



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102798386 A

(43) 申请公布日 2012. 11. 28

(21) 申请号 201110136711. 8

(22) 申请日 2011. 05. 25

(71) 申请人 上海飞恩微电子有限公司

地址 201203 上海市浦东新区张江碧波路
500 号 309 室

(72) 发明人 刘胜 罗璋 陈君杰

(74) 专利代理机构 上海市华诚律师事务所
31210

代理人 李平

(51) Int. Cl.

G01C 19/5684 (2012. 01)

B81B 3/00 (2006. 01)

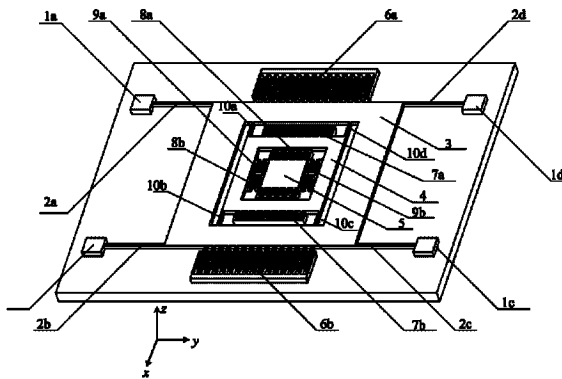
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

三自由度谐振硅微机械陀螺仪

(57) 摘要

一种三自由度谐振硅微机械陀螺仪,包括:玻璃衬底、外框架、一级感应振动框架、二级感应振动质量块、弹性梁、固定梳齿、敏感梳状电极、折叠梁、锚点,陀螺仪由上下两层组成,其特征在于外框架经弹性梁固定于锚点之上,锚点安装在下层的玻璃衬底上,外框架的两侧设有两组直形梳状静电谐振器,二级感应振动质量块经折叠梁与一级感应振动框架相连,一级感应振动框架经弹性梁安装在外框架上,一级感应振动框架和二级感应振动质量块的两侧各设有两组直线形敏感梳状电极。本发明的优点是利用单自由度驱动模态、两个自由度的检测模态来提高抗干扰能力的微机械陀螺仪,该微机械陀螺仪容差能力强、结构简单、易于加工。



1. 一种三自由度谐振硅微机械陀螺仪,包括:玻璃衬底、直形梳状静电谐振器、外框架(3)、一级感应振动框架(4)、二级感应振动质量块(5)、弹性梁(2a、2b、2c、2d)、固定梳齿(6a、6b)、敏感梳状电极(7a、7b、8a、8b)、折叠梁(9a、9b)、锚点(1a、1b、1c、1d),陀螺仪由上下两层组成,其特征在于外框架(3)经弹性梁(2a、2b、2c、2d)固定于锚点(1a、1b、1c、1d)之上,锚点(1a、1b、1c、1d)安装在下层的玻璃衬底上,上层机械结构部分悬空在下层的玻璃衬底部分之上,外框架(3)的两侧设有两组直形梳状静电谐振器,二级感应振动质量块(5)经折叠梁(9a、9b)与一级感应振动框架(4)相连,一级感应振动框架(4)经弹性梁(10a、10b、10c、10d)安装在外框架(3)上,一级感应振动框架(4)和二级感应振动质量块(5)的两侧各设有两组直线形敏感梳状电极。

2. 根据权利要求1所述的三自由度谐振硅微机械陀螺仪,其特征在于外框架(3)的两侧设有两组直形梳状静电谐振器,每个静电谐振器为固定梳齿(6a、6b)与外框架(3)上的活动梳齿对插结构,一级感应振动框架(4)两侧设有两组直线型敏感梳状电极(7a、7b),每个直线型敏感梳状电极由固定梳齿电极与活动梳齿电极交错对插组成,二级感应振动质量块(5)两侧也设有两组直线型敏感梳状电极(8a、8b),每个直线型敏感梳状电极由固定梳齿电极与活动梳齿电极交错对插组成。

三自由度谐振硅微机械陀螺仪

技术领域

[0001] 本发明涉及微电子机械系统和微惯性测量技术,特别涉及一种三自由度谐振硅微机械陀螺仪。

背景技术

[0002] 微机械惯性仪表包括微机械陀螺仪(MMG)和微机械加速度计。利用微电子加工工艺允许将微机械结构与所需的电子线路完全集成在一个硅片上,从而达到性能、价格、体积、重量、可靠性诸方面的高度统一。因而,这类仪表具有一系列的优点(如体积小、重量轻、价格便宜、可靠性高、能大批量生产等),具有广泛的应用前景。主要用于汽车工业、工业监控及消费类产品和机器人技术,如气囊、防抱死系统、偏航速率传感器、翻滚速率传感器、图像稳定及玩具等等;在军用领域,可用于灵巧炸弹、智能炮弹、战术导弹、新概念武器和微型飞机的自主导航制导系统。

[0003] 1993年,美国德雷珀实验室通过在玻璃表面覆盖硅层技术制作了一种新型微机械陀螺——音叉式线振动陀螺。该陀螺仪由双质量块、支撑梁和横梁组成,陀螺仪采用线振动驱动,角振动敏感检测,可检测陀螺仪平面的轴向输入角速率。该陀螺仪的双质量块设计可增加输出信号,但其驱动与敏感运动完全耦合,且角振动的线性度较差,限制了其灵敏度的提高。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对已有技术中存在的缺陷,提供一种三自由度谐振硅微机械陀螺仪。三自由度谐振硅微机械陀螺仪是用于垂直于基座水平面的测量仪器,陀螺仪由单自由度驱动,两个自由度检测的结构,本发明包括:玻璃衬底、直形梳状静电谐振器、外框架3、一级感应振动框架4、二级感应振动质量块5、弹性梁2a、2b、2c、2d、固定梳齿6a、6b、敏感梳状电极7a、7b、8a、8b、折叠梁9a、9b、锚点1a、1b、1c、1d,陀螺仪由上下两层组成,其特征在于外框架3经弹性梁2a、2b、2c、2d固定于锚点1a、1b、1c、1d之上,锚点1a、1b、1c、1d安装在下层的玻璃衬底上,上层机械结构部分悬空在下层的玻璃衬底部分之上,外框架3的两侧设有两组直形梳状静电谐振器,二级感应振动质量块5经折叠梁9a、9b与一级感应振动框架4相连,一级感应振动框架4经弹性梁10a、10b、10c、10d安装在外框架3上,一级感应振动框架4和二级感应振动质量块5的两侧各设有两组直线形敏感梳状电极。

[0005] 本发明的工作原理:

[0006] 参见图2,在梳齿状静电谐振器上,施加含电流偏置电压的相位相反的交变电压,由于交变的静电吸力作用,是整个陀螺仪活动结构严沿驱动轴向作线振动。设线振动波形为正弦波,振幅为 A_0 ,角频率为 ω_n ,则线振动位移为:

$$[0007] \quad x = A_0 \sin \omega_n t$$

[0008] 于是,振动的线速度为:

$$[0009] \quad V = \dot{x} = A_0 \omega_n \cos \omega_n t$$

[0010] 假如陀螺仪有绕 Z 轴方向的输入角速度 ω_x 时,由于科氏效应,感应质量块会受到垂直于开始的线振动方向的科氏加速度的作用,其大小为:

[0011]

$$a_c = 2\omega_x V \sin \varphi = 2\omega_x A_0 \cos \omega_n t \sin \varphi$$

[0012] 其中 V 为沿驱动轴向的线振动速度, φ 为输入角速度和线振动速度之间右旋夹角。

[0013] 设两个感应质量块的质量分别为 m_1 和 m_2 , 作用于两质量块上的科氏力分别为:

[0014] 设科氏加速度 a_c 的幅值为 a_{c0} , 于是

$$[0015] F_1 = m_1 a_c = m_1 a_{c0} \cos \omega_n t,$$

$$[0016] F_2 = m_2 a_c = m_2 a_{c0} \cos \omega_n t$$

[0017] 两质量块的振动系统如(图 2)所示,可以列出动力学方程:

$$[0018] \mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{K}\mathbf{x} = \mathbf{F} \sin \omega_n t$$

[0019] 其中

$$[0020] \mathbf{M} = \begin{pmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{pmatrix}, \mathbf{K} = \begin{pmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{pmatrix}, \mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}, \mathbf{F} = \begin{pmatrix} m_1 a_{c0} \\ m_2 a_{c0} \end{pmatrix}$$

[0021] 令 $\mathbf{x} = \mathbf{X} \sin \omega_n t$, $\mathbf{X} = (X_1 \ X_2)^T$, 于是有

$$[0022] (\mathbf{K} - \omega_n^2 \mathbf{M})\mathbf{X} = \mathbf{F}$$

[0023] 求解可得复频响应矩阵

$$[0024] \mathbf{H} = (\mathbf{K} - \omega_n^2 \mathbf{M})^{-1} = \frac{1}{\Delta(\omega_n^2)} \begin{pmatrix} k_2 - \omega_n^2 m_2 & k_2 \\ k_2 & k_1 + k_2 - \omega_n^2 m_1 \end{pmatrix}$$

[0025] 其中

$$[0026] \Delta(\omega_n^2) = |\mathbf{K} - \omega_n^2 \mathbf{M}|$$

[0027] 可以得到该振动系统的振幅

[0028]

$$\mathbf{X} = \frac{a_{c0}}{|\mathbf{K} - \omega_n^2 \mathbf{M}|} \begin{pmatrix} k_2 m_1 + k_2 m_2 - \omega_n^2 m_1 m_2 \\ k_2 m_1 + k_2 m_2 + k_1 m_2 - \omega_n^2 m_1 m_2 \end{pmatrix}$$

[0029]

$$= \frac{2\omega_x A_0 \sin \varphi}{|\mathbf{K} - \omega_n^2 \mathbf{M}|} \begin{pmatrix} k_2 m_1 + k_2 m_2 - \omega_n^2 m_1 m_2 \\ k_2 m_1 + k_2 m_2 + k_1 m_2 - \omega_n^2 m_1 m_2 \end{pmatrix}$$

[0030] 可见,两振子的振幅都与输入角速度成正比。这样,可使检测梳齿与固定检测梳齿间的间隙按一定简谐振动规律变动。这些变动引起梳齿间的电容变化,通过电路处理即可得到垂直于平面方向的输入角速度的大小。

[0031] 由于本陀螺仪采用双振子检测结构,由输入角速度产生的科氏力使其产生谐振,从而有更高的容差度。其次,采用梳齿差动电容检测,实现了敏感输出解耦,提高了频率稳定性和精度。

[0032] 本发明的优点是提供一种利用单自由度驱动模态、两个自由度的检测模态来提高抗干扰能力的微机械陀螺仪,该微机械陀螺仪容差能力强、结构简单、易于加工。

附图说明

[0033] 图 1 是本发明的上层机械结构示意图；

[0034] 图 2 是本发明的检测质量的谐振示意图。

[0035] 图中：1a 锚点、1b 锚点、1c 锚点、1d 锚点、弹性梁 2a 弹性梁、2b 弹性梁、2c 弹性梁、2d 弹性梁、3 外框架、4 一级感应振动框架、5 二级感应振动质量块、6a 固定梳齿、6b 固定梳齿、7a 敏感梳状电极、7b 敏感梳状电极、8a 敏感梳状电极、8b 敏感梳状电极、9a 折叠梁、9b 折叠梁、10a 弹性梁、10b 弹性梁、10c 弹性梁、10d 弹性梁。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图进一步说明本发明的实施例。

[0037] 参见图 1，本实施例由上下两层构成，上层为制作在单晶硅片上的陀螺仪机械结构，由三部分构成：

[0038] 第一部分为外框架 3，经四根弹性梁 2a、2b、2c、2d 固定于锚点 1a、1b、1c、1d 之上，锚点 1a、1b、1c、1d 安装在下层的玻璃衬底上，从而使上层机械结构部分悬空在下层的玻璃衬底部分之上，图 1 所示的是本陀螺仪制作在单晶硅片上的上层机械结构。

[0039] 第二部分为一级感应振动框架 4，由四根弹性梁 10a、10b、10c、10d 安装在外框架 3 之上，由于科氏效应可以产生 y 方向的振动。

[0040] 第三部分为二级感应振动质量块 5，由折叠梁 9a、9b 与一级感应振动框架 4 相连。

[0041] 外框架 3 的两侧对称设有两组直形梳状静电谐振器，每个静电谐振器由固定梳齿 6a、6b 与外框架 3 上的活动梳齿对插结构组成，直形梳状静电谐振器产生 X 方向的振动。一级感应振动框架 4 两侧对称设有两组直线型敏感梳状电极 7a、7b，每个直线型敏感梳状电极由固定梳齿电极与活动梳齿电极交错对插组成，可以检测 y 方向的振动。二级感应振动质量块 5 两侧也对称设有两组直线型敏感梳状电极 8a、8b，每个直线型敏感梳状电极由固定梳齿电极与活动梳齿电极交错对插组成，用于感应 y 方向的振动检测。

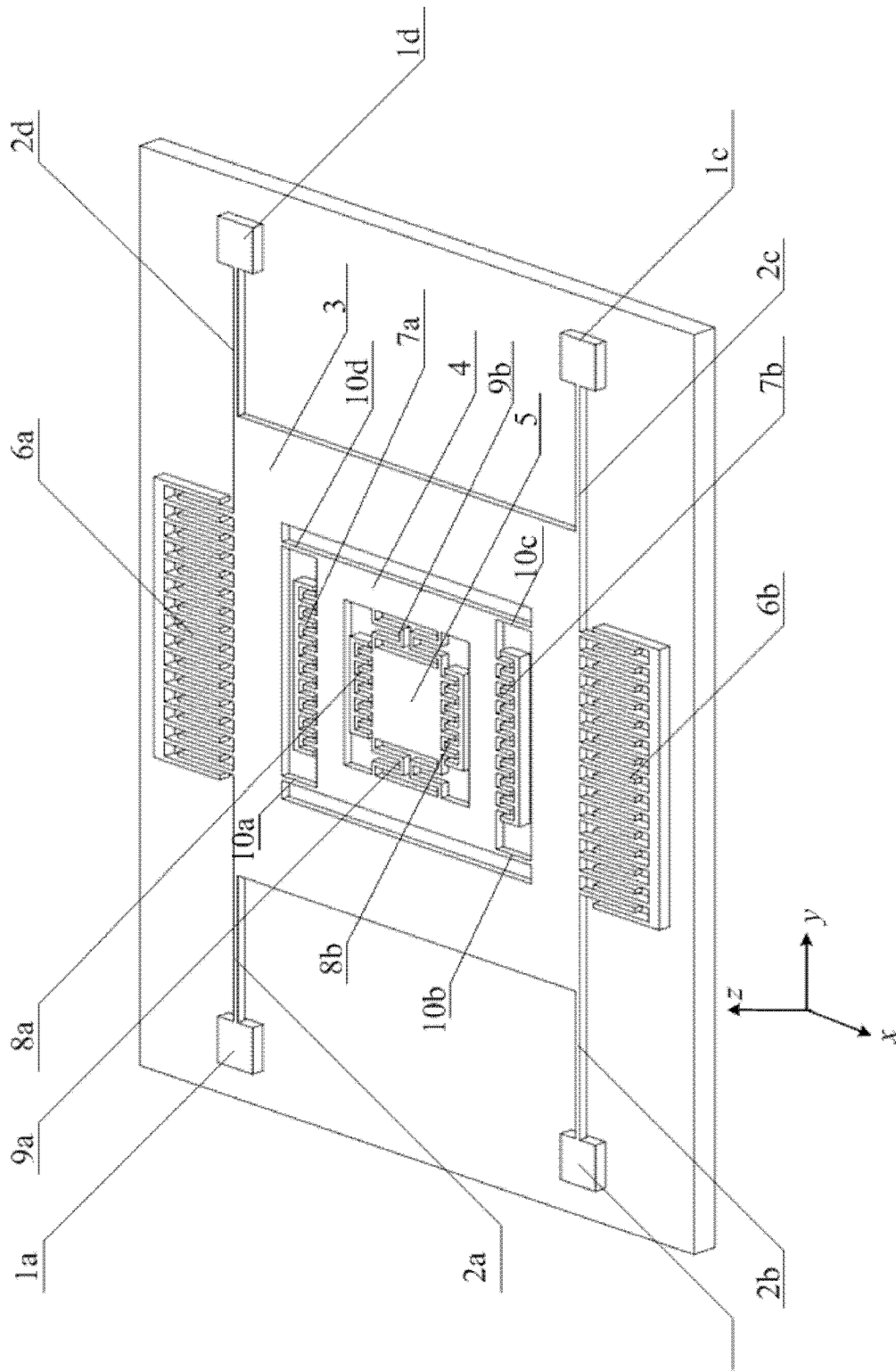


图 1

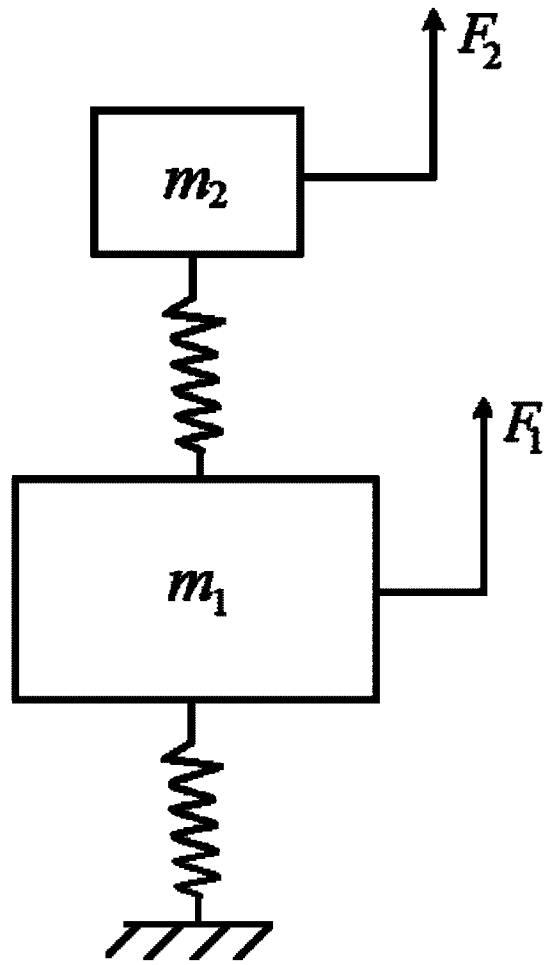


图 2