



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 214205841 U

(45) 授权公告日 2021.09.14

(21) 申请号 202120343615.X

(22) 申请日 2021.02.05

(73) 专利权人 北京燕东微电子科技有限公司
地址 100176 北京市大兴区经济技术开发区文昌大道8号1幢4层4D15

(72) 发明人 张彦秀 金文盛 陈兆震 王乾
韦仕贡

(74) 专利代理机构 北京新知远方知识产权代理
事务所(普通合伙) 11397
代理人 马军芳 张艳

(51) Int.Cl.
H04R 19/04 (2006.01)

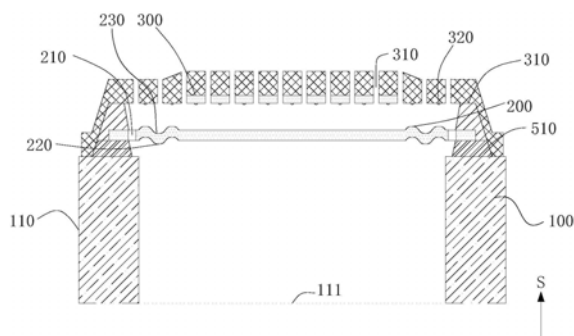
权利要求书1页 说明书9页 附图9页

(54) 实用新型名称

微机电系统MEMS麦克风芯片及MEMS麦克风

(57) 摘要

本申请实施例提供了一种微机电系统MEMS麦克风芯片及MEMS麦克风,涉及MEMS麦克风技术领域。MEMS麦克风芯片包括:基板,基板具有声腔;振动电极板,振动电极板设置在基板的一侧,振动电极板遮盖声腔;背极板;其中,振动电极板具有朝向基板的第一表面及背离基板的第二表面,第一表面包括与声腔相对的第一区域以及环绕第一区域的第二区域,第一区域设置有朝向基板延伸的第一凸起部,第一凸起部靠近第一区域的边缘设置;振动电极板的第二表面设置有朝向基板凹陷的第一凹陷部,第一凹陷部与第一凸起部对应设置。本申请实施例解决了传统的MEMS麦克风芯片因振动电极板的有效振动领域较小所导致的灵敏度不高的问题。



1. 一种微机电系统MEMS麦克风芯片,特征在于,包括:
基板,所述基板具有声腔;
振动电极板,所述振动电极板设置在所述基板的一侧,所述振动电极板遮盖所述声腔;
背极板,所述背极板设置在所述振动电极板背离所述基板的一侧;
其中,所述振动电极板具有朝向所述基板的第一表面及背离所述基板的第二表面,所述第一表面包括与所述声腔相对的第一区域以及环绕所述第一区域的第二区域,所述第一区域设置有朝向所述基板延伸的第一凸起部,所述第一凸起部靠近所述第一区域的边缘设置;所述振动电极板的第二表面设置有朝向所述基板凹陷的第一凹陷部,所述第一凹陷部与所述第一凸起部对应设置。
2. 根据权利要求1所述的MEMS麦克风芯片,其特征在于,所述第一凸起部包括闭合的凸环;所述凸环的纵向中心线与所述声腔的纵向中心线重合;
或者,所述第一凸起部具有多个,多个所述第一凸起部沿圆周间隔且均匀分布。
3. 根据权利要求2所述的MEMS麦克风芯片,其特征在于,所述第一凸起部的单侧的纵向中心线与声腔的内孔壁之间的距离,大于第一凸起部相对于振动电极板的第一表面的延伸距离。
4. 根据权利要求3所述的MEMS麦克风芯片,其特征在于,所述第一凸起部的单侧的纵向中心线与所述声腔内孔壁之间的距离L,与所述第一凸起部相对于所述振动电极板第一表面的延伸距离K,满足如下关系式:
1. $1.5K \leq L \leq 3K$ 。
5. 根据权利要求2所述的MEMS麦克风芯片,其特征在于,所述第一凸起部的单侧的纵向中心线与所述声腔内孔壁之间的距离L满足如下条件:
 $L \geq 15$ 微米,和/或, $L \leq 30$ 微米。
6. 根据权利要求1所述的MEMS麦克风芯片,其特征在于,所述第一凸起部相对于所述振动电极板第一表面的延伸距离K与所述振动电极板的厚度D满足以下关系式: $0.5D \leq K \leq D$ 。
7. 根据权利要求1所述的MEMS麦克风芯片,其特征在于,所述第一凸起部具有朝向所述基板的第一端面及背离所述基板的第二端面,且沿所述声腔径向,所述第一端面的宽度为所述第二端面的宽度的70%至80%;
和/或,所述第一凸起部具有连接所述第一端面及第二端面的倾斜面,所述倾斜面与水平面之间的夹角大于等于 70° ,且小于等于 90° 。
8. 根据权利要求1所述的MEMS麦克风芯片,其特征在于,所述振动电极板设置有排气孔,所述排气孔位于所述振动电极板的第一表面的第二区域。
9. 根据权利要求1-8任一项所述的MEMS麦克风芯片,其特征在于,所述振动电极板的第二表面还设置有多背离所述基板延伸的第二凸起部,至少部分所述第二凸起部位于所述第一凸起部朝向所述振动电极板中心的内侧;所述振动电极板的第一表面还设置有背离所述基板凹陷的第二凹陷部,所述第二凹陷部与所述第二凸起部对应设置。
10. 一种MEMS麦克风,其特征在于,包括外壳、线路板以及如权利要求1-9任一项所述的MEMS麦克风芯片,所述外壳与所述线路板围合形成腔体,所述MEMS麦克风芯片设置于所述腔体内。

微机电系统MEMS麦克风芯片及MEMS麦克风

技术领域

[0001] 本申请涉及MEMS麦克风技术领域,具体地,涉及一种MEMS麦克风芯片及MEMS麦克风。

背景技术

[0002] MEMS (Micro Electro Machining Systems,微机电系统) 麦克风是基于 MEMS技术制作的麦克风。与传统驻极体电容式麦克风 (Electret Condenser Microphone,ECM) 相比, MEMS麦克风具有封装体积小、可靠性高、封装便利性等特点,因此在移动终端设备中得到了广泛应用。

[0003] 相关技术中, MEMS麦克风包括印刷电路板 (Printed Circuit Board,PCB) 和外壳,二者围合成一个腔体; MEMS麦克风芯片和专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit,ASIC) 芯片通过表面贴装技术 (Surface Mount Technology,SMT) 安装于印刷电路板上且位于腔体内。其中, MEMS麦克风芯片包括由振动电极板 (membrane) 和背极板 (back-plate) 构成的电容器,用于将声压变化转化为电容变化,然后由ASIC芯片将电信号进行放大等处理。

[0004] 相关技术中一种典型的MEMS麦克风芯片的结构如图1所示,包括:由下至上依次设置的基板01、振动电极板02和背极板03;其中,基板01上设置有声腔04,位于声腔04正上方的振动电极板02上开设有若干排气孔021,排气孔021用于调节振动电极板02两侧的气压,以形成平衡。在工作过程中,由外界传入的声学信号作用到振动电极板02上,引起振动电极板02振动,使振动电极板02与背极板03之间的间距随之改变,进而造成电容器的静电容量发生变化,从而实现声-电转换。

[0005] 然而,上述结构的MEMS麦克风芯片,振动电极板的有效振动领域较小,导致MEMS麦克风芯片以及MEMS麦克风的灵敏度不高。

实用新型内容

[0006] 本申请实施例提供了一种MEMS麦克风芯片及MEMS麦克风,以解决传统的MEMS麦克风芯片的灵敏度较低的技术问题。

[0007] 本申请实施例第一个方面提供了一种微机电系统MEMS麦克风芯片,包括:

[0008] 基板,基板具有声孔;

[0009] 振动电极板,振动电极板设置在基板的一侧,振动电极板遮盖声孔;

[0010] 背极板,背极板设置在振动电极板背离基板的一侧;

[0011] 其中,振动电极板具有朝向基板的第一表面及背离基板的第二表面,第一表面包括与声腔相对的第一区域以及环绕第一区域的第二区域,第一区域设置有朝向基板延伸的第一凸起部,第一凸起部靠近第一区域的边缘设置;振动电极板的第二表面设置有朝向基板凹陷的第一凹陷部,第一凹陷部与所述第一凸起部对应设置。

[0012] 本申请实施例第二个方面提供了一种MEMS麦克风,包括外壳、线路板以及如前第

一个方面所述的MEMS麦克风芯片,外壳与线路板围合形成腔体, MEMS麦克风芯片设置于腔体内。

[0013] 本申请实施例的MEMS麦克风芯片及MEMS麦克风,通过在振动电极板与声腔相对的预设区域内设置朝向基板延伸的第一凸起部和第一凹陷部,且第一凸起部与第一凹陷部靠近预设区域的边缘设置,能够抑制振动电极板在靠近外边缘的位置产生的力的作用,将类似弓弦的振动调整为接近垂直振动,提高振动幅度,拓展了振动电极板的有效振动领域,从而提高了振动电极板的振动特性,使MEMS麦克风芯片及MEMS麦克风的灵敏度也得以提升。

附图说明

[0014] 此处所说明的附图用来提供对本申请的进一步理解,构成本申请的一部分,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。在附图中:

[0015] 图1为相关技术中MEMS麦克风芯片的结构示意图;

[0016] 图2为本申请实施例的MEMS麦克风芯片的一剖面示意图;

[0017] 图3为本申请实施例的MEMS麦克风芯片的另一剖面示意图;

[0018] 图4a为本申请实施例的MEMS麦克风芯片的一俯视图;

[0019] 图4b为本申请实施例的MEMS麦克风芯片的又一俯视图;

[0020] 图5至图15为本申请实施例提供的MEMS麦克风芯片的制造示意图;

[0021] 图16和图17为本申请实施例提供的MEMS麦克风芯片的原理示意图。

[0022] 附图标记:

[0023]	01:基板;	02-振动电极板;	021-排气孔;
[0024]	03:背极板;	04:声腔;	
[0025]	100:基板;	110:基板框边;	111:声腔;
[0026]	200:振动电极板;	210:排气孔;	220:第一凸起部;
[0027]	230:第一凹陷部;	240:第二凸起部;	250:第二凹陷部;
[0028]	220-1:凹槽;	221-1:第一牺牲层;	221-2:凸起结构;
[0029]	300:背极板;	310:背极板保护层;	320:抗粘连凸起;
[0030]	320-1:凹槽;	330:声孔;	510:下衬垫;
[0031]	510-1:下部牺牲层;	520:上衬垫;	520-1:上部牺牲层。

具体实施方式

[0032] 为了使本申请实施例中的技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图对本申请的示例性实施例进行进一步详细的说明,显然,所描述的实施例仅是本申请的一部分实施例,而不是所有实施例的穷举。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0033] 相关技术中,MEMS麦克风芯片的结构如图1所示,包括:由下至上依次设置的基板01、振动电极板02和背极板03;其中,基板01上设置有声腔04,位于声腔04正上方的振动电极板02上开设有若干排气孔021,排气孔021用于调节振动电极板02两侧的气压,以形成平衡。在工作过程中,由外界传入的声学信号作用到振动电极板02上,引起振动电极板02振动,使振动电极板02与背极板03之间的间距随之改变,进而造成电容器的静电容量发生变

化,从而实现声-电转换。

[0034] 然而,发明人在研究过程中发现,上述结构的MEMS麦克风芯片,由于振动电极板02的边缘固定,因此在声波作用下,振动电极板02一般是以类似弓弦振动的方式进行振动,即振动电极板02中心区域的振动幅度较大,边缘区域的振动幅度较小,而只有当振动幅度到达预设幅度时,才能作为有效振动,所以上述结构的MEMS麦克风芯片,其振动电极板02的边缘区域很难实现有效振动,造成振动电极板02的有效振动区域面积以及整体振动幅度都较小,即振动领域较小,因声学信号形成的静电容量的变化受限,导致MEMS麦克风芯片以及MEMS麦克风的灵敏度往往达不到预期。

[0035] 为了克服上述技术问题,本申请实施例提供一种MEMS麦克风芯片及 MEMS麦克风,通过在振动电极板与声腔相对的区域设置朝向基板延伸的第一凸起部和第一凹陷部,能够抑制振动电极板在靠近外边缘的位置产生的力的作用,将类似弓弦的振动调整为接近垂直振动,使振动电极板边缘的区域也能够形成有效振动,进而拓展了振动电极板的有效振动领域。因此,本申请实施例的MEMS麦克风芯片及MEMS麦克风,振动电极板的有效振动领域较大,振动电极板振动特性较好,使得MEMS麦克风芯片的灵敏度较高。

[0036] 下面结合附图1-17对本实施例提供的MEMS麦克风芯片的结构、功能及实现过程进行举例说明。

[0037] 请参照图2、图3、图4a及图4b;其中,图2及图3为本实施例提供的 MEMS麦克风芯片的剖面示意图,以图2和图3中的上方为本实施例中MEMS 麦克风芯片的上方;图4a及图4b为本实施例提供的MEMS麦克风芯片的俯视图;图4b为帮助理解图4a,去除图4a中背极板后的示意图。

[0038] 本申请实施例的MEMS麦克风芯片,包括:基板100、振动电极板200 及背极板300。基板110具有声腔111。振动电极板200设置于基板110的一侧,用于接收外界的声学信号并产生振动。振动电极板200具有朝向基板100 的第一表面及背离基板100的第二表面,第一表面包括与声腔111相对的第一区域,第一区域的周围为第二区域;第一区域设置有朝向基板100延伸的第一凸起部220,第一凸起部220靠近第一区域的边缘设置;振动电极板200的第二表面设置有朝向基板100凹陷的第一凹陷部230,第一凹陷部230与第一凸起部220对应设置。背极板300设置于振动电极板200背离基板110的一侧。

[0039] 本示例中,为便于描述,以振动电极板200朝向基板100的一侧为下方,以振动电极板200背离基板100也即朝向背极板300的一侧为上方,上方如图 2和图3中的箭头S所指示的方向。以上下方向为纵向(或者说轴向);以垂直于纵向的方向为水平方向;以朝向声腔111中心轴线(或者说纵向中心线、中轴线)的方向为内。

[0040] 基板100可以由硅或其它常见半导体材料制成。基板100设置有声腔111。声腔111可呈圆柱状或圆台状。基板100围成声腔111的部分为基板边框110。

[0041] 基板100的上侧设置有由导电材料制成的振动电极板200。导电材料例如采用掺杂的多晶硅(又称为导电多晶硅)。振动电极板200与基板100之间具有一定的间隙。振动电极板200可通过下衬垫510支撑于基板边框110之上。

[0042] 振动电极板200具有朝向基板100的第一表面也即下表面,振动电极板200 具有远离基板100的第二表面也即上表面。振动电极板200的下表面具有与声腔111对应的第一区域;具体地,第一区域是指振动电极板200的下表面在基板100的上表面的正投影与声腔111

的正投影重合的区域;也即,振动电极板 200的下表面的第一区域位于声腔111的正上方。振动电极板200的下表面的第二区域位于声腔111的斜上方。

[0043] 振动电极板200下表面的第一区域设置有向下凸出第一凸起部220,也即,第一凸起部220相对于振动电极板200的下表面向下凸出设置。或者说,振动电极板200下表面的第一区域设置有向下延伸的第一凸起部220。

[0044] 第一凸起部220靠近第一区域的边缘设置。也即,第一凸起部220在基板 100的上表面的正投影位于基板100的上表面的中心与第一区域的边缘在基板 100的上表面的正投影之间,且更为靠近第一区域的边缘在基板100的上表面的正投影。或者说,声腔111在基板100的上表面的正投影具有投影中线及投影内孔壁,第一凸起部220在基板100的上表面的正投影位于投影中线与投影内孔壁之间,且第一凸起部220更为靠近投影内孔壁。

[0045] 在一些示例中,第一凸起部220可以为闭合的环状结构,也即,第一凸起部220可以为闭合的凸环,如此,在振动电极板200的各个方向都将类似弓弦的振动调整为接近垂直振动,从而有效提高振动电极板200的振动幅度。如图 3所示,凸环的纵向中心线Z1与声腔111的纵向中心线重合。也即,凸环在基板100的上表面的正投影与声腔111的正投影同心设置。可选地,第一凸起部 200凸出部分的外表面(也即,第一凸起部200除与振动电极板200连接的上端面之外的表面)可为曲面,以避免出现应力集中现象。例如,第一凸起部200 的其中一纵向截面可呈半圆状、半椭圆状或近似梯形;此处的半圆状或半椭圆状并不限于圆形或椭圆形的一半,而是表示圆形或椭圆形的一部分。

[0046] 在另一些示例中,第一凸起部220可以为环体的一部分。也即,第一凸起部220可以为具有缺口的凸环。再或者,振动电极板200具有若干个第一凸起部220,若干个第一凸起部220间隔设置且沿圆周排布;其中,第一凸起部220 可呈块状,例如,第一凸起部220呈半球状或各表面圆滑连接的棱柱状。

[0047] 振动电极板200的上表面设置有第一凹陷部230,第一凹陷部230与第一凸起部220对应设置。也即,第一凹陷部230位于第一凸起部220的正上方。或者说,第一凹陷部230在基板100的上表面的正投影与第一凸起部210的正投影重合。又或者说,振动电极板200的预设区域设置有弯曲结构,弯曲结构包括位于振动电极板200下表面的第一凸起部220及位于振动电极板200上表面的第一凹陷部230。第一凹陷部230的形状及尺寸与第一凸起部220对应,不赘述。

[0048] 进一步参考图2、图3、图4a和图4b,振动电极板200上设置有若干个排气孔210。多个排气孔210间隔分布,比如沿圆周均匀分布。示例性地,排气孔210为四个,四个排气孔210沿圆周均匀分布。排气孔210位于第一凸起部 220的外侧。

[0049] 本实施例中,排气孔210位于振动电极板200下表面的第二区域,即排气孔210在基板100上表面的正投影位于基板边框110的上表面。通过将排气孔 210设置在第一凹陷部230的外侧,避免因外部空气压力使排气孔210周围的振动电极板200产生不必要的振动,将振动电极板200因不必要振动所产生的噪音最小化,提高MEMS麦克风芯片及MEMS麦克风的信噪比SNR。

[0050] 振动电极板200的上方设置有背极板300。背极板300与振动电极板200 之间具有一定间隙。具体而言,背极板300通过上衬垫520设置于振动电极板 200的上方。振动电极板200与背极板300之间的间隙形成气隙。

[0051] 背极板300也可采用导电材料制成。可选地,背极板300采用的材料与振动电极板300相同,比如导电多晶硅。

[0052] 本实施例中,背极板300在基板100上表面(或者振动电极板200的第一表面)的正投影位于第一凸起部220的正投影的内侧。或者说,背极板200在基板100上表面(或者振动电极板200的第一表面)的正投影位于第一凸起部 220的正投影围合成的区域内。在其它实施例中,背极板300也可以采用其它结构,只要能够与振动电极板200构成平行板电容器,并通过其边缘实现固定即可。

[0053] 背极板300上设置有多个均匀分布的声孔310,声孔310贯穿背极板300 设置。振动电极板200与背极板300之间的间隙与外界的空气通过声孔310相连通。声孔310的横截面可以呈圆形、椭圆形或多边形等;在声孔310的横截面呈多边形时,声孔310的横截面可为五边形或六边形等。声孔310在基板100 上表面的正投影位于排气孔210的正投影的内侧。

[0054] 本示例的MEMS麦克风芯片,在工作过程中,由外界传入的声学信号作用到振动电极板200上,引起振动电极板200振动,使振动电极板200与背极板300之间的间距随之改变,进而使得振动电极板200和背极板300构成的电容器的静电容量发生变化,从而实现声-电转换。

[0055] 在上述过程中,第一凸起部220和第一凹陷部230能够抑制振动电极板 200在靠近外边缘的位置产生的力的作用,将类似弓弦的振动调整为接近垂直振动,使得振动电极板200的振动幅度较高,进而拓展了振动电极板200的有效振动区域,提高了振动电极板200的整体振幅,进而提高了振动电极板200 的振动特性,使MEMS麦克风芯片的灵敏度得以提升。

[0056] 在其中一种可能的实现方式中,第一凸起部220为闭合的或具有开口的凸环。参考图3,第一凸起部220的单侧的纵截面的纵向中心线Z2与声腔111 的内孔壁之间的距离L大于第一凸起部220相对于振动电极板200的第一表面的延伸距离K,以利于进一步提高振动电极板200的振动特性,且利于加工。

[0057] 可选地,第一凸起部220的单侧的纵截面的纵向中心线Z2与声腔111的内孔壁之间的距离L,与第一凸起部220相对于振动电极板200的第一表面的延伸距离K,满足如下关系式: $1.5K \leq L \leq 3K$ 。也即,第一凸起部220的单侧的纵截面的纵向中心线Z2与声腔111的内孔壁之间的距离L,是第一凸起部220 相对于振动电极板200的第一表面的延伸距离K的1.5倍至3倍,以最大程度的提高MEMS麦克风芯片的灵敏度。

[0058] 可选地,第一凸起部220的单侧的纵截面的纵向中心线Z2与声腔11的内孔壁之间的距离L大于等于15微米,且小于等于30微米。也即,第一凸起部 220的单侧的纵截面的纵向中心线Z2与声腔111的内孔壁之间的距离L可以为15微米、17.5微米、20微米、22.5微米、25微米、27.5微米、30微米中的任意一个,也可以为上述任意两个之间的数值。

[0059] 举例来说,在第一凸起部220的单侧的纵截面的纵向中心线Z2与声腔111 的内孔壁之间的距离L为15微米时,第一凸起部220相对于振动电极板200 的第一表面的延伸距离K可大于等于5微米,且小于等于10微米。在第一凸起部220的单侧的纵截面的纵向中心线Z2与声腔11的内孔壁之间的距离L为 22.5微米时,第一凸起部220相对于振动电极板200的第一表面的延伸距离K 可大于等于7.5微米,且小于等于15微米。在第一凸起部220的单侧的纵截面的纵向中心线Z2与声腔11的内孔壁之间的距离L为30微米时,第一凸起部 220相对于振动电极板200的第一表面的延伸距离K可大于等于10微米,且小于等于20微米。

[0060] 在其中一种可能的实现方式中,第一凸起部220相对于振动电极板200第一表面的延伸距离K,小于或等于振动电极板200沿纵向的厚度D,以利于进一步提高振动电极板200的振动特性,且利于加工。

[0061] 可选地,第一凸起部220相对于振动电极板200第一表面的延伸距离K与振动电极板200沿纵向的厚度D满足以下关系式: $0.5D \leq K \leq D$ 。也即,第一凸起部220相对于振动电极板200第一表面的延伸距离,大于等于振动电极板200的厚度的一半,小于等于振动电极板200的厚度。从而,避免限制振动电极板200的流动性,利于进一步提高振动电极板200的振动特性。

[0062] 在其中一种可能的实现方式中,第一凸起部220具有朝向基板100的第一端面及背离基板100的第二端面,且沿声腔111的径向,第一端面的宽度为第二端面宽度的70%至80%。也即,第一凸起部220的下端面的宽度为上端面的宽度的70%至80%。或者,第一凸起部220具有连接第一端面及第二端面的倾斜面,倾斜面与水平面之间的夹角大于等于 70° ,且小于等于 90° 。

[0063] 举例来说,第一凸起部220的第二端面也即上端面的宽度大于等于8微米且小于等于12微米。示例性地,第一凸起部220的上端面的宽度可以为8微米、9微米、10微米、11微米、12微米中的任一个,也可以为上述任意两个之间的数值。倾斜面与水平面之间的夹角可以为 70° 、 75° 、 89° 、 85° 、 90° 中的任一个,也可以为上述任意两个之间的数值。

[0064] 以第一凸起部220的上端面的宽度为10微米为例,则第一凸起部220的下端面的宽度大于等于7微米且小于等于8微米,倾斜面与水平面之间的夹角大约为 80° 。

[0065] 在另一种可能的实现方式中,振动电极板200具有多个第一凸起部220,多个第一凸起部220间隔设置且沿圆周排布。在此种实现方式中,第一凸起部220的形状、尺寸、位置,可参考前述实现方式(第一凸起部220为闭合的凸环或具有开口的凸环),此处不再赘述。

[0066] 在此基础上,如图3、图4a和图4b所示,在振动电极板200的第二表面设置有多个背离基板100延伸的第二凸起部240。也即,在振动电极板200的上表面设置有多个向上延伸的第二凸起部240。多个第二凸起部240均匀分布。例如,多个第二凸起部240点阵式分布或矩阵式分布。绝大部分第二凸起部240位于第一凸起部220的内侧。也即,绝大部分第二凸起部240在基板100的上表面的正投影,位于第一凸起部220的正投影围成的区域内。

[0067] 可选地,第二凸起部240可以为凸点、凸块或凸球,以增大振动电极板200的表面积。示例性地,第二凸起部240呈半球状或半椭圆球状;此处的半球状或半椭圆球状并不限于圆球或椭圆球的一半,而是指圆球或椭圆球的一部分。

[0068] 相应地,在振动电极板200的第一表面设置有背离基板100凹陷的第二凹陷部250。第二凹陷部250与第二凸起部240对应设置。或者说,振动电极板200设置有折弯结构,折弯结构包括位于上表面的第二凸起部240及位于下表面的第二凹陷部250。第二凹陷部250的形状及尺寸与第二凸起部240对应。

[0069] 可选地,第二凹陷部250沿纵向的深度大于等于振动电极板200的厚度的 $1/6$,且小于等于振动电极板200的厚度的 $1/5$ 。或是说,第二凸起部240沿纵向的深度大于等于振动电极板200的厚度的 $1/6$,且小于等于振动电极板200的厚度的 $1/5$ 。采用此种设置,不仅便于加工,而且还避免影响MEMS麦克风芯片其它部件的结构及功能。

[0070] 可选地,相邻第二凹陷部250之间的下表面可以为曲面,以进一步增大振动电极板200的表面积。如此,振动电极板200设置第一凸起部240及第二凹陷部250的区域,与相邻于第一凸起部240及第二凹陷部250平面区域,可形成类似波浪的结构。

[0071] 本示例中,通过在振动电极板200朝向背极板300的一侧,设置多个第二凸起部240,将因振动电极板200振动形成的静电容量变化量从单纯的平面结构上升成立体的结构,使振动电极板200响应于声学信号以较大面积进行振动,增大瞬间的静电容量,最大限度增加静电容量的变化量,从而提高MEMS麦克风芯片的灵敏度。

[0072] 在其中一种可能的实现方式中,第二凸起部240的尺寸小于第一凸起部220的尺寸。

[0073] 可选地,第二凸起部240相对于振动电极板200的第二表面的延伸距离,小于第一凸起部220相对于振动电极板200的第一表面的延伸距离。也即,第二凸起部240相对于振动电极板200的上表面的延伸距离,小于第一凸起部220相对于振动电极板200的下表面的延伸距离。

[0074] 可选地,沿声腔111的径向,第二凸起部240朝向基板100的端面的宽度,小于第一凸起部220背离基板100的端面的宽度。也即,第二凸起部240的下端面沿声腔111的径向的宽度,小于第一凸起部220上端面的宽度。

[0075] 可选地,第二凸起部240的背离基板100的端面沿声腔111的径向的宽度,小于第一凸起部220朝向基板100的端面的宽度。也即,第二凸起部240的上端面沿声腔111的径向的宽度,小于第一凸起部220的下端面的宽度。

[0076] 本示例中,在工艺允许的范围内,第二凸起部240可尽量小而多,以进一步提高静电容量变化,提高MEMS麦克风芯片的灵敏度,且不影响MEMS麦克风芯片其它部件的结构及功能。

[0077] 在其中一种可能的实现方式中,MEMS麦克风芯片,还包括:背极板保护层310,又称为钝化层。背极板保护层310的中间部分覆盖在背极板300的上表面,且背极板保护层310的边缘延伸至与基板100的基板外框112接触。背极板保护层310的边缘延伸与振动电极板200间隔设置。

[0078] 进一步参考图2和图3,本实施例提供的MEMS麦克风芯片,还包括:多个抗粘连凸起部320,部分抗粘连凸起部320设置在背极板300的下表面,另一部分抗粘连凸起部320设置于背极板保护层310伸出背极板300的下表面。抗粘连凸起部320与第二凸起部230一一对应,抗粘连凸起部320位于与之对应的第二凸起部230的正上方。

[0079] 振动电极板200在振动时,会在垂直于横向方向波动,为了防止振动电极板200尤其是振动电极板200的第二凸起部240粘连于背极板300,背极板300的下表面和背极板保护层310的边缘部分设置的抗粘连凸起部320,能够防止振动电极板200与背极板300粘连在一起。

[0080] 下面对本实施例提供的MEMS麦克风芯片的制备工艺进行举例说明。可以理解的是:本实施例的MEMS麦克风芯片的制备工艺并不限于此。

[0081] 如图5所示,在基板100上形成凹槽220-1。其中基板100具体可以是硅基板。凹槽220-1的位置,在后续工艺中将形成振动电极板200的第一凸起部220。控制凹槽220-1的深度最好大于等于振动电极板200厚度的一半,小于等于振动电极板200的厚度。若凹槽220-1

的深度超过振动电极板200的厚度,将限制振动电极板200的流动性,但若未达到振动电极板200厚度的一半,将减少对振动电极板200的抑制效果。可选地,凹槽220-1的上端开口尺寸大于底部尺寸,比如凹槽220-1上端开口与底部在横向方向的宽度比值范围为0.7~0.8。在具体实施过程中,通常控制凹槽220-1上端开口的宽度在8~12微米,比如10微米左右。或者,也可以通过控制凹槽220-1侧壁的倾斜角度控制凹槽220-1的形貌,比如凹槽220-1侧壁的倾斜角度为70度~90度。

[0082] 如图6所示,在基板100的上表面形成第一牺牲层221-1,第一牺牲层221-1的厚度大于等于振动电极板200厚度的六分之一且小于等于振动电极板200厚度的五分之一。第一牺牲层221-1的材质以氧化硅为宜。

[0083] 如图7所示,去除部分第一牺牲层221-1,形成多个凸起结构221-2,凸起结构221-2可为半球形或其它多种形貌,凸起结构221-2中有部分与凹槽220-1相邻,也即凸起结构221-2中有部分位于凹槽220-1内侧和外侧,大小以小于凹槽220-1的宽度为宜,且尺寸越小、排列越紧密,效果越好。其中,控制第一凸起部上端在10微米左右,第一凸起部的下端在横向方向的尺寸是上端在横向方向的尺寸的70%至80%,第一凸起部的侧表面与第一凸起部的下端的之间的倾角的取值范围为70度至90度,比如大于等于75度小于等于85度。下凹陷部对应凸起221-2的位置,在后续工艺中将形成下凹陷部221。

[0084] 如图8所示,形成下部牺牲层510-1,以生长氧化硅形成,利用TEOS特性使上部曲折形成较为平滑的曲面。其中,为保证后续背极板300的结构稳定性和光滑度,最好对下部牺牲层510-1表面的凸起结构进行抛光,使其表面光滑平整。

[0085] 如图9所示,在下部牺牲层510-1上形成振动电极板200以及贯穿振动电极板200的多个排气孔210,并在振动电极板200上形成上部牺牲层520-1。其中振动电极板200的材质选择具有导电性的材料,比如掺杂的多晶硅。上述振动板200上具有第一凸起部220和第二凸起部240,其中第一凸起部220嵌设于下部牺牲层510-1中,第二凸起部240嵌设于上部牺牲层520-1中。

[0086] 如图10所示,在上部牺牲层520-1上形成多个半球形的凹槽320-1,凹槽320-1与第二凸起240垂直排列,即连凸起的底部与上凸起的顶部的连线与硅基板厚度方向平行。凹槽320-1的位置,在后续工艺中将形成抗粘连凸起部320。抗粘连凸起部320起到防止通电时振动电极板200与背极板300之间发生粘连的作用

[0087] 如图11所示,在上部牺牲层520-1上方形成背极板300,本实施例中,背极板300形成于第一凸起部220内侧。材质为与振动电极板200相同的掺杂多晶硅为宜。在背极板300的下表面形成抗粘连凸起部320。

[0088] 如图12所示,在背极板300上形成背极板保护层310,背极板保护层310起到覆盖保护背极板300的作用,其材质以氮化硅为宜。在背极板保护层310的下表面形成抗粘连凸起320。

[0089] 如图13所示,形成声孔330,且声孔330贯通上述背极板保护层310与背极板300。声孔330形貌可为圆柱体,六角体等多种形态,并位于排气孔210内侧。

[0090] 如图14所示,去除基板100的部分,形成声腔400。

[0091] 如图15所示,选择性去除上述氧化硅材质的第一牺牲层221-1、下部牺牲层510-1、上部牺牲层520-1,释放具备下凸起和上凸起的振动电极板200,形成下衬垫510和上衬垫

520。此时振动电极板的释放范围以排气孔210外侧为宜。

[0092] 图16和图17为图2所示MEMS麦克风芯片的原理示意图,具体展示第一凸起部220物理运动的示意图。与传统MEMS麦克风芯片相比,本申请实施例的MEMS麦克风芯片的振动电极板200具备第一凸起部220和多个第二凸起部240。

[0093] 以图16标记的B为基准,第一凸起部220可抑制振动电极板200以类似弓弦形式进行振动时振动电极板200两端产生的力,将其调整为接近垂直振动,相对提高振动可动范围,提高静电容量变化,进而提高MEMS麦克风芯片的灵敏度。

[0094] 如图17所示,向上作用力C为振动电极板200通电时电荷将振动电极板 200拉向背极板300的作用力,同时,第一凸起部220内侧的振动电极板200 部分弯曲,多个第二凸起部240及对应第二凹陷部250形态立体面积增加,即一瞬间增加静电容量变化量,使MEMS麦克风芯片的灵敏度也得以提高。

[0095] 本实施例还提供一种MEMS麦克风,包括外壳、线路板、ASIC芯片和前述任一示例中的MEMS麦克风芯片,MEMS麦克风芯片设于外壳内。其中,外壳通常为金属外壳,线路板通常为PCB板,且外壳与线路板形成了腔体; ASIC芯片和MEMS麦克风芯片位于腔体内且与PCB板连接;ASIC芯片与MEMS麦克风芯片电连接,二者一般采用金属线电连接。MEMS麦克风芯片的结构、功能及实现过程与前述实施例相同,本实施例此处不再赘述。

[0096] 显然,本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样,倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内,则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

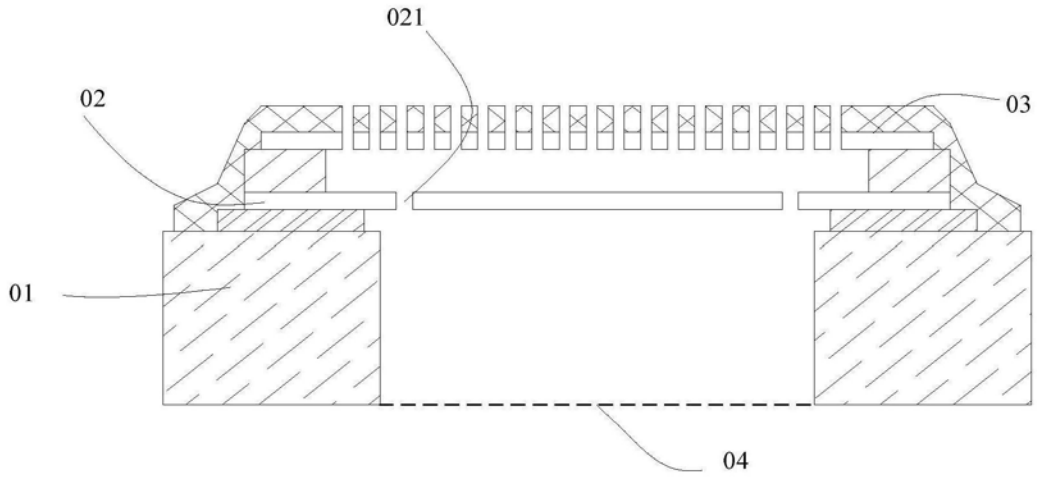


图1

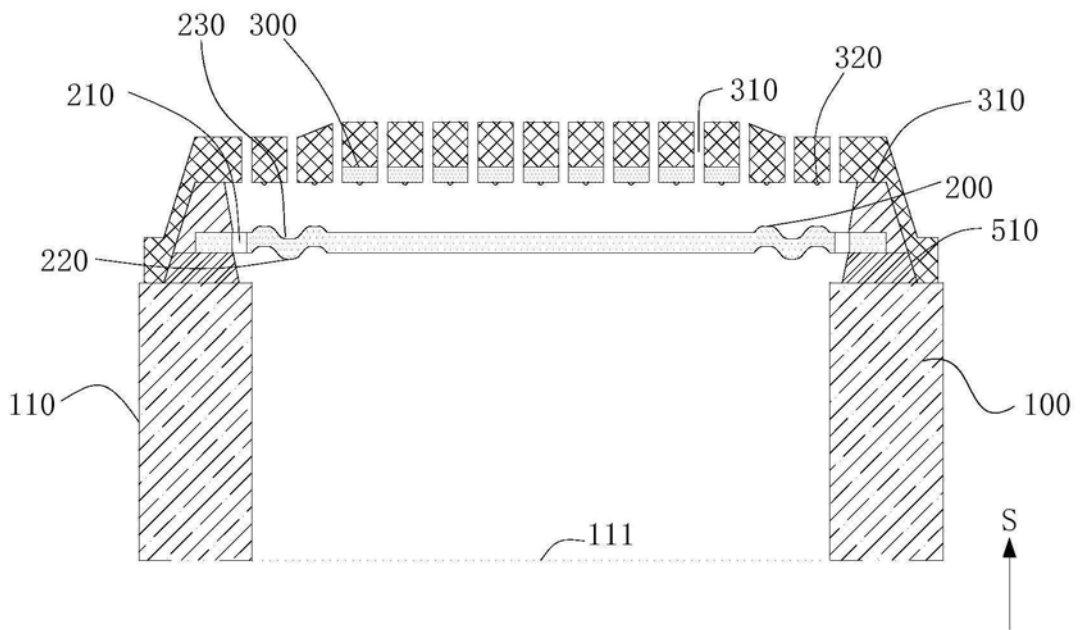


图2

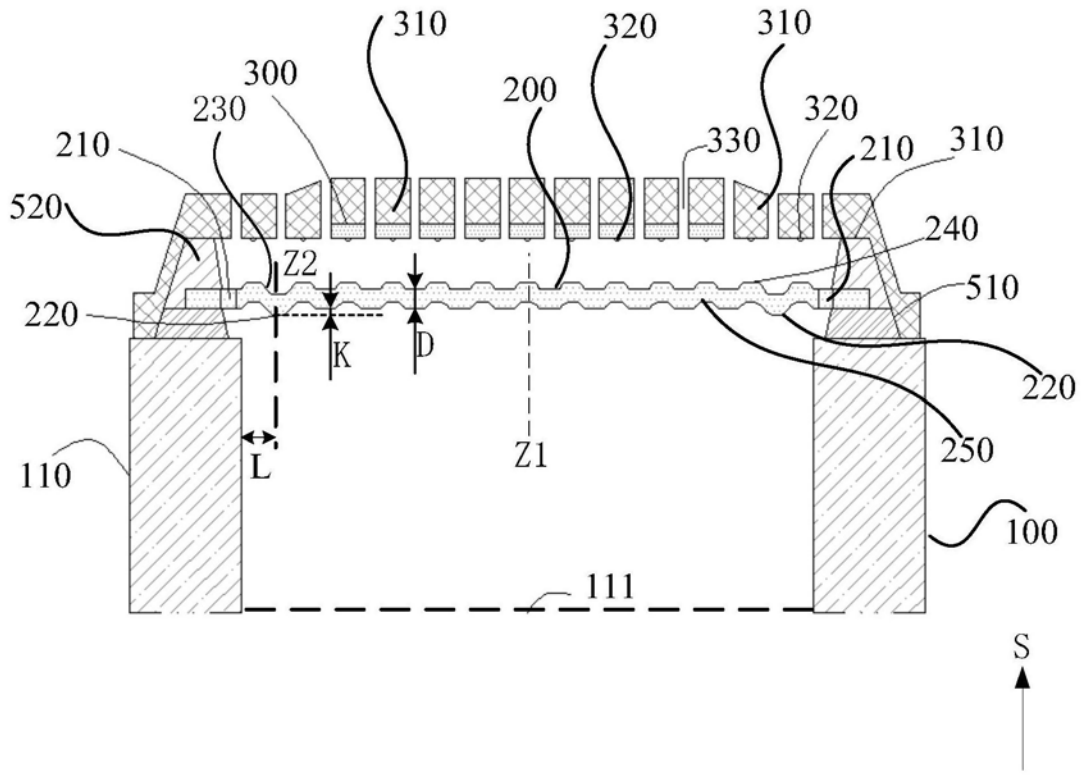


图3

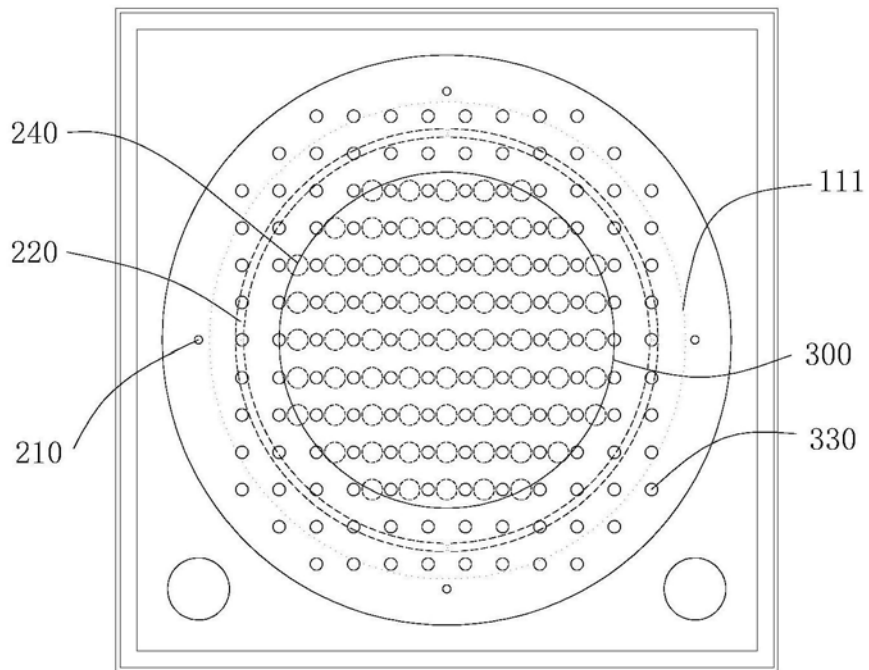


图4a

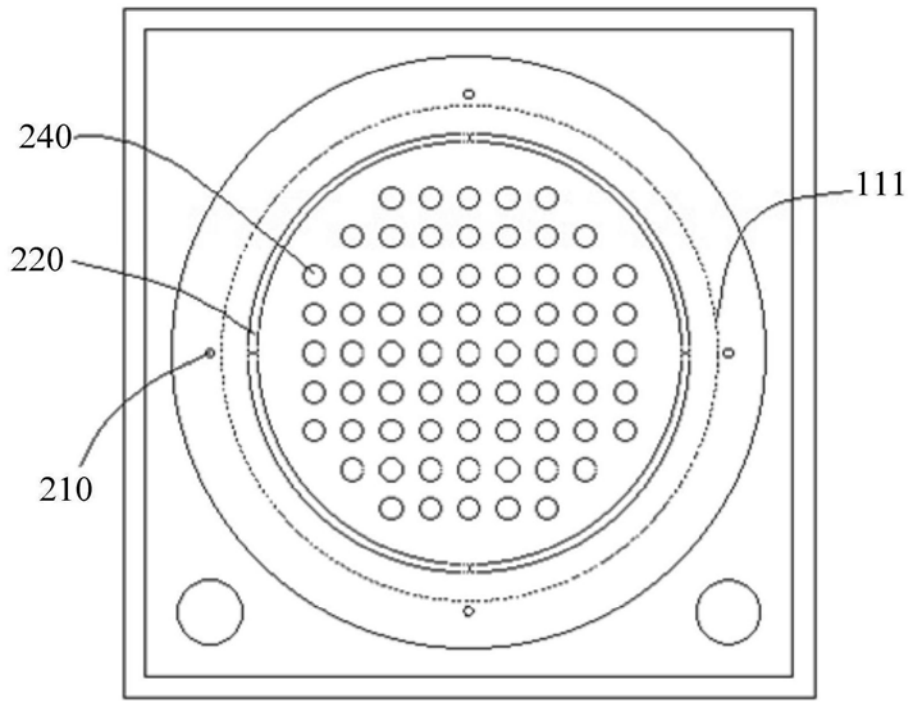


图4b



图5

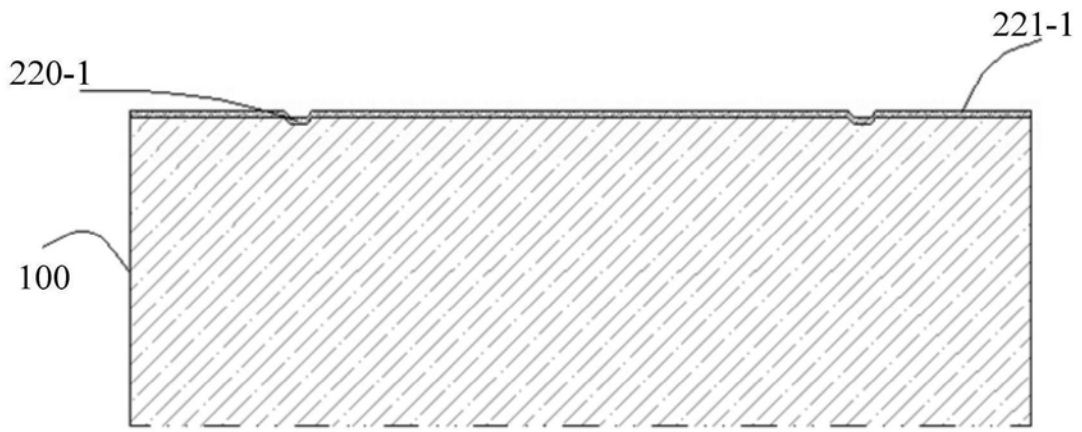


图6

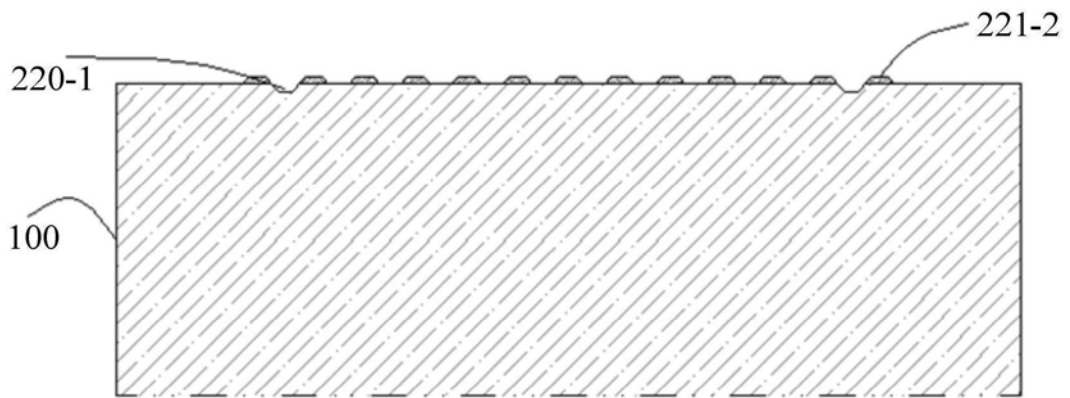


图7

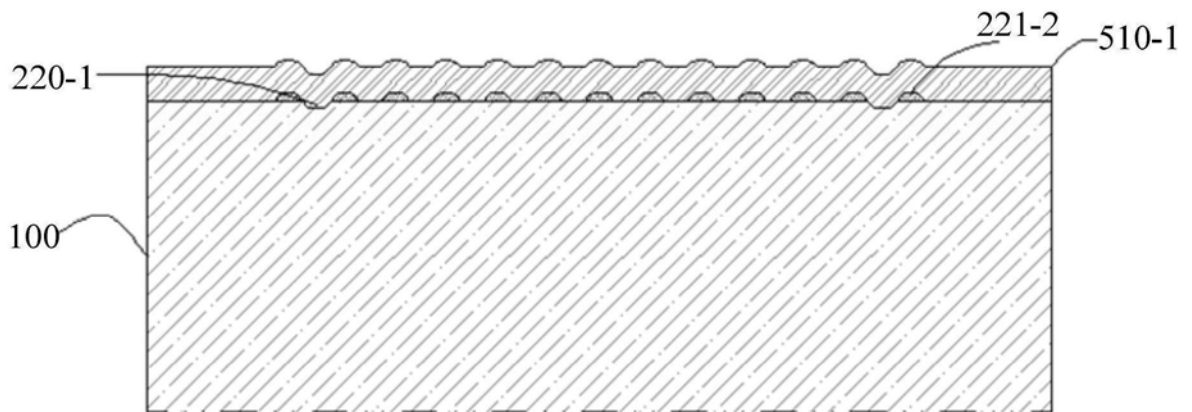


图8

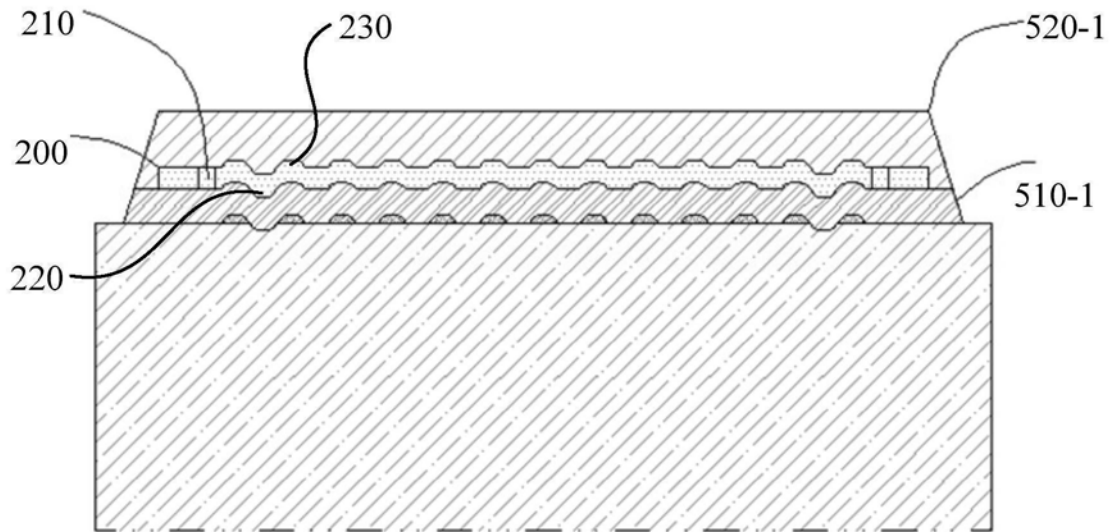


图9

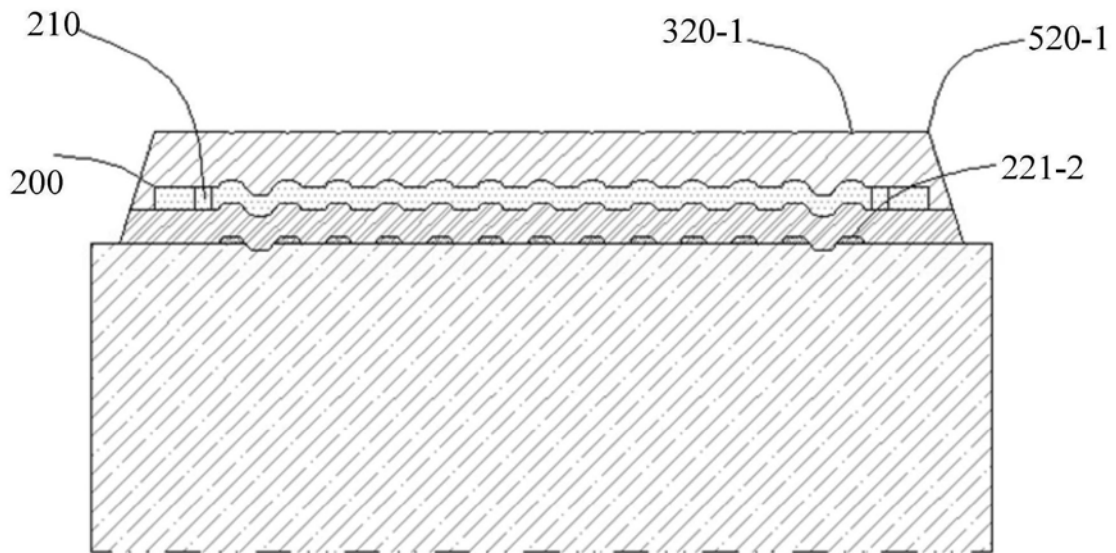


图10

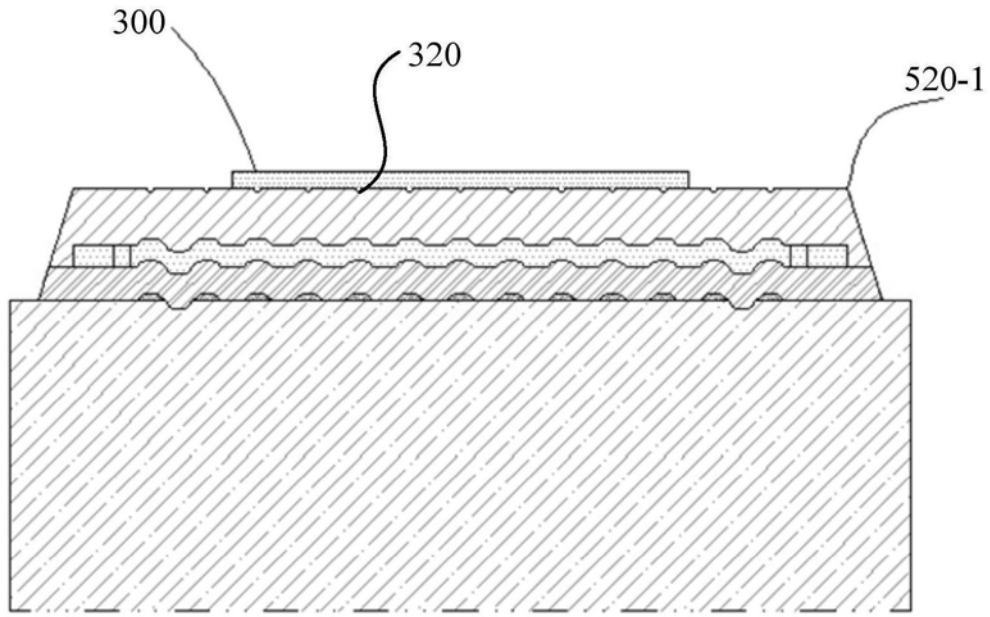


图11

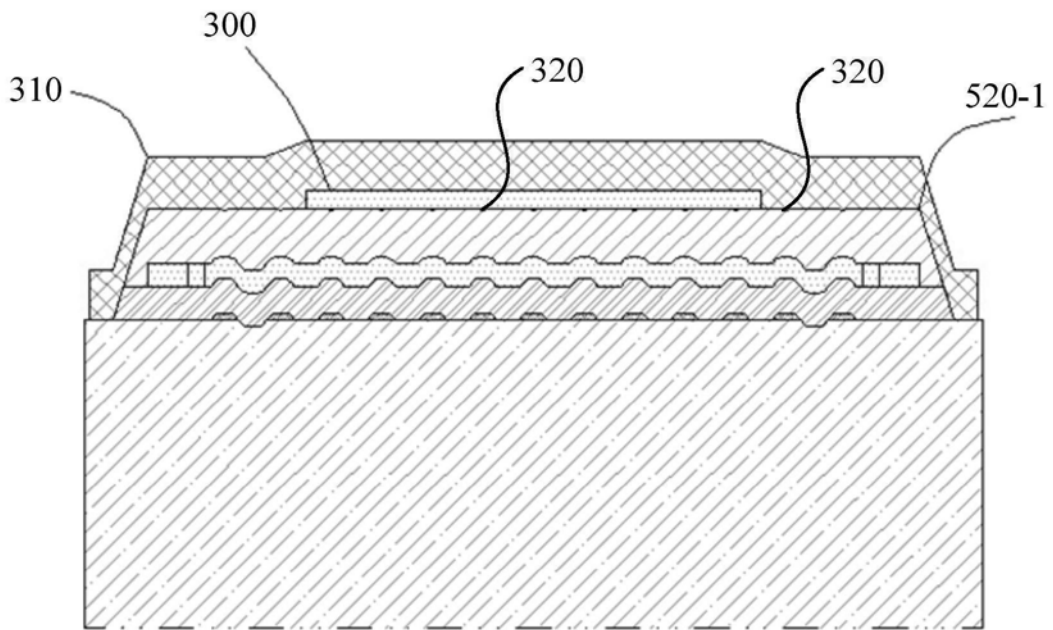


图12

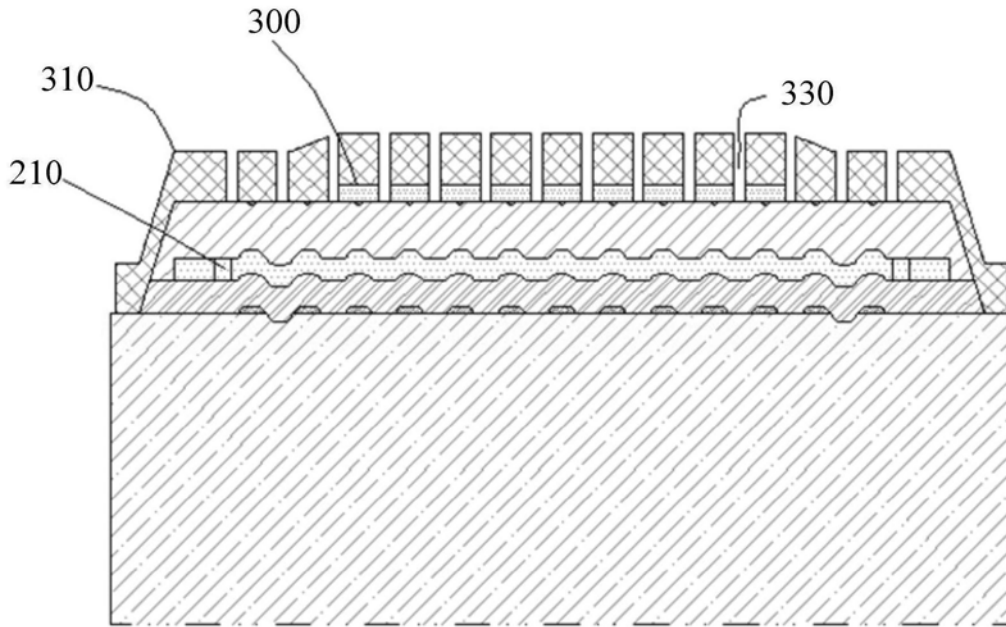


图13

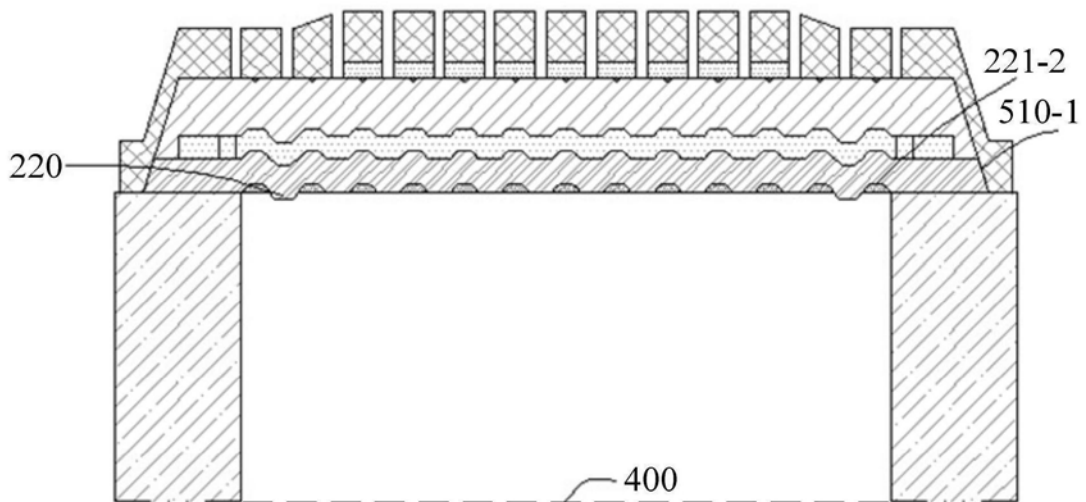


图14

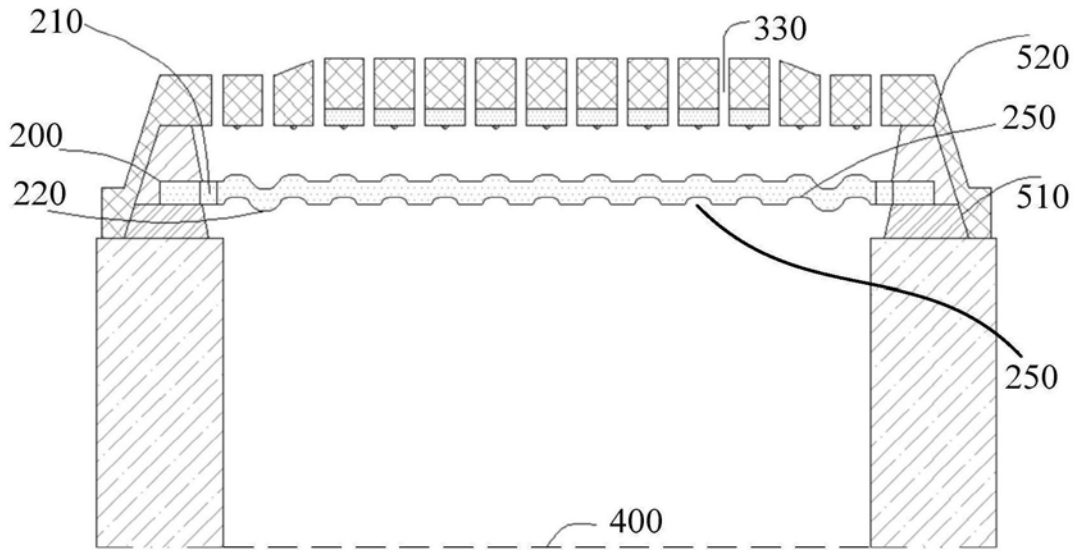


图15

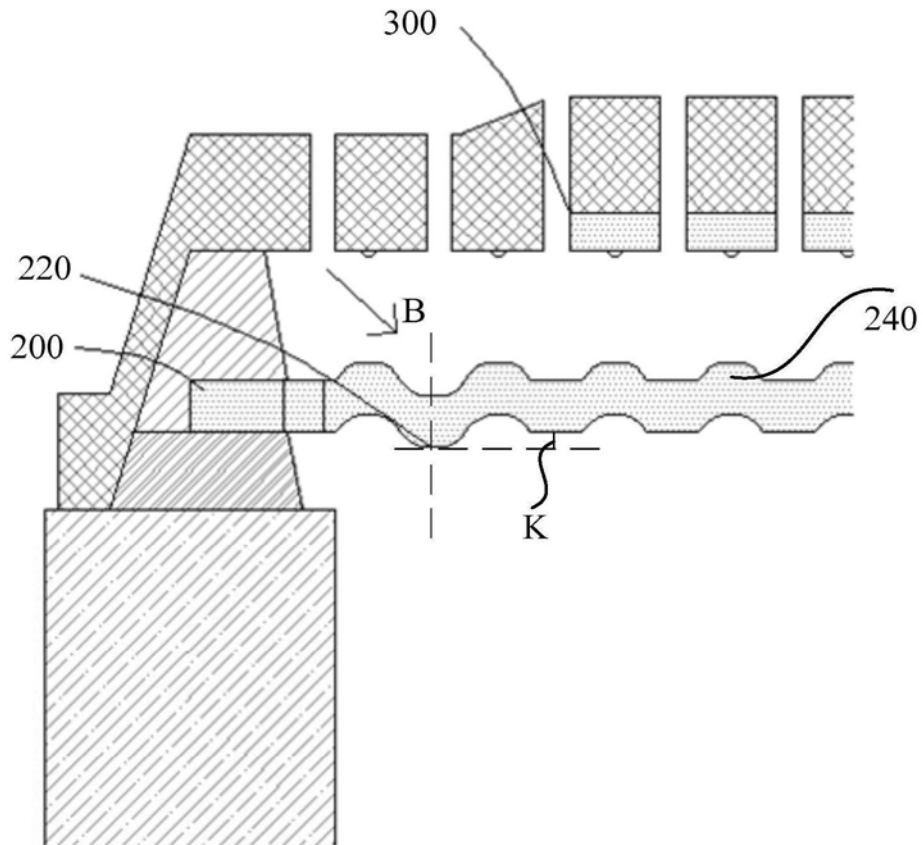


图16

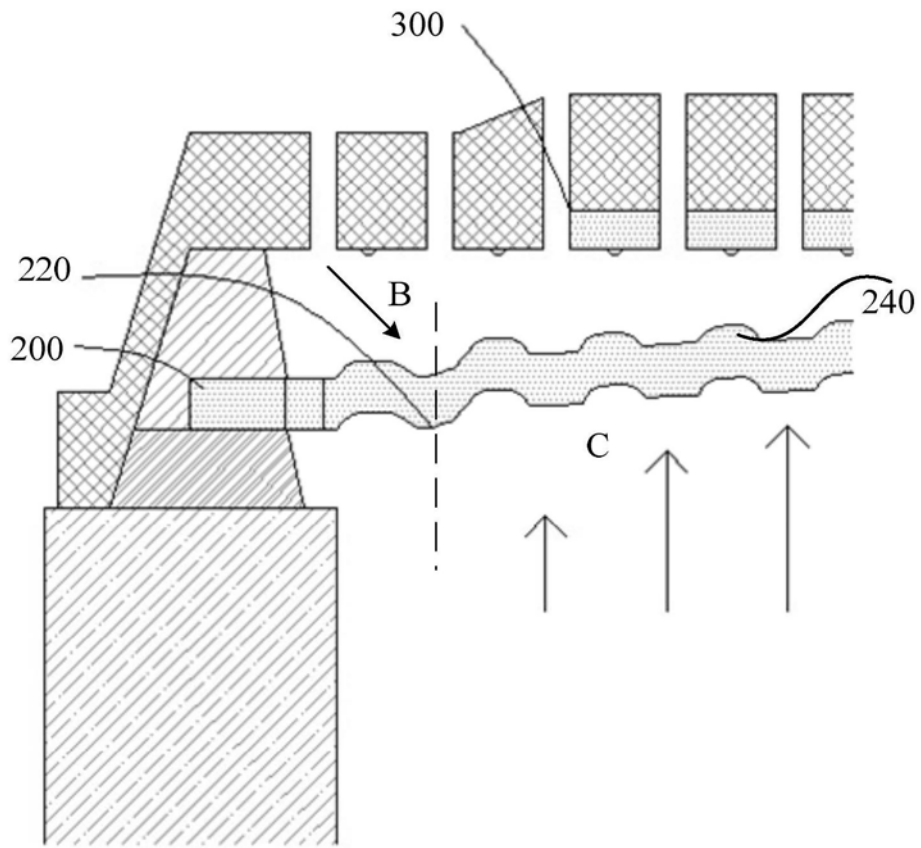


图17