



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117095664 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 21

(21) 申请号 202310889490.4

(22) 申请日 2023.07.19

(71) 申请人 北京市科学技术研究院城市安全与
环境科学研究所

地址 100054 北京市西城区陶然亭路55号

(72) 发明人 盖晓玲 李贤徽 户文成 肖伟民
邢拓 赵佳美 王文江

(74) 专利代理机构 北京中知星原知识产权代理
事务所(普通合伙) 11868

专利代理师 艾变开

(51) Int. Cl.

G10K 11/172 (2006.01)

G10K 11/162 (2006.01)

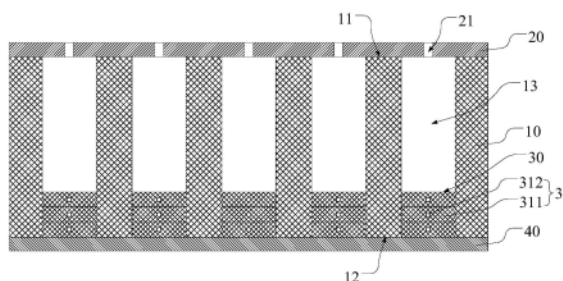
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构

(57) 摘要

本发明提供一种声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构,包括:基体,基体包括相对的第一表面和第二表面,基体内设置有多个空腔,空腔的两端分别贯通第一表面和第二表面;第一盖板,覆盖第一表面,第一盖板上设置有与空腔连通的吸声孔;多个声子晶体结构,与多个空腔一一对应设置,各声子晶体结构由基体的第二表面伸入空腔;声子晶体结构与第一盖板之间具有预设距离,声子晶体结构的靠近第一表面的一面与空腔的腔壁、第一盖板围合形成亥姆霍兹共振腔。声子晶体结构能够在特定的频带产生带隙,声子晶体结构和第一盖板在空腔内部围合形成亥姆霍兹共振腔,声子晶体结构的带隙特性以及亥姆霍兹型声学超结构的局域共振特性能够有效解决结构的低频噪声问题。



1. 一种声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构, 其特征在于, 所述声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构包括:

基体, 所述基体包括相对的第一表面和第二表面, 所述基体内设置有多多个空腔, 所述空腔的两端分别贯通所述第一表面和所述第二表面;

第一盖板, 覆盖所述第一表面, 所述第一盖板上设置有与所述空腔连通的吸声孔;

多个声子晶体结构, 与所述多个空腔一一对应设置, 各所述声子晶体结构由所述基体的第二表面伸入所述空腔;

其中, 所述声子晶体结构与所述第一盖板之间具有预设距离, 所述声子晶体结构的靠近所述第一表面的一面与所述空腔的腔壁、所述第一盖板围合形成亥姆霍兹共振腔。

2. 根据权利要求1所述的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构, 其特征在于, 所述基体包括蜂窝板, 所述蜂窝板围合形成截面呈正六边形的所述空腔。

3. 根据权利要求2所述的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构, 其特征在于, 所述蜂窝板为铝制蜂窝芯或者芳纶蜂窝芯。

4. 根据权利要求1所述的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构, 其特征在于, 所述吸声孔设置有多多个, 多个所述吸声孔包括沿第一方向间隔排布的多列吸声孔, 每一列吸声孔包括沿第二方向间隔排布的多个吸声孔;

其中, 沿所述第一方向, 不同的所述吸声孔的孔径逐渐增大、或者逐渐减小、或者呈先增大后减小的规律性变化;

和/或,

沿所述第二方向, 不同的所述吸声孔的孔径逐渐增大、或者逐渐减小、或者呈先增大后减小的规律性变化。

5. 根据权利要求4所述的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构, 其特征在于, 相邻所述吸声孔的孔径差小于2mm。

6. 根据权利要求1所述的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构, 其特征在于, 所述声子晶体结构包括至少一个声子晶体单元, 所述声子晶体单元包括树脂块以及嵌设于所述树脂块内的质量块。

7. 根据权利要求6所述的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构, 其特征在于, 所述质量块呈球形金属材料。

8. 根据权利要求6所述的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构, 其特征在于, 所述质量块的外部包裹有橡胶材料层。

9. 根据权利要求1至8任一项所述的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构, 其特征在于, 所述声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构还包括第二盖板, 所述第二盖板覆盖所述第二表面, 以将所述空腔在所述第二表面上的开口封堵。

10. 根据权利要求9所述的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构, 其特征在于, 所述第一盖板包括铝板和/或铝合金板, 所述第一盖板的厚度为1至2mm; 和/或,

所述第二盖板包括铝板和/或铝合金板, 所述第二盖板的厚度为1至2mm。

一种声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构

技术领域

[0001] 本发明涉及降噪技术领域,尤其涉及一种声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构。

背景技术

[0002] 声学材料是噪声控制的重要研究内容。对于低频声波,采用轻薄结构实现宽频带隔声一直都是挑战性课题。如何在远小于波长的尺度上实现低频宽带的隔声,既是当前理论研究的热点,也是迫切需要解决的工程难题。

[0003] 低频噪声与高频噪声相比,最大的区别是高频噪声随着距离的增加或者遇到障碍物,声能量会迅速衰减。而低频噪声由于声波波长较长,衰减很慢,并且能够轻易穿越墙壁,玻璃窗等障碍物。低频噪声在环境中广泛存在,但其影响长期被低估。一般的墙体很难完全屏蔽掉低频噪声。

[0004] 传统的多孔吸声材料,如纤维材料和泡沫材料虽然对中、高频噪声有很好的吸声效果,但在低频范围内作用不佳。在多孔材料后面加上一定厚度的空气腔,虽然有助于增加低频吸声,但整体厚度较大,要想实现低频声波的高效吸收,传统材料的尺寸几乎要和声波波长相当,而工程中的空间限制及成本是声学设计中非常关键的问题。

[0005] 声学超材料是一种具有超常物理性质的人工复合结构或复合材料,通过在关键物理尺度上对材料进行一定的特殊设计,获得自然界材料所不具备的不同寻常的声学特性,使其在吸声、隔声降噪领域具有广阔的研究和应用前景。薄膜型声学超材料也以其显著的低频声学效果引起了广泛关注,但薄膜的张力比较难控制,再有耐久性也阻碍了薄膜型声学超材料的实际工程应用。

发明内容

[0006] 鉴于此,本发明的目的在于提供一种声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构。

[0007] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0008] 一种声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构,所述声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构包括:

[0009] 基体,所述基体包括相对的第一表面和第二表面,所述基体内设置有多空腔,所述空腔的两端分别贯通所述第一表面和所述第二表面;

[0010] 第一盖板,覆盖所述第一表面,所述第一盖板上设置有与所述空腔连通的吸声孔;

[0011] 多个声子晶体结构,与所述多个空腔一一对应设置,各所述声子晶体结构由所述基体的第二表面伸入所述空腔;

[0012] 其中,所述声子晶体结构与所述第一盖板之间具有预设距离,所述声子晶体结构的靠近所述第一表面的一面与所述空腔的腔壁、所述第一盖板围合形成亥姆霍兹共振腔。

[0013] 本发明的一些实施例中,所述基体包括蜂窝板,所述蜂窝板围合形成截面呈正六边形的所述空腔。

[0014] 本发明的一些实施例中,所述蜂窝板为铝制蜂窝芯或者芳纶蜂窝芯。

[0015] 本发明的一些实施例中,所述吸声孔设置有多个,多个所述吸声孔包括沿第一方向间隔排布的多列吸声孔,每一列吸声孔包括沿第二方向间隔排布的多个吸声孔;

[0016] 其中,沿所述第一方向,不同的所述吸声孔的孔径逐渐增大、或者逐渐减小、或者呈先增大后减小的规律性变化;

[0017] 和/或,

[0018] 沿所述第二方向,不同的所述吸声孔的孔径逐渐增大、或者逐渐减小、或者呈先增大后减小的规律性变化。

[0019] 本发明的一些实施例中,相邻所述吸声孔的孔径差小于2mm。

[0020] 本发明的一些实施例中,所述声子晶体结构包括至少一个声子晶体单元,所述声子晶体单元包括树脂块以及嵌设于所述树脂块内的质量块。

[0021] 本发明的一些实施例中,所述质量块呈球形金属材料。

[0022] 本发明的一些实施例中,所述质量块的外部包裹有橡胶材料层。

[0023] 本发明的一些实施例中,所述声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构还包括第二盖板,所述第二盖板覆盖所述第二表面,以将所述空腔在所述第二表面上的开口封堵。

[0024] 本发明的一些实施例中,所述第一盖板包括铝板和/或铝合金板,所述第一盖板的厚度为1至2mm;和/或,

[0025] 所述第二盖板包括铝板和/或铝合金板,所述第二盖板的厚度为1至2mm。

[0026] 本发明提供的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构中,在基体中形成空腔,空腔的一部分区域填充声子晶体结构,声子晶体结构能够在特定的频带产生带隙以阻止声波传播,并利用声子晶体结构和第一盖板在空腔内部围合形成亥姆霍兹共振腔,与亥姆霍兹共振腔连通的吸声孔构成亥姆霍兹的颈,如此,通过声子晶体结构的带隙特性以及亥姆霍兹型声学超结构的局域共振特性,能够有效解决结构的低频噪声问题,结构可靠性高且结构紧凑。

附图说明

[0027] 通过以下参照附图对本发明实施例的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优点将更为清楚。

[0028] 图1示出本发明一示例性实施例提供的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构去除第一盖板的俯视图

[0029] 图2示出本发明一示例性实施例提供的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构的俯视图;

[0030] 图3示出图2中A-A向剖视图之一;

[0031] 图4示出图2中A-A向剖视图之二;

[0032] 图5示出图4所示的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构中声子晶体结构进行位置调节后的剖视图。

[0033] 图中:

[0034] 10、基体;11、第一表面;12、第二表面;13、空腔;14、蜂窝板;20、第一盖板;21、吸声孔;30、声子晶体结构;31、声子晶体单元;311、树脂块;312、质量块;40、第二盖板;41、盖板本体;42、声子晶体结构容置部;43、卡接部;44、连接部。

具体实施方式

[0035] 以下基于实施例对本发明进行描述,本领域普通技术人员应当理解,在此提供的附图都是为了说明的目的,并且附图不一定是按比例绘制的。

[0036] 除非上下文明确要求,否则整个说明书和权利要求书中的“包括”、“包含”等类似词语应当解释为包含的含义而不是排他或穷举的含义;也就是说,是“包括但不限于”的含义。

[0037] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0038] 此外,在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”、“多根”、“多组”的含义是两个或两个以上。

[0039] 如图1至图3所示,本发明一示例性实施例提供了一种声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构,该声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构包括基体10、第一盖板20和多个声子晶体结构30。其中,基体10包括相对的第一表面11和第二表面12,基体10内设置有多个空腔13,空腔13的两端分别贯通第一表面11和第二表面12。

[0040] 多个空腔13在基体10内的排布不做限制,例如可以呈阵列排布,再例如可以为如图2所示呈蜂窝状。空腔13的横截面的形状不做限制,例如可以呈三角形、四边形、图2所示的六边形等。

[0041] 在空腔13的横截面为六边形的实施例中,基体10可以包括蜂窝板14,通过蜂窝板14围合形成截面呈正六边形的空腔13。通过蜂窝板14形成空腔13能够使得空腔13排布更加紧密,从而使得形成的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构的结构更加紧凑。示例性地,蜂窝板14为铝制蜂窝芯或者芳纶蜂窝芯。

[0042] 在第一表面11向第二表面12的方向上,空腔13在各个位置的横截面的形状可以相同,也可以不同,示例性地,空腔13可以包括依次相连的多个空腔段,相邻的空腔段的横截面形状不同,例如,空腔13包括依次相连的第一空腔段、第二空腔段和第三空腔段,第一空腔段和第三空腔段的横截面形状相同,第二空腔段与第一空腔段以及第三空腔段的横截面形状均不同,例如第一空腔段和第三空腔段的横截面为四边形,第二空腔段的横截面为六边形,从而使得空腔13形成的亥姆霍兹共振腔能够覆盖更广的低频频率,进而能够提高空腔13形成的亥姆霍兹共振腔的低频吸声效果。

[0043] 空腔13在各个位置的横截面形状相同的实施例中,在第一表面11向第二表面12的方向上,空腔13在各个位置的横截面面积可以相同即形成直孔,空腔13在各个位置的横截面面积也可以不同,例如空腔13的横截面面积可以先逐渐减小再逐渐增大,也可以先逐渐增大再逐渐减小。

[0044] 第一盖板20覆盖第一表面11,第一盖板20上设置有与空腔13连通的吸声孔21,示例性地,每个空腔13均连通一个吸声孔21。第一盖板20的材料具体不做限制,第一盖板20可以为一层,也可以为多层,每一层材料可以为铝板或铝合金板,当第一盖板20包括多层时,各层材料可以相同也可以不同。第一盖板20的厚度为1至2mm,例如可以为1mm、1.5mm、2mm

等。

[0045] 第一盖板20与基体10可以通过粘接、焊接等方式形成不可拆卸的固定连接,也可以通过卡接、紧固件连接等方式形成可拆卸的固定连接。示例性地,第一盖板20的边缘设置有卡爪,基体10的边缘设置有卡槽,卡爪与卡槽卡接实现第一盖板20与基体10的固定连接。进一步地,为了保证密封性,还可在第一盖板20与基体10之间设置密封结构,密封结构可以呈片状且其与空腔13对应的位置处形成镂空,在另一实施例中,密封结构也可以与第一盖板20为一体成型结构,例如,密封结构为与各个空腔13一一对应设置的密封环,密封环包括相连的第一密封部和第二密封部,第一密封部和第二密封部均呈环状,第一密封部和第二密封部的内孔形状和面积均相同,第二密封部的外部形状与空腔13的内壁相适配,第一密封部的外轮廓位于空腔13的外侧,在装配状态下,第二密封部插入空腔13,第一密封部夹置在基体10和第一盖板20之间,密封环与第一盖板20可通过双色注塑工艺形成。本实施例中的第二密封部还能够起到对第一盖板20的定位作用。当然,可以理解的,密封环也可以不设置第一密封部,只包括与第一盖板20一体成型的第二密封部。

[0046] 继续参考图3,多个声子晶体结构30与多个空腔13一一对应设置,各声子晶体结构30由基体10的第二表面12伸入空腔13。其中,声子晶体结构30与第一盖板20之间具有预设距离,声子晶体结构30的靠近第一表面11的一面与空腔13的腔壁、第一盖板20围合形成亥姆霍兹共振腔。

[0047] 本实施例提供的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构中,在基体10中形成空腔13,空腔13的一部分区域填充声子晶体结构30,声子晶体结构30能够在特定的频带产生带隙以阻止声波传播,并利用声子晶体结构30和第一盖板20在空腔13内部围合形成亥姆霍兹共振腔,与亥姆霍兹共振腔连通的吸声孔21构成亥姆霍兹的颈,如此,通过声子晶体结构30的带隙特性以及亥姆霍兹型声学超结构的局域共振特性,能够有效解决结构的低频噪声问题,且结构可靠性高且结构紧凑。

[0048] 在一些实施例中,各个吸声孔21的形状、大小均相同,在另一些实施例中,如图2所示,多个吸声孔21包括沿第一方向(例如为图2中的横向)间隔排布的多列吸声孔21,每一列吸声孔21包括沿第二方向(例如为图2中的纵向)间隔排布的多个吸声孔21。其中,沿第一方向,不同的吸声孔21的孔径逐渐增大、或者逐渐减小、或者呈先增大后减小的规律性变化。

[0049] 沿第二方向,不同的吸声孔21的孔径逐渐增大、或者逐渐减小、或者呈先增大后减小的规律性变化。

[0050] 一实施例中,相邻吸声孔21的孔径差小于2mm,例如,在一行吸声孔21中,相邻的吸声孔21的孔径差小于2mm,再例如,在一列吸声孔21中,相邻的吸声孔21孔径差小于2mm。

[0051] 声子晶体(Phononic Crystals)即弹性常数及密度周期分布的材料或结构,声子晶体结构30包括至少一个声子晶体单元31,声子晶体单元31包括树脂块311以及嵌设于树脂块311内的质量块312,一个声子晶体单元31内的质量块312可以为一个,也可以为多个,当质量块312为多个时,多个质量块312可以均匀分散排布于树脂块311中。质量块312呈球形金属材料,例如可以为铜球、铅球等。

[0052] 一实施例中,质量块312的外部包裹有橡胶材料层,由于橡胶材料层比较软,通过较软的橡胶材料层将较硬的质量块312连接在树脂块311内,组成了具有低频的单元。当树脂块311中传播的弹性波的频率接近声子晶体单元31的共振频率时,声子晶体单元31将与

弹性波发生强烈的耦合作用,使其不能继续向前传播,从而导致了带隙的产生。

[0053] 位于各个空腔13内的声子晶体单元31的数量可以相同,例如可以均为图3中所示的3个,位于各个空腔13内的声子晶体单元31的数量也可以不同,例如如图4所示,一部分空腔13中的声子晶体单元31的数量为三个,另一部分空腔13中的声子晶体单元31的数量为四个。当不同的空腔13中声子晶体单元31的数量不同时,在改变声子晶体结构30自身吸声特性的同时,还能够改变亥姆霍兹共振腔的体积,进而同时改变亥姆霍兹共振腔的吸声特性。

[0054] 一实施例中,声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构还包括第二盖板40,第二盖板40覆盖第二表面12,以将空腔13在所述第二表面12上的开口封堵。通过设置第二盖板40能够使得声子晶体结构30在基体10内的位置更加牢靠,进而提高声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构的结构可靠性。第二盖板40的材料具体不做限制,第二盖板40可以为一层,也可以为多层,每一层材料可以为铝板或铝合金板,当第二盖板40包括多层时,各层材料可以相同也可以不同。第二盖板40的厚度为1至2mm,例如可以为1mm、1.5mm、2mm等。

[0055] 第二盖板40与基体10可以通过粘接、焊接等方式形成不可拆卸的固定连接,也可以通过卡接、紧固件连接等方式形成可拆卸的固定连接。第二盖板40可以呈如图3所示的平板结构,在其他实施例中,如图4所示,第二盖板40包括盖板本体41以及设置于盖板本体41上的多个声子晶体结构容置部42,每个空腔13均对应一个声子晶体结构容置部42,声子晶体结构30设置于声子晶体结构容置部42内,在声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构进行装配时,可以首先将各个声子晶体结构30放置于声子晶体结构容置部42内,然后再整体将第二盖板40安装于基体10上,从而提高声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构的装配效率。

[0056] 一实施例中,声子晶体结构容置部42包括套筒,套筒的内腔与声子晶体结构30的形状适配,优选地,套筒的内壁上设置有多多个卡接部43,多个卡接部43沿套筒的延伸方向间隔排布,声子晶体单元31卡入两个相邻的卡接部43之间以固定在套筒内。卡接部43的设置能够保证各个声子晶体单元31在套筒内的位置稳定性,进而保证声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构的吸声可靠性。

[0057] 第二盖板40还可以包括连接部44,连接部44与套筒为一体成型结构,连接部44包覆盖盖板本体41,从而实现盖板本体41与套筒的连接。连接部44和套筒可以为注塑件,盖板本体41可以作为嵌件嵌设于注塑件中。

[0058] 进一步地,第二盖板40与基体10为滑动连接,声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构还包括驱动装置,驱动装置用于驱动第二盖板40相对基体10滑动,从而改变亥姆霍兹共振腔的体积,进而改变声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构的吸声特性。驱动装置例如可以为电机、气缸等。

[0059] 其中,驱动装置驱动第二盖板40的运动行程,可以是固定的行程,也可以根据当前环境下的噪声频率来确定第二盖板40的运动行程,以使得声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构的吸声特性与当前的环境噪声更加匹配。例如,该方法具体为:

[0060] 确定环境声波的噪声频率;

[0061] 根据预配置信息和噪声频率,确定目标行程,预配置信息用于表征噪声频率与行程的对应关系。

[0062] 预配置信息例如可以为映射、表格等形式,预配置信息可预先通过实验得到。预配置信息例如可以是多个噪声频率范围与行程值的对应关系,在确定了环境声波的噪

声频率后,可根据噪声频率查询预设配置信息,确定噪声频率所在的噪声频率范围,进而确定对应的行程值,将该行程值确定为目标行程。

[0063] 本实施例提供的声子晶体复合亥姆霍兹型声学超结构中,在基体10中形成空腔13,空腔13的一部分区域填充声子晶体结构30,声子晶体结构30能够在特定的频带产生带隙以阻止声波传播,并利用声子晶体结构30和第一盖板20在空腔13内部围合形成亥姆霍兹共振腔,与亥姆霍兹共振腔连通的吸声孔21构成亥姆霍兹的颈,如此,通过声子晶体结构30的带隙特性以及亥姆霍兹型声学超结构的局域共振特性,能够有效解决结构的低频噪声问题,且结构可靠性高且结构紧凑。

[0064] 本领域的技术人员容易理解的是,在不冲突的前提下,上述各优选方案可以自由地组合、叠加。

[0065] 以上所述仅为本发明的优选实施例,并不用于限制本发明,对于本领域技术人员而言,本发明可以有各种改动和变化。凡在本发明的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

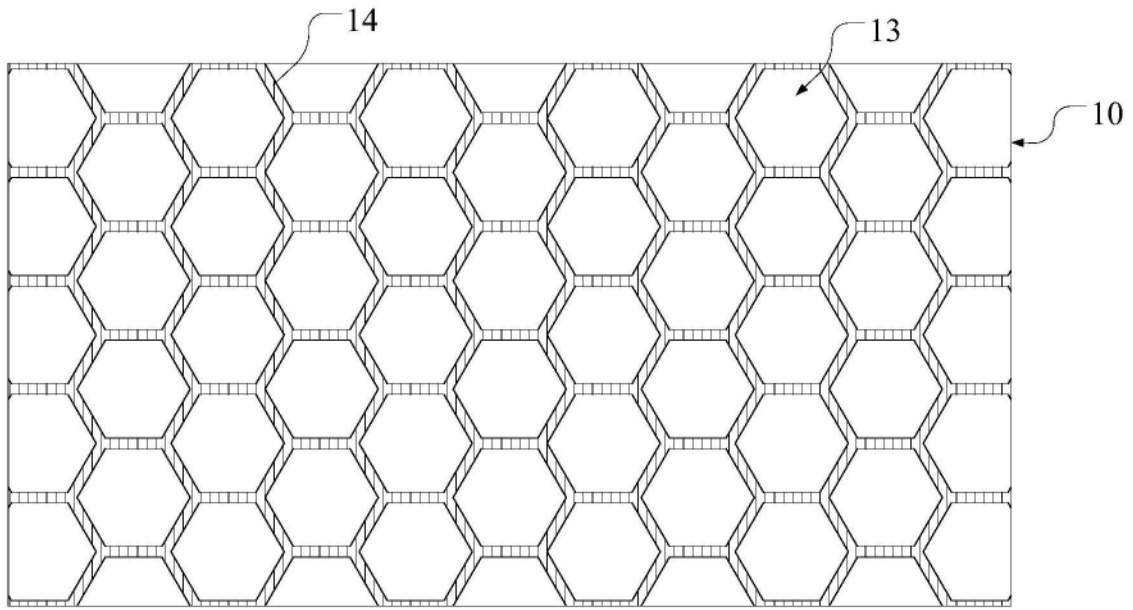


图1

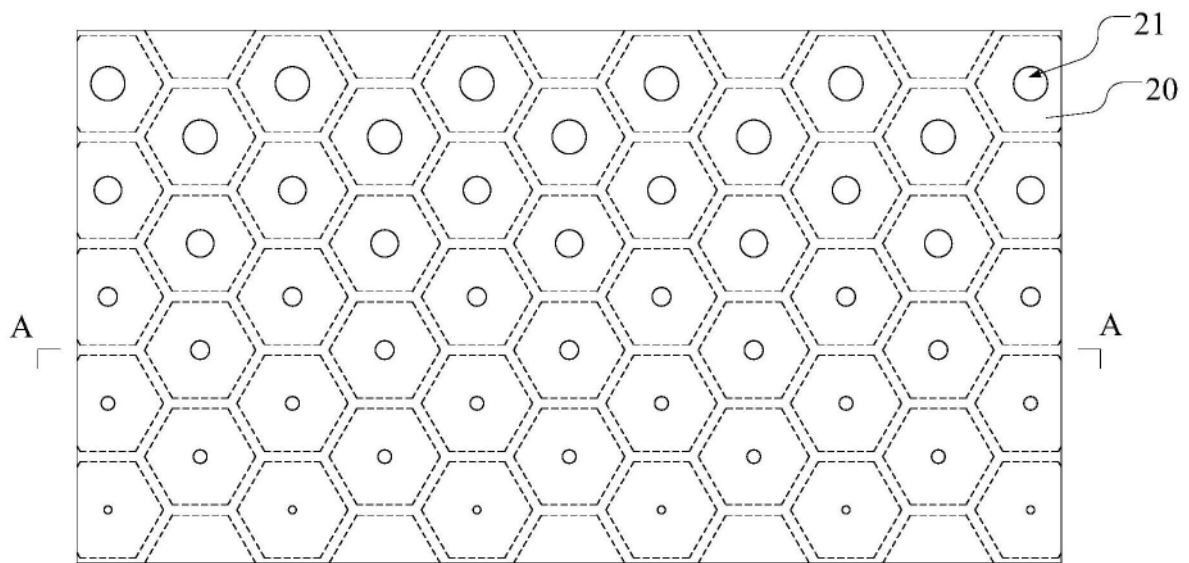


图2

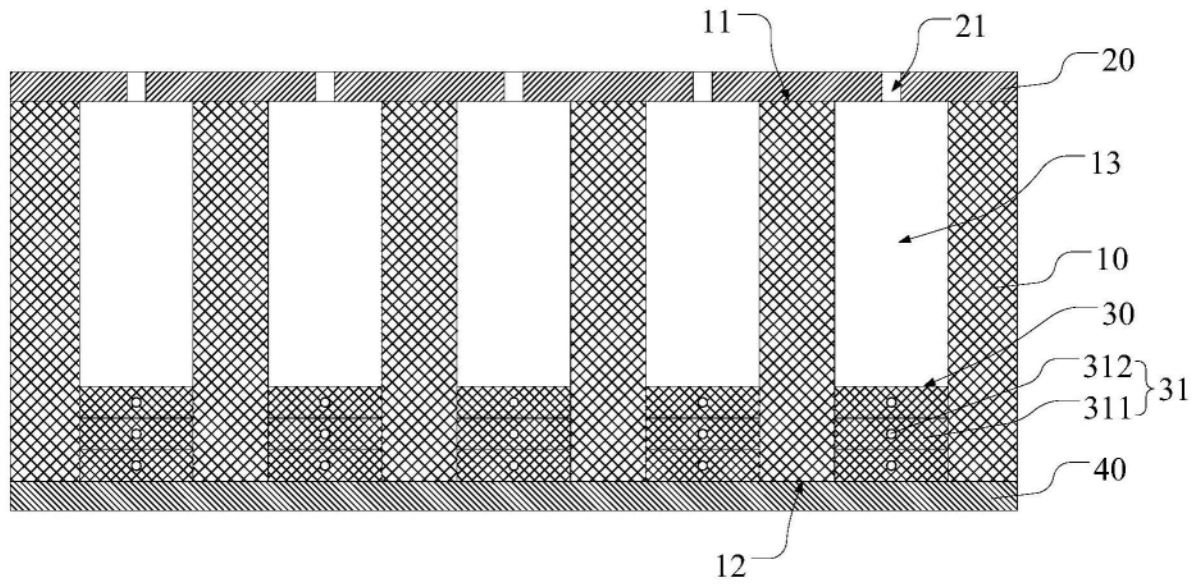


图3

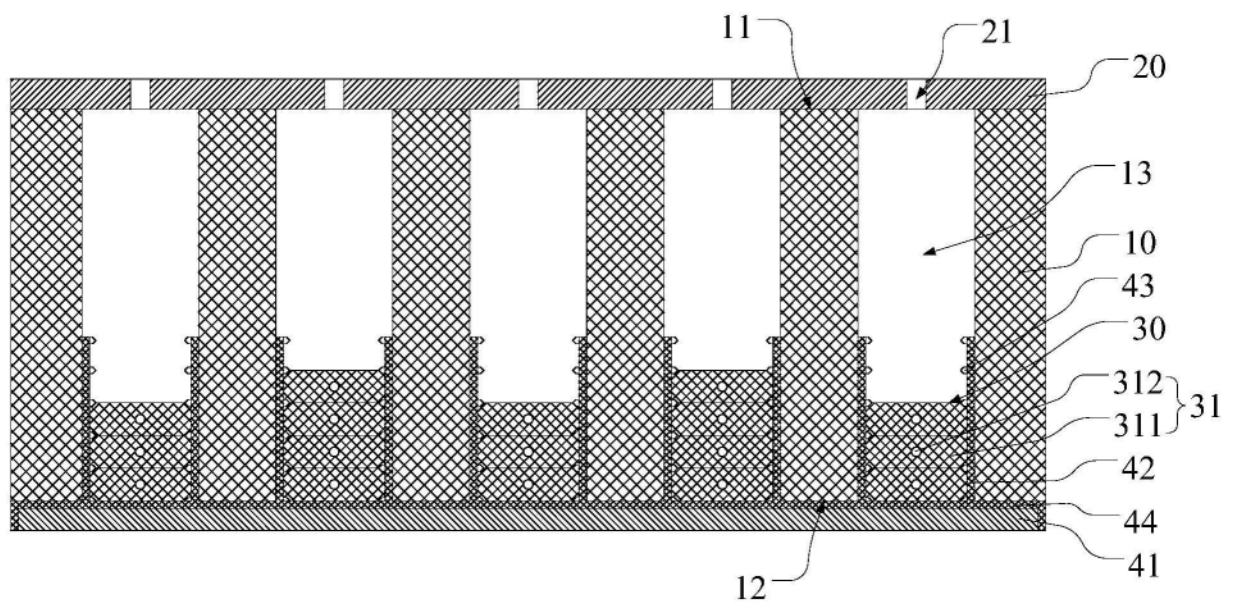


图4

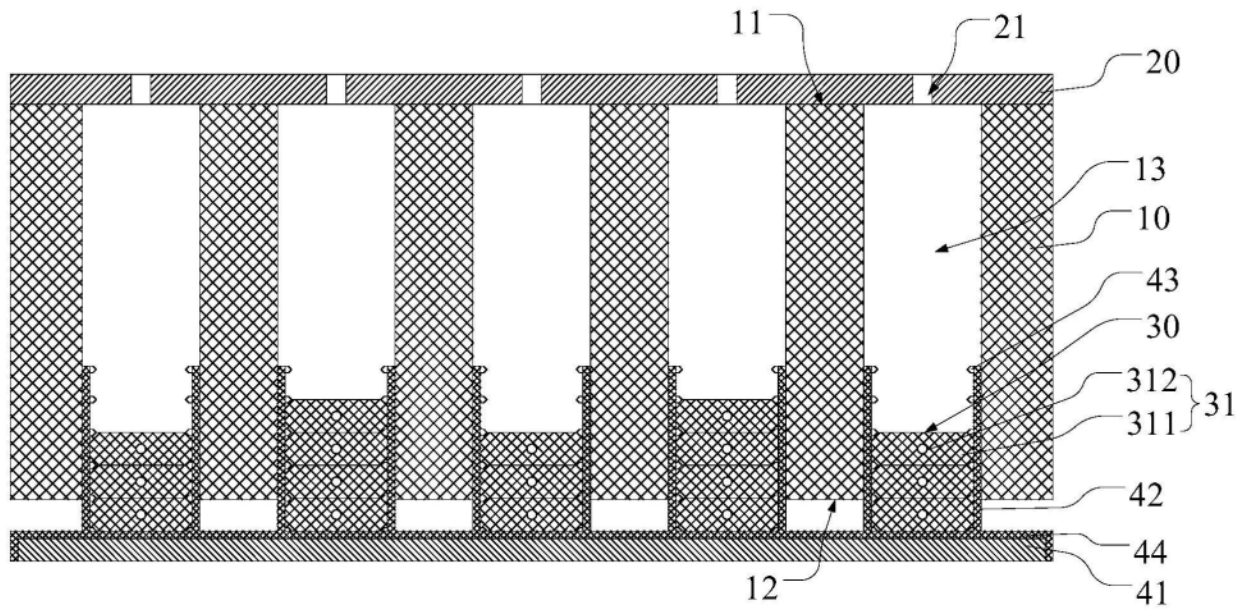


图5