磁阵列与支撑结构之间,与十二个连接片 4、九个垫片 6 相连成为一个整体 ;九个垫片 6 位于九个圆形磁体 7-15 正下方,并与之紧密相连,起支撑作用,十二个连接片 4 位于十二个支撑结构 2 正上方,并与之紧密相连。

[0038] 所述的圆形永磁体 7-15 直径为 200 微米,厚度为 100 微米。

[0039] 所述的蛇形弹簧 3 为单匝 S 形结构的电镀铜制成,其中的 S 形结构的圆弧部分的内径约为 30 微米,S 形结构的平直部分长约为 150 微米,弹簧间连体的长度约为 200 微米。

[0040] 如图 2 所示,所述的垫片 6 和连接片 4 由电镀镍或电镀铜制成,与蛇形弹簧 3 连成一体,为同一镀层,厚度为 15 微米。

[0041] 所述的蛇形弹簧 3 分布在磁体周围,这样磁体受力均匀,克服了悬臂梁或简支梁应力集中的问题,同时也加大了磁体振幅,更有利于能量采集。

[0042] 所述的支撑结构 2 是通过电镀镍或铜等金属或微电铸形成的方形或者弧形柱状结构,采用室温下多次叠层电镀镍或铜等金属制作或微电铸。

[0043] 实施例 2

[0044] 基于聚合物薄膜连接的由 9 个圆形永磁体组成永磁阵列的微型电磁式宽频带振动能量采集器

[0045] 如图 4 所示,本实施例基本结构和实施例 1 相同,将实施例 1 中的蛇形弹簧、连接片和垫片电镀层改用聚合物薄膜连接,以实现永磁阵列间以及永磁阵列与支撑结构间的柔性连接。

[0046] 实施例 3

[0047] 基于永磁阵列三明治结构微型电磁式宽频带振动能量采集器

[0048] 如图 5-7 所示,本实施例包括 :第一绝缘衬底 1 和其上的第一平面感应线圈 5、拾振结构 3、4、6-15,第一支撑结构 16、第二支撑结构 19、倒置的第二绝缘衬底 17 及其第二平面感应线圈 18,其中 :第一绝缘衬底 1 和第二绝缘衬底 17 分别相对设置,第一支撑结构 16 和第二支撑结构 19 分别位于第一绝缘衬底 1 和第二绝缘衬底 17 的内侧组成三明治式结构,拾振结构 3、4、6-15 分别位于三明治式结构的正中且第一平面螺旋感应线圈 5 和第二平面螺旋感应线圈 18 分别设置于拾振结构 3、4、6-15 的上下两侧。

[0049] 如图 8 所示,为第一、第二绝缘衬底 1、17 以及分别置于其上的第一、第二平面感应线圈 5、18。

[0050] 本实施例设计成三明治结构可在在拾振结构上下振动时都可以完成能量采集,可以大大提高能量采集效率,更有效的利用环境中的振动能量。

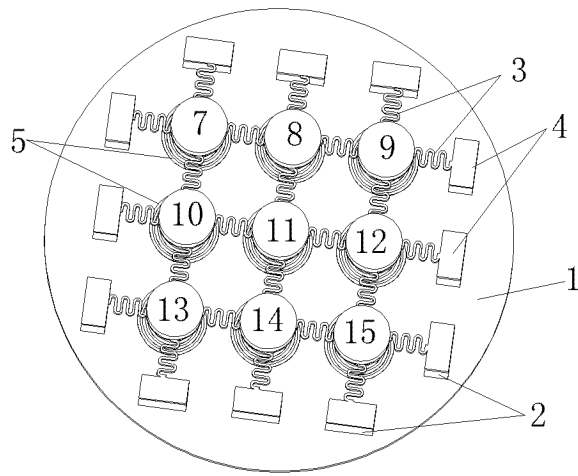


图 1

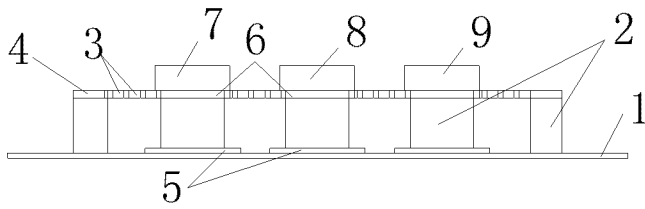


图 2

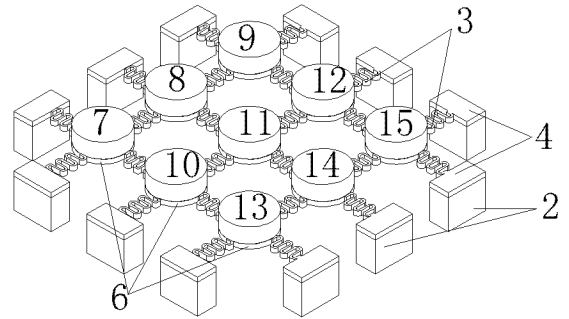


图 3

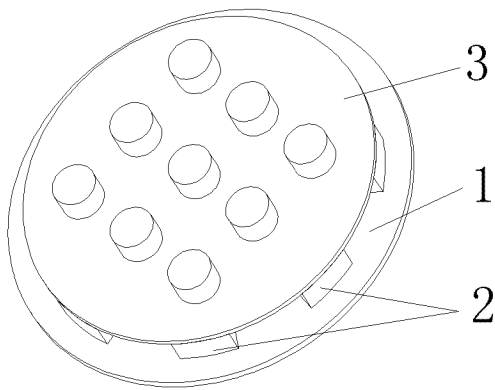


图 4

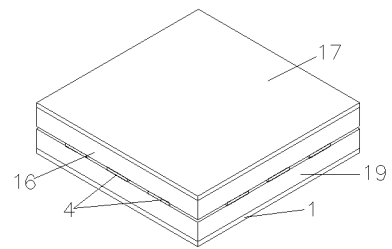


图 5

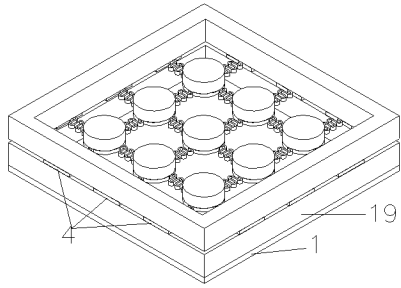


图 6

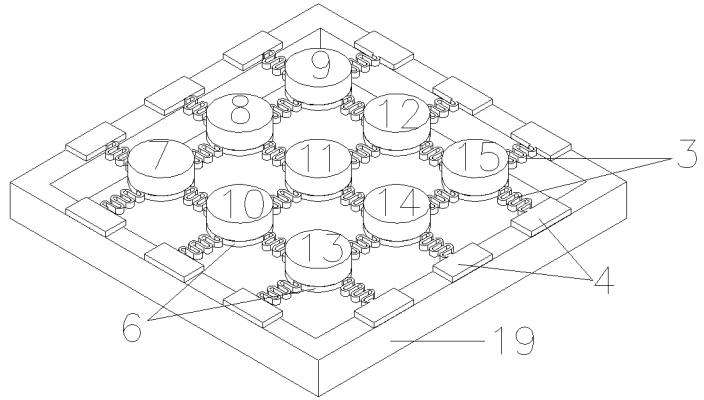


图 7

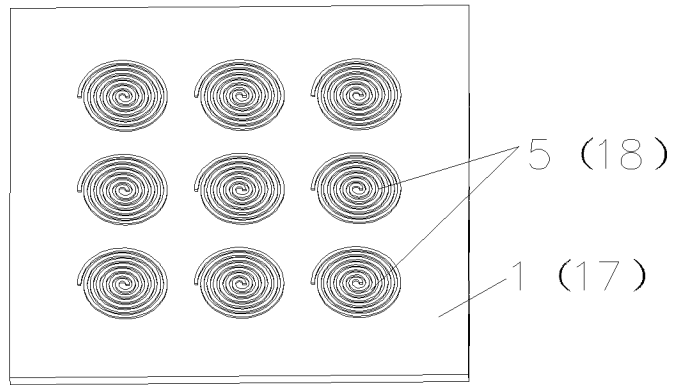


图 8