

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101860169 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 21

(21) 申请号 201010199502. 3

(22) 申请日 2010. 06. 12

(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 杨卓青 陶凯 丁桂甫 王艳

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 郭国中

(51) Int. Cl.

H02K 33/18 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101345466 A, 2009. 01. 14,

CN 201490864 U, 2010. 05. 26,

US 7569952 B1, 2009. 08. 04,

CN 101345466 A, 2009. 01. 14,

王佩红等. 基于电镀铜平面弹簧的微型电磁式振动能量采集器. 《功能材料与器件学

报》. 2008, (第 01 期),

王佩红等. 微型电磁式振动能量采集器的研究进展. 《振动与冲击》. 2007, (第 09 期),

审查员 霍艳

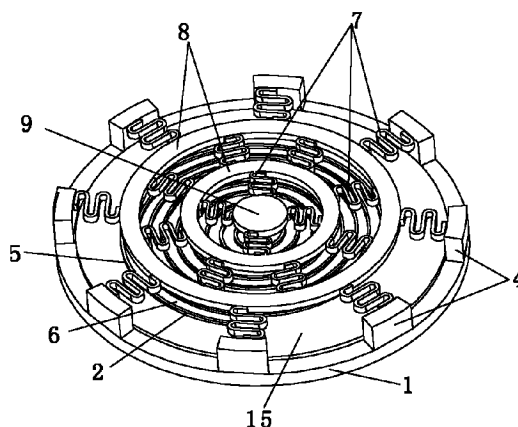
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

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右下而上固定设置,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。本发明通过多个由弹簧连接的环状永磁体振动模态的叠加实现宽频带能量采集,并利用微结构图形化方法实现永磁体的集成制造,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:若干蛇形弹簧、若干个环形永磁体和中心永磁体,其中:中心永磁体位于拾振结构的圆心,若干个环形永磁体依次由内而外套接于中心永磁体的外部,若干蛇形弹簧依次径向设置于支撑结构、环形永磁体和中心永磁体之间的空隙处。

2. 根据权利要求1所述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,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。

3. 根据权利要求2所述的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的感应线圈绕组内设有绝缘材料。

4. 根据权利要求1所述的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的中心永磁体与环形永磁体为同心设置,所述的中心永磁体、环形永磁体以及平面螺旋感应线圈为同轴设置。

5. 根据权利要求1所述的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的蛇形弹簧包括:位于中心永磁体与相邻环形永磁体之间的内蛇形弹簧、位于两个相邻的环形永磁体之间的过渡蛇形弹簧以及位于环形永磁体与相邻的支撑结构之间的外蛇形弹簧。

6. 根据权利要求1或5所述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。

7. 根据权利要求5所述的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的外蛇形弹簧的个数为6-20个,每个蛇形弹簧的宽度为20-60微米,厚度为20-60微米;所述的过渡蛇形弹簧的个数为6-16个,每个蛇形弹簧的宽度为10-50微米,厚度为10-50微米;所述的内蛇形弹簧的个数为4-12个,每个蛇形弹簧的宽度为5-40微米,厚度为4-40微米。

8. 根据权利要求1所述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或微电铸形成的方形或者弧形柱状结构,且是通过采用室温下多次叠层电镀镍或铜或室温下多次微电铸形成的。

9. 根据权利要求1或8所述的微型电磁式宽频带振动能量采集器,其特征是,所述的支撑结构与绝缘衬底固定连接成为工字型一体结构。

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系统领域的装置,具体是一种微型电磁式宽频带振动能量采集器。

背景技术

[0002] 随着无线传感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,皆有广阔的应用前景。然而随着无线传感产品和微机电系统器件体积不断减小,供电问题成了困扰其发展应用的主要障碍。当前人们主要依靠高能量密度的一次性电池,尽管电池的储能密度和使用寿命不断得以提高,但它的缺陷不言而喻:体积大、质量大、寿命有限、需不断更换。无线传感网络使用寿命往往较长,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,既费时又费力,在很多场合下也是不切实际的。

[0003] 振动能量采集器能够把周围环境中的振动能转化为电能从而为无线电子元器件供电。一方面,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。另一方面,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,目前有些产品的活动能耗和睡眠能耗已经降到了几十毫瓦和几毫瓦级别,这无疑意味着基于 MEMS 的微型能量采集器在无线电子元件等低能耗器件方面将有着非常广泛的应用。

[0004] 目前完全集成制造的微机械电磁振动能量采集器输出功率和电压低,难以满足低功耗器件应用的需求。究其原因,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。然而,事实上,环境中的振动频率往往在一个范围内持续变化,例如飞机在起飞时和在空中平稳运行时振动频率显然是不同,因此需要制作出一个能收集不同频率的 MEMS 能量采集器。

[0005] 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,利用每根悬臂梁的不同长度得到不同的共振频率,它能在 4.2-5KHZ 范围内持续产生电压为 10mV,功率为 0.4 μ 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,整体制作工艺步骤复杂,很难批量生产。

[0006] Bin Yang 等人在“Electromagnetic energy harvesting from vibrations of multiple frequencies”(Journal of Micromechanics and Micro engineering, 19, 2009, 035001)(中文题目:“微型电磁式宽频带振动能量采集器”国际期刊:微机械和微工程学报) 文章中报道了拾振部件为简支梁上装配上三个永磁体量采集器,通过仿真实验得到在一定频率范围内产生 3.2mV 电压,3.2 μ W 电流。该能量采集器的永磁体、悬臂梁和支架等都是装配组成,器件体积大,无法与微型无线产品和微机电系统器件集成。

发明内容

[0007] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提供一种微型电磁式宽频带振动能量采集器,通过多个由弹簧连接的环状永磁体振动模态的叠加实现宽频带能量采集,并利用微结构图形化方法实现永磁体的集成制造,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。

[0008] 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右下而上固定设置,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。

[0009] 所述的绝缘衬底为石英或玻璃制成。

[0010] 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。

[0011] 所述的感应线圈绕组内设有绝缘材料,如氧化铝或聚酰亚胺或聚氯代对二甲苯。

[0012] 所述的拾振结构包括:若干蛇形弹簧、若干个环形永磁体和中心永磁体,其中:中心永磁体位于拾振结构的圆心,若干个环形永磁体依次由内而外套接于中心永磁体的外部,若干蛇形弹簧依次径向设置于支撑结构、环形永磁体和中心永磁体之间的空隙处。

[0013] 所述的蛇形弹簧包括:位于中心永磁体与相邻环形永磁体之间的内蛇形弹簧、位于两个相邻的环形永磁体之间的过渡蛇形弹簧以及位于环形永磁体与相邻的支撑结构之间的外蛇形弹簧。

[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 形结构的圆弧部分的内径为 20-100 微米,S 形结构的平直部分长为 50-500 微米,单个弹簧的长度为 100-200 微米。

[0015] 所述的外蛇形弹簧的个数为 6-20 个,每个蛇形弹簧的宽度为 20-60 微米,厚度为 20-60 微米;

[0016] 所述的过渡蛇形弹簧的个数为 6-16 个,每个蛇形弹簧的宽度为 10-50 微米,厚度为 10-50 微米;

[0017] 所述的内蛇形弹簧的个数为 4-12 个,每个蛇形弹簧的宽度为 5-40 微米,厚度为 4-40 微米;

[0018] 本发明中的蛇形弹簧分布在磁体周围,这样磁体受力均匀,克服了悬臂梁或简支梁应力集中地问题,同时也加大了磁体振幅,更有利于能量采集。

[0019] 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。

[0020] 所述的中心永磁体与环形永磁体为同心设置,所述的中心永磁体、环形永磁体以及平面螺旋感应线圈为同轴设置,以使磁感应线更加集中,因而线圈中心磁感应强度最强,更加有效地利用谐振产生的能量,能量转换效率更高。所有永磁体因其每个永磁体各不相同因而有不同的固有谐振频率,通过适当控制谐振永磁体的相对质量、位置和形状,产生在一定频谱范围内受迫谐振,采集环境中的振动能量。

[0021] 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环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。本发明采用了三个同心圆型永磁体作为拾振结构,而每个永磁体都各有其不变的固有谐振频率,适当选取连接材料,利用有限元模拟和实验分析,找出拾振结构产生电流的三个不同的峰值,然后通过改变相对位置、弹簧刚度和长度以及不同的电镀材料,对三个峰值进行整合,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,使电磁式能量采集器的实用性又向前推进了一步。

[0022] 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、永磁体与支撑台之间的连接,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。在拾振结构的内部永磁体、拾振结构和平面螺旋感应线圈都是同一圆心或同一主轴上,这样有利于磁感线集中,磁感强度在线圈内比较强,磁通量变化大,因而能量采集效率高,避免由于震动或磁体分散而造成磁场损失。

[0023] 本发明将感应线圈做在永磁体拾振结构下方固定,而不是做成绕在悬臂梁或薄膜的可动部件上,因此无需在底部做成悬臂梁或是薄膜结构,这样工艺要求比较低,可以在一定面积上获得面积更大,匝数更多的线圈绕组,甚至可以利用绝缘层进行多层多匝绕线,在相同的振动下产生更大的感应电动势。

[0024] 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通过微加工技术,做成圆形和圆环形集成在器件上,工艺简单便于集成和批量生产。

[0025] 本发明的主要创新点:1 利用多个可动永磁体不同的谐振频率,通过建模和理论分析得出在一定频谱范围内实现谐振,完成一定范围内频率采集。2 永磁体之间采用电镀弹簧连接,这样永磁体有较大自由度,较悬臂梁或简支梁,有较大改进。3 电镀蛇形弹簧在水平面上可以产生一定量拉伸,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,在水平方向产生扰动或轻微转动,也能进行能量采集,并且较梁结构有阻尼更小,进一步提高了能量采集效率。4 永磁体在同一个平面上,中间均以电镀蛇形弹簧连接,制作工艺简单,便于加工。5 永磁体均以同心的圆形或圆环形结构,这样有利于把磁场集中在圆环中心部分,这可以减少磁力损失,更有效进行能量采集。6 平面螺旋感应线圈绕组在永磁体拾振结构下方固定绝缘基底上,并且与圆形和环形永磁体拾振结构在同一主轴上,这

样只要永磁体在振动,就能产生相应的磁感应电流。7 磁感应线圈绕组在固定的绝缘基底上,之间利用氧化铝或聚酰亚胺绝缘,这样可以获得匝数跟多、面积更大的线圈组,而且还可以进行多层多匝绕组。8 永磁体集成技术方面摒弃了传统的磁片粘结和微装配手段以及掩膜电镀工艺,直接将永磁体通过微加工技术,做成圆形和圆环形集成在器件上,工艺简单便于集成和批量生产。

附图说明

- [0026] 图 1 为实施例 1 结构示意图。
[0027] 图 2 为实施例 1 拾振结构图。
[0028] 图 3 为实施例 2 结构示意图。
[0029] 图 4 为实施例 3 结构示意图。

具体实施方式

[0030] 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。

[0031] 实施例 1

[0032] 具有三个永磁体构成拾振结构的一个微型电磁式宽频带振动能量采集器

[0033] 如图 1 所示,本实施例包括:绝缘衬底 1、平面螺旋感应线圈 2、拾振结构 3 和 8 个支撑结构 4,其中:绝缘衬底 1、平面螺旋感应线圈 2 和拾振结构 3 依次右下而上固定设置,支撑结构 4 位于平面螺旋感应线圈 2 和拾振结构 3 的外侧并与绝缘衬底 1 固定连接。

[0034] 所述的绝缘衬底 1 为石英或玻璃制成。

[0035] 所述的平面螺旋感应线圈 2 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 5 按螺旋渐开的方式组合构成,其中金属铜线圈 5 的高度、宽度以及匝与匝之间的距离为 20 微米。

[0036] 所述的感应线圈绕组内设有绝缘材料 6,如氧化铝或聚酰亚胺或聚氯代对二甲苯。

[0037] 所述的拾振结构 3 包括:20 个蛇形弹簧 7、2 个环形永磁体 8 和中心永磁体 9,其中:中心永磁体 9 位于拾振结构 3 的圆心,2 个环形永磁体 8 依次由内而外套接于中心永磁体 9 的外部,20 个蛇形弹簧 7 依次径向设置于支撑结构 4、环形永磁体 8 和中心永磁体 9 之间的空隙处。

[0038] 所述的蛇形弹簧 7 包括:位于中心永磁体 9 与相邻环形永磁体 8 之间的内蛇形弹簧 10、位于两个相邻的环形永磁体 8 之间的过渡蛇形弹簧 11 以及位于环形永磁体 8 与相邻的支撑结构 4 之间的外蛇形弹簧 12。

[0039] 所述的蛇形弹簧 7 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 13 的内径为 30 微米,S 形结构的平直部分 14 长为 100 微米,单个弹簧的长度为 150 微米。

[0040] 所述的外蛇形弹簧 12 的个数为 8 个,每个蛇形弹簧 7 的宽度为 50 微米,厚度为 50 微米;

[0041] 所述的过渡蛇形弹簧 11 的个数为 8 个,每个蛇形弹簧 7 的宽度为 40 微米,厚度为 40 微米;

[0042] 所述的内蛇形弹簧 10 的个数为 4 个,每个蛇形弹簧 7 的宽度为 40 微米,厚度为 50 微米;

[0043] 本发明中的蛇形弹簧 7 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地问题,同时也加大了磁体振幅,更有利于能量采集。

[0044] 所述的支撑结构 4 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。

[0045] 如图 1 所示,绝缘衬底 1 上溅射有导电金属层 15,其厚度为 10 微米。

[0046] 实施例 2

[0047] 具有四个永磁体构成拾振结构的一个微型电磁式宽频带振动能量采集器

[0048] 如图 3 所示,为四个永磁体构成拾振结构的一个微型电磁式宽频带振动能量采集器,其结构和原理与实施例 1 基本相同,所述的拾振结构 3 包括:28 个蛇形弹簧 7、3 个环形永磁体 8 和中心永磁体 9,其中:中心永磁体 9 位于拾振结构 3 的圆心,3 个环形永磁体 8 依次由内而外套接于中心永磁体 9 的外部,28 个蛇形弹簧 7 依次径向设置于支撑结构 4、环形永磁体 8 和中心永磁体 9 之间的空隙处,这样在振动频谱图上能显示四个振动峰值,可以得到由四个固有频率整合而成的宽频带振动能量采集器。

[0049] 实施例 3

[0050] 如图 4 所示,本实施例包括:绝缘衬底 1、平面螺旋感应线圈 2、拾振结构 3 和支撑结构 4,其中:绝缘衬底 1、平面螺旋感应线圈 2 和拾振结构 3 依次右下而上固定设置,支撑结构 4 位于平面螺旋感应线圈 2 和拾振结构 3 的外侧并与绝缘衬底 1 固定连接成为工字型一体结构。

[0051] 所述的工字型一体结构的高度为 1500 微米,其固定频率的振幅与平面螺旋感应线圈 2 相接近。

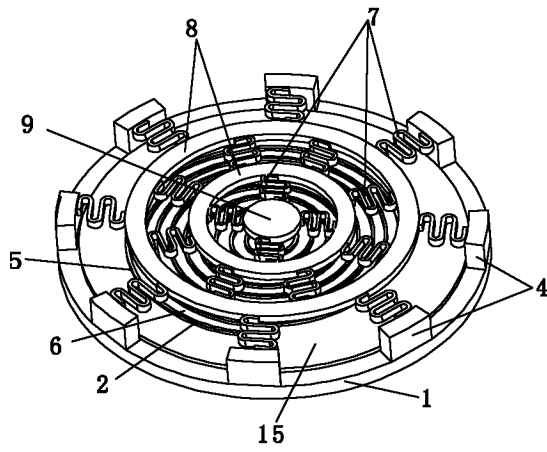


图 1

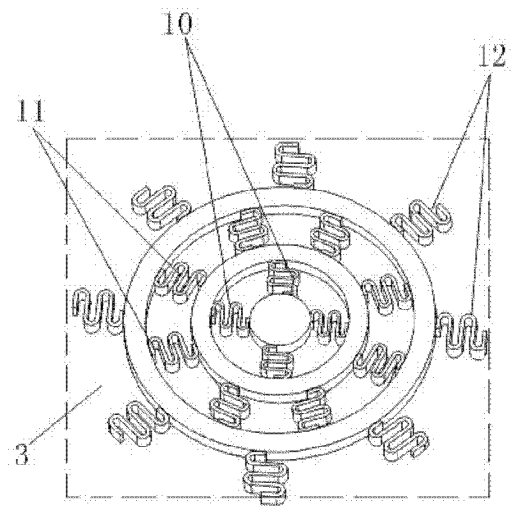


图 2

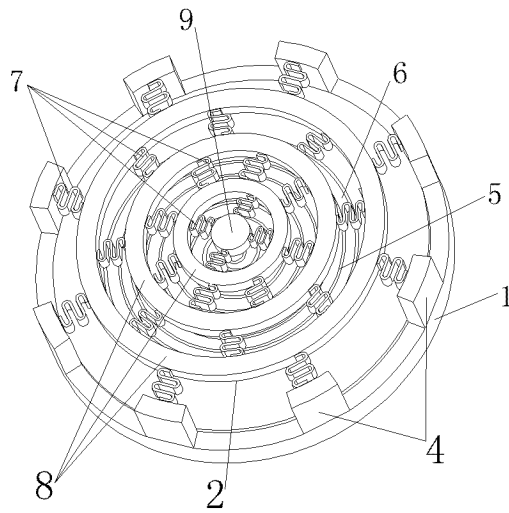


图 3

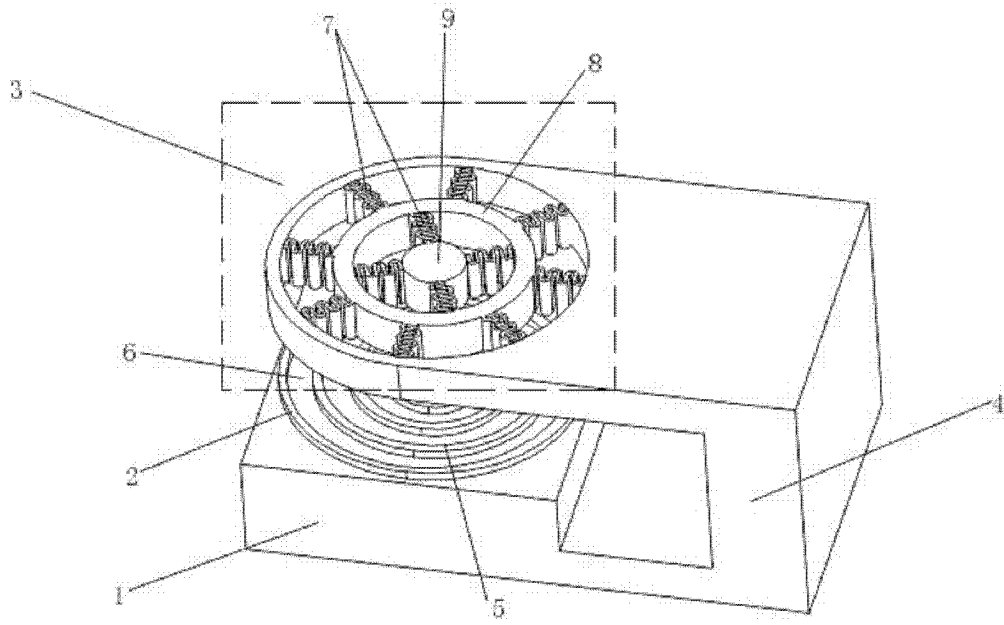


图 4