



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101484398 B

(45) 授权公告日 2013. 02. 06

(21) 申请号 200780025457. 6

(22) 申请日 2007. 05. 04

(30) 优先权数据

60/746, 598 2006. 05. 05 US

11/744, 124 2007. 05. 03 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 01. 05

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/068278 2007. 05. 04

(87) PCT申请的公布数据

W02007/131188 EN 2007. 11. 15

(73) 专利权人 富士胶卷迪马蒂克斯股份有限公司

地址 美国新罕布什尔州

(72) 发明人 陈振方 杰弗里·伯克迈耶

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 宋莉

(51) Int. Cl.

G03C 25/68 (2006. 01)

G23F 1/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1350625 A2, 2003. 10. 08, 1.

US 6664126 B1, 2003. 12. 16, 1.

US 2006018796 A1, 2006. 01. 26, 1.

CN 1699280 A, 2005. 11. 23, 1.

US 2004104272 A1, 2004. 06. 03, 1.

US 6664126 B1, 2003. 12. 16, 1.

审查员 孔德明

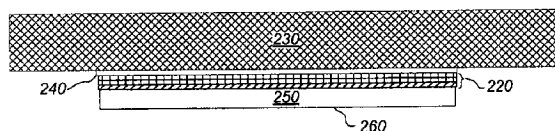
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

压电材料的加工

(57) 摘要

本发明描述了形成具有压电材料的致动器的技术。将压电材料块结合到转移基底上。然后抛光所述块。将经抛光的表面结合到 MEMS 主体上。



1. 一种形成 MEMS 的方法,包括:

将压电材料层的第一表面结合到转移基底上,其中所述转移基底具有小于 50 埃的表面粗糙度;

将所述压电材料的暴露表面抛光以形成经抛光的表面,所述暴露表面在所述压电材料层的与所述第一表面相反的一侧上;和

将所述经抛光的表面结合到 MEMS 主体上。

2. 权利要求 1 的方法,其中将压电材料层的第一表面结合到转移基底上包括用树脂将所述第一表面粘附到所述转移基底上。

3. 权利要求 1 的方法,其中将所述经抛光的表面结合到 MEMS 主体上包括用树脂将所述经抛光的表面粘附到所述 MEMS 主体上。

4. 权利要求 1 的方法,其中所述抛光是化学机械抛光。

5. 权利要求 1 的方法,其中所述转移基底具有 1-10 埃的表面粗糙度。

6. 权利要求 1 的方法,其中所述经抛光的表面具有 10-20 埃的表面粗糙度。

7. 权利要求 1 的方法,进一步包括在所述经抛光的表面上形成导电层。

8. 权利要求 1 的方法,进一步包括在将所述经抛光的表面结合到所述 MEMS 主体上之前切割所述压电材料。

9. 权利要求 1 的方法,进一步包括在抛光之前磨掉部分所述压电材料。

10. 权利要求 1 的方法,进一步包括磨掉所述转移基底。

11. 权利要求 10 的方法,进一步包括抛光掉所述转移基底。

12. 权利要求 10 的方法,进一步包括将所述压电材料的与所述经抛光的表面相反的表面抛光。

13. 权利要求 1 的方法,进一步包括在所述压电材料的与所述经抛光的表面相反表面上形成导电层。

14. 权利要求 1 的方法,其中抛光所述暴露的表面包括从所述压电材料抛光掉至少 4 微米以除去损伤。

15. 权利要求 1 的方法,其中抛光所述暴露的表面包括从所述压电材料抛光掉 4-10 微米以除去损伤。

16. 一种形成 MEMS 的方法,包括:

抛光压电材料块以形成平坦表面;

将导电层施加到所述平坦表面上;

将所述导电层结合到转移基底上,让与所述平坦表面相反的表面暴露,其中所述转移基底具有小于 50 埃的表面粗糙度;

在将所述导电层结合到所述转移基底上之后,使所述压电材料块变薄;

将与所述平坦表面相反的表面抛光;

在将与所述平坦表面相反的表面抛光后,将所述压电材料结合到其中形成有腔室的主体上;和

除去所述转移基底。

17. 一种形成 MEMS 的方法,包括:

将压电材料层的第一表面结合到转移基底上;

将所述压电材料的暴露表面抛光以形成经抛光的表面,所述暴露表面在所述压电材料层的与所述第一表面相反的一侧上;

切割所述压电材料以形成分开的压电岛状物;

在切割所述压电材料之后将所述经抛光的表面结合到 MEMS 主体上;和

至少部分地除去所述转移基底。

压电材料的加工

技术领域

[0001] 本发明涉及压电材料的加工。

背景技术

[0002] 压电材料当经受机械应力时可以产生电或者电压差。或者,在压电材料两端施加电压可以引起逆压电效应,即,当施加电压时压电材料发生机械变形。逆压电效应可以在压电材料中引起极高的弯曲力。利用产生电和逆压电效应的这两种性质用于电和机械器件,例如换能器如致动器和传感器。在微机电系统 (MEMS) 中,可以将多个包含致动器和传感器的组合的换能器组合在一起。

[0003] MEMS 通常具有使用常规半导体加工技术在半导体基底中形成的机械结构。MEMS 可以包括单一结构或者多重结构。MEMS 具有电部件,在该电部件中电信号触发 MEMS 中的各结构或者电信号通过 MEMS 中各结构的触发而产生。

[0004] MEMS 的一种实施包括:主体,其具有形成于该主体中的腔室;以及压电致动器,其形成在该主体的外表面上。该压电致动器具有压电材料(如陶瓷)层以及用于传输电压的元件如电极。该压电致动器的各电极可以在压电材料的两端施加电压或者传输在使压电材料变形时产生的电压。

发明内容

[0005] 在一种实施中,描述一种形成 MEMS 的方法。将压电材料层的第一表面结合到转移基底 (transfer substrate) 上。将该压电材料的暴露表面抛光,该暴露的表面与该第一表面相反以形成经抛光的表面。将该经抛光的表面结合到 MEMS 主体上。

[0006] 在另一实施中,描述一种形成 MEMS 的方法。将压电材料块抛光以形成平坦表面。将导电层施加 (apply) 在该平坦表面上。将该导电层结合在转移基底上,让与该平坦表面相反的表面暴露。在将该导电层结合到该转移基底上后,使压电材料块变薄。将与该平坦表面相反的表面抛光。在将与该平坦表面相反的表面抛光后,将该压电材料结合到其中形成有腔室的主体上。除去该转移基底。

[0007] 各实施方式的实施可包括下列特征的一种或者多种。将压电材料层的第一表面结合到转移基底上可以包括用树脂将该第一表面粘附到该转移基底上。将该经抛光的表面结合到 MEMS 主体上可以包括用树脂将该经抛光的表面粘附到 MEMS 主体上。所述抛光可以为化学机械抛光。该转移基底可以具有约 1-10 埃的表面粗糙度。该经抛光的表面可以具有约 10-20 埃的表面粗糙度。可以在该经抛光的表面上形成导电层。可以在将该经抛光的表面结合到该 MEMS 主体上之前切割该压电材料。该压电材料的一部分可以在抛光之前磨掉。可以磨掉和/或抛光掉该转移基底。可以对该压电材料的与该经抛光的表面相反的表面进行抛光。导电层可以形成在该压电材料的与该经抛光的表面相反的上表面上。抛光该暴露的表面可以包括从该压电材料抛光掉至少约 4 微米或者约 4-10 微米以除去损伤。

[0008] 本文中所述的方法和器件可以提供下列优点的一种或者多种。一些方法例如研

磨可以损伤压电材料的表面。抛光可以从压电材料除去表面损伤。从薄的压电材料层例如小于 20、10 或者 5 微米厚的材料的表面除去损伤可以从该压电材料除去裂纹。对可以从大块压电材料产生的压电材料的厚度没有限制。通过研磨,可以将材料的厚度限制为不被损伤或者不受损伤影响的厚度例如小于 10 微米。抛光还可以提供具有更加均匀的压电特性的表面。因此,经抛光的压电致动器可以沿着其长度和 / 或宽度表现出均匀性。在抛光期间把持压电材料的转移基底可以是非常平坦的并且可以使从基底的一端到另一端的总厚度变化保持得非常低,这使压电材料具有厚度和响应的均匀性。如果压电材料在被图案化之前抛光,则可以从工件的边缘排除来自抛光工艺的任何塌边 (roll off)。因此,在单独的压电部件或者岛状物的顶部上没有塌边。

附图说明

- [0009] 图 1 为 MEMS 的横截面视图。
[0010] 图 2-12 为形成 MEMS 的致动器的过程的横截面视图。
[0011] 图 13 为图 2-12 中所示步骤的流程图。
[0012] 不同附图中的相同标记符号表示相同的元件。

具体实施方式

[0013] 参照图 1, MEMS 100 具有腔室 120 被膜 130 覆盖的主体 110。致动器 140 与腔室 120 中的至少一些关联,即致动器 140 与腔室 120 对齐,使得当致动器变形时,致动器 140 对其相应的腔室 120 加压。致动器 140 各自包括由压电材料 150 形成的部分和一个或者多个电极 160。膜 130 足够柔韧,使得当触发致动器 140 时或者当腔室 120 内部的压力变化时,膜 130 弯曲。

[0014] 参照图 2 和 13, 通过从压电材料块 (block) 200 开始来制造用于 MEMS100 的致动器 (步骤 410)。压电材料可以为具有呈现出压电效应的晶体的材料,例如具有钙钛矿或者钙-青铜结构的陶瓷,或者例如锆钛酸铅 (PZT) 或者铌酸铅镁 (PMN) 的材料。

[0015] 块 200 是预烧结的 (pre-fired) 材料片,其不需要进一步的固化 (curing)。该块可以具有约 300-800 微米的初始加工厚度。在一个实施中,压电材料为 PZT 并且所述 PZT 具有约 $7.5\text{g}/\text{cm}^3$ 或者更高,例如约 $8\text{g}/\text{cm}^3$ 的密度。 d_{31} 系数可以为约 200 或者更大。经 HIPS 处理的压电材料基底可作为来自 Sumitomo Electric Industries, Osaka, Japan 的 H5C 和 H5D 得到。该 H5C 材料呈现出约 $8.05\text{g}/\text{cm}^3$ 的表观密度和约 210 的 d_{31} 。该 H5D 材料呈现出约 $8.15\text{g}/\text{cm}^3$ 的表观密度和约 300 的 d_{31} 。预烧结材料的杨氏模量可以为约 70GPa,而溶胶凝胶压电材料的杨氏模量通常为约 10-40GPa。

[0016] 基底通常为约 1cm 厚,并且可以从基底锯出具有所需加工厚度的块。压电材料可以通过包括压制、刮涂、生片 (green sheet)、溶胶凝胶或者沉积的技术而形成。在 Piezoelectric Ceramics, B. Jaffe, Academic Press Limited, 1971 中讨论了压电材料制造,将该文献的全部内容引入本文作为参考。在第 258-259 页处描述了形成方法,包括热压。还可以使用可得自 TRSCeramics, Philadelphia, PA 的单晶压电材料例如 PMN。与溅射、丝网印刷或者溶胶凝胶形成的 PZT 材料相比,大块 (bulk) PZT 材料可以具有更高的 d 系数、介电常数、耦合系数、刚度和密度。

[0017] 可以通过使用包括在将压电材料附着到主体上之前烧结 (fire) 该材料的技术在该压电材料中形成这些性质。例如, 模制并且单独烧结的压电材料 (与在支撑体上相反) 具有如下优点: 可以使用高的压力以将该材料装填到模具 (经加热或者未加热) 中。此外, 通常需要较少的添加剂, 例如流平剂和粘合剂。在烧结过程中可以使用较高的温度, 例如 1200-1300°C, 从而容许更好的烧成和晶粒生长。与通过溶胶凝胶或者溅射技术形成的压电层不同, 大块压电材料中的晶粒可以具有约 2-4 微米的宽度。可以使用烧结气氛 (例如富铅气氛) 以减少陶瓷中 PbO 的损失 (由于高温引起)。将模制部件的可能具有 PbO 损失或者其它降解的外表面切除并丢弃。该材料也可以通过高温等静压烧结 (HIPs) 加工, 在 HIPs 期间, 使陶瓷经受高的压力。Hipping 过程可以在烧结期间或者在烧结压电材料块之后进行, 并且用于提高密度、减少空隙和增加压电常数。Hipping 过程可以在氧气或者氧气 / 氩气气氛中进行。

[0018] 参照图 3 和 13, 使块 120 平坦化以获得平坦表面 210 (步骤 420)。用化学机械抛光 (CMP) 设备进行平坦化或者抛光。CMP 通过与材料进行化学反应以及通过物理抛光掉材料而起到除去材料的作用。CMP 设备使用把持待抛光材料使之抵靠着抛光表面的旋转卡盘 (rotating chuck)。此外, 将浆料引入到该抛光表面和待抛光材料之间。该浆料为具有研磨颗粒的液体。通常, CMP 抛光中的化学反应取决于所选的浆料。如果压电材料块 200 由 PZT 形成, 则该抛光表面可以为硬聚氨酯垫。该浆料可以具有硅石颗粒和碱性 pH, 例如 pH 为 11。在一些实施中, 该浆料为来自位于日本的 Kiyosu 的 Fujimi, Co. 的 P4217。对于其它压电材料, 其它抛光垫或者抛光液对于抛光可为最佳的。可以抛光掉暴露表面 210 的约 4-10 微米。将至少 4 微米抛光掉以除去表面损伤, 例如由研磨引起的损伤。通过抛光可以获得约 10-20 埃的表面粗糙度。在 CMP 抛光中, 在正被抛光的层的边缘处可以出现塌边。即, 边缘可以以不同于材料中心的速度抛光。为防止塌边影响从压电材料层的一端到另一端的最终公差, 在后续步骤中可以除去该材料的边缘部分。在一些实施中, 压电材料块具有例如在长度和宽度方向上比该压电材料的最终可用区域大至少 1cm 的区域。

[0019] 参照图 4 和 13, 将经抛光的平坦表面 210 金属化以形成电极层 220 (步骤 430)。所述电极层包含导电材料例如一种或者多种金属的层。在一些实施中, 将钛钨层施加到平坦表面 210 上。然后将金层施加在钛钨上。钛钨使得金层能够附着到块 200 上。其它导电材料可以代替钛钨和金使用。形成电极层 220 的步骤是任选的, 这取决于要形成的致动器的类型。

[0020] 参照图 5 和 13, 将电极层 220 结合到转移基底 230 上 (步骤 440)。转移基底 230 具有非常平坦的表面, 例如具有小于 1 微米的平面度的材料。此外, 转移基底可具有小于约 50 埃、小于约 40 埃、小于约 30 埃、或者小于约 20 埃、例如约 10-20 埃的粗糙度。在一些实施方式中, 转移基底为半导体, 例如硅如单晶硅。结合材料 240, 例如树脂如环氧树脂或者聚合的苯并环丁烯 (BCB) 可以用于将电极层 220 结合到转移基底 230 上。压电材料可以结合到常规用于半导体加工中的材料例如硅或者氧化硅上。或者, 压电材料可以附着到另一个能够具有上述平坦表面的基底上。

[0021] 参照图 6 和 13, 进行使压电材料块 200 变薄的任选步骤以形成压电材料层 250 (步骤 450)。所述块 200 可以通过研磨变薄。在水平研磨中, 将工件安置在具有机械加工至高的平面度公差的基准面的旋转卡盘上。将工件的暴露表面与水平砂轮接触, 并且以高的公

差对齐。研磨可以在基底上产生例如约 0.5 微米或者更小（例如约 0.3 微米或者更小）的平面度和平行度。研磨还产生均匀的残余应力。在该组件完成后，所述层可以比该压电材料的最终厚度厚，例如，比所述最终厚度厚约 2-100 微米，或者约 4-50 微米或者约 8-20 微米。研磨过程可以产生约 5 微米深的表面损伤。所述层可以为比压电层的最终所需厚度大出表面损伤的厚度。

[0022] 参照图 7 和 13，将压电材料层 250 的暴露表面 260 抛光（步骤 460）。该抛光步骤可以类似于以上结合图 3 描述的先前的抛光步骤。

[0023] 参照图 8 和 13，根据需要加工压电材料层 250 以形成致动器（步骤 470）。在一些实施方式中，在层 250 中形成切口 270 以将邻近的致动器 140 彼此分开。切口 270 延伸到转移基底 230 中。这些切口使得实现待形成用于完成的 MEMS 的压电材料岛状物。导电层 280 形成在层 250 的暴露表面上。导电层 280 包含导电材料，例如一种或者多种金属如钛钨和金。在 2004 年 10 月 15 日提交的美国专利申请 No. 10/967,073 中描述了这样的加工，将该文献引入本文作为参考用于所有目的。

[0024] 参照图 9 和 13，在步骤 470 中的任何所需加工后，将层 250 结合到主体 110 上（步骤 480）。主体 110 为 MEMS 的主体并且具有腔室 120。切口 270 与主体中在各腔室 120 之间的位置对齐。根据是否有导电层 280 而将压电材料层 250 或者导电层 280 结合到主体 110 上。可以用夹层即结合材料例如 BCB 进行结合，或者不用夹层，例如用低共熔结合或者直接结合进行结合，这样的方法描述于 2007 年 5 月 3 日提交的相关美国专利申请 No. 11/744,105 中，将该文献引入本文作为参考用于所有目的。

[0025] 参照图 10 和 13，至少部分地除去转移基底 230（步骤 490）。转移基底 230 可以通过研磨除去。在压电材料层 250 上留下薄的转移基底层。

[0026] 参照图 11 和 13，转移基底通过抛光完全地除去（步骤 500）。抛光工艺可以是高度选择性的，即，对转移基底的抛光速率可以比对电极层 220 的抛光速率高得多。因此，除去转移基底 230 的抛光对金属不是有效的。因此，电极层 220 起到用于抛光过程的金属停止物的作用。如果转移基底 230 由硅形成，则抛光工艺可以类似于上述工艺。然而，不同的浆料（例如来自 Fujimi 的具有硅石颗粒和 pH 为 7 的 5FA）可以改善抛光结果。主体 110、导电层 220、280 和压电材料层 250 的所得组件可以形成部分完成的或者完成的 MEMS。

[0027] 任选地，可以进一步加工电极层 220 以改善电极质量。在一些实施方式中，蚀刻电极层 220 以从其中不需要电极的部位除去导电材料。完成的致动器的上层电极可能未覆盖压电岛状物的整个顶部表面。在一些实施方式中，例如通过溅射金属层向电极层 220 添加新的导电材料层，以填充任何擦伤。可以通过掩模来施加导电材料或者可以蚀刻导电材料以界定电极的位置。或者，可以在施加导电材料之前将光刻胶层涂布到电极层 220 上。然后在施加导电材料之后除去光刻胶，这将除去（lift off）不想要的导电材料。在一些实施方式中，将所有的电极层 220 剥去并且施加新的电极层。

[0028] 在一些实施方式中，压电材料层 250 的外围区域 310 在除去转移基底 230 后保留下来。参照图 12 和 13，压电材料的外围区域 310 可以例如通过切割、切成小方块（dicing）或者蚀刻而从组件除去（步骤 510）。由于抛光工艺，外围区域 310 可以呈现一些塌边量。即，在压电材料层 250 的边缘处，抛光可较快或者较慢。抛光表面的柔顺性（compliance）也可对塌边有贡献。为提高致动器之间的一致性，将压电材料的靠近比中心部分薄或者厚

的边缘的部分除去。在单一组件上形成多个 MEMS 时, MEMS 可以从组件拆散成单独的基片(chip)。还可在该步骤中除去外围部分 310。

[0029] 上述步骤的一个或者多个可以从该方法中排除,同时容许所述方法提供相同的优点。而且,所述各步骤可以以不同的顺序进行。抛光压电材料层或块防止在各个单独的致动器上出现塌边。所述塌边可出现在压电材料的未使用区域,但是这部分可以在完成 MEMS 器件之前除去。经抛光的压电材料的厚度均匀性、或者总厚度变化(TTV)取决于抛光工艺和在抛光期间把持压电材料的转移基底的平面度。当压电材料被具有非常小的(tight) TTV 的转移基底把持时,可以将压电材料抛光成具有小的 TTV。可以将硅基底抛光成具有约 1-10 埃的表面粗糙度(Ra)(例如在 6 英寸、8 英寸或者 12 英寸基底上)。被抛光至 1-10 埃的 Ra 的基底把持的压电层在抛光后可以具有 10-20 埃的 Ra 值。如果压电材料是在施加到 MEMS 的主体上之后抛光的,并且所述主体由经抛光基底的多个层形成,则来自各基底的 TTV 会累积而引起经抛光的压电材料具有较差的 TTV,例如约 1-2 微米。

[0030] MEMS 主体的膜是足够顺从的以将致动器的弯曲传递到相应的腔室,反之亦然。这种顺从性可以是由于膜是柔韧的或者薄的而引起的。如果压电材料先附着到 MEMS 主体上然后研磨,则研磨力对于膜而言太大而不能承受并且可以损伤膜。如果将压电材料研磨至小于约 10 微米,则研磨力可以损伤膜。在研磨期间使用转移基底作为压电材料的支座(holder),防止引起对膜的损伤。而且,转移基底提供了操纵压电材料的把手(handle)。而且,如果在抛光期间将压电材料附着到 MEMS 上,则任何可能从 MEMS 主体脱落的碎屑或者颗粒可以擦伤该压电材料。一些压电材料,例如 PZT,特别软并且容易擦伤。与经加工的 MEMS 主体相比,固体转移基底不太可能脱落颗粒。

[0031] 已描述了本发明的许多实施方式。然而,应理解,可进行各种修改而不脱离本发明的精神和范围。因此,其它实施方式在所附权利要求的范围内。

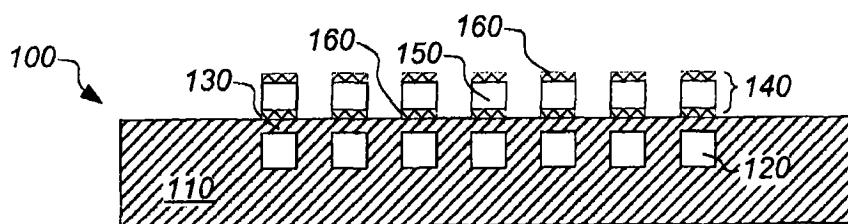


图 1

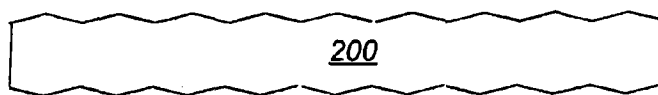


图 2

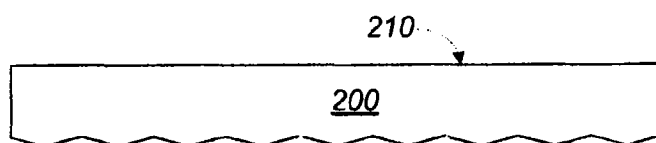


图 3

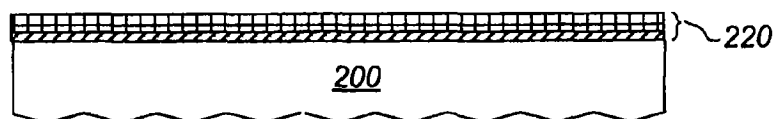


图 4

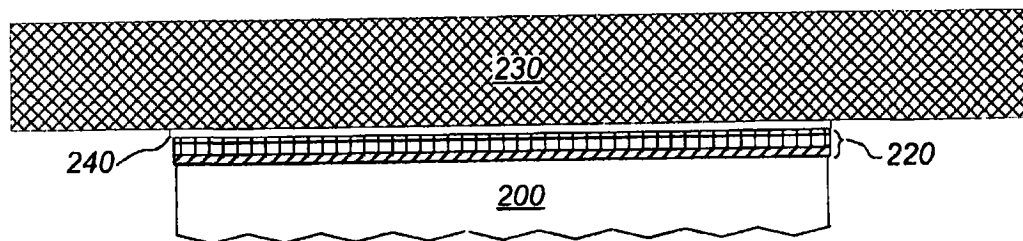


图 5

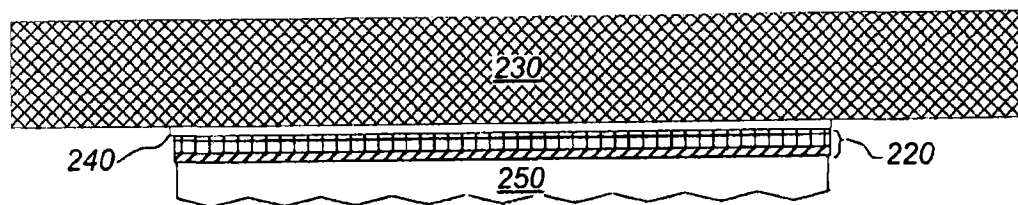


图 6

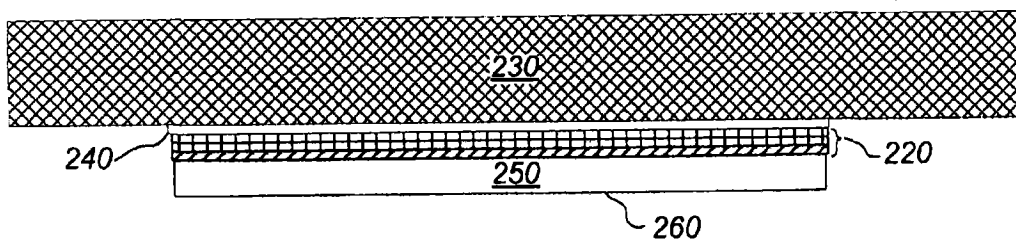


图 7

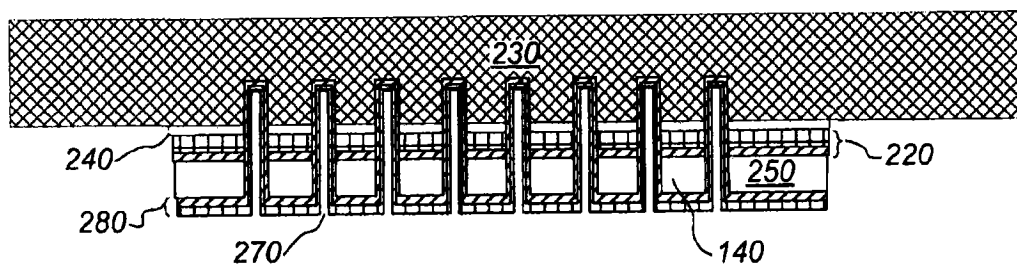


图 8

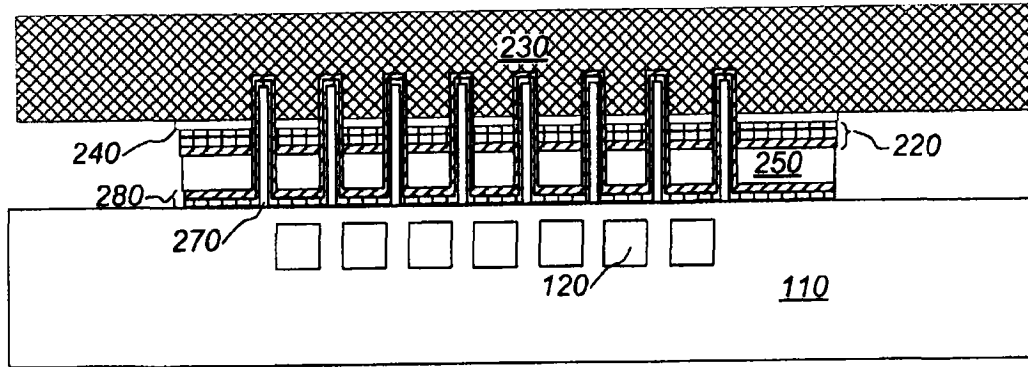


图 9

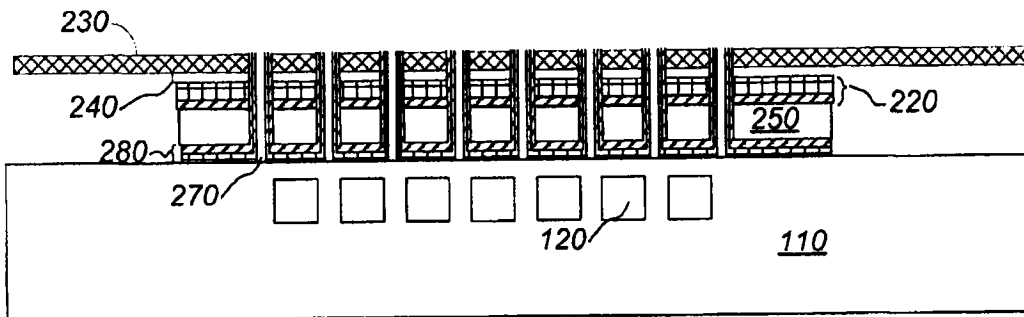


图 10

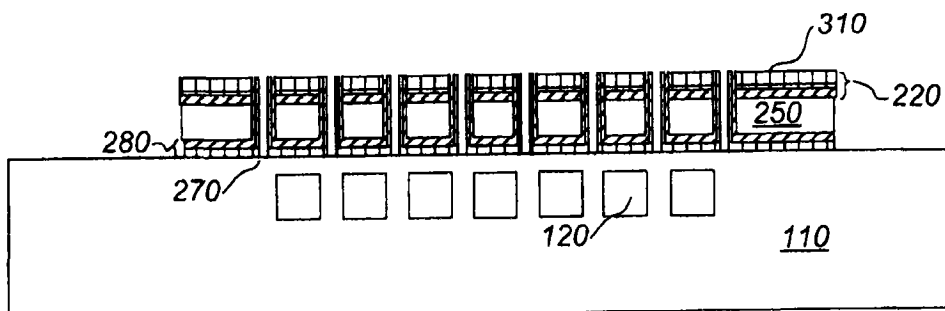


图 11

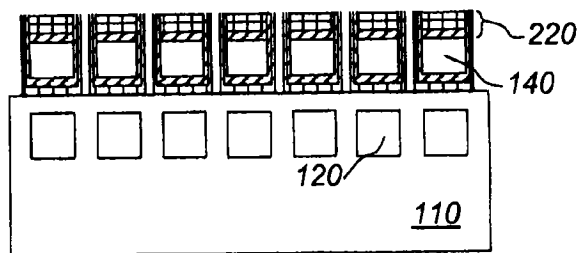


图 12

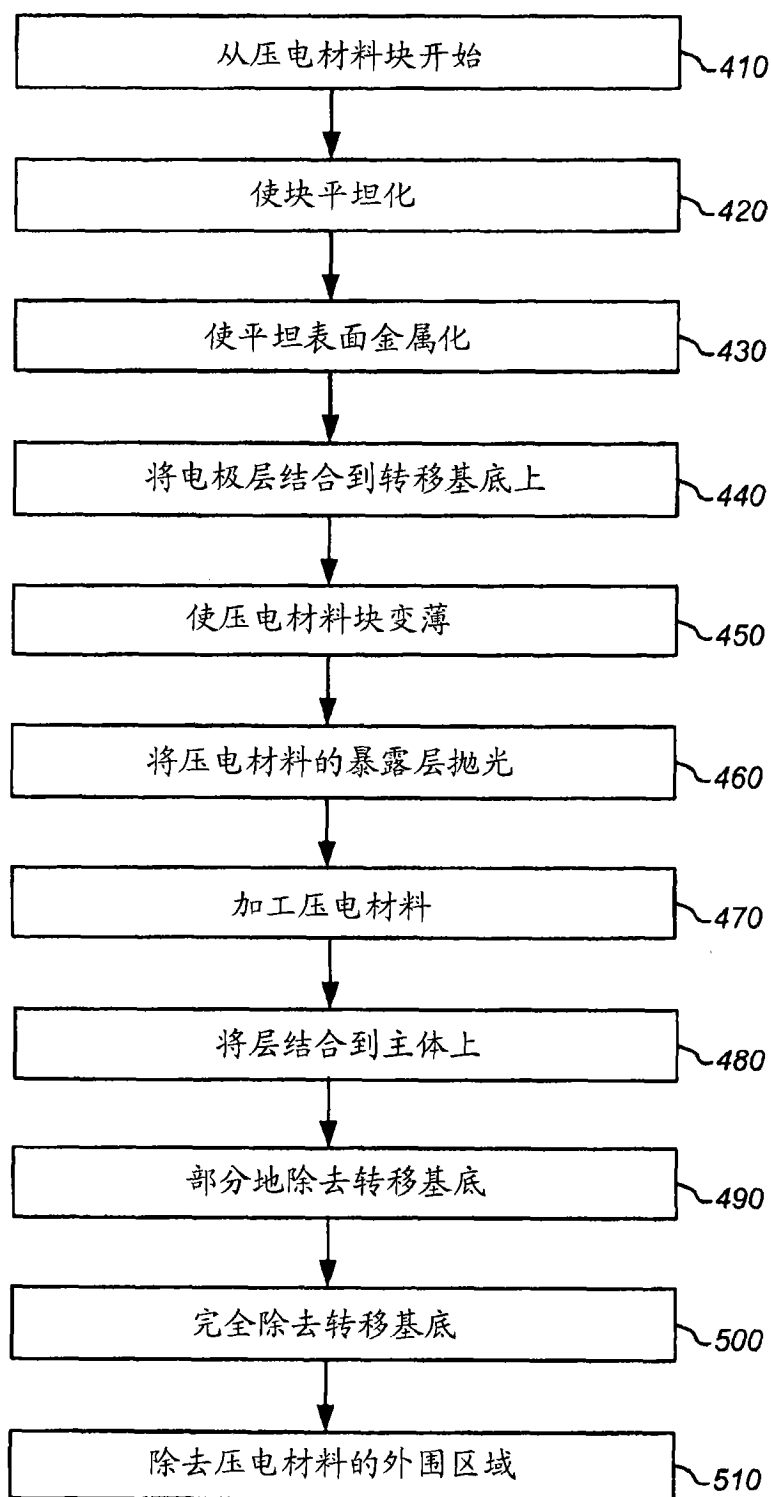


图 13