



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108140374 B

(45) 授权公告日 2022.03.29

(21) 申请号 201680035122.1

安德鲁·R·麦克尼尔斯

(22) 申请日 2016.06.17

凯文·M·李

(65) 同一申请的已公布的文献号

普雷斯顿·S·威尔逊

申请公布号 CN 108140374 A

(74) 专利代理机构 北京嘉和天工知识产权代理
事务所(普通合伙) 11269

(43) 申请公布日 2018.06.08

代理人 严慎 王维

(30) 优先权数据

(51) Int.CI.

62/181,374 2015.06.18 US

G10K 11/16 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G10K 11/172 (2006.01)

2017.12.15

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

US 5587564 A, 1996.12.24

PCT/US2016/038096 2016.06.17

US 5587564 A, 1996.12.24

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2015083520 A1, 2015.03.26

W02016/205661 EN 2016.12.22

CN 104364840 A, 2015.02.18

(73) 专利权人 德克萨斯大学体系董事会

CN 1491308 A, 2004.04.21

地址 美国德克萨斯州

JP H09228506 A, 1997.09.02

(72) 发明人 马克·S·沃切纳尔

审查员 岳悦

权利要求书2页 说明书7页 附图22页

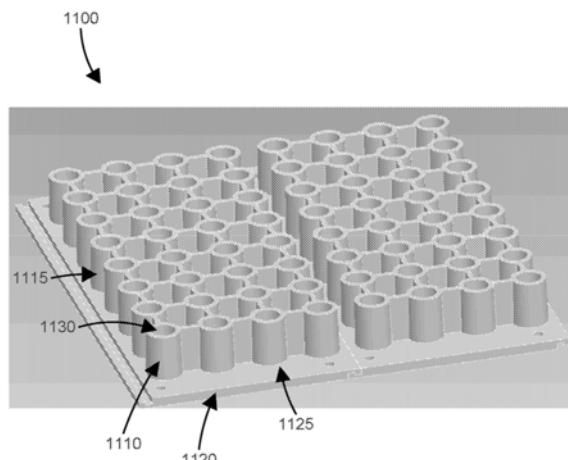
(54) 发明名称

共振器、具有共振器的装置以及噪声消减系

统

(57) 摘要

由注射成型或允许每个共振器的形状、尺寸、定向和布置被定制的其他工艺所形成的声共振器。定制共振器的特征允许其共振频率基于其意图的部署来被调整。相较于共振器的周期性或均匀布置，共振器的非周期性或非均匀布置可以增加噪声减小的水平。链槽包括接收链的凹部，所述链支撑多个共振器排或框架。在收藏配置中，链槽向着排/框架枢转以更紧凑地收藏共振器的板。



1. 一种共振器,所述共振器用于抑制来自液体中的源的声能,所述共振器包括:基部,所述基部具有第一平坦表面和第二平坦表面,所述第一平坦表面和所述第二平坦表面彼此平行;
- 中空本体,所述中空本体在正交于所述基部的所述第二平坦表面的截面上具有第一端、第二端以及在所述第一端和所述第二端之间的侧壁,所述第二端一体地连接于所述基部的所述第二平坦表面,所述中空本体远离所述基部的所述第一平坦表面和所述第二平坦表面延伸,所述本体具有限定在所述第一端中的孔,所述孔从所述第一端延伸到所述第二端,所述孔限定所述中空本体中的体积,当所述共振器被设置在所述液体中而所述孔与地心引力的方向对准时,所述中空本体被配置来将气体留存在所述体积中;以及
- 限定在所述基部中的至少一个孔洞,所述至少一个孔洞横向地偏置于所述中空本体。
2. 如权利要求1所述的共振器,其中所述中空本体具有第一部分和第二部分,所述第一部分邻近于所述第一端被设置,所述第二部分邻近于所述第二端被设置,其中所述第一部分窄于所述第二部分。
3. 如权利要求1所述的共振器,其中所述基部和所述中空本体是注射成型的。
4. 如权利要求3所述的共振器,其中所述基部和所述中空本体是由相同的材料形成的。
5. 如权利要求3所述的共振器,其中所述中空本体是气球形状。
6. 如权利要求3所述的共振器,其中所述中空本体是蘑菇形状。
7. 如权利要求2所述的共振器,其中所述第一部分的宽度的比率和所述第二部分的宽度的比率是基于所述共振器在所述液体中部署的深度选择的。
8. 如权利要求7所述的共振器,其中所述比率被选择,以至于期望的所述液体的量在所述深度处进入所述体积。
9. 如权利要求8所述的共振器,其中所述共振器具有至少部分地基于期望的所述液体的量的共振频率。
10. 一种装置,所述装置用于抑制来自液体中的源的声能,所述装置包括:
- 基部,所述基部具有第一平坦表面和第二平坦表面,所述第一平坦表面和所述第二平坦表面彼此平行;
- 多个中空本体,所述多个中空本体形成共振器,每个中空本体在正交于所述第二平坦表面的截面上具有第一端、第二端以及在所述第一端和所述第二端之间的侧壁,所述第二端一体地连接于所述基部的所述第二平坦表面,所述中空本体具有限定在所述第一端中的孔,所述孔从所述第一端延伸到所述第二端,所述孔限定所述中空本体中的体积,当所述装置被设置在所述液体中而所述孔与地心引力的方向对准时,所述中空本体被配置来将气体留存在所述体积中;以及
- 限定在所述基部中的多个孔洞,所述孔洞被设置在所述中空本体中的至少一些之间。
11. 如权利要求10所述的装置,其中当装置被浸没在所述液体中时,所述孔洞被配置来允许气体泡穿过以减小所述装置的浮力。
12. 如权利要求10所述的装置,其中所述共振器被布置在具有多个列和行的阵列中。
13. 如权利要求12所述的装置,其中所述共振器中的至少一些是偏置于所述列或所述行的。
14. 如权利要求12所述的装置,其中所述共振器包括具有第一形状的第一共振器和具

有第二形状的第二共振器,所述第一形状不同于所述第二形状。

15. 如权利要求14所述的装置,其中所述第一共振器和所述第二共振器被随机地分布在所述阵列中。

16. 如权利要求12所述的装置,其中所述共振器包括具有第一高度的第一共振器和具有第二高度的第二共振器。

17. 如权利要求12所述的装置,其中遍布所述阵列的相邻的共振器之间的距离是可变的。

18. 如权利要求17所述的装置,其中遍布所述阵列的所述距离被随机分布。

19. 一种噪声消减系统,所述噪声消减系统包括:

多个可收缩框架;

链,所述链穿过限定在每个可收缩框架中的孔,所述链机械地连接和支撑所述可收缩框架;

多个细长的链槽,每个链槽邻近于所述孔被可枢转地连接于各自的框架,所述链槽具有限定沿所述链槽的长度的凹部的本体以至少部分地接收所述链,所述链槽被配置来从(a)展开位置枢转到(b)闭合位置,在所述展开位置,所述链槽的所述长度正交于所述各自的框架,在所述闭合位置,所述链槽的所述长度平行于所述各自的框架;以及

设置在每个所述框架上的多个共振器,每个共振器包括中空本体,所述中空本体具有开放端、封闭端以及在所述开放端和所述封闭端之间的侧壁,所述封闭端一体地连接于设置在所述各自的框架上的基部的第一表面。

20. 如权利要求19所述的系统,其中所述本体具有限定在所述开放端中并且从所述开放端向所述封闭端延伸的孔,所述孔限定所述中空本体中的体积,当所述共振器被浸没在液体中而所述孔与地心引力的方向对准时,所述中空本体被配置来将气体留存在所述体积中。

21. 如权利要求19所述的系统,其中所述本体具有第一部分和第二部分,所述第一部分邻近于所述开放端被设置,所述第二部分邻近于所述封闭端被设置,其中所述第一部分窄于所述第二部分。

22. 如权利要求19所述的系统,其中在至少一个框架上,所述共振器是不规则地间隔的。

23. 如权利要求19所述的系统,其中所述共振器具有多种形状和/或尺寸。

24. 如权利要求23所述的系统,其中在至少一个框架上,所述多种形状和/或尺寸被随机地分布。

25. 如权利要求19所述的系统,其中所述系统被配置来从部署配置收缩至收藏配置,所述部署配置使得所述框架处于延伸位置,以至于所述框架比其被收藏时更远地间隔分开,并且所述收藏配置使得所述框架处于收缩位置,以至于所述共振器比其被部署时更近地间隔。

26. 如权利要求25所述的系统,其中当所述系统处于所述部署配置时,所述链槽处于所述展开位置,并且当所述系统处于所述收藏配置时,所述链槽处于所述闭合位置。

27. 如权利要求19所述的系统,其中多个孔洞被限定在所述基部中,所述孔洞被设置在所述共振器中的至少一些之间。

共振器、具有共振器的装置以及噪声消减系统

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求在2015年6月18日递交的标题为“注射成型的噪声消减组件和部署系统”的美国临时申请No.62/181,374的优先权，该美国临时申请No.62/181,374通过引用被并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及用于水下声音发射(比如来自航海船舶、石油和矿产钻探操作以及海洋建设和拆除的噪声)的减小的噪声消减设备。

背景技术

[0004] 各种水下噪声消减装置已经被提出。一些通过围绕水下噪声的源或部署在水下噪声的源附近的形状因素被实现。标题为“用于抑制和分散液体中的水声的设备”的美国专利申请公开号2011/0031062描述系于刚性水下框架的多个上浮气体封闭体(容置空气的气球)，所述上浮气体封闭体吸收由气体封闭体的尺寸所确定的频率范围中的水下声音。标题为“使用开放端共振器组件的水下噪声减小系统和部署装置”的美国专利申请公开号2015/0170631的专利申请公开可潜水开放端气体共振器的系统，所述系统可以被部署在水下噪声环境中以减弱来自水下的噪声。这些及其相关的申请和文件通过引用被并入本文。

[0005] 水下噪声减小系统意图减轻人造噪声，以便减小其环境影响。用于海上建设的打桩、石油和天然气钻探平台以及航海船舶是不期望的并且应当被减轻的噪声的例子。然而，水下噪声消减系统的安装、部署和包装可以是挑战性的，因为这些装置对储存和部署而言是典型地庞大和笨重的。

[0006] 此外，当前的噪声减小系统依靠比如橡胶、塑料和/或金属的材料的组合。构造由非同质系统构成的系统可以是比以单一材料加工的同质系统更昂贵的。

[0007] 本申请涉及水下噪声减小设备和系统以及储存和部署这种设备的方法。

发明内容

[0008] 本文所描述的示例性实施方案具有创新的特征，其中没有一个是必不可少的或对其期望的属性单独地负责。以下的描述和附图详细陈述本公开的某些说明性的实践，所述实践表征本公开的各种原则可以实施的若干示例性方式。然而，说明性的实施例不穷尽本公开的许多可能的实施方案。现在有益特征中的一些将被总结而不限制权利要求书的范围。当连同附图一起被考虑时，本公开的其他目标、益处和新颖特征将在以下对本公开的详细描述中被陈述，所述附图意图图示说明而不是限制本发明。

[0009] 在一方面，本发明是针对于用于抑制来自液体中的源的声能的共振器。所述共振器包括具有第一平坦表面和第二平坦表面的基部，所述第一平坦表面和所述第二平坦表面彼此平行。共振器还包括中空本体，所述中空本体在正交于所述基部的所述第二平坦表面的截面上具有第一端、第二端以及在所述第一端和所述第二端之间的侧壁，所述第二端一

体地连接于所述基部的所述第二表面,所述本体具有限定在所述第一端中的孔,所述孔从所述第一端延伸到所述第二端,所述孔限定所述中空本体中的体积,当所述共振器被设置在所述液体中而所述孔与地心引力的方向对准时,所述中空本体被配置来将气体留存在所述体积中。

[0010] 在另一方面,本发明是针对于用于抑制来自液体中的源的声能的装置。所述装置包括具有第一平坦表面和第二平坦表面的基部,所述第一平坦表面和所述第二平坦表面彼此平行。所述装置还包括多个中空本体,每个中空本体在正交于所述第二平坦表面的截面上具有第一端、第二端以及在所述第一端和所述第二端之间的侧壁,所述第二端一体地连接于所述基部的所述第二表面,所述本体具有限定在所述第一端中的孔,所述孔从所述第一端延伸到所述第二端,所述孔限定所述中空本体中的体积,当所述共振器被设置在所述液体中而所述孔与地心引力方向对准时,所述中空本体被配置来将气体留存在所述体积中。所述装置还包括限定在所述基部中的多个孔洞,所述孔洞被设置在所述中空本体中的至少一些之间。

[0011] 在另一方面,本发明是针对于噪声消减系统。所述系统包括多个可收缩框架。所述系统还包括链,所述链穿过限定在每个可收缩框架中的孔,所述链机械地连接和支撑所述可收缩框架。所述系统还包括多个细长的链槽(chain guard),每个链槽邻近于所述孔被可枢转地连接于所述框架,所述链槽具有限定沿所述链槽的长度的凹部的本体以至少部分地接收所述链,所述链槽被配置来从(a)展开位置枢转到(b)闭合位置,在所述展开位置,所述链槽的所述长度正交于所述各自的框架,在所述闭合位置,所述链槽的所述长度平行于所述各自的框架。所述系统还包括设置在每个所述框架上的多个共振器,每个共振器包括中空本体,所述中空本体具有开放端、封闭端以及在所述开放端和所述封闭端之间的侧壁,所述封闭端一体地连接于设置在所述各自的框架上的基部的第一面。

附图说明

[0012] 为了对于本发明的性质和优势的更充分的理解,对以下优选的实施方案的详细说明并且结合附图作出参照,其中:

- [0013] 图1图示说明根据实施方案的水下噪声减小装置;
- [0014] 图2图示说明根据实施方案的关于收缩或收藏配置中的共振器的板的实施例;
- [0015] 图3图示说明可以设置在图1的装置上的声共振器的实施例;
- [0016] 图4图示说明根据实施方案的板中的多排共振器的立体视图;
- [0017] 图5图示说明图4中所图示说明的链和细长支撑体的放大视图;
- [0018] 图6图示说明部分收缩或部分收藏状态中的链和链槽的放大视图;
- [0019] 图7是链和链槽的立体视图;
- [0020] 图8是以代表性的共振器排设置的图7所图示说明的链槽的俯视视图;
- [0021] 图9是部署配置中多个板的立体视图;
- [0022] 图10是收藏配置中的板的立体视图;
- [0023] 图11是周期性阵列中的共振器阵列的立体视图;
- [0024] 图12是随机或非周期阵列中的共振器阵列的立体视图;
- [0025] 图13是根据实施方案的共振器阵列的俯视视图;

- [0026] 图14是图13中所图示说明的阵列从基部相对侧观察的视图；
- [0027] 图15图示说明在截面上具有一般气球形状的共振器；
- [0028] 图16图示说明具有一般蘑菇形状的截面的共振器；
- [0029] 图17图示说明在其第一端具有比图15和图16中所述图示说明的共振器更宽的截面的共振器；
- [0030] 图18图示说明其中第一端处的截面宽度大于第二端处的截面宽度的共振器；
- [0031] 图19图示说明共振器的简化表征；
- [0032] 图20是图示说明针对共振器的部署深度的，共振频率的数学模型相对实验数据的比较的图像；
- [0033] 图21图示说明随机化共振器组件和周期性共振器组件的范例；以及
- [0034] 图22是图示说明测试中所测量的随机共振器组件相对周期性共振器组件的声音减小的比较的图像。

具体实施方式

[0035] 图1图示说明根据实施方案的水下噪声减小装置100。噪声减小装置100可以被降低到围绕或邻近于噪声生成事件或事物(比如钻探平台、船只或其他机械)的水体中。设置在噪声减小装置100的垂直部署的板上的多个共振器125共振，以便吸收声能并且因此减小源自噪声生成事件或事物的部位的辐射声能。在一些实施方案中共振器125包括留存气体(比如空气、氮气、氩气或其组合)的腔。例如，共振器125可以是2014年9月24日递交的标题为“水下噪声消减板和共振器结构”的美国序列号No.14/494,700中所公开的共振器类型，美国序列号No.14/494,700通过引用被并入本文。在一些实施方案中，共振器125被布置在二维或三维阵列中。共振器125可以被布置在排110中，并且每个排可以通过多根绳120被连接于相邻的排(一个或更多个)。

[0036] 装置100可以被拖曳在充满噪声的航海船舶之后。若干这样的装置可以被组装成用于减小来自船舶的水下噪声发射的系统。像这样的系统也可以被组装在采矿或钻探装备的一个或更多个工作面周围。

[0037] 噪声减小装置100可以是可延伸的和可部署的，例如如同2015年1月6日递交的标题为“水下噪声消减装置和部署系统”的美国序列号No.14/590,177中所描述的，美国序列号No.14/590,177通过引用被并入本文。连接共振器板的每个排的一根或更多根绳可以被升高或降低，这可以引起板垂直地收缩，类似于软百叶窗。收缩或收藏配置中的板200的实施例在图2中被图示说明。

[0038] 图3图示说明可以被设置在装置100上的声共振器325的实施例。共振器325被应用于二流体环境，其中第一流体在附图中由“A”代表，并且第二流体由“B”代表。仅为图示说明的目的，二流体环境可以是液体-气体环境。在更特别的说明性实施例中，液体330可以是水并且气体可以是空气。在更加特别的实施例中，液体可以是海水(或其他自然水体)并且气体可以是大气空气。例如，第一流体“A”可以是海水并且第二流体“B”可以是空气。

[0039] 共振器325的实施方案具有外部本体或壳310，外部本体或壳310具有其中容置的流体B的主体积315。本体310可以是基本上球形的、圆柱形的或球茎形的。靠近一端的锥形段312将本体310的壁降低到收窄的颈部段314。颈部段314具有提供开口的嘴部316，所述开

口使得流体A和流体B在颈部段314中或附近以二流体界面320彼此流体连通。在操作中,共振器325外部的流体A中存在的压力振荡(声音噪声)将在共振器的颈部段314中或附近被感知。如同由虚线322所图示说明的,膨胀、收缩、压力变化和其他水动力变量可以引起流体界面在颈部314的区域之内来回移动。

[0040] 图3的共振器因此被配置来通过赫姆霍兹共振器振荡允许共振器325附近的声能的减小,这取决于若干因素,比如流体A和流体B的组成以及关于颈部段314中流体B和/或流体A体积的第二流体B的体积、开口216的截面面积以及其他因素。

[0041] 图4图示说明根据实施方案的板400中的共振器425的多个排410的立体视图。每个排410通过第一链430和第二链440连接于相邻的排。链430、440每个机械地连接于链槽(chain guide)450,链槽450可以从关于排410的平面的垂直或正交位置收缩和/或枢转到关于所述排的水平或平行位置。连接于排410'的链槽450处于部分部署(或收缩)配置。链槽450可以是由刚性塑料或金属(例如,抗腐蚀金属)制成的细长支撑体。

[0042] 图5图示说明以上所描述的链和细长支撑体的放大视图500。如同所图示说明的,链530、540机械地连接于各自的槽550。每个槽550具有平坦表面560,平坦表面560具有从平坦表面560向着各自的链530、540延伸的两个侧壁562、564。当槽550关于排510处于垂直定向时,侧壁562、564还向着排510的邻近边缘515延伸。所述侧壁限定接收链330、340的凹部570。凹部570可以具有大于或等于链的宽度的深度,以致链的宽度被充分地设置在凹部570中。

[0043] 当槽550处于水平/收藏位置时(即,当槽550的长度平行于由排510所限定的平面时),排凹部或开口57被限定在排510中来接收槽550。排凹部/开口575可以部分或全程地延伸通过(例如,孔洞)排510的深度。在一些实施方案中,凹部/开口575跨越排的宽度延伸。在一些实施方案中,凹部/开口575基本上符合槽550的形状。凹部/开口575可以具有足以在水平或收藏位置中充分接收槽550的深度。

[0044] 图6图示说明处于部分收缩或部分收藏状态的链630和链槽650的放大视图600。链槽650被设置在链槽装置660上。装置660包括将槽650附接到其上的结构,例如在将装置660可枢转地连接于槽650的端部的枢转点670处。装置660可以具有大于或等于槽650的深度的高度665,以致装置660中的凹部680可以将槽650充分地接收在其水平或收藏位置。如同以上所讨论的,装置660可以被设置在共振器板的排上,例如在被限定在排中以接收装置660的孔径或洞中。

[0045] 图7是以上所描述的链630和槽650的立体视图700。如同所图示说明的,槽650已经向下枢转到水平或收藏位置。在水平位置,槽650被设置在装置660的凹部680中。如同以上所讨论的,如果装置660被充分地设置在共振器板的排中的凹部中,槽650处于由排所限定的平面中。接收槽650的凹部680允许收缩/收藏状态中更紧凑的配置,例如当槽350被部署在具有多个排的板中时。

[0046] 在一些实施方案中,链630被设置在槽650的内部或未暴露表面上(例如,在当槽650处于水平位置时面向凹部680的槽650的表面上)。在一些实施方案中,一条链被设置在槽650的暴露表面上,而另一条链被设置在槽650的内部/未暴露表面上。

[0047] 图8是设置在共振器820的代表性的排810中的链槽650的俯视视图800。链630被设置在处于收缩或收藏配置的槽650的暴露表面上。

[0048] 图9是处于部署配置的多个板900的立体视图。每个板900包括具有如同以上所描述的链和链槽的排(两个或更多个)。

[0049] 图10是处于收藏配置的板1000的立体视图。如同所图示说明的,由于如以上所描述的可枢转/可旋转的槽,板1000可以非常紧凑地被收藏。

[0050] 图11是共振器1110的阵列1100的立体视图。共振器1110被设置在平坦基部1120上。共振器1110在形状上是一般地圆柱状的并且从基部1120延伸。孔1130从基部1120被限定在共振器1110的远侧端部。阵列1100包括多个行1115和列1125或共振器1110。然而,共振器1110可以以其他配置被设置,比如如同以上所描述的以不规则地间隔的和/或不规则地对准的行1115和列1125。

[0051] 在操作中,共振器阵列1100被设置在海洋(或其他水体)中,而共振器1110的孔1130面向地心引力的方向(即,向着海洋底部)。这样的部署使得空气被捕获在孔1130和基部1120之间以形成共振本体。

[0052] 共振器1110可以通过注射成型生产,例如,使用热塑材料。类似的生产工艺(例如,液体注射成型、反应注射成型等)被考虑并且包括在本公开中。在注射成型工艺中,共振器1110可以一体地连接于基部1120。共振器1110和基部1120可以由相同的材料形成,比如如同以上所讨论的热塑材料。通过使用注射成型(或类似/等同的工艺)生产共振器1110,共振器1110的形状、对准、定向、间隔、尺寸等可以如所期望地变化。

[0053] 例如,阵列1100可以包括具有不同尺寸和/或形状的共振器1110来增强共振器阵列的声抑制。例如,一些共振器可以具有一般地圆形的截面而其他可以具有一般地矩形的截面。此外或者可替换地,一些共振器可以具有第一孔尺寸(例如,窄孔)而其他共振器可以具有第二空尺寸(例如,宽孔)。此外,或者可替换地,一些共振器可以具有第一本体,所述第一本体具有第一高度和/或第一壁厚度,而其他共振器可以具有第二本体,所述第二本体具有第二高度和/或第二壁厚度。遍布阵列,这样的尺寸和/或形状可以被规则的或不规则地分布。此外或可替换地,相邻共振器之间的间隔可以是规则或不规则的。此外或可替换地,给定行共振器的对准和/或列1125中共振器的对准可以是规则或不规则的,这样的阵列1200在图12中图示说明。

[0054] 图13是根据实施方案的共振器1310的阵列1300的俯视视图。如同所图示说明的,共振器1310是不规则地间隔或偏置的,并且因此不是每个共振器1310充分地对准在行1315或列1325中。相反,共振器1310中至少一些的间隔是正向或负向地偏置的,以至于一些共振器1310相对于彼此更近地间隔在一起,而其他共振器1310被间隔得更远离于彼此。多个孔洞1340被限定在阵列1300的基部1320中。孔洞1340被设置在相邻的共振器1310之间并且被布置在平行于列1325和行1315的列和行中(不存在以上所讨论的负向/正向偏置)。通过允许空气泡穿过孔洞1625,孔洞1340可以便利阵列1300浸没到比如水体(例如,湖泊或海洋)的液体中。随着液体置换空气泡,阵列1300变得浮力更小并且更容易地浸没到海洋中。

[0055] 在一些实施方案中,孔洞1340仅仅被设置在一些相邻的共振器1310之间。在相邻的共振器1310之间的孔洞1340可以是偏置的,其中相比第二个共振器1310,孔洞1340更靠近于第一个共振器1310。此外,或可替换地,孔洞1340可以被布置在规则或不规则的图案中。此外,或可替换地,孔洞1340可以具有不同的尺寸和/或形状。如同以上所讨论的,阵列1300被部署在液体(例如,海洋或其他水体)中,而孔1330面向地心引力的方向(例如,向着

海洋的底部)。

[0056] 图14是阵列1300从基部1320的相对的侧部观察的视图。由于共振器1310在基部1320的相对的侧部上,只有孔洞1340从本图中是可见的。在操作中,图14中示出的暴露表面将面向海洋表面,而相对的侧部(共振器1310从相对的侧部延伸)将面向海床。如同以上所讨论的,第二组孔洞1350被限定在基部1320中以接收各自的绳,所述绳被设置在每个阵列之间以形成共振器的板。所述绳可以被系于船只或结构来升高或降低所述板。

[0057] 图15-图18图示说明根据示例性实施方案的共振器的可替换的形状的截面。例如,图15图示说明在截面上具有一般气球形状的共振器1500,共振器1500具有在第一端1510处的窄的截面宽度以及在第二端1520处的大的截面宽度。第一端1510包括在部署定向中面向海床的孔1530。如此,水可以进入孔并且将共振器1500的部分填充至吃水线1540,吃水线1540可以是孔1530的截面宽度、第一端1510的截面宽度、第二端1520的截面宽度以及共振器1500的部署深度的函数。随着共振器1500更深地被部署到海洋中,共振器1500的外部表面上的水压可以增加。增加的水压可以使得更多水进入共振器1500,并且因此使得吃水线1540在共振器1500中被设置得更高(即,向着共振器1500的第二端1520)。

[0058] 随着共振器1500填充以水,共振器1500的有效质量增加。因此,通过变化孔1530的尺寸、共振器1500(例如,第一端1510和第二端1520处的截面比率)的尺度(即,截面宽度)以及共振器1500在海洋中的部署深度中的一个或更多个,共振器1500的有效质量可以被定制。通过调整有效质量,共振器1500的共振频率可以被“调谐(tuned)”以更有效地消减给定的海下噪声。此外,由于共振器1500相应的更高的惯性,共振器1500的更高有效质量可以具有增强的声抑制性能。

[0059] 图16图示说明具有一般蘑菇形的截面以及代表性的吃水线1640的共振器1600。图17图示说明在第一端1710处具有比图16或图17中更宽的截面的共振器1700。此外,第一端1710的截面宽度大于第二端1720的截面宽度,并且中间部分1730的截面宽度大于第一端1710和第二端1720的截面宽度。代表性的吃水线1740也在图17中被图示说明。图18图示说明共振器1800,其中第一端1810处的截面宽度大于第二端1820处的截面宽度。一般地,共振器1800具有类似于圆锥的形状。第一端1810处更宽的截面宽度(以及相应更宽的孔1830)可以使得吃水线1840相较于共振器1500、1600或1700是更低的。注意的是,图15-图18中所图示说明的截面形状被提供作为实施例,并且本公开考虑任何以及所有的截面布置和共振器的形状。此外,在正交于图15-图18中所图示说明的截面平面的第二截面上,图15-图18中所图示说明的共振器可以是一般圆形或椭圆形、矩形、对称或不对称的。

[0060] 共振器1500、1600、1700和/或1800可以集成到阵列中,例如如同图11-图14中所图示说明的。这样的阵列可以是同质的(例如,阵列包括具有相同或类似形状的共振器)或非同质的(例如,阵列包括各种形状,比如共振器1600和共振器1900二者)。如同以上所描述的,相邻共振器之间的间隔、共振器在行/列中的对准或偏置和/或共振器的尺寸可以被调整或变化,例如为减小或增加阵列的声共振。此外或可替换地,阵列的板可以包括具有第一共振器阵列和第二共振器阵列的第一板,所述第一阵列具有第一形状,所述第二阵列具有第二形状。此外或可替换地,板可以包括至少一个非同质的阵列和/或至少一个同质的阵列。多个板可以被部署以相同或不同的共振器配置,这可以增加共振频率的频谱以提供增强的噪声消减和/或增强的噪声性能(例如,由于板之间减小的共振/回声)。

[0061] 图19图示说明共振器1900的简化表征。共振器1900包括中空腔1925和具有孔1975的颈部部分1950。中空腔1925被配置来留存一定体积的空气 V_{air} ，而共振器1900被部署在液体(例如,水)中并且颈部部分1950向着地心引力的方向(例如,向着海洋的底部)被定向。当共振器1900处于部署状态时,颈部部分至少部分地填充以液体。因此,共振器1900可以用作二流体赫姆霍兹共振器。

[0062] 共振器的声学行为由气体体积(V_{air})、填充以液体的颈部部分1950的长度(L_{neck})以及孔1975的表面积(SA_aper)决定。气体体积(V_{air})和填充以液体的颈部部分1950的长度(L_{neck})取决于液体施加在共振器1900上的压力(例如,水压),所述压力是共振器1900的部署深度的函数。这些参数的深度依赖性可以使得共振器1900的共振频率和声抑制也是取决于深度的。如同将被本领域技术人员所领会的,共振频率、部署深度、 V_{air} 、 L_{neck} 和 SA_aper 之间的关系可以被数学建模。

[0063] 相对部署深度,共振频率的数学模型相对实验数据的比较在图20中被图示说明。如同在图的右手侧所图示说明的,针对第一共振器尺寸2025和第二共振器尺寸2050,所述比较被重复。实验数据是使用由不同材料(钢、铝和PVC)制成的共振器在罐(具有“x”的数据点)和淡水湖泊(带有圆圈的数据点)中取得的。

[0064] 图21图示说明包含本文所描述的共振器的随机化共振器组件2100A和周期性共振器组件2100B的范例。所述组件是使用2英寸乘16英寸乘16英寸的超高分子量聚乙烯(UHMWPE)块在自动化镂铣机上被制造的。每个单独共振器的内部规格是0.875英寸的直径和1.75英寸的高度,当被部署在第一个几米的液体之内时,这对应于接近100Hz的共振频率。如同以下所描述的,随机阵列2100A中共振器的位置是通过以伪随机数发生器扰动周期性阵列位置而生成的。

[0065] 为便于生产和组装,各个共振器腔的阵列被设计成单个的单位部件。所述部件可以被描述为具有离散数量的中空的、圆柱形凸起的平板,所述凸起对相反于板的端部上的大气是开放的。每个凸起形成单一共振器。共振器在板的面上的放置可以由对方格的伪随机扰动来确定。方格中的单位长度可以被设置为共振器内直径的两倍。伪随机数发生器可以被用来确定格中每个节点的二维(即,在垂直于凸起的x-y平面中)扰动。扰动的量级可以被限制,以致相邻共振器的外直径不会变得接触。借助这些因素,每个共振器的中心轴可以被限定为具体的扰动节点。

[0066] 如同以上所描述的,共振器的空间结构可以对通过阵列传播或由阵列辐射的声音具有影响。取决于结构,声音传播或辐射可以被阵列增强或抑制。对阵列中共振器的部位的随机化可以帮助确保穿过阵列的分散和再辐射的声波的相位是不相干的,以至于声音的净传播被最小化。在实验中,相比周期性共振器阵列2100B,随机化的共振器组件2100A在单独共振器的共振频率附近获得约6dB的更多声音减小,所述单独共振器的共振频率在测试水深处为约85Hz。所述测试中测量的随机对周期性共振器组件的声音减小的比较在图22中被图示说明。

[0067] 一旦阅读本公开,本领域技术人员将领会本文所提出的理念可以被推广或特殊化至当下的给定应用。如此,本公开并非意图被限定于所描述的被给出用于图示说明目的的示例性实施方案。对这些理念的许多其他类似和等同的实施方案和扩展也可以被包含于此。

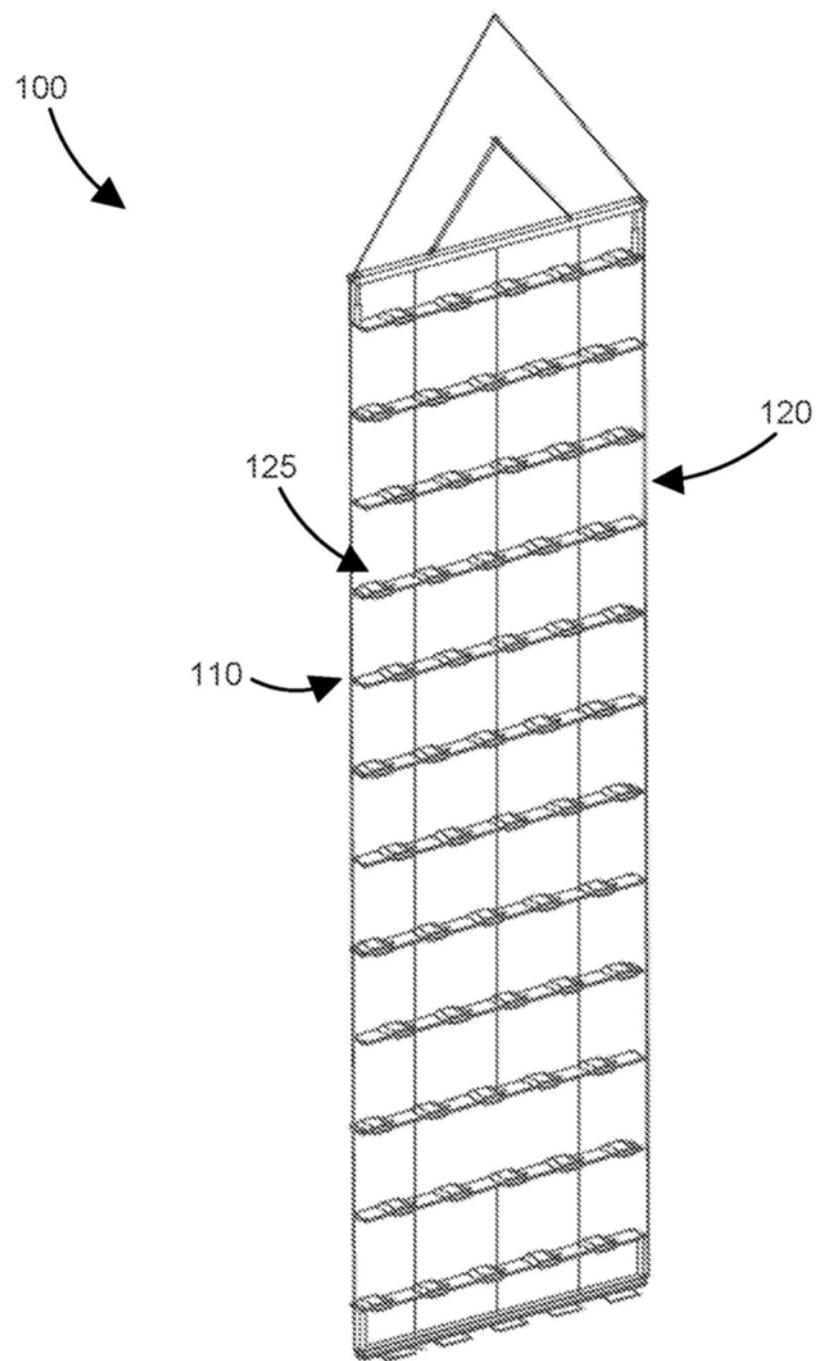


图1

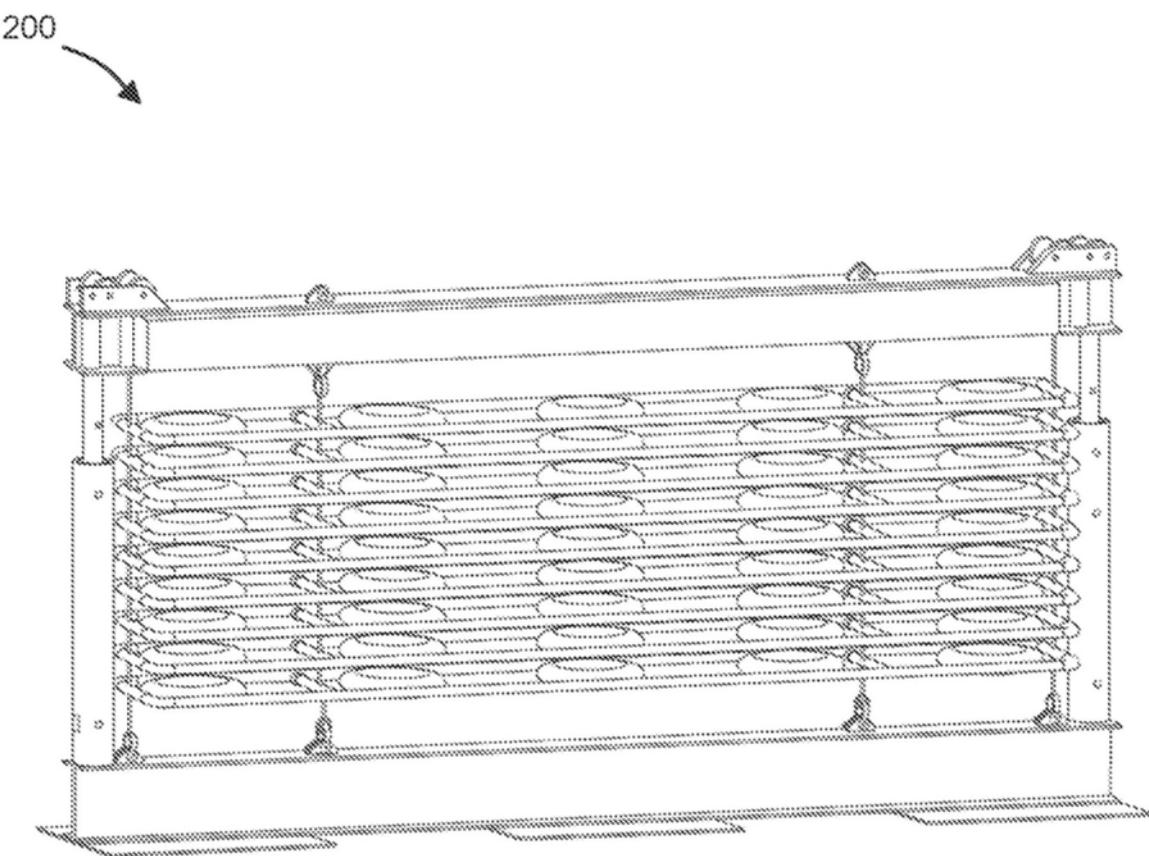


图2

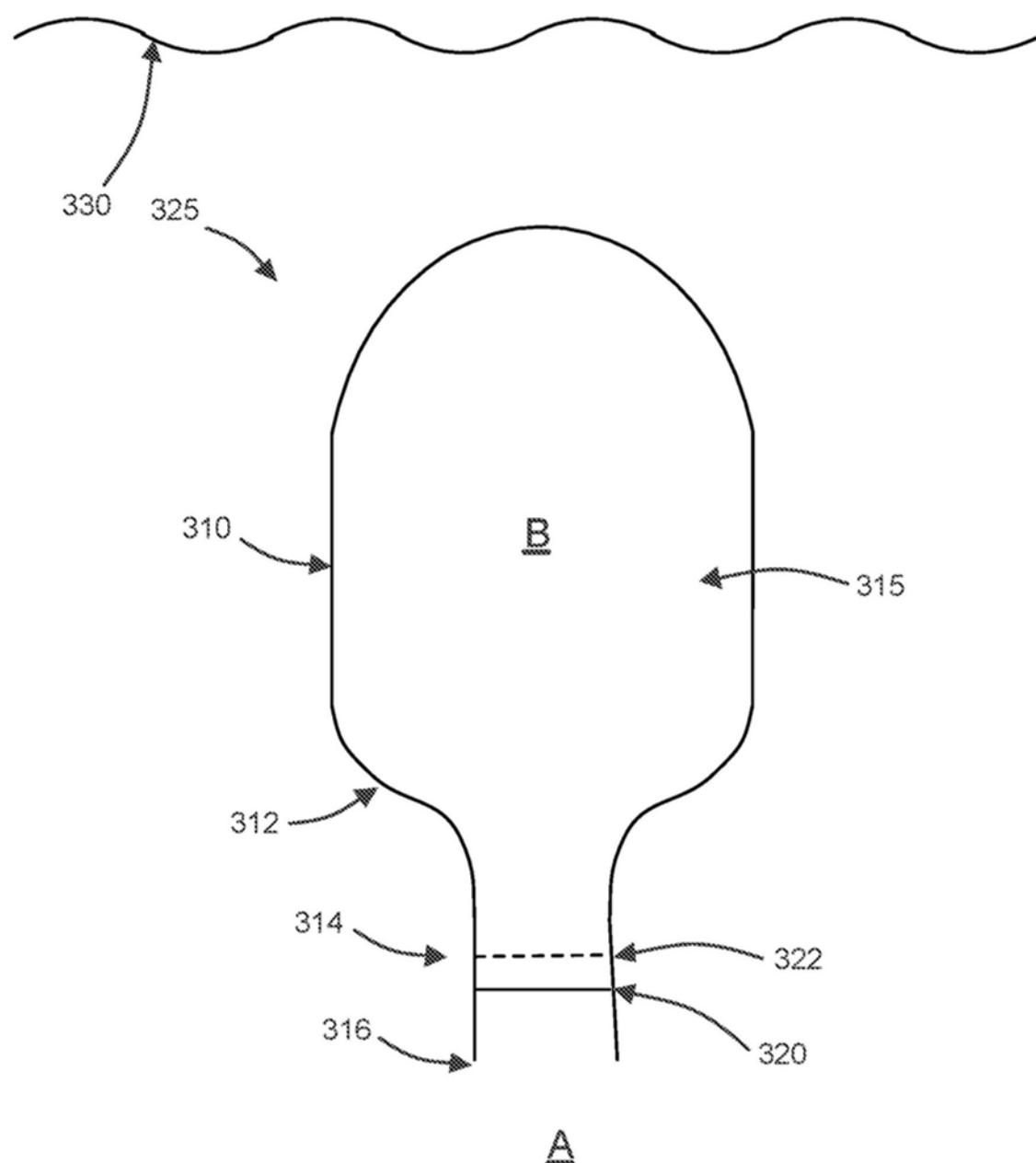


图3

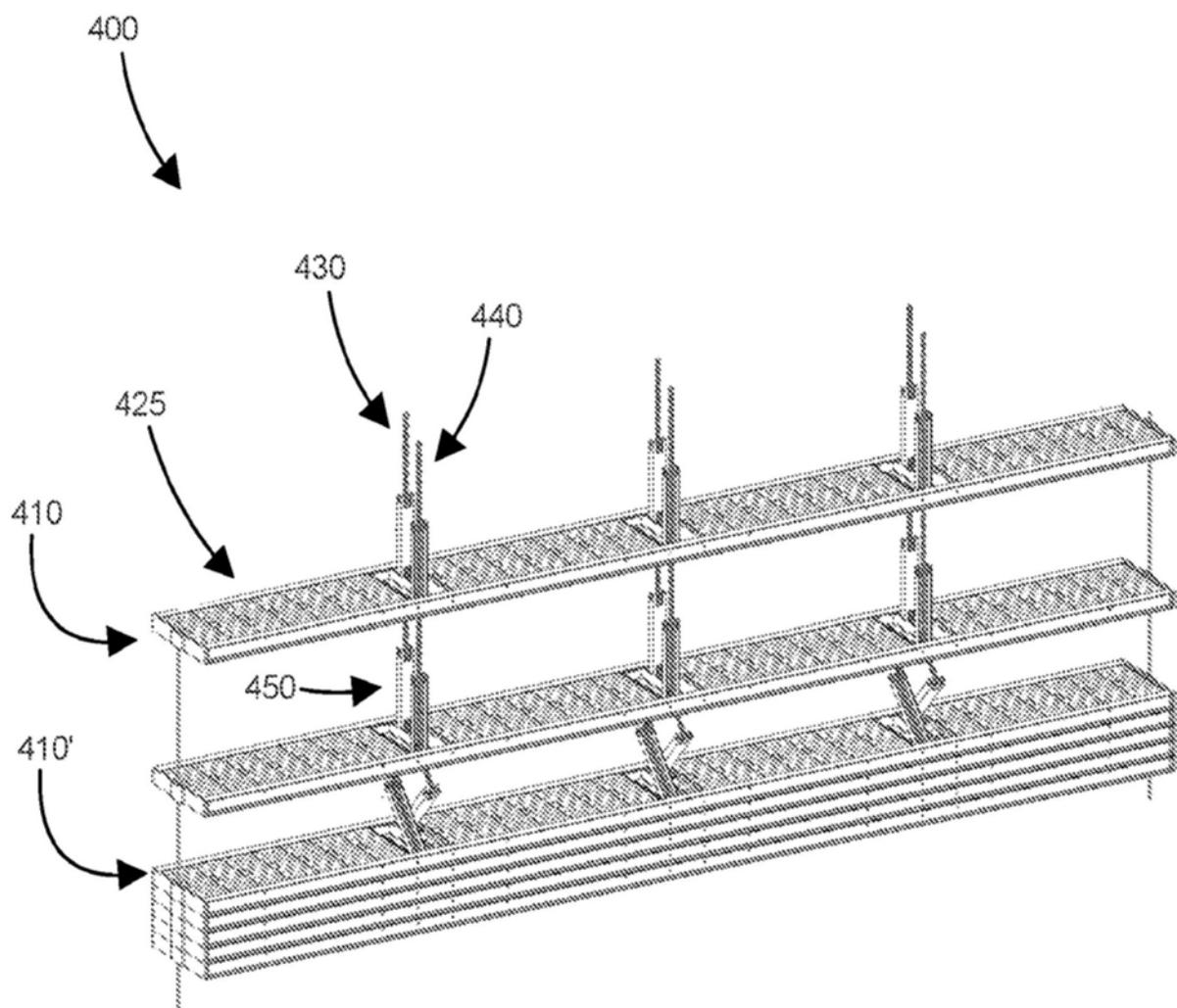


图4

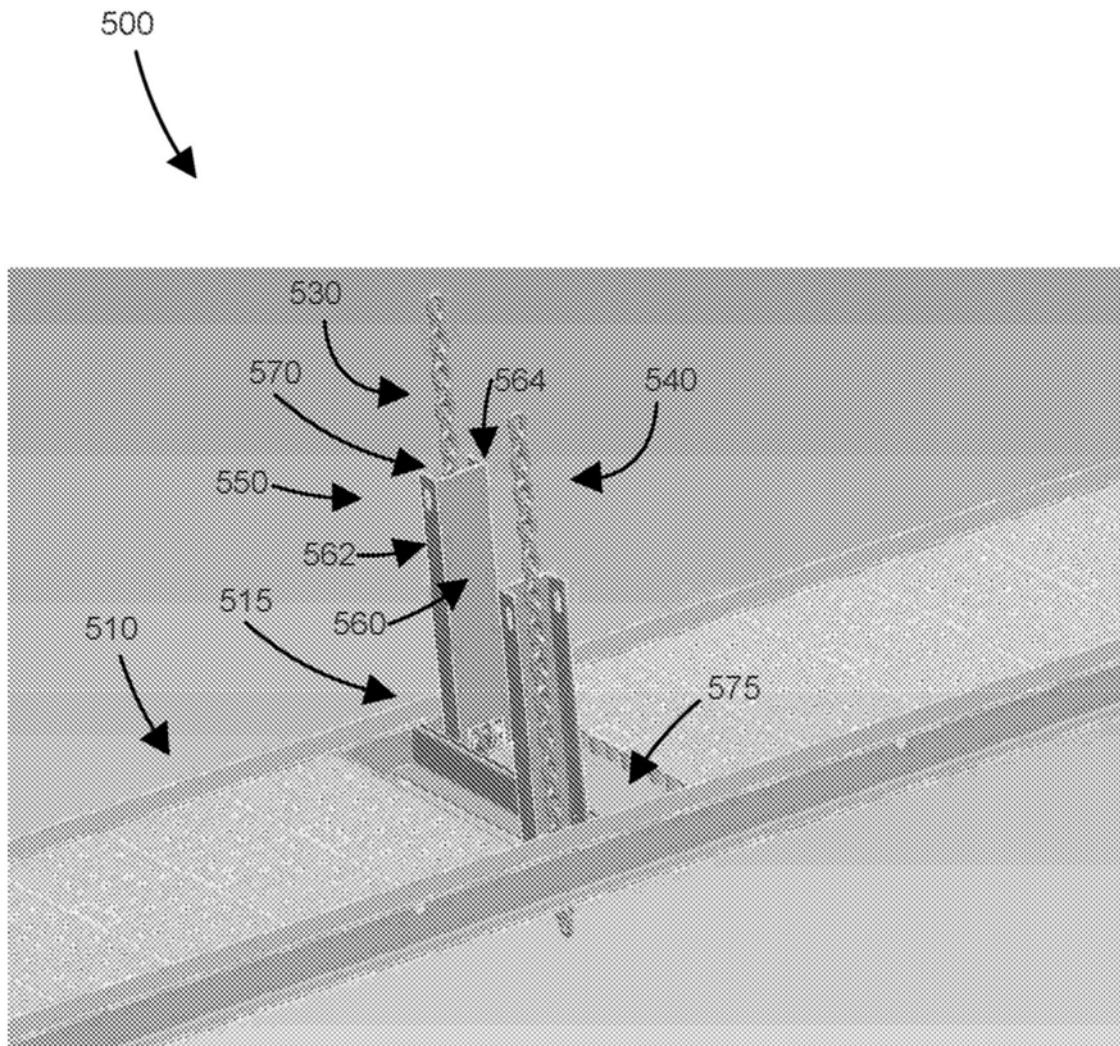


图5

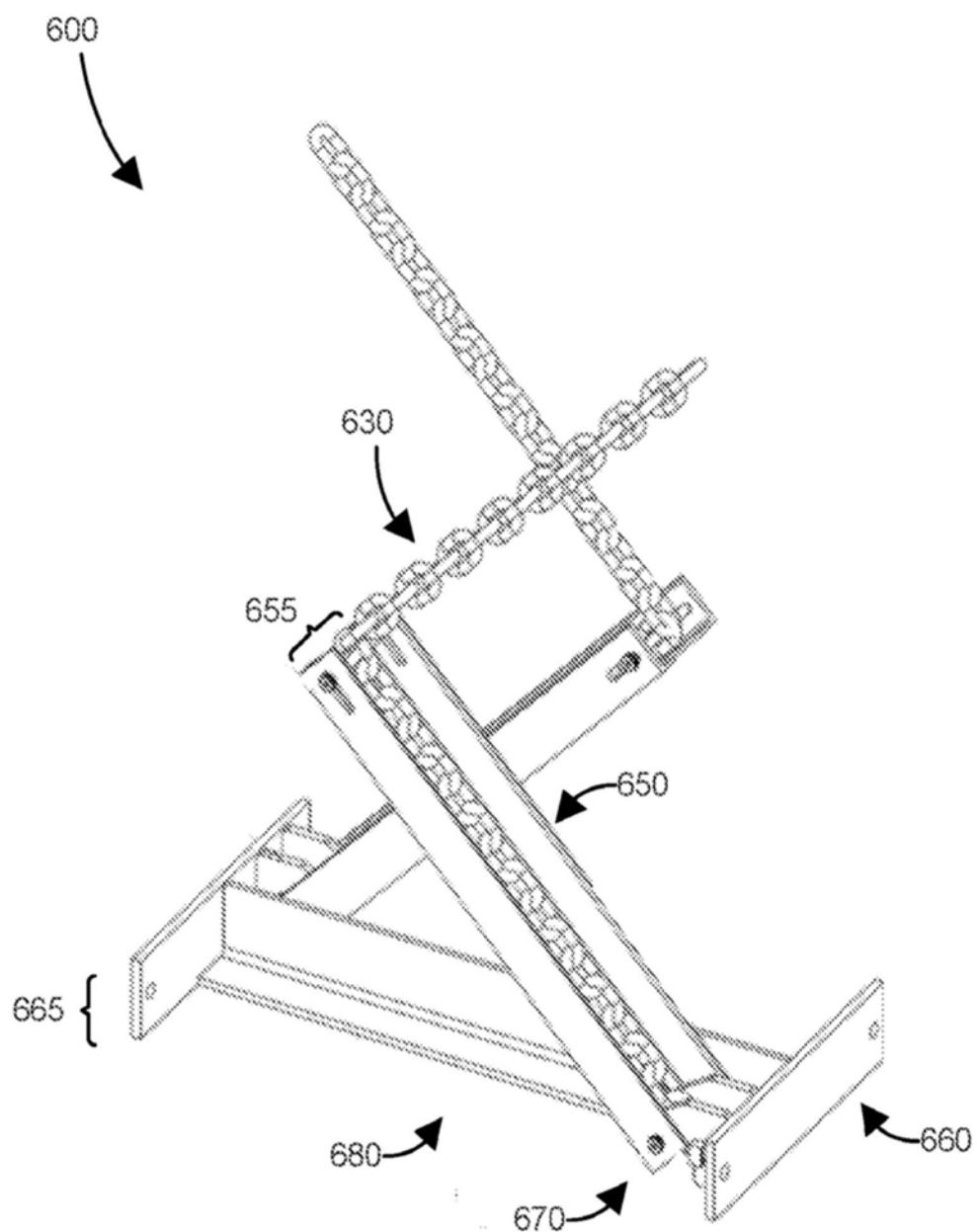


图6

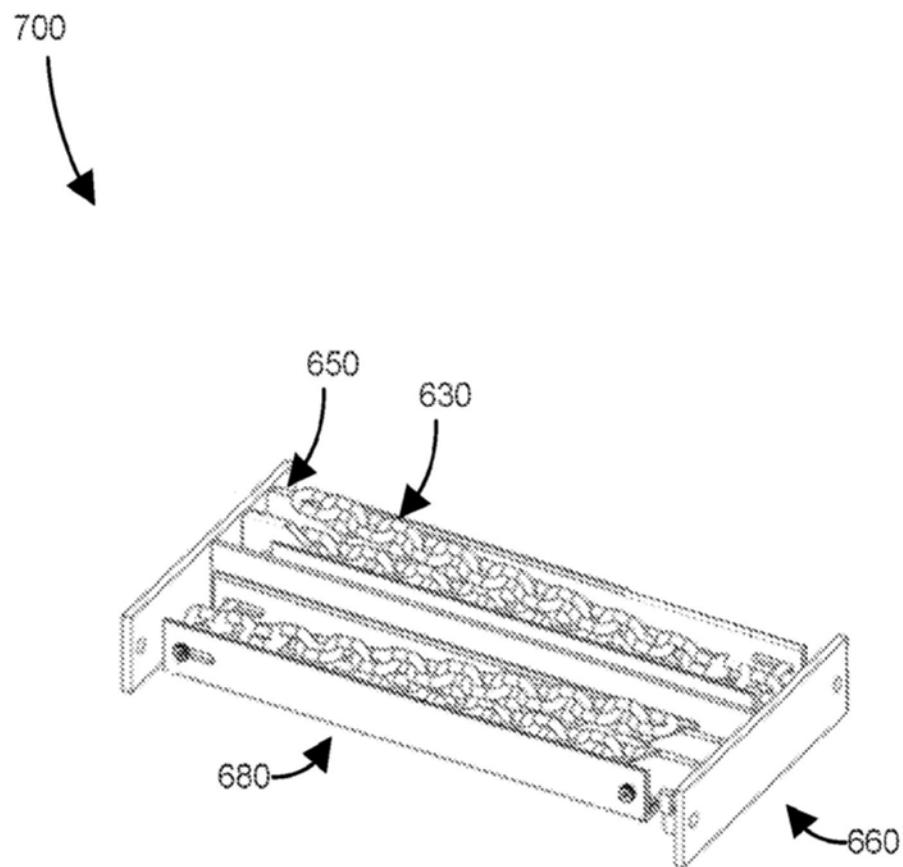


图7

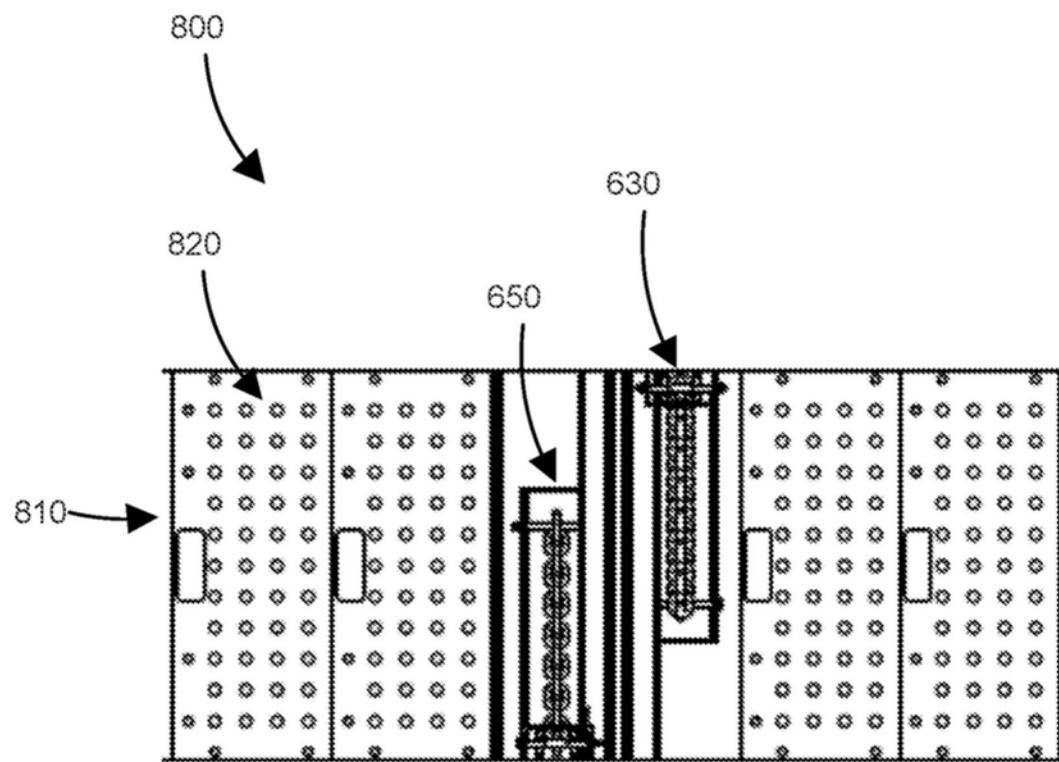


图8

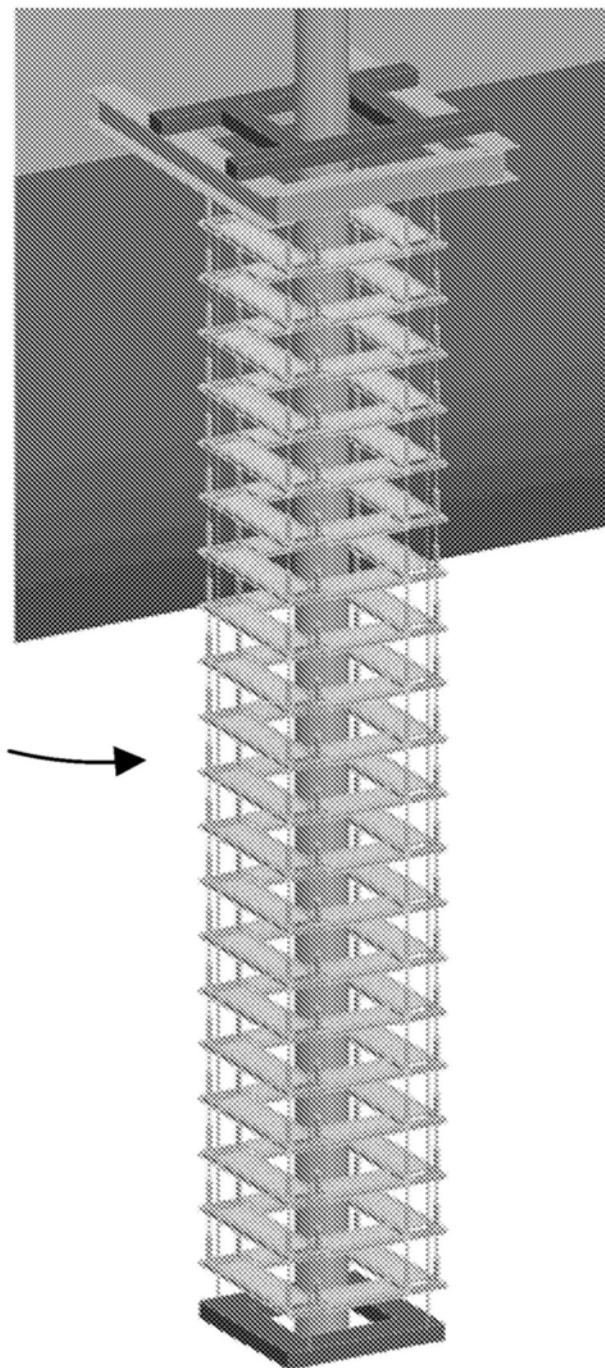


图9

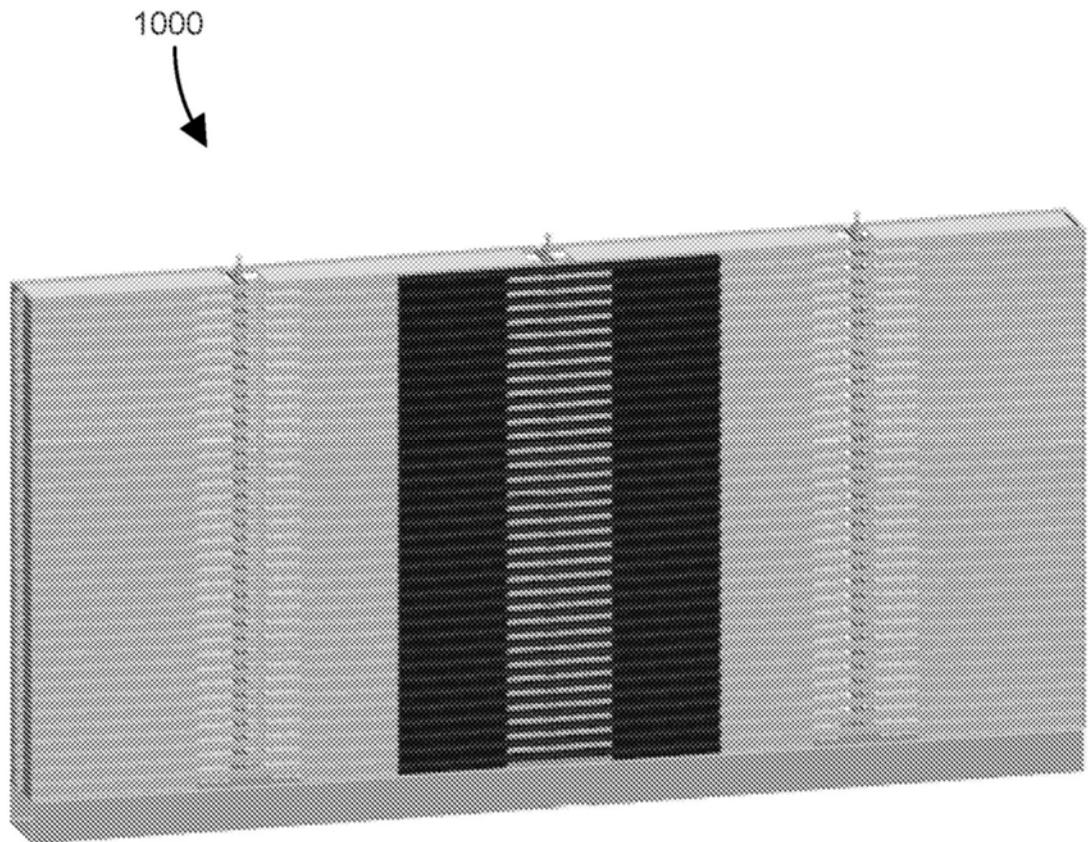


图10

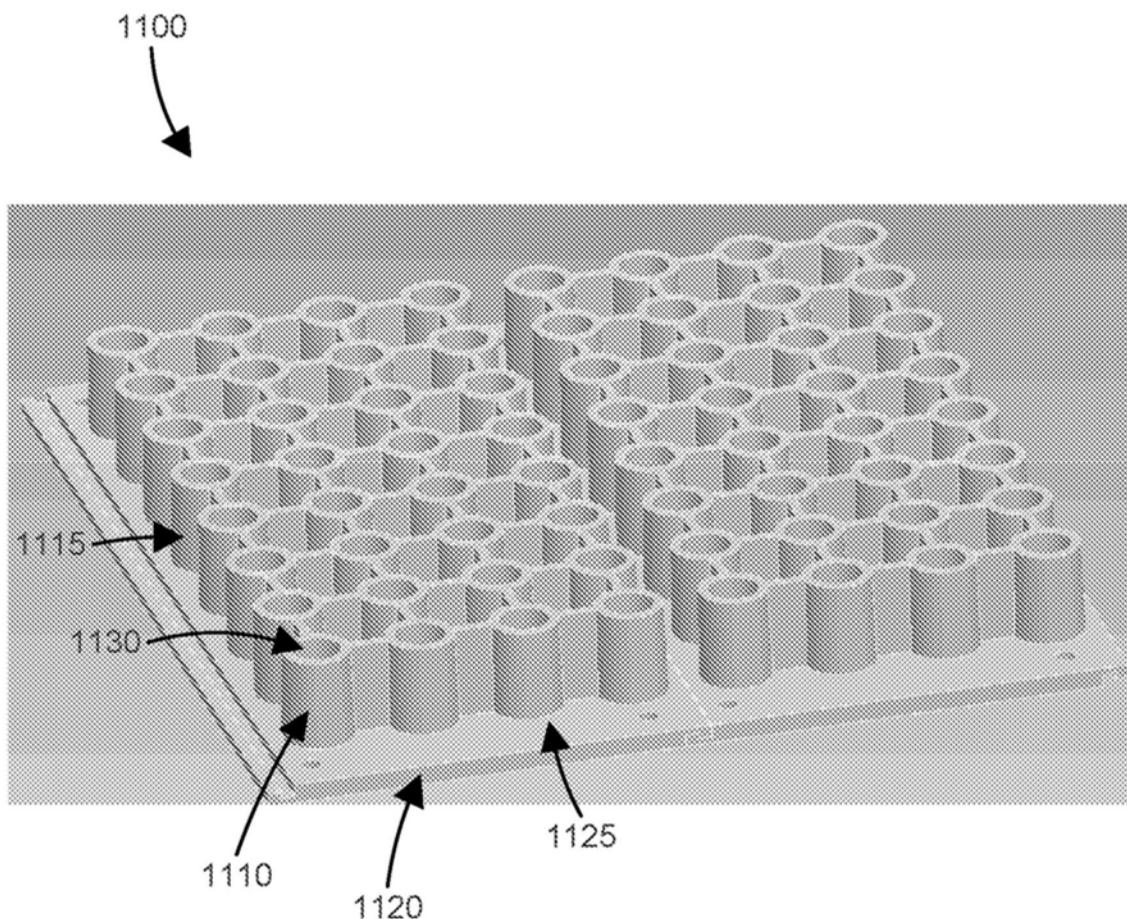


图11

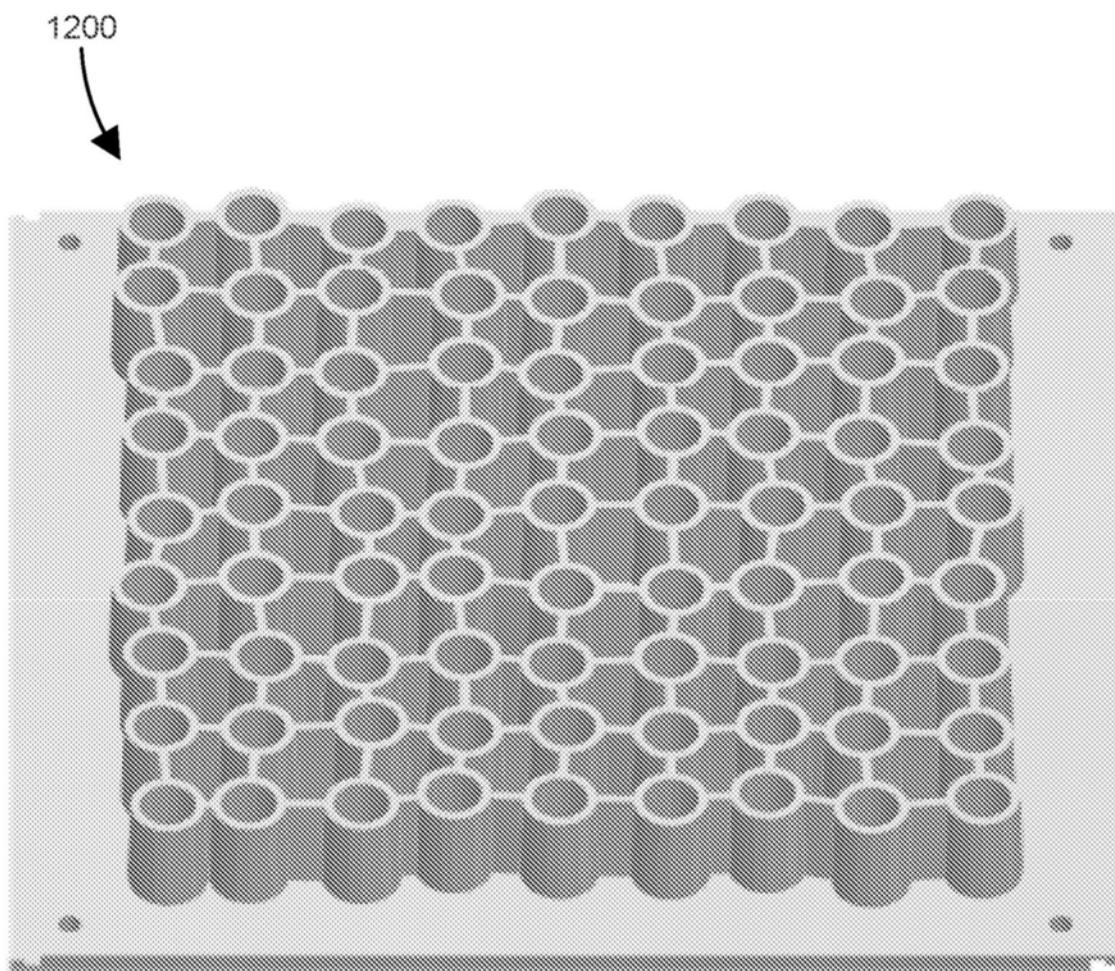


图12

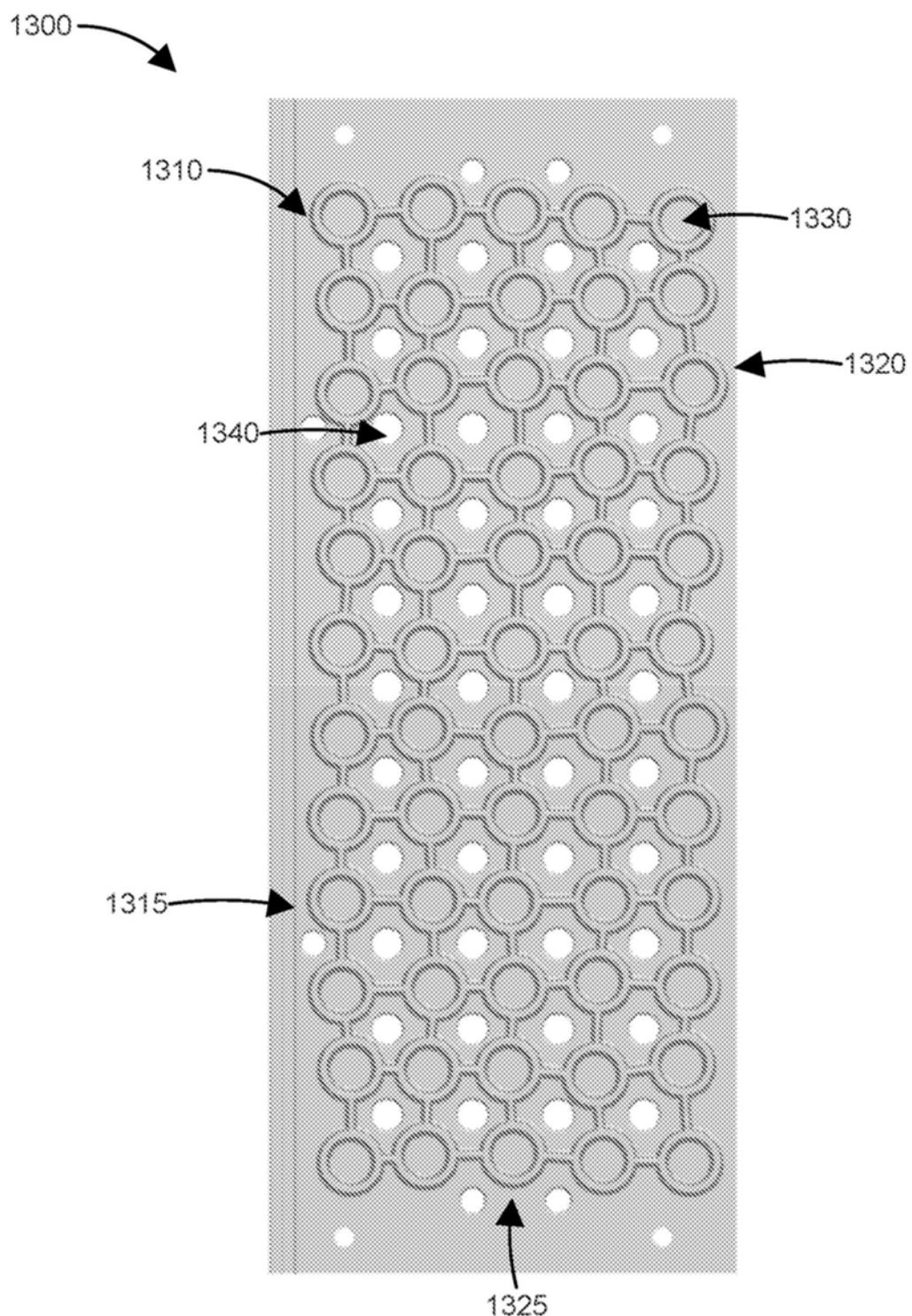


图13

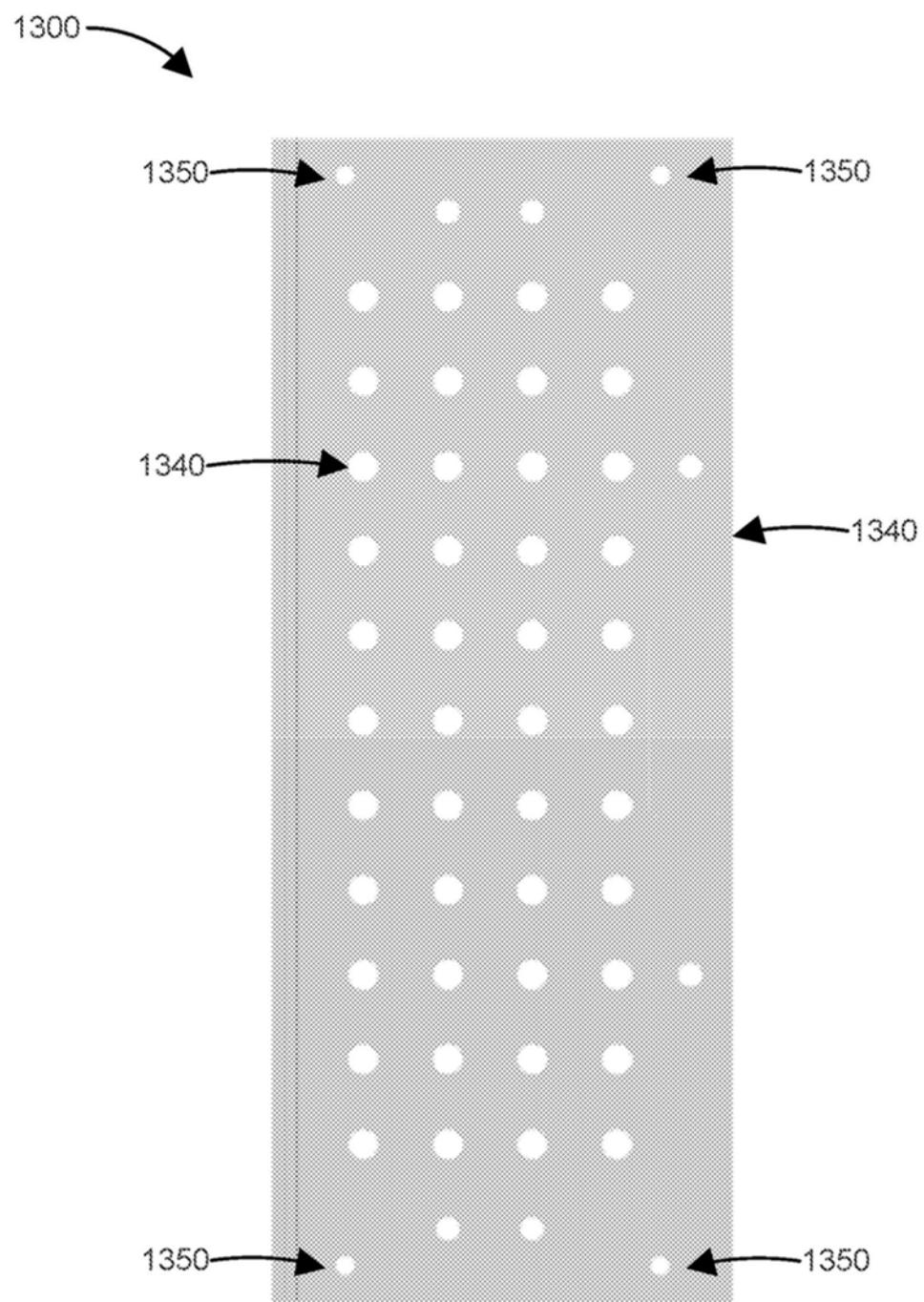


图14

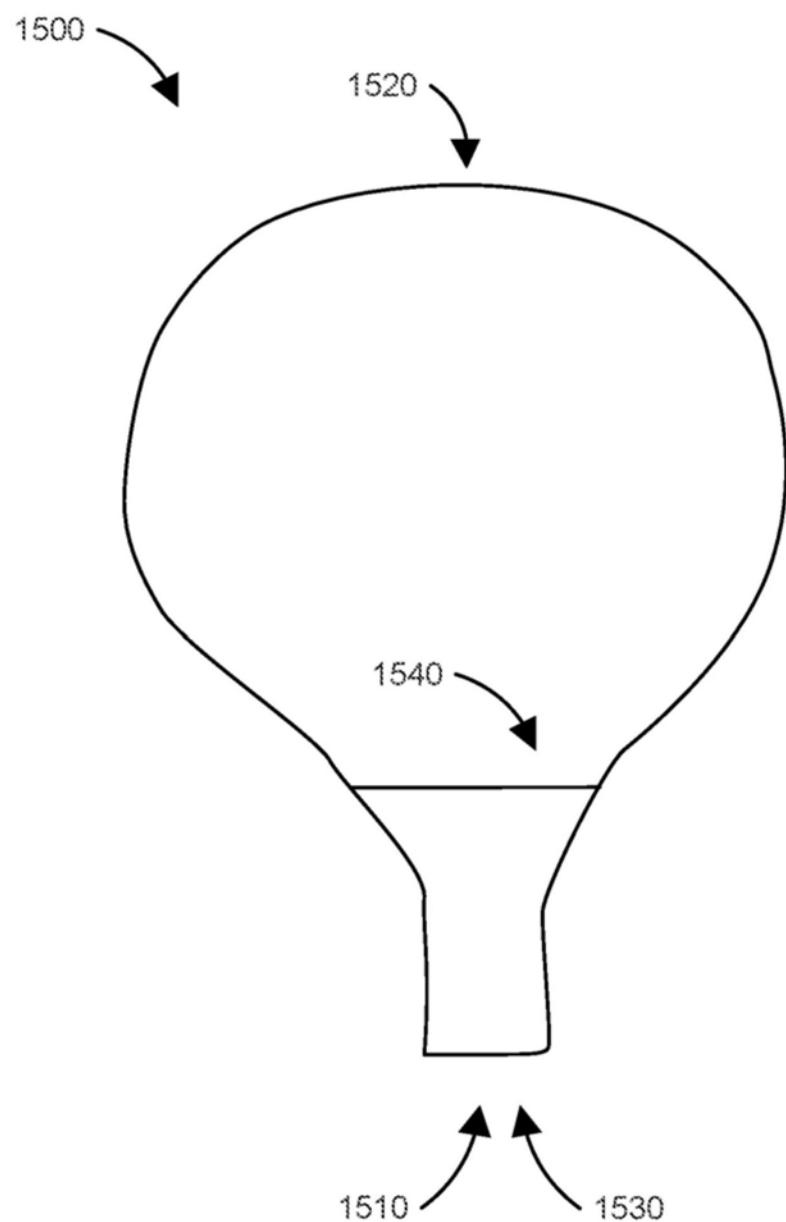


图15

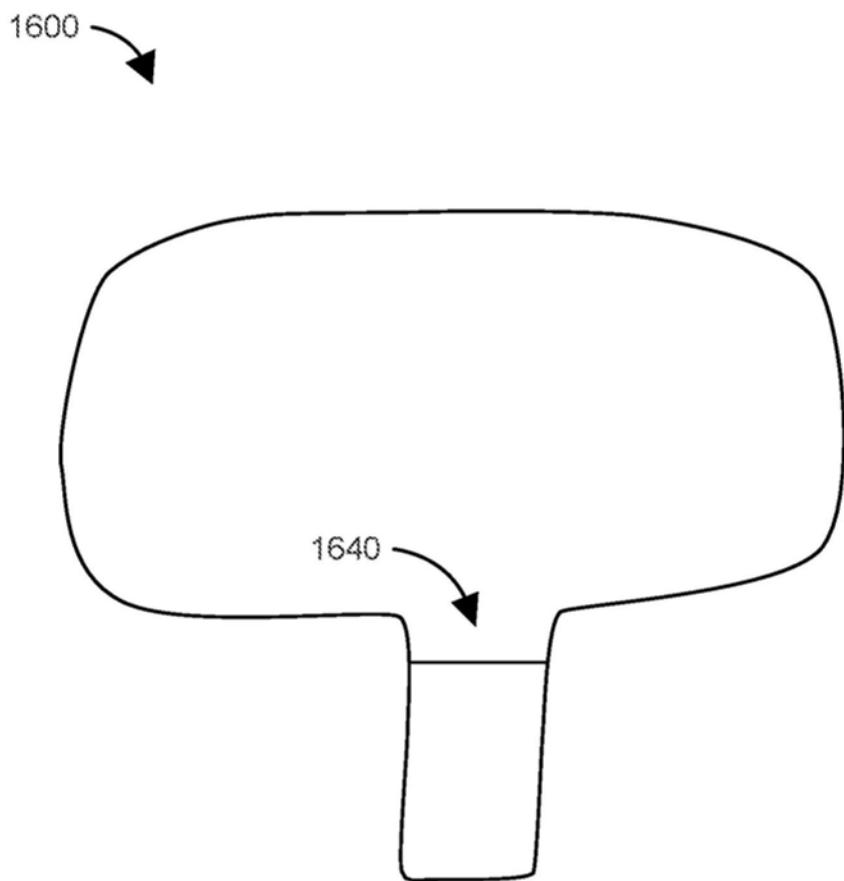


图16

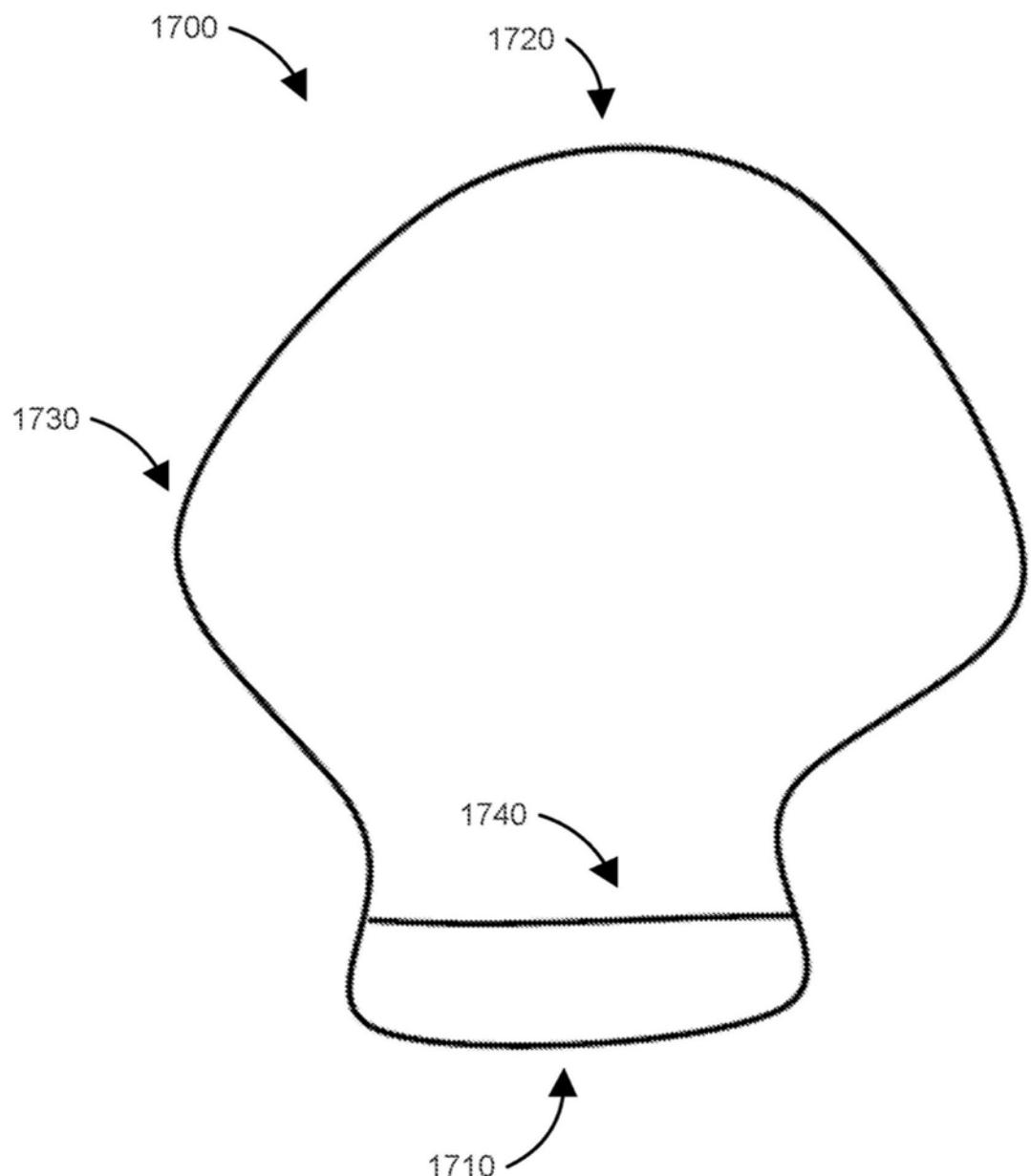


图17

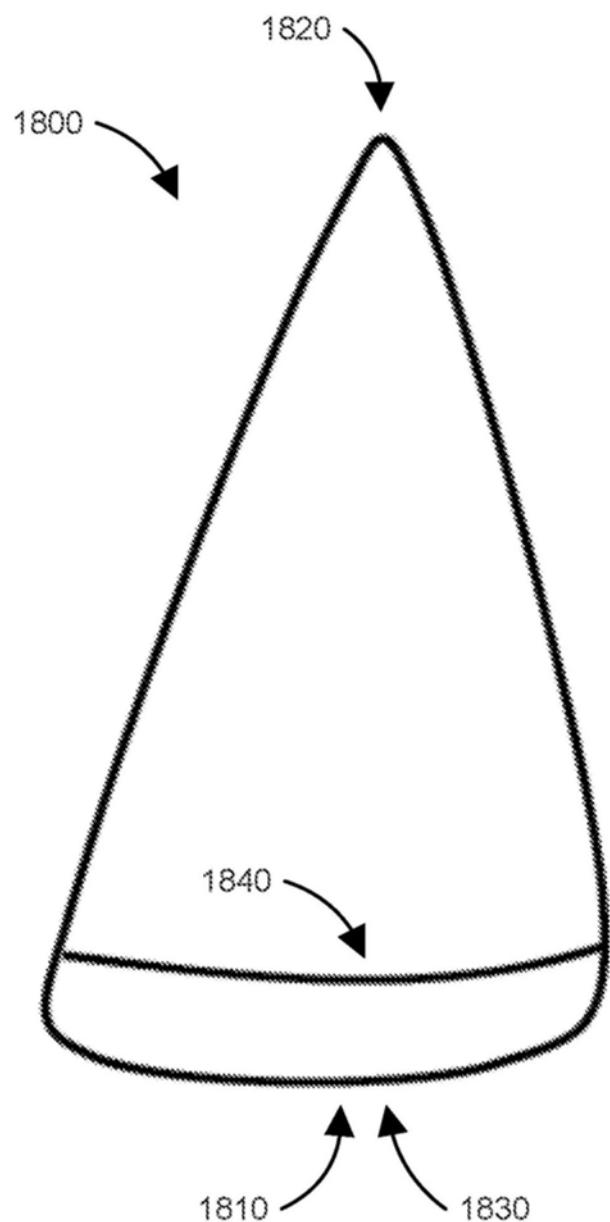


图18

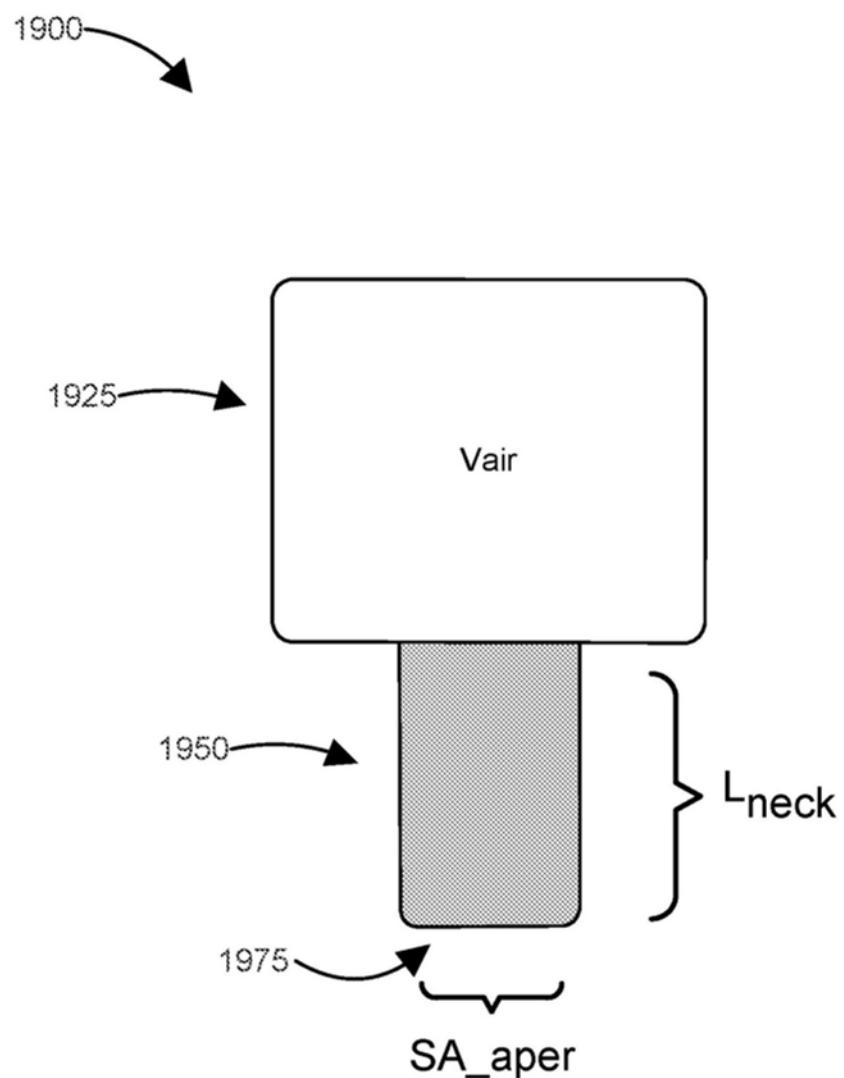


图19

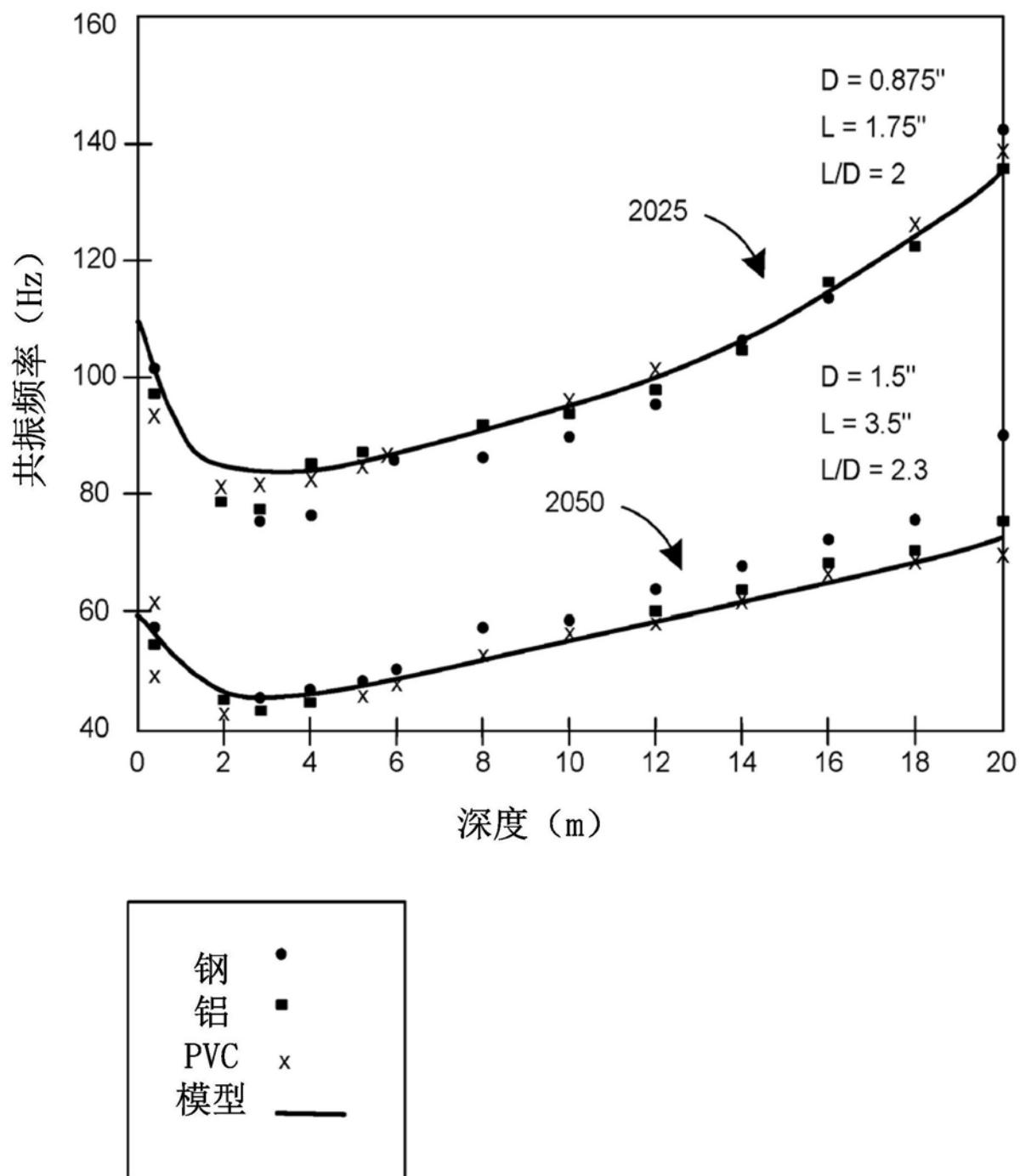


图20

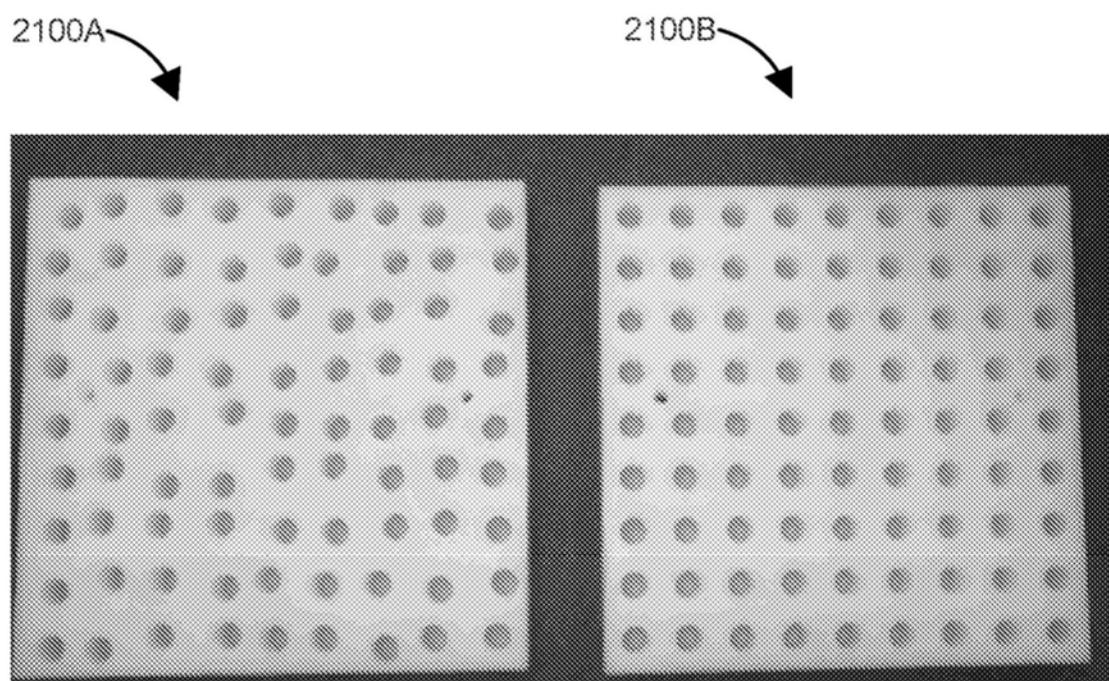


图21

深度—平均水平减小

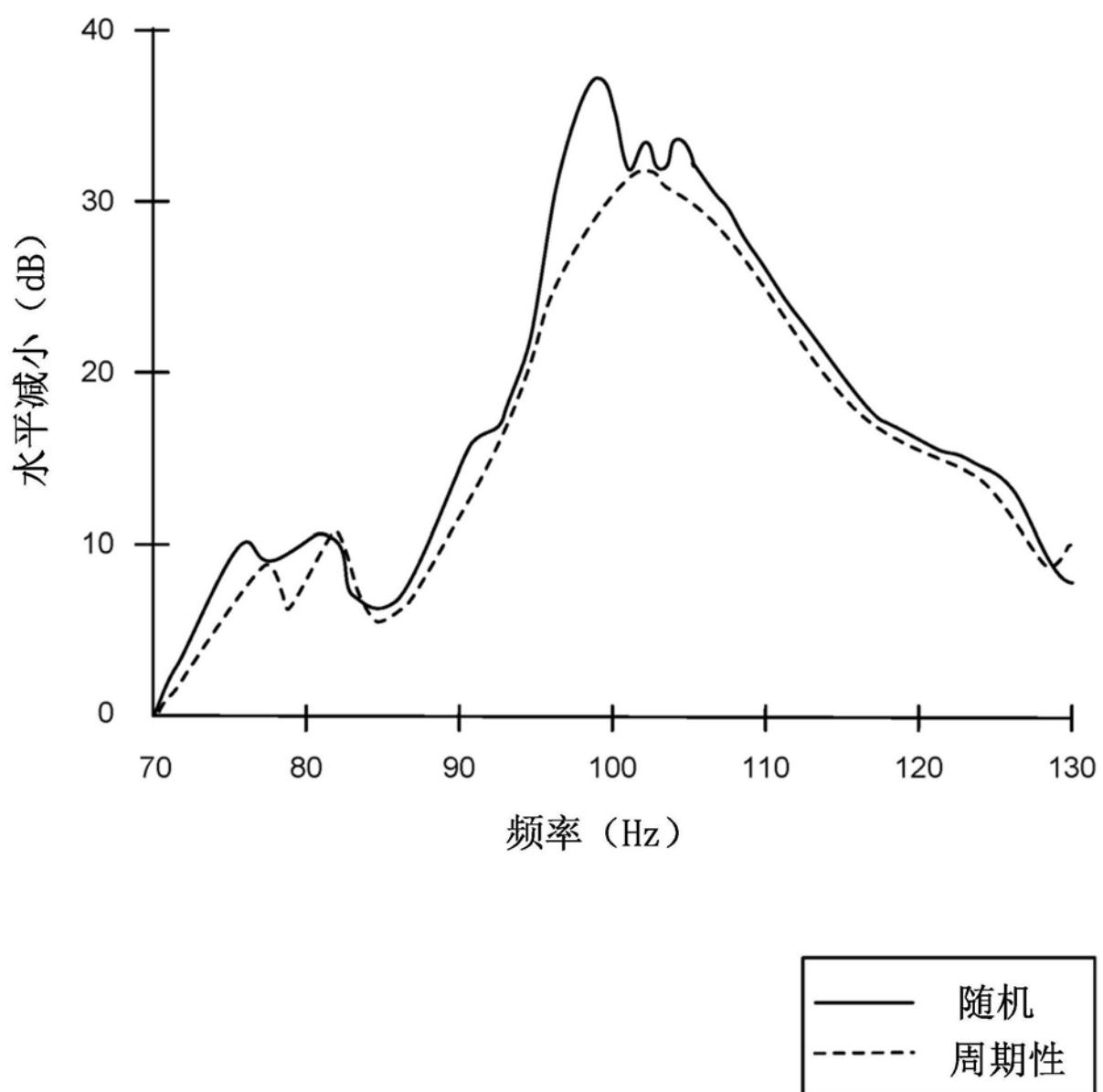


图22