

梳齿电容式双轴加速度计

申请号：[200910116228.6](#)

申请日：2009-02-23

申请(专利权)人 [中国科学院合肥物质科学研究院](#)
地址 [230031安徽省合肥市西郊科学岛1130信箱](#)
发明(设计)人 [鲍路路 孔德义 李庄 江儒龙 林丙涛 郭攀 朱荣华 熊剑平](#)
[赵贵 徐艳华 陈池来 程玉鹏](#)
主分类号 [G01P15/125\(2006.01\)I](#)
分类号 [G01P15/125\(2006.01\)I](#) [B81B7/02\(2006.01\)I](#) [B81C5/00\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 [101504426](#)
公开(公告)日 [2009-08-12](#)
专利代理机构 [安徽合肥华信知识产权代理有限公司](#)
代理人 [余成俊](#)

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01P 15/125 (2006.01)
B81B 7/02 (2006.01)
B81C 5/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910116228.6

[43] 公开日 2009年8月12日

[11] 公开号 CN 101504426A

[22] 申请日 2009.2.23

[21] 申请号 200910116228.6

[71] 申请人 中国科学院合肥物质科学研究院
地址 230031 安徽省合肥市西郊科学岛 1130 信箱

[72] 发明人 鲍路路 孔德义 李 庄 江儒龙
林丙涛 郭 攀 朱荣华 熊剑平
赵 贵 徐艳华 陈池来 程玉鹏

[74] 专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理有限公司
代理人 余成俊

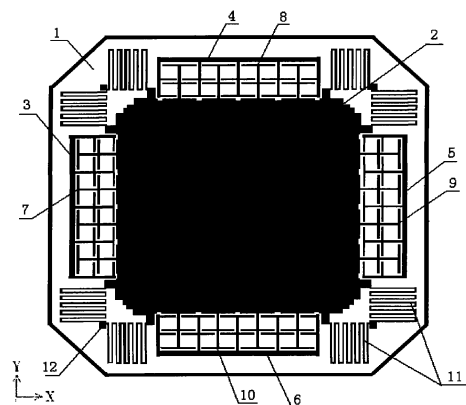
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称

梳齿电容式双轴加速度计

[57] 摘要

本发明涉及梳齿电容式双轴加速度计，包括有基片，基片上有敏感质量块，所述敏感质量块上分别安装有固定梳齿，所述敏感质量块的每个周边与对应的固定梳齿之间还有可动梳齿，所述敏感质量块的四个边角处还分别连接有四个支撑架，所述四个支撑架沿敏感质量块中心对称，其另一端连接至基片上。本发明体积小，重量轻，可实现高灵敏度、高分辨率的二维加速度测量。



- 1、梳齿电容式双轴加速度计，其特征在于：包括有基片，基片上有形状为中心对称的敏感质量块，所述敏感质量块的四个周边上分别安装有可拆卸的固定梳齿，所述固定梳齿与敏感质量块的对应周边平行，彼此沿中心对称，所述敏感质量块的每个周边与对应的固定梳齿之间还有多组可动梳齿，所述每个可动梳齿与对应的敏感质量块周边平行，并且沿着垂直于敏感质量块边线的方向连接在敏感质量块上；所述敏感质量块的四个边角处还分别连接有四个支撑架，所述四个支撑架沿敏感质量块中心对称，其另一端连接至基片上。
- 2、根据权利要求1所述的梳齿电容式双轴加速度计，其特征在于：所述每个支撑架包括两个正交放置的蛇形支撑梁，所述两个蛇形支撑梁的一端分别连接至敏感质量块，另一端连接至基片上，所述基片上有通过MEMS键合工艺制作的锚点，所述蛇形支撑梁的另一端连接至基片的锚点上。
- 3、根据权利要求1所述的梳齿电容式双轴加速度计，其特征在于：所述可动梳齿到其相邻的两边的固定梳齿的距离比为1：10。
- 4、根据权利要求1所述的梳齿电容式双轴加速度计，其特征在于：所述基片的材料为硼硅玻璃，而敏感质量块、可动梳齿、固定梳齿、蛇形支撑梁的材料均为重掺杂的导体硅圆片，该梳齿电容式双轴加速度计可通过MEMS工艺制作而成。

梳齿电容式双轴加速度计

技术领域

本发明涉及微机械传感器领域，特别涉及一种梳齿电容式双轴加速度计。

背景技术

加速度计是一种惯性传感器，能够测量物体的加速力。加速力就是当物体在加速过程中作用在物体上的力，加速力可以是个常量，比如重力，也可以是变量。MEMS 加速度计就是使用 MEMS 技术制造的加速度计。由于采用了微电子机械系统技术，使得加速度计尺寸大大缩小，一个 MEMS 加速度计只有指甲盖的几分之一大小。MEMS 加速度计具有体积小、重量轻、能耗低等优点。

技术成熟的 MEMS 加速度计可分为四种：压电式、压阻式、电容式、热感式。其中，电容式微机械加速度计灵敏度高、温度漂移小、稳定性好、抗过载能力强，易于实现低成本的高精度测量。电容式微机械加速度计在国外发展较为成熟，并已成功产业化，其中最具代表性的就是美国 ADI 公司的 ADXL 系列加速度计。而在国内方面，由于起步较晚，多数产品还处于实验室样机阶段。传统的梳齿电容式加速度计均采用质量块-弹簧-阻尼系统，外界加速度通过敏感质量形成惯性力作用于移动梳齿上，用以改变移动梳齿与固定梳齿的间距或交迭面积。这样，移动梳齿和固定梳齿之间所形成的电容值发生改变。传统的梳齿电容式加速度计中，各可动梳齿垂直于质量块的边缘并沿着敏感方向平行放置，而固定梳齿等间距地分布在移动梳齿的两边，构成电容差分对。但这种结构要求每个固定梳齿都必需与基片单独键合，大大地增加了工艺的难度，不利于成品率的提高。

另外，随着传感器技术的发展，在惯性导航、车辆安全等领域，单轴的加速度计已不能满足性能的需要。比如安装在汽车上的安全气囊，其核心部件就是加速度计。由于汽车可能遭受来自正前方和侧壁方向的撞击，因此单轴的加速度计已不能满足性能的要求，需要采用双轴的加速度计。传统的双轴加速度计，采用将两个单轴的加速度计正交地封装在一起的方案，其一用来测量水平方向的加速度，而另一个用来测量垂直方向的加速度。这种形式的双轴微加速度计具有装配困难、稳定性差、精度低、体积大、成本高等缺点。

发明内容

本发明的目的是提供一种梳齿电容式双轴加速度计，以解决传统技术的加速度计稳定性差，精度低，加工难，成品率低等问题。

为了达到上述目的，本发明所采用的技术方案为：

梳齿电容式双轴加速度计，其特征在于：包括有基片，基片上有形状为中心对称的敏感质量块，所述敏感质量块的四个周边上分别安装有可拆卸的固定梳齿，所述固定梳齿与敏感质量块的对应周边平行，彼此沿中心对称，所述敏感质量块的每个周边与对应的固定梳齿之间还有多组可动梳齿，所述每个可动梳齿与对应的敏感质量块周边平行，并且沿着垂直于敏感质量块边线的方向连接在敏感质量块上；所述敏感质量块的四个边角处还分别连接有四个支撑架，所述四个支撑架沿敏感质量块中心对称，其另一端连接至基片。

所述的梳齿电容式双轴加速度计，其特征在于：所述每个支撑架包括两个正交放置的蛇形支撑梁，所述两个蛇形支撑梁的一端分别连接至敏感质量块，另一端连接至基片上，所述基片上有通过 MEMS 键合工艺制作的锚点，所述蛇形支撑梁的另一端连接至基片的锚点上。

所述的梳齿电容式双轴加速度计，其特征在于：所述可动梳齿到其相邻的两边的固定梳齿的距离比为 1：10。

所述的梳齿电容式双轴加速度计，其特征在于：所述敏感质量块的材料为重掺杂的导体硅圆片和硼硅玻璃材料，通过 MEMS 工艺制作而成。

本发明具有如下有益效果：

1、本发明采用一个敏感质量块同时感应两个方向的加速度值，以巧妙的弹性支撑结构实现了两正交方向的解耦，使两个方向的灵敏度、分辨率都较高。

2、敏感质量块四周各区域中分布的固定梳齿与基片间仅需一个键合区，避免了传统设计中由于各固定梳齿均需单独键合到基片上带来的成品率降低的问题。

3、本发明中的可动梳齿不是垂直于质量块的边缘，而是平行于质量块的边线方向。并且在沿着垂直于质量块边线的方向，可同时放置多组平行的可动梳齿。此种设计能显著增大可动梳齿和固定梳齿之间的初始电容值，为后端的微小电容检测电路的设计降低难度。

4、可动梳齿与固定梳齿的长度均可以调节，并据此来改变整个敏感元件的

阻尼特性，为硅微加速度计系统选择一个合适的阻尼器。

5、敏感元件的弹性支撑采用蛇形梁的结构，在消耗相同硅片面积时，蛇形梁的弹性系数最小，因此该设计能最大限度地提高检测的灵敏度和分辨率。

6、由于本发明的敏感质量块采用硅材料并通过 MEMS 工艺技术制造，因此每个敏感质量块的尺寸较小，有利于安装和维护。

7、可动梳齿与固定梳齿构成的梳齿偏置结构，易于实现差分式的电容检测，能有效地抑制共模干扰，提高检测精度。

附图说明

图 1 为本发明结构示意图。

图 2 为本发明在 X 方向和 Y 方向同时有加速度作用时可动梳齿 8 的微位移分布情况图。

图 3 为本发明在 X 方向和 Y 方向同时有加速度作用时可动梳齿 10 的微位移分布情况图。

图 4 为本发明在 X 方向和 Y 方向同时有加速度作用时可动梳齿 7 的微位移分布情况图。

图 5 为本发明在 X 方向和 Y 方向同时有加速度作用时可动梳齿 9 的微位移分布情况图。

具体实施方式

如图 1 所示。梳齿电容式双轴加速度计，包括有基片 1，其材料为硼硅玻璃，基片 1 上有形状为中心对称的敏感质量块 2，敏感质量块 2 的材料为重掺杂的导体硅圆片，通过 MEMS 工艺制作而成，敏感质量块 2 的四个周边上分别安装有可拆卸的固定梳齿 3、4、5、6，固定梳齿 3、4、5、6 与敏感质量块 2 的对应周边平行，彼此沿中心对称，敏感质量块 2 的每个周边与对应的固定梳齿 3、4、5、6 之间还有多组可动梳齿 7、8、9、10，可动梳齿 7、8、9、10 到其相邻的两边的固定梳齿的距离比为 1:10，每个可动梳齿与对应的敏感质量块 2 周边平行，并且沿着垂直于敏感质量块 2 边线的方向连接在敏感质量块 2 上；敏感质量块 2 的四个边角处还分别连接有四个支撑架，每个支撑架包括两个正交放置的蛇形支撑梁 11，两个蛇形支撑梁 11 的一端分别连接至敏感质量块 2，另一端连接至基片 1 上，基片 1 上有通过 MEMS 键合工艺制作的锚点 12，蛇形支撑梁 11 的另一端连接至基片的锚点 12 上。

蛇形支撑梁 11 的一端连接到敏感质量块 2 上, 而另一端则分别连接到各自邻近的锚点 12。八根蛇形支撑梁 11 按中心对称结构放置, 这样可以保证双轴加速度计沿两个敏感方向具有相同的灵敏度。且整个敏感结构也为中心对称, 通过敏感质量块 2 感应两个正交方向的加速度。敏感质量块 2 居于结构的中心, 可动梳齿 7、8、9、10 对称地分布在敏感质量块 2 的四周, 与固定梳齿 3、4、5、6 构成梳齿偏置的结构, 以使用差动电容的形式实现电容检测。固定梳齿利用 MEMS 加工技术中的键合工艺固定到基片 1 上, 由于采用了梳齿偏置的结构, 使得键合块数量大大减少, 单块键合面积又比较大, 因此能显著地提高成品率。

本发明工作原理: 由于加速度本身很难直接测量, 所以加速度传感器通过惯性质量将其转化为力进行测量。其中, 电容式加速度计利用敏感元件将被测的加速度信号转换为电容变化量, 再通过外围信号调理电路处理, 实现加速度的线性输出。在本发明中, 设计梳齿电容时, 采用的是梳齿偏置的微机械结构。其特征在于, 多组固定梳齿均直接连接到同一片锚区, 移动梳齿与左右相邻的固定梳齿的距离不等, 两侧距离比值为 1:10 左右。因此, 该微结构主要考虑距离小的一侧形成的电容量, 可忽略距离大的一侧的电容量。且质量块两侧的梳齿电容并联后整体上形成差分对, 作为差分检测电路的输入。

两平行梳齿之间的电容 C 和由微小位移变化引起的电容变化量 ΔC 可写作:

$$C = \varepsilon \frac{S}{d} = \varepsilon \frac{lh_0}{d} \quad (1)$$

$$\Delta C = \varepsilon \frac{h_0}{d} \Delta l - \varepsilon \frac{lh_0}{d^2} \Delta d \quad (2)$$

其中, ε 为介电常数, l 为梳齿间的交叠长度, h_0 为梳齿的厚度, d 为梳齿的间距。

当敏感元件仅受到沿 X 正方向的加速度作用时, 可动梳齿 7 和固定梳齿 3 形成的梳齿电容减小, 可动梳齿 9 和固定梳齿 5 形成的梳齿电容增大, 两者能产成差分信号。而此时可动梳齿 8 和固定梳齿 4 形成的梳齿电容与可动梳齿 10 和固定梳齿 6 形成的梳齿电容是同极性变化的, 仅产生共模信号, 而不产生差分输出。同理, 当敏感元件仅受到 Y 正方向的加速度时, 可动梳齿 10 和固定梳齿 6 形成的梳齿电容减小, 可动梳齿 8 和固定梳齿 4 形成的梳齿电容增大, 两

者能产成差分信号。而此时可动梳齿 9 和固定梳齿 5 形成的梳齿电容与可动梳齿 7 和固定梳齿 3 形成的梳齿电容是同极性变化的，仅产生共模信号，而不产生差分输出。这就是本发明中的双轴加速度计工作在一维的情况，完全可以替代单轴的加速度计。

当 X 正和 Y 正方向同时有加速度作用时，各可动梳齿 7、8、9、10 的微位移分布情况如图 2 所示。假设，质量块 9 沿 X 和 Y 方向的微位移分别表示为 Δx 和 Δy ，结合公式 (2) 和图 2 中的可动梳齿 7、8、9、10 的微位移分布，可求得各部分梳齿电容的变化值：

$$\Delta C_{38} = \pm \varepsilon \frac{h_0}{d_0} \Delta y - \varepsilon \frac{l_0 h_0}{d_0^2} \Delta x \quad (3a)$$

$$\Delta C_{18} = \pm \varepsilon \frac{h_0}{d_0} \Delta y + \varepsilon \frac{l_0 h_0}{d_0^2} \Delta x \quad (3b)$$

$$\Delta C_8 = \pm \varepsilon \frac{h_0}{d_0} \Delta x + \varepsilon \frac{l_0 h_0}{d_0^2} \Delta y \quad (3c)$$

$$\Delta C_{28} = \pm \varepsilon \frac{h_0}{d_0} \Delta x - \varepsilon \frac{l_0 h_0}{d_0^2} \Delta y \quad (3d)$$

那么，沿 X 方向和 Y 方向的差分电容的大小分别为：

$$\Delta C_X = C_{18} - C_{38} = \Delta C_{18} - \Delta C_{38} = 2\varepsilon \frac{l_0 h_0}{d_0^2} \Delta x \quad (4)$$

$$\Delta C_Y = C_{28} - C_8 = \Delta C_{28} - \Delta C_8 = -2\varepsilon \frac{l_0 h_0}{d_0^2} \Delta y \quad (5)$$

从上两个数学式可以看出，敏感结构沿 X 方向和 Y 方向的差分电容与质量块沿 X 方向和 Y 方向的微位移分量成线性关系，也就是与外界的加速度沿 X 方向和 Y 方向的分量成线性关系。因此，只要将 C_{38} 、 C_{18} 和 C_{28} 、 C_8 分别作为后端差分电容检测电路的输入信号，就能够将加速度矢量分解，并分别测量出其沿 X 方向和 Y 方向的分量值。

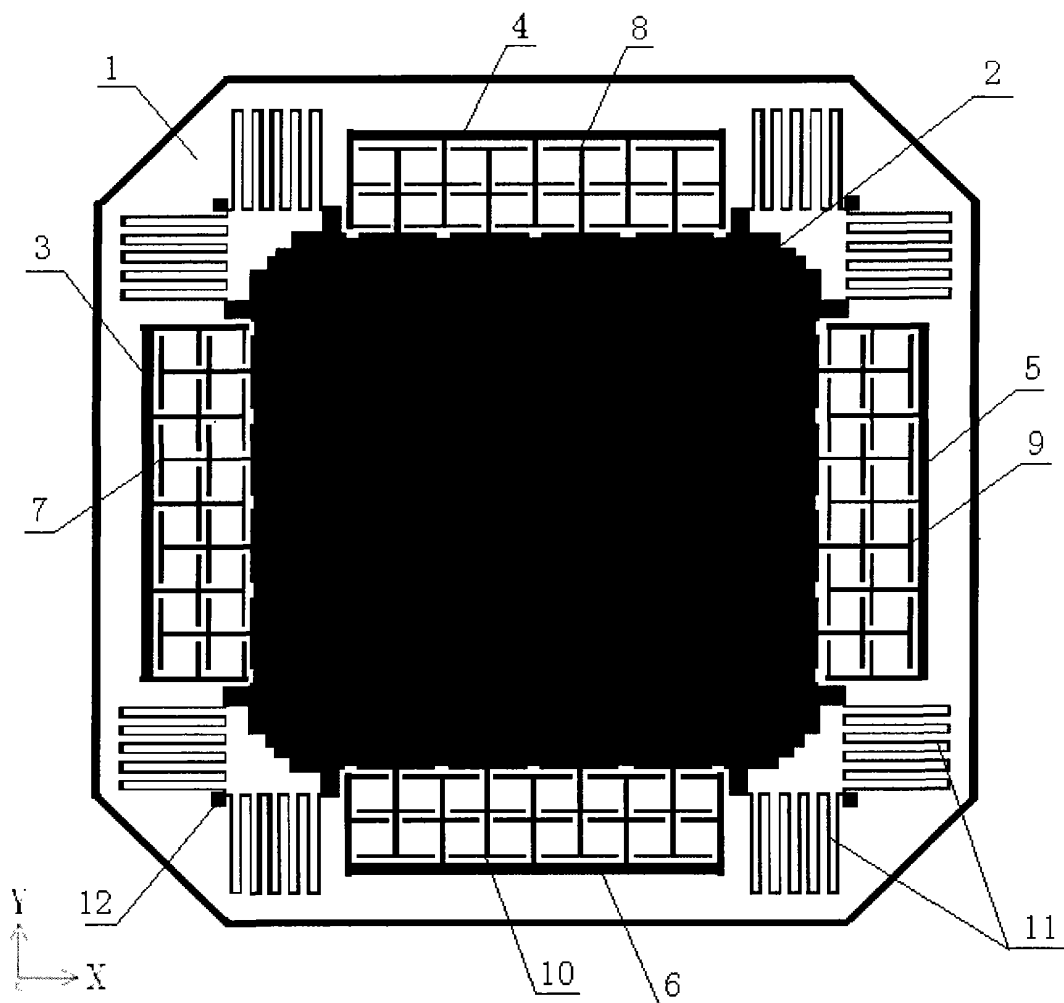


图 1

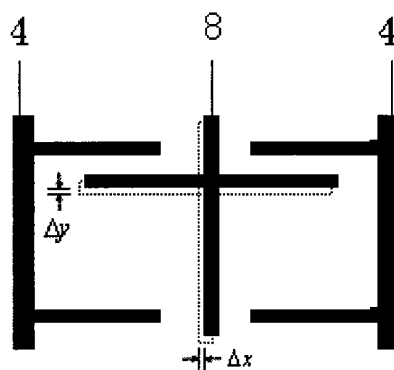


图 2

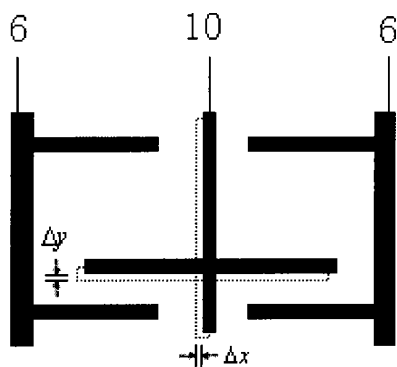


图 3

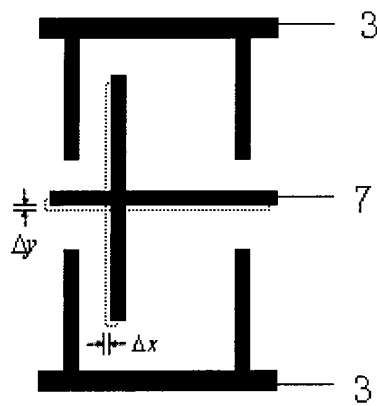


图 4

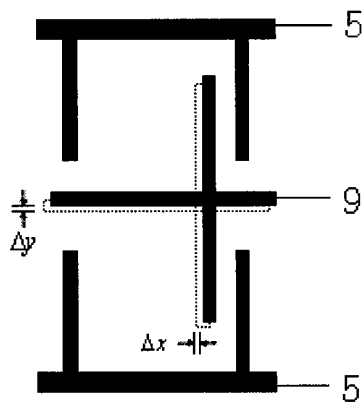


图 5