

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480012190.3

[51] Int. Cl.

B81B 3/00 (2006.01)

H01L 35/02 (2006.01)

H01L 35/32 (2006.01)

G01J 5/12 (2006.01)

B81B 3/00 (2006.01)

G01K 7/02 (2006.01)

[43] 公开日 2006 年 6 月 7 日

[11] 公开号 CN 1784355A

[51] Int. Cl. (续)

G01K 7/22 (2006.01)

H01L 35/32 (2006.01)

G01J 5/12 (2006.01)

[22] 申请日 2004.5.6

[21] 申请号 200480012190.3

[30] 优先权

[32] 2003.5.7 [33] DE [31] 10320357.5

[86] 国际申请 PCT/EP2004/004841 2004.5.6

[87] 国际公布 WO2004/099063 德 2004.11.18

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.7

[71] 申请人 珀金埃尔默光电电子有限责任公司

地址 德国威斯巴登市

[72] 发明人 马丁·豪斯纳 于尔根·席尔茨

弗瑞德·普洛茨

赫尔曼·卡拉格左克鲁

[74] 专利代理机构 深圳创友专利商标代理有限公司

代理人 江耀纯

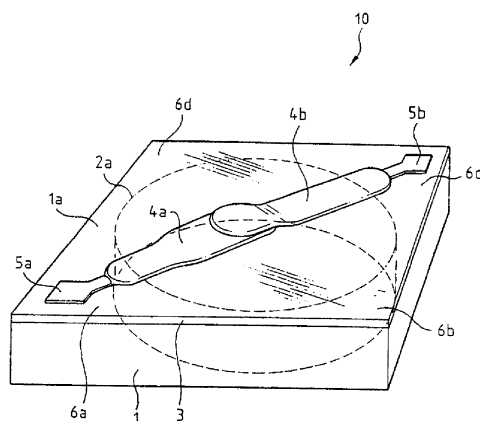
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 8 页

[54] 发明名称

辐射传感器、晶片、传感器模块和用于制造辐射传感器的方法

[57] 摘要

一种辐射传感器(10)，其包含：支撑件(1)；下部区域(2)，其处于所述支撑件(1)的表面内且可代表凹陷或通孔；传感器元件(4, 4a, 4b)，其处于所述下部区域(2)的上方，优选位于横越所述下部区域(2)的膜上；和电触点(5, 5a, 5b)，其用于所述传感器元件(4, 4a, 4b)。所述下部区域(2)在所述支撑件(1)的所述表面内具有全部或部分圆形的轮廓(2a)。



1. 一种辐射传感器 (10), 其包含:

支撑件 (1),

空腔 (2), 其可以是形成于所述支撑件 (1) 的一个表面中的凹口或通孔,

传感器元件 (4、4a、4b), 其形成于所述空腔 (2) 上方, 优选是于覆盖所述空腔 (2) 的膜 (3) 上, 和

电端子 (5、5a、5b), 其用于所述传感器元件 (4、4a、4b),

其特征在于

所述支撑件 (1) 的所述表面中的所述空腔 (2) 具有完全或部分圆形的轮廓 (2a)。

2. 根据权利要求 1 所述的辐射传感器 (10), 其特征在于所述支撑件 (1) 具有矩形或特别是正方形的轮廓 (1a)。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的辐射传感器 (10), 其特征在于所述空腔 (2) 具有椭圆或圆形的轮廓 (2a)。

4. 根据权利要求 2 或 3 所述的辐射传感器 (10), 其特征在于在所述传感器 (10) 的拐角部分 (6、6a-6d) 中提供一或多个电端子 (5、5a、5b)。

5. 根据上述权利要求中的一或多个权利要求所述的辐射传感器 (10), 其特征在于所述空腔 (2) 的侧壁至少部分地垂直于所述支撑件表面。

6. 根据上述权利要求中的一或多个权利要求所述的辐射传感器 (10), 其特征在于所述空腔 (2) 是由于蚀刻制成。

7. 根据上述权利要求中的一或多个权利要求所述的辐射传感器 (10), 其特征在于所述传感器元件 (4、4a、4b) 是热电堆。

8. 根据上述权利要求中的一或多个权利要求所述的辐射传感器 (10), 其特征在于复数个传感器元件是形成于一个空腔上方。

9. 根据上述权利要求中的一或多个权利要求所述的辐射传感器 (10), 其特征在于所述支撑件 (1) 的所述表面中的所述空腔 (2) 具有并非仅能由直线界定的轮廓 (2a)。

10. 根据上述权利要求中的一或多个权利要求所述的辐射传感器 (10), 其特征在于以下特征中的一或多个:

所述膜材料包含电介质, 特别是硅石和/或氮化硅,

在所述膜下方提供含有氧化物、特别是硅石的蚀刻终止层,

所述支撑件材料含有硅和/或 GaAs 和/或半导体材料。

11. 根据上述权利要求中的一或多个权利要求所述的辐射传感器(10), 其特征在于以下尺寸中的一或多个:

支撑件高度 H: 大于 $50\ \mu\text{m}$, 优选大于 $200\ \mu\text{m}$, 小于 $1,500\ \mu\text{m}$, 优选小于 $600\ \mu\text{m}$,

支撑件边缘长度 L: 小于 $2\ \text{mm}$, 优选小于 $1.5\ \text{mm}$,

空腔直径 D: 大于所述支撑件边缘长度的 55%, 优选大于 65% 和/或小于 90%, 优选小于 80%,

膜厚度 D: 小于 $3\ \mu\text{m}$, 优选大于 $0.1\ \mu\text{m}$ 。

12. 一种晶片(30), 其包含形成于其上的用于根据上述权利要求中的一或多个权利要求所述的辐射传感器(10)的复数个空区, 其特征在于所述空区以矩形、菱形或六边形网格(31、32)的形式排列于所述晶片(30)上。

13. 一种传感器阵列(40), 其包含复数个根据权利要求 1 到 11 中的一或多个权利要求所述的辐射传感器(10)。

14. 根据权利要求 13 所述的传感器阵列(40), 其特征在于复数个辐射传感器(10)是以两行或更多行(41)和以两列或更多列(42)的方式而排列的。

15. 一种传感器模块(50), 其包含:

根据权利要求 1 到 11 中的一或多个权利要求所述的辐射传感器(10)或根据权利要求 13 或 14 所述的传感器阵列(20),

外壳(51), 其中容纳有所述辐射传感器(10)或所述传感器阵列(20),

光学窗口(52), 其位于所述外壳(51)中, 和

电端子(53), 其从所述外壳(51)突出, 所述电端子(53)被连接到所述端子(5、5a、5b)。

16. 根据权利要求 15 所述的传感器模块(50), 其特征在于光学投影元件, 特别是透镜(52)或镜面。

17. 一种用于制造辐射传感器(10)的方法, 其包含以下步骤:

产生平面晶片,

在所述晶片的第一表面上涂覆一蚀刻终止层并在其顶部上形成机械稳定膜,

在所述晶片的所述第二表面上涂覆一蚀刻掩模, 所述蚀刻掩模具有一或多个具至少部分圆形的轮廓的开口, 和

以朝所述蚀刻终止层的方向从所述第二表面干蚀刻所述晶片中的空腔。

辐射传感器、晶片、传感器模块和用于制造辐射传感器的方法

技术领域

根据独立的权利要求的前序部分，本发明涉及一种辐射传感器、晶片、传感器模块和用于制造辐射传感器的方法。

背景技术

类辐射传感器可被设计成使入射辐射（例如红外辐射（ $\lambda > 700 \text{ nm}$ ））通过加热根据温度或温度改变而产生电信号的传感器元件而引起改变。因为温度改变经常相对较小，所以需要实际传感器元件具有良好的热绝缘性以最低限度地限制比较低的热入射量扩散到非热敏区（热短路）。已知在框架上提供薄膜并在所述薄膜上形成传感器元件，以使传感器元件本身不会直接接触大块热凹部。图 11 中显示典型的实施例：框架（例如，硅框架）围绕矩形空腔 112，该矩形空腔 112 也可以是一个通孔。膜 113 展开并固定在空腔 112 上方，传感器元件 104 安装在所述膜上，以使电有效区域位于膜上而不是在大块热凹部(massive heat valley)上方。触点 105 到达传感器元件 114 的电极（pole）下方并可用于电提取所得的电信号。触点的结合垫（bonding pad）115a, 115b 位于框架的上方，通常位于框架的加宽条 101a 上方，以使在结合期间不会损坏膜 113。传感器元件的尺寸通常包括几毫米的边缘长度、为传感器元件的边缘长度的 50% 到 90% 的空腔直径和几微米的膜厚度。这种构造的缺点在于：归因于空腔 112 的拐角，膜的悬置（suspension）在所述拐角处不能连续，从而会发生变形和皱折。需要在所述相当宽的桥上方提供触点 115 的结合垫，使得总构造变得相对“大”。

此外，已知在衬底中形成大约为圆形的孔的压力传感器。所述孔全部被膜覆盖，所述膜根据前侧和后侧之间的差压（可以（例如）电容、电流或压阻的方式估计）而偏移。这些传感器的几何尺寸通常基本上大于辐射传感器的几何尺寸，使得在与孔的形成相关的制造精度方面的要求不是那么严格。且在小压力传感器的情况下，覆盖孔的膜比辐射传感器中的更厚且更具抗性（因为它们必须承受机械力），使得在这方面可以不同的和特别原始的方式形成所述孔。

一般可通过遮盖不移除任何东西的表面区域和通过使剩余的暴露区域接受蚀刻剂作用来实现从衬底的表面选择性地移除材料。然后，从未被遮盖的部分开始，可将材料移除入衬底的深处。然而，就此而言，会遇到一些问题：

——蚀刻剂不仅会从所述暴露表面区域移除掉也会从掩模材料移除掉。根据影响时间，可能发生稀释或完全移除掩模，且其后会移除受保护的衬底表面。

——可能发生下蚀刻（under-etching）。这意味着从形成的空腔的侧壁发生掩模下方的侧面蚀刻，使得掩模层下方的边缘看起来粗糙且无清楚的界定。除此之外，所得的空腔的壁并不光滑。

——在单个空腔内和/或越过衬底上的复数个空腔的不相等的蚀刻速率产生不定的深度。

——不希望发生的的蚀刻材料的再沉积。已被移除的衬底和/或掩模材料可以我们所不希望发生的方式沉积或沉积在衬底和/或蚀刻装置上的不适宜位置处，且可导致无用的结果或不再起任何作用的蚀刻装置。

——在制造深空腔（深度 $T > 200 \mu\text{m}$ ）期间，蚀刻速率可能会很慢而不能产生经济上有益的结果。

蚀刻过程可以是各向同性的（即在所有方向上具有相同效果）或各向异性的（在某一特定的方向上比其它方向更有效）。湿蚀刻一般是各向同性的蚀刻过程，然而，其速率相对较慢且不适于蚀刻较深的空腔（例如，在硅晶片中）。各向异性湿蚀刻在业界用于蚀刻空腔，然而，其缺陷在于具有一个倾斜角度导致了空间的浪费或几何缺点。这个过程也是相对较慢的，但可同时处理复数个晶片。

干蚀刻具有较高的蚀刻速率（单元时间内的移除）。此处制备蚀刻用等离子体（例如 SF_6 ）并涂覆到待蚀刻的区域。此处“等离子体”还指集合体的高度离子化（未完全离子化）状态。此又称为 RIE（“反应性粒子蚀刻”）。当要制备深空腔时，如果使用干蚀刻的话，那么将此称为 DRIE（“深反应性离子蚀刻”）。在此情况下，对蚀刻过程均匀性和掩模材料的坚固性提出了特殊要求。使用 ICP 蚀刻可获得进一步增加的蚀刻速率。此处，由电感能量耦合产生高度离子化的等离子体（ICP=以电感方式耦合的等离子体）。在此情况下，蚀刻速率很高，使得在与衬底一起移除掉掩模层之前，用常规的聚合物或氧化物掩模层仅可实现较小的空腔深度。

另一方面，已知利用含有或完全（>98 重量%）由金属材料（尤其是铝）组成的掩模层。它们具有如此坚固的特性，以至于即使在薄掩模层的情况下也可不用过早地移除掩模层而形成深的空腔。然而，也从掩模层蚀刻掉材料。其另外沉积在蚀刻装置中并也位于承载电感耦合的导管上或其中。它们将接着变成金属导电，使得电感耦合和因此的蚀刻速率最初退化并将最终崩溃。结果是昂贵且复杂的设备清洗。

由美国 5501893 中已知的方法预先提出对掩模层执行下蚀刻。简要说来，在此情况

下实现了向待蚀刻的表面交替供应（数秒的周期）蚀刻气体和钝化气体。在合适的布局的情况下，将钝化气体中的钝化剂置于空腔的侧壁上，使蚀刻气体仅将蚀刻掉空腔的底部，从而避免了下蚀刻并形成了近乎垂直的壁。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种辐射传感器、晶片、传感器阵列、传感器模块和用于制造辐射传感器的方法，其产生相当小且机械上稳定的辐射传感器。

通过独立的权利要求的特征而解决所述目的。附属权利要求书涉及本发明的优选实施例。

辐射传感器包含支撑件，在所述支撑件的一个表面上形成以凹陷或通孔形式的空腔。在空腔上方形成完全或部分覆盖所述空腔的膜，所述膜被固定在支撑件上。在所述膜上提供实际传感器元件。所述支撑件的表面上的空腔具有完全或部分为圆形的轮廓。特定而言，所述轮廓可以是圆形、环形或椭圆形的。其也可具有拐角。其不需要用直线来界定。

虽然辐射传感器的支撑件中的空腔具有完全或部分为圆形的轮廓，但支撑件的外轮廓优选是矩形或正方形的。然而，（例如）菱形、三角形或六边形的外轮廓和椭圆孔等也是可行的。可在辐射传感器的拐角部分中提供电触点，尤其是其结合片（bond pad）。结合片可特定地位于辐射传感器的对角线相对的拐角处，且其至少部分或完全不置于空腔上方而是于大块支撑件（massive support）的上方，特别是以空腔的圆形轮廓与支撑件的外轮廓的拐角之间的角处。通过从后侧蚀刻，尤其通过反应性离子蚀刻（RIE）或通过 DRIE（深反应性离子蚀刻）而产生空腔。也可使用 ICP（ICP = “以电感方式耦合的等离子体”）。此处获得高蚀刻速率。

所述传感器元件可以是热电堆，其特定而言具有热的和冷的触点，其中热触点提供在膜上的空腔上方。

在制造辐射传感器期间，在晶片上形成复数个传感器，然后在蚀刻完空腔后，所述晶片被分离或切割成包括复数个辐射传感器的单独的辐射传感器或传感器阵列。辐射传感器的排列或它们在晶片上或传感器阵列中的空区可遵循矩形网格，优选是方网格，或者也可以是菱形网格。

传感器模块包含：如上所述形成的辐射传感器或如上所述形成的传感器阵列；和外壳，所述辐射传感器或传感器阵列置于其中；外壳中的光学窗口；和电端子。

附图说明

下文将参考附图描述本发明的个别实施例，在附图中：

图 1 是辐射传感器元件的透视图；

图 2 是根据图 1 的配置的横截面图；

图 3 是晶片的示意性仰视图；

图 4 是传感器阵列的示意性俯视图；

图 5 是传感器模块的横截面图；

图 6 到图 9 是用于解释蚀刻过程的视图；

图 10 显示另一实施例；和

图 11 是已知的辐射传感器的示意图。

具体实施方式

图 1 是根据本发明的辐射传感器的示意性透视图。膜 3 形成于支撑件 1 的表面上。所述膜完全或部分覆盖空腔 2，其在图 2 的横截面图中清晰可见。如果空腔 2 是通孔，那么支撑件 1 具有框架的形式，且膜 3 展开于框架上框架主表面之一上。就此而言，应注意框架无需在所有侧都是封闭的，其也可（例如）在一侧具有开放部分。

空腔 2 在支撑件 1 的表面具有完全或部分圆形的轮廓 2a。在图 1 中，轮廓 2a 用虚线表示，因为其被膜 3 覆盖而在图 1 中的透视图中的不可见。图 1 中显示空腔 2 具有完全圆形的轮廓 2a 的特殊情形。轮廓可以是环形或椭圆形。然而，支撑件 1 自身可具有至少部分或完全由直线、特定菱形、矩形或正方形界定的外轮廓 1a。因此，在支撑件的拐角的部分 6a-d 处形成相当“大块”的区域，即支撑件 1 此处并没有凹进去。在所述区域上方，可提供结合片或一般提供端子 5、5a、5b 的电触点。如果电端子 5a、5b 的结合片置于框架 1 的大块部分上方，那么随后的所述区域到接线的连接在机械方面将不太紧要。

具有与温度或温度改变和电值（例如电压）相关的一定特性的实际传感器元件 4、4a、4b 位于膜 3 上，特定而言部分地位于空腔 2 上方。其可以是热电堆。传感器元件的热敏区域全部或部分地安置于膜上和空腔 2 上方。因此，热敏部分与热凹部热绝缘。特别是支撑件 1 自身将充当热凹部且因此如果未给予任何热绝缘，那么将大大减弱信号强度。

空腔 2 可以是完全穿透支撑件 1 的通孔，或其仅是锅状的凹口，其表面也可以是完全或部分圆形的轮廓且其被膜 3 完全或部分覆盖。

图 1 和图 2 显示传感器元件 4 自身可由复数个组件 4a、4b 组成。电端子 5 可适当

形成和位于金属层上（例如铝或铜层），其一方面具有可从外部接入的区域（例如结合片），另一方面，具有连接到实际传感器元件 4、4a、4b 的端子。

用于支撑件的材料包含硅和/或砷化镓和/或其它可能的半导体材料。膜材料包含一或多个介电层（例如硅石和/或氮化硅），或其可全部由这些材料中的一者或两者组成。

辐射传感器的尺寸可满足一或多个以下规格：支撑件的高度 H （在横截面上） $>50\ \mu\text{m}$ ，优选 $>200\ \mu\text{m}$ ， $<1,500\ \mu\text{m}$ ，优选是 $600\ \mu\text{m}$ ，支撑件 1 的一个或两个边缘的边缘长度 $L<3\ \mu\text{m}$ ，优选 $<1.5\ \mu\text{m}$ ，优选 $<1\ \mu\text{m}$ ，空腔的直径 $D>55\%$ ，优选 $>65\%$ ， $<90\%$ ，优选 $<$ 支撑件边缘长度 L 的 80% ，膜厚度 $<3\ \mu\text{m}$ ，优选 $<2\ \mu\text{m}$ ，优选 $<1\ \mu\text{m}$ 。

图 3 显示产生所述辐射传感器 10 期间的晶片 30 的截面。所述晶片是从“底侧”显示的，其是指随后将成为辐射传感器 10 的底侧的一侧（即，根据图 1 和图 2 的底侧）。在图 3 中，可看到许多空腔 2 形成为矩阵或将在蚀刻过程期间以类似矩阵的方式形成。每个单独的空腔 2 对应于将来的一个单独的辐射传感器 2。甚至在蚀刻过程之前，可在晶片的另一侧上形成随后用来形成膜 3 的层。且在晶片的表面与膜层之间很有可能形成一额外的蚀刻终止层以用于当蚀刻剂“从底侧”到达膜层或蚀刻终止层时停止蚀刻过程。

可看出，优选的椭圆或圆形和特别是环形空腔优选是排列成矩形网格或正方形网格。用后文描述的合适的掩模法实现根据单独的空腔 2 确定待蚀刻的位置。沿着晶片 30 上的列 31 和行 32 而实现对应于单独的辐射传感器 10 的空腔 2 的类矩阵排列。

图 4 示意性显示传感器阵列 40（仍然是俯视图）。阵列 40 包含复数个辐射传感器 10，在所示实例中为 4×4 ，其沿着四列 41 和四行 42 而排列。它们分别包含实际传感器元件 4 且适当地位于接触表面 5 上。其每一者分别以如上所述形成。其可以但不必是相等的。利用这些传感器阵列与所示的光学系统一起，与将由辐射传感器检测到的辐射源相关的定位精度（positional resolution）成为可能。传感器阵列 40 作为一个整体可如图 3 中所示的那样从晶片 30 切除。与图 4 相比，阵列 40 的辐射传感器 10 的单独的传感器元件 4 的电端子 5 可位于阵列 40 的圆周区域中。特定而言，可在外部传感器元件 10 的区域中提供用于所有辐射传感器的接触表面。

图 5 显示传感器模块 50。在传感器模块中，提供一辐射传感器 10 或一传感器阵列 40。另外，可在模块 50 中提供其它电路组件，诸如多路装置或模拟/数字转换装置和用于信号处理和传输的数字存储器和处理器。所述模块进一步包含电端子 53，其从外壳突出且（例如）经由结合片 54 而或多或少地直接连接到传感器元件或辐射传感器或传感器阵列或相关的电子装置。

所述模块包含外壳 51a、51b，其由（例如）底板 51b 和在其上滑动的罩 51a 组成。

所述外壳可以是标准的外壳，例如 TOS 等。此外，在所述外壳中提供能供待检测的辐射冲击的辐射窗口 52。另外，可提供一光学投影元件，用于将所述冲击辐射在辐射传感器或阵列的表面上。举例而言，可提供透镜 52，其用于实现聚焦/投影和辐射的透射。然而，例如，还可提供焦点在传感器阵列的平面内的镜面。

用于制造辐射传感器 10 的方法可包含以下步骤：

产生平面晶片。所述晶片由组成辐射传感器的支撑件的材料组成。晶片可足够大以能同时产生以矩阵阵列形式排列的复数个辐射传感器。晶片的厚度可对应于所得的辐射传感器的高度 H。接着，向晶片的未来的上侧（根据图 1 和图 2 的上侧）涂覆一蚀刻终止层，再在其上涂覆一随后形成膜 3 的机械稳定层。

接着，将具有开口的蚀刻掩模涂覆到晶片的其它表面，所述掩模的轮廓对应于衬底 1 中的空腔 2 的所要轮廓 2a。因此，蚀刻掩模还包含具有完全或部分圆形的轮廓的开口。

接着蚀刻晶片，优选使用干蚀刻，从涂布有蚀刻掩模的晶片的侧面开始，直到蚀刻穿所述晶片为止，即直到到达晶片的另一表面上的蚀刻终止层为止。

在制造过程期间的合适时间，涂覆用于电端子 5 的金属层，附接实际传感器元件 4，且将晶片切割成单独的辐射传感器或包含复数个辐射传感器的传感器阵列。

下文中将描述一移除过程以及用于衬底（诸如上文提到的晶片）的掩模材料，和包含此一掩模材料的衬底或晶片。此处所述的技术可用于制造所述的辐射传感器。

其特定涉及硅或镓中或一般在半导体或适用于半导体衬底的材料中的深结构化。

为了在（例如）用于辐射传感器 10 的衬底（诸如上文所述的衬底）中制造一空腔，此处使用干蚀刻方法。其特别适用于形成具有完全或部分圆形的轮廓的空腔，因为蚀刻方向不受晶体取向的影响。在开始移除之前，用金属材料（优选是铝或特定合金）全部或部分地遮盖所述晶片。最终进行测量以防止经蚀刻的掩模材料（金属）特别是在蚀刻装置上再沉积。优选地，在蚀刻过程（IPC）期间电感能量耦合到蚀刻介质。通过使基板离电感耦合足够远而防止在装置的敏感组件上发生再沉积。该距离应为至少 8 cm，优选至少 10 cm，优选至少 13 cm。所述距离也可以至少是等离子原子的平均自由程长度的两倍，优选至少 3 倍。待产生的空腔的深度优选至少 80 μm 、优选至少 150 μm ，优选至少 300 μm 。蚀刻也可以穿过整个晶圆（往下到晶片的另一侧上的蚀刻终止层）。

图 6 显示蚀刻过程期间的状态。68 表示真空容器，其在蚀刻过程期间被抽空。蚀刻过程期间的压力优选小于 5 Pa，优选小于 3 Pa。提供一开口 68a，用于插入和随后移除承载掩模 61 的晶片 30。承载掩模 61 的晶片 30 置于桌子上，此处示意性地显示为电容器的板 62a，其相对板 62b 安装在腔室 68 的上侧。在蚀刻过程期间，将优选 20-100 V

的直流电压 65 以及交流电压 66 (频率为 (例如) 13.56 MHz) 施加到电容器。71 表示气体入口, 其一方面用于引入蚀刻气体, 且另一方面也可在电容器的板 62a、62b 之间引入钝化气体。为此目的, 提供一流量控制 72, 其从对应的储存容器 73 和 74 向出口 71 交替地供应一种气体或另一种气体。

由具有几个线圈 (线圈的数目 $n < 6$, 优选 < 4) 的绕组 63 实现电感能量耦合。所述绕组安置于 (例如) 管状的衬底 64 上, 所述衬底 64 可由介电材料组成, 诸如氧化铝、氮化铝、石英、硅玻璃、石英玻璃或含有上述材料中的一者或多者的混合物, 且向绕组供应频率为 (例如) 13.56 MHz 或通常范围在 4 MHz 到 41 MHz 内且功率为 0.5 到 5 KW 的交流电压。蚀刻速率优选大于 $1 \mu\text{m}/\text{min}$, 优选大于 $2 \mu\text{m}/\text{min}$ 。

可在电容器的板 62b 的上或下直接提供衬底 64。可提供复数个永久磁铁, 其可串联连接, 使得北极和南极是交替的。可在周边上优选以规则的间隔且优选在支撑件 64 的外部提供复数个永久磁铁 (未图示)。由永久磁体产生的磁场的极性可在衬底 64 的轴向上隔开。永久磁铁可以是长方形的, 且其可在衬底 64 的轴向中或气流方向中延伸。在此情况下, 磁铁可以以交替模式逆平行地 (N-S, 接着 S-N, 接着又 N-S) 分布在周边周围。永久磁铁具有使用于离子和电子的电感效应相等并减小晶片处的电子温度的绝对值的功能。

69 表示真空容器 68 内的其它组件, 例如处理装置等。控制或调整装置 75 控制或调整整个别的组件。未显示用于在操作期间抽空所述容器的泵。

晶片 30 的掩模 61 含有或完全由 (> 98 重量%) 金属材料或合金组成, 优选包含铝。待蚀刻的表面与绕组衬底 64 的下边缘或绕组 63 自身之间的距离 A 为至少 8 cm, 优选至少 10 cm, 优选至少 12 cm 或是蚀刻原子的平均自由程长度的至少两倍, 优选是平均自由程长度的至少三倍。这确保了防止经蚀刻的铝在绕组衬底 64 的内壁上再沉积。因此, 其不会变得导电且因而不会阻断耦合磁场。

掩模可或者或除了铝之外包含 Cr 或 Ni 或 Pt 或 Au 或 Fe 作为主要成分 (> 90 重量%, 优选 > 96 重量%)。还可使用铝或镍合金, 例如 AlCu、AlSi、AlTi、NiFe、NiCr 或铬合金 CrAu。以下合金特别可用作掩模材料:

AlNiFe, 例如 11 - 13 Al、21 - 23 Ni, 剩余为 Fe, “AlNi 090”,

AlNiFe, 例如 13 - 15 Al、27 - 29 Ni, 剩余为 Fe, “AlNi 120”,

AlNiCo, 例如 9 - 11 Al、19 - 21 Ni、14 - 16 Co, > 1 CuTi, 剩余优选为 Fe “AlNiCo 160”,

AlNiCo, 例如 11-13 Al、18 - 20 Ni、14 - 16 Co、3 - 5 Cu, 剩余优选为 Fe “AlNiCo

190”，

AlCu，例如 0.5 - 2 Cu，剩余为 Al，

AlSi，例如 0.5 - 2 Si，剩余为 Al，

AlTi，例如最大 3，优选最大 1.5 Ti，剩余为 Al，

NiFe，例如 35 - 37 Ni，剩余为 Fe，“Hyperm 36 M”，

NiFe，例如 49-51 Ni，剩余为 Fe，“Hyperm 52 k”，

NiCr，例如 78 - 82 Ni，剩余为 Cr，

CrAu，例如 45 - 55 Cr，剩余为 Au。

上述无量纲数字是重量或体积百分比值。尤其优选的是所指示的范围各自的平均值。

图 7 是晶片 30 的放大的示意性横截面图。掩模 61 安置于晶片 30 上。掩模 61 包含或完全由金属或合金或含金属的复合材料组成。优选的材料是铝或铝合金。合金可含有至少 90 重量%的金属或铝。2 表示制备的空腔，其蚀刻入晶片中至一定深度。即时深度用 T 表示。晶片的厚度 D 可以是几百 μm ，例如在 150 μm 与 600 μm 之间。掩模层 61 的高度 H 小于 1 μm ，优选小于 500 nm。该等壁可基本上成正交。一壁或所有壁与底部相关的角度 α 可在 85°到 95°的范围内。如果需要，其也可小于 90°。空腔将接着朝底部变宽，且较薄的分隔壁仍然保留在空腔之间朝着底部，这在当（例如）想要进行穿过蚀刻且空腔 2 之间的桥要固持膜以用于传感器（特别是红外检测器）的热绝缘支撑件时会是有利的。

在 ICP 蚀刻入晶片的深度中期间可实现蚀刻和钝化气体的交替供应。这可由流量控制 72 来实现，其可能取决于更高的分级控制 75。从用于蚀刻气体 74 和钝化气体的储蓄器 73 中供应气体。单独的阶段可分别持续若干秒（特定而言分别小于 10 s，优选小于 6s）且相互直接跟随在彼此之后。可连续地进行抽空排气。

图 8 显示一段晶片的示意性俯视图。显示了重复的凹口图案，该图案的个别元件沿着行 95 和列 94 而排列。虚线仅意味可见性且并没有实际展示。图 8 显示都成角形的空腔轮廓。然而，结合上文所述的蚀刻方法，这些也是本发明的标的物。然而，代替角形轮廓的是，可如图 3 中所示蚀刻出完全或部分圆形的轮廓。

在每个单独的图案中提供不同的凹口 91、92 和 93。它们对应于掩模 96 中的空缺部，所述掩模较佳完全覆盖剩余的晶片表面且较佳也覆盖晶片 30 的（垂直的）周边侧。以此方式，可在形成凹口后，在一晶片上一步同时形成相互隔离的复数个均一凹口图案。

待蚀刻的区域可覆盖至少 8%，优选至少 20%，优选大于 35%的衬底表面。衬底自

身可以是圆盘形晶片，其（例如）可以是基本上环形的，直径为至少 10 cm，优选至少 15 cm。晶片自身可包含或全部由硅组成。其优选由晶体硅组成。

图 9 显示在穿过蚀刻衬底或晶片 30 期间的比率。在所述状态中展示，晶片从顶部到底部几乎完全被蚀刻穿过。根据本实施例，在蚀刻过程之前将蚀刻终止层 108 涂覆到孔的通道区域中的另一衬底表面（图 9 中的底面）。在所述蚀刻终止层上提供一薄膜 109，在所述薄膜 109 上稍后可形成一待支撑的热绝缘电子组件 107。

上文所述的蚀刻过程可导致以下结果：完成了进一步从空腔 2 的中心向下蚀刻到具有比较光滑表面 103 的蚀刻终止层 108，而保留具有比较粗糙表面的衬底材料的拐角部分 102。有时由于掩模粒子的再沉积而形成针状物。

通过深度传感器 105、106 可认识图 9 中所示的状态。所述传感器可以是（例如）光源，特别是一激光源 105，其优选照射空腔 2 的中心（距边缘的距离 $E >$ 横截面尺寸 Q （直径或边缘长度）的 20%，优选 $>40\%$ ）。传感器 106 评估反射光。由虚线示意性地显示光学路径。只要激光是由将还要通过蚀刻加以移除的衬底的相对粗糙的表面（如 102 示意性地表示）进行反射，那么该反射就比较无定向，且因此由传感器接收到的反射光就较弱。另一方面，当暴露所述蚀刻终止层 108 时，一般从中心处开始，则由光滑表面 103 反射逐渐定向的光，使由传感器 106 接收到的强度增加。

因而，例如，可以检查所接收到的反射光的强度，得一临界值。也可检验第一偏差（derivative）（所接收到的信号的变化），得一临界值。可以离散时间产生第一偏差。一般可通过评估反射光而进行深度测量。

如果所述蚀刻终止层 108 已经部分暴露，那么可实施另一蚀刻方法；优选使用各向同性蚀刻过程以一方面保护蚀刻终止层 108 而另一方面通过蚀刻移除拐角部分 102 中的针状物 104。这仍可通过 ICP 而实现。然而，可增加气体压力和/或减小所施加的偏压。通过增加压力将减小自由程长度，而且粒子的移动方向较不严格地对准所施加的直流电压场，使得蚀刻过程变得更加各向同性。通过减小所施加的直流电压可完成一类似过程，即更各向同性的蚀刻过程。

所述第二蚀刻过程之后，最终可实施第三蚀刻过程，其中所施加的偏压优选是零。否则可再执行干蚀刻和/或使用电感能量耦合的等离子体的蚀刻。第三蚀刻过程优选是各向同性的。

蚀刻过程结束后，移除掩模 61。这通过湿蚀刻而实现。在此之前可移除安置于掩模上的残余钝化剂（残余聚合物）。这可通过（例如）氧等离子体而实现。可（例如）通过磷酸蚀刻用混合物在湿化学蚀刻过程中移除掩模自身。或者或然后可进行使用 TMAH

(氢氧化四甲基铵, 优选在水溶液中-TMAHW) 的处理。

从中移除材料材料优选是一环形的晶体晶片, 其直径为至少 10 cm, 优选至少 15 cm。

掩模材料优选包含铝作为其主要成分(比率>90 重量%, 优选>95 重量%)。可添加其它组分, 例如铜(量: 0.5 到 2 重量%, 优选小于 1 重量%)和/或硅(量: 0.5 到 2 重量%)和/或钛(量: 小于 3 重量%, 优选小于 1.5 重量%)。掩模材料被看作是本发明的独立部分。被此一掩模材料完全或部分覆盖的晶片也被看作是本发明的独立部分。

本发明可一般用于微机械元件中的深结构化, 例如用于制造具有可变质量的加速传感器或具有保持热绝缘的 IR 传感器。

图 10 示意性显示另一实施例。虽然在根据图 1、图 3 和图 4 的实施例中分别为一个传感器元件提供一个空腔和一个膜, 但也可提供能在一个空腔 122 (1) - (4) 上方分别发射信号的复数个传感器元件 124 (1) - (8)。在具有相等尺寸的传感器元件网格的情况下, 单个的空腔将会大于上文所述的那些空腔。接着, 还分别为每个传感器元件提供单独的端子 125 (1) - (8)。然而, 可连接(特别是串联连接)复数个传感器元件, 例如排列于设计以(例如)增加信号强度的相同空腔上方的传感器元件。120 表示虚拟的(不真实存在的)数行网格, 传感器元件根据这些网格而对准。还可在边缘或拐角部分中提供端子的接触表面。

除了遵循一矩形网格形状之外, 传感器元件还可以三角形网格(60°)或六边形网格(120°)的方式排列。在此情况下, 复数个传感器元件也可位于一个空腔上方。特定而言, 在矩形网格的情况下可在一个空腔上方提供两个(参阅图 10)或四个传感器元件。在三角形网格(60°)的情况下, 特定而言, 其可以是两个(以两个三角形组成的菱形的一个空腔)、四个(以四个较小的三角形组成的大三角形的一个空腔)或六个(六个小三角形的六边形的一个空腔); 和在六边形网格的情况下, 特定而言, 其可以是六个。

如果若干传感器元件安置于一个空腔上方, 那么它们将优选保持物理连接, 且然后将优选用于包含复数个传感器元件的一个传感器模块中。

用于连接传感器元件的导体路径可经设计, 使得它们在单独的传感器元件之间的区域中延伸, 且单从电方面它们还可大于(宽于、高于)所需要的大小(宽度、高度)。接着, 它们还可通过——一方面, 形成热容量以防止单独的传感器元件之间的热转移和信号失真(signal falsification); 以及另一方面, 使热沿导体路径偏转并从而远离传感器元件, 此具有相同的效果——来作为传感器元件之间的热绝缘。

还可形成空腔, 使得用于位于其上方的膜的一或多个桥(“岛”)仍处于空腔中。特

别在具有大空腔和用于复数个传感器元件的对应膜的情况下，这是合理的。图 10 中指示此一桥。

一种用于从衬底的表面选择性地移除材料从而形成空腔的方法，其包含以下步骤：根据所需要的选择性移除将掩模涂覆到衬底的表面，以及干蚀刻所述衬底，且其特征在于使用金属（优选是铝）以形成所述掩模。在干蚀刻期间，能量可以电感的方式耦合到蚀刻介质。衬底可与电感耦合间隔开相当于等离子原子的平均自由程长度的至少两倍且优选是其三倍的距离。衬底与电感耦合之间的距离可保持在至少 10 cm。蚀刻过程中，压力可保持在低于 5 Pa，优选低于 3 Pa。可对空腔的侧壁执行交替的蚀刻和钝化步骤。材料可被向下移除到至少 80 μm 、优选至少 300 μm 的深度。材料移除可向下执行到衬底的另一侧。可形成厚度小于 1.5 μm 、优选小于 0.6 μm 的掩模。衬底可遮盖到边缘。通过蒸镀或溅镀金属（优选是铝）而实现掩模的涂覆。当涂覆掩模时，可根据所需的选择性移除而蚀刻金属层。所使用的金属可含有至少 90 重量%的 Al。深度方向上的蚀刻位置（T）可反复测定，在此情况下当到达某一特定位置时，蚀刻过程将终止或转换到第二蚀刻过程，所述第二蚀刻过程从质量方面看与先前的蚀刻过程相异或以不同于先前的蚀刻过程的操作参数而操作。可使用激光来测定深度，所述激光的特性是在其从底部反射后加以评估的，特别是指与所检测的信号的第一偏差。在上文所提到的第二蚀刻过程期间，可执行使用电感能量耦合的等离子体的干蚀刻，其中气体压力较高和/或所施加的偏压较低。第二蚀刻过程后，可实施第三蚀刻过程，第三蚀刻过程从质量方面看与第二蚀刻过程不同或在不同的操作参数下工作。在第三蚀刻过程期间可执行干各向同性蚀刻，优选使用电感能量耦合的等离子体，且所施加的偏压可为 0。在移除掩模之前，可在掩模上执行煅烧聚合物残留物的步骤，优选通过湿蚀刻。可使用氧等离子体来实现煅烧作用。煅烧之后，可用磷酸蚀刻混合物和/或氢氧化四甲基铵执行处理。上述方法可具有以下特征中的一个或多个：

衬底含有 Si，优选是晶体硅，

在多于 8%、优选多于 20%的衬底表面上执行材料移除，

衬底是圆盘形晶片，其直径为至少 10 cm，优选至少 15 cm。

还描述了将铝或含有至少 90 重量%的 Al 的铝合金或含有至少 90 重量%的 Al 的复合材料用作将使用电感能量耦合等离子体来干蚀刻衬底的掩模材料。

包含铝的用于遮盖待蚀刻的晶片的掩模材料含有的铝的比率大于 90 重量%，优选大于 95 重量%，且所添加的铜的比率是 0.5 到 2 重量%，优选小于 1 重量%和/或硅的比率是 0.5 到 2 重量%和/或钛的比率是 0.2 到 3 重量%，优选小于 1.5 重量%。

具有掩模层的晶片包含如上所述的掩模材料。

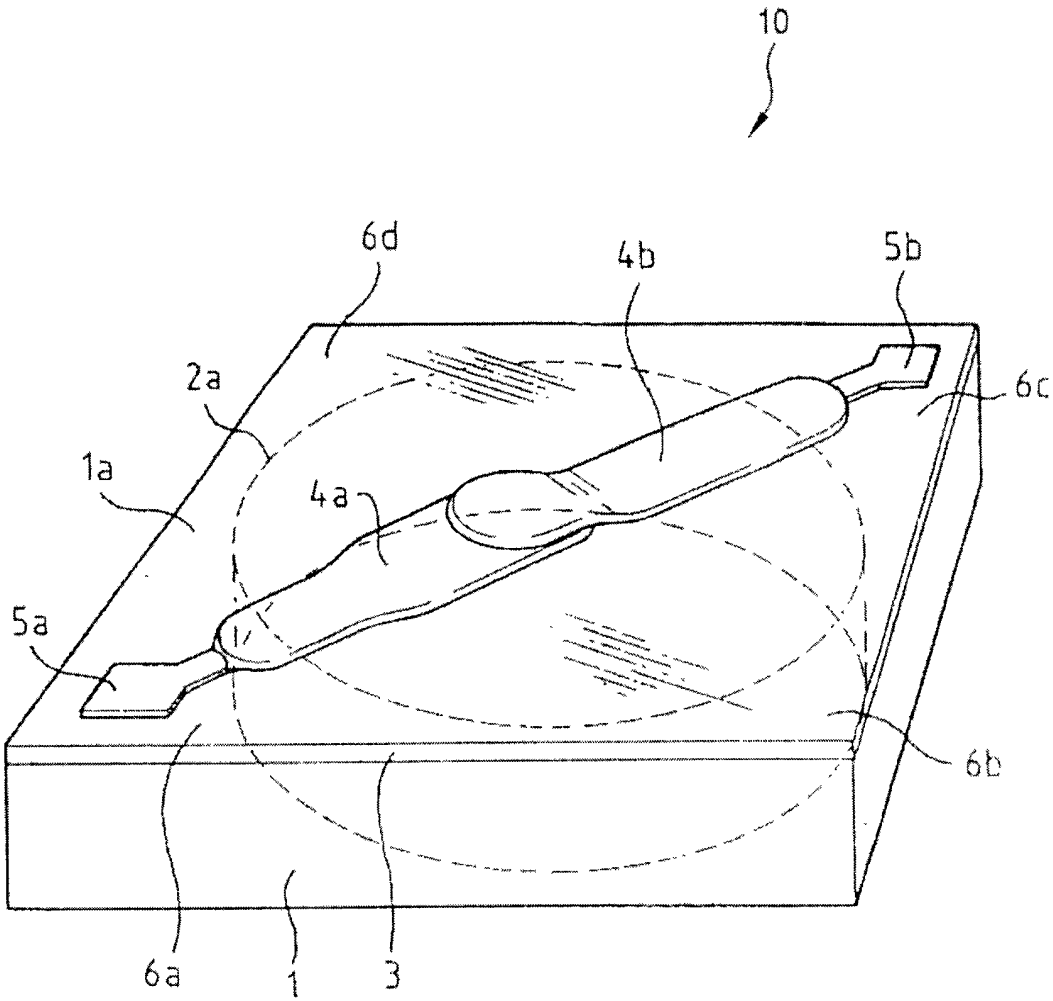


图 1

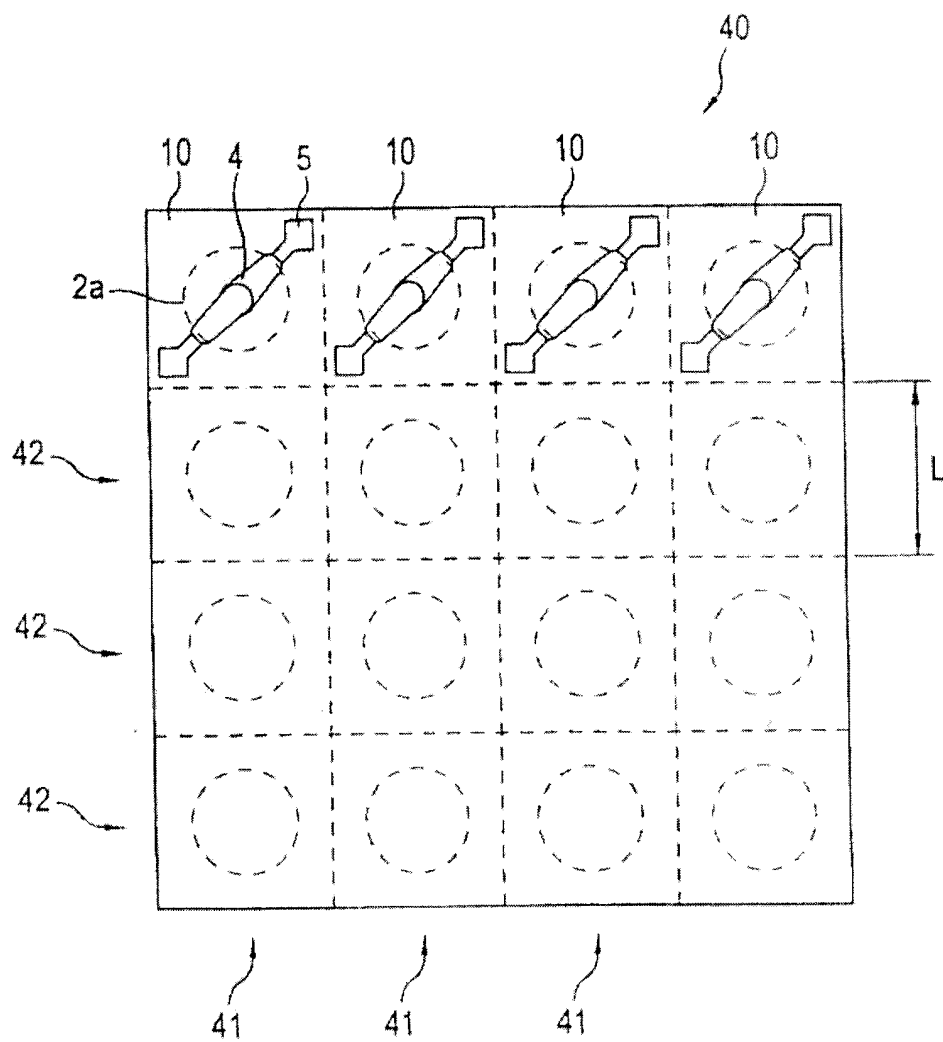


图 4

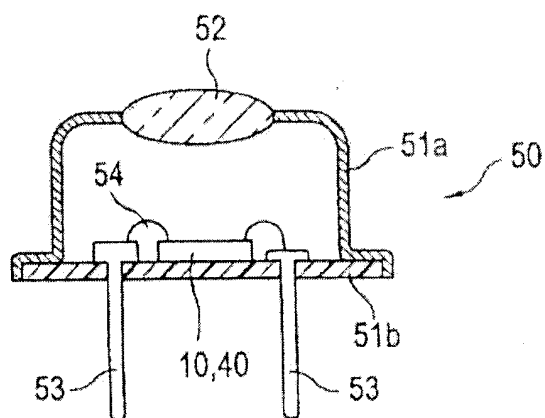


图 5

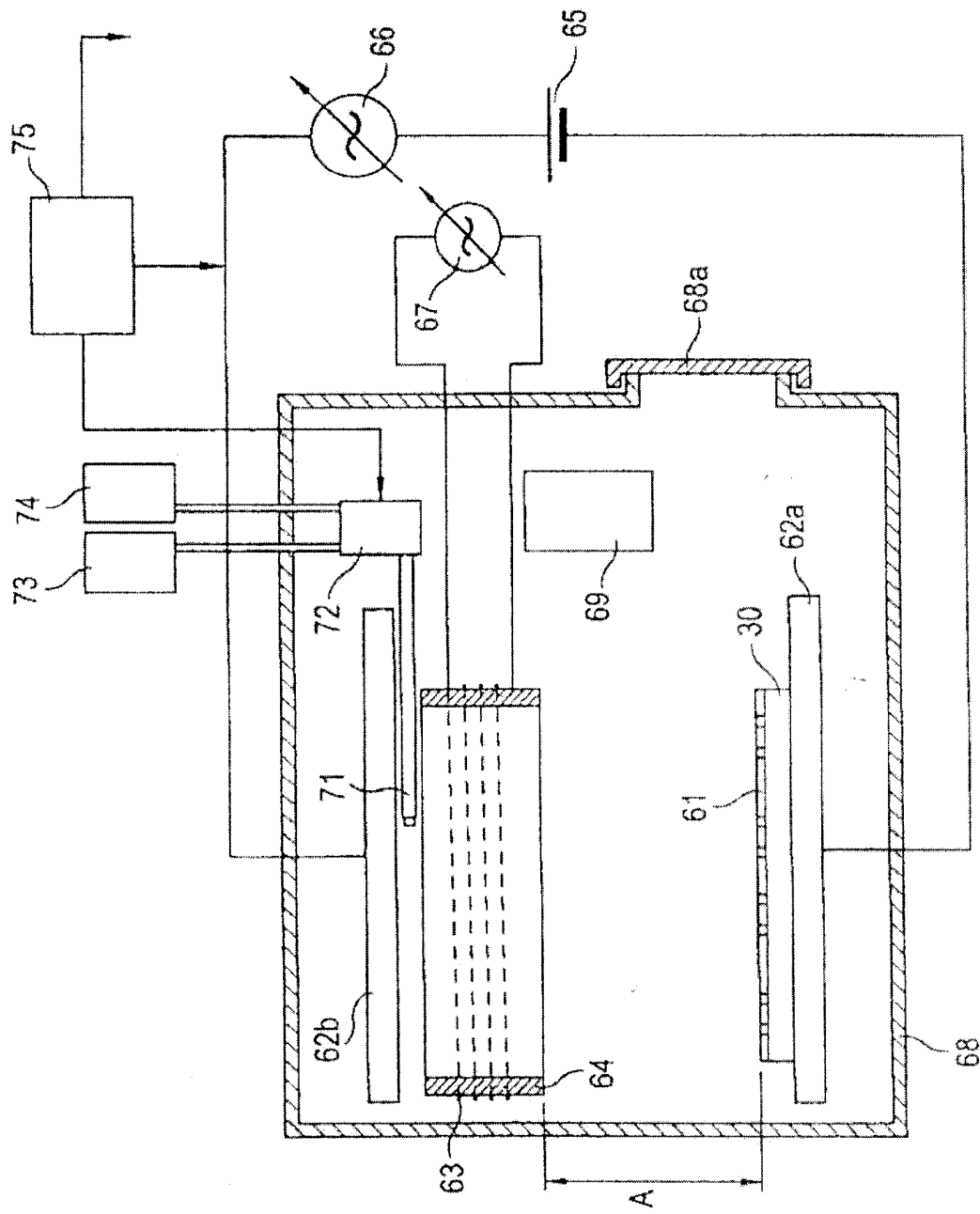


图 6

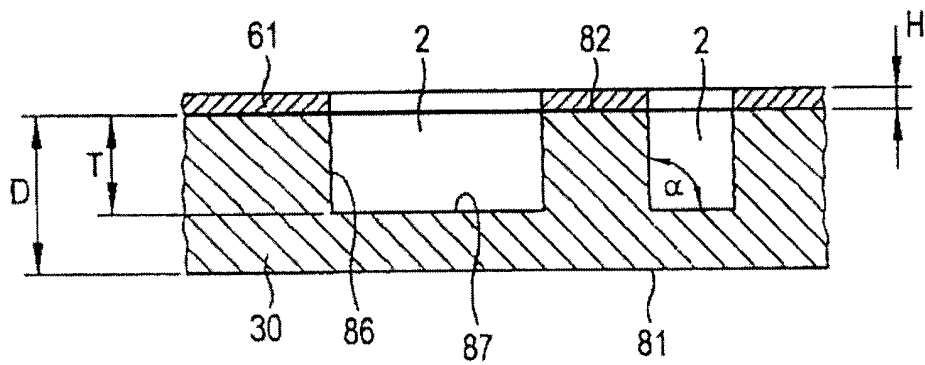


图 7

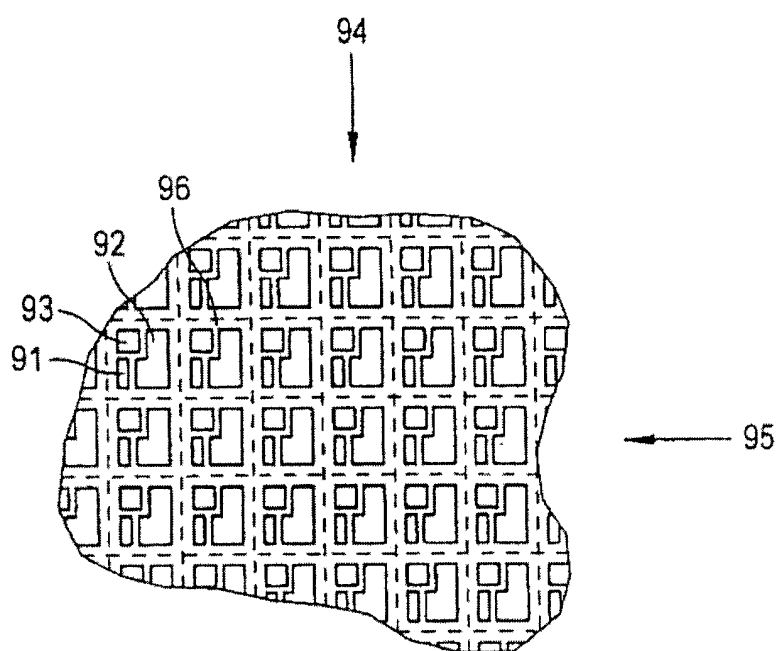


图 8

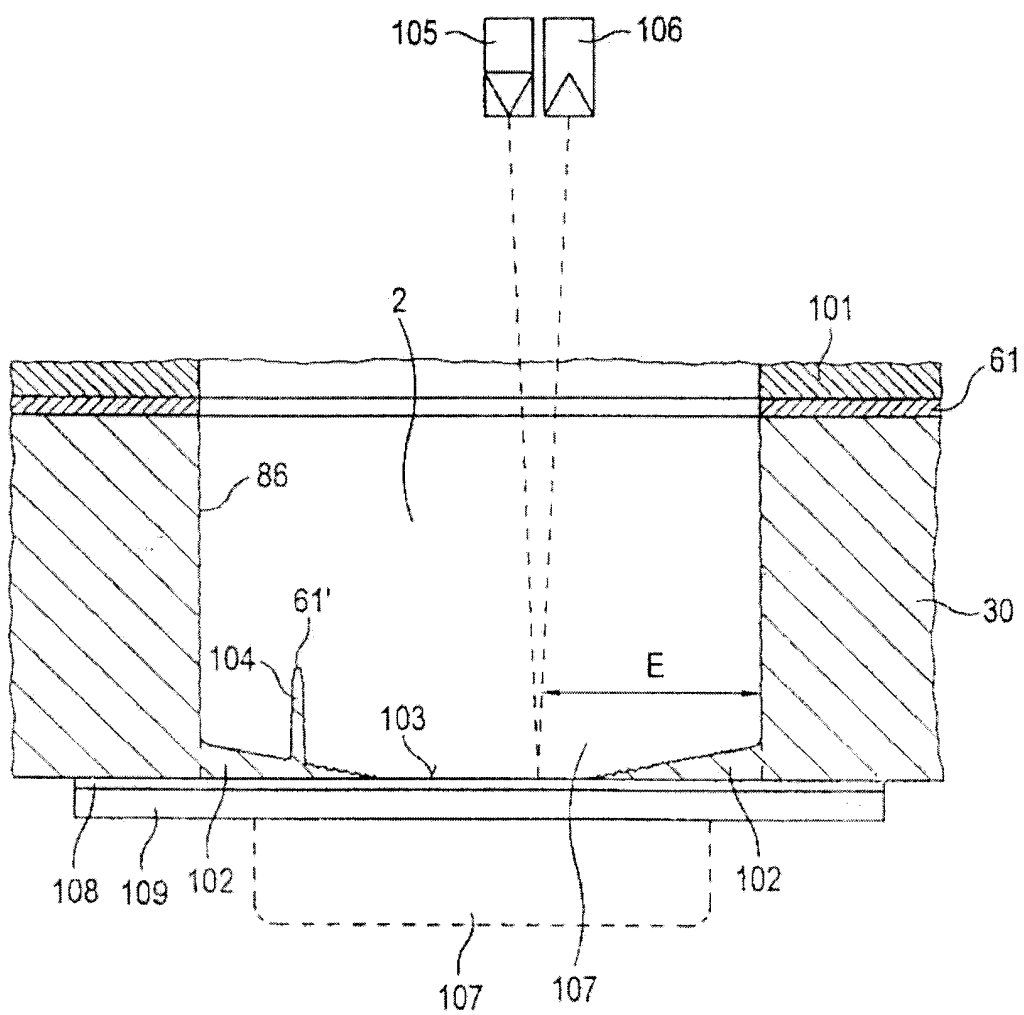


图 9

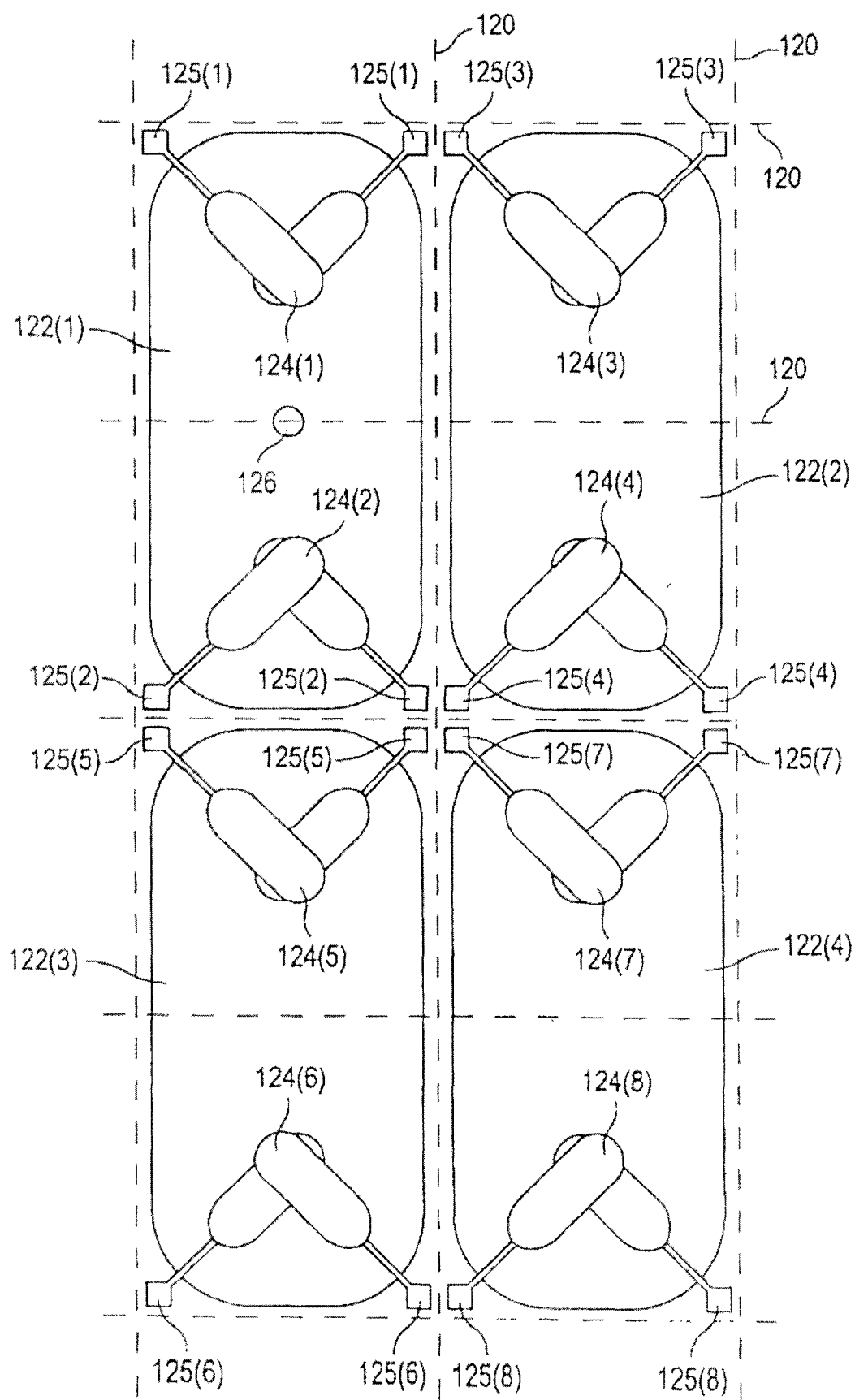


图 10

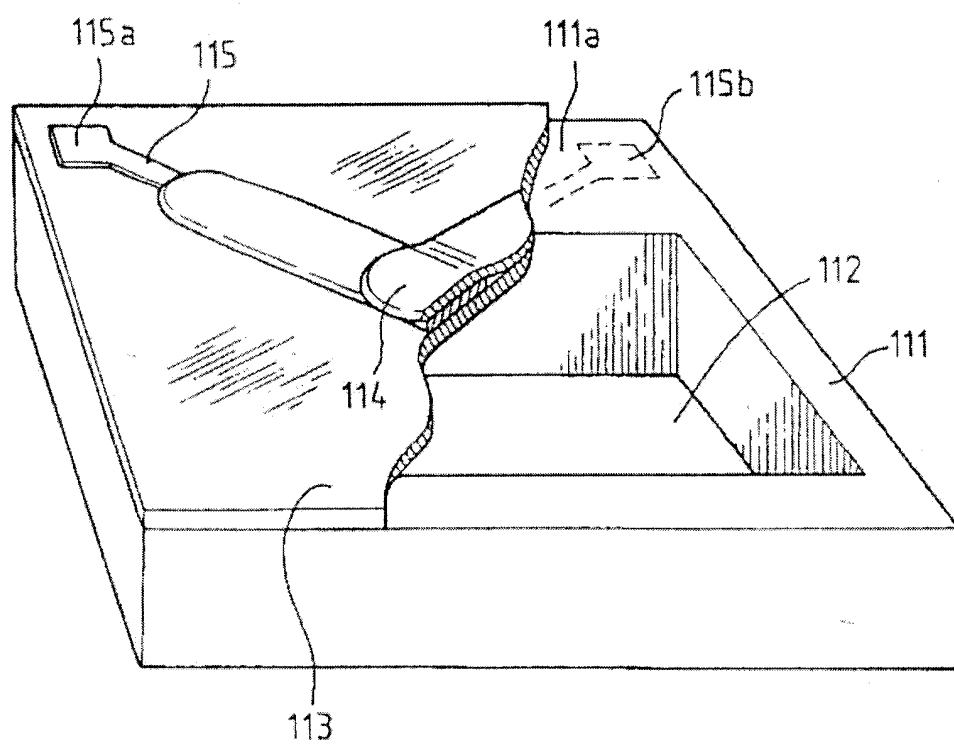


图 11