



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105068561 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201510415843. 2

(22) 申请日 2003. 03. 03

(30) 优先权数据

10/093, 318 2002. 03. 06 US

(62) 分案原申请数据

03808414. 7 2003. 03. 03

(71) 申请人 格雷姆格拉斯网络公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 安德烈斯·费尔南德斯

威廉·C·迪克森

(74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理

有限责任公司 11204

代理人 王达佐 王艳春

(51) Int. Cl.

G05D 3/12(2006. 01)

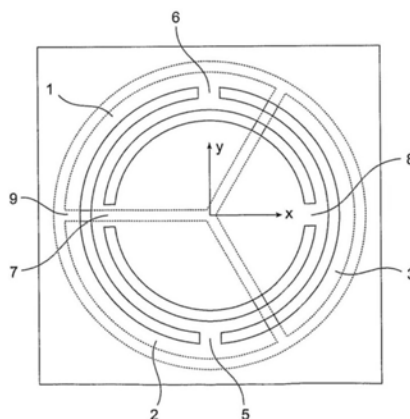
权利要求书3页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

利用三个驱动元件驱动双轴 MEMS 器件的方法和装置

(57) 摘要

提供了利用三个 (1, 2, 3) 非接触式驱动元件或电极驱动双轴“X-Y”MEMS 镜子的方法和装置。差动双向镜子控制利用偏置以适当值的单极驱动电压实现。利用变换函数将双轴尖端倾斜指令映射变换为用于选定电极的取向和尺寸的三个激励驱动信号。



1. 一种可受控进行双向角位移的具有两个轴的装置,包括:

平台,其能够响应驱动而绕所述两个轴进行角位移;

第一、第二和第三静电电极,其位于所述平台附近,仅利用所述三个电极来为所述平台提供直接的非接触式驱动,其中所述可进行角位移的两个轴的每一个将所述电极中的至少两个电极的中心分开,用以实现有效的双向角位移;

三个电压控制源,其用于向所述第一、第二和第三电极提供对三个相应的静电力的独立控制;以及

控制器,用于将相对于所述可进行角位移的两个轴的选定位置映射变换为所述三个静电力。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述电极中的两个电极具有与所述电极中的第一电极不相等的面积。

3. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述电极中的第一个电极设置成直接对准所述轴中的第一个轴,所述第二电极和第三电极分别对称地设置在所述轴中的所述第一个轴的相对的两侧。

4. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述电极具有不相等的面积,并且被设置成使所述电极之间的间隙不与所述轴相重合。

5. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述平台还能够沿着与未被偏置的平台的平面基本垂直的 z 轴位移,从而所述平台沿 z 轴以往复移动的方式运动。

6. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述控制装置根据以下关系操作以进行映射变换:

$$V_1 = F ((\sqrt{3}/2) \cos(\theta) + (1/2) \sin(\theta)) V_x + F$$

$$((\sqrt{3}/2) \sin(\theta) - (1/2) \cos(\theta)) V_y + V_{f1},$$

$$V_2 = F (-(\sqrt{3}/2) \cos(\theta) + (1/2) \sin(\theta)) V_x + F$$

$$(-(\sqrt{3}/2) \sin(\theta) - (1/2) \cos(\theta)) V_y + V_{f2}, \text{ 以及}$$

$$V_3 = -F \sin(\theta) V_x + F \cos(\theta) V_x + V_{f3}$$

其中, F 及偏压值 V_{f1} 、 V_{f2} 和 V_{f3} 都是与角位移指令信号 V_x 和 V_y 无关的常数;并且

其中,所述电极具有相等的面积,并且所述电极绕中心 z 轴旋转 120 度的整数倍的角度时所述映射变换不变。

7. 根据权利要求1所述的装置,其中,所有的所述电极具有相等的面积,并且被设置成使所述电极之间的间隙不与所述轴相重合。

8. 一种用于对可受控进行双向角位移的具有两个轴的装置进行线性控制的方法,所述装置包括:平台,其能够响应驱动而绕所述两个轴进行角位移;三个电极,其位于所述平台附近,用于为所述平台提供直接的非接触式驱动,其中所述可进行角位移的两个轴的每一个将所述电极中的至少两个电极的中心分开,用以在最大可能的角度范围内提供有效的双向角位移;仅有的三个电压控制源,其用于向所述三个电极提供独立的控制力;以及控制器,用于将相对于所述可进行角位移的两个轴的选定位置映射变换为三个控制力,所述方法包括以下步骤:

选择所述平台的位移角度；

将所述位移的角度映射变换为绕 x 轴和 y 轴进行位移的角度指令；

依照指定的映射函数将所述两个角度指令从第一与第二可控制的角度映射变换为仅三个偏压值，以用于产生角度感应电极电压指令，所述电压指令用于以不与所述平台接触的方式直接控制所述第一与第二可控制的角度；以及

向用于所述电极的所述三个控制源施加所述角度感应电极电压指令，以在所述第一与第二可控制的角度基础上以静电方式改变所述平台的角位移。

9. 根据权利要求 12 所述的方法，其中，所述控制器根据以下关系在所述三个电压控制源的电极电压 V_1 、 V_2 和 V_3 之间进行映射变换：

$$V_1 = AV_x + BV_y + V_{f1},$$

$$V_2 = CV_x + DV_y + V_{f2}, \text{ 及}$$

$$V_3 = EV_x + FV_y + V_{f3},$$

其中，A、B、C、D、E、F 和偏压值 V_{f1} 、 V_{f2} 和 V_{f3} 都是与角位移指令信号 V_x 和 V_y 无关的常数。

10. 一种可受控进行双向角位移的具有两个轴的装置，包括：

平台，其能够响应驱动而绕所述两个轴进行角位移；

第一、第二和第三静电电极，其位于所述平台附近，用于为所述平台提供非接触式驱动，其中所述可进行角位移的两个轴的每一个将所述电极中的至少两个电极的中心分开，用以实现有效的双向角位移；

三个电压控制源，其用于向所述第一、第二和第三电极提供对三个相应的静电力的独立控制；以及

控制器，用于将相对于所述可进行角位移的两个轴的选定位置映射变换为所述三个静电力，所述控制器根据以下关系在所述三个电压控制源的电极电压 V_1 、 V_2 和 V_3 之间进行映射变换：

$$V_1 = AV_x + BV_y + V_{f1},$$

$$V_2 = CV_x + DV_y + V_{f2}, \text{ 及}$$

$$V_3 = EV_x + FV_y + V_{f3},$$

其中，A、B、C、D、E、F 和偏压值 V_{f1} 、 V_{f2} 和 V_{f3} 都是与角位移指令信号 V_x 和 V_y 无关的常数。

11. 根据权利要求 10 所述的装置，其中，所述第一电极设置成直接对准所述轴中的第一个轴，所述第二电极和第三电极分别对称地设置在所述轴中的所述第一个轴的相对的两侧。

12. 一种可受控进行双向角位移的具有两个轴的装置，包括：

平台，其能够响应驱动而绕所述两个轴进行角位移；

第一、第二和第三静电电极，其位于所述平台附近，用于为所述平台提供非接触式驱动，其中所述可进行角位移的两个轴的每一个将所述电极中的至少两个电极的中心分开，用以实现有效的双向角位移；

三个电压控制源，其用于向所述第一、第二和第三电极提供对三个相应的静电力的独立控制；以及

控制器,用于将相对于所述可进行角位移的两个轴的选定位置映射变换为所述三个静电力,其中所述控制装置根据以下关系操作以进行映射变换:

$$V_1 = (A \cos(\theta) + (F/2) \sin(\theta)) V_x + (A \sin(\theta) - (F/2) \cos(\theta)) V_y + V_{f1},$$

$$V_2 = (-A \cos(\theta) + (F/2) \sin(\theta)) V_x + (-A \sin(\theta) - (F/2) \cos(\theta)) V_y + V_{f2}, \text{ 及}$$

$$V_3 = -F \sin(\theta) V_x + F \cos(\theta) V_y + V_{f3}$$

其中, A、F 及偏压值 V_{f1} 、 V_{f2} 和 V_{f3} 都是与角位移指令信号 V_x 和 V_y 无关的常数,

其中,所述电极具有相等的面积,并且被设置成使所述电极之间的间隙不与所述两个轴相重合。

13. 一种可受控进行双向角位移的具有两个轴的装置,包括:

平台,其能够响应驱动而绕所述两个轴重新取向;

第一、第二和第三驱动元件,其位于所述平台附近,用于为所述平台提供非接触式驱动;

三个控制源,其用于向所述第一、第二和第三驱动元件提供独立的控制力;以及

控制器,用于根据以下关系将相对于所述可进行角位移的两个轴的选定位置映射变换为三个控制力:

$$V_1 = F \left(\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cos(\theta) + \left(\frac{1}{2} \right) \sin(\theta) \right) V_x + F \left(\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \sin(\theta) - \left(\frac{1}{2} \right) \cos(\theta) \right) V_y + V_{f1},$$

$$V_2 = F \left(- \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cos(\theta) + \left(\frac{1}{2} \right) \sin(\theta) \right) V_x + F \left(- \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \sin(\theta) - \left(\frac{1}{2} \right) \cos(\theta) \right) V_y + V_{f2},$$

$$V_3 = -F \sin(\theta) V_x + F \cos(\theta) V_y + V_{f3}$$

其中, F 及偏压值 V_{f1} 、 V_{f2} 和 V_{f3} 都是与角位移指令信号 V_x 和 V_y 无关的常数;并且

其中,所述驱动元件具有相等的面积,并且所述驱动元件绕中心 z 轴旋转 120 度的整数倍的角度时所述映射变换不变。

利用三个驱动元件驱动双轴 MEMS 器件的方法和装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 不适用

[0003] 关于发明是否属于联邦资助研究或开发项目的声明

[0004] 不适用

[0005] 涉及以光盘形式提交的“序列表”、表、或计算机程序列表附录

[0006] 不适用

[0007] 发明背景

[0008] 本发明涉及微机电系统 (MEMS) 器件的驱动, 尤其涉及双轴尖端倾斜 (tip-tilt) MEMS 镜子的驱动。本发明可应用于静电驱动光开关, 但不局限于此。

[0009] 利用四个驱动元件以静电驱动方式和磁驱动方式来驱动双轴尖端倾斜 MEMS 镜的方案是众所周知的。四元件结构具有关于正交的尖端倾斜轴简明对称的优点, 因此在倾斜取向 (orientation) 和对各个驱动元件施加的电压或电流之间的变换函数是比较简明的。通常的采用四个电极的驱动方法是对轴线同侧的成对电极加以驱动, 以使其相对于轴线而倾斜。

[0010] 为了实现对单个驱动元件的控制, 各个元件都需要其自身的电压或电流供应线及其相关的驱动电路。对于采用近距离分开的镜子的阵列的光开关的情形, 采用大量的供应线和驱动电路会限制系统的设计。由于封装的约束, 随着阵列中 MEMS 器件数目的增大, 则这些供应线的布设成为对系统设计的挑战。而且, 随着驱动电路数目的增大, 由于需要大量电子元件, 所以系统的成本花费成比例增大。因此, 需要这样一种方案, 它能够减少驱动电路和供应线的数目, 从而减少相互连接问题和驱动问题。

发明内容

[0011] 根据本发明, 提供了一种利用三个非接触驱动元件或电极来驱动双轴 MEMS 镜子的方法和装置。差动双向镜控制利用偏置以适当值的三个激励驱动信号实现。利用变换函数将双轴尖端倾斜指令映射变换 (map) 为用于选定电极取向和大小的三个激励驱动信号。

[0012] 这里提出的在静电驱动中利用三个电极的理论基础可应用于其它情形, 包括双轴尖端倾斜装置, 其含有用于 MEMS 器件的电磁驱动器。因此, 应当理解本发明披露的是, 利用三个电极来驱动双轴尖端倾斜装置。

[0013] 通过下面结合具体实施方案所进行的详细说明, 将使本发明获得更好的理解。

[0014] 附图的简要说明

[0015] 图 1 是局部剖切的立体图, 其描述了依照本发明的双轴 MEMS 镜子阵列以及三个驱动电极的相对定位。

[0016] 图 2 是本发明的双轴 MEMS 镜以及三个驱动电极的俯视图, 其中铰合装置的轴与电极直接对准。

[0017] 图 3 是本发明的双轴 MEMS 镜以及三个驱动电极的俯视图, 其中铰合装置的轴与电极随机地对准。

[0018] 本发明的详细说明

[0019] 参照图 1 和图 2, 其中显示了位于由三个相同驱动元件 1、2 和 3 驱动的阵列 10 之中的 MEMS 镜子 4 的一个实施例。在如图所示的带有双万向架的镜子的情况下, 外侧铰合装置 (hinge) 5 和 6 使得外环和镜子可环绕 y 轴旋转, 而内侧铰合装置 7 和 8 使得镜 4 可环绕 x 轴旋转, 其中 x 轴和 y 轴都位于镜 4 平面内。对于本发明的这个具体实施方案而言, x 旋转轴与元件 1 和 2 之间的间隙 9 对准, 并且方向指向元件 3。在本发明的另一实施方案中, 如图 3 所示, 驱动元件与铰合装置轴的相对取向被旋转一个任意角度。在本发明的所有实施方案中, 驱动镜子倾斜的力是由三个驱动元件 1、2 和 3 提供的。该力可通过各种装置获得, 包括静电装置和磁装置。在利用静电装置的情况下, 元件 1、2、3 可以是扁平的金属电极。如下文所述, 通过施加电压到各电极, 在电极和镜子 4 中 (包含镜表面自身) 的导电层 (未示出) 之间产生静电力, 致使镜 4 倾斜过一个可控制的角度。在利用磁装置的情况下, 元件 1、2、3 可以是平面的导电迹圆线圈。通过由电流源施加电流到各线圈, 可形成与镜子 4 (包含镜子材料自身) 中的铁磁性区域 (未示出) 相互作用的磁场, 从而感应产生相互作用的磁力, 致使镜 4 倾斜。

[0020] 驱动元件不必具有相同面积, 或者说, 针对相同的驱动信号它们需要产生相等大小的力。因此, 在权利要求保护范围内的本发明的另一实施例中, 三个驱动元件中至少有一个的重要 (significant) 参数不同于其它两个。它们可以在很多方面不同, 包括但不限于, 面积、形状、以及厚度。

[0021] 本发明的主要方面在于一种方法, 通过该方法, 镜的倾斜可利用三个驱动元件进行控制。由于存在有两个独立旋转轴, 所以需要两个独立的指令信号。这些指令信号被分别定义为 V_x 和 V_y , 其分别用于控制绕 x 轴和 y 轴的旋转。问题的关键在于确定如何来唯一地将指令信号映射变换 (map) 到标示为 V_1 、 V_2 和 V_3 的三个驱动信号。可以根据驱动机构的类型来选定电压源或电流源以生成这些信号。映射变换通常可由下列线性方程组表示:

$$[0022] \quad V_1 = AV_x + BV_y + V_{f1},$$

$$[0023] \quad V_2 = CV_x + DV_y + V_{f2}, \text{ 和}$$

$$[0024] \quad V_3 = EV_x + FV_y + V_{f3},$$

[0025] 其中, A、B、C、D、E、F、 V_{f1} 、 V_{f2} 和 V_{f3} 都是与 V_x 和 V_y 无关的常数。可以实现任意数目的映射变换方法。但是, 并不是所有方法都可产生相同的控制特性。因此, 问题受到下列条件约束, 以便下述特性通过映射变换得以保持:

[0026] (1) 指令信号 V_x 仅与 MEMS 器件绕 x 轴的有效位移相关。

[0027] (2) 指令信号 V_y 仅与 MEMS 器件绕 y 轴的有效位移相关。

[0028] (3) 指令信号 V_x 是差动的 (differential), 以使得对三个元件的平均驱动信号没有变化。

[0029] (4) 指令信号 V_y 是差动的 (differential), 以使得对三个元件的平均驱动信号没有变化。

[0030] 约束条件 (1) 和 (2) 确保在两个独立旋转方向之间不存在或很少有交叉干扰 (cross-talk) 交扰。约束条件 (3) 和 (4) 使系统对指令信号 V_x 和 V_y 的响应线性化。这两种特性极大地简化了反馈电路或者在镜子的闭环 (closed-loop) 操作中所需的算法。

[0031] 通过施用约束条件 (1)-(4), 常数 A、B、C、D 和 E 之间的相对关系受到了必要的约

束,即,它们不能再被假定为任意值。它们的值还取决于驱动元件的具体结构配置以及倾斜轴关于驱动元件的相对取向。在图 1 和图 2 描述的实施方案中,三个元件都相同且取向如图所示,若要使约束条件 (1) 总保持成立,则需 A 与 C 的和与 E 成线性比例。若要使约束条件 (2) 总保持成立,则需 B 等于 D。约束条件 (3) 隐含表明了 A、C 和 D 的和等于零,而约束条件 (4) 则隐含表明了 B、D 和 E 的和等于零。所有这些约束条件都必须同时满足。要想同时满足这些约束条件,则 F 须等于 $-2B$, C 须等于 $-A$, 且 E 须等于零。因此,映射变换的广义方程组被简化成下列方程组,其标示为 M_1 :

$$[0032] \quad V_1 = AV_x - (F/2)V_y + V_{f1},$$

$$[0033] \quad V_2 = -AV_x - (F/2)V_y + V_{f2}, \text{ 和}$$

$$[0034] \quad V_3 = FV_y + V_{f3}$$

[0035] 方程组 M_1 定义出了双轴指令信号如何映射变换为三个驱动信号。偏压值 V_{f1} 、 V_{f2} 、 V_{f3} 可以数值相等,或者其中一个或多个可与其它取值不同。映射变换 M_1 被应用于下述情况,其中三个驱动元件外形和形状都完全相同,间隔距离相等,且相对于倾斜轴的取向如图 2 所示。应能理解, M_1 映射变换对于如图 1 和图 2 所示的元件标记系统是唯一的,并且对在这几幅图中所示的轴线取向的选择而言也是唯一的。元件标记和轴线取向有多种可运用这种映射变换的排列组合,只是在驱动信号 V_1 、 V_2 和 V_3 的分配以及系数 A 和 F 的正负号上有细微的变化。

[0036] 仅当驱动元件相对于铰合装置的取向与图 2 所示的一致时,才可运用映射变换 M_1 。在通常情况下,驱动元件的取向不必与图 2 所示的一致。驱动元件可相对于由镜子铰合装置轴限定的方向进行旋转。图 3 显示驱动元件处于任意取向,其中旋转角 θ 定义为驱动元件自图 2 所示取向位置沿逆时针方向旋转所转过的角度。不管驱动元件的相对取向如何,为了确保约束条件 (1) - (4) 成立,必须对从指令信号到驱动信号的映射变换加以修改。这是通过变换坐标系来实现的,其中新的坐标轴相对于原始坐标轴旋转了一个角度 θ 。最终所得到的新的映射变换关系由一组新的线性方程描述如下,其被标示为 M_3 :

$$[0037] \quad V_1 = (A\cos(\theta) + (F/2)\sin(\theta))V_x + (A\sin(\theta) - (F/2)\cos(\theta))V_y + V_{f1},$$

$$[0038] \quad V_2 = (-A\cos(\theta) + (F/2)\sin(\theta))V_x + (-A\sin(\theta) - (F/2)\cos(\theta))V_y + V_{f2}, \text{ 及}$$

$$[0039] \quad V_3 = -F\sin(\theta)V_x + F\cos(\theta)V_y + V_{f3}$$

[0040] 这些方程所描述的映射变换是广义形式,其中电极都具有相同尺寸,与利用三个驱动元件 1、2 和 3 来控制带有双万向架的镜子 4 有关。偏压值 V_{f1} 、 V_{f2} 和 V_{f3} 可以全部相等,也可以是其中一个或多个的值不等同于其它的值。

[0041] 本发明的一个更为具体的实施方案提供了映射变换的简化型式。映射变换的一种理想的但非必须的特性是,驱动元件转过 120 度的整数倍的角度时映射变换型式不变。由于这三个驱动元件具有对称性,所以如果驱动元件相对于镜子铰合装置转过的角度是 120 度的整数倍,则新的结构配置完全等同于未旋转之前的结构配置,只是驱动元件的标记有些无足轻重的改变而已。为使映射变换保持不变,除了使标记 1、2、3 的无足轻重的排列以外,还必须将常数 A 与常数 F 的比值限定为等于 $\sqrt{3}/2$ 。这样,对本发明所预见到的一种特定类型的映射变换由如下的线性方程组表示,其被标示为 M_4 :

$$[0042]$$

$$V_1 = F \left(\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cos(\theta) + \left(\frac{1}{2} \right) \sin(\theta) \right) V_x + F \left(\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \sin(\theta) - \left(\frac{1}{2} \right) \cos(\theta) \right) V_y + V_f$$

[0043]

$$V_2 = F \left(- \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cos(\theta) + \left(\frac{1}{2} \right) \sin(\theta) \right) V_x + F \left(- \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \sin(\theta) - \left(\frac{1}{2} \right) \cos(\theta) \right) V_y + V_f$$

$$[0044] \quad V_3 = -F \sin(\theta) V_x + F \cos(\theta) V_y + V_f$$

[0045] 正是这种唯一的映射变换,既满足了约束条件(1)-(4),又满足了驱动元件转过120度的整数倍的角度时映射变换型式不变的要求。映射变换 M_4 仅适用于驱动元件如图3所示相互等同且等间隔设置的情形。

[0046] 本发明是结合具体实施方案进行阐述说明的。但对于本领域普通技术人员而言,采用其它实施方案也是显而易见的。例如,本发明并不仅限于带有双万向架的镜子。由上文的叙述可知,镜子轴和三个电极的不同的相对取向也是允许的,其导致两个差动指令(differential commands)和三个电极指令之间的映射变换中的系数不同。因此,不应以局限性目光来理解本发明,本发明仅由所附的权利要求书限定。

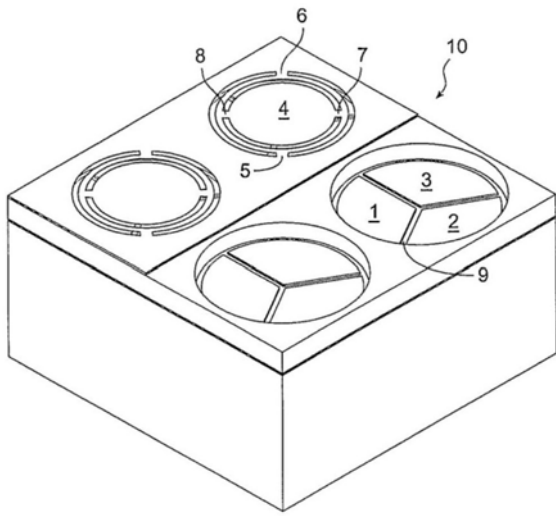


图 1

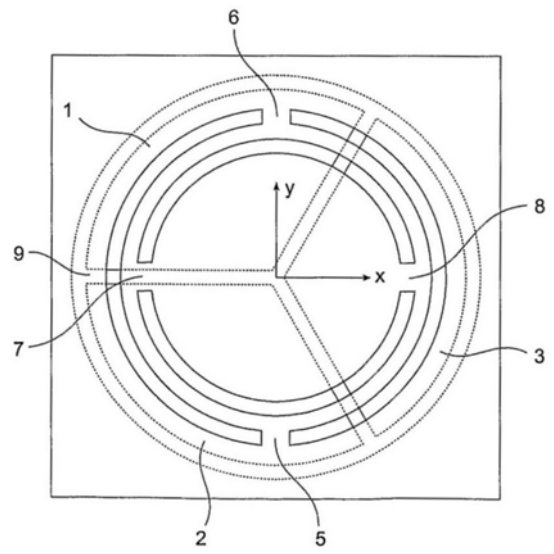


图 2

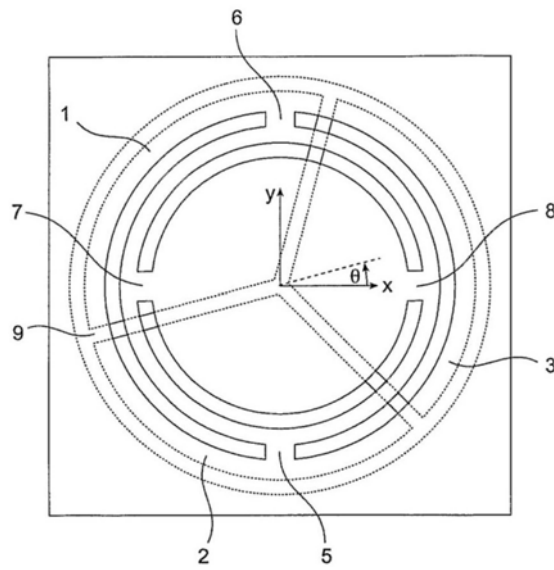


图 3

Abstract

Apparatus and methods are provided for driving a two-axis “X–Y” MEMS mirror using three (1, 2, 3) non-contact actuation elements or electrodes. A differential bi-directional mirror control uses unipolar drive voltages biased at a suitable value. Transformation functions map two-axis tip tilt commands to three actuation drive signals for selected electrode orientations and sizes.