



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101789329 B

(45) 授权公告日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201010127247. 1

CN 101174518 A, 2008. 05. 07, 全文.

(22) 申请日 2010. 03. 19

杨卓青 等. 用于 MEMS 惯性开关的微弹簧有限元动力学分析. 《机械强度》. 2008, 第 30 卷 (第 4 期), 586-589.

(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 彭慧

(72) 发明人 杨卓青 丁桂甫

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司

公司 31236

代理人 郭国中

(51) Int. Cl.

H01H 35/14 (2006. 01)

H01H 1/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 2175466 Y, 1994. 08. 24, 全文.

DE 19819919 A1, 1999. 11. 11, 全文.

US 6765160 B1, 2004. 07. 20, 全文.

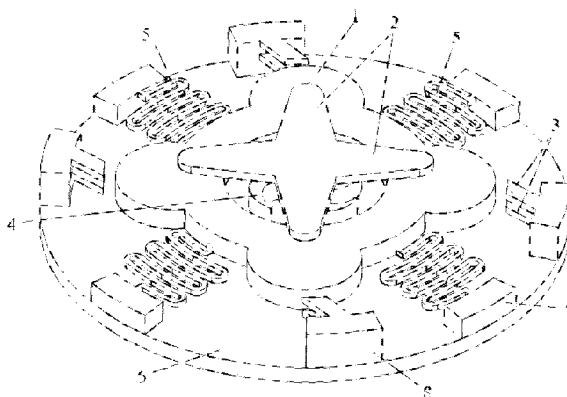
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

三维多方向敏感的微机械惯性电学开关

(57) 摘要

一种微机电系统技术领域的三维多方向敏感的微机械惯性电学开关,包括:质量块电极、悬臂梁水平固定电极、螺旋型水平固定电极、悬臂梁垂直固定电极、若干组蛇形弹簧、绝缘衬底、螺旋固定电极支撑座、弹簧支撑座、垂直固定电极支撑座以及悬臂梁支撑座,其中:质量块电极分别与四组蛇形弹簧的一端相连,蛇形弹簧的另一端与弹簧支撑座相连接并将质量块电极悬空于绝缘衬底和悬臂梁垂直固定电极之间,弹簧支撑座和悬臂梁支撑座分别固定设置于绝缘衬底上并位于质量块电极的四周,螺旋型水平固定电极和螺旋固定电极支撑座依次固定设置于衬底上。本发明使微机械惯性电学开关对来自水平和垂直多个方向上的加速度冲击反应敏感。



1. 一种三维多方向敏感的微机械惯性电学开关,包括:质量块电极、悬臂梁水平固定电极、螺旋型水平固定电极、悬臂梁垂直固定电极、若干组蛇形弹簧、绝缘衬底、螺旋固定电极支撑座、弹簧支撑座、垂直固定电极支撑座以及质量块外围水平电极悬臂梁支撑座,其特征在于:质量块电极分别与四组蛇形弹簧的一端相连,蛇形弹簧的另一端与弹簧支撑座相连接并将质量块电极悬空于绝缘衬底和悬臂梁垂直固定电极之间,且螺旋型水平固定电极设置于环形质量块的中心位置,弹簧支撑座和质量块外围水平电极悬臂梁支撑座分别固定设置于绝缘衬底上并位于质量块电极的四周,螺旋型水平固定电极和螺旋固定电极支撑座固定设置于衬底上。

2. 根据权利要求1所述的三维多方向敏感的微机械惯性电学开关,其特征是,所述的质量块电极为叠层金属电镀形成的环形结构,其外径1000~2000微米、内径200~1200微米、高50~500微米,四个周边突出的半圆内半径为400~1000微米。

3. 根据权利要求1所述的三维多方向敏感的微机械惯性电学开关,其特征是,所述的悬臂梁水平固定电极为一层或多层金属电镀形成的悬臂结构,其宽度为50~200微米,长度为100~400微米,厚度50~500微米,悬臂梁结构悬空一端的截面倾角为30~60°。

4. 根据权利要求1所述的三维多方向敏感的微机械惯性电学开关,其特征是,所述的螺旋型水平固定电极为三圈以上金属电镀形成的螺旋结构,其根部宽度为50~200微米,厚度50~500微米,螺旋半径为100~500微米,螺旋角为60~120°。

5. 根据权利要求1所述的三维多方向敏感的微机械惯性电学开关,其特征是,所述的悬臂梁垂直固定电极为金属电镀形成的圆形结构或风叶形结构。

6. 根据权利要求5所述的三维多方向敏感的微机械惯性电学开关,其特征是,所述的圆形结构的半径为150~650微米。

7. 根据权利要求5所述的三维多方向敏感的微机械惯性电学开关,其特征是,所述的风叶形结构为三风叶形或多风叶,其中:三风叶之间的夹角为120°,根部宽度为50~200微米,厚度10~50微米,端部半径为10~50微米。

8. 根据权利要求1所述的三维多方向敏感的微机械惯性电学开关,其特征是,所述的蛇形弹簧为金属电镀形成的一匝或多匝结构,其线宽为5~50微米,厚度为4~50微米,半圆的内径为20~100微米,连接半圆间的竖直长为50~500微米。

9. 根据权利要求1所述的三维多方向敏感的微机械惯性电学开关,其特征是,所述的悬臂梁支撑座与质量块电极之间的间隔为10~50微米。

三维多方向敏感的微机械惯性电学开关

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,具体是一种三维多方向敏感的微机械惯性电学开关。

背景技术

[0002] 以微机电系统技术为基础设计和制造的惯性开关因其具有体积小、成本低及批量生产等优点备受关注。以往的微机械惯性开关,因其加工方法是基于微机电系统技术,很多情况下开关的制备是以硅为基础进行刻蚀或电镀,通过干法刻蚀 SOI(Silicon on Insulator) 硅片得到能够悬空的可水平运动结构,并利用刻蚀出的侧壁斜面实现惯性开关的接通功能,这即为水平驱动的微机械惯性开关;而通过在单晶硅基底上的电镀和牺牲层工艺技术,则可实现垂直驱动的微机械惯性开关,但由于电镀过程中难以避免的内应力,这就决定了整个器件的高度不可能太厚,为了有足够大的质量块来感应外界的加速度作用,最终导致器件的整体面积较大。

[0003] 微机械惯性电学开关的设计多数采用悬臂梁或弹簧连接质量块电极去接触碰撞另一固定电极的形式,制作的开关器件或为水平驱动,或为仅垂直驱动,当需要同时检测水平和垂直方向上的加速度作用时,只能联合使用这两种不同驱动方式的惯性电学开关,不但造成了开关器件数量上的浪费,而且也使系统的封装集成更为困难、复杂。因而,如何尽可能使用少的惯性开关器件数量来感应、检测来自多方向的加速度冲击作用,集能够敏感三维多方向加速度作用于一种微开关器件一直是人们努力的方向,结果各种用以改善上述不足微机械惯性电学开关设计不断被提出。

[0004] 经对现有技术的文献检索发现,Wei Ma 等在《Sensors and Actuators A》(《传感器与执行器 A》,2004 年 111 期 63-70 页)发表了题为“Fabrication and packaging of inertiamicro-switch using low-temperature photo-resist molded metal-electroplating technology”(“用低温金属电镀技术制造与封装的惯性微型电学开关”)的论文,提出以硅衬底为基础,在其上电镀金属的方法来实现微机械惯性开关的制备,该微型惯性开关是以悬臂梁连接的质量块作为电极之一,另一电极位于质量块下方的衬底上、或者与质量块在同一个平面,从而实现垂直方向上的驱动、或者水平方向上的驱动。对于水平驱动的惯性电学开关,由于在硅基底上无法电镀太厚的质量块,质量块需要占据较大的面积来产生足够大的惯性驱动力以触发开关,惯性开关没有很明显的立体结构;而对于垂直驱动的惯性开关,其质量块电极与直接位于基底上的另一电极碰撞接触时,两者的刚度都很大,以至于接触效果不良且时间短暂,再加上高速回弹的质量块没有任何边界防护,可能会导致器件受损。更重要的是,论文中提出的任何一种驱动方式的开关器件都不能独立使用来同时检测多个方向的加速度冲击作用。

发明内容

[0005] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提供一种三维多方向敏感的微机械惯性电

学开关,使整个微机械惯性电学开关可以同时敏感来自水平和垂直多个方向上的加速度冲击作用,并使其可动质量块电极和固定电极具有较好的接触效果,质量块电极的运动限制在绝缘衬底和固定电极之间,对器件受到的意外过载冲击起到一定的保护作用。

[0006] 本发明是通过以下技术方案实现的,本发明包括:质量块电极、悬臂梁水平固定电极、螺旋型水平固定电极、悬臂梁垂直固定电极、若干组蛇形弹簧、绝缘衬底、螺旋固定电极支撑座、弹簧支撑座、垂直固定电极支撑座和悬臂梁支撑座,其中:质量块电极分别与四组蛇形弹簧的一端相连,蛇形弹簧的另一端与弹簧支撑座相连接并将质量块电极悬空于绝缘衬底和悬臂梁垂直固定电极之间,弹簧支撑座和悬臂梁支撑座分别固定设置于绝缘衬底上并位于质量块电极的四周,螺旋型水平固定电极和螺旋固定电极支撑座依次固定设置于衬底上。

[0007] 所述的质量块电极为叠层金属电镀形成的环形体结构,其外径 1000~2000 微米、内径 200~1200 微米、高 50~500 微米,四个周边突出的半圆内半径为 400~1000 微米。

[0008] 所述的悬臂梁水平固定电极为一层或多层金属电镀形成的悬臂结构,其宽度为 50~200 微米,长度为 100~400 微米,厚度 50~500 微米,斜截面角度为 30~60°,该悬臂梁水平固定电极采用悬空结构,可以有效降低其结构刚度,并配合相应的斜截面接触,可很好地提高两电极间接触效果。

[0009] 所述的螺旋型水平固定电极为三圈以上金属电镀形成的螺旋结构,其根部宽度为 50~200 微米,厚度 50~500 微米,螺旋半径为 100~500 微米,螺旋角 60~120°。

[0010] 所述的悬臂梁垂直固定电极为金属电镀形成的圆形结构或风叶形结构,所述圆形结构的半径为 150~650 微米;所述风叶形结构为三风叶或多风叶,其中:三风叶之间的夹角为 120°,根部宽度为 50~200 微米,厚度 10~50 微米,端部半径为 10~50 微米。

[0011] 所述的蛇形弹簧为金属电镀形成的一匝或多匝结构,其线宽为 5~50 微米,厚度为 4~50 微米,半圆的内径为 20~100 微米,连接半圆间的竖直长为 50~500 微米,该蛇形弹簧在受到外界加速度作用后,悬空蛇形弹簧和质量块电极的运动能够保持一致性、协调性,有利于接触的稳定可靠。

[0012] 所述的绝缘衬底可以是石英、玻璃等绝缘材料制备。

[0013] 所述的螺旋固定电极支撑座是通过电镀镍或铜等金属形成的方形或者圆形柱状结构。

[0014] 所述的弹簧支撑座是通过电镀镍或铜等金属形成的方形或者环形柱状结构。

[0015] 所述的垂直固定电极支撑座是通过电镀镍或铜等金属形成的方形或者圆形柱状结构。

[0016] 所述的悬臂梁支撑座是通过电镀镍或铜等金属形成的方形或者环形柱状结构。

[0017] 当外界足够大的负加速度沿绝缘衬底上表面法线方向作用于本发明三维多方向敏感的微机械惯性电学开关时,或者足够大的正加速度沿绝缘衬底下表面法线方向作用于上述电学开关时,质量块电极将接触到悬臂梁垂直固定电极,从而在垂直方向上实现对外电路的接通;当外界足够大的加速度沿平行于绝缘衬底上表面任一方向作用于上述电学开关时,质量块电极将接触到悬臂梁水平固定电极或螺旋型水平固定电极,从而在水平多方向上实现对外电路的接通。

[0018] 本发明以微机电系统加工技术为基础,采用室温下在石英或玻璃等绝缘衬底上多

次互不干扰叠层电镀整个开关结构的方法制作。本发明在外界加速度作用下,依靠惯性力驱动蛇形弹簧悬空的质量块电极运动,从而接触到与其有一定间距的悬臂梁水平固定电极、螺旋型水平固定电极或悬臂梁垂直固定电极,随后又在弹簧作用力下快速将质量块电极拉回,最终实现对电路瞬间开关。

[0019] 本发明针对以往微机械惯性电学开关仅为单一的水平驱动或垂直驱动,只能联合使用这两种不同驱动方式的开关来同时检测来自水平和垂直方向上的加速度作用,造成了开关器件在数量上的浪费等问题,提出了一种带有蛇形弹簧、螺旋型水平固定电极和悬臂梁垂直固定电极的三维多方向敏感微机械惯性电学开关,仅使用一只微开关器件即可同时检测来自多方向的加速度冲击作用,在很好地改善电极间接触效果的同时,也方便了其使用过程中的系统封装。

附图说明

[0020] 图 1 是实施例 1 具有风叶状悬臂梁垂直固定电极的三维多方向敏感微机械惯性电学开关结构示意图

[0021] 图 2 是实施例 1 的质量块电极结构示意图

[0022] 图 3 是实施例 1 的带风叶状悬臂梁垂直固定电极结构示意图

[0023] 图 4 是实施例 1 的螺旋型水平固定电极、悬臂梁水平固定电极结构示意图

[0024] 图 5 是实施例 2 具有一层悬臂梁水平固定电极的三维多方向敏感微机械惯性电学开关结构示意图

[0025] 图 6 是实施例 3 具有圆形多孔垂直固定电极的三维多方向敏感微机械惯性电学开关结构示意图

具体实施方式

[0026] 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。

[0027] 实施例 1

[0028] 如图 1 所示,本实施例包括:质量块电极 1、悬臂梁垂直固定电极 2、悬臂梁水平固定电极 3、螺旋型水平固定电极 4、蛇形弹簧 5、绝缘衬底 6、弹簧支撑座 7、悬臂梁支撑座 8、螺旋固定电极支撑座 9 以及垂直固定电极支撑座 10,其中:质量块电极 1 分别与四组蛇形弹簧 5 的一端相连,四组蛇形弹簧 5 的另一端与弹簧支撑座 7 相连接并将质量块电极 1 悬空于绝缘衬底 6 的上方以及悬臂梁垂直固定电极 2 下方 10~50 微米处,弹簧支撑座 7 和悬臂梁支撑座 8 分别固定在绝缘衬底 6 上且位于质量块电极 1 四周,该悬臂梁支撑座 8 与质量块电极 1 之间的间隔为 10~50 微米,螺旋型水平固定电极 4 位于质量块 1 中心,并由螺旋固定电极支撑座 9 固定在衬底 6 上,且与质量块电极 1 之间有 10~50 微米的间隙。

[0029] 所述的质量块电极 1 为环形,其尺寸大小为:外半径长 1500 微米、内半径 500 微米、高 100 微米,四个周边突出的半圆内半径为 400 微米,采用多次叠层电镀镍或铜等金属制作;

[0030] 所述的风叶状悬臂梁垂直固定电极 2 三个风叶之间的夹角为 120°,根部宽度为

150 微米,厚度 30 微米,端部半径为 20 微米;

[0031] 所述的悬臂梁水平固定电极 3 长度为 300 微米,宽度为 100 微米,厚度 50 微米,斜截面角度为 60° ;

[0032] 所述的螺旋型水平固定电极 4 根部宽度为 150 微米,厚度 100 微米,螺旋半径为 100 微米,螺旋角 120° ;

[0033] 所述的蛇形弹簧 5,其线宽 10 微米、厚度 20 微米,半圆处的内直径 20 微米、外直径 40 微米;

[0034] 所述的绝缘衬底 6 尺寸为半径 2000 微米、高 $50\sim 100$ 微米;

[0035] 所述的弹簧支撑座 7 为环状扇形结构,外半径为 2000 微米,内半径 1800 微米,高 100 微米,扇形夹角为 30° ;

[0036] 所述的水平悬臂梁固定电极支撑座 8 为环状扇形结构,外半径为 2000 微米,内半径 1800 微米,高 100 微米,扇形夹角为 30° ;

[0037] 所述的螺旋固定电极支撑座 9 为圆形柱状结构,其截面内半径为 200 微米,高度为 15 微米;

[0038] 所述的垂直悬臂梁固定电极支撑座 10 为圆形柱状结构,其截面内半径为 200 微米,高度为 20 微米。

[0039] 如图 2 所示,为本实施例具有风叶状悬臂梁垂直固定电极 2 的质量块电极 1 的立体结构示意图,位于质量块电极 1 周围的弹簧支撑座 7 和水平悬臂梁固定电极支撑座 8 电镀在绝缘衬底 6 上,将蛇形弹簧 5 和与之相连的质量块电极 1 以及悬臂梁水平固定电极 3 悬空起来。

[0040] 如图 3 所示,为本实施例作为垂直悬臂梁固定电极 2 的风叶状挡板梁的结构示意图,螺旋固定电极支撑座 9 电镀在绝缘衬底 6 上,将螺旋型固定电极 4 悬空,其上方连接的垂直悬臂梁固定电极支撑座 10 将风叶状挡板梁悬空,组成的层状结构整体与绝缘衬底 6 相连,位于绝缘衬底 6 中央、环形质量块 1 中心。

[0041] 如图 4 所示,为本实施例螺旋型水平固定电极 4 的结构示意图,由图可见螺旋型水平固定电极 4 由三个螺旋叶片组成,并由螺旋固定电极支撑座 9 将其悬空在绝缘衬底 6 中央,与位于绝缘衬底 6 周边的三组悬臂梁水平固定电极 3 之间有一定间距,悬臂梁水平固定电极支撑座 8 电镀在绝缘衬底 6 周边。

[0042] 将外电路的两极分别接于上述三维多方向敏感的微机械惯性电学开关的质量块电极 1 和垂直悬臂梁固定电极 2 或悬臂梁水平固定电极 3 (或螺旋型水平固定电极水平 4),当受到外界足够大的加速度作用在该开关的敏感轴方向(这里为绝缘衬底 6 表面的法线方向或与绝缘衬底 6 表面平行的方向)后,在质量块惯性力的驱动下,由蛇形弹簧 5 悬空的质量块电极 1 运动向并接触到垂直悬臂梁固定电极 2,或者悬臂梁水平固定电极 3,或螺旋型水平固定电极水平 4,随后又被蛇形弹簧 5 拉开,从而实现对外电路的快速通断,垂直悬臂梁固定电极 2 的结构、螺旋型固定电极 4 以及悬臂梁水平固定电极 3 的结构都减小了其各自刚度,对惯性力驱动下质量块电极 1 的快速碰撞起到了一定的缓解作用,增进了开关接触效果。同时,本发明仅使用一只惯性开关即可敏感来自水平和垂直多个方向上的加速度冲击作用,实现了集能够敏感三维多方向加速度作用于一种微开关器件的优点。

[0043] 实施例 2

[0044] 如图 5 所示,本实施例中采用单层结构的悬臂梁水平固定电极 3 设置于质量块电极 1 的外围,该微机械惯性电学开关的尺寸与实施例 1 中具有风叶状悬臂梁垂直固定电极的三维多方向敏感微机械惯性电学开关一致,并且除了水平悬臂梁固定电极,其余部件的形状、尺寸与实施例 1 一致。

[0045] 实施例 3

[0046] 如图 6 所示,本实施例中采用带孔的圆柱平面的悬臂梁垂直固定电极 2,该垂直固定电极 2 的圆柱平面半径为 500~1000 微米,厚度为 20~50 微米,其上的通孔 11 半径为 10~50 微米,均匀地分布于圆柱上,分布间距为 50~100 微米,该微机械惯性电学开关的其余特征与实施例 1 类似。

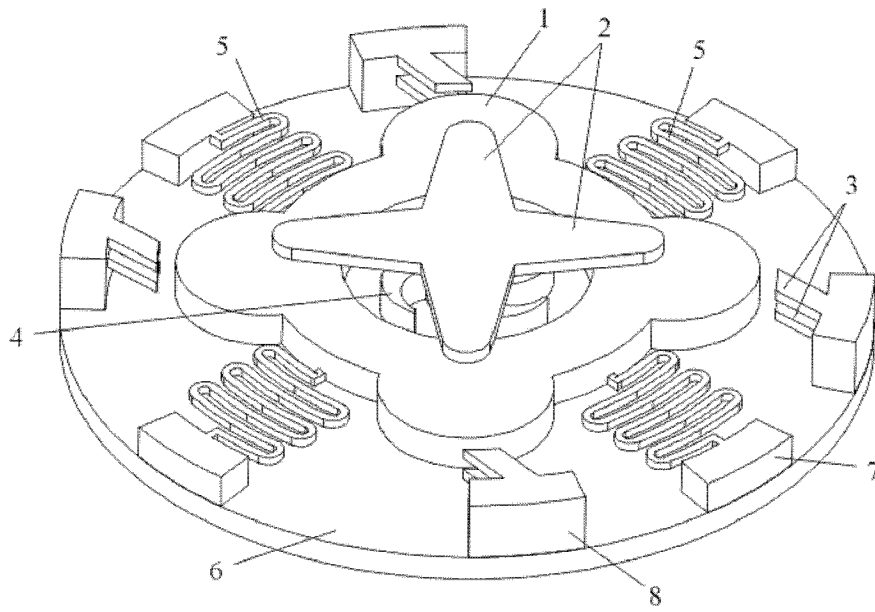


图 1

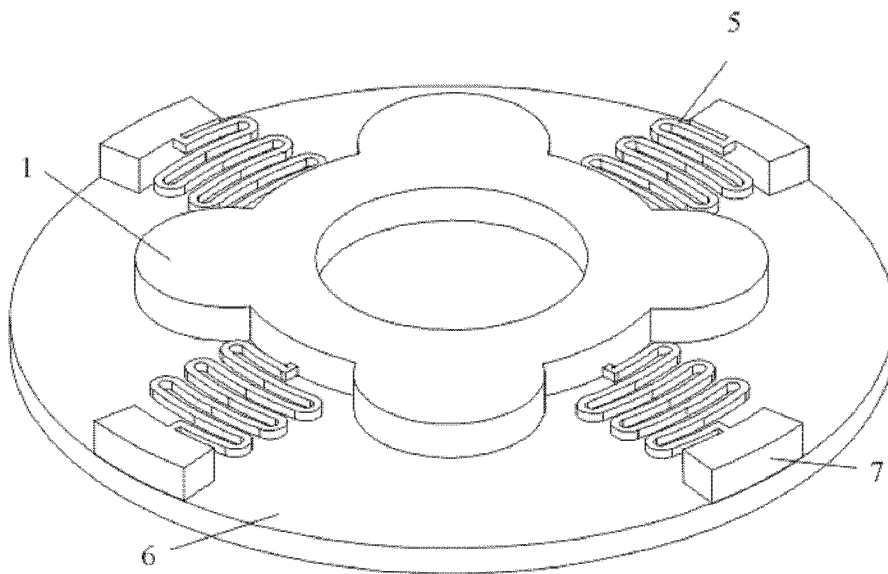


图 2

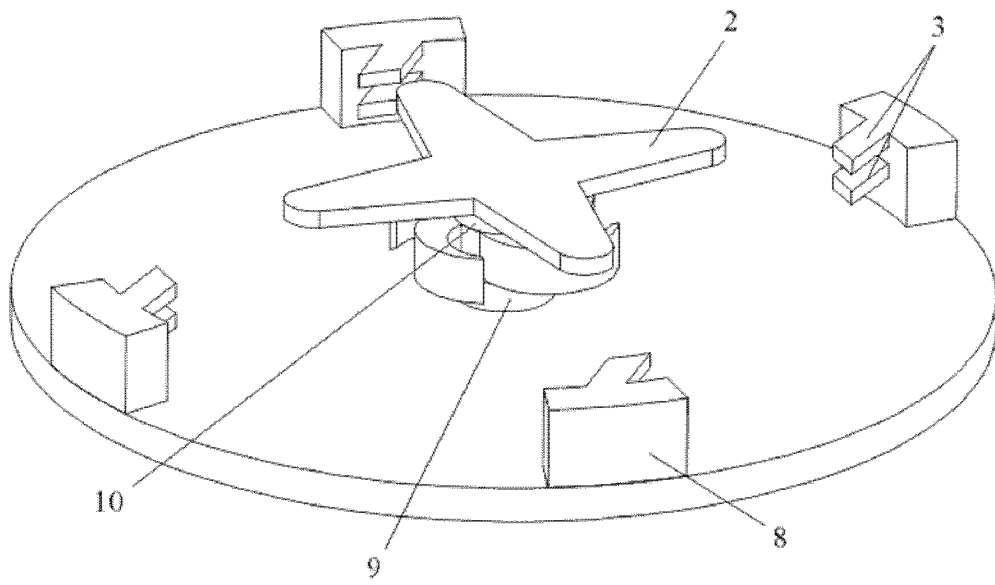


图 3

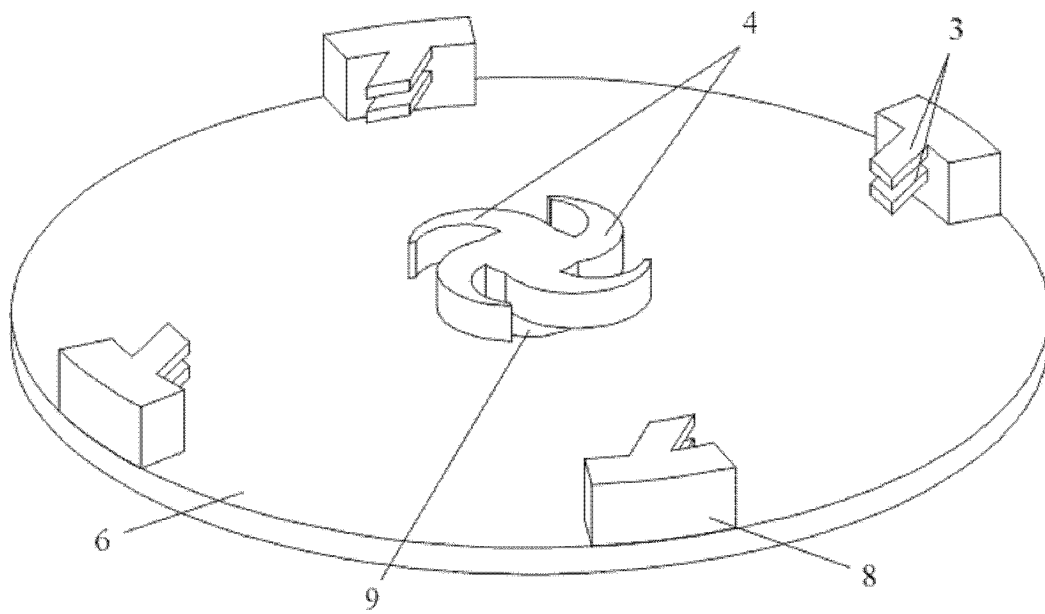


图 4

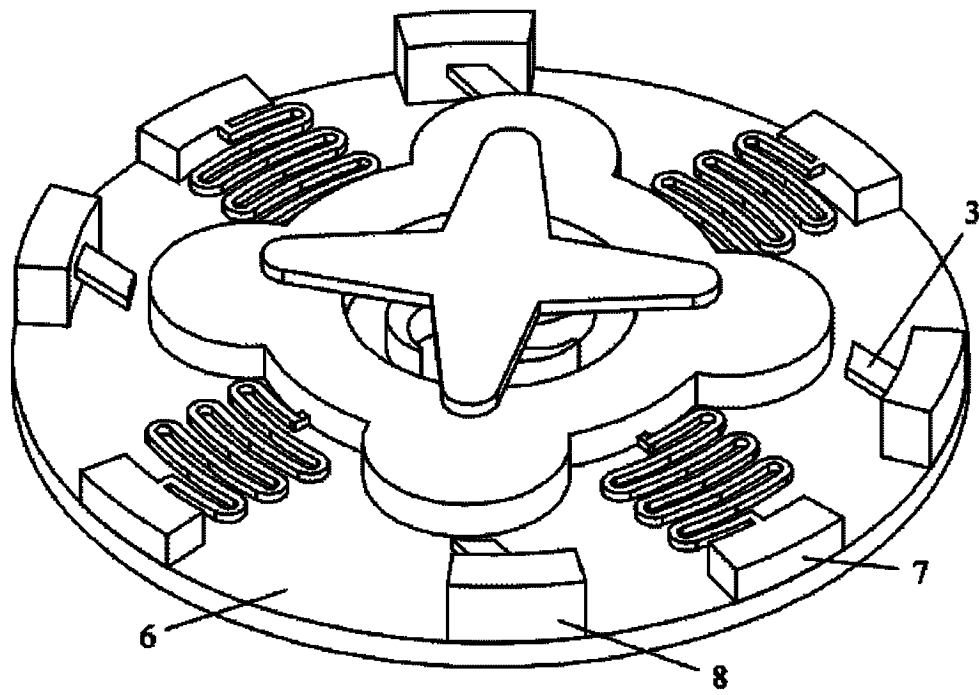


图 5

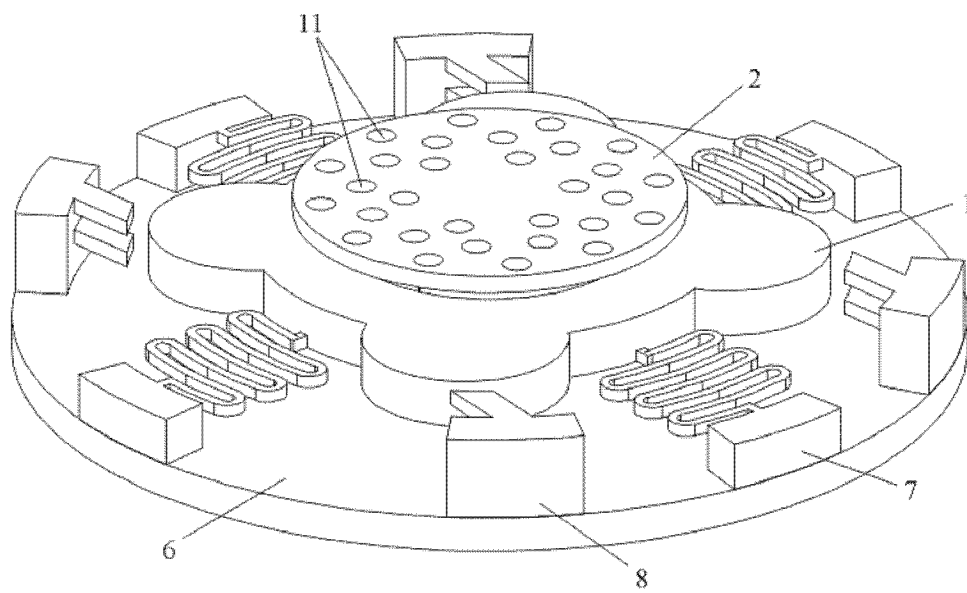


图 6