



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104254046 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 31

(21) 申请号 201410289575. X

(22) 申请日 2014. 06. 24

(30) 优先权数据

13/931, 584 2013. 06. 28 US

(71) 申请人 英飞凌科技股份有限公司

地址 德国诺伊比贝尔格

(72) 发明人 A·德厄 A·弗勒梅尔

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华

(51) Int. Cl.

H04R 19/04 (2006. 01)

H04R 31/00 (2006. 01)

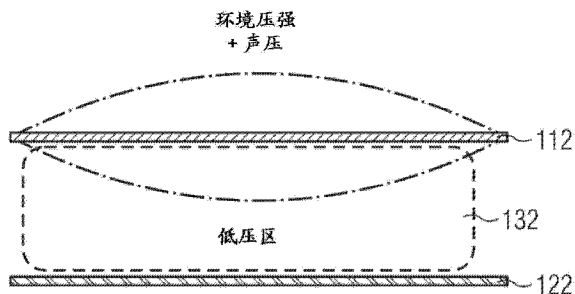
权利要求书2页 说明书10页 附图22页

(54) 发明名称

具有在振膜与对电极之间的低压区的 MEMS 麦克风

(57) 摘要

一种 MEMS 麦克风, 包括第一振膜元件、对电极元件、以及在第一振膜元件与对电极元件之间的低压区。低压区具有比环境压强更小的压强。



1. 一种 MEMS 麦克风,包括:
第一振膜元件;
对电极元件;以及
低压区,在所述第一振膜元件和所述对电极元件之间,所述低压区具有比环境压强更小的压强。
2. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 麦克风,其中所述低压区中的所述压强基本上为真空。
3. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 麦克风,其中所述低压区中的所述压强比所述环境压强的约 50% 更小。
4. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 麦克风,其中所述麦克风进一步包括设置在所述对电极元件的与第一振膜元件相对的侧上的第二振膜元件。
5. 根据权利要求 4 所述的 MEMS 麦克风,其中所述第一振膜元件电耦合至所述第二振膜元件。
6. 根据权利要求 4 所述的 MEMS 麦克风,其中所述第一振膜元件与所述第二振膜元件电隔离。
7. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 麦克风,其中所述麦克风进一步包括与所述第一对电极元件分隔开的第二对电极元件。
8. 根据权利要求 7 所述的 MEMS 麦克风,其中所述第一对电极元件与所述第二对电极元件电隔离。
9. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 麦克风,其中所述第一振膜元件具有至少约 1nm/Pa 的振膜柔量。
10. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 麦克风,其中所述第一振膜元件具有至少约 5nm/Pa 的振膜柔量。
11. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 麦克风,其中所述低压区在密封腔体内。
12. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 麦克风,进一步包括耦合在所述第一振膜元件与支撑结构之间的铰链元件。
13. 根据权利要求 12 所述的 MEMS 麦克风,其中所述铰链元件包括配置以横向约束所述低压区的壁元件。
14. 根据权利要求 13 所述的 MEMS 麦克风,其中所述壁元件耦合至所述支撑结构,使得所述支撑结构参与约束所述低压区。
15. 根据权利要求 13 所述的 MEMS 麦克风,其中所述对电极元件通过在所述铰链元件中的至少一个间隙独立于所述铰链元件地耦合至所述支撑结构,所述至少一个间隙从所述低压区延伸至所述支撑结构。
16. 一种 MEMS 麦克风,包括:
第一振膜元件;
第二振膜元件,与所述第一振膜元件分隔开;
低压区,设置在所述第一振膜元件与所述第二振膜元件之间,所述低压区具有比环境压强更小的压强;以及
第一对电极元件,设置在所述低压区内。
17. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 麦克风,其中所述低压区中的压强基本上为真空。

18. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 麦克风,其中所述低压区中的压强比所述环境压强的约 50% 更小。

19. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 麦克风,其中所述低压区在密封腔体内。

20. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 麦克风,进一步包括与所述第一对电极元件电隔离的第二对电极元件。

21. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 麦克风,进一步包括耦合在所述第一振膜元件和所述第二振膜元件之间的一个或多个支柱。

22. 根据权利要求 21 所述的 MEMS 麦克风,其中所述一个或多个支柱是电隔离的。

23. 根据权利要求 21 所述的 MEMS 麦克风,其中所述一个或多个支柱是导电的。

24. 根据权利要求 21 所述的 MEMS 麦克风,其中至少有两个支柱彼此隔开 $5\ \mu\text{m}$ 至 $20\ \mu\text{m}$ 之间。

25. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 麦克风,进一步包括第三振膜元件,所述第三振膜元件具有比所述第一振膜元件的刚度或者所述第二振膜元件的刚度更小的刚度。

26. 根据权利要求 25 所述的 MEMS 麦克风,其中所述第三振膜元件耦合在支撑结构与所述第一振膜元件和所述第二振膜元件中的至少一个振膜元件之间。

27. 根据权利要求 26 所述的 MEMS 麦克风,其中在所述支撑结构处,独立于所述第三振膜元件地支撑所述第一对电极元件。

28. 一种用于制造 MEMS 麦克风的方法,所述方法包括:

在第一振膜元件与对电极元件之间创建低压区;以及

持久地阻止物质进入所述低压区中,以在平均上持久地维持规定的低压。

29. 根据权利要求 28 所述的方法,其中创建所述低压区包括在所述第一振膜元件与所述对电极元件之间形成腔体。

30. 根据权利要求 28 所述的方法,其中,所述持久地阻止物质进入包括,在低压气氛下关闭所述腔体以获得在所述第一振膜元件与所述对电极元件之间的低压区。

31. 根据权利要求 28 所述的方法,其中,所述低压区的压强比标准大气压强的 70% 更小。

32. 根据权利要求 28 所述的方法,其中所述持久地阻止物质进入包括下列至少一项:

利用非保形地淀积氧化物来覆盖所述 MEMS 麦克风的表面;

在所述 MEMS 麦克风的所述表面淀积磷硅酸盐 (BPSG),并且稍后在所述低压气氛下回流;以及

层压箔片。

33. 根据权利要求 28 所述的方法,在创建所述低压之前进一步包括:

在对电极材料的层上淀积牺牲材料;

在所述牺牲材料上淀积振膜材料;

构造所述振膜材料以接入所述牺牲材料;以及

除去所述牺牲材料;

其中,创建所述低压区包括,从在去除所述牺牲材料之前由所述牺牲材料先前占据的空间抽出空气、气体和流体中的至少一种。

具有在振膜与对电极之间的低压区的 MEMS 麦克风

技术领域

[0001] 本发明的实施方式涉及微电子机械系统 (MEMS) 麦克风。一些实施方式涉及用于制造 MEMS 麦克风的方法。一些实施方式涉及 MEMS 声音传感器。一些实施方式涉及 (近) 真空麦克风和 / 或 (近) 真空扬声器。

背景技术

[0002] 在设计传感器例如压力传感器、加速度传感器、麦克风、或扬声器时, 实现高信噪比 (SNR) 可能是通常可取的。传感器的不断微型化提出关于期望的高信噪比的新挑战。可以用于例如移动电话和类似设备中的麦克风 (以及在某些范畴也包括扬声器) 如今可以实现为硅麦克风或微电子机械系统。为了有竞争力并且提供预期的性能, 硅麦克风可能需要高 SNR。然而, 以电容式麦克风为例, SNR 可能通常受限于电容式麦克风的构造。

[0003] 利用当前的电容式麦克风设计特别是在实现为 MEMS 时, 所能够获得的受限的 SNR 的问题可以解释如下。电容式麦克风通常包括振膜以及可以充当对电极的背板。声音可能需要穿过背板, 并且因此背板可能通常被穿孔。注意到, 即使在其中背板可能布置在振膜后面 (例如, 在振膜的背离声音到达的方向的一侧) 的设计中, 背板也可能需要穿孔, 这是因为在工作过程中振膜可能会经由打孔后的背板将在振膜与背板之间的体积中的一些空气压至背侧的腔体。在没有背侧腔体以及背板中的孔隙的情况下, 在振膜与背板之间的体积可能会像刚性弹簧那样动作, 因而可能避免振膜响应于到达的声音而显著地振动。

[0004] 电容式麦克风的一种不同设计可以使用通常所说的梳状驱动, 其中振膜和对电极在振膜的侧周具有多个叉指状梳齿。这些梳状传感器麦克风可以具有降低的由于缺失背板所造成的噪声。然而, 在叉指梳齿之间仍然可能存在有噪声的流体元素。

发明内容

[0005] 本发明可以提供一种 MEMS 麦克风。该 MEMS 麦克风可以包括第一振膜元件、对电极元件、以及在第一振膜元件与对电极元件之间的低压区。低压区可以具有比环境压强更小的压强。

[0006] 本发明可以提供一种制造 MEMS 麦克风的方法。该方法可以包括, 在第一振膜元件与对电极元件之间创建低压区。该方法可以进一步包括, 持久地阻止物质进入低压区, 以在低压区内平均上持久地维持规定的低压。

附图说明

[0007] 这里参考附图描述本发明的实施方式。

[0008] 图 1 示出了包括低压区和单个振膜元件的 MEMS 麦克风的截面示意图;

[0009] 图 2 示出了包括包围低压区的第一振膜和第二振膜的 MEMS 麦克风、MEMS 扬声器、或 MEMS 声音传感器的截面示意图;

[0010] 图 3A 和图 3B 示出了图 2 的 MEMS 麦克风在暴露于声音下时的操作的过程中的截

面示意图；

[0011] 图 4 示出了图 2 的截面示意图，并且附加地示出了图示了用于 MEMS 麦克风的供电和感测电路的示意电路图；

[0012] 图 5A 和图 5B 示出了 MEMS 麦克风在第一截面位置的截面示意图；

[0013] 图 6A 和图 6B 示出了相同的 MEMS 麦克风在另一个截面位置的截面示意图；

[0014] 图 7A 和图 7B 示出了相同的 MEMS 麦克风在又一个截面位置的截面示意图；

[0015] 图 8A 和图 8B 示出了相同的 MEMS 麦克风在另一个截面位置的截面示意图；

[0016] 图 9A 和图 9B 示出了相同的 MEMS 麦克风在另一个截面位置的截面示意图；

[0017] 图 10 示出了 MEMS 麦克风的局部透视截面示意图；

[0018] 图 11 示出了与图 10 类似的局部透视截面示意图，以更好地图示 MEMS 麦克风的一些细节；

[0019] 图 12 示出了 MEMS 麦克风、以及大气压强对第一和第二振膜元件的影响的截面示意图；

[0020] 图 13 图示了跨越在两个以上的支柱之间的区域的振膜分段的尺寸标注；

[0021] 图 14 示意性图示了在大气压强下的、作为振膜分段的厚度和边长的函数的、在图 13 中的振膜片段的中央的弯曲的量；

[0022] 图 15 示出了具有防粘凸块的 MEMS 麦克风的截面示意图；

[0023] 图 16A 和图 16B 示出了具有经横向分割的对电极的 MEMS 麦克风的截面示意图；

[0024] 图 17A 和图 17B 示出了包括充当用于第一和第二振膜元件的铰链或悬架的较软的振膜元件的 MEMS 麦克风的截面示意图；

[0025] 图 17C 示出了图 17A 和图 17B 中的 MEMS 麦克风的局部透视剖面示意图；

[0026] 图 18A 示出了包括 X 形对电极的 MEMS 麦克风的水平截面示意图；

[0027] 图 18B 和图 18C 示出了来自图 18A 的 MEMS 麦克风的截面示意图；

[0028] 图 19 示出包括可以针对彼此电隔离的单个对电极以及第一和第二振膜元件的 MEMS 麦克风的截面示意图；

[0029] 图 20A 至图 200 示意性地图示了用于制造 MEMS 麦克风的方法的工艺流程。

[0030] 相同或相当的元件或者具有相同或相当功能的元件在以下说明中由相等或相当的附图标记来标示。

具体实施例

[0031] 在以下的描述中，阐述多个细节以提供对本发明的实施方式的更透彻的说明。然而，对于本领域技术人员而言将是显而易见的，在没有这些具体的细节的情况下，本发明实施方式也是可以实践的。在其他实例中，公知的结构和器件以框图的形式而不是详细地示出以避免使本发明的实施方式模糊。此外，下面所描述的不同实施方式的特征可以彼此结合，除非特别注明。

[0032] 标准电容式麦克风使用具有由膜位移引起的间隙的距离改变的平行板电容。这可能隐含了经由穿孔流动的空气的噪声。在研究当今的麦克风的信噪比问题时，穿孔背板可以被确定为主要噪声贡献者之一。一种可能的解决方案可能是去除穿孔背板，但这可能需要新的传感器概念。由本发明人进行的实验和模拟揭示了，穿孔背板的去除理论上可以将

信噪比提高 4 至 27dB(分贝声压级)。对于具有 40mm^3 有效容积的较大的麦克风,在穿孔背板存在的情况下信噪比可能约为 71dB(A)。在去除穿孔背板后,信噪比可以增加至 98dB(A)。对于具有 2.3mm^3 有效容积的较小的麦克风,改善可能并不如此明显,但仍有 4dB,即从在穿孔背板存在的情况下的 69dB(A) 到在去除穿孔基板后的 73dB(A)。

[0033] 声学系统中的噪声可能来自于微细结构中的空气的滞流,并且可能造成阻尼和耗散损失。对于电容式麦克风概念,这里描述的一些方面可以教导如何在可移动膜或振膜内部的真空或低压气氛下包封静态参考电极(对电极)。这里公开的另一些方面可以教导如何以及在何种条件下能够在单个振膜元件与对电极元件之间形成低压区。

[0034] 图 1 示意性图示了一个用于 MEMS 麦克风的概念,其中低压区 132 可以设置在振膜元件 112 与对电极元件 122 之间。图 1 示意性地示出了一个可能的实施方式作为实例。为了与所描述的后续部分相一致,振膜元件 112 也可以被称为“第一振膜元件”。振膜元件 112 可以在其一侧被暴露于环境压强和潜在的声压下。振膜元件 112 的该侧也可以被称为振膜元件 112 的声音接收主表面。在其另一个主表面,振膜元件 112 可以邻接低压区 132。振膜元件 112 可以被实现为膜或膜元件。振膜元件 112 响应于声压的位移可以由点划线在图 1 中示意性地图示(注意到,为了说明目的,该位移可能有些夸大地被示出)。

[0035] 低压区 132 可以由虚线在图 1 中示意性地图示。低压区 132 具有可能通常小于环境压强或标准大气压强。低压区 132 可以与振膜元件 112 邻接并通常直接接触,并且也与对电极元件 122 邻接并通常直接接触。

[0036] 振膜元件 112 可以被在环境压强与低压区 132 内的压强之间的压强差偏置,该低压区 132 内的压强通常可能低于环境压强。因此,当没有声音到达振膜元件 112 时,振膜元件 112 可以呈现相应的静止位置或配置。根据低压或真空区内的密度,更低的压强会导致更弱的阻尼。同时,承受正常压强和感测声音的膜可以不需要任何后腔体积,因为可能存在很小的力或没有力经由流体耦合而转移到第二电极。给出一些数字为例,膜可能必须承受高达约 100kPa 的绝对压强。将感测的声压例如可以在高达约 1MPa 或高达 10MPa 的范围内。

[0037] 根据至少一个实施方式,低压区的压强可以基本上为真空或近真空。在实现方式的其他实例中,低压区中的压强可以小于约 50% 的环境压强或标准大气压强。也可能,低压区中的压强可以小于约 45%、40%、35%、30%、25%、或 20% 的环境压强或标准大气压强(标准大气压强通常可以为 101.325kPa 或 1013.25mbar)。低压区中的压强也可以表述为绝对压强,例如小于 50kPa,小于 40kPa,小于 30kPa,或小于 25kPa。在任一情形下,低压区的压强可以通常被选取为其可以低于环境压强的典型范围,该典型范围用于 MEMS 麦克风可能将要可用的应当被合理预期的气象条件以及相对于海拔的高度(例如,高达海拔之上 9000 米)。

[0038] 第一振膜元件可以具有至少约 1nm/Pa 的振膜柔量。根据可选的实现方式,振膜柔量可能至少约为 2nm/Pa,至少约为 3nm/Pa,至少约为 4nm/Pa,或者至少约为 5nm/Pa。振膜柔量通常可以理解为振膜刚度的倒数。然而,如这里所使用的,振膜柔量可以归一化为振膜的尺寸,并且可以表现出振膜在承受特定的声压(这里是 1 帕斯卡(Pa))时的最大偏移。通常所用的大气中的参考声压可以为 $P_{\text{ref}} = 20 \mu\text{Pa}(\text{rms})$,其近似相当于人类听觉的阈值。在该参考声压下,94dB 的声压级(SPL)会引起 1Pa 的声压(相比之下,在 1 米处的凿岩锤可以具有约 100dB 的声压级)。

[0039] 图 2 示出了经过一种 MEMS 麦克风的截面示意图,该 MEMS 麦克风可以进一步包括布置在对电极元件 222 的关于第一振膜元件 212 的相对侧上的第二振膜元件 214。图 2 示出另一个可能的实施方式。MEMS 麦克风可以包括在第一振膜元件 212 与第二振膜 214 之间延伸的多个支柱或支撑物 272。支柱 272 通常不接触或触碰到电极元件 222,而是可以经由对电极元件 222 中的开口或孔洞 227 而穿过对电极元件 222。在图 2 中所图示的实现的实例中,支柱 272 可能与第一振膜元件 212 和第二振膜元件 214 一体形成。因此,第一振膜元件 212、第二振膜元件 214 和支柱 272 可以形成同种材料例如多晶硅的整体结构。然而,这并不意味着第一振膜元件 212、第二振膜元件 214 和支柱 272 需要在 MEMS 麦克风的制造过程中同时形成。相反可能地,在第一次沉积过程中,第二振膜元件 214 可以首先形成在衬底 202 的表面(或辅助层(诸如蚀刻阻挡层)的表面)上。在第二次沉积过程中并且可能在第三次沉积过程中,支柱 272 可以随后形成并且还有第一振膜元件 212 可以最后形成。在以下将要描述的可选的实现实例中,支柱 272 可以由不同于第一和第二振膜元件 212、214 的材料制成。第一振膜元件 212 可以具有可以面向声音到达方向的主表面(在图 2 中由箭头示意性地图示)。

[0040] 在作为一个实例在图 2 中以截面图示意性地图示的 MEMS 麦克风中,除了第一对电极元件 222,还可以设置第二对电极元件 224。第二对电极元件 224 可以与第一对电极元件 222 相隔离。对电极隔离层 252 可以使第一对电极元件 222 与第二对电极元件 224 彼此电隔离。在图 2 中示意性地图示的 MEMS 麦克风的实例中,第一对电极元件 222、第二对电极元件 224 和对电极隔离层 252 可以形成可以在其外缘或周围被支撑结构支撑的对电极装置或对电极结构。注意到,尽管图 2 所描绘的对电极装置的三个中央部分在低压区 232 内显现“漂浮”状态,但它们通常可以在图 2 的绘图平面的上方和/或下方附接至对电极装置的周围,如虚线所示。

[0041] 在图 2 中示意性图示的实例中,支撑结构可以具有堆叠构造,并且第一振膜元件 212、第二振膜元件 214、以及对电极装置 222、224、252 的外围部分可以与支撑结构在它们主表面中的一个或两个上平面地接触。支撑结构本身可以布置在衬底 202 的主表面处。在衬底 202 的该主表面上,各层可以以如下顺序布置在彼此的顶部,例如:第二振膜元件 214、第二振膜隔离层 244、第二对电极元件 224、对电极隔离层 252、第一对电极元件 222、第一振膜隔离层 242、以及第一振膜元件 212。背侧腔体 298 可以形成在衬底 202 中以允许第二振膜元件 214 响应于声波而振荡。

[0042] 当研究该结构的压强情况时,可以观察到包括第一振膜元件 212、支柱 272 和第二振膜元件 214 的振膜结构可以足够刚性到承受外部大气对真空腔或低压腔的 1bar 过压强。特别地,支柱 272 可以视为延伸通过对电极装置的孔 227 以稳定结构的垂直脊(也叫做“定子”)。振膜装置 212、214 可以是紧密地密封的。

[0043] 图 2 示出,例如当没有会引起振膜元件 212、214 发生偏移的声波到达振膜元件 212、214 时,处于其静止位置的 MEMS 麦克风。在第一振膜元件 212 的声音可以到达的一侧,总的压强可以表述为 $p(t) = \text{正常压强} + p_{\text{声音}}(t)$ 。在背侧腔体 298 内,只可能存在正常大气压强,即 $p_0 = \text{正常压强}$ 。低压区 232 内的压强可以相对低,例如 $p_{\text{间隙}} \sim 0$ 或者 $<$ 环境压强的 50%。

[0044] 图 3A 和图 3B 示出通过当一种可能的 MEMS 麦克风作为可能的实例和/或实施方

式而暴露于声音下时,通过该 MEMS 麦克风的截面示意图。图 3A 示出这样的情形,其中振膜装置 212、214、272 可以由于与第一振膜元件 212 邻接的上侧的声音所引起的、与背侧腔体 298 内的参考压强相比的相对过压强的作用而被推下,即,

$$[0045] \quad p(t) = \text{正常压强} + |p_{\text{声音}}|。$$

[0046] 在图 3B 中,在声音接收侧的压强可以低于在背侧腔体 298 内的压强,使得振膜装置 212、214、272 可以向上偏移。因此在有声音的情况下,振膜结构或膜结构相对于对电极结构 222、224、252(定子)上下移动。在图 3B 中的压力不足可以表述为

$$[0047] \quad p(t) = \text{正常压强} - |p_{\text{声音}}|。$$

[0048] 图 4 示意性地图示了 MEMS 麦克风如何可以电连接至供电电路和放大器的一个实例。图 4 示出可能的连接的一个实例。其他布置也是可能的。图 4 中,第一和第二振膜元件 212、214 可以通过振膜连接 412 而接地至接地电位或参考电位。第一对电极元件 222 可以通过第一对电极连接 422 而电连接至第一供电电路并且也连接至放大器 401 的第一输入。第一供电电路包括电压源 402 和电阻器 406。电阻器 406 可以具有数吉咖欧姆甚至高达 1 太拉欧姆的很高的电阻。放大器 401 可以是差分放大器。第二对电极元件 224 可以通过第二对电极连接 424 而连接至第二供电电路以及放大器 401 的第二输入。第二供电电路包括第二电压源 404 以及通常具有与电阻器 406 大约相同的电阻的电阻器 408。第一和第二供电电路分别使第一和第二对电极元件 222、224 相对于参考电位(接地电位)电偏置。当振膜结构可以响应于到达的声音而偏移时,在第一和第二对电极 222、224 的电势可以由于在振膜结构与第一和第二对电极元件之间变化的电容的影响,而在相反方向上变化。这在图 4 中通过可以分别被馈送至放大器 401 中的第一和第二输入的第一波形 432 和第二波形 434 来示意性地图示。放大器 401 可以基于输入信号 432、434(特别是输入信号 432、434 之差)而产生放大的输出信号 430。然后将放大的输出信号 430 提供给用于后续信号处理(例如模数转换、滤波等)的另外的部件。

[0049] 现在将关于图 5A 至图 10 来描述具有在两个振膜元件之间的低压区以及在该低压区内的对电极的 MEMS 麦克风的可能的实现方式。图 5A 至图 10 示出了可能的实施方式和/或可能的实现方式的实例。图 5A、6A、7A、8A 和 9A 可以基本相同,并且分别表示图 5B、6B、7B、8B 和 9B 中所示的对应的水平截面的位置。图 5A 至图 10 中示意性图示的实例可以涉及一种包括用于使环境大气与背侧腔体 298 之间的静态压强均衡的通风孔 515 的横向设计。

[0050] 图 6A 表示,可以根据穿过第二振膜元件 214 的截面来实施下一个水平截面,在图 6B 中示例性图示了该水平截面。在该位置,通风孔 515 可以具有方形的截面。

[0051] 图 7A 示出了 MEMS 麦克风的另一个截面示意图,而图 7B 示出了对应的示意水平截面,可能在第二振膜隔离层 244 的高度上实施了该水平截面。在所描述的 MEMS 麦克风的实例中,第二振膜隔离层 244 可能不仅提供在第二振膜元件 214 与第二对电极元件 224 之间的电隔离,也可以充当对于第二对电极元件 224 以及可以布置在第二对电极元件 224 顶部的其他结构的支撑。因此,第二振膜隔离层 244 也可以被视为支撑结构的一部分。第二振膜隔离层 244 还可以在横向上约束或限制低压区 232。在图 7A 和 7B 中也可以看到支柱 272。以与支柱 272 类似的方式,可以由在第一振膜元件 212 与第二振膜元件 214 之间延伸的四个侧壁形成通道 715。在所描述的实例中,通道 715 可以具有方形的截面,但也可以具有其他截面形状。通道 715 可以针对通风孔 515 密封低压区 232。

[0052] 在图 7B 中可以看出,各个支柱 272 可以具有细长的截面(特别是矩形的截面)。然而,其他截面形状也是可以的。因此,各个支柱 272 可以显著地比厚更宽,例如比厚更宽三倍至六倍之间。支柱的宽度在图 7B 中可以示意性地图示为“w”,而支柱 272 的厚度在图 7B 中可以示意性地图示为“t”。可以定向支柱 272 的第一子集,使得它们的截面的宽度 w 沿着第一方向延伸。可以不同地定向支柱 272 的第二子集,使得它们的截面的宽度 w 沿着可以不平行于第一方向的第二方向延伸。在图 7B 中示意性地图示的实例中,支柱 272 的第二子集的截面取向的第二方向可以正交于描述支柱 272 的第一子集内的截面取向的第一方向。在可选的实施方式中,多个支柱 272 可以细分为支柱的三个或者甚至更多的子集,每个子集具有不同的截面取向的方向。支柱 272 具有不同的截面取向以便实现,针对由大气施加至第一和第二振膜元件 212、214 上的过压强,整个振膜元件的基本各向同性的刚度。此外,可以将至少一些支柱 272 彼此隔开,以为对电极装置 222、224、252 留下足够的空间,如将在图 8B 中看到的。

[0053] 图 8B 示出了在对电极隔离层 252 的高度的水平截面。在所描绘的实例中,对电极隔离层 252 的几何形状也可以代表第一和第二对电极元件 222、224 的几何形状,并且从而代表了包括第一对电极 222、对电极隔离层 252 和第二对电极元件 224 的三个层的整个对电极装置。对电极隔离层 252 可以包括孔 227。支柱 272 可以在不接触孔 227 的边缘的情况下(即,具有足够间隙地)穿过孔 227。因此,当可以使振膜装置向上或向下偏移时,振膜装置可以相对于对电极装置而上下移动,这可能在在对电极装置暴露于声波下时主要发生在其中央部分内。此外,对电极装置内的孔 227 可以防止支柱 272 与第一对电极 222 和 / 或第二对电极 224 产生电接触,该电接触将在振膜装置与对电极装置之间导致短路。

[0054] 为了给振膜装置提供一些额外的机械稳定性,图 8 中的通道 715 的侧壁可以比图 7B 的水平截面中的更厚。通风孔 515 可以在图 8B 中的所示位置处具有圆形的截面。

[0055] 图 9B 示出了与图 8B 类似的水平截面,截面的不同之处在于是在第一对电极元件 222 的高度实施的。

[0056] 图 10 示出了 MEMS 麦克风的透视截面示意图。图 11 示出了类似的透视截面示意图,其中对电极装置与支柱 272 的关系可以被进一步详细示出。特别地,图 11 可以示出了,支柱 272 中的一个可以如何穿过可以形成于对电极装置中的孔 227 中的一个。

[0057] 图 12 示出了一种 MEMS 麦克风的截面示意图,其中振膜部的弯曲可以被示意性地图示了。由于在第一与第二振膜元件 212、214 之间的真空或低压的作用,悬浮振膜部件可以承载有导致弯曲的环境压强。由于可以通常有规律地布置在第一与第二振膜元件 212、214 之间的支柱 272 的作用,弯曲可以被减少至相对小的量。

[0058] 图 13 示意性地图示了一个悬浮振膜部件(膜部件)。悬浮振膜部件的横向尺寸“l”、其厚度 $t_{\text{振膜}}$ 、以及其内应力可以限定弯曲的量。作为一个实例,图 14 用图表图示了无应力多晶硅振膜的一小方块在 1bar 压强下(大气压强)的、对于不同厚度和边长的、弯曲的计算结果。对于典型的尺寸(边长 = $20\ \mu\text{m}$,厚度 = $0.5\ \mu\text{m}$),弯曲可以约为 140nm,并且对于 $2\ \mu\text{m}$ 的空气间隙来说是可接受的。振膜层中的张应力可以额外地减少弯曲。

[0059] 图 15 示出了根据可能是在第一与第二振膜元件 212、214 之间具有低压区 232 的一种可能的实施方式的、MEMS 麦克风的截面示意图。根据在图 15 中示意性图示的实现方式的实例,第一振膜元件 212 可以包括可以布置在第一振膜元件 212 的可以面向低压区 232

的表面处的防粘凸块 1512。防粘凸块 1512 可以降低第一振膜元件 212 由于粘附力的作用而粘连至第一对电极元件 222 的风险。以类似的方式,第二对电极元件 224 可以包括面向第二振膜元件 214 的多个第二防粘凸块 1524。防粘凸块 1512 可以与第一振膜元件 212 集成。防粘凸块 1524 可以作为一部分与第二对电极元件 224 集成。

[0060] 图 16A 示出了一种具有对于对电极的横向分割的 MEMS 麦克风的截面示意图。图 16B 示出了同种 MEMS 麦克风的示意水平截面图。在该实施方式中,第一对电极元件 222 并不延伸至支撑结构中,除了用于将第一对电极元件 222 与外部电路系统(诸如供电电路和读出电路)电连接的小接触条。第一对电极元件 222 可以被间隙 1623 横向限制,该间隙 1623 可以将第一对电极元件 222 与周围的对电极材料 1622 的区域电隔离。第一对电极元件 222 可以被限制于 MEMS 麦克风的中央区域。第一振膜元件 212 和第二振膜元件 214 可以在中心区域经受由于声波激励的作用而造成的比在边缘区域中更大的偏移。在边缘区域中(即支撑结构内以及在支撑结构附近),第一和第二振膜元件 212、214 可能通常并不响应于声波而显著地移动。因此,边缘区域可能并不对电容的变化做出贡献。对于第一和第二对电极元件 222、224 的横向分割通常可以导致响应于声波的更大比率的电容变化,并且因而得到更高的 MEMS 麦克风灵敏度。间隙 1623 在穿过支撑区域时,可以填充有第一振膜隔离层 242 的材料,以便针对外部环境大气而密封低压区 232。可以对在第二对电极元件 224 与对应的边缘材料 1624 之间的间隙进行同样的处理,因为第二振膜隔离层 244 可以用于填充元件 224 与元件 1624 之间的间隙。在可选的方式中,间隙 1623 以及在第二对电极元件 224 周围的间隙可以填充有专用的隔离材料或者由专用的隔离材料替代。

[0061] 图 17A 示出了一种 MEMS 麦克风的截面示意图,作为如何可以引入更软的振膜或膜并且该更软的振膜或膜可以针对在低压区内(即在第一和第二振膜元件 212、214 之间)的低压仍是刚性的的一个实例。图 17B 示出了对应的水平截面。MEMS 麦克风可以包括铰链元件或者第三振膜元件 1716。铰链元件或第三振膜元件 1760 可以耦合在第一振膜元件 212 与支撑结构 1706 之间。铰链元件/第三振膜元件 1716 可以具有可以比第一振膜元件 212 的刚度更小并且/或者比第二振膜元件 214 的刚度更小的刚度。第三振膜元件 1716 可以包括配置以横向约束低压区 232 的壁元件 1717。壁元件 1717 可以耦合至支撑结构 1706,使得支撑结构 1706 可以参与到约束低压区 232 中。图 17A 和 17B 中所示意性地图示的 MEMS 麦克风可以包括四个铰链元件/第三振膜元件 1716。第一对电极元件 222 可以独立于铰链元件 1716 地耦合至支撑结构 1706。这可以通过在铰链元件 1716 中设置至少一个间隙来实现,第一对电极元件 222 可以通过该至少一个间隙从低压区 232 延伸至图 17B 中的支撑结构 1706。这可以对于对电极隔离层 252 示意性图示。第一对电极元件 222 和第二对电极元件 224 的结构可以与对电极隔离层 252 的结构基本类似。在图 17A 和 17B 中示出的构造中,在四个铰链元件 1716 之间可能设置有四个间隙,四个间隙设置在例如在由四个铰链元件 1716 所形成的方形的四个角部中。

[0062] 图 17C 示出了第一和第二振膜元件 212、214 以及铰链元件 1716 中的两个铰链元件的透视剖面示意图。为清楚起见,从图 17C 的图示中省略了对电极元件 222、224 以及对电极隔离层 252。可以看出,各个铰链元件 1716 可以形成具有彼此底对底布置的两个槽的、可以描述为“双槽(double-trough)”的结构。在角部中,两个铰链元件 1716 不必彼此接触,并且可以保留在铰链元件 1716 之间的空隙,该空隙可以允许对电极结构独立于振膜结

构地机械结合并且电耦合于支撑结构。在该实现方式的实例中,铰链元件 1716 可以具有 H 形的截面。在可选的实现方式中,一个或多个铰链元件 1716 可以具有例如 U 形截面或另一种截面,其中例如第二振膜元件 214 可以连续形成“U”的下边,而第一振膜元件 212 可以被壁元件 1717 中断。图 17C 中的虚线示意性地表示了低压区 232 的一些内轮廓。

[0063] 图 18A 至图 18C 示意性图示了 MEMS 麦克风的另一个可能的实现方式,其中对电极元件可以具有大致 X 形的构造。图 18A 可以示出了第一对电极元件 1822 的以及铰链元件或第三振膜元件 1816 的示意顶部图。为清楚起见,从图示中省略了一些元件,例如图 17A 至图 17C 中的壁元件 1717。可以看出,可以通过可以从第一对电极元件 222 的中央部以 X 形的方式延伸的四个臂,而在支撑结构 1706 处悬挂第一对电极元件 222。作为一个可选的实现方式,可以通过一个臂、两个臂、三个臂、或任何其他数量的臂,而在支撑结构处支撑第一对电极元件 1822。

[0064] 图 18B 示出了通过图 18A 的 MEMS 麦克风的截面示意图,而图 18C 示出了通过 MEMS 麦克风的对应的水平截面。在图 18C 中可以看出,可以以成角度的截取平面实施图 18B 的截面图,使得图 18B 中的左侧部分示出通过铰链元件 1816 的截面,而图 18B 的右侧部分示出通过对电极隔离层 1852 的截面示意图。铰链元件或第三振膜元件 1816 可以包括促进铰链元件 1816 在该区域中的弯曲的波纹线 1818。各铰链元件 1816 的弯曲可以描述为绕着平行于波纹线 1818 的延长线的轴的旋转。铰链元件 1816 的壁元件 1817 可以参与到针对环境大气而约束低压区 232 中。为此,壁元件 1817 可以耦合至支撑结构 1706。在图 18A 至图 18C 所示的实例中,壁元件 1817 可以包括可以以某角度开始于支撑结构 1706 的第一壁部、可以基本平行于支撑结构 1706 而延伸的第二壁部、以及可以以某角度与支撑结构 1706 合并的第三壁部。以这种方式,壁元件 1817 可以形成包围铰链元件 1816 的剩余部分特别是包括波纹线 1818 的部分的梯形的三个边。梯形的第四个边可以由支撑结构形成。可以在一个以上的铰链元件 1816 内形成另外的排气孔 1815。通风孔 1815 可以配置以便于使得环境压强与背侧腔体 298 之间的静态压强均衡。如上文所说明的,在中心支柱 715 中也可以有另外的通风孔 515。

[0065] 图 19 示出了 MEMS 麦克风的可能的实现方式的另一个实例,其中定子即对电极装置可以实现为单电极,并且可动振膜结构包括针对彼此电隔离的两个电极。MEMS 麦克风可以包括第一振膜元件 1912 和第二振膜元件 1914。第一振膜元件 1912 可以经由多个电隔离支柱 1972 而机械耦合至第二振膜元件 1914。对电极装置可以包括导电材料的单个对电极元件 1922。也可以设置可以针对彼此电隔离的两个对电极、以及也可以针对彼此电隔离的额外的两个振膜(即用于 MEMS 麦克风的四个不同的电极)。

[0066] 图 20A 至图 200 示出了在用于如上文所描述的 MEMS 麦克风的制造工艺的一个可能的实例的不同阶段或步骤中,经过晶片的一部分的截面示意图。任何的尺寸、不同层的厚度值、材料选择等都只是实例,并且因而可以改变。

[0067] 图 20A 示出了可以是其中硅可以以单晶结构布置的硅晶片的衬底 202。可以已经在背板 202 的上主表面处淀积了下蚀刻阻挡层 203。下蚀刻阻挡层 203 可以确保可能出现在后续制造工艺中的用于形成腔体 298 的的蚀刻工艺的可靠停止。下蚀刻阻挡层 203 可以通常由例如氧化物、热氧化物、或 TEOS 制成。其厚度可以在 0.1 至 1 μm 之间。

[0068] 图 20B 示出了在用于已经在下蚀刻阻挡层 203 处淀积了第二振膜元件 214 的层后

的晶片的截面示意图。此外,在图 20B 中可以还已经形成了第二振膜元件 214 结构。该材料可以是掺杂硅聚合物 (poly-silicone),其可以是作为 MEMS 麦克风的马达的一部分而淀积的掺杂多晶硅层。层 214 的厚度通常可以在 0.5 至 2 μm 之间。

[0069] 图 20C 示出了在图 20B 所示的结构处淀积了用于下间隙的牺牲氧化物 2044 的层之后的通过晶片的截面示意图。牺牲氧化物可以为与用于下蚀刻阻挡层 203 的材料基本相同的材料。淀积的第二振膜氧化层 2044 的在第二振膜元件 214 的顶部的厚度通常可以在约 0.5 至 2 μm 之间,取决于期望的用于 MEMS 麦克风的间隙宽度。

[0070] 图 20D 示出了在先前淀积好的牺牲氧化物 2044 上淀积了多层定子的各个层之后的截面示意图。在所描述实例中,多层定子可以包括三个层:层 2024,用于随后形成第二对电极元件 224;电绝缘材料的层 2052,用于随后形成对电极隔离层 252 的;以及层 2022,用于随后形成第一对电极元件 222。层 2024 和层 2022 可以是掺杂多晶硅的,或者包括掺杂多晶硅。层 2052 可以包括氮化硅 SiN 。其他材料也是可以的,例如单晶硅(体硅;或者绝缘体上硅,SOI)、多晶硅、金属(例如铝或者 AlSiCu)。介电层可以包括氧化物、 Si_3N_4 、 $\text{Si}_x\text{N}_y\text{O}$ 、聚酰亚胺等。多层定子的各个层的厚度可以,例如,对于第一和第二对电极元件 2022、2024 的层,在约 0.1 至 1 μm 之间,而对于对电极隔离层 2052 的层,在约 0.1 至 0.5 μm 之间。

[0071] 图 20E 示出了在可以已经形成了包括三个层 2024、2052 和 2022 的多层定子结构之后,特别是在可以已经在多层定子中形成了开口 2027 或沟槽之后的截面示意图,例如所述开口 2027 可以延伸至第二振膜隔离层 2044。

[0072] 接着可以通过淀积工艺(例如,具有在约 0.5 至 5 μm 之间的厚度的 TEOS 淀积结构 2042)来填充开口 2027。在第二振膜隔离层 2044 可以为与淀积材料是相同材料的情况下,这两个层可以合并,并且可以形成一个结构。在 TEOS 淀积之后的截面示意图可以如图 20F 所示。其他淀积材料也是可以的。

[0073] 图 20G 示出了可以已经在第二振膜隔离层 2042 处淀积了掩膜 2045 并且已经使掩膜 2045 形成了结构之后的截面示意图。接着,可以执行通常所说的间隔体蚀刻工艺(支柱蚀刻工艺),其结果可以在图 20H 中看到。特别地,可以已经使孔 2027 相对于它们的深被延伸,使得它们现在可以向下到达第二振膜元件 214。

[0074] 在图 20I 中,可以已经除去了掩膜 2045。孔 2027 可以现在限定将来的支柱 272 的形状。在后续的步骤中,可以执行进一步淀积掺杂多晶硅 2012,该淀积填充孔 2027(图 20J)。淀积的掺杂多晶硅的厚度可以例如在约 0.5 至 2 μm 之间。

[0075] 随后,可以构造淀积的掺杂多晶硅 2012。通过构造第一振膜层 2012,可以在第一振膜层 2012 中创建多个小孔 2011。每个孔可以具有例如在约 0.1 至 1 μm 之间的直径。小孔 2011 可以随后用作蚀刻孔,并且接着使小孔 2011 再次闭合。图 20J 示出了在已经淀积了第一振膜层 2012 并且使第一振膜层 2012 形成结构之后的截面示意图。在形成小蚀刻孔 2011 的同时,可以通过形成可以将第一振膜元件 212 与第一振膜材料 2012 的周围的部分分离的间隙 2021 来执行对第一振膜层 2012 的横向分割,该分离可以随后完成。第一振膜材料的周围的部分可以随后被用于电接触第一对电极元件 222、第二对电极元件 224 和/或第二振膜元件 214。

[0076] 图 20K 示出了在横向分割 2021 可以已经暂时借助于掩膜 2046 的方被覆盖之后的截面示意图。利用还未被掩膜覆盖的剩余的小孔 2011,执行释放蚀刻以便除去在第二振膜

层 214 与第一振膜层 2012 之间的氧化物。释放蚀刻工艺可以受时间控制,使得牺牲材料 2042 和 2044 的边缘部分不会被蚀刻剂蚀刻掉,因为,最近的孔 2011 的距离可以太大,使得蚀刻剂不能在释放蚀刻工艺持续的期间到达该边缘部分。替代受时间控制的蚀刻工艺,也可以使用用于设置蚀刻阻挡的其他形式。

[0077] 图 20L 示出了已经除去了掩膜 2046 之后的截面示意图。在图 20M 中可以已经执行了蚀刻孔闭合,以使用适当的密封材料 2019 来使小孔 2011 闭合,这可以在图 20M 和随后的图 20N 和 20O 中由粗线示意性地表示。该闭合步骤可以是在低压气氛或(近)真空下执行的,以获得低压区 232。该蚀刻孔闭合可以包括下列活动中的一个以上:

[0078] 在低压下,利用氧化物的非保形淀积来进行覆盖,或者

[0079] 在低压/真空下,淀积 BPSG(硼磷硅玻璃)并且稍后回流,或者

[0080] 在低压/真空下,层压箔片。

[0081] 图 20M 图示了淀积 BPSG 的情况,其也可能造成 BPSG 覆盖低压区 232 的内侧壁。

[0082] 图 20N 示出了在可以已经蚀刻了接触孔之后制造的过程中 MEMS 麦克风的截面示意图。可以在第一接触孔内形成第一接触 2082,并且该第一接触 2082 提供用于第一振膜元件 212 的电连接。可以在第二接触孔内设置第二接触点 2092,以提供用于第一对电极元件 222 的电连接。可以在第三接触孔内设置第三接触点 2094,作为用于第二对电极元件 224 的电连接。注意到,一个或多个横向分割 2021、第一振膜隔离层 242、以及对电极隔离层 252 例如在不同接触点 2082、2092 和 2094 之间,提供电隔离。用于第二振膜元件 214 的接触可能未在图 20N 中明确示出,但能够以与例如接触点 2082、2084、2092 类似的方式形成。

[0083] 图 20O 以截面示意图示出了,在例如利用 DRIE/Bosch 工艺(DRIE:深反应离子蚀刻)进行的对背侧腔体 298 的背侧蚀刻之后的、最终的 MEMS 麦克风。下蚀刻阻挡层 203 可以充当用于 DRIE 工艺的蚀刻阻挡,并且可以已经在 DRIE 工艺之后通过进一步的专用氧化物蚀刻工艺而被除去。

[0084] 尽管已经在器件的背景下描述了一些方面,但是很清楚,这些方面也表示对对应的方法的描述,其中,模块或器件对应于方法步骤或者方法步骤的特征。类似地,在方法步骤的背景下描述的方面也表示对于对应的模块或者对应的器件的项目或特征的描述。

[0085] 上文所描述的实施方式只是对本发明原理的说明。应该理解,对本文所描述的布置和细节的修改和变化对于本领域其它技术人员而言是显而易见的。因此,其旨在仅仅由随后的专利权利要求的范围所限定,而不是由以对本文的实施方式的描述和阐释的方式而呈现的具体细节所限定。

[0086] 尽管每项权利要求仅向前引用一个单一的权利要求,但是本公开也涵盖任何可想到的权利要求的组合。

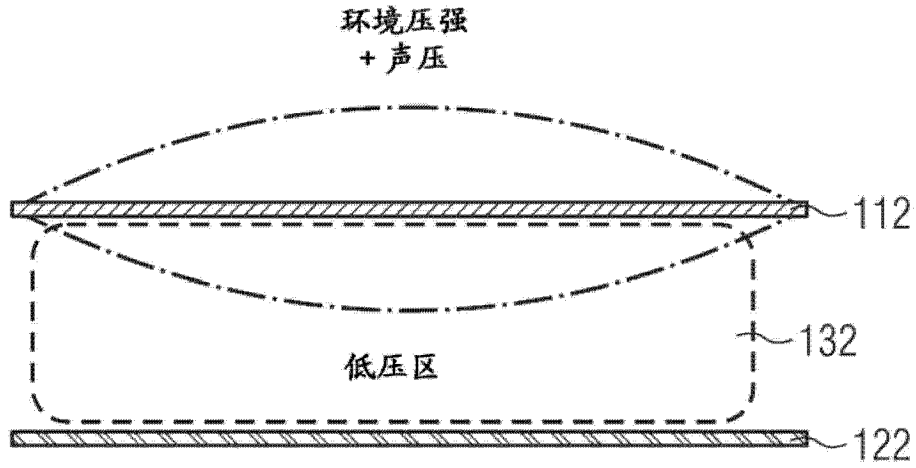


图 1

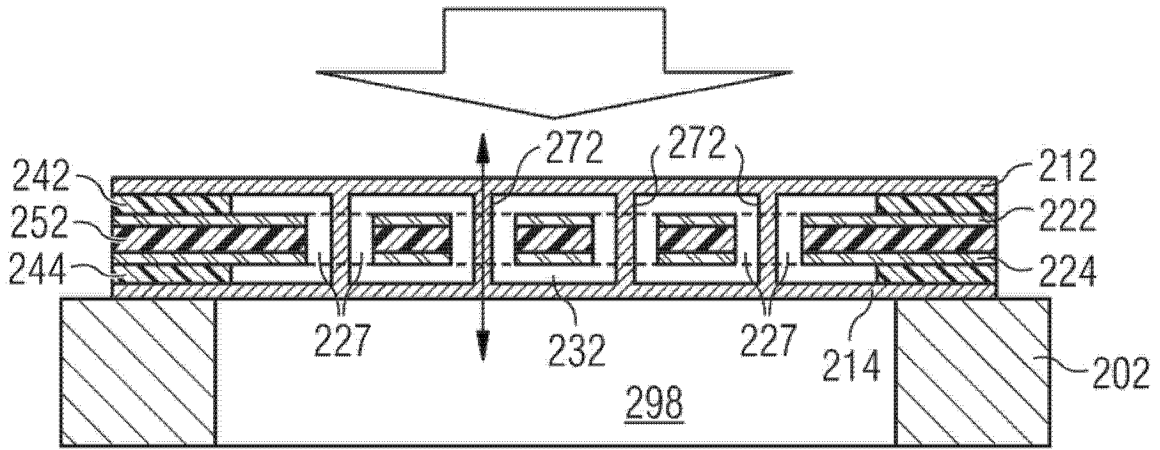


图 2

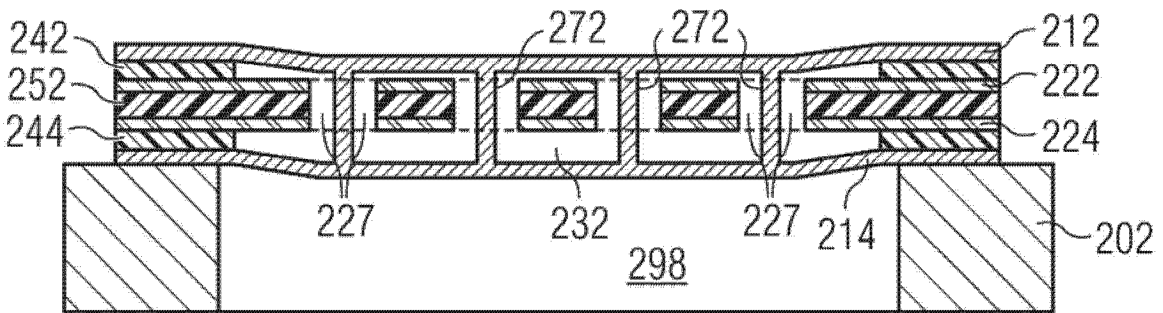


图 3A

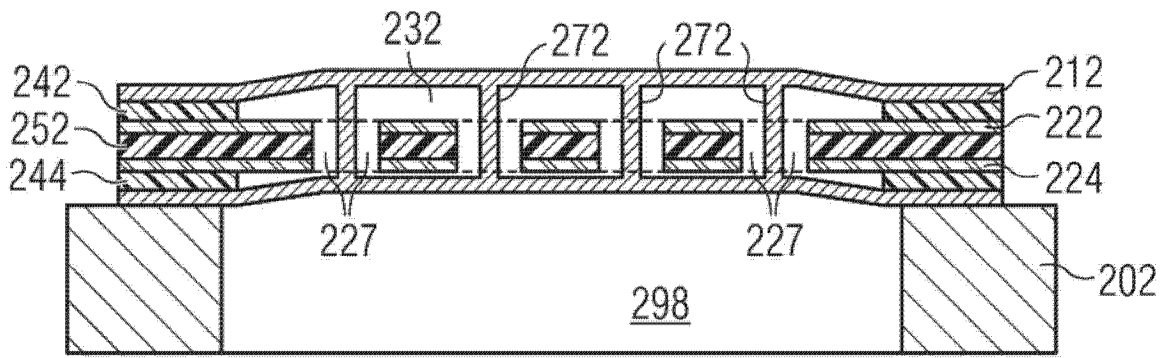


图 3B

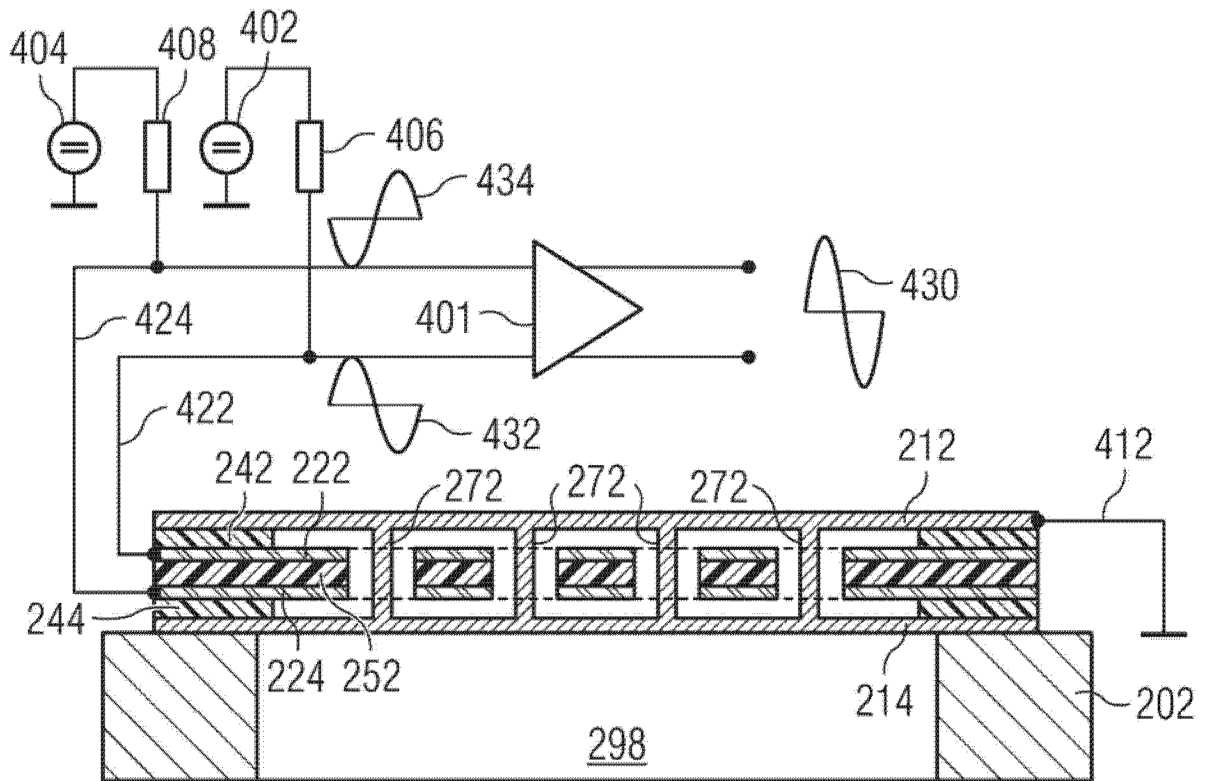


图 4

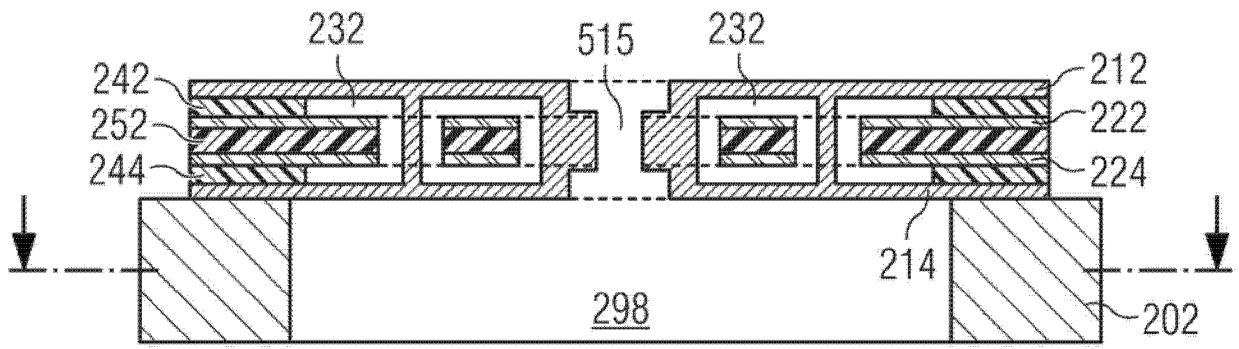


图 5A

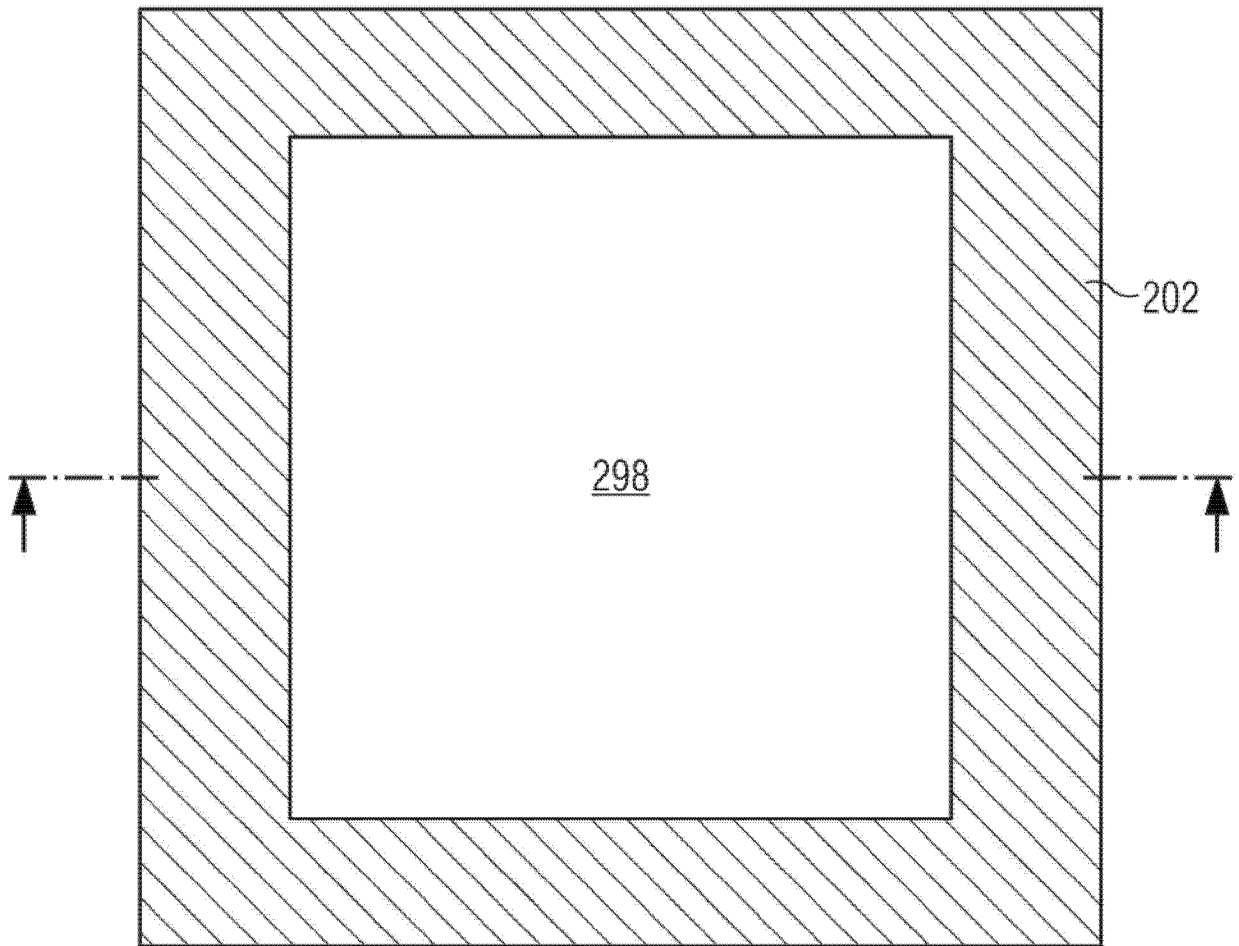


图 5B

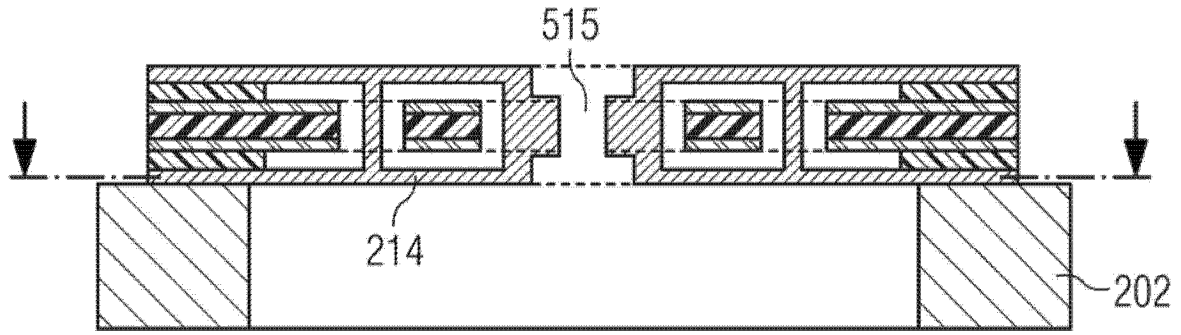


图 6A

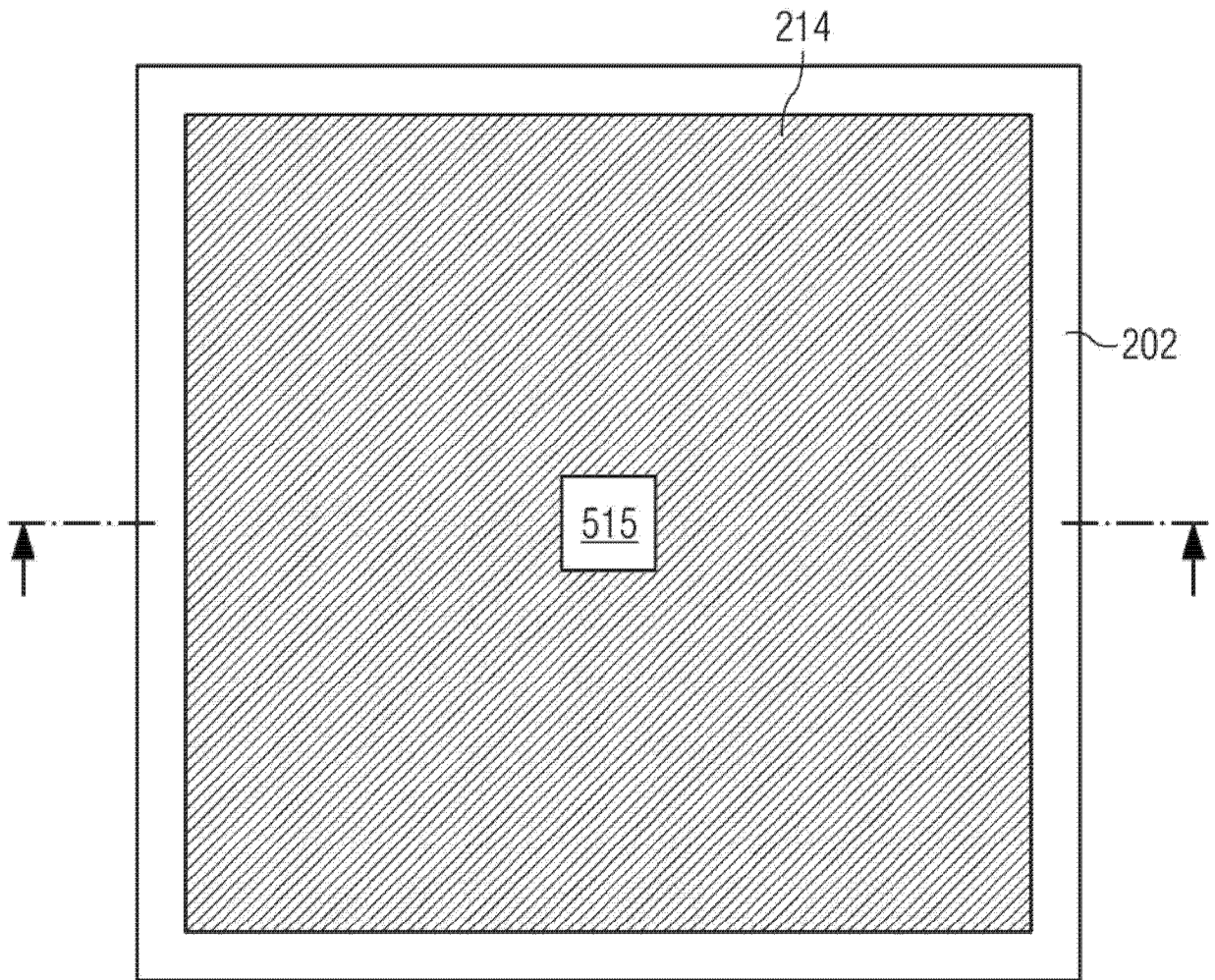


图 6B

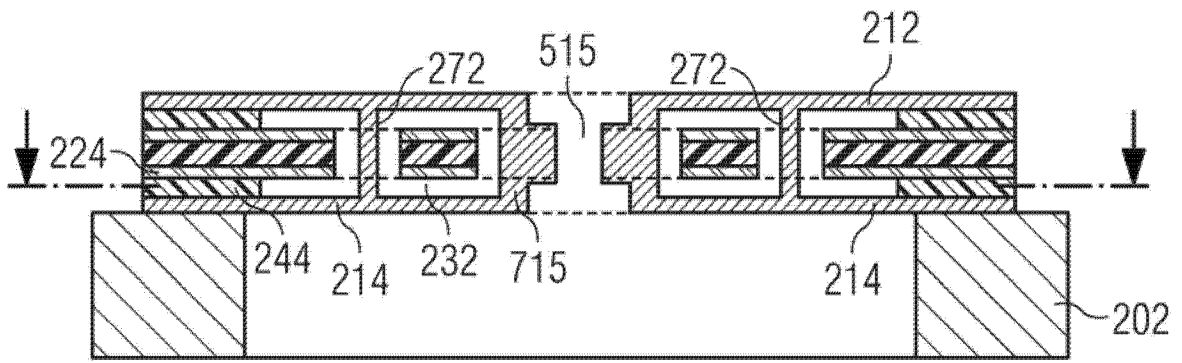


图 7A

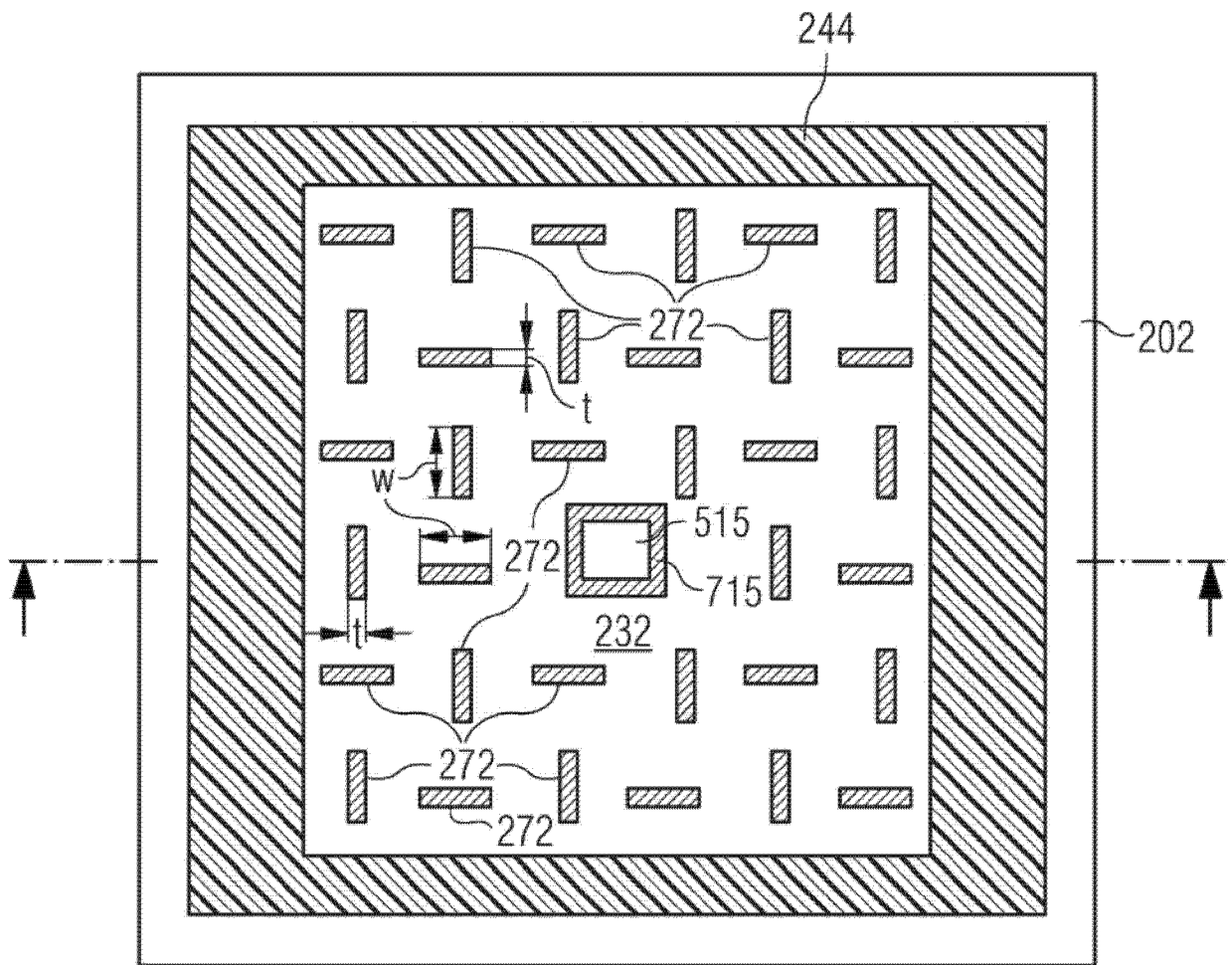


图 7B

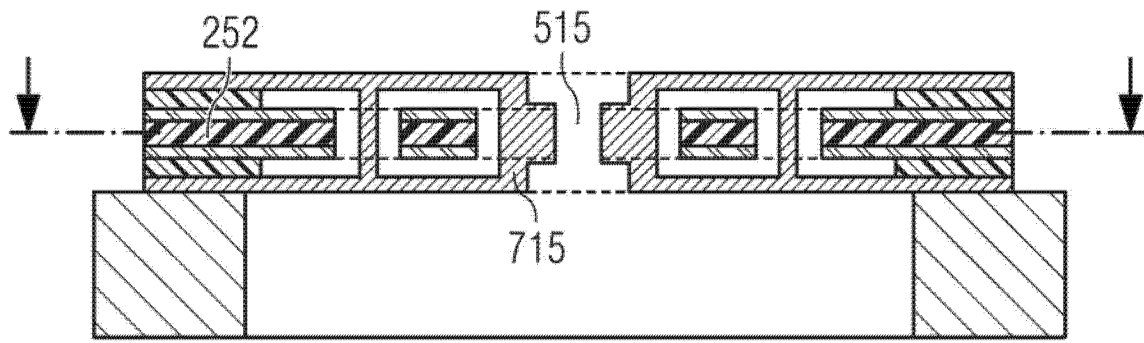


图 8A

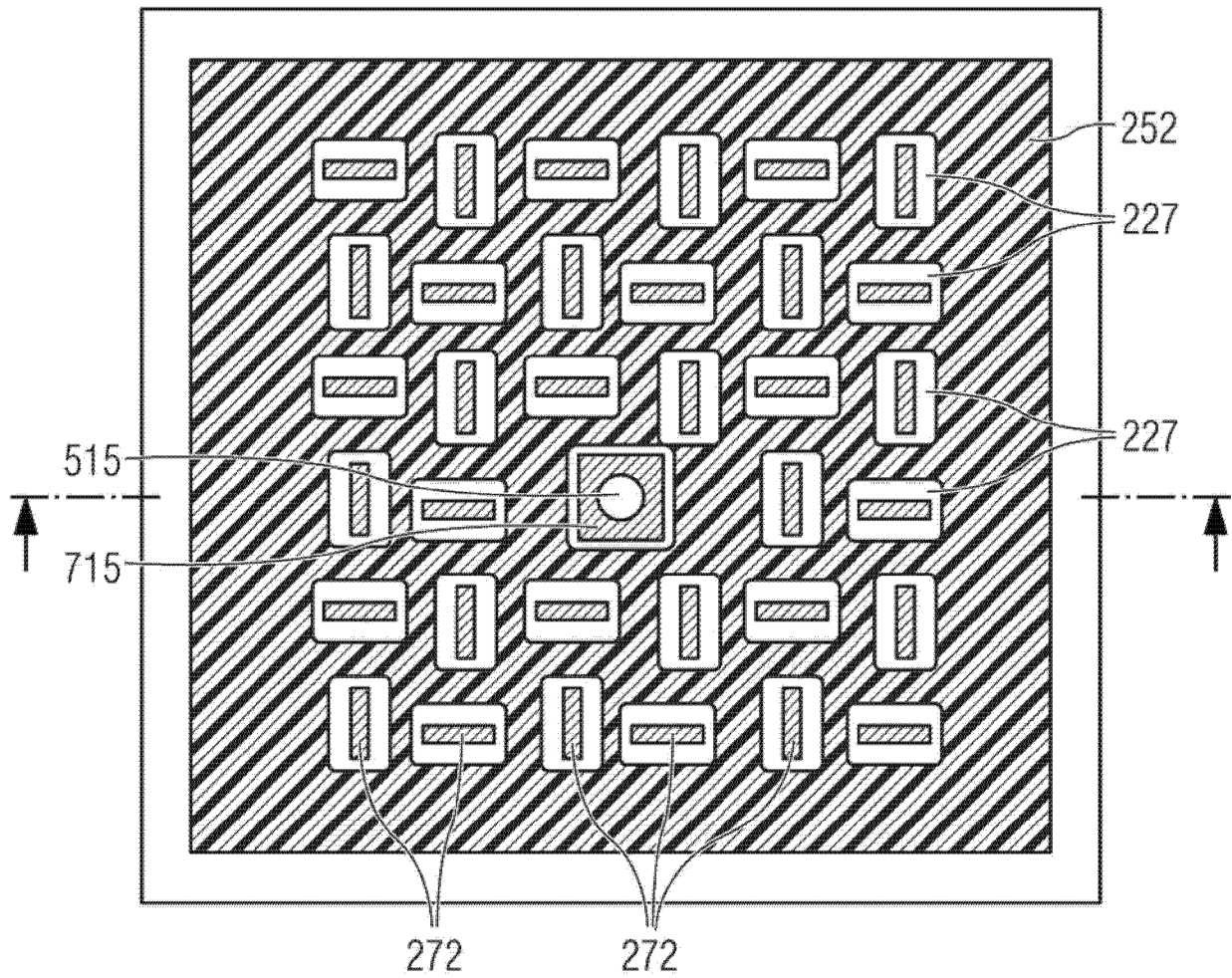


图 8B

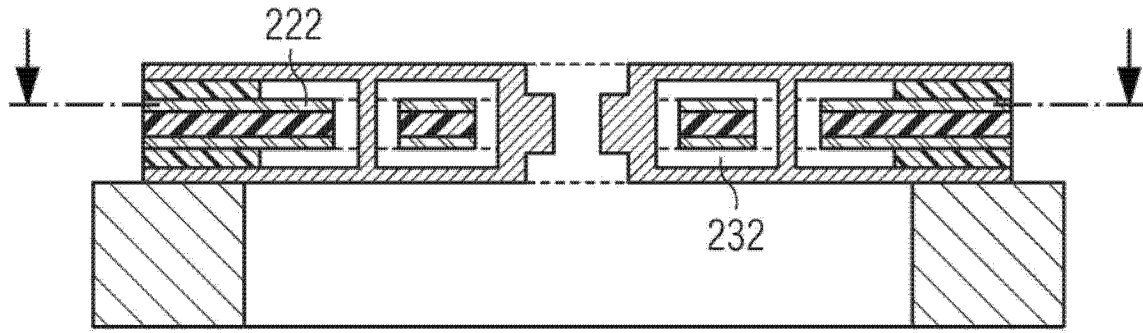


图 9A

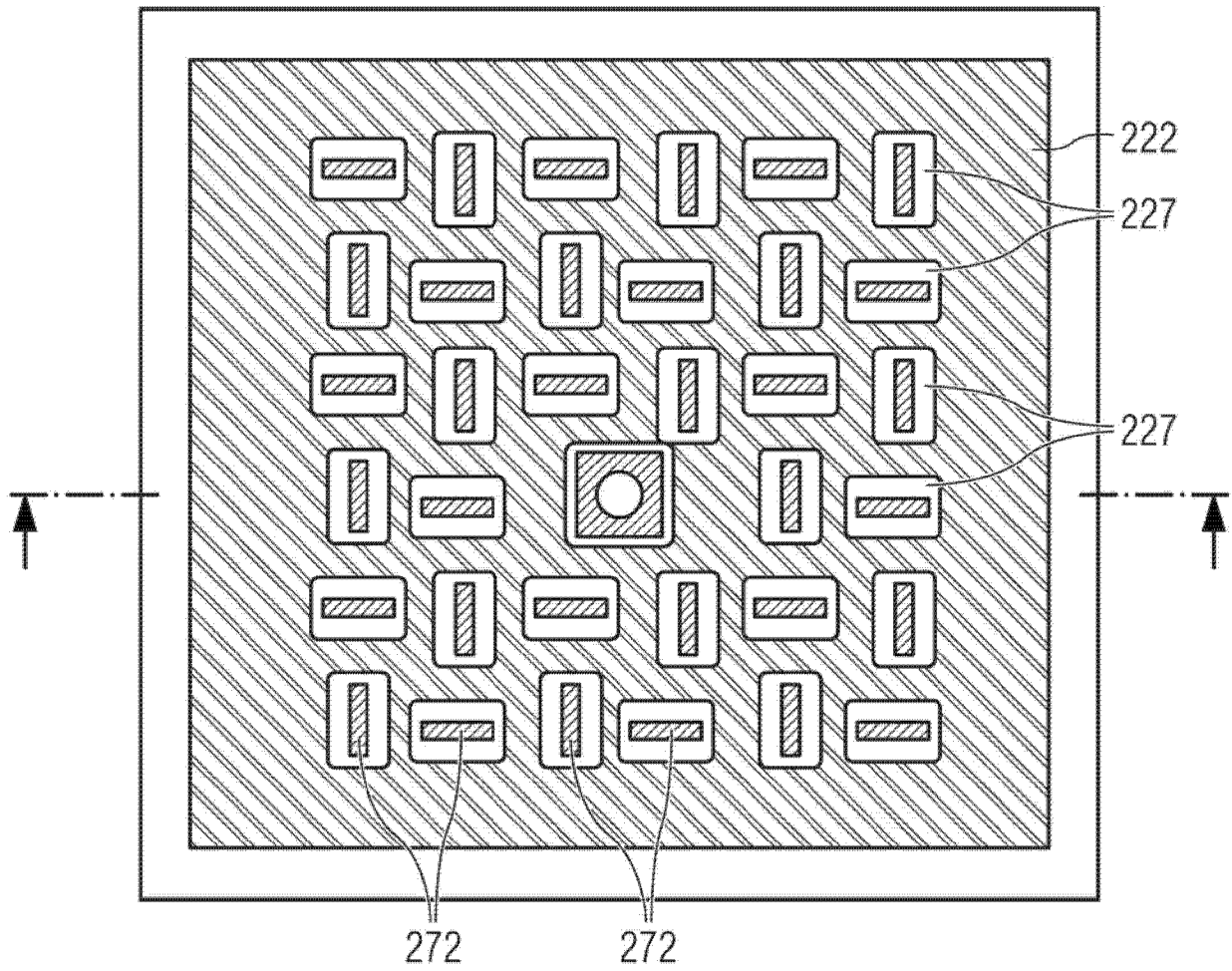


图 9B

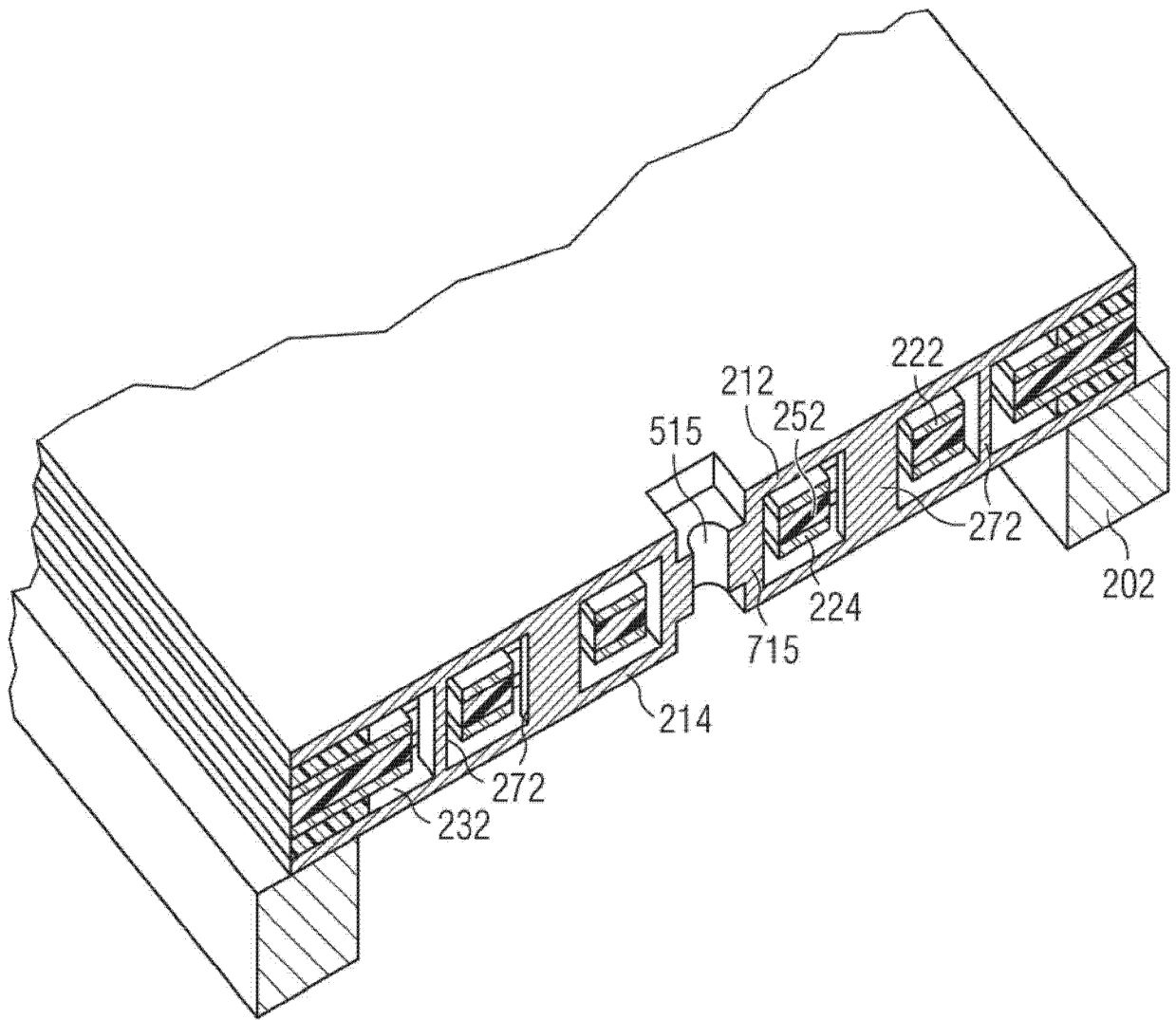


图 10

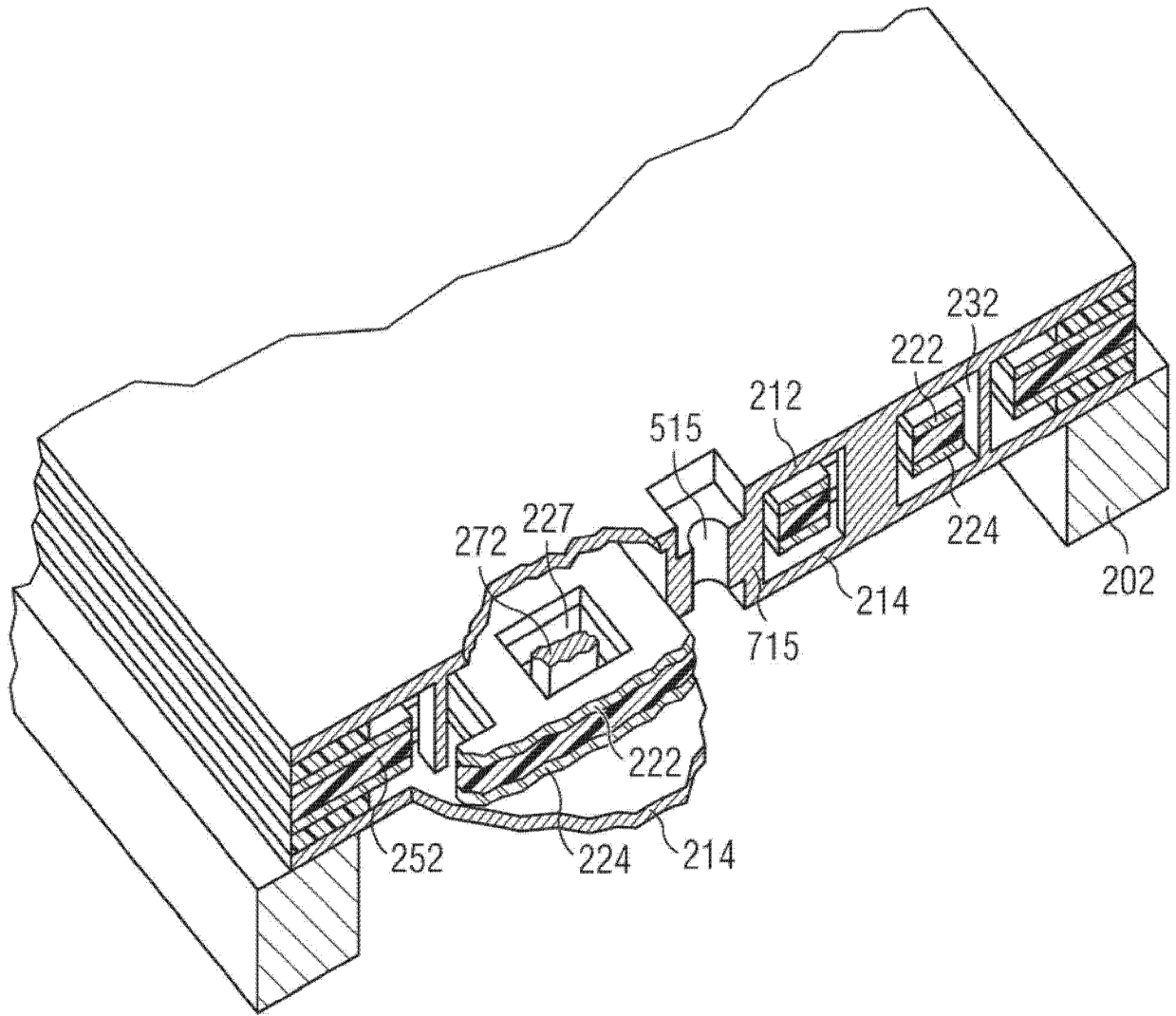


图 11

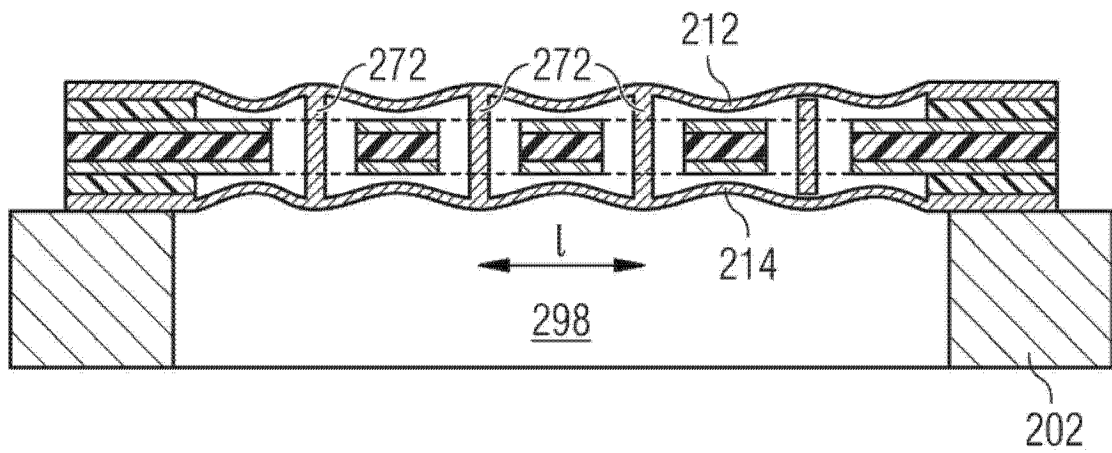


图 12

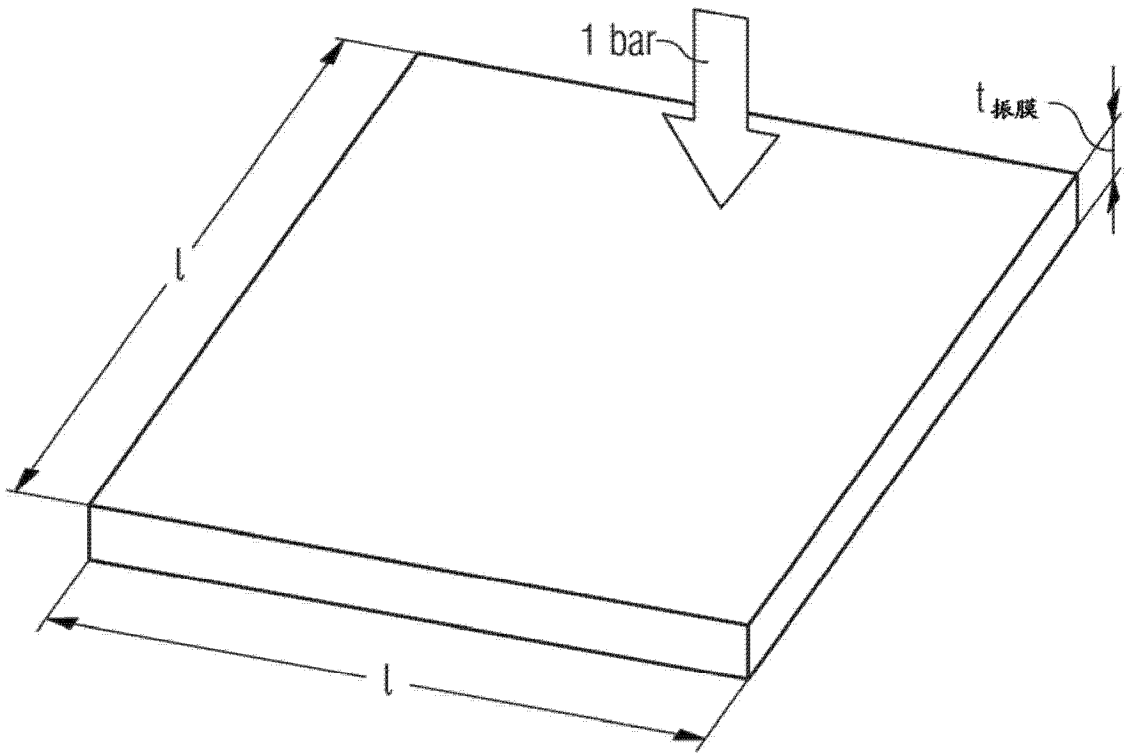


图 13

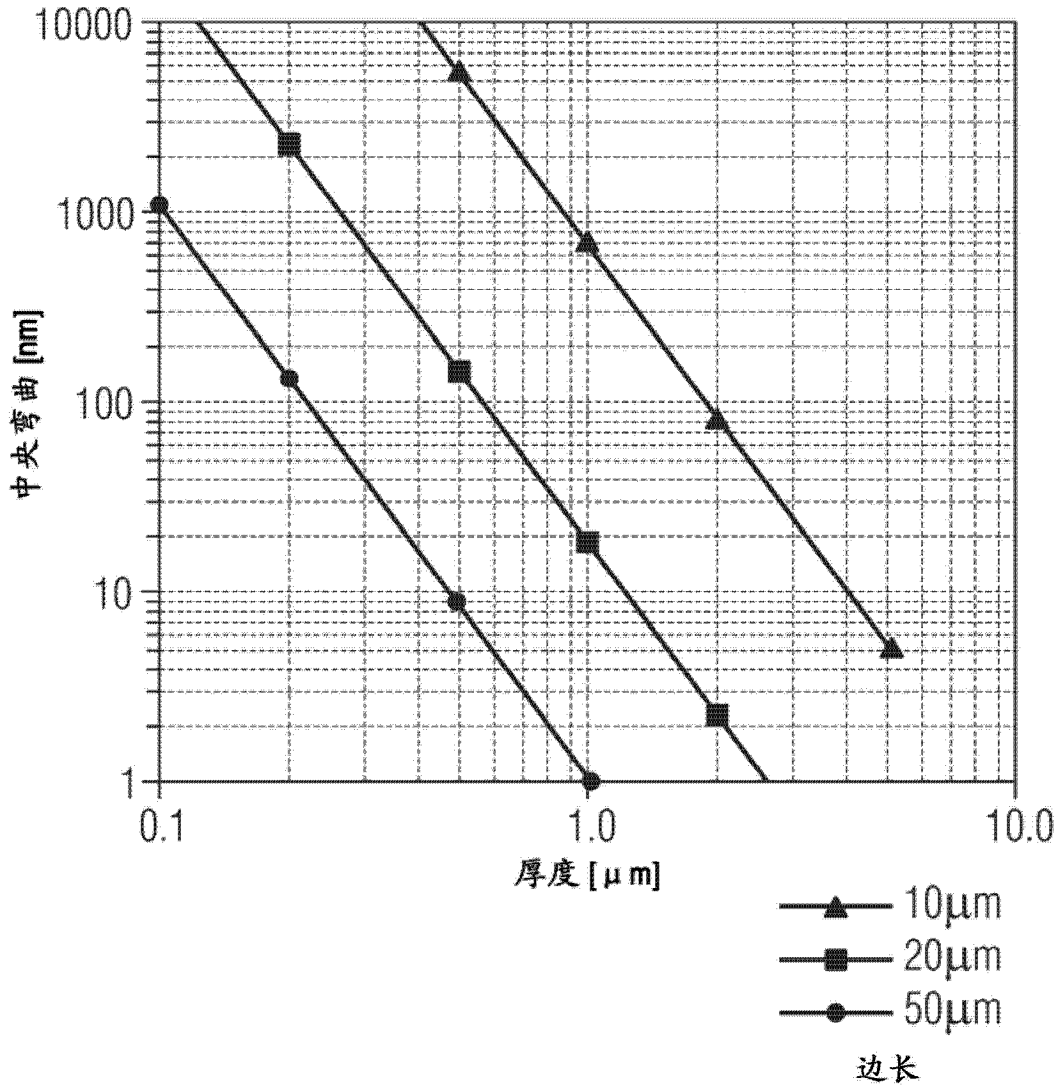


图 14

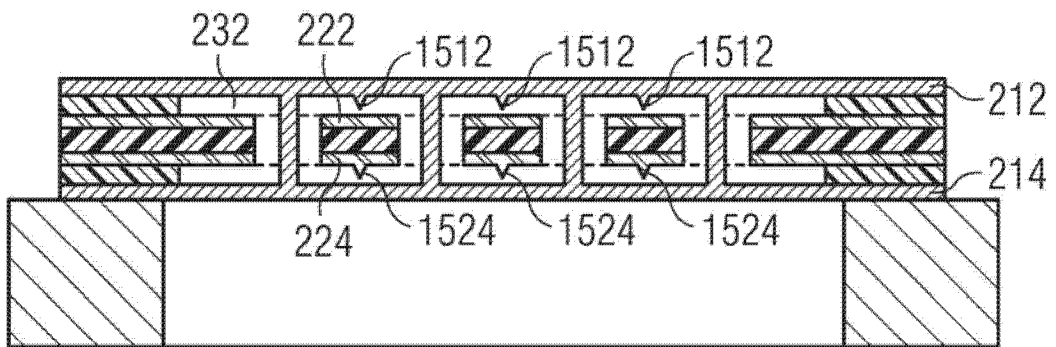


图 15

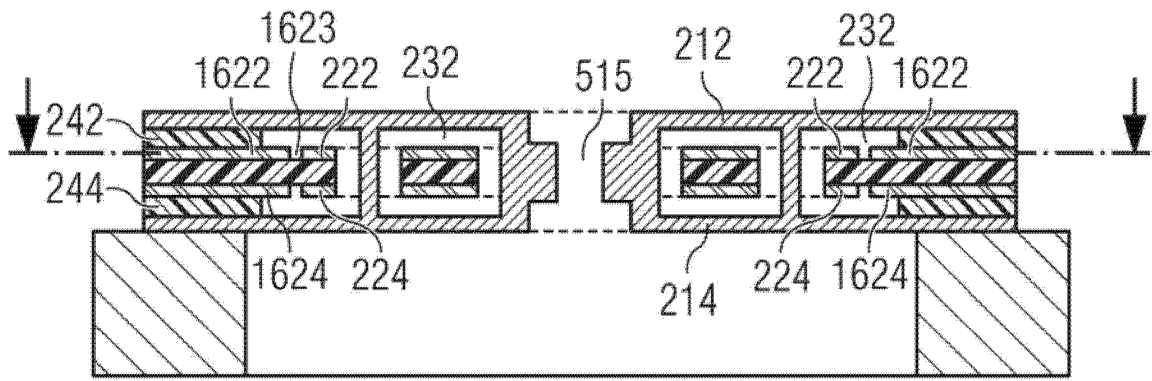


图 16A

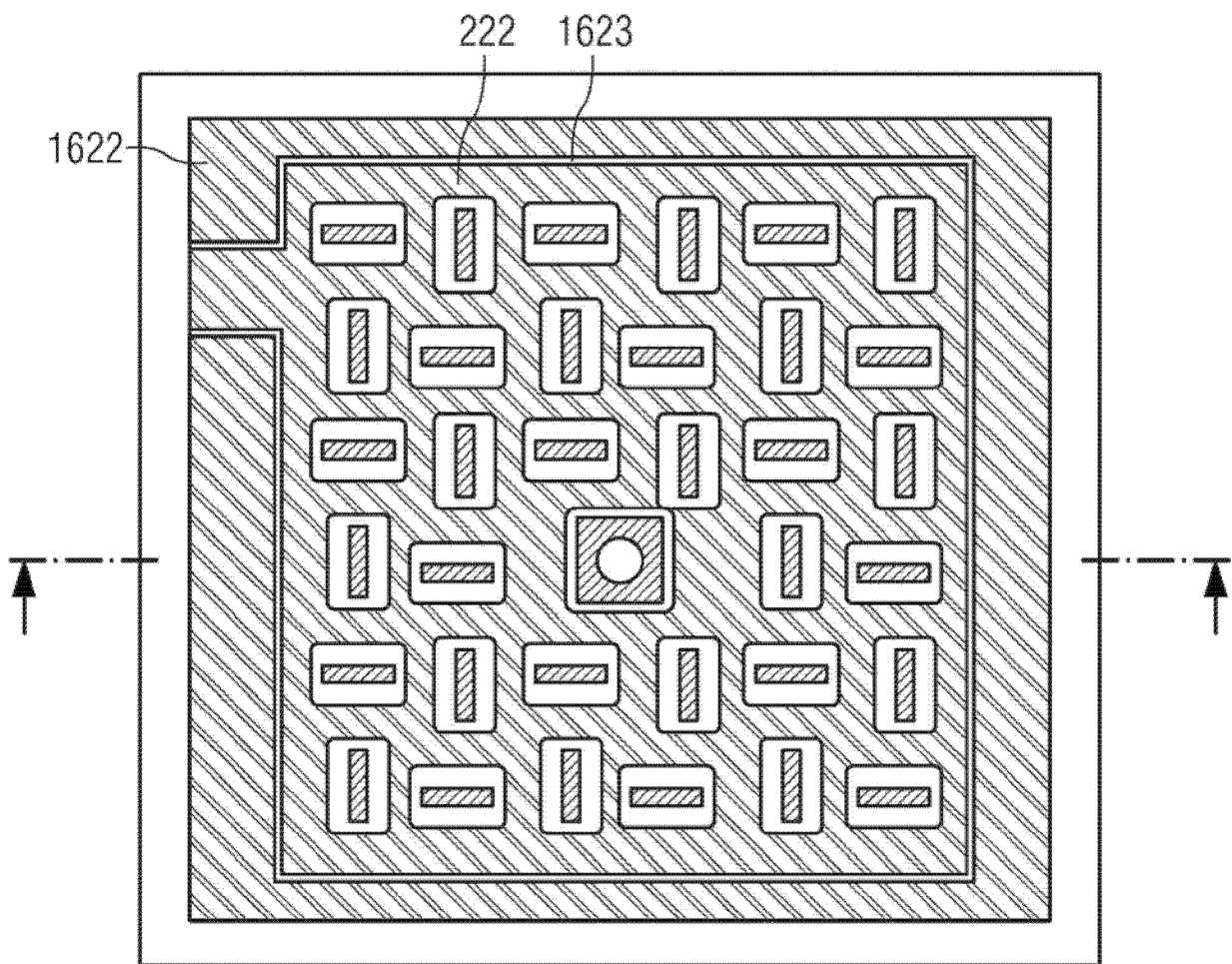


图 16B

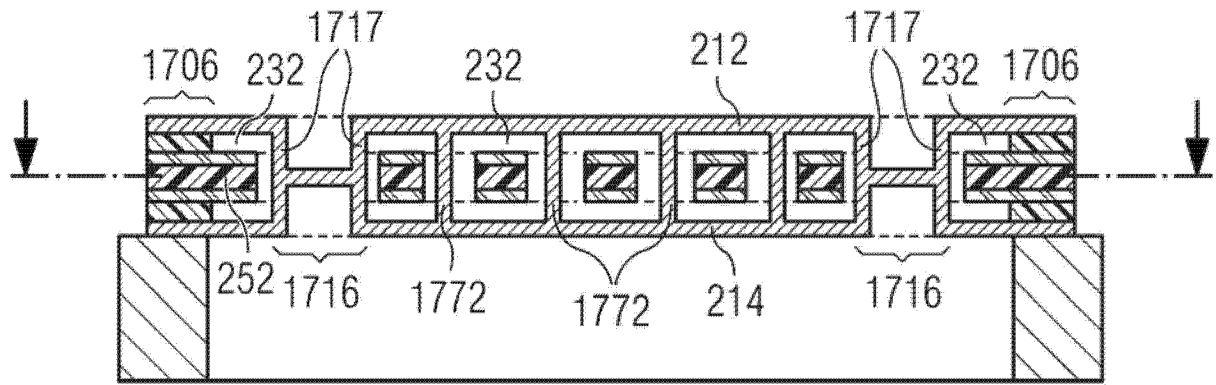


图 17A

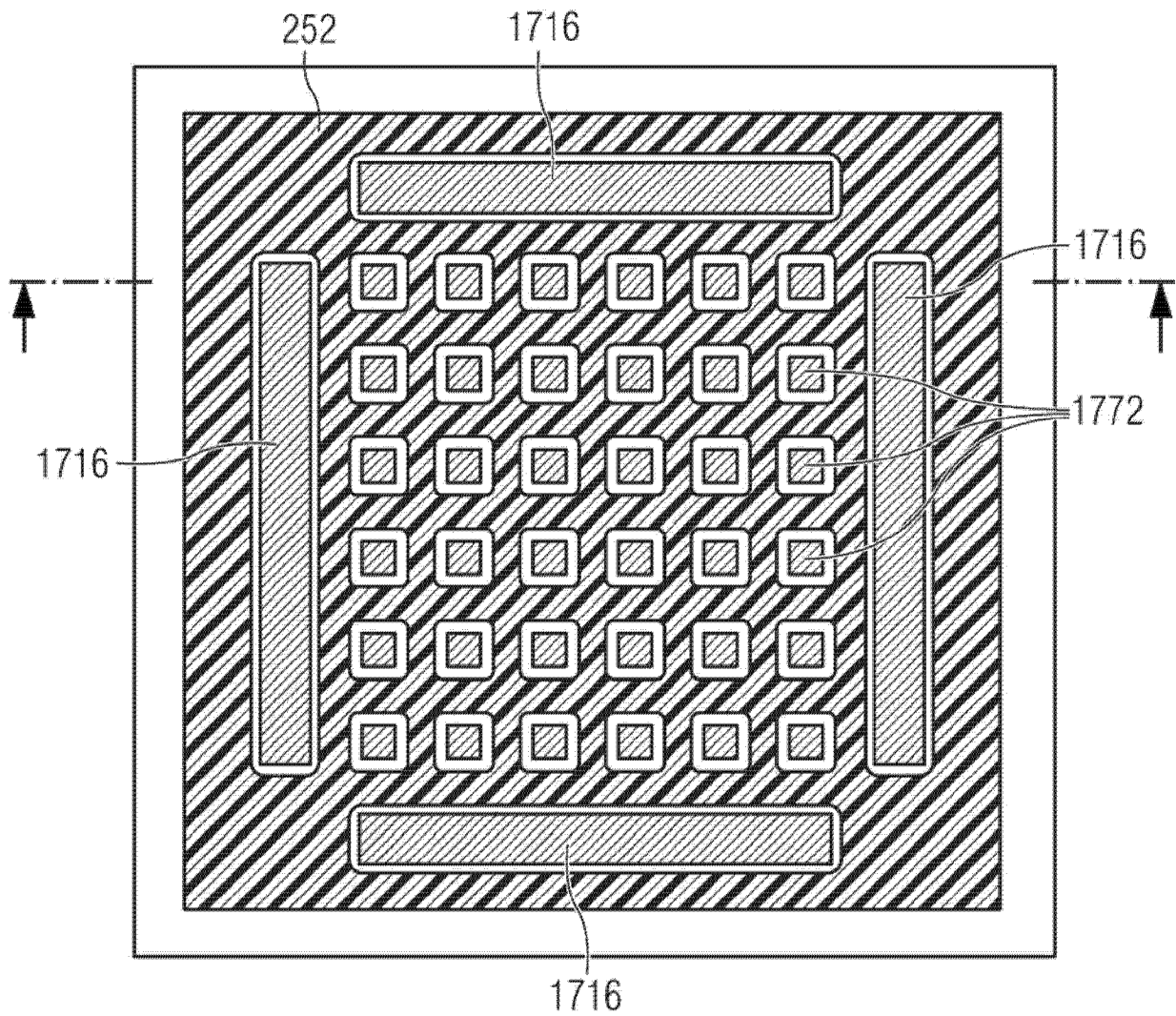


图 17B

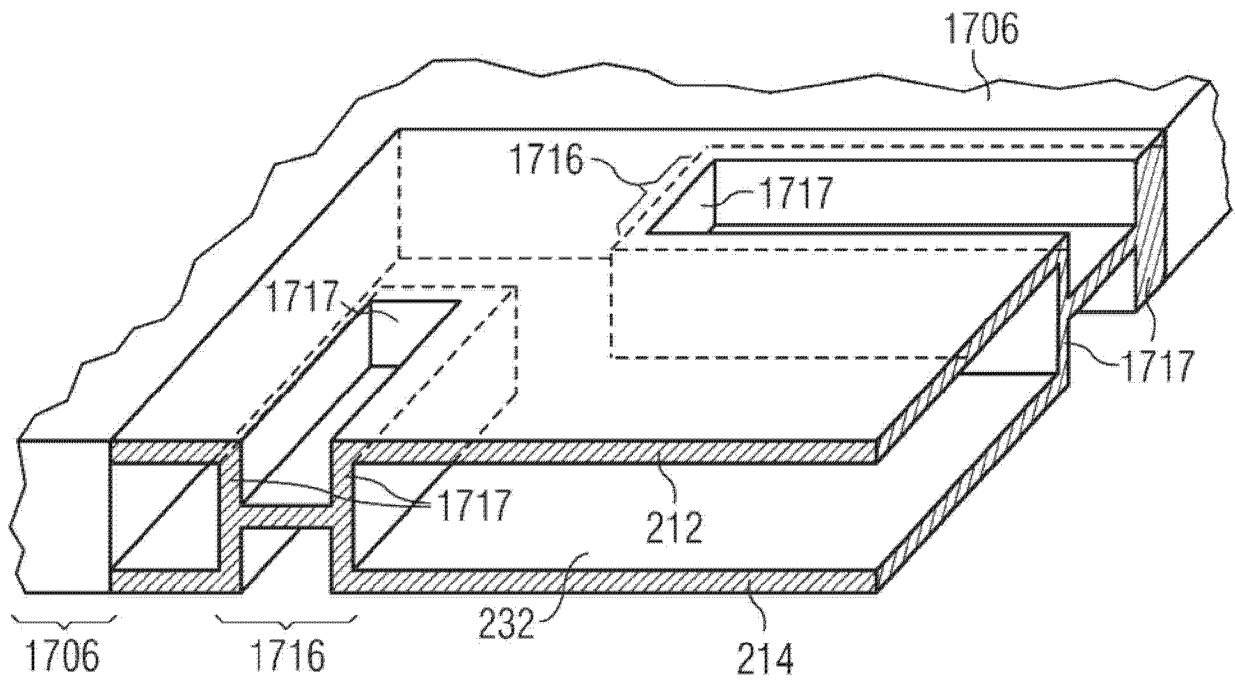


图 17C

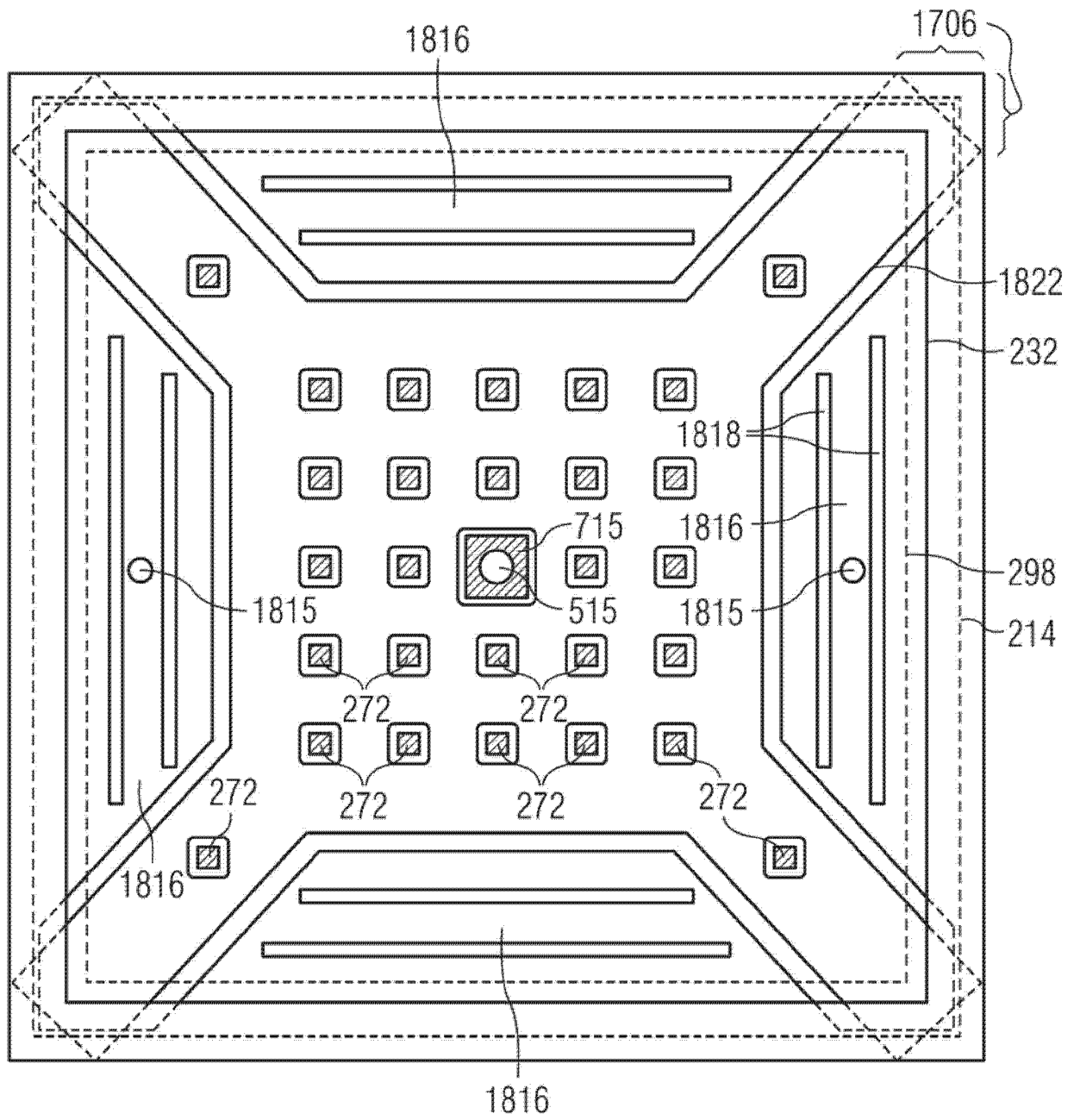


图 18A

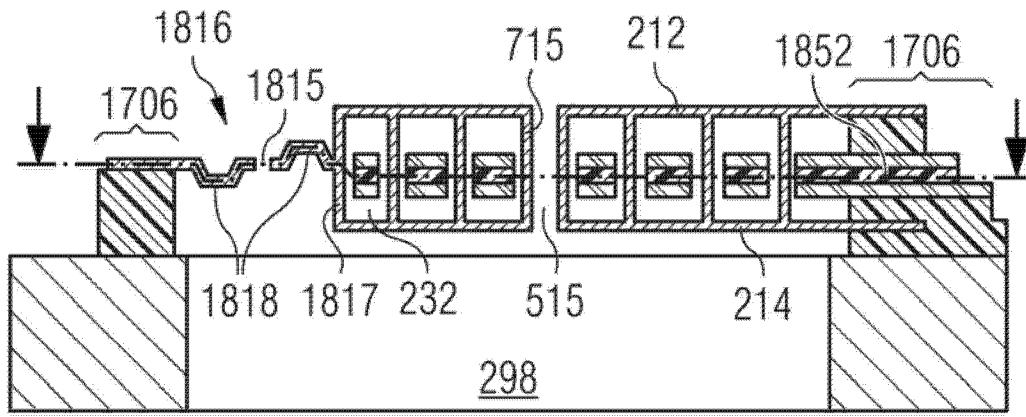


图 18B

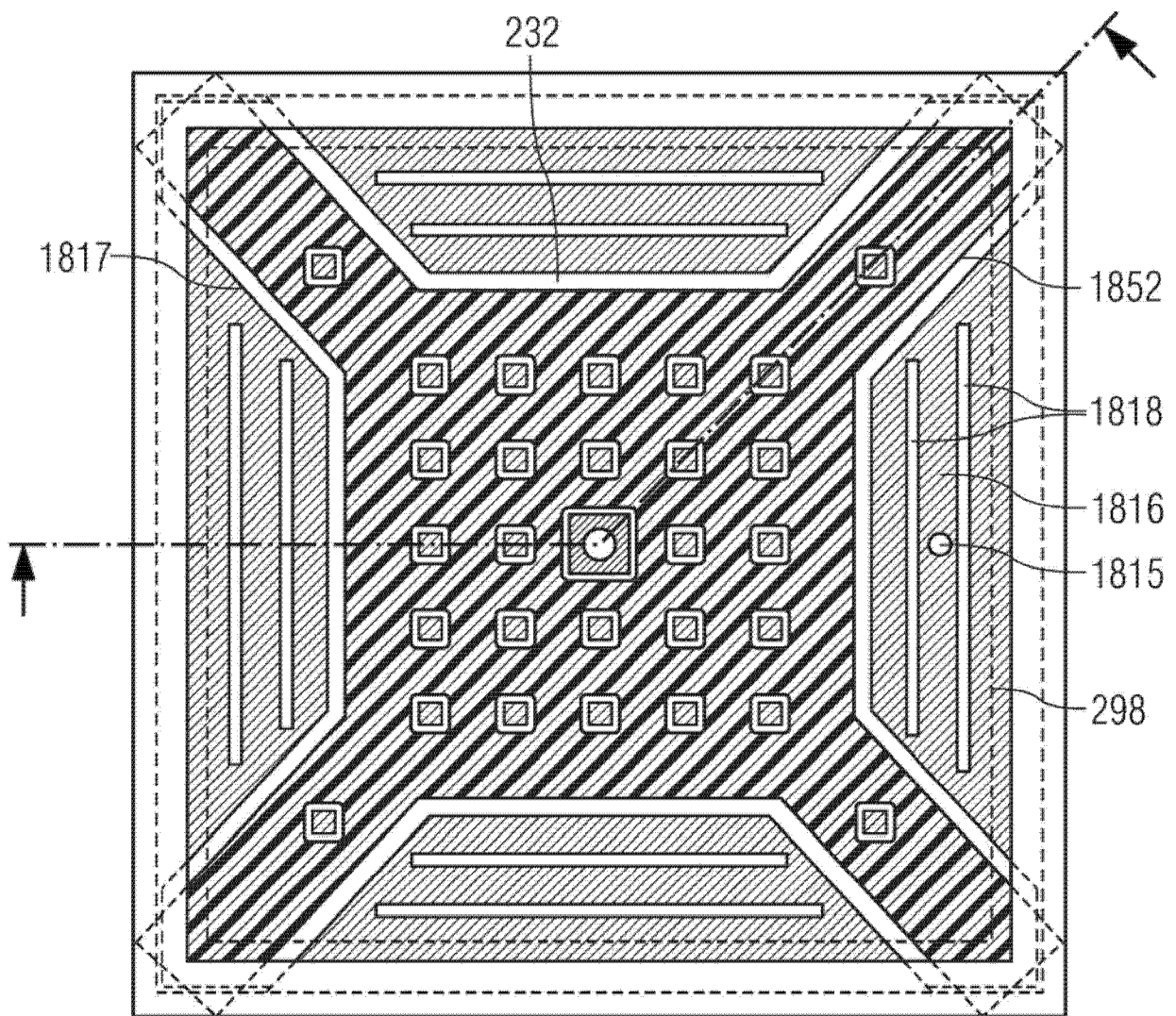


图 18C

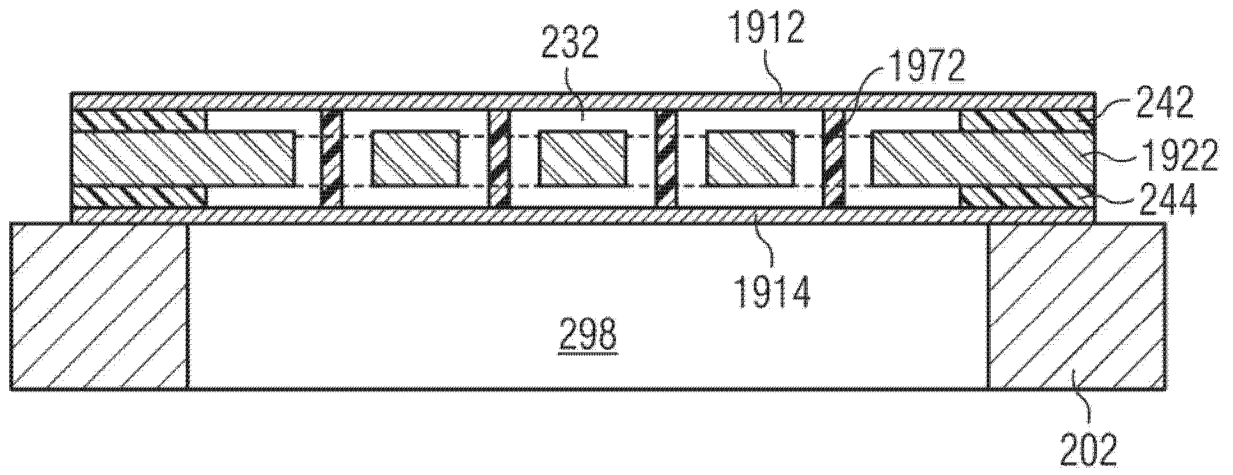


图 19

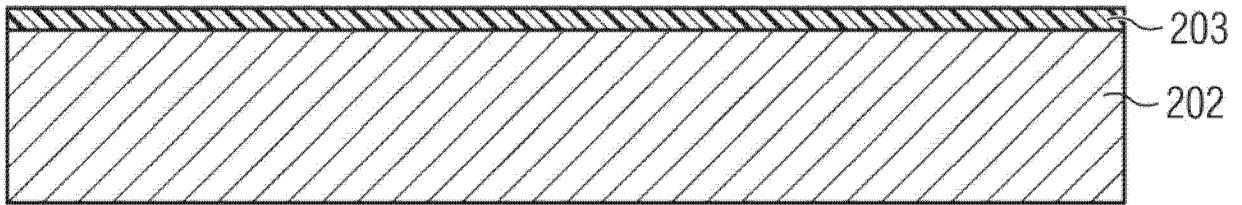


图 20A

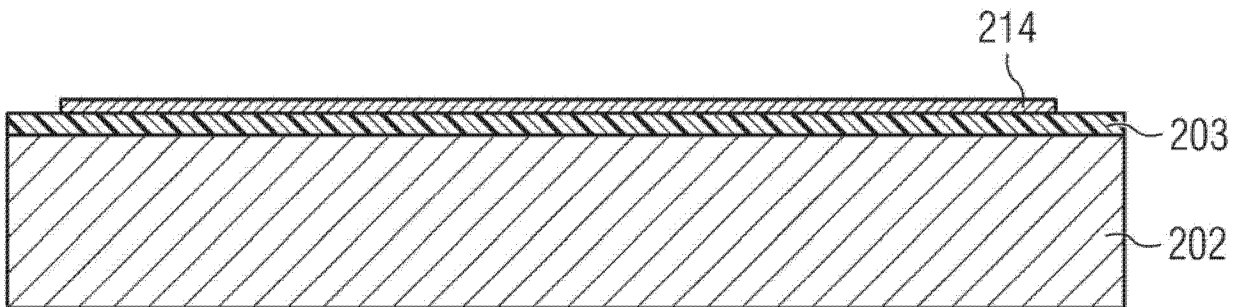


图 20B

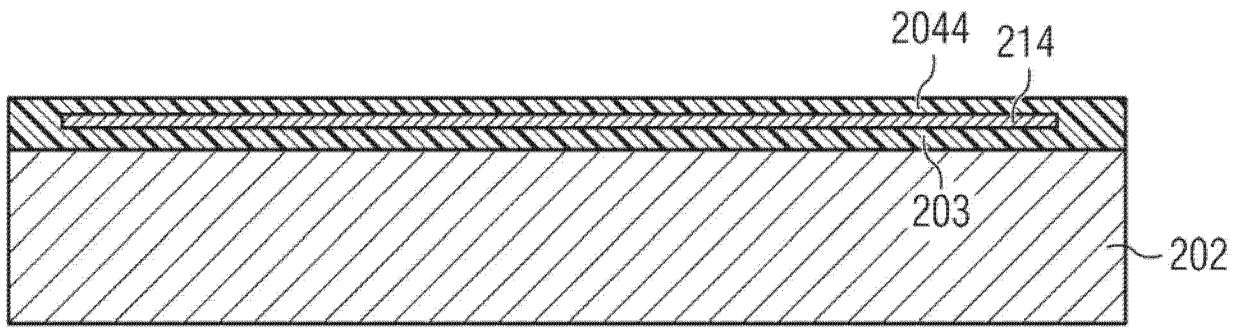


图 20C

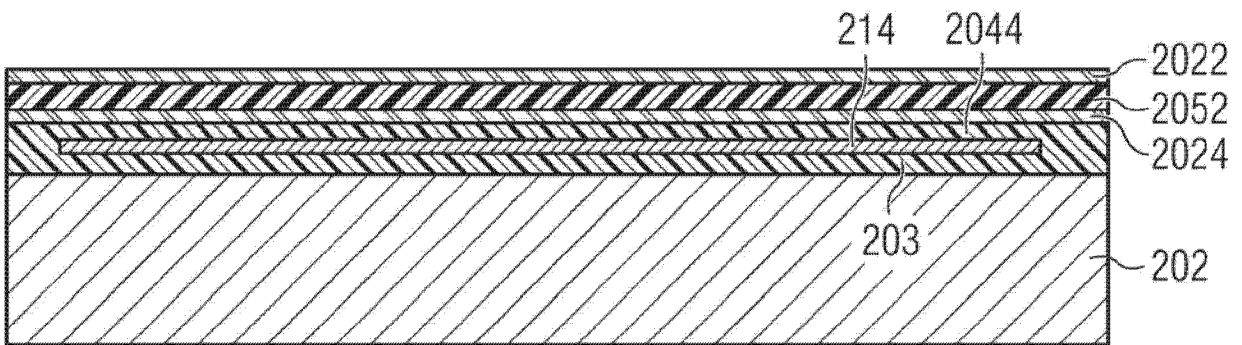


图 20D

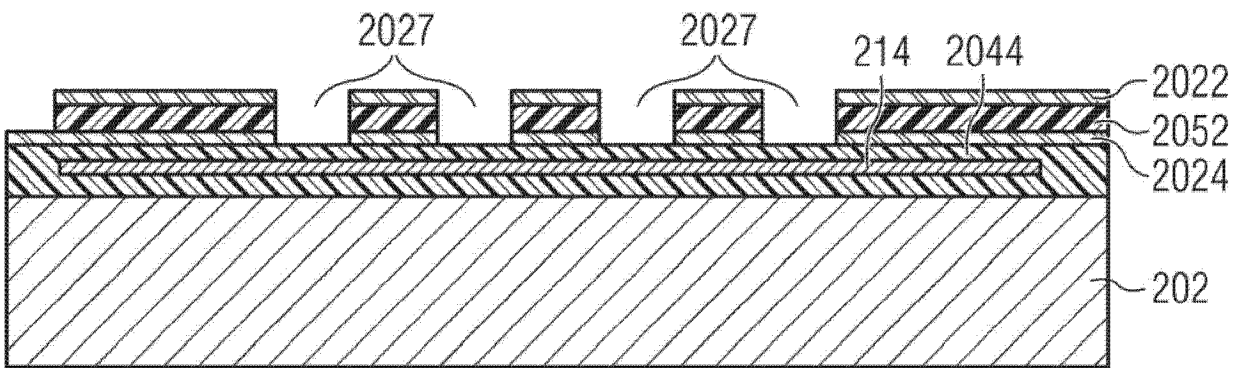


图 20E

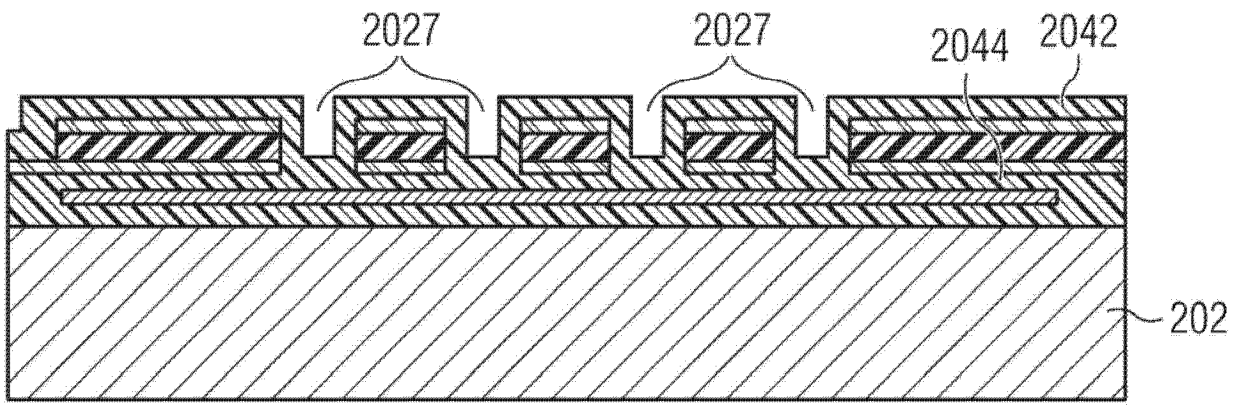


图 20F

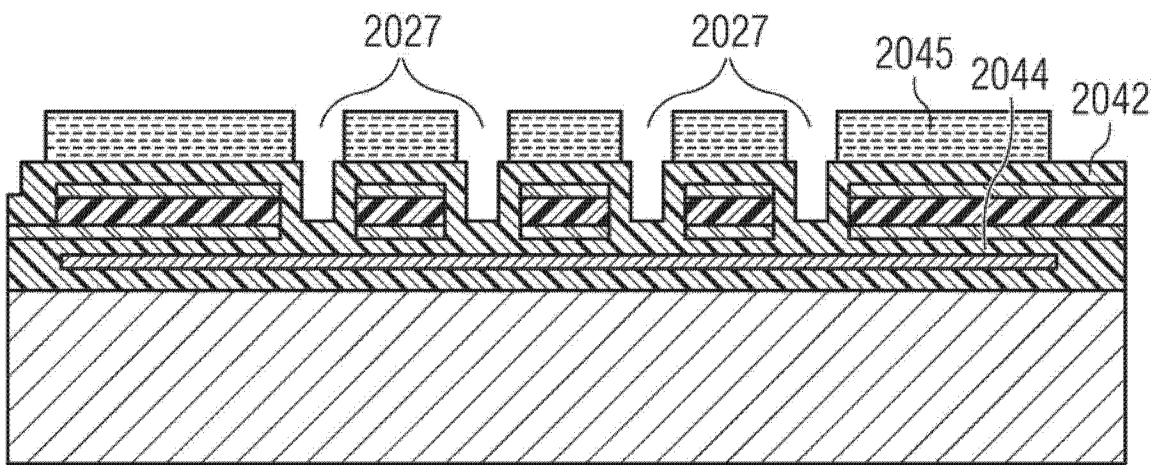


图 20G

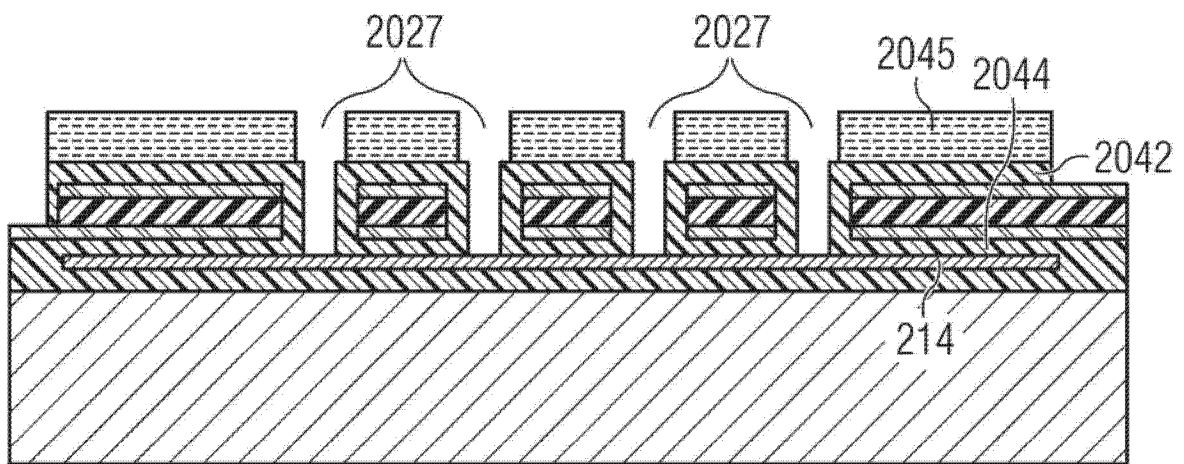


图 20H

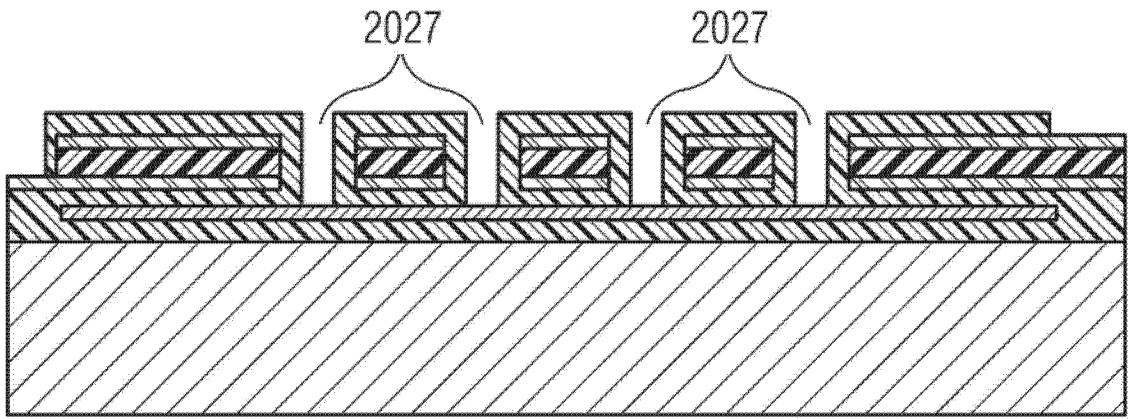


图 20I

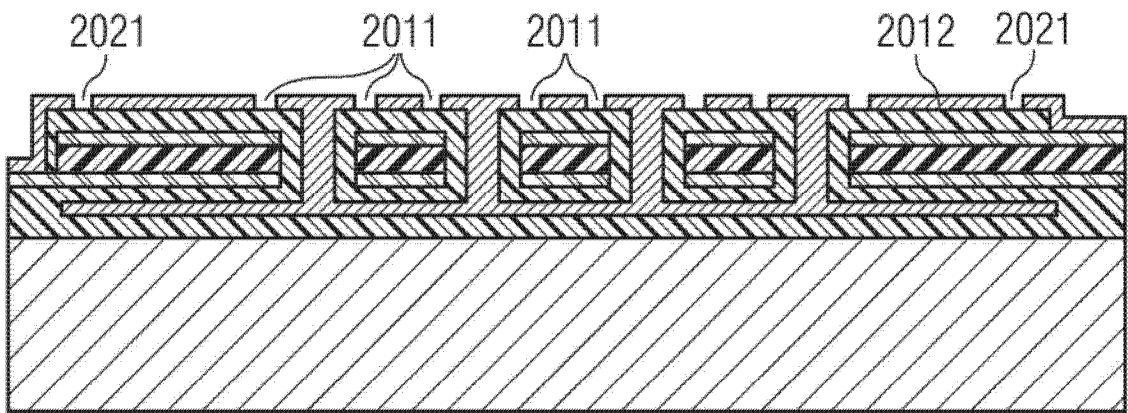


图 20J

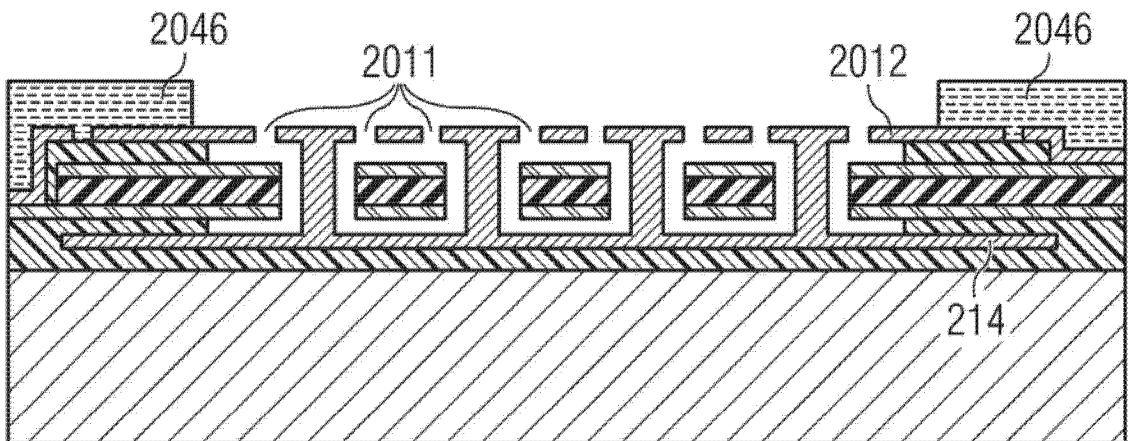


图 20K

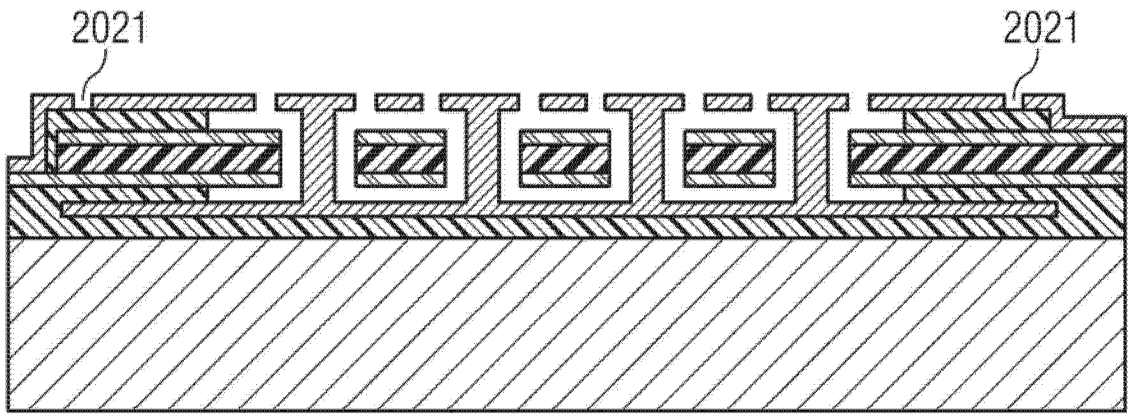


图 20L

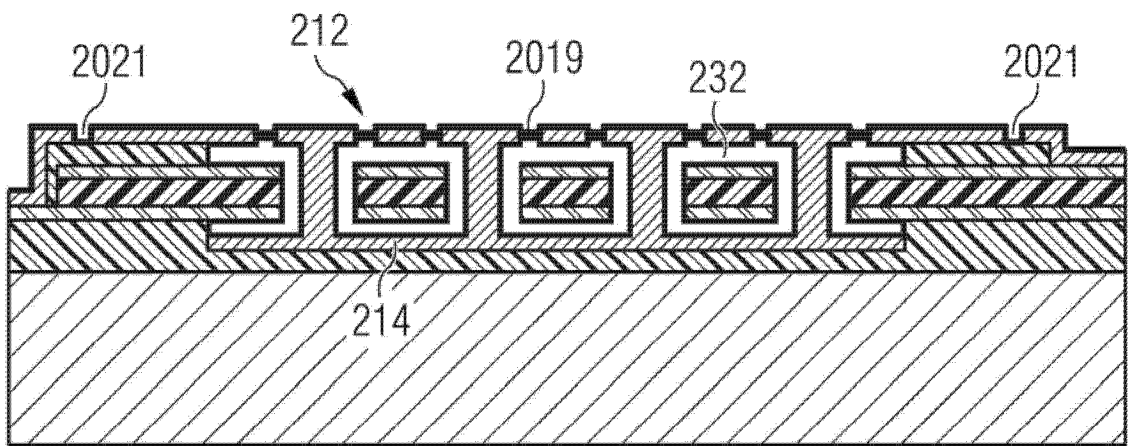


图 20M

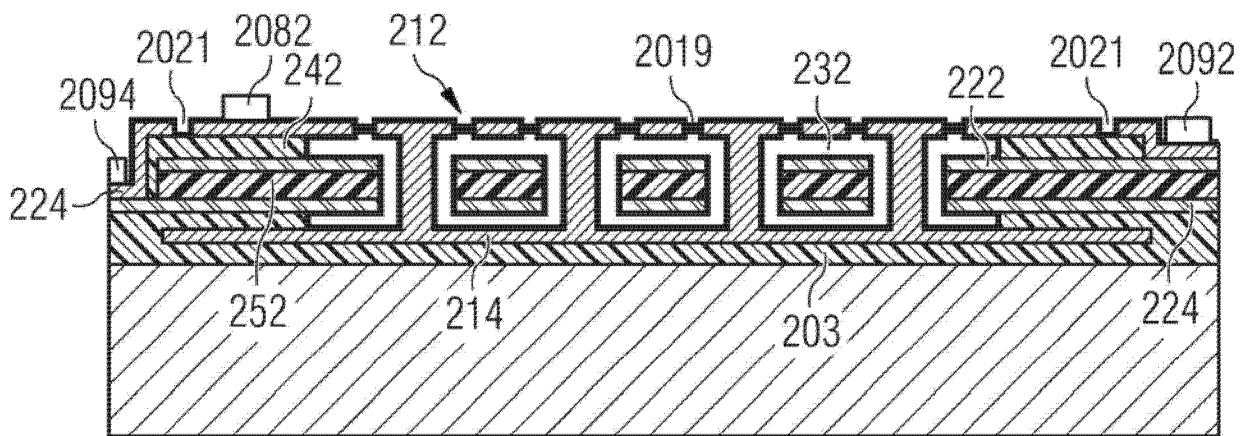


图 20N

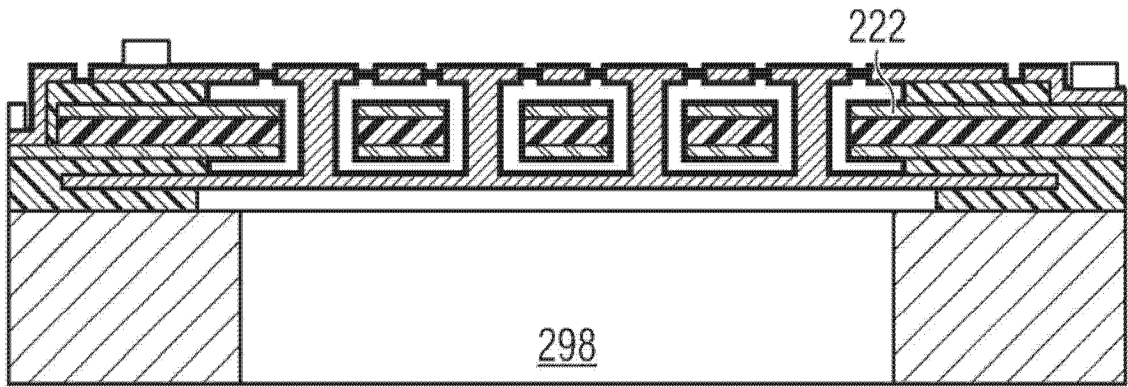


图 200