



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102543522 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201110461939. 4

(22) 申请日 2011. 12. 31

(30) 优先权数据

1150027 2011. 01. 03 FR

(71) 申请人 法国原子能源和替代能源委员会

地址 法国巴黎

(72) 发明人 亨利·席卜耶特 亚尼克·优乐美特

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 梁挥 王颖

(51) Int. Cl.

H01H 11/00 (2006. 01)

H01H 36/00 (2006. 01)

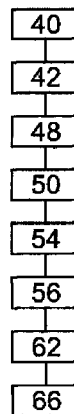
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 5 页

(54) 发明名称

用于制造由磁场激励的微开关的方法

(57) 摘要

本发明关于一种在平面衬底上制造由磁场激励的微开关的方法,所述方法包含:a) 蚀刻步骤(42),以在所述平面衬底的上表面中蚀刻用来形成两条带的凹的模型的空腔,所述空腔具有垂直侧面,所述垂直侧面垂直于所述衬底的所述平面延伸以形成所述带的垂直表面;b) 填充步骤(50),以通过磁性材料来填充所述空腔以形成所述带;接着 c) 蚀刻步骤(62),以通过各向同性的蚀刻方法在所述衬底中蚀刻井,所述井在所述带的所述垂直表面上延伸并且低于及包围所述带中至少一条的一个远端,以展开所述带之间的空气间隙并使所述远端能在封闭的位置与开放的位置之间运动。



1. 一种在平面衬底上制造由磁场激励的微开关的方法,其特征在于所述方法包含:
 - a) 蚀刻步骤 (42),以在所述平面衬底的上表面中蚀刻用来形成两条带的凹的模型的空腔,所述空腔具有垂直侧面,所述垂直侧面垂直于所述衬底的所述平面延伸以形成所述带的垂直表面,接着
 - b) 填充步骤 (50),以通过磁性材料来填充所述空腔以形成所述带,接着
 - c) 蚀刻步骤 (62),以通过各向同性的蚀刻方法在所述衬底中蚀刻井,所述井在所述带的所述垂直表面上延伸并且低于及包围所述带中至少一条的一个远端,以展开所述带之间的空气间隙并使所述远端能在以下位置之间运动:
 - 封闭的位置,其中所述两条带的所述垂直表面直接地相互机械接触以使电流流通,及
 - 开放的位置,其中所述垂直表面通过所述空气间隙相互分离以使一条带与另一条带电绝缘。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述蚀刻步骤 (42,62) 是用于蚀刻硅衬底的步骤。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述方法包含沉积步骤 (48),以在填充所述空腔之前,至少在所述垂直侧面上沉积导电材料的涂层,所述涂层的厚度严格地小于所述带的厚度的一半。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中通过磁性材料来填充所述空腔的所述填充步骤 (50) 是使用所述导电材料的涂层作为电极通过电解沉积来完成的。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中在填充所述空腔后并在于衬底中蚀刻所述井之前,所述方法包含制作罩子的步骤 (50),以覆盖在其中需蚀刻所述井的空间,并且在所述罩子中制作入口孔,并在蚀刻所述井的蚀刻步骤 (62) 期间,通过每个所述入口孔注入各向同性的蚀刻剂以在所述罩子下实现对所述井的各向同性的蚀刻,然后如果必要则塞住所述入口孔。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述衬底的所述上表面上蚀刻所述空腔的蚀刻步骤 (42) 是通过各向异性的蚀刻方法来完成的。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中蚀刻所述空腔的所述蚀刻步骤 (42) 还包含同时蚀刻用来形成电极的凹的模型的空腔,以将所述带电连接至外部电路。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中填充所述空腔的所述填充步骤 (50) 是通过在所述衬底的整个上表面上包括在所述空腔外侧沉积磁性材料的层来完成的,并且然后所述方法包含机械 / 化学抛光步骤 (54),以对所述衬底的所述上表面进行机械 / 化学抛光以去除位于所述空腔外侧的磁性材料的沉积。
9. 一种由磁场激励的微开关,所述微开关包含:平面衬底 (4),其具有上表面 (6),至少两条具有垂直表面的磁性材料的带 (12,14 ;72 ;84,92,96),所述垂直表面垂直于所述衬底的所述平面延伸并且相互界定空气间隙 (15 ;90 ;92),所述带中的至少一条能在所述磁场的效力下在以下位置之间运动:
 - 封闭的位置,其中所述两条带的所述垂直表面直接地相互机械接触以使电流流通,以及
 - 开放的位置,其中所述垂直表面通过所述空气间隙相互分离以使一条带与另一条带电绝缘,其特征在于,所述带 (12,14 ;72 ;84,92,96) 整个收纳于在所述衬底中挖空的井 (24 ;74 ;104) 中。

用于制造由磁场激励的微开关的方法

技术领域

[0001] 本发明关于在平面衬底上用于制造由磁场激励的微开关的方法。本发明还关于这种类型的开关。

[0002] 由磁场激励的微开关还被称作磁簧开关 (Reed switch)。

[0003] 微开关尤其就其制造方法而言不同于宏观的开关。通过与制作微电子芯片相同的批量制作方法来制作微开关。例如,微开关可由通过光刻法及蚀刻法加工的及 / 或通过金属材料的外延晶体生长和沉积而形成结构的单晶硅或玻璃制成。

[0004] 先前技术的微开关包含:

[0005] 平面衬底,其具有上表面,

[0006] 至少两条磁性材料的带,其具有在平行于所述衬底的平面上平行延伸的垂直表面,并且所述带相互界定空气间隙,所述带中的至少其中一条能在磁场的效力下在以下位置之间运动:

[0007] 封闭的位置,其中两条带的垂直表面直接地相互机械接触以使电流流通,以及

[0008] 开放的位置,其中两条带的垂直表面通过所述空气间隙相互分离以将一条带与另一条带电绝缘。

[0009] 在这些已知的微开关中,带平行于衬底的平面运动。因此,在制作这些带期间,可几乎没有限制的通过光刻法来精确地界定平行于衬底平面的带厚度。这使得可以非常精细及可重复地调整微开关的某些重要特性,例如带的硬度。而这些优点不能体现在其中带垂直于衬底平面运动的微开关中。

背景技术

[0010] 已经提出一些用于制造这些微开关的方法,例如在专利申请 US2009/0237188 中或在如下文献(文献 A1)中公开的示例:

[0011] S. Roth, C. Marxer, G. Feusier, N. F. De Rooij, "One mask nickel micro-fabricated reed relay", IEE 0-7803-5273-4, 2000。

[0012] 但是,已知的方法很复杂且需要大量的蚀刻步骤。例如,在文献 A1 中描述的方法需要一个蚀刻光敏树脂的操作以挖空且去除带的垂直表面,还需要另一个蚀刻操作以去除位于带之间的晶种层 (seed layer)。

[0013] 此外,在现有技术的微开关中,带伸出 (project) 到衬底的上表面上。因此,必须添加罩子 (hood) 来保护这些带。目前,该操作很复杂,因为其需要罩子相对于衬底定位的高精确性。

[0014] 在现有技术中,还已知以下文献中的方法:JP2008243450A、US2007/046392A1、W098/34269A 1 以及 EP1108677A1。

发明内容

[0015] 本发明旨在通过提出一种更简单的用于制造微开关的方法来克服至少一个上述

缺点。

[0016] 因此,本发明在于一种制造方法,其包含:

[0017] a) 蚀刻步骤,以在所述平面衬底的上表面中蚀刻用来形成两条带的凹的模型的空腔,所述空腔具有垂直侧面,所述垂直侧面垂直于所述衬底的所述平面延伸以形成所述带的垂直表面,接着

[0018] b) 填充步骤,以通过磁性材料来填充所述空腔以形成所述带,接着

[0019] c) 蚀刻步骤,以通过各向同性的蚀刻方法在所述衬底中蚀刻井,所述井在所述带的所述垂直表面上延伸并且低于及包围所述带中至少一条的一个远端,以展开所述带之间的空气间隙并使所述远端能在以下位置之间运动:

[0020] 封闭的位置,其中所述两条带的所述垂直表面直接地相互机械接触以使电流流通,及

[0021] 开放的位置,其中所述垂直表面通过所述空气间隙相互分离以使一条带与另一条带电绝缘。

[0022] 上述制造方法更简单,原因在于各向同性的蚀刻使该方法可在单独的一个操作中清除运动带的远端的侧面及下面的材料。特别地,因此不必要在带与衬底之间沉积牺牲层且然后去除该牺牲层以释放移动的带。

[0023] 所述制造方法的实施例可包含一个或多个以下特征:

[0024] 蚀刻步骤为用于蚀刻硅衬底的步骤;

[0025] 所述方法包含在填充所述空腔之前,至少在所述垂直侧面上沉积导电材料的涂层,所述涂层的厚度严格地小于所述带的厚度的一半;

[0026] 通过磁性材料来填充所述空腔的所述填充步骤是使用所述导电材料的涂层作为电极通过电解沉积来完成的;

[0027] 在填充所述空腔后并在于衬底中蚀刻所述井之前,所述方法包含制作罩子的步骤,以覆盖在其中需蚀刻所述井的空间,并且在所述罩子中制作入口孔,并在蚀刻所述井的蚀刻步骤期间,通过每个所述入口孔注入各向同性的蚀刻剂以在所述罩子下实现对所述井的各向同性的蚀刻,然后如果必要则塞住所述入口孔;

[0028] 在所述衬底的所述上表面上蚀刻所述空腔的蚀刻步骤是通过各向异性的蚀刻方法来完成的;

[0029] 蚀刻所述空腔的所述蚀刻步骤还包含同时蚀刻用来形成电极的凹的模型的空腔,以将所述带电连接至外部电路;

[0030] 填充所述空腔的所述填充步骤是通过在所述衬底的整个上表面上包括在所述空腔外侧沉积磁性材料的层来完成的,并且然后所述方法包含机械/化学抛光步骤,以对所述衬底的所述上表面进行机械/化学抛光以去除位于所述空腔外侧的磁性材料的沉积。

[0031] 所述制造方法的这些实施例进一步具有以下优点:

[0032] 蚀刻硅衬底使其能获得几乎完全平行的垂直表面,因而降低微开关在封闭的位置中的电阻;

[0033] 用导电材料的涂层涂敷所述带的垂直表面增加了微开关在封闭的位置中的导电性;

[0034] 当执行电解时使用导电涂层作为导电层简化了所述制造方法,原因在于在所述制

造方法的后续操作期间没有必要去除该导电涂层；

[0035] 使罩子直接位于包含电极的衬底的顶部简化了所述制造方法，原因在于再没有必要另外添加该罩子及因而需要的该罩子相对于井的精确定位；

[0036] 使用各向异性的蚀刻来挖空所述空腔从而提供了完全垂直的侧面，因而降低了微开关在封闭的位置中的电阻；

[0037] 同时蚀刻所述空腔以电极连接至所述带的步骤简化了所述制造方法；

[0038] 对衬底的上表面进行机械 / 化学抛光不仅去除了位于所述空腔外的磁性材料的沉积还恢复了平整的上表面，因而有利于在后续步骤中制作所述罩子。

[0039] 本发明的目的还在于一种由磁场激励的微开关，所述微开关包含：

[0040] 平面衬底，其具有上表面，

[0041] 至少两条具有垂直表面的磁性材料的带，所述垂直表面垂直于所述衬底的所述平面延伸并且相互界定空气间隙，所述带中的至少一条能在所述磁场的效力下在以下位置之间运动：

[0042] 封闭的位置，其中所述两条带的所述垂直表面直接地相互机械接触以使电流流通，以及

[0043] 开放的位置，其中所述垂直表面通过所述空气间隙相互分离以使一条带与另一条带电绝缘，

[0044] 其中所述带整个收纳于在所述衬底中挖空的井中。

附图说明

[0045] 本发明将从以下描述完全地通过非详尽性的示例方式参照附图被更清楚地理解，其中：

[0046] 图 1 是微开关的俯视示意图；

[0047] 图 2 是图 1 中微开关一部分的垂直剖面示意图；

[0048] 图 3 是制造图 1 的微开关的方法流程图；

[0049] 图 4 到图 8 是当通过图 3 的方法来制造微开关时，在制造过程中不同步骤的垂直剖面示意图；

[0050] 图 9 是微开关的第二实施例的俯视示意图；

[0051] 图 10 是微开关的第三实施例的俯视示意图。

[0052] 在这些附图中，相同的参考符号用来指示相同的元件。

具体实施方式

[0053] 在本文以下的描述中，将不再详细描述已被本领域普通技术人员所公知的特征及功能。

[0054] 图 1 展示微开关 2，其能被平行于 X 方向的磁场所激励。微开关 2 制作于水平延伸，即：平行于正交方向 X 及 Y 的平面衬底 4 中。在以下描述中，垂直的方向，即正交于方向 X 和 Y 的方向，由 Z 来表示。

[0055] 衬底 4 为坚硬的衬底。为此，其在 Z 方向上的厚度大于 200 微米且优选地大于 500 微米。该衬底有利地为电绝缘衬底。

[0056] 例如在这里,衬底 4 为硅衬底,即:包含硅的质量为至少 10%且通常大于 50%的衬底。该衬底 4 为无机且非光敏性的。该衬底 4 具有水平面的上表面 6。

[0057] 微开关 2 具有电极 8 和 10,穿过微开关 2 的电流流过该电极 8 和 10。电极 8 和 10 没有任何自由度地固定于衬底 4 上。在这里,电极 8 和 10 为平行四边形,其上表面位于与衬底 4 的上表面 6 相同的平面中。这些电极的垂直表面延伸至衬底 4 中。每个电极的垂直表面在衬底 4 中通过例如平行于上表面的下表面连接至另一个电极。

[0058] 带 12 和 14 平行于方向 X 分别从电极 8 和 10 处开始延伸。这些带 12 和 14 可在平行于方向 X 的磁场的效力下相对于彼此在以下位置间运动:

[0059] 开放的位置(参见图 1),其中带通过填充有介电气体的空气间隙 15 而相互电绝缘,以及

[0060] 封闭的位置,其中带直接地相互机械接触以使电流在电极 8 与电极 10 之间流通。

[0061] 在这里,每个带具有平行于方向 X 延伸的平行四边形的形状。因此,同电极一样,每条带具有:

[0062] 上表面,其位于与衬底 4 的上表面 6 相同的平面中,

[0063] 垂直表面,其穿进衬底 4 的内部,以及

[0064] 下表面,其位于衬底 4 的表面 6 以下,并且例如平行于带的上表面。

[0065] 每条带 12 和带 14 分别具有近端 16 和近端 18,其分别机械并电连接至电极 8 和 10。在这里,近端 16 和近端 18 分别没有自由度地连接至它们各自的电极。因此,这些近端 16 和近端 18 是固定不动的。

[0066] 在本实施例中,带与其机械连接的电极一起形成一个相同材料的块。

[0067] 每条带 12 和带 14 还分别具有远端 20 和远端 22。这些远端 20 和 22 彼此相对且在开放位置中通过空气间隙 15 相互分离。相反地,这些远端在封闭位置中直接地相互接触。

[0068] 这里,在本实施例中,仅远端 20 是弹性的以在开放位置与封闭位置间运动。另一个远端 22 没有任何自由度地固定于衬底 4 上。

[0069] 远端 20 平行于水平面 X, Y 单独地移动。为此,远端 20 容纳在其中填充有介电气体例如空气等的井 24 中。更具体而言,远端 20 弯曲以从开放的位置到达封闭的位置。远端 20 在开放位置与封闭位置间的变型是全弹性的以当没有外力时其能自动地回到开放的位置。

[0070] 为了是弹性的,远端 20 在方向 X 上的长度远大于其在方向 Y 上的厚度。例如,远端 20 的长度是其厚度的 5、10 或 50 倍。在这里,远端 20 的厚度小于 100 微米且优选地小于 50 微米或 10 微米。

[0071] 在本示例中,远端 20 在方向 Y 上的高度通常是在 20 微米到 50 微米的量级。

[0072] 在这里,固定远端 22 的高度等于移动远端 20 的高度。

[0073] 如果有足够的磁性材料以集中平行于方向 X 的外部磁场,则固定远端 22 的长度和宽度没有任何特定的值。同理,带 12 的尺寸足够的大以使其能保持集中平行于方向 X 上的外部磁场。

[0074] 带 12 和 14 以及电极 8 和 10 的基本部分是由软磁性材料制成的。软磁性材料是具有低频率实部大于 1000 的相对磁导率的材料。这样的材料通常具有强制激励以在磁场

强度低于 $100\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$ 时消磁。例如,这里使用的软磁性材料是铁和镍的合金。

[0075] 为了增加带的电导率,带的垂直表面和下表面都由导电涂层 28 所覆盖。这同样适合于电极 8 和 10 的垂直表面和下表面。例如,该涂层是由铯 (Cs)、钌 (Ru) 或铂 (Pt) 制成。微开关 2 还具有覆盖井 24 的罩子 30 (参见图 2)。为了简化图 1,该罩子未展示在图 1 中。

[0076] 图 2 展示了沿着图 1 所示的横截面 I-I 的垂直剖面。在图 2 中展示了覆盖井 24 的罩子 30。罩子 30 阻止杂质进入到井 24 的内部,并且能防止带 12 的运动。在图 2 中可注意到,井 24 的所有壁,特别是井 24 的底部都形成在衬底 4 中并依靠衬底 4 (by the substrate 4)。井 24 是从衬底 4 中挖空的一个隐蔽凹槽。

[0077] 当平行于方向 X 施加外部磁场时,该磁场由带 12 和 14 集中并引导。该磁场的场力线由图 1 中的箭头 F 来代表。这在空气间隙 15 中产生了易于减小该空气间隙的力。这个力使远端 20 弯曲直到其与远端 22 接触。因此,外部磁场可以使带 12 在其开放位置与封闭位置之间移动。当外部磁场消失时,远端 20 通过弹性变形的板簧 (spring leaf) 回到开放位置。

[0078] 现将通过图 3 所示的方法来更详细地描述制造微开关 2。

[0079] 这里所描述的制造方法是一种使用微电子元件的制造方法技术的集中或批量的制造方法。因此,首先提供硅晶片 (wafer),在该晶片上将同时通过相同的操作来制造多个微开关。为了简化以下描述,以单个微开关的情况来单独地说明不同的制造步骤。在图 3 所示方法期间所获得的不同制造状态将展示于图 4 至图 8 中的垂直剖面中。

[0080] 在步骤 40 处,将光敏树脂层 41 (参见图 4) 沉积在衬底 4 的上表面 6 上。接着,在衬底 4 中需要挖出空腔的区域通过照射树脂而界定。这些区域对应于电极和带的位置。在这里,这是一个经典的光刻法步骤。

[0081] 在步骤 42 处,对上述所界定的区域实行各向异性的蚀刻以直接在衬底 4 中挖出空腔 44 和 46 (参见图 4),从而为带 12 和 14 以及电极 8 和 10 形成凹的模型。这里的术语“各向异性”的蚀刻指的是这样一种蚀刻,其在方向 Z 上的蚀刻速度大于在水平方向 X 和 Y 上蚀刻速度的至少 10 倍,且优选地大于水平方向 X 和 Y 上蚀刻速度的 50 倍或 100 倍。换言之,水平蚀刻速度相对于垂直方向上的蚀刻速度而言可忽略不计。这样提供的侧面 (flank) 较使用其它蚀刻方法形成的侧面而言更加垂直。特别地,被挖空的空腔 44 和 46 的侧面较使用其它蚀刻方法在光敏树脂中挖空的空腔侧面而言更加垂直。例如,这里所用的方法是等离子体蚀刻或深硅化学蚀刻。

[0082] 在步骤 48 处,去除光敏树脂层 41 并且将导电涂层 28 沉积在整个上表面上。因此,该导电涂层不仅覆盖空腔的垂直侧面还覆盖空腔的底部以及衬底的上表面 6。

[0083] 在步骤 50 处,空腔由软磁性材料 (52) (参见图 5) 填充。此处的填充是由使用涂层 28 作为导电电极的电解沉积来完成的。因此,涂层 28 还实现了晶种层的功能。由于涂层 28 在衬底 4 的整个表面上延展,因此材料 52 同样沉积在衬底 4 的整个上表面上以及空腔 44 和 46 中。因而获得图 5 所示的状态。

[0084] 在步骤 54 处,对衬底 4 执行机械 / 化学抛光以恢复衬底 4 的平面上表面 6。化学机械抛光 (chemical mechanical planarization) 还因其首字母缩写 CMP 而为人所知。在这里使用抛光步骤以去除位于空腔 44 和 46 外部的材料 52 和涂层 58。在本步骤的最后,获得图 6 所示的状态。

[0085] 在步骤 56 处,罩子 30 沉积在将挖出井 24 的位置。为此,额外厚度 58(参见图 7)的材料沉积在已经挖出井 24 的区域上。能用与衬底 4 相同的各向同性的蚀刻剂来蚀刻用来形成该额外厚度 58 的材料。例如此处,该材料为硅。该额外厚度 58 使罩子 30 与远端 20 和 22 的上表面隔离开。接着,又在本步骤 56 中,将薄层 59 沉积在衬底 4 的整个上表面上。该薄层 59 由耐受各向同性蚀刻剂的材料制成。最后,在用于形成罩子 30 的薄层 59 中,为各向同性的蚀刻剂形成入口孔 60。为了简化图 7,仅仅显示了多个入口孔中的一个入口孔 60。这些入口孔布置在已被挖空的井 24 的上方。

[0086] 在步骤 62 处,直接蚀刻衬底 4 以形成井 24。在本步骤中,蚀刻是各向同性的。各向同性的蚀刻是这样一种蚀刻步骤,其中在方向 X, Y 上的蚀刻速度等于在方向 Z 上的蚀刻速度加上或减去 50%,优选地为加上或减去 20%或 10%。

[0087] 在步骤 62 处,通过入口孔 60 使各向同性的蚀刻剂与将被蚀刻的硅直接接触。这里选择不与软磁性材料 52 和涂层 28 反应的蚀刻剂。例如,蚀刻剂可为气体 XeF_2 。

[0088] 由于蚀刻剂是各向同性的蚀刻剂,因此能去除远端 20 和 22 的垂直表面及同时去除其底部,即远端 20 的下表面(参见图 8)。

[0089] 因此,在各向同性的蚀刻步骤的最后形成了井 24。

[0090] 最后,在步骤 66 处,如果必要则再次关闭入口孔 60,分割其上已批量形成不同微芯片的晶片,以将多个微开关机械地相互分开。

[0091] 图 9 展示与微开关 2 相同的微开关 70,除了用弹性的带 72 来代替微开关中的带 14 以外。例如,带 72 与带 12 相同,但是通过其近端机械地连接至电极 10。为了使带 72 的远端能响应与方向 X 平行的磁场而移动,用更大的井 74 来替代井 24。更具体而言,井 74 包围在带 12 的远端 20 以及带 72 的远端 26,使得这两个远端能相对于衬底 4 在开放位置与封闭位置之间移动。

[0092] 除了当沿方向 X 施加外部磁场时,远端 20 和 70 均移动以相互接触之外,微开关 70 的工作情况与微开关 2 的相同。

[0093] 除了布置入口孔 60 以获得包围远端 20 和 76 的井 74 之外,制造微开关 70 的方法与参照图 3 所描述的方法相同。

[0094] 图 10 展示在平面衬底 82 上制造的微开关 80。为了简化图 10,没有示出用来覆盖此开关的罩子。通常,这里所描述的开关 80 是已被公知的具有一个输入和两个输出的单刀双掷(single-pole, double-throw, SPDT)微开关。

[0095] 微开关 80 具有其近端没有任何自由度地固定于电极 86 的弹性带 84,电极 86 本身没有任何自由度地固定于衬底 82。带 84 由软磁性材料构成。带 84 的远端 88 能在以下位置之间运动:

[0096] 开放的位置(参见图 10),其中远端 88 通过空气间隙 90 与固定的带 92 电绝缘,并且通过空气间隙 94 与固定的带 96 电绝缘,

[0097] 第一封闭位置 PF1,其中远端 88 直接地与带 92 机械接触以使电流在电极 86 和电极 100 之间流通,以及

[0098] 第二封闭位置 PF2,其中远端 88 直接地与带 96 机械接触以使电流在电极 86 和电极 102 之间流通。

[0099] 为了能运动,整个远端 88 收纳于从衬底 82 中挖空的井 104 中。

[0100] 带 88 弯曲以向第一封闭位置 PF1 或第二封闭位置 PF2 运动。然而,当没有磁场时,此弹性的变形可使带自动回到其开放的位置。

[0101] 带 92 和 96 以及电极 100 和 102 没有任何自由度地固定于衬底 82。

[0102] 微开关 80 还具有两个静电驱动电极 106 和 108。每个电极 106 和 108 分别具有面向远端 88 的平板 110 和 112。每个平板 110 和 112 分别布置在远端 88 的各自一侧上。更具体而言,布置平板 110 以向远端 88 施加静电力,使远端 88 能运动到第一封闭位置 PF1。布置平板 112 从而以相反的方向向同样的远端 88 施加静电力,使远端运动到第二封闭位置 PF2。

[0103] 微开关 80 还具有磁场源 116,其能在不激励电极 106 和 108 的情况下使远端 88 保持在任意一个封闭的位置中。为此,磁场源 116 产生平行于方向 X 的永久磁场。例如,磁场源 116 是永久性磁铁。该磁场源 116 可以包含或未包含在衬底 82 中。

[0104] 因此,为了使远端 88 从第一封闭位置 PF1 运动到第二封闭位置 PF2,对电极 108 施加电压。该电压足够使施加在远端 88 和平板 112 之间的静电力带动远端 88 向第二封闭位置运动。接着,切断对电极 108 的电源供应,则在磁场源 116 的磁场效力下,远端 88 仍维持在第二封闭位置中。

[0105] 为了使远端 88 从第二封闭位置 PF2 运动到第一封闭位置 PF1,执行同样的操作,只不过是给电极 106 而不是电极 108 提供电源。

[0106] 除了以下情况外,微开关 80 的制造方法类似于参照图 3 所描述的方法:除了有助于形成电极和带的凹的模型的空腔外,还制作用于形成电极 106 和 108 的凹的模型的额外空腔。接着,使用与图 3 所描述的方法相同的步骤来填充这些空腔,去除软磁性材料和位于这些空腔外地涂层,并且最后制作罩子和井 104。

[0107] 如前述实施例,所有的电极和带都位于衬底中,即在衬底的上表面以下。

[0108] 更多其它的实施例也是可能的,例如可以省略导电涂层 28。可在此情况中使用另一种沉积技术,例如物理气相沉积 (physical vapor deposition, PVD) 方法。在另一实施例中,首先沉积导电涂层,然后通过蚀刻去除该导电涂层。

[0109] 衬底 4 可由其它材料,例如玻璃制成。

[0110] 微开关可以具有许多对电连接至相同电极的带。

[0111] 固定的带可以具有非特定的形状。特别地,由于固定的带不需要变形,因此其长度没有必要大于其厚度。

[0112] 可使用其它的各向异性或各向同性的蚀刻方法。

[0113] 作为一种变型,可用磁性材料部分地填充空腔,使得带的上表面位于衬底的上表面以下。

[0114] 除了本文所描述的制造方法外,其它的用于制作微开关的方法也是可能的,只要这些方法能使该微开关的带整个收纳于井中并不伸出衬底的上表面外即可。

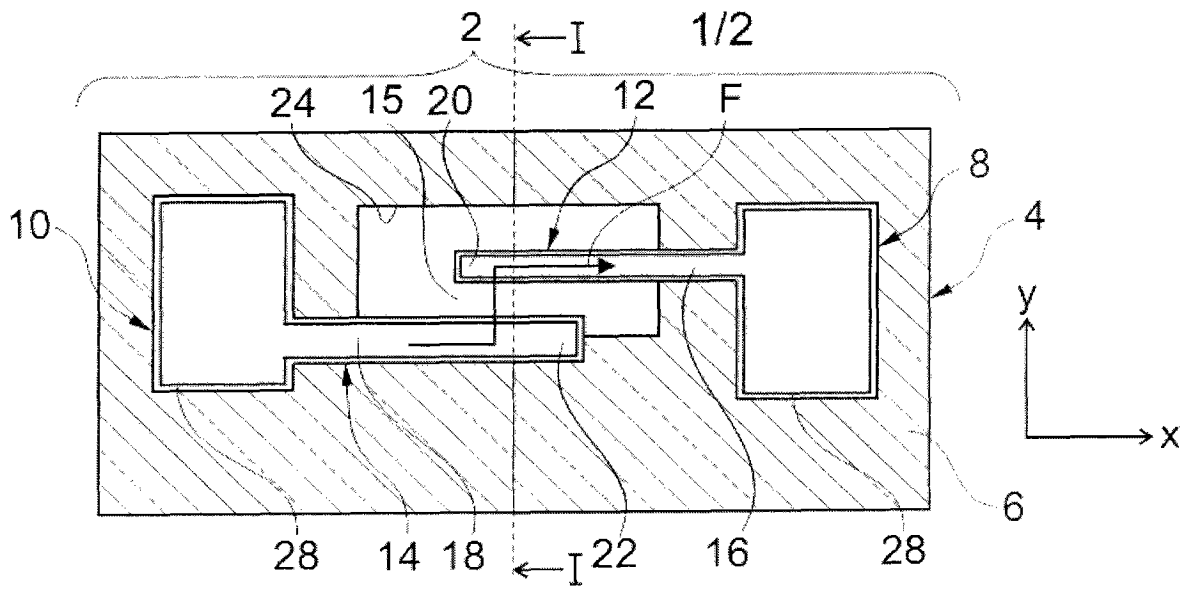


图 1

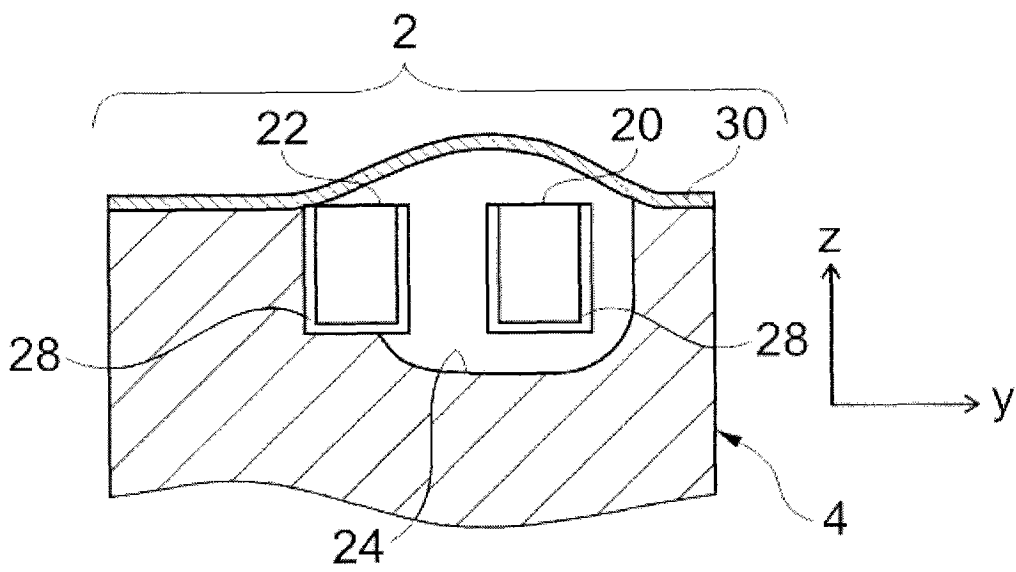


图 2

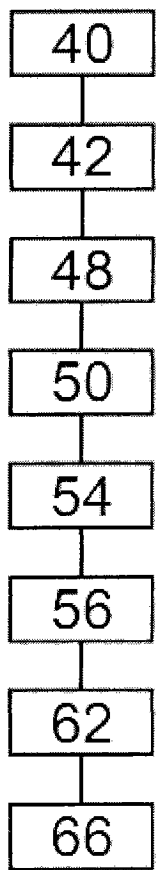


图 3

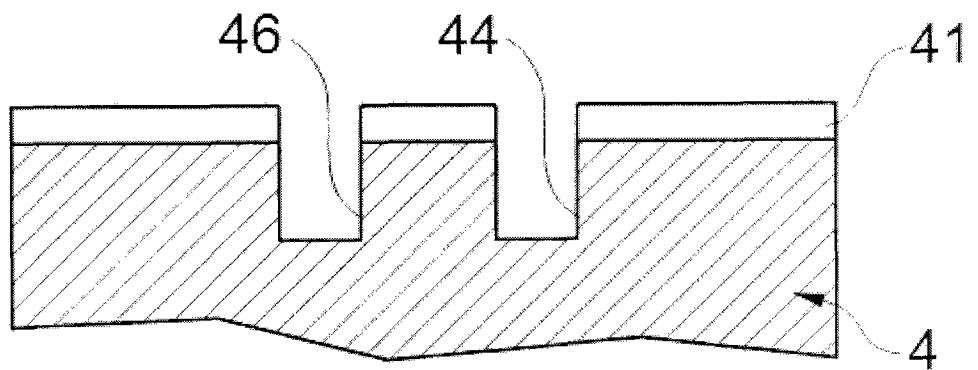


图 4

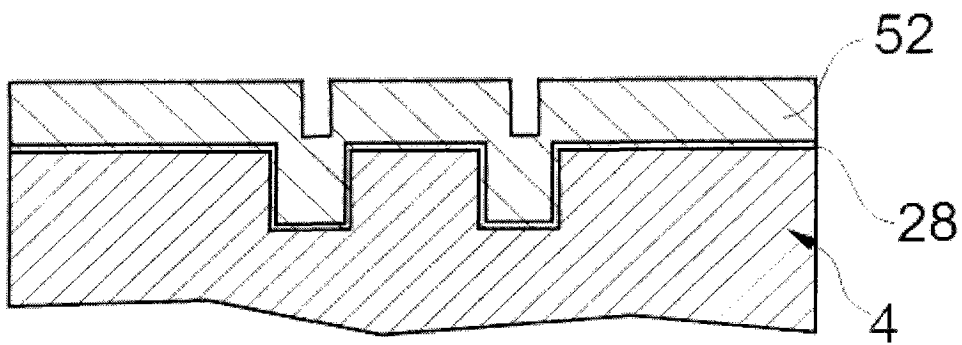


图 5

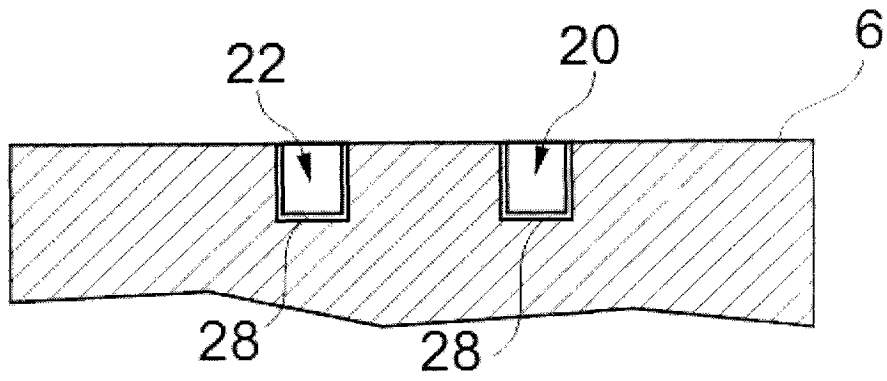


图 6

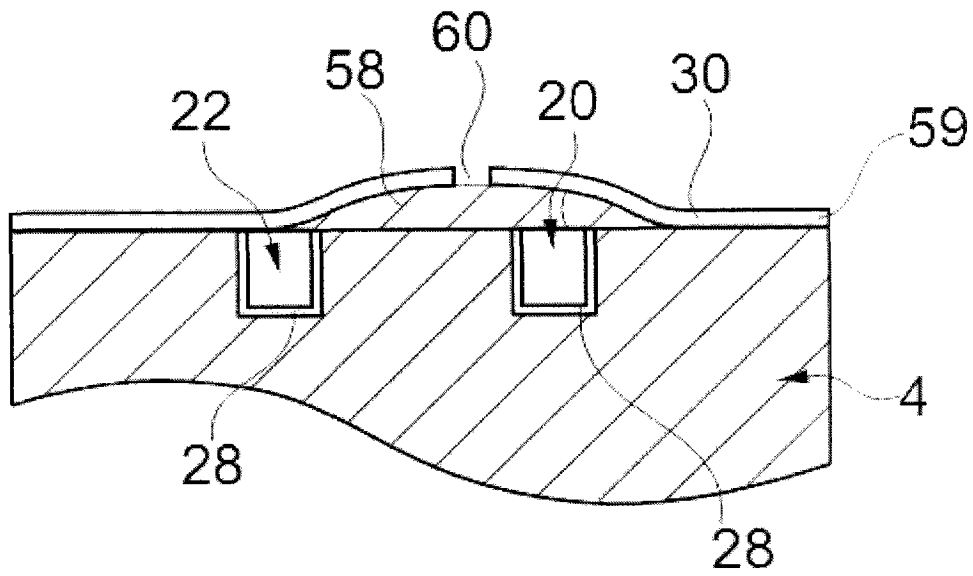


图 7

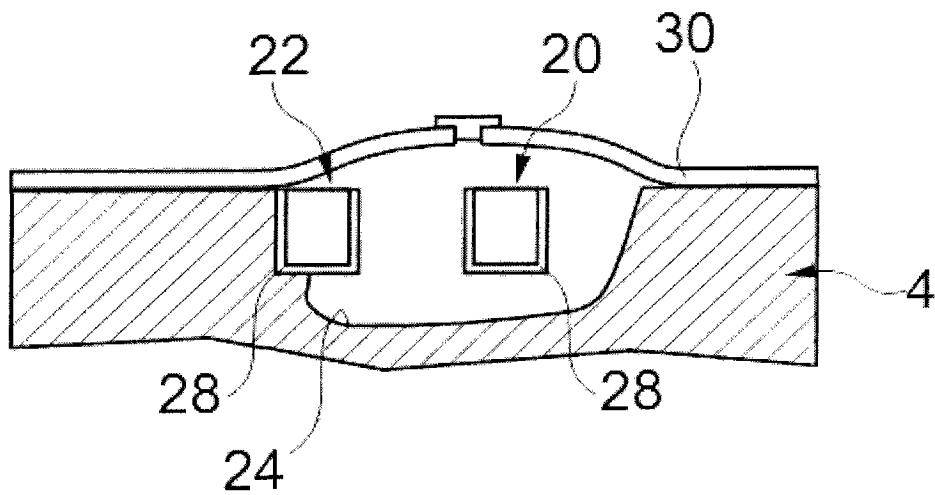


图 8

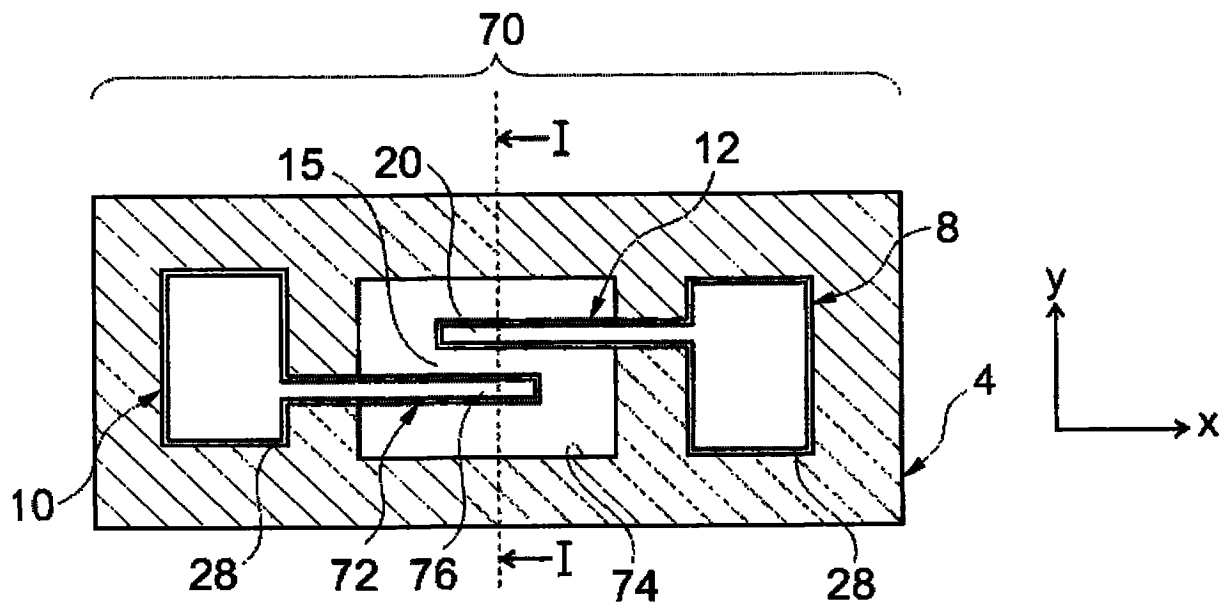


图 9

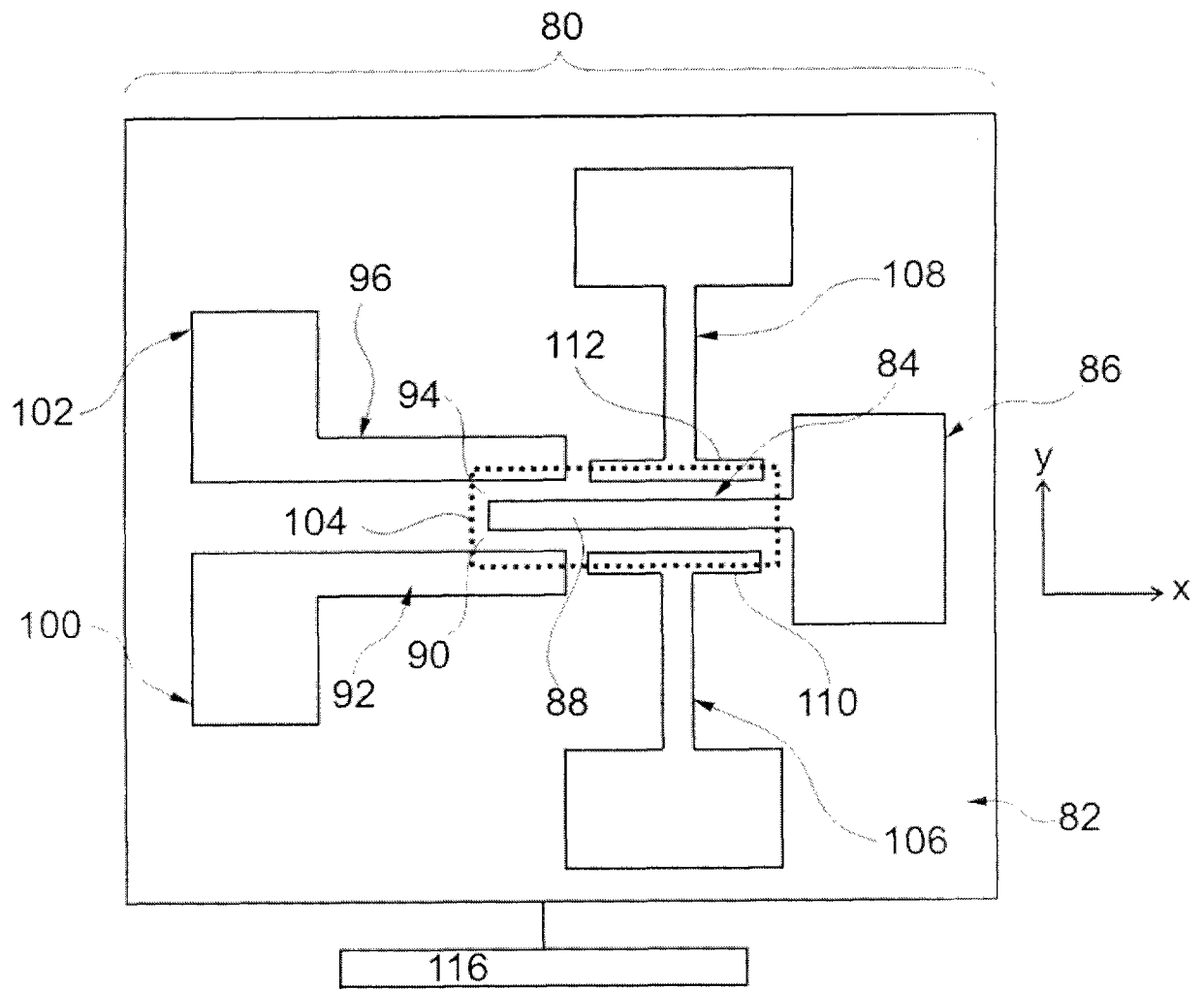


图 10