



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105917166 B

(45)授权公告日 2018.02.06

(21)申请号 201480066781.2

(22)申请日 2014.09.25

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105917166 A

(43)申请公布日 2016.08.31

(30)优先权数据

61/921,044 2013.12.26 US

14/261,830 2014.04.25 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.06.07

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/057539 2014.09.25

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/099854 EN 2015.07.02

(73)专利权人 纽斯高动力有限责任公司

地址 美国俄勒冈

(72)发明人 W·科斯基 T·利兹凯

A·克鲁斯坎普 S·卡德尔

W·波洛克

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 曾祥生

(51)Int.Cl.

F22B 37/20(2006.01)

(56)对比文件

CN 101349366 A, 2009.01.21,

CN 101310157 A, 2008.11.19,

CN 203024131 U, 2013.06.26,

CN 203024130 U, 2013.06.26,

审查员 沈春艳

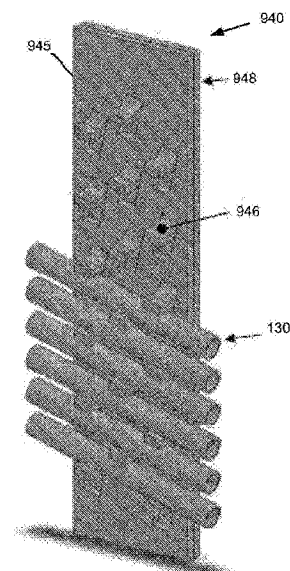
权利要求书1页 说明书19页 附图38页

(54)发明名称

蒸汽发生器管支撑件

(57)摘要

本发明公开了一种用于蒸汽发生器系统的管支撑组件,其包括:片材或支撑杆,其被构造成支撑蒸汽发生器系统的多个热传递管;和一组凸起,从片材或支撑杆的表面延伸。该组凸起从片材或支撑杆的表面延伸的距离可以大于或等于热传递管的外径。多个管中相邻的管可以通过一个或多个凸起而彼此间隔开。



1. 一种用于蒸汽发生器系统的管支撑组件,其包括:

片材,该片材具有厚度;以及

多个突出部,所述多个突出部由片材冲压形成并且从片材的表面伸出,以支撑蒸汽发生器系统的管列,其中两个或更多个突出部被构造成接触单个管,并且其中管列中相邻的管彼此间隔开的距离等于片材的厚度,

其中突出部被构造成片材上的偏移列的突出部。

2. 根据权利要求1所述的管支撑组件,其还包括附接到片材的背衬板,其中背衬板包括与一个或多个突出部相邻地定位的通孔,其中突出部由片材冲压形成而留下多个冲压孔,并且其中冲压孔与通孔对准,以提供穿过片材和背衬板两者的通路。

3. 根据权利要求1所述的管支撑组件,其中与片材的第一列突出部相关的第一突出部被构造成用以接触单个管的顶部表面,并且其中与片材的第二列突出部相关的第二突出部被构造成用以接触单个管的下表面。

4. 根据权利要求3所述的管支撑组件,其中第二突出部被构造成用以接触相邻的管的上表面,并且其中与第一列突出部相关的第三突出部被构造成用以接触该相邻的管的下表面。

5. 根据权利要求4所述的管支撑组件,其中单个管通过第二突出部与相邻的管间隔开。

6. 根据权利要求1所述的管支撑组件,其中片材的第一列突出部具有的突出部从片材伸出的距离比与片材的第二列突出部相关的突出部更远。

7. 根据权利要求6所述的管支撑组件,其中第一列突出部从片材伸入到与相邻的片材相关的轨道中。

8. 根据权利要求7所述的管支撑组件,其中轨道形成在与相邻的片材附接的背衬板中。

9. 根据权利要求8所述的管支撑组件,其中第二列突出部抵靠相邻的片材的背衬板。

10. 根据权利要求8所述的管支撑组件,其中相邻的片材被构造成用以支撑蒸汽发生器系统的第二列管,并且其中由突出部支撑的管列与第二列管间隔开的距离等于或大于相邻的片材和背衬板的组合厚度。

11. 根据权利要求1所述的管支撑组件,其还包括被构造成用以支撑第二列管的第二片材,其中由突出部支撑的管列与第二列管间隔开的距离等于或大于片材的厚度。

12. 根据权利要求11所述的管支撑组件,其中片材包括附接到背衬板的冲压板,并且其中片材的厚度等于冲压板和背衬板的组合厚度。

蒸汽发生器管支撑件

[0001] 相关申请的声明

[0002] 本申请要求2013年12月26日提交的美国临时申请No.61/921,044和2014年4月25日提交的非临时申请No.14/261,830的优先权。

技术领域

[0003] 本申请涉及动力生成领域,包括具有蒸汽发生器管组件的动力系统。

背景技术

[0004] 诸如包括穿孔支撑板的管支撑件设计在应用于具有螺旋管的SG时可能不满足特定的设计目标,其中这些穿孔支撑板可以被构造成用以支撑和/或保持被构造用于直管或U形管类型的SG的所有蒸汽发生器管。对于直管或U形管类型的SG,管可以插入穿过支撑板中的孔,并且管端部直接插入到管片材中。对于诸如螺旋管的交替管设计,管可以螺旋拧入通过这种支撑板中的孔,但是管端部随后必须是弯曲的,或者弯曲管节段必须焊接到管端部,以便于管端部装配到管片材。焊接或弯曲可能不满足特定的设计目标,并且在安装之后需要额外的检查。这些额外的过程和检查是耗时且昂贵的,并且在后续的组装序列中引入了可能的材料缺陷。

[0005] 刚性地夹持或者以其它方式将管保持就位的管支撑系统可以会由于热膨胀而引起应力。包括大量用于安装和/或保持各个管的部件的系统将需要大量的时间来进行安装、检查和/或拆卸,并且可能引入不正确组装的可能性。除了增加组装时间之外,大量的部件可能增加例如螺钉、夹具等的一个或多个部件在操作期间松动的可能性。包括安装孔和装配垫片的其它类型的管支撑系统需要复杂的组装,并且在蒸汽发生系统完全安装之前限制了管的运动。另外,可能难以将管拧入到包括安装孔或具有限制性公差 of 的其它类型的安装结构的支撑结构中。本申请应对这些和其它问题。

发明内容

[0006] 本文公开了一种用于蒸汽发生器系统的管支撑组件,其包括:支撑杆,其被构造成支撑蒸汽发生器系统的热传递管列;和一组凸起,从支撑杆的表面延伸。该组凸起从支撑杆的表面延伸的距离可以大于或等于热传递管的外径。管列中相邻的管可以通过一个或多个凸起而彼此间隔开。

[0007] 本文公开了一种用于蒸汽发生器系统的管支撑组件,包括具有厚度的片材以及从片材的表面伸出以支撑蒸汽发生器系统的管列的突出部。两个或更多个突出部可以被构造成用以支撑单个管,管列中相邻的管彼此间隔开的距离可以等于或大于片材的厚度。

附图说明

[0008] 图1示出了示例性的核反应器模块。

[0009] 图2示出了示例性的蒸汽发生器组件。

- [0010] 图3示出了模型蒸汽发生器管组件。
- [0011] 图4示出了示例性的管支撑组件,其包括多个具有狭槽的杆。
- [0012] 图5A和5B示出了用于直列杆构造的示例性的蒸汽发生器管支撑组件,其包括销式接头,该接头包括销,该销连接布置成单列的第一杆和第二杆。
- [0013] 图6A和6B示出了两个示例性的蒸汽发生器管支撑组件,其包括用于交错杆的销式接头。
- [0014] 图7示出了地震载荷路径的俯视图,该地震载荷路径穿过包括交错支撑结构的示例性管支撑组件。
- [0015] 图8示出了地震载荷路径的俯视图,该地震载荷路径穿过包括直列支撑结构的示例性管支撑组件。
- [0016] 图9A示出了示例性的管支撑组件的侧视图。
- [0017] 图9B示出了图9A的管支撑组件的前视图。
- [0018] 图10示出了示例性的管支撑组件,其包括进行焊接附接的支撑杆和支撑梁。
- [0019] 图11示出了示例性的支撑杆,其具有孔,以将销式组件容纳到支撑梁。
- [0020] 图12A示出了示例性的管支撑件,其包括具有多个狭槽的直列支撑杆。
- [0021] 图12B示出了包括多个管支撑件的图12A的直列支撑杆的等轴视图。
- [0022] 图13A示出了示例性的管支撑系统,其包括具有支柱的列。
- [0023] 图13B示出了图13A的管支撑系统的侧视图,其包括第一组支柱和第二组支柱。
- [0024] 图13C示出了图13A的管支撑系统的俯视图,其包括多个杆。
- [0025] 图14示出了包括夹子的示例性管支撑件。
- [0026] 图15示出了示例性的管支撑件,其包括多个夹子。
- [0027] 图16A和16B示出了示例性的管支撑件,其包括格子。
- [0028] 图17A示出了示例性的管支撑件,其包括绳索(缆线)管支撑件。
- [0029] 图17B示出了示例性的管支撑件,其包括图17A的绳索(缆线)以及一个或多个杆。
- [0030] 图18A示出了包括套圈的示例性管支撑件的前视图和后视图。
- [0031] 图18B示出了示例性的管支撑件,其具有定位在第一杆和第二杆之间的第一套圈。
- [0032] 图18C示出了另一个示例性的管支撑件,其包括一个或多个套圈。
- [0033] 图19A示出了包括安装片材的示例性管支撑件的等轴视图。
- [0034] 图19B示出了彼此相邻地定位的多个安装片材的侧视图。
- [0035] 图20示出了包括安装片材的示例性管支撑件。
- [0036] 图21A示出了包括安装片材和套圈的示例性管支撑件。
- [0037] 图21B示出了彼此相邻地定位的多个安装片材。
- [0038] 图22A示出了包括安装片材的示例性管支撑件。
- [0039] 图22B示出了图22A的管支撑件的侧视图。
- [0040] 图23A示出了包括安装片材和多个凸起的示例性管支撑件。
- [0041] 图23B示出了多个管支撑件,其具有彼此相邻地定位的背衬板。
- [0042] 图24A示出了包括多个凸起的示例性安装片材。
- [0043] 图24B示出了包括多个安装片材的管支撑件。
- [0044] 图25A示出了包括安装片材的另一个示例性管支撑件。

- [0045] 图25B示出了彼此相邻地定位的多个管支撑件的俯视图。
- [0046] 图26示出了包括具有通孔的安装片材的示例性管支撑件。
- [0047] 图27示出了示例性的管支撑组件,其包括多个竖直浮置支撑件。
- [0048] 图28示出了示例性的管支撑组件,其包括倾斜的浮置支撑件。
- [0049] 图29A示出了示例性的管支撑组件,其构造有四个固定支撑件。
- [0050] 图29B示出了示例性的管支撑组件,其构造有四个固定支撑件和四个浮置支撑件。
- [0051] 图29C示出了示例性的管支撑组件,其构造有八个固定支撑件。
- [0052] 图30示出了示例性的管支撑组件,其定位在螺旋管之间。
- [0053] 图31示出了示例性的穿过螺旋管式热交换器的径向路径。
- [0054] 图32示出了示例性的组装螺旋管和管支撑组件的过程。
- [0055] 图33A和33B示出了安装到支撑梁的示例性蒸汽发生器管支撑组件的前视图和后视图。
- [0056] 图34示出了示例性的蒸汽发生器管支撑组件,其安装到梁。
- [0057] 图35示出了示例性的蒸汽发生器管支撑组件,其包括缓冲器。
- [0058] 图36示出了包括轨道的示例性蒸汽发生器管支撑组件的俯视图。
- [0059] 图37示出了示例性的管支撑组件,其包括管安装片材,该管安装片材具有以倾斜取向布置的凸起。
- [0060] 图38示出了另一个示例性的管安装组件。
- [0061] 图39示出了示例性的管安装组件,其构造有曲率半径。

具体实施方式

[0062] 为了便于查看并提供本文公开的各个实施例的较佳理解,多个术语可以用首字母缩略词或缩写来表示,除了别的以外,例如:反应器压力容器(RPV)和蒸汽发生器(SG)。

[0063] 图1示出了示例性的核反应器模块5,其包括被反应器容器2围绕的反应器芯部6。反应器容器2中的冷却剂10围绕反应器芯部6。反应器芯部6可以位于护罩22中,该护罩在反应器芯部6的侧面周围围绕反应器芯部。当冷却剂10由于裂变事件而被反应器芯部6加热时,冷却剂10可以从护罩22向上引导到位于反应器芯部6上方的环形物23中,并且从立管24被引导出去。这可能导致额外的冷却剂10被吸入到护罩22中,继而被反应器芯部6加热,这将更多的冷却剂10吸入到护罩22中。从立管24出现的冷却剂10可以被冷却,并且被引向反应器容器2的外侧,然后通过自然循环返回到反应器容器2的底部。

[0064] 蒸汽发生器35可以被构造成用以使进给水和/或蒸汽在次级冷却系统30中循环,以便利用涡轮32和发电机34发电。在某些例子中,进给水穿过蒸汽发生器35,并且可以变成超热的蒸汽。次级冷却系统30可以包括冷凝器36和进给水泵38。在某些例子中,次级冷却系统30中的进给水和/或蒸汽保持与反应器容器2中的冷却剂10隔绝。

[0065] 反应器容器2可以被包含容器4围绕。在某些例子中,包含容器4可以放置在水池中,例如定位在地平面下方。包含容器4可以被构造成用以防止与反应器容器2相关的冷却剂10释放而逸出到包含容器4外侧和/或逸出到周围环境中。在紧急情况下,蒸汽11可以从反应器容器2通过流量限制器8排入到包含容器4中,和/或冷却剂10可以通过卸料阀18释放。蒸汽11和/或冷却剂10释放到包含容器4中的释放速率可以根据反应器容器2内的压力

进行变化。在某些例子中,与反应器芯部6相关的衰变热可以至少部分地通过蒸汽11在包含容器4的内壁上冷凝和/或通过卸料阀18释放的冷却剂10的抑制而被去除。

[0066] 包含容器4的形状可以为大致圆柱形。在某些例子中,包含容器4可以具有一个或多个椭球体形的、穹顶形的或球形的端部。包含容器4可以焊接或以其它方式密封到环境,使得液体和/或气体不能够从包含容器4逸出或者进入到包含容器4中。在多个例子中,反应器容器2和/或包含容器4可以是底部支撑的、顶部支撑的、绕其中心支撑的、或它们的任何组合。

[0067] 反应器容器2的内表面可以暴露于包括冷却剂10和/或蒸汽11的潮湿环境,反应器容器2的外表面可以暴露于基本上干燥的环境。反应器容器2可以包括和/或由不锈钢、碳钢、其它类型的材料或复合物、或它们的任何组合制成。另外,反应器容器2可以包括包层和/或隔绝层。

[0068] 包含容器4可以基本上围绕包含区域14内的反应器容器2。包含区域14可以包括干燥、排空和/或气态环境(在某些例子中)和/或包括多种操作模式。包含区域14可以包括一定量的空气、惰性气体(例如氩)、其它类型的气体、或它们的任何组合。在某些例子中,包含区域14可以保持处于大气压力下或低于大气压力,例如处于部分真空。在其它例子中,包含区域14可以保持处于基本上完全真空。在反应器模块5操作之前,可以排出和/或去除包含容器2中的任何气体。

[0069] 在核反应器系统内经历的操作压力下,某些气体可以被认为是不可冷凝的。这些不可冷凝的气体可以例如包括氢气和氧气。在紧急操作期间,蒸汽可以与燃料棒进行化学反应,以产生高水平的氢气。当氢气与空气或氧气混合时,可以形成可燃混合物。通过从包含容器4去除大部分的空气或氧气,可以最小化或消除能够进行混合的氢气和氧气量。

[0070] 当检测到紧急情况时,可以去除或排空包含区域14中驻留的任何空气或其它气体。从包含区域14排空或排出的气体可以包括不可冷凝的气体和/或可冷凝的气体。可冷凝的气体可以包括排入到包含区域14中的任何蒸汽。

[0071] 在紧急操作期间,虽然蒸汽和/或水蒸汽可以排入到包含区域14中,但是仅仅可忽略不计的量的不可冷凝气体(例如氢)可以排入或释放到包含区域14中。从实践的观点可以假定,基本上没有不可冷凝的气体连同蒸汽释放到包含区域14中。因此,在某些例子中,基本上没有氢气连同蒸汽排入到包含区域14中,使得氢气与可能存在于包含区域14中的任何氧气一起的水平或量保持处于不可燃烧的水平。另外,在不使用氢气复合器的情况下,可以保持氢气-氧气混合物的这种不可燃烧的水平。

[0072] 大致在大约50托(50mmHG)的绝对压力下进行空气中的对流热传递的去除,然而在大约300托(300mmHG)的绝对压力下可以观察到对流热传递的减少。在某些例子中,包含区域14的压力可以设置为300托(300mmHG)或者保持为低于300托(300mmHG)。在其它例子中,包含区域14的压力可以设置为50托(50mmHG)或者保持为低于50托(50mmHG)。在某些例子中,包含区域14的压力水平可以设置为和/或保持为基本上抑制反应器容器2和包含容器4之间的所有对流和/或热传导。通过操作真空泵、蒸汽-空气喷射器、其它类型的排出装置、或它们的任何组合,可以提供和/或保持完全真空或部分真空。

[0073] 通过将包含区域14保持为处于真空或部分真空,可以消除包含区域14中的水分,由此保护电气和机械部件不被腐蚀或出现故障。另外,在不使用单独的泵或升高的保持罐

的情况下,在紧急操作期间(例如过度加压或过度加热的情况下),真空或部分真空可以操作成将冷却剂吸入或拉入到包含区域14中。真空或部分真空还可以操作成在再加燃料过程期间提供用冷却剂10充满或填充包含区域14的方式。

[0074] 流量限制器8可以安装在反应器容器2上,以用于在紧急操作期间将冷却剂10和/或蒸汽11排入到包含容器4中。流量限制器8可以直接连接或安装到反应器容器2的外壁,而没有诸如管道或连接件的任何居间结构。在某些例子中,流量限制器8可以直接焊接到反应器容器2,以便使得任何泄漏或结构故障的可能性最小化。流量限制器8可以包括文丘里流量阀,该文丘里流量阀被构造成用以以受控制的速率将蒸汽11释放到包含容器4中。蒸汽11的冷凝可以以与排出的蒸汽11对包含容器4增大压力的速率大致相同的速率减小包含容器4中的压力。

[0075] 作为蒸汽11释放到包含容器4中的冷却剂10可以作为液体(例如水)冷凝在包含容器4的内表面上。蒸汽11的冷凝可能引起包含容器4内的压力降低,原因在于蒸汽11转换回到液态冷却剂。可以通过蒸汽11冷凝在包含容器4的内表面上来去除足够的热量,以控制衰变热从反应器芯部6的去除。

[0076] 冷凝的冷却剂10可以下落到包含容器4的底部,并且收集为一池液体。当更多的蒸汽11冷凝在包含容器4的内表面上时,包含容器4中的冷却剂10的水平可以逐步地上升。存储在蒸汽11和/或冷却剂10中的热可以通过包含容器4的壁传递到周围环境。通过基本上从包含区域14去除气体,蒸汽11在包含容器4的内表面上的初始冷凝速率可以借助于排出的气体而增大。在包含容器4的内表面处正常积聚以抑制冷却剂10冷凝的气体处于这样的低水平或者由于冷却剂10的自然对流从内表面被扫除,冷凝速率可以被最大化。增大冷凝速率继而可以增大通过包含容器4的热传递速率。

[0077] 包含区域14内的真空在反应器模块的正常操作期间可以作用为一种类型的热隔绝,由此在反应器容器2可以继续用来产生动力时保持反应器容器中的热和能量。因此,在反应器容器2的设计中可以施用较少的材料隔绝。在某些例子中,代替常规热隔绝的是或除了常规热隔绝之外,可以使用反射性隔绝。在反应器容器2和/或包含容器4上可以包括反射性隔绝。与常规热隔绝相比,反射性隔绝对水损害可以具有更大的抗性。此外,在紧急条件期间,反射性隔绝可以不阻止来自反应器容器2的如常规热隔绝那么多的热传递。例如,反应器容器2的不锈钢外表面可以与位于包含区域14中的任何冷却剂直接接触。

[0078] 图2示出了示例性的蒸汽发生器20,其包括位于反应器压力容器2中的多个管35和管支撑组件25。为了进行示意性的说明,示出了八个示例性的管支撑组件25绕立管24相对于一个或多个蒸汽腔26和多个蒸汽发生管35的相对间距和放置。虽然八个支撑组件示出为绕SG的周围间隔开,但是在本文中可以想到更少或更多的支撑组件。另外,根据具体的设计标准和设计约束,支撑组件可以或可以不绕立管等距地间隔开。

[0079] 图3示出了模型蒸汽发生器管组件30,其包括布置在多个管束中的蒸汽发生管35。在某些例子中,相继列的螺旋管被构造成分别绕立管(例如立管24(图2))沿顺时针方向和逆时针方向交替地旋转。模型蒸汽发生器管组件30可以被构造成用以分析管35的行为特性,例如以确定各个管35和/或整个管束组件的共振频率。

[0080] 图4示出了示例性的管支撑组件40,其包括多个杆41,这些杆具有狭槽48,一系列或多列或者一行或多行管45抵靠在所述狭槽中。每个杆41具有在与所支撑的多个管相对应的

任一侧上加工得到的多个狭槽48。杆41可以交错布置,使得给定列的管由两个相邻的杆支撑。在某些例子中,杆41可以焊接到沿径向延伸过SG的梁43,并且焊接到RPV或其它合适的结构。一列管46示出为被部分地移除,以便示出狭槽48的相对位置。

[0081] 在某些例子中,狭槽48可以定位在杆41的前表面和后表面两者上。狭槽定位在一个杆41的前表面上,并且定位在第二杆41的后表面上,该第二杆相对于第一杆沿周向移置,使得两个杆中的狭槽支撑同一列的管。在示例性的蒸汽发生器组装期间,第一列的热传递管可以定位在已经附接到梁43的第一杆41的狭槽42中。然后,第二杆41可以定位成在其相对面上支撑同一列的热传递管,并且附接到梁43。然后,第二列热传递管可以定位在第二杆的相对面上的狭槽中,具有狭槽的第三杆可以定位成支撑第二组热传递管并附接到梁43。附加组的热传递管和杆可以紧挨着彼此顺序地安装成与蒸汽发生器组件相关的多行和/或多列。

[0082] 在其它例子中,通孔48的第一部分或半部可以沿着第一杆的一个或多个侧面定位,通孔48的第二部分或半部可以沿着第二杆的一个或多个侧面定位。通过将第一杆紧挨着第二杆连接,通孔的第一部分或半部可以与通孔的第二部分或半部匹配,以形成完整的孔,该完整的孔可以被构造成绕热传递管的整个周边围绕热传递管。

[0083] 在其它例子中,通孔48可以整个位于杆41中。在示例性的蒸汽发生器组装期间,包括一列或多列热传递管的第一杆可以附接到梁43。接下来,包括附加的一列或多列热传递管的第二杆可以紧挨着第一杆安装并附接到梁。附加杆和附加列的热传递管可以紧挨着彼此顺序地安装。

[0084] 图5A示出了用于直列杆构造的示例性的蒸汽发生器管支撑组件50,其包括销式接头55,该接头包括销57,该销连接布置成单列的第一杆51和第二杆52。第一杆51和/或第二杆52可以包括位于杆一侧上的多个狭槽58或局部孔,多个管可以通过这些狭槽或局部孔而被支撑和/或安装。

[0085] 图5B示出了第二杆52的放大视图,其中图5A的销57从销孔59移除。诸如销孔59的类似孔可以定位在第一杆51中。在某些例子中,第一直列杆(例如管支撑组件50)可以附接到梁,例如梁43(图4)。第一组、行或列的管可以安装在第一直列杆中,然后,第二直列杆可以与第一直列杆相邻地定位并附接到梁。然后,第二组、行或列的管可以安装在第二直列杆中,类似于以上参考图4所述的一个或多个例子。在某些例子中,第一直列杆和第二直列杆可以首先匹配在一起,然后同时附接到梁。

[0086] 在某些例子中,管支撑件可以包括支撑杆,例如第一杆51或第二杆52。支撑杆可以被构造成用以支撑多个热传递管。一组凸起可以从支撑杆的表面S0延伸以形成一个或多个狭槽、局部通孔或通孔,例如通孔58。在某些例子中,该组凸起从支撑杆的表面S0(或狭槽的背部)延伸的距离可以大于或等于被支撑的多个热传递管的外径。在某些例子中,多个管中相邻的管可以通过该组凸起中的一个或多个凸起而彼此间隔开。

[0087] 支撑杆的表面S0可以被构造成用以接触包括第一热传递管和第二热传递管的一组热传递管。支撑杆的接触第一热传递管的部分可以位于第一凸起P1和第二凸起P2中间。第一凸起P1可以被构造成用以接触第一热传递管的顶部表面。相似地,第二凸起P2可以被构造成用以接触第一热传递管的下表面。另外,第二凸起P2可以被构造成用以接触第二热传递管的上表面。第二热传递管可以与第一热传递管相邻地定位。例如,该组热传递管可以

布置成由支撑杆支撑的一列或一行热传递管。

[0088] 在某些例子中,第二支撑杆,例如蒸汽发生器管支撑组件50,可以与第一支撑杆相邻地定位,类似于以上参考图4所述的一个或多个例子。另外,第一凸起P1和第二凸起P2两者均可以被构造成从第一支撑杆延伸,并且接触第二支撑杆的相邻表面或背侧。相邻表面的相应位置在图5B中示出为表面SA,以供参考。在某些例子中,由蒸汽发生器管支撑组件支撑的热传递管的周边可以由第一支撑杆的表面S0、第一凸起P1、第二凸起P2以及第二支撑杆的相邻表面围绕。

[0089] 在某些例子中,第二支撑杆可以包括第二组凸起,该第二组凸起包括至少一个凸起,所述至少一个凸起从第二支撑杆的第二表面延伸以形成多个狭槽、局部通孔或通孔。第二表面可以定位在第二支撑杆的相对侧上,作为相邻表面。第二支撑杆的第二表面可以被构造成用以在从第二杆的第二表面延伸的多个凸起中间的位置处接触第二组热传递管。

[0090] 图6A和6B分别示出了两个示例性的蒸汽发生器管支撑组件60A和60B,其包括用于交错杆的销式接头,该交错杆布置成两列杆,在每个杆的两侧上包括狭槽或局部孔68和69。可以使用销式接头,使得杆可以以较短的节段加工得到,以简化制造和/或降低蒸汽发生器管支撑组件的相关制造成本。蒸汽发生器管支撑组件60A示出为包括销式接头65A,该接头包括被构造成用以保持水平取向的销的第一销孔61和第二销孔62。蒸汽发生器管支撑组件60B示出为包括销式接头65B,该接头包括被构造成用以保持非水平取向的倾斜销的第一销孔66和第二销孔67。

[0091] 蒸汽发生器管支撑组件60A和60B可以被构造成用以承载两列管,这些列对其中的一些可以具有不同的数量和不同的管间距。在给定高度处彼此交叉的相邻列中的一对管可以不靠近沿着SG的下一个缠绕物上的相同位置。蒸汽发生器管支撑组件60A和60B可以包括多个通孔68或局部孔,多个管可以通过这些通孔或局部孔而被支撑和/或安装。例如,第一列管可以由位于管支撑组件60A的第一侧上的通孔68支撑,第二列管可以由位于管支撑组件60A的第二侧上的通孔69支撑。

[0092] 图7示出了地震载荷路径71的俯视图,该地震载荷路径穿过包括交错支撑结构74的示例性管支撑组件70。为了图示的目的,支撑结构74之间的间隙被夸大。轨道和/或缓冲器装置可以构造在管之间和/或RPV 76的壁上,以增大管支撑组件70的侧向刚度。

[0093] 管75的弯曲应力朝向抵靠RPV 76堆积的组件所处的外部列可以增大。在侧向地震载荷下,支撑结构74的最大变形沿着加速轴线(在该位置处周向变形)可以增大。通过以交错取向布置支撑结构74,载荷可以通过管75在支撑结构74之间传递,直到它们最终到达立管或RPV 76。

[0094] 图8示出了地震载荷路径81的俯视图,该地震载荷路径穿过包括直列支撑结构84的示例性管支撑组件80。支撑结构84的直列构造可以缓解应力和/或提供载荷穿过支撑结构84而不穿过管75的路径。管支撑组件80可以被构造成用以提供穿过支撑结构84的载荷路径,该载荷路径是压缩的和能够容易地进行传递的。间隔件87可以定位在RPV 76与最靠近RPV 76的支撑组件80之间。在某些例子中,间隔件76可以附接到RPV 76。

[0095] 图7和8中所示的交错和直列支撑结构以不同的方式约束管75。例如,交错管支撑组件70利用沿着每个管彼此间隔开的一对狭槽来支撑每个管。这样做提供了限制管75在支撑件中绕水平径向轴线旋转的竖直力矩约束。另一方面,直列管支撑组件80可以在每个支

撑位置处包括一个狭槽,在某些例子中,狭槽可以被构造成用以允许管75在支撑结构74中绕水平径向轴线旋转。

[0096] 图9A示出了示例性的管支撑组件90的侧视图,其中多个管75布置在支撑结构92的两侧上。支撑结构92可以包括多个管支撑件或局部孔,管95可以通过这些管支撑件或局部孔而被支撑和/或安装。在某些例子中,管支撑件98可以以特定的公差和/或间距进行制造,以在管95和管支撑件98的内表面之间提供直径间隙96。

[0097] 图9B示出了图9的两个交错管支撑组件90的前视图。管支撑组件90可以被构造成用以当管95相对于支撑结构92离开其标称倾斜度而枢转角度97时提供管95的竖直力矩约束。角度97可以由直径间隙96以及管支撑件98和第二管支撑件99之间的距离94的组合来得出或确定。管95可以被构造成用以在碰到管支撑件98和/或第二管支撑件99的内表面之前稍稍枢转。

[0098] 直径间隙96可以有助于减小或修正一个或多个管支撑件和/或相邻的支撑结构之间的任何不对准。在某些例子中,支撑结构92可以被构造成用以在某些操作条件期间,例如在以较高幅值进行较低频率的振荡期间,提供力矩约束。

[0099] 管支撑系统可以通过在RPV壁和立管外壁上增加缓冲器或轨道而沿周向方向被加强,以沿周向方向捕集最外侧和最内侧支撑结构。管支撑系统可以构造有分段支撑结构和全长支撑结构,为直列或交错构造。例如,全长支撑结构可以包括杆,该杆跨越蒸汽发生器的整个高度。

[0100] 图10示出了示例性的管支撑组件100,其包括支撑杆102。支撑杆102可以附接到梁104。在某些例子中,支撑杆102可以利用焊接区域106将支撑杆102附接到梁104。梁104可以包括位于蒸汽发生器顶部或底部处的径向梁,该径向梁附接到相邻的结构。

[0101] 支撑杆102可以在杆的顶部和底部处通过一种或多种附接方法固定到梁104,包括焊接的顶部和底部、焊接的顶部和浮置的底部、销式顶部和底部、以及销式顶部和浮置的底部。杆102中的弯曲应力可以主要来自于用于支撑杆102和RPV的材料之间的热膨胀差异。例如,不锈钢支撑杆可能比耐低温钢RPV膨胀的更多,这可能导致支撑杆102压缩。在某些例子中,管支撑组件100可以被构造成用以约束支撑杆102的底部处的侧向运动和旋转,并且允许支撑杆102竖直地运动。

[0102] 图11示出了用于蒸汽发生器管支撑组件的示例性支撑杆110。支撑杆110示出为包括销式端部112。销式连接可以提供参考图10所述的将支撑杆焊接到梁的替代形式。因为在焊接接头处可能出现高应力,所以销式连接可以降低应力的大小。在某些例子中,与支撑杆110相关的销式连接可以被构造成用以绕蒸汽发生器的周向轴线旋转。绕径向轴线的旋转可以受到约束。

[0103] 在采用销式顶部连接和浮置底部连接的示例性支撑结构中,底部连接允许绕蒸汽发生器的周向轴线的相对运动,并且还允许相对于底部梁的竖直移动,以避免热应力。

[0104] 通常,通过采用浮置底部连接或销式连接、或者在某些例子中采用这两种连接类型的组合,可以减小杆与径向梁的连接附近的应力。浮置底部支撑可以被构造成用以减轻支撑杆的大热应力,销式连接可以被构造成用以减轻附接处附近的高力矩引起的应力。在某些例子中,蒸汽发生器支撑杆可以被构造成采用焊接的顶部连接和引导的浮置底部连接。

[0105] 图12A示出了示例性的管支撑件200,其包括直列杆210,每个直列杆在一侧上具有多个狭槽220,在相对侧上具有斜面。狭槽220可以形成在从杆210的表面延伸的多个凸起或一组凸起之间,例如形成在第一凸起221和第二凸起222之间。狭槽220可以以竖直列取向,以容纳多个管230。狭槽220可以斜切形成着陆区域。

[0106] 在某些例子中,管支撑件200可以包括支撑杆,例如杆210。杆210可以被构造成用以支撑多个热传递管230。一组凸起可以从杆210的表面延伸。在某些例子中,该组凸起从杆210的表面延伸的距离可以大于或等于多个热传递管230中的任何一个管的外径。在某些例子中,多个管230中相邻的管可以通过该组凸起中的一个或多个凸起而彼此间隔开。

[0107] 杆210的表面可以被构造成用以接触包括第一热传递管231和第二热传递管232的一组热传递管。与第一热传递管231接触的杆210的表面位于第一凸起221和第二凸起222中间。第一凸起221可以被构造成用以接触第一热传递管231的顶部表面。相似地,第二凸起222可以被构造成用以接触第一热传递管231的下表面。另外,第二凸起222可以被构造成用以接触第二热传递管232的上表面。第二热传递管232可以与第一热传递管231相邻地定位。例如,该组热传递管可以布置成由支撑杆210支撑的一列或一行热传递管。

[0108] 图12B示出了示例性的管支撑系统,其包括多个管支撑件,例如图12A的管支撑件210。多个管支撑件可以组合在一起形成多列管。在某些例子中,间隔件240可以与最内侧和最外侧列的管相邻地附和/或定位。

[0109] 杆210可以被构造成用以提供与第二杆250和/或相邻于杆210的一列管的径向接触。杆210可以被构造成用以支撑和/或承载第一组管231的重量。另外,第二杆250可以被构造成用以支撑第二组管232。根据管支撑件200的取向,第一组管231和第二组管232可以布置成两列或两行管,类似于以上参考图4所述的一个或多个例子。根据各种示例性构造,管支撑件200可以取向为大致水平位置或大致竖直位置。杆210的背侧可以斜切,以便为相邻列的管提供合适的径向约束。

[0110] 在某些例子中,每个管支撑件可以构造有用于一列管的狭槽,并且相邻管支撑件的背部可以被构造成用以阻止管伸出狭槽并且提供沿径向方向的管约束。另外,每个支撑组件可以具有一行直列杆。管支撑件200的斜切的着陆区域可以被构造成用以当接触相邻的杆和/或管时提供支承区域。相似地,斜切的间隔件杆可以设置在该行管支撑件的端部处,以提供用于最后一个支撑杆和/或最后一列管的侧向支撑。管支撑件200可以被构造成用以提供良好的径向接触表面,以允许例如地震事件期间多个管支撑件之间的水平载荷传递。

[0111] 在某些例子中,第二杆250可以与支撑杆210相邻地定位。另外,第一凸起231和第二凸起232两者均可以被构造成从支撑杆210延伸,并且接触第二杆250的相邻表面或背侧。热传递管(例如第一热传递管231)的周边可以被支撑杆231的表面、第一凸起221、第二凸起222和第二杆250的相邻表面围绕。第二杆250可以包括第二组凸起,该第二组凸起包括至少一个凸起,所述至少一个凸起从第二杆250的第二表面延伸。第二表面可以定位在第二杆250的相对侧上,作为相邻表面。第二杆250的第二表面可以被构造成用以在从第二杆250的第二表面延伸的两个凸起中间的位置处接触第二组热传递管232。

[0112] 图13A示出了示例性的管支撑系统300,其包括具有支柱320的杆310。支柱320可以加工和/或以其它方式制造成具有较为平坦的上表面,该上表面接触管330,如图13B所示。

这些平坦表面的角度将与被支撑的管的角度相对应。在某些例子中,支柱320可以例如通过从杆310加工去除材料而与杆310一体地形成。支柱320可以构造有平坦的顶部和底部表面两者,以提供用于管330的竖直支撑。根据各种示例性构造,管支撑系统300可以取向为大致水平位置或大致竖直位置。

[0113] 图13B示出了示例性管支撑系统的侧视图,其包括位于杆310的第一侧上的第一组支柱(例如支柱320)和位于杆310的第二侧上的第二组支柱325。支柱320可以被构造成用以支撑第一组管330,第二组支柱325可以被构造成用以支撑第二组管340。在某些例子中,支柱320可以延伸穿过杆310,以提供用于杆310的两侧上的两组管的支撑。

[0114] 图13C示出了管支撑系统的俯视图,其包括多个杆,例如图13A的杆310和第二杆360。在某些例子中,支撑系统可以包括沿着第一组管330的长度交替地定位的或交错的支撑杆。管支撑系统可以被构造成使得第一组管330抵靠在成形为支柱320而不是由狭槽支撑(如本文所述的某些其它设计)的凸起上。

[0115] 在某些例子中,管支撑组件可以包括支撑杆,例如杆310,被构造成用以支撑蒸汽发生器系统的多个热传递管。一组凸起(例如支柱320)从支撑杆310的表面延伸的距离可以小于相邻的一组管(例如第一组管330)的外径。在某些例子中,该组凸起从支撑杆310的表面延伸的距离可以大于或等于热传递管的外径。相邻各组的管可以通过该组凸起中的一个或多个凸起而彼此间隔开。在某些例子中,相邻各组的管可以根据支撑杆的宽度而彼此间隔开。例如,第一组管330可以相对于第二组热传递管350间隔开第二杆360的宽度。第二杆360可以与支撑杆310相邻地定位,类似于以上参考图4所述的一个或多个例子。

[0116] 在某些例子中,热传递管(例如第一热传递管331)的周边可以被支撑杆310的表面315、第一凸起321、第二凸起322和第二杆360的相邻表面365围绕。第二杆360可以包括一组凸起370,该组凸起包括至少一个凸起,所述至少一个凸起从第二支撑杆的相邻表面365延伸,并且接触第一组热传递管330中的一个或多个管。例如,第一热传递管331可以接触杆310的表面315、第一凸起321、第二凸起322和第二杆360的相邻表面365。

[0117] 第二杆360可以包括第二组凸起375,该第二组凸起包括至少一个凸起,所述至少一个凸起从第二杆360的第二表面368延伸。第二表面368可以定位在第二杆360的相对侧上,作为相邻表面365。另外,第二杆360的第二表面368可以被构造成用以接触第二组热传递管350。

[0118] 图14示出了包括夹子410的示例性管支撑件。夹子410可以包括被构造成用以支撑第一管的上部部分412和被构造成用以支撑第二管的下部部分414。下部部分414可以包括狭槽416。

[0119] 图15示出了示例性的管支撑件400,其包括多个夹子。多于一个的夹子可以用来支撑相同的管。例如,第一夹子420可以被构造成用以支撑第一管431和第二管432两者,与相对于夹子410所述的类似。第一管431可以与第二管432相邻地定位在管组件中。

[0120] 第二夹子440可以被构造成用以支撑第二管432和第三管433两者,与相对于夹子410所述的类似。第一夹子420的下部部分和第二夹子440的上部部分可以被构造成用以支撑相同的管,也就是第二管432。因此,第二管432可以由第一夹子420和第二夹子440两者支撑。

[0121] 在某些例子中,第二夹子440的上部部分可以被构造成定位在第一夹子420的下部

部分中。例如,第二夹子440的上部部分可以被构造成用以穿过狭槽,例如夹子410中所示的狭槽416,与第一夹子420的下部部分相关联。第二管432可以在第二夹子440的上部部分和第一夹子420的下部部分之间穿过。在某些例子中,多个夹子可以用链条连接在一起,以支撑一系列或一行管。另外,夹子410可以被构造成用以例如通过将一行和/或一系列管刚性地连接在一起而减轻和/或衰减管的振动。

[0122] 管支撑件400可以被构造成利用C形夹子将相邻的管竖直地连接在一起。在某些例子中,一系列240个管可以具有将它们连接在一起的239个夹子。上部夹子和下部夹子可以设置在管支撑件400的顶部和底部处,以附接到梁。夹子可以包括舌状物和凹槽设计,以保持它们彼此沿竖向对准。另外,夹子可以被构造成用以卡扣到管上,以防止它们在操作期间松动。通过将若干个管刚性地连接在一起,类似于浮置支撑件,管支撑件400可以有助于减小管的震动。

[0123] 图16A和16B示出了示例性的管支撑件600,其包括格子610。格子610可以包括多个竖直支撑杆,例如竖直杆620,和多个交叉杆和/或带,例如杆640。如图16B所示,竖直杆620和交叉杆640中的一者或两者可以包括一个或多个凹口,例如凹口645,这些凹口被构造成提供用于连接、互锁和/或组装格子610的手段。在某些例子中,成角度的凹口625可以用来提供竖直杆620和交叉杆640之间的成角度的连接,以提供格子610的额外侧向支撑。

[0124] 交叉支撑杆640示出为具有波状或波纹状的轮廓,以将每一列的管支撑在其期望的高度中,而竖直支撑杆620可以包括基本线性的或直的刚性本体。在某些例子中,竖直和交叉杆可以被构造成用以提供阻尼效应,以降低管630可能出现的任何震动或地震引起的应力。在某些例子中,交叉杆640可以被构造成用以支撑第一列中的与相邻列中的管竖向地偏移的管。

[0125] 一个或多个交叉杆可以焊接到竖直支撑杆,或者它们可以被构造成以过盈配合进行连接。管支撑件600可以被构造成用以支撑具有相同竖直间距的多列管。在恒定竖直间距的情况下,在管支撑件600的格子中任何高度处,交叉杆640可以采用相同的设计。交叉杆640承载水平地震载荷。

[0126] 图17A示出了包括链条式附接件710的示例性管支撑件。在某些例子中,链条式附接件710可以包括一个或多个织造绳索或线缆,例如第一附接件712和第二附接件714。在某些例子中,第一附接件712和/或第二附接件714可以包括可以绕和/或围绕管730织造的较为柔性的材料。

[0127] 第一附接件712可以被构造成用以缠绕特定管的第一半部,第二附接件714可以被构造成用以缠绕特定管的第二半部,以便绕管的所有侧面支撑管。第一附接件712和/或第二附接件714可以以波状的方式继续缠绕一系列或一系列相邻的管730。

[0128] 在某些例子中,第一附接件712可以与第二附接件714相邻地定位,以形成链条环,通过该链条环可以支撑管730。多个链条式附接件可以绕管束定位在多个位置处,以便在多个不同的点处沿竖直和侧向方向支撑管730。管支撑件可以以竖直取向悬置。例如,链条式附接件710的上部部分可以连接到竖直支撑件。

[0129] 图17B示出了示例性的管支撑件700,其包括图17A的链条式附接件710以及一个或多个杆。链条式附接件710可以定位在一个或多个竖直杆(例如第一杆720和第二杆725)中间和/或附近。竖直杆可以提供管的额外侧向支撑,使得第一列管不能够接触相邻列的管,

该相邻列的管可以由单独的链条式附附件支撑。

[0130] 图18A示出了包括套圈810的示例性管支撑件800的前视图和后视图。套圈810可以被构造成用以支撑穿过和/或相邻于套圈810的一个或多个管830。一个或多个杆840可以被构造成用以支撑套圈。例如,套圈810的第一端部和套圈810的第二端部可以连接和/或焊接到一个或多个杆840。

[0131] 在某些例子中,套圈810可以定位在两个或更多个杆中间和/或附近。两个或更多个杆可以被构造成用以提供套圈810的额外侧向支撑。例如,如图18B所示,第一套圈812可以定位在第一杆842和第二杆844之间。另外,第二套圈814可以定位在第一杆842和第二杆844之间。第一管832示出为穿过第一套圈812和/或由第一套圈812支撑,第二管834示出为穿过第二套圈814和/或由第二套圈814支撑。在某些例子中,第三管836可以定位和/或支撑在第一套圈812和第二套圈814中间。例如,第一套圈812和第二套圈814之间可以具有空间,以容纳中间管,例如第三管836。

[0132] 第一杆842与第二杆844间隔开的距离可以大致等于或稍稍大于管830的外径。因此,通过使管支撑件800针对每个管设置有至少四个接触点(例如在管的上侧、下侧、左侧和右侧中的每一侧处),杆840和/或套圈810可以被构造成用以提供管830的侧向和竖向支撑。侧向地震载荷可以通过套圈810和/或杆840而不是通过管830进行传递。

[0133] 在某些例子中,管830可以不受物理约束,直到套圈810连接和/或焊接到杆840。例如,在管830已经插入到套圈810中之后,套圈810可以焊接到杆840。在管已经组装之后,套圈810可以连接到杆840。在某些例子中,套圈810可以从较长的管以一定的角度切割得到,并且套圈810的边缘可以倾斜,以防止管830上的磨损。

[0134] 管支撑件800可以构造有较短的套圈,该套圈在蒸汽发生器管130上滑动并附接到在各列之间悬置的多个杆。焊接的套圈设计可以构造有管状套圈,该管状套圈在套圈的任一端部上焊接到直的支撑杆。套圈和SG管之间的小径向间隙可以被构造成用以允许套圈从端部滑动到管上并且紧邻杆定位。一旦就位,套圈就可以焊接到杆。在某些例子中,套圈可以从两个相邻的列焊接到杆。在其它例子中,套圈可以在一系列管之后焊接到杆。在其它的例子中,每隔一个管可以焊接到一个或多个杆,并且中间管可以抵靠在相邻的套圈和杆之间。

[0135] 图18C示出了另一个示例性的管支撑件850,其包括一个或多个套圈875。管支撑件850可以包括叠堆套圈875,该叠堆套圈具有允许安装蒸汽发生器管的切口或圆柱形孔。管支撑件850针对每个管可以构造有对应的套圈。套圈875可以叠堆在由两个竖直杆871、872形成的轨道870中。轨道870可以包括焊接到两个杆871、872上的背衬板880。另外,套圈875可以焊接到背衬板880。在其它例子中,轨道870可以由单个部件加工而成。在某些例子中,轨道和套圈可以包括诸如键槽的特征结构,其将套圈捕集在轨道中。

[0136] 套圈875的叠堆可以被构造成用以提供管的竖直支撑,侧向支撑可以由杆871、872提供。在套圈键入到轨道的某些例子中,管的侧向支撑还可以由套圈提供。在蒸汽发生器组件的某个例子中,热传递管可以在附接到轨道870之间插入到一个套圈875中。多个套圈875可以沿着热传递管的长度类似地放置,然后例如顺序地附接到绕蒸汽发生器组件布置的多个轨道870。在其它例子中,在插入热传递管之前,一个或多个套圈875可以附接到轨道870。

[0137] 除了提供绕热传递管的周向支撑之外,套圈875可以被构造成从背衬板880伸出,使得套圈875的背表面876可以与第一杆871和/或第二杆872的前表面886大致对齐。因此,

由一个套圈875支撑的热传递管可以接触套圈的背表面876和杆的前表面886两者。在某些例子中,套圈875的相对表面896可以与相邻的杆的表面相对齐。例如,管支撑件850可以与第二管支撑件相邻地定位,该第二管支撑件具有一个或多个杆以及狭槽,套圈875可以类似地定位和/或附接在该狭槽中。

[0138] 图19A示出了包括安装片材905的示例性管支撑件900的等轴视图。安装片材905可以包括多个凸起902、904,这些凸起被构造成用以支撑一个或多个管,例如管130。在某些例子中,凸起可以构造成沿竖向偏移的列。第一列中的第一凸起902可以被构造成用以接触和/或支撑管130的上表面,第二列中的第二凸起904可以被构造成用以接触和/或支撑管130的下表面。

[0139] 图19B示出了多个安装片材907、908的侧视图,类似于图19A的安装片材905,示出为彼此相邻地叠堆和/或定位,以提供管组件的额外的侧向支撑和/或保持。例如,管130可以定位和/或支撑在两个相邻的安装片材907、908之间。每个安装片材907、908可以包括多个凸起906,这些凸起被构造成用以支撑一个或多个管。

[0140] 在某些例子中,凸起906的第一部分可以被构造成从安装片材的第一侧伸出以支撑第一列管,凸起906的第二部分可以被构造成从安装片材的第二侧伸出以支撑第二列管。

[0141] 图20示出了示例性的管支撑件910,其包括安装片材915。安装片材915可以包括多个凸起912,这些凸起被构造成用以支撑一个或多个管130。凸起912可以被构造成一个或多个钩部。某些凸起912可以被构造成用以支撑管130的下部部分,其它的凸起912可以被构造成用以支撑管130的上部部分。例如,凸起912可以包括多个倒置的钩部。在某些例子中,凸起912可以构造成钩部和倒置钩部交替设置的沿竖向偏移的列。

[0142] 多个安装片材915可以彼此相邻地叠堆和/或定位,以提供管组件的额外的侧向支撑和/或保持。例如,管130可以定位和/或支撑在两个相邻的安装片材915之间。在某些例子中,凸起912的第一部分可以被构造成从安装片材915的第一侧伸出以支撑第一列管,凸起912的第二部分可以被构造成从安装片材915的第二侧伸出以支撑第二列管。在某些例子中,凸起912可以缠绕管130超过180度。

[0143] 图21A示出了包括安装片材925和套圈924的示例性管支撑件920。安装片材925可以包括多个凸起926。凸起926可以成形为一个或多个狭槽,该狭槽被构造成用以接纳套圈924。套圈924可以被构造成用以沿周向支撑管。在某些例子中,多个凸起和/或套圈可以构造成列和/或行。

[0144] 图21B示出了多个安装片材921、922,类似于图21A的安装片材925,示出为彼此相邻地叠堆和/或定位,以提供管组件(包括管130)的额外的侧向支撑和/或保持。

[0145] 套圈924可以被构造成用以可滑动地附接到管130。另外,套圈924可以包括延伸销927(图21A),该延伸销被构造成用以滑动到在凸起926之后形成的狭槽中。一旦就位,销927的底部就可以绕狭槽和/或安装片材925上弯,以将套圈924固定在凸起926中。套圈924的一个或多个开口可以扩张,以防止边缘切入到管130中。

[0146] 在某些例子中,凸起926的第一部分可以被构造成从安装片材925的第一侧伸出以支撑第一列管,凸起926的第二部分可以被构造成从安装片材925的第二侧伸出以支撑第二列管。

[0147] 图22A示出了示例性的管支撑件930,其包括安装片材935。安装片材935可以包括

多个凸起936,这些凸起被构造成用以支撑一个或多个管130。凸起936可以被构造成一个或多个夹子。

[0148] 图22B示出了图22A的管支撑件930的侧视图。安装片材935可以定位在背衬939中间和/或附近。背衬939可以被构造成用以提供凸起的额外侧向支撑。安装片材935可以包括第一凸起931和第二凸起932。第一管933示出为穿过第一凸起931和/或由第一凸起931支撑,第二管934示出为穿过第二凸起932和/或由第二凸起932支撑。在某些例子中,第三管937可以定位和/或支撑在第一凸起931和第二凸起932中间。例如,第一凸起931和第二凸起932之间可以具有空间938,以容纳中间管,例如第三管937。

[0149] 多个安装片材,例如安装片材935,可以彼此相邻地叠堆和/或定位,以提供管组件的额外的侧向支撑和/或保持。例如,管130可以定位和/或支撑在两个相邻的安装片材之间。在某些例子中,凸起936的第一部分可以被构造成从安装片材的第一侧伸出以支撑第一列管,凸起936的第二部分可以被构造成从安装片材的第二侧伸出以支撑第二列管。

[0150] 安装片材935可以形成半圆形凸起的手风琴形阵列,这些凸起被构造成绕管130进行夹持。背衬939可以包括直的金属片材,其被构造成用以防止安装片材935在竖直载荷下失去其形状。背衬939可以在片材的处于空间938之后的部分处点焊到安装片材935。凸起936可以定位在每隔一个的管位置处,在某些例子中,两个安装片材可以组合以构成单个支撑杆。管支撑件930可以被构造成浮置支撑件。

[0151] 图23A示出了示例性的管支撑件940,其包括安装片材945和成形为突出部的多个凸起946。凸起946可以通过从安装片材945压印出弯曲的“L”形状而形成。一个或多个管130可以滑入到在管139的两侧上由突出部形成的狭槽中。安装片材945和/或凸起946的厚度可以被构造成用以在管之间提供垂直的间隙或间距。另外,凸起946可以被构造成用以提供管130的上部和下部支撑。凸起946可以以交错的方式布置。安装片材可以包括三列凸起,以提供更强的力矩约束,例如来防止管能够绕第一组两个列枢转。背衬板948可以焊接到安装片材945的背部上,以提供强度并在相邻列的管之间提供合适的径向间隙。

[0152] 图23B示出了多个管支撑件,包括管支撑件940和相邻的管支撑件949,示出为彼此相邻地叠堆和/或定位,以提供第一列管(包括管130)的额外的侧向支撑和/或保持。相邻的管支撑件949可以包括安装片材、背衬板和/或多个凸起,以支撑第二列管943,类似于相对于管支撑件940所述的和如图23A所示的。由安装片材945支撑的第一列管与第二列管943间隔开的距离可以大致等于相邻管支撑件949的厚度。在某些例子中,相邻管支撑件949的厚度可以等于安装片材和背衬板的组合厚度。

[0153] 管130的定位可以由安装片材945的上部凸起941和下部凸起942竖向地约束。管支撑件945的凸起可以被构造成用以在相邻管支撑件949的背部处形成接触点947,以便在管支撑件之间有效地传递侧向地震载荷。另外,管130的定位在管支撑件940的安装片材945和相邻管支撑件949的背部之间可以受到侧向约束。

[0154] 图24A示出了示例性的安装片材955,其包括多个凸起956,类似于图23A的凸起946。安装片材955可以包括安装突出部953和安装狭槽957。安装突出部953的宽度可以大致等于或稍稍小于安装狭槽957的宽度。

[0155] 图24B示出了示例性的管支撑件950,其包括多个安装片材,包括第一安装片材951和第二安装片材952。每个安装片材951、952可以包括多个凸起,例如凸起956。安装片材

951、952中的一者或两者可以包括安装突出部(例如图24A的安装突出部953)和/或安装狭槽(例如图24A的安装狭槽957)。在某些例子中,与第二安装片材952相关的安装突出部可以被构造成用以配合在与第一安装片材951相关的安装狭槽中,以形成安装连接部959。另外,管支撑件950可以包括背衬板958。背衬板958可以包括单个板,该板焊接和/或以其它方式附接到两个安装片材951、952。

[0156] 利用多个安装片材951、952组装管支撑件950可以允许切割成较小的节段,然后进行组装,以方便管支撑件950的制造或组装。例如,背衬板958可以制造成具有足够的高度,以沿竖向延伸穿过整个蒸汽发生器管束,而多个安装片材的组合的总组装高度可以接近背衬板958的高度。

[0157] 图25A示出了包括安装片材965的另一个示例性管支撑件960。安装片材965可以包括多个凸起,这些凸起被构造成用以支撑管组件。多个凸起可以布置成偏移列的或交错列的凸起,类似于图23A中所述和所示的。在某些例子中,一个或多个列(例如中间列)的安装片材965可以包括延伸的凸起966,该凸起具有延伸的长度突出部。另外,管支撑件960可以包括在安装片材965的背侧上形成的对准轨道969。

[0158] 图25B示出了多个管支撑件的俯视图,包括管支撑件960和相邻的管支撑件968,示出为彼此相邻地叠堆和/或定位,以提供管组件的额外的侧向支撑和/或保持。相邻的管支撑件968可以包括安装片材、背衬板和/或多个凸起,以支撑第二列管,类似于图23B中所述和所示的。对准轨道969可以形成在两个平行的背衬板961、962之间,这两个背衬板焊接到和/或以其它方式附接到管支撑件960的背部。在其它例子中,对准轨道969可以通过在单个背衬板中切割出狭槽而形成。

[0159] 为了保持管支撑件960与相邻的管支撑件968对准,延伸的凸起966可以被构造成用以配合到相邻的管支撑件68的对准轨道中,类似于轨道969,以形成安装连接部963。另外,一个或多个外部凸起,类似于凸起964,可以被构造成用以在相邻管支撑件969的背部处形成接触点967,以便在管支撑件之间有效地传递侧向地震载荷。管支撑件960和/或相邻的管支撑件968可以被支撑在位于立管外侧和/或RPV内侧上的轨道和/或缓冲器中。

[0160] 图26示出了示例性的管支撑件970,其包括安装片材975,该安装片材具有位于背衬板978中的通孔972。通孔972可以在安装片材975中的一个或多个凸起(例如图25B的凸起964)之后对准。在某些例子中,凸起可以由安装片材975冲出,留下多个冲压孔。安装片材975中的冲压孔可以被构造成用以与通孔972对准,以提供穿过安装片材975和背衬板978两者的通路。

[0161] 背衬板978可以包括一个或多个板,类似于图25B所述的。通孔972可以被构造成用以允许初级冷却剂流过安装片材975和背衬板978两者,并且降低沉积聚集和/或腐蚀产品的可能性,否则这些产品可能陷在安装片材975的凸起和背衬板978之间形成的凹陷部中。另外,通孔972的边缘可以是斜的,以允许腐蚀产品能够更加容易地被冲掉。

[0162] 在图19-26所示的各种示例性安装片材的任一个例子中,一个或多个冲模可以反复地用来批量生产对应的凸起。在某些例子中,相邻的安装片材和/或相邻列的管可以彼此径向地连接。一个或多个凸起可以被构造成用以提供管的形夹持。在某些例子中,一个或多个安装片材可以利用金属杆和/或附加的片材进行加强。

[0163] 图27示出了示例性的管支撑组件980,其包括处于管束中的多个竖直浮置支撑件

985。竖直浮置支撑件985可以在进给腔和其上方的蒸汽腔之间竖直地延伸。

[0164] 图28示出了示例性的管支撑组件990,其包括处于管束中的倾斜浮置支撑件995。倾斜浮置支撑件995可以分解成多个节段,并且与管垂直地延伸。

[0165] 在某些例子中,浮置支撑件可以被构造成用以将管彼此连接,但是管支撑组件可以不附接到位于蒸汽发生器外侧的结构,例如顶部和底部梁和/或悬臂。浮置支撑件可以被构造成用以加强管束,这增大了管的自然频率并且减小了流动引起的振动问题。另外,因为浮置支撑件不需要附接到蒸汽发生器外部的任何结构并且由此可以不延伸到管束的外侧,所以它们可以放置在几乎任何位置处。

[0166] 在某些例子中,例如在管具有恒定的垂直间距的情况下,在所有列的管上可以使用相同类型的管支撑组件。一个或多个管支撑组件980、990可以包括如图27所示的竖直浮置支撑件985和/或如图28所示的倾斜浮置支撑件995。

[0167] 图29A示出了示例性的管支撑组件1110,其构造有彼此等距地间隔开的四个固定支撑件1115。图29B示出了示例性的管支撑组件1120,其构造有四个固定支撑件1125和四个浮置支撑件1127。图29C示出了示例性的管支撑组件1130,其构造有彼此等距地间隔开的八个固定支撑件1135,然而,在某些例子中,支撑件1135可以绕蒸汽发生器管组件彼此等距地间隔开。

[0168] 图27、28、29A、29B和/或29C中所示的管支撑组件可以包括一个或多个本文所述的管支撑组件。例如,管支撑组件可以包括具有厚度的片材或杆以及从片材/杆的表面伸出的一个或多个凸起或突出部。凸起/突出部可以被构造成用以支撑蒸汽发生器系统的管列。两个或更多个凸起/突出部可以被构造成用以接触单个管,管列中相邻的管彼此间隔开的距离可以等于或大于片材的厚度。在某些例子中,管列中相邻的管可以彼此间隔开凸起/突出部的厚度。另外,片材/杆可以通过固定式或销式支撑件附接到位于蒸汽发生器系统的上端部处的上部梁,片材/杆可以通过固定式、销式或浮置式支撑件附接到位于蒸汽发生器系统的下端部处的下部梁。

[0169] 管支撑组件可以包括绕蒸汽发生器系统沿径向定位的多组片材、杆或其它类型的支撑结构。例如,可以具有四到八组如图12A-C所示的支撑结构。每组支撑结构可以包括被构造成用以支撑管列的突出部。在某些例子中,八组支撑结构中的四组支撑结构可以包括固定支撑件,另外四组片材可以包括浮置支撑件。固定支撑件可以沿周向定位在各个浮置支撑件之间。

[0170] 图30示出了示例性的管支撑件1215和以相对交叉角度1217布置的相继的两列管。在某些例子中,管支撑件1215可以包括浮置管支撑件,该浮置管支撑件被构造成以管交叉角度1217支撑一个或多个管列。在某些例子中,管交叉构造1212可以被构造成用以在管支撑件1215上提供仅仅周边约束。在某些例子中,管支撑件交叉组件1210可以包括对准装置,以防止管支撑件之间的相对滑动。另外,一个或多个管支撑件可以以径向连接通过蒸汽发生器管束连接在一起。

[0171] 径向连接可以被构造成用以加强支撑结构,并由此增大蒸汽发生器管束的自然频率。径向连接还可以被构造成用以使管支撑件对准。

[0172] 通过使内部和外部管支撑件抵靠在焊接到立管和/或RPV的缓冲器或轨道中,可以减小蒸汽发生器管支撑组件中的周边挠曲。另外,管支撑件可以被构造成用以沿周边方向

彼此接合。通过采用提供仅仅穿过支撑件的载荷路径的直列式支撑件,而不是采用通过管传递载荷的交错式支撑件,可以降低管上的应力。

[0173] 图31示出了径向路径1225,该径向路径可以通过移除多个管以穿过管束产生用于管支撑件的一个或多个径向连接部的间隙1227(或空间)而形成。

[0174] 图32示出了示例性的支撑管组件的过程1000。在操作1010处,可以安装支撑附件。例如,支撑附件可以安装到反应器芯部列、立管、容器、其它类型的结构、或它们的任何组合。支撑附件可以包括杆、紧固装置、背衬、其它类型的附件、或它们的任何组合。

[0175] 在操作1020处,多个管,例如蒸汽发生器管,可以插入到多个管支撑件中。管支撑件可以被构造成用以连接、夹持、围绕、保持、支撑和/或接纳多个管。

[0176] 在操作1030处,管的端部可以插入到腔中。在某些例子中,管的第一端部可以插入到第一腔中,管的第二端部可以插入到第二腔中。

[0177] 在操作1040处,多个管支撑件可以连接到支撑附件。例如,在多个管已经插入到多个管支撑件中且还插入到腔中之后,管支撑件可以连接和/或焊接到支撑附件。在某些例子中,在将管插入到一个或多个腔中之前,管支撑件可以连接和/或焊接到支撑附件。

[0178] 在操作1050处,所述多个管可以连接到腔。在某些例子中,管可以初始松散地插入到腔中,而管支撑件连接到支撑附件,然后,一旦管和/或管支撑件已经相对于支撑附件最终定位,管就可以连接和/或焊接到腔中的管片材。在其它例子中,在将管支撑件连接到支撑附件之前,管可以连接到腔。

[0179] 作为过程1000的一部分,管可以经受多种运动或操作。例如,管的端点在管片材中抵靠其对应的孔定位之前可以被沿径向向内推,以便能够配合在RPV内。另外,管的端部可以旋转,使其与管片材孔共线,然后,管可以被推入到管片材中。而在某些例子中,在安装管时,管支撑件可以已经就位,在其它例子中,可以首先安装管,然后可以增加管支撑件。预先安装的管可以允许管在SG管束中更加自由地变形,并且减小塑性变形的量。

[0180] 数千个管支撑件可以用来支撑整个蒸汽发生器管组件。在某些例子中,大约40,000个管支撑件可以一起用来支撑管组件。一个或多个示例性的管支撑件可以安装到图1所示的一个或多个部件,例如立管24、反应器容器2和/或其它合适的结构。

[0181] 图33A和33B分别示出了安装到或者以其它方式附接到梁1350的示例性蒸汽发生器管支撑组件1300的前视图和后视图。在某些例子中,梁1350可以包括上部悬臂。梁附件1325可以包括将发生器管支撑组件1300的一部分连接到梁1350的安装托架、接头或焊接区域。在某些例子中,蒸汽发生器管支撑组件1300可以绕梁1350的周边焊接,其中梁1350与蒸汽发生器管支撑组件1300的安装片材和/或背衬板相交。

[0182] 图34示出了示例性的蒸汽发生器管支撑组件1400,其安装或以其它方式附接到梁1450。在某些例子中,梁1450可以包括下部梁。梁附件1425可以包括将蒸汽发生器管支撑组件1400的一部分连接到梁1450的安装托架、接头或焊接区域。

[0183] 梁附件1425可以包括较为松散的配合连接点,以允许蒸汽发生器管支撑组件1400相对于梁1450运动或浮动。例如,蒸汽发生器管支撑组件1400的下端部能够在两个结构之间形成的间隙1475内朝向梁1450运动一定距离。另外,蒸汽发生器管支撑组件1400能够沿着梁1450的长度运动,其中梁1450形成一种类型的轨道或导轨,梁附件1425可以沿着该轨道或导轨滑动。

[0184] 可以通过梁附件1425提供蒸汽发生器管支撑组件1400的侧向约束,并且可以通过与相邻的支撑件、RPV和/或立管接触来提供蒸汽发生器管支撑组件1400的径向约束。在某些例子中,额外的径向约束特征可以添加到下部梁1450,以有助于蒸汽发生器管组件。下部梁1450的顶部表面可以是斜的,以降低腐蚀产品聚集的可能性。

[0185] 在某些例子中,管支撑件的下部部分可以包括蒸汽发生器管支撑组件1400,管支撑件的上部部分可以包括蒸汽发生器管支撑组件1300(图33)。管支撑件可以焊接到上部梁,并且利用引导浮置支撑件连接到下部梁。浮置下部支撑件可以被构造成用以减轻由于支撑杆和RPV之间的不同热膨胀而导致的热应力。另外,管支撑件的顶部处的销式连接可以被构造成用以减小接头附近的应力。

[0186] 图35示出了示例性的蒸汽发生器管支撑组件1500,其包括缓冲器1550。缓冲器可以附接在立管的外侧和反应器压力容器1540的内侧,以约束管支撑件片材1575沿周边方向的运动。

[0187] 图36示出了图35的示例性蒸汽发生器管支撑组件1500的俯视图,其包括处于立管1520的外侧上的轨道1560。在某些例子中,管支撑件片材1675可以构造有凸起1680,该凸起被构造成用以配合到由轨道1560形成的间隙1570中。轨道1560可以被构造成用以提供管支撑件片材1675和/或内管列的周边约束。图35和36中所示的缓冲器1550和轨道1560可以被构造成用以分别沿周边约束内部和外部支撑件。

[0188] 图37示出了示例性的管支撑组件1600,其包括管安装片材1620,该管安装片材具有以倾斜取向布置的凸起1640。凸起1640可以由管安装片材1620冲压出,留下一个或多个通孔1650。在某些例子中,凸起1640可以布置成具有宽度1644的三列或更多列突出部。每列突出部可以以相同的角度1642取向。以倾斜取向布置的凸起可以被构造成用以支撑被布置成螺旋或倾斜管束的蒸汽发生器管。

[0189] 管支撑组件1600可以包括上端部1625和下端部1675。上端部1625和/或下端部1675可以包括用于例如安装到梁的附接区域。附接区域可以包括尺寸形成为用以接纳梁的宽度1624和长度1622。在某些例子中,附接区域的宽度1624可以小于管安装片材1620的宽度1626。管支撑组件1600的长度1670可以大约等于下部附接梁和上部附接梁之间的距离。

[0190] 图38示出了示例性的管安装组件1700,其包括管安装片材1720和多个突出部1740。在某些例子中,沿着一列突出部(例如中心列的突出部)每隔一个突出部从管安装片材1720的表面延伸的距离1710可以大于与相邻的突出部相关的距离1770。在某些例子中,突出部1740可以由管安装片材1720冲压出,使得每个突出部1740的厚度大约等于管安装片材1720的厚度1790。

[0191] 突出部1740可以彼此间隔开距离1730,以在管130和两个支撑突出部之间提供竖直公差1750。在某些例子中,相邻的突出部的长度1770提供的水平公差可以等于竖直公差1750。突出部可以包括曲率1760,该曲率被构造成用以提供与其上支撑的管130接触的多个或连续接触点。

[0192] 图39示出了示例性的管安装组件1800,其构造有曲率半径1860。在某些例子中,管安装组件1800可以包括管安装片材1820以及一个或多个背衬板1840,它们均形成有曲率半径1860。曲率半径1860可以允许管与支撑管的一个或多个凸起1850之间的多个或连续接触点。曲率半径1860可以大约等于与例如螺旋形蒸汽发生器管束中的管相关的曲率半径。

[0193] 虽然某些例子描述了在核反应器中使用螺旋蒸汽发生器,但是蒸汽发生器也可以与其它类型的蒸汽发生动力设备配合,包括气电厂和燃煤厂。相似地,蒸汽发生器可以被构造成用以与自然或强制循环配合。

[0194] 尽管本文提供的例子可以描述为用于加压水反应器和/或与加压水反应器相容,但是对于本领域技术人员而言明显的是,如本文所述的或者在进行某些明显修改的情况下,这些例子可以应用于其它类型的动力系统。例如,这些例子或其变型形式还可以操作用于钠液态金属反应器、卵石床反应器或者设计成在空间中(操作空间有限的推进系统)操作的反应器。

[0195] 其它例子可以包括各种核反应器技术,例如采用氧化铀、氢化铀、氮化铀、碳化铀、混合氧化物和/或其它类型的放射性燃料的核反应器。应该指出的是,这些例子并不用来限制反应器冷却机构的任何特定类型,也不用来限制在核反应器中或与核反应器相关地产生热的燃料的任何特定类型。本文所述的任何比率和值仅仅是示例性的。其它比率和值可以通过试验来确定,例如通过构造核反应器系统的全尺寸或比例模型来确定。

[0196] 尽管本文已经描述和示出了多个例子,但是明显的是,其它例子可以在布置和细节上进行修改。所有修改和变型形式都落在以下权利要求的精神和范围内。

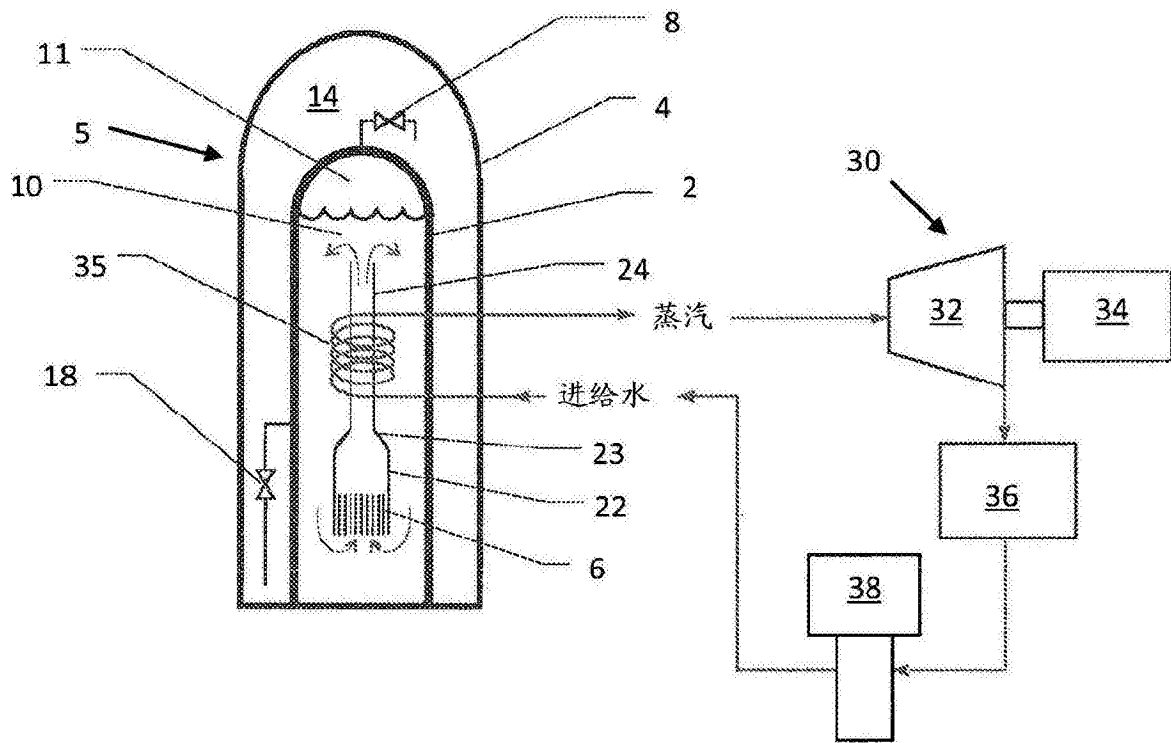


图1

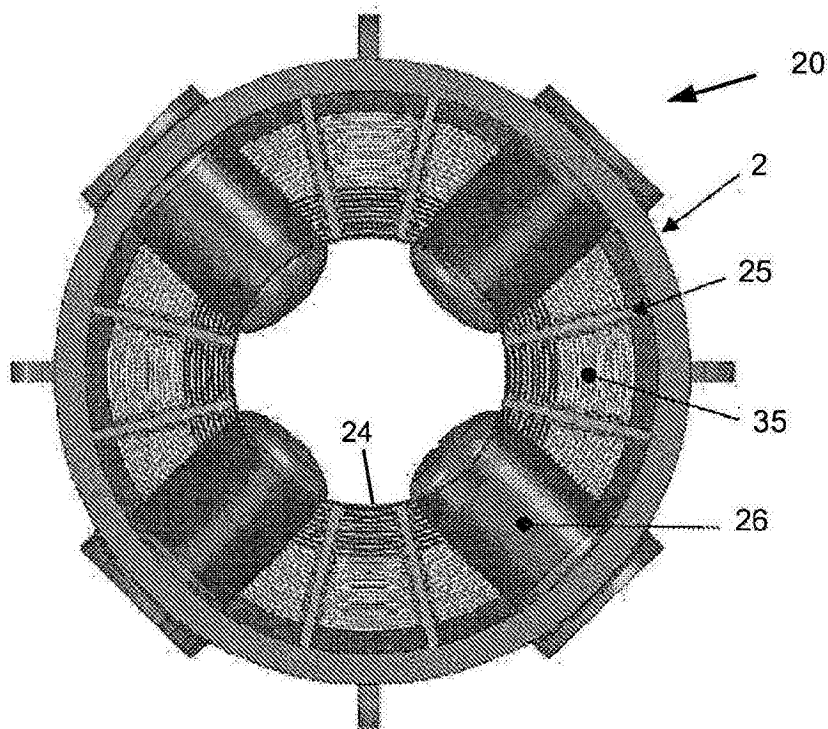


图2

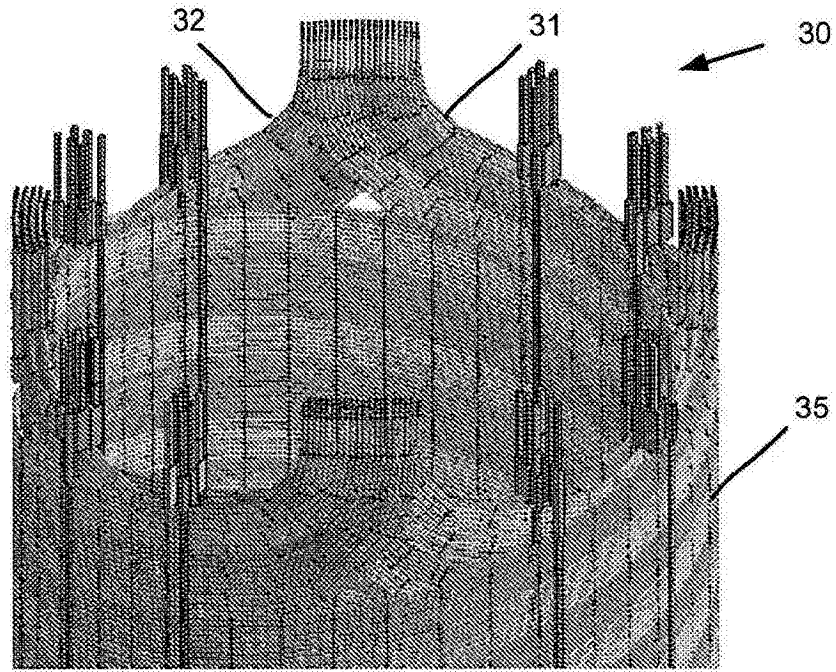


图3

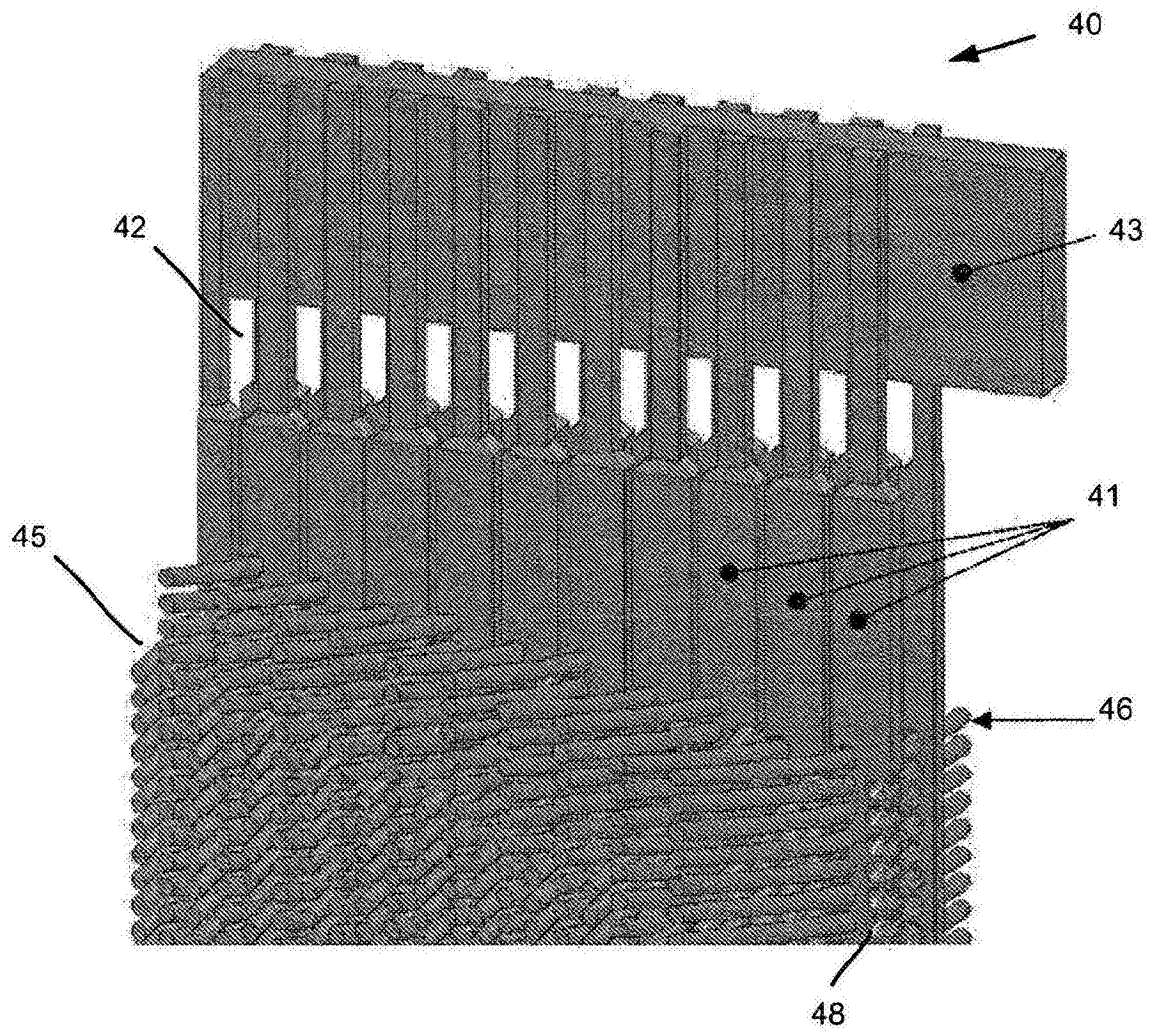


图4

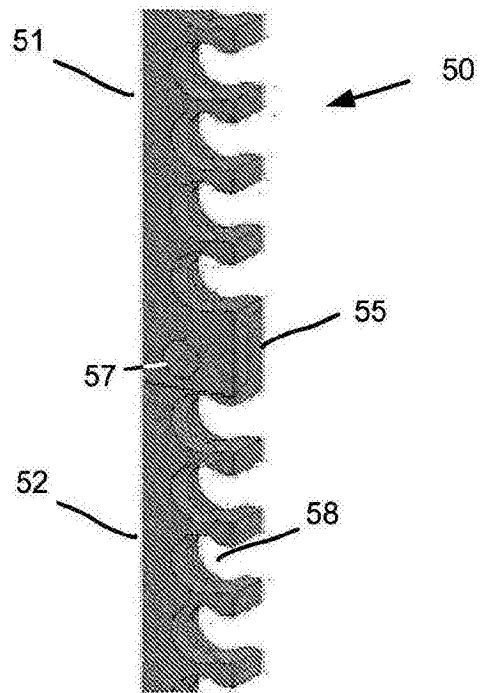


图5A

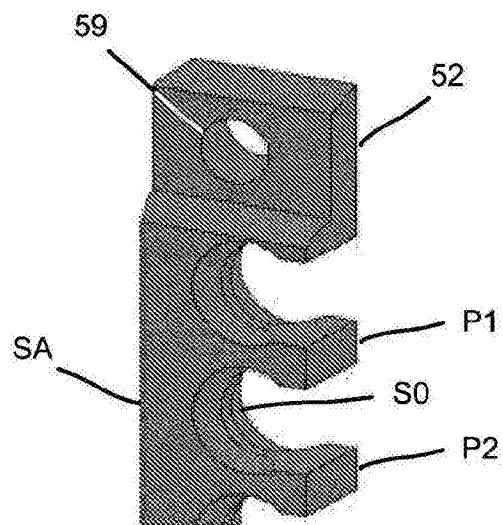


图5B

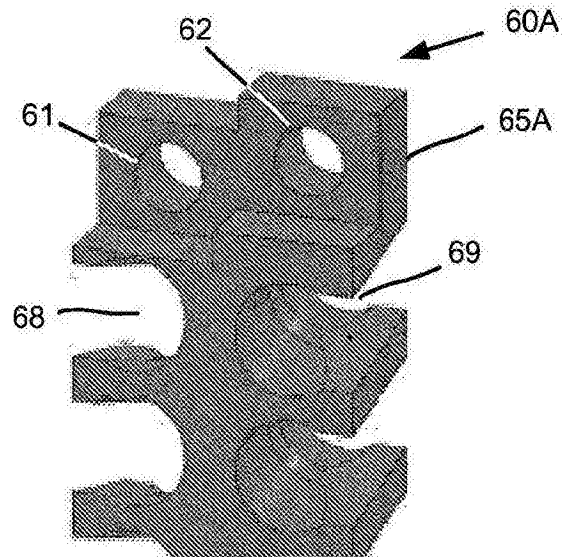


图6A

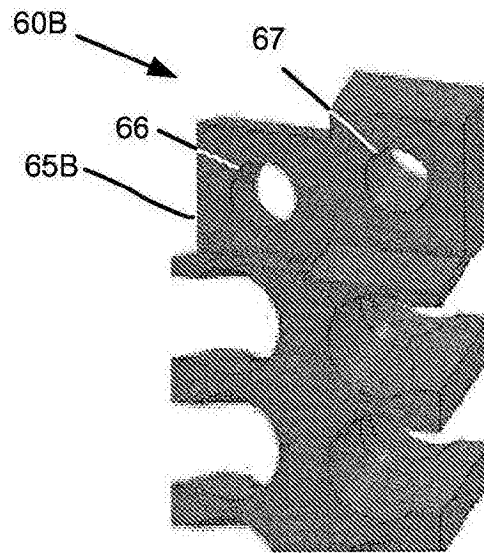


图6B

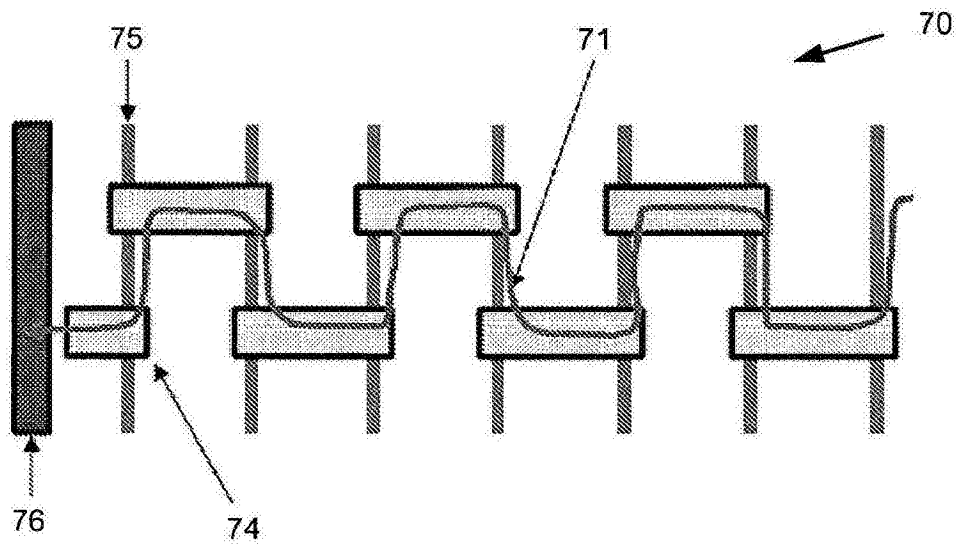


图7

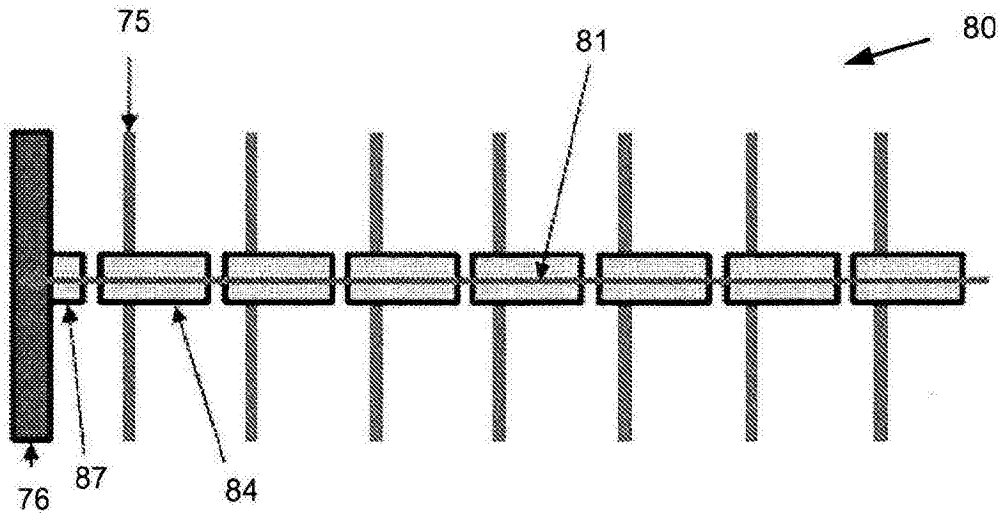


图8

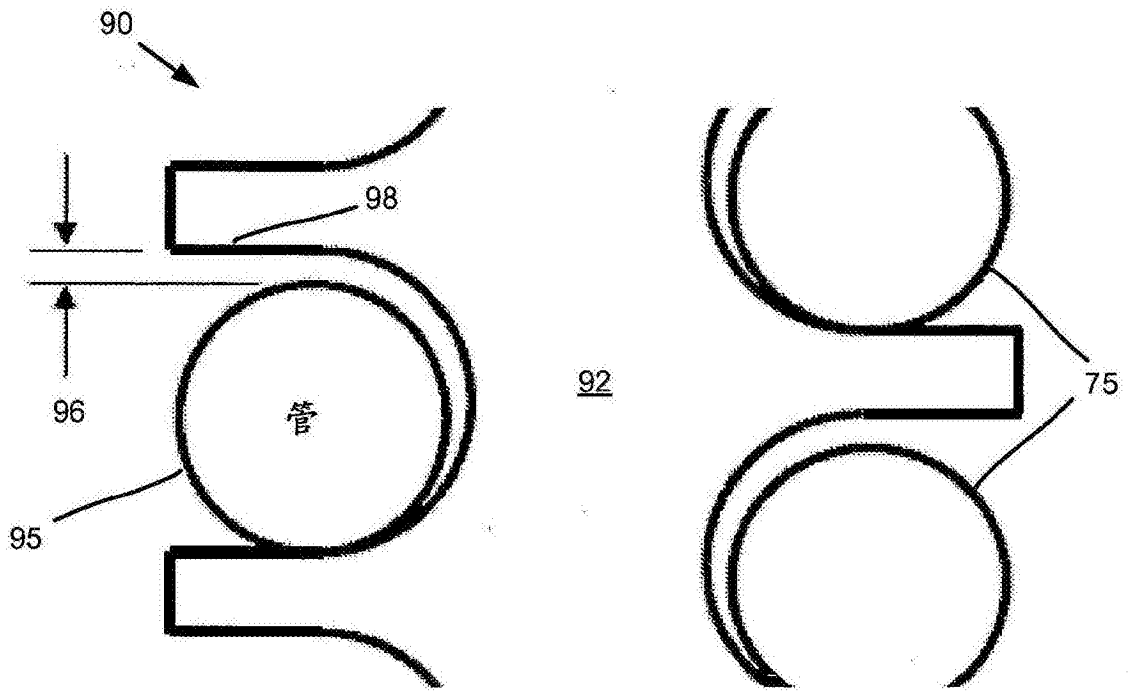


图9A

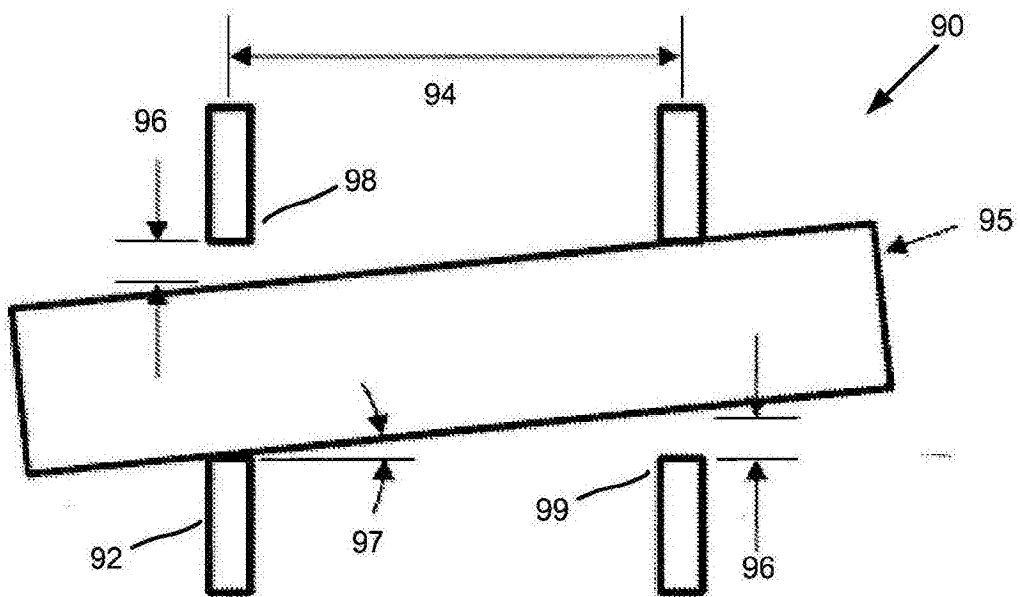


图9B

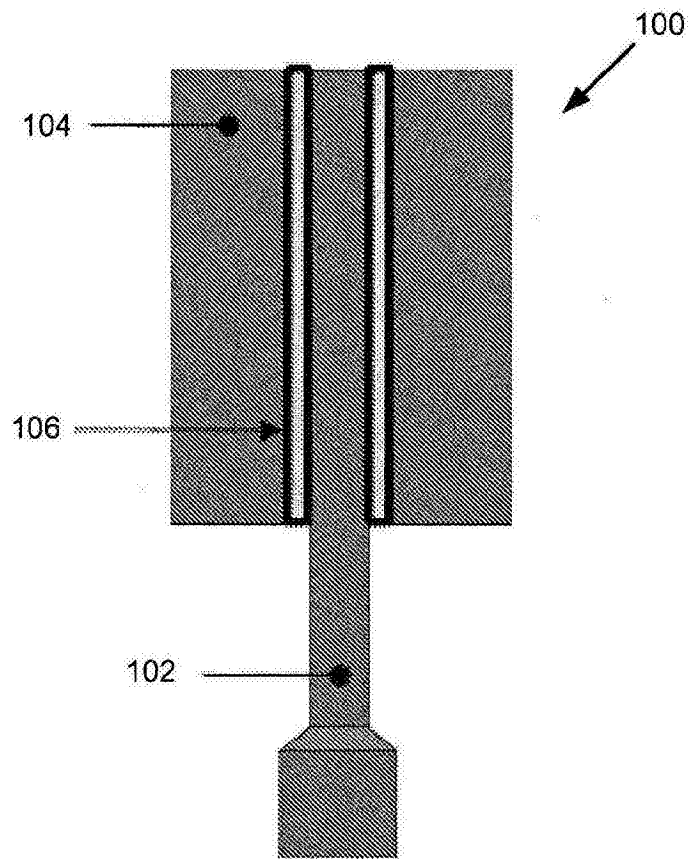


图10



图11

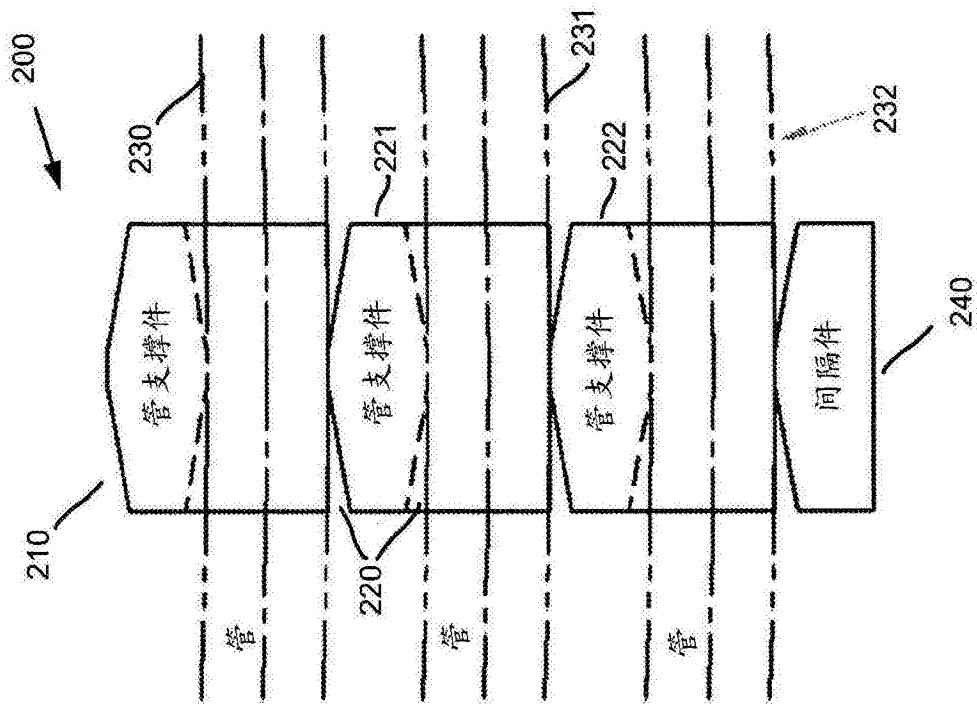


图12A

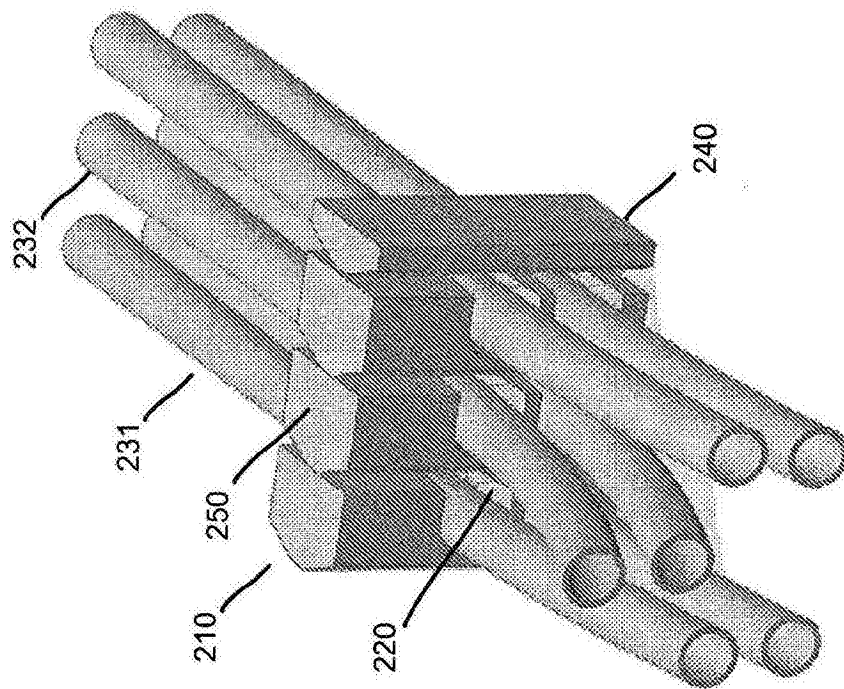


图12B

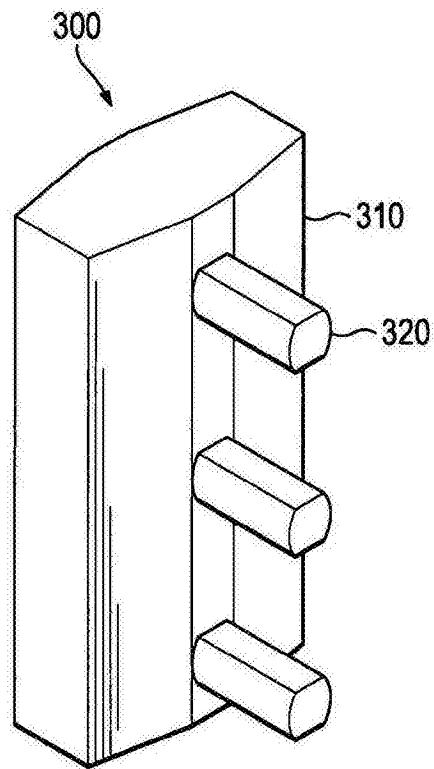


图13A

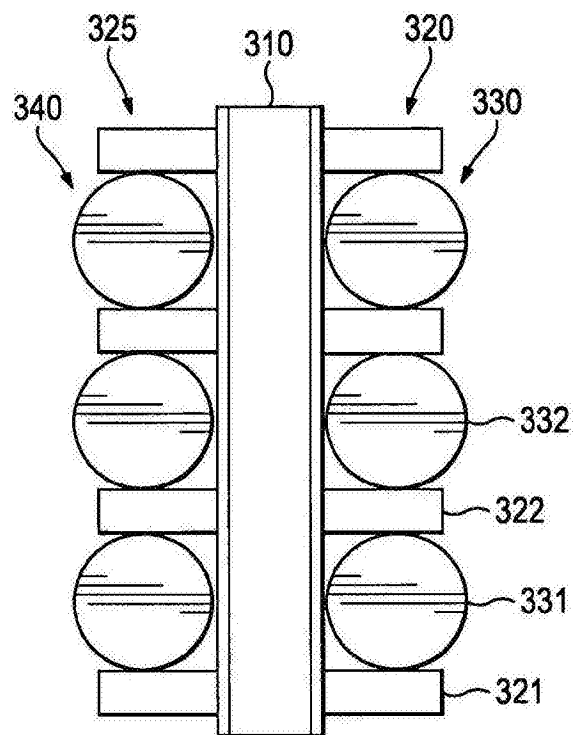


图13B

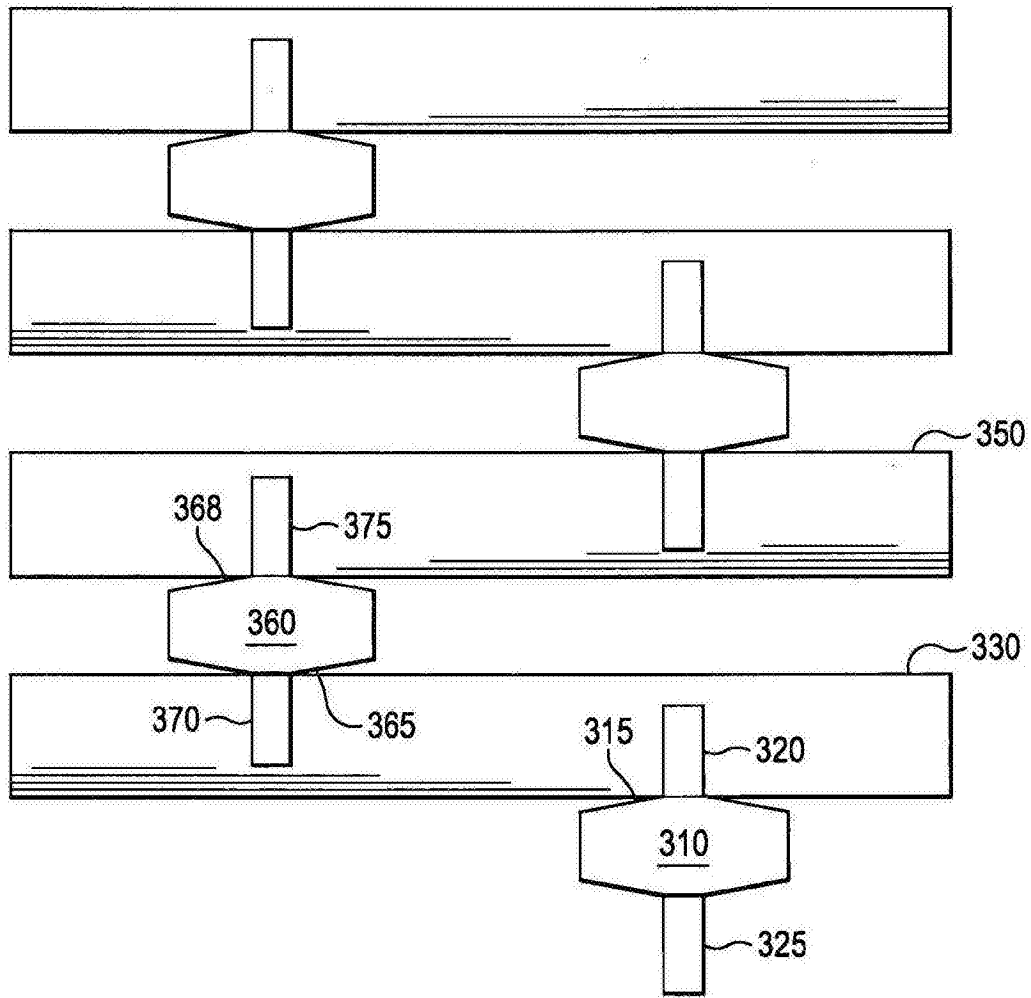


图13C

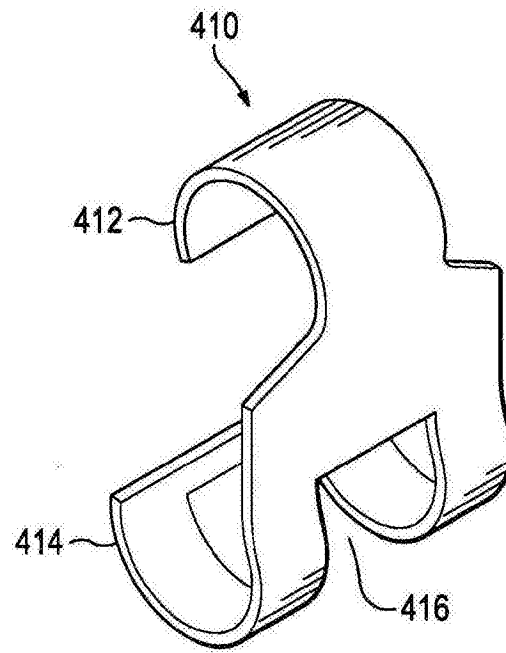


图14

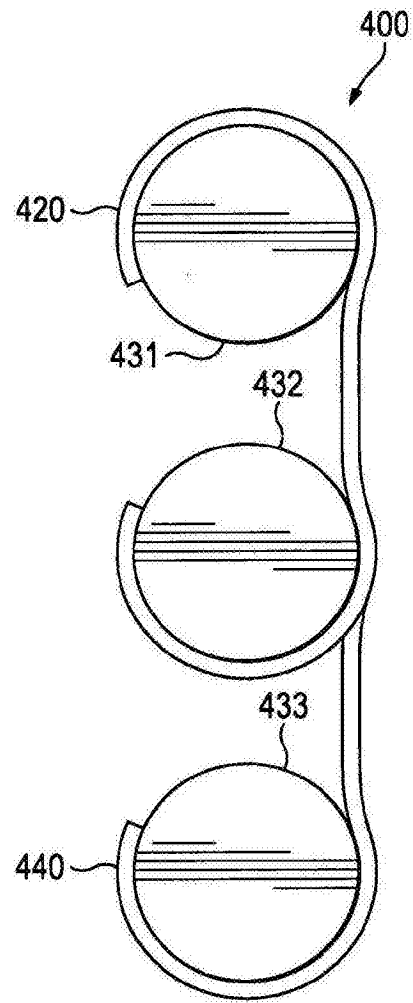


图15

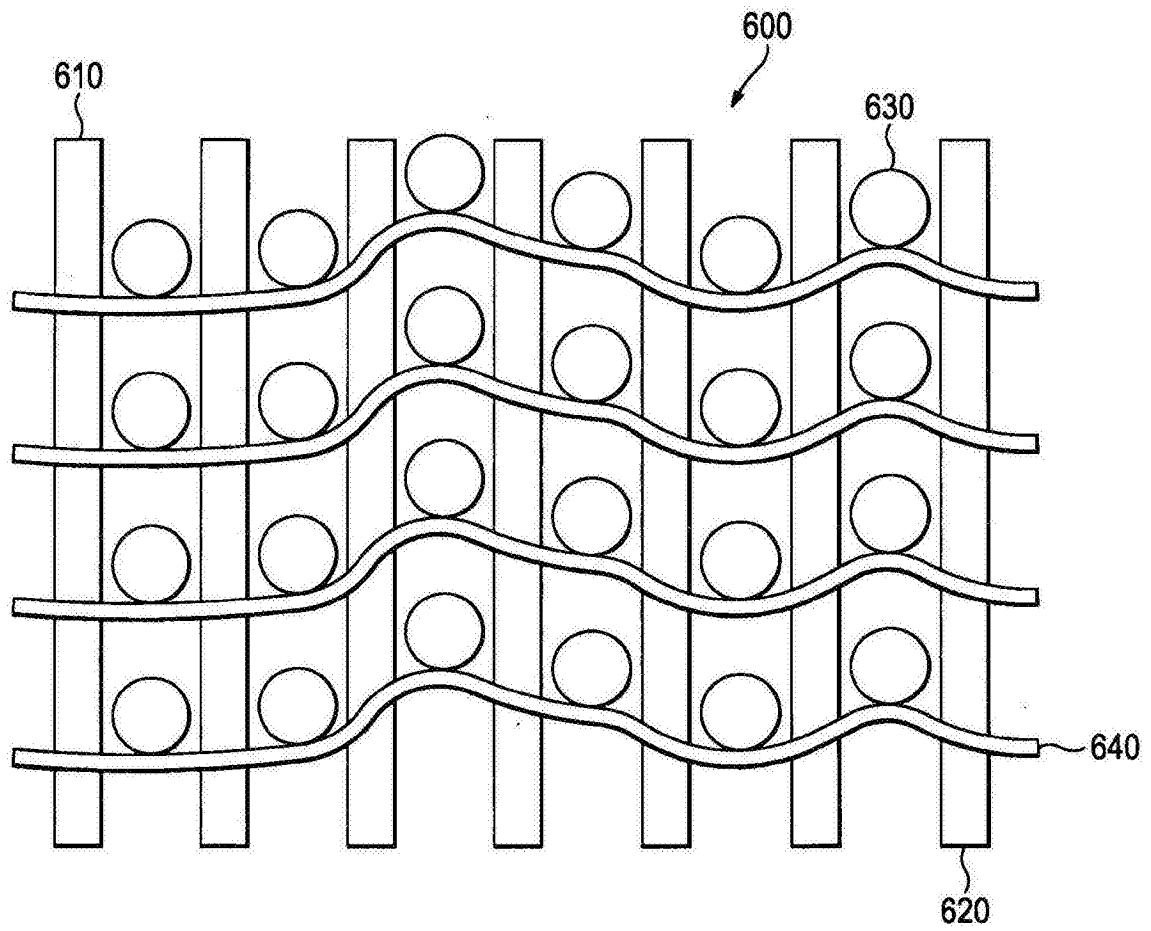


图16A

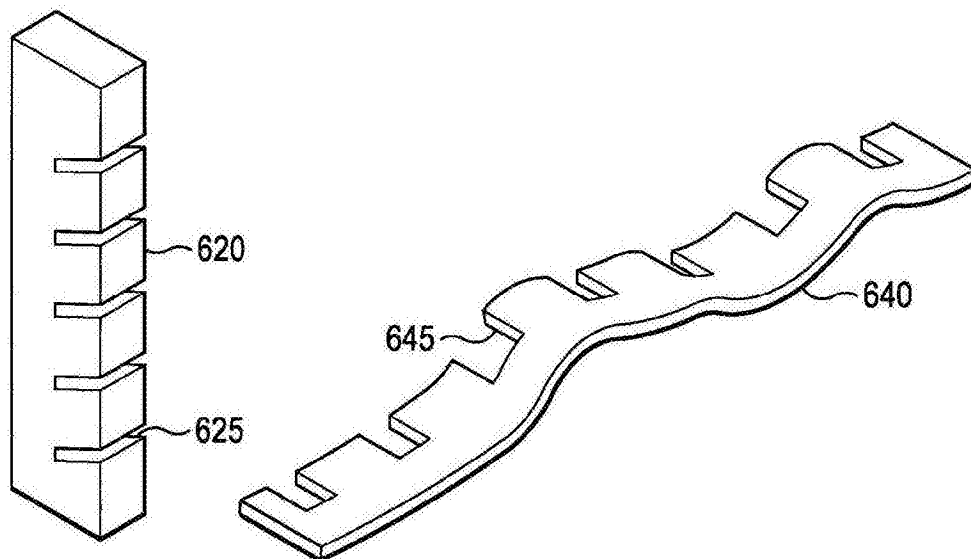


图16B

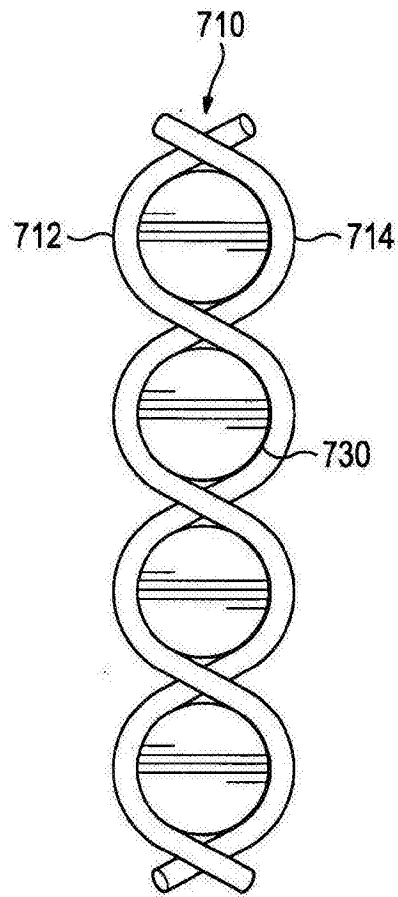


图17A

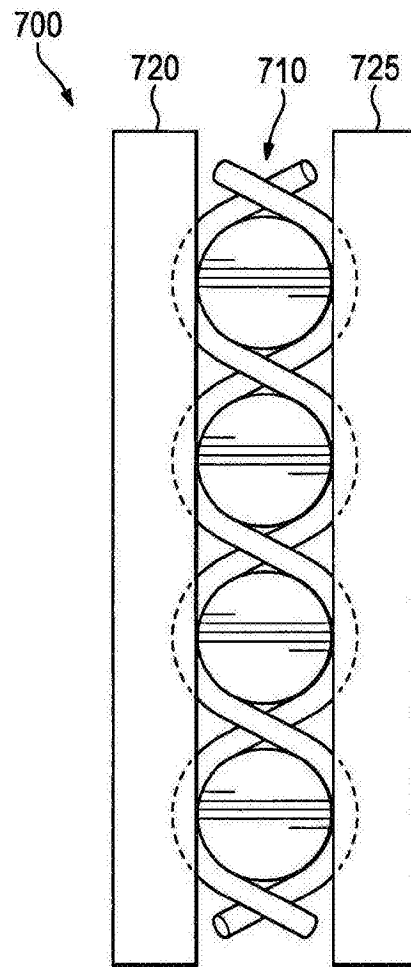


图17B

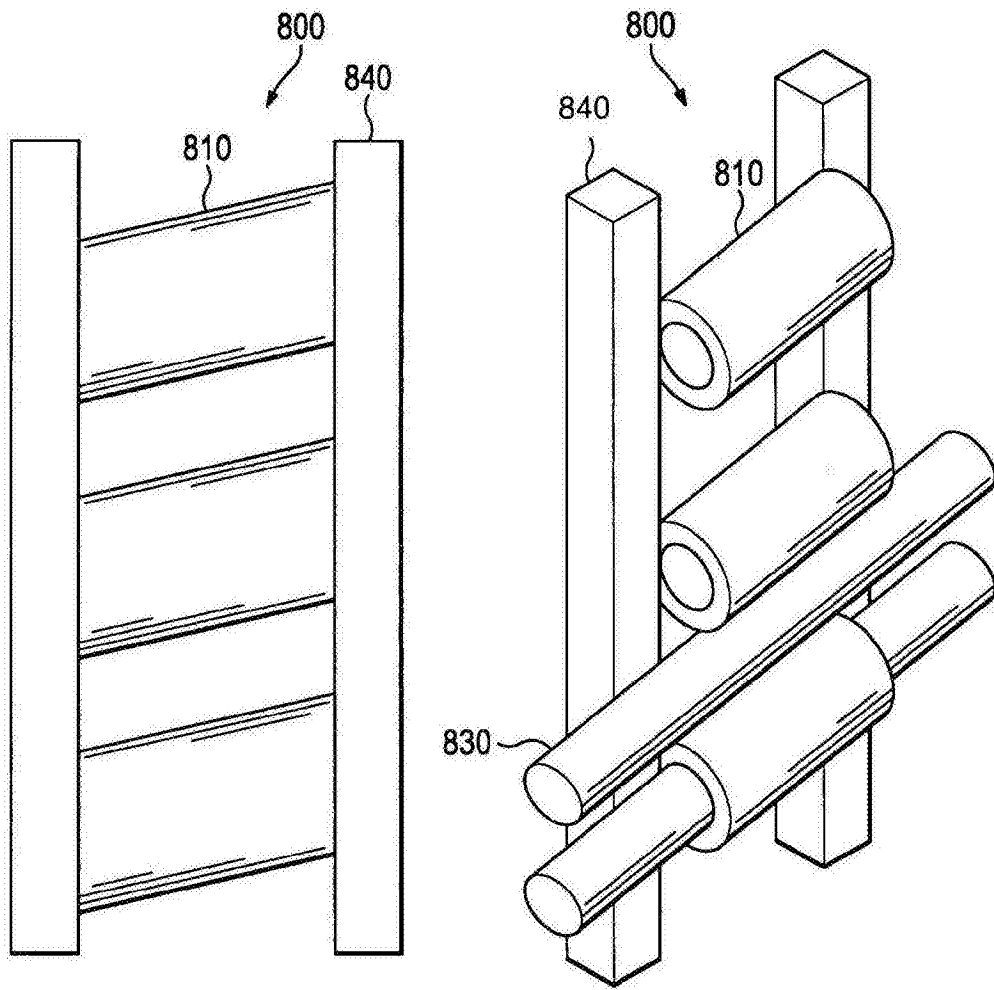


图18A

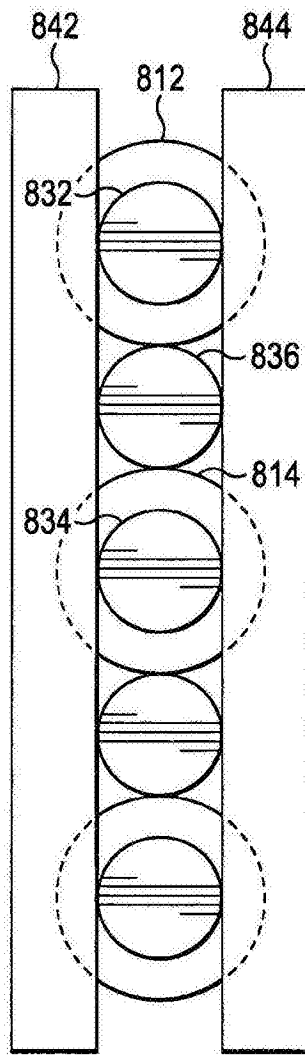


图18B

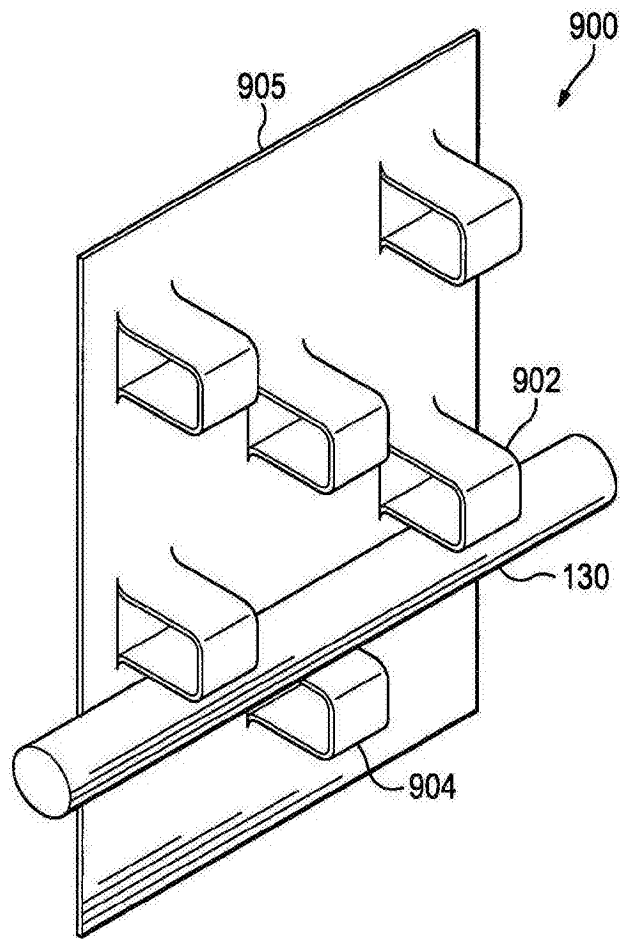


图19A

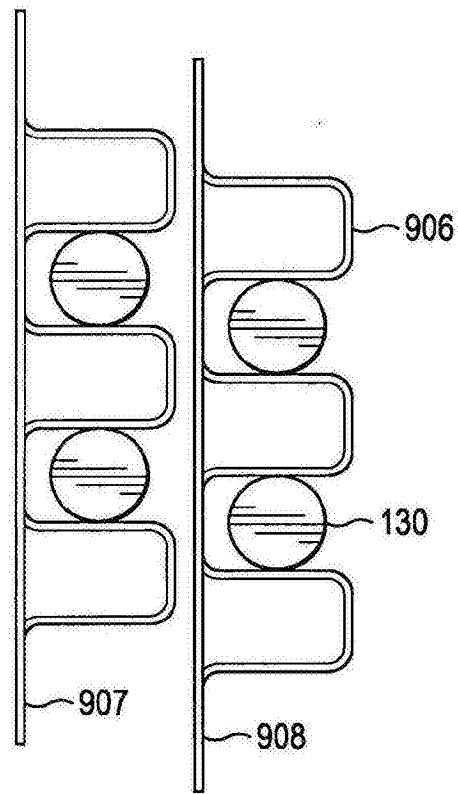


图19B

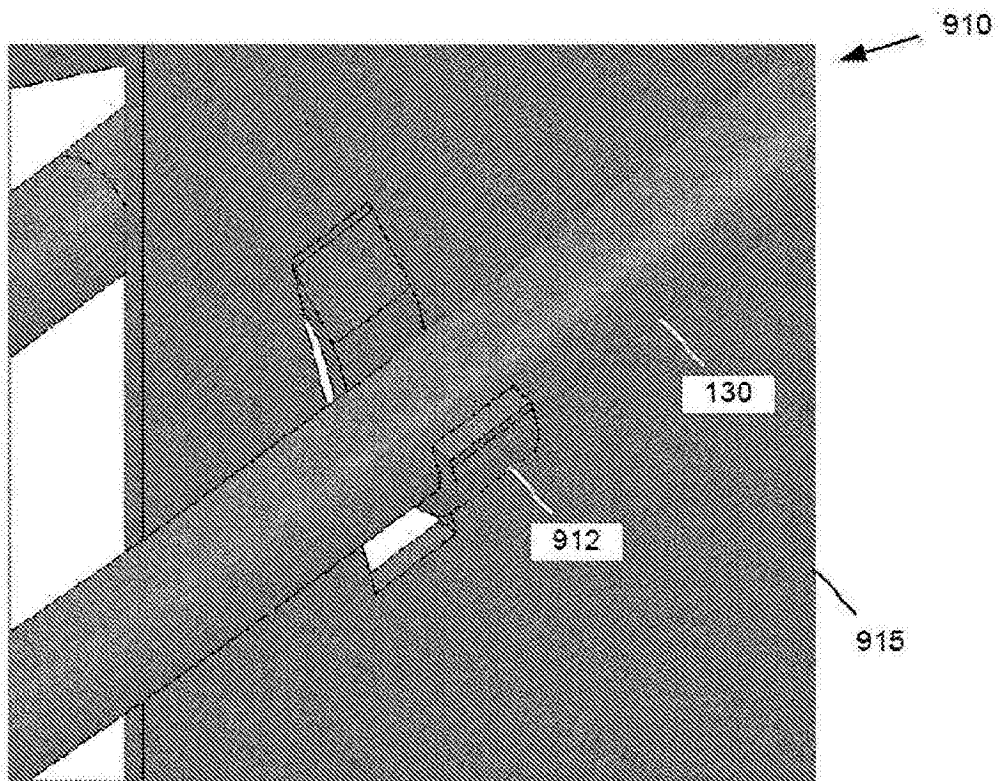


图20

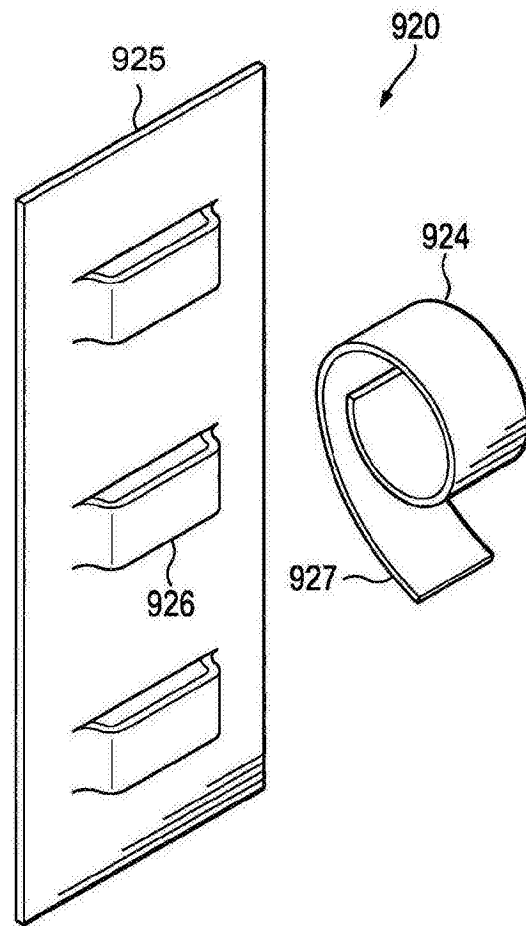


图21A

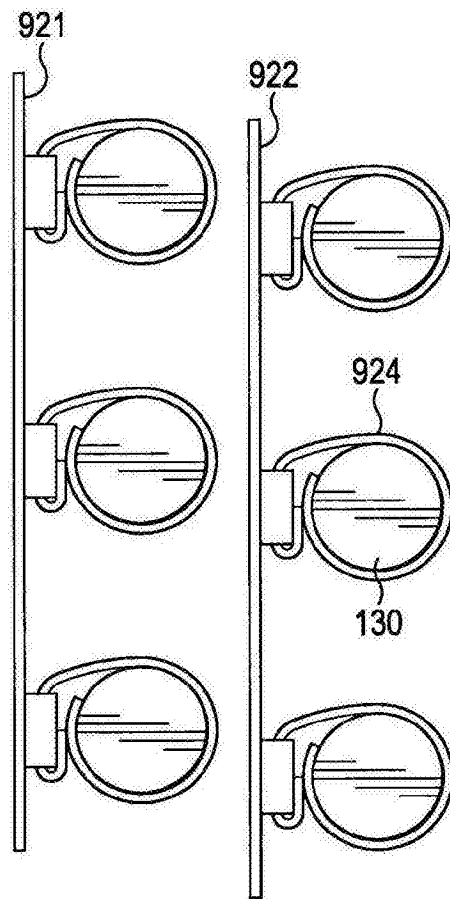


图21B

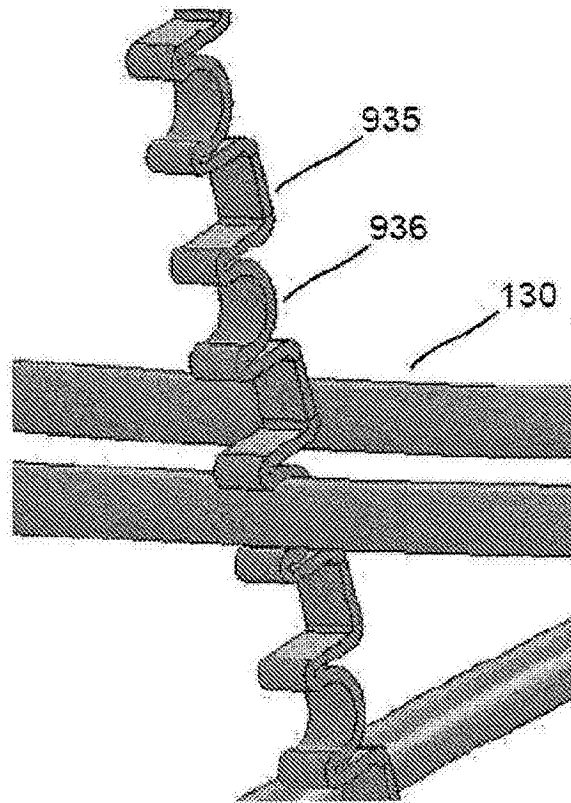


图22A

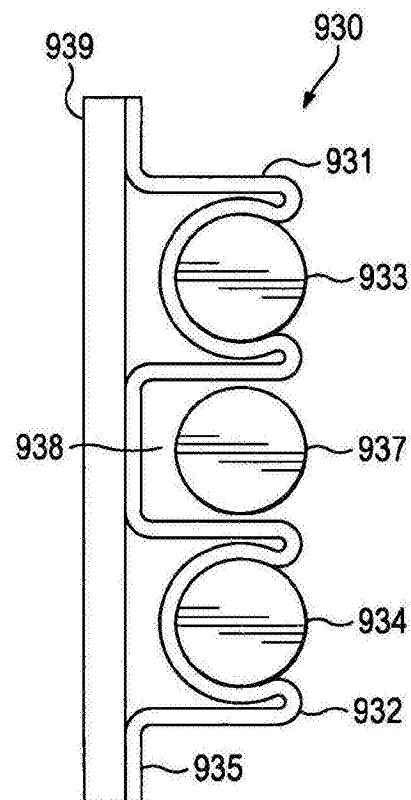


图22B

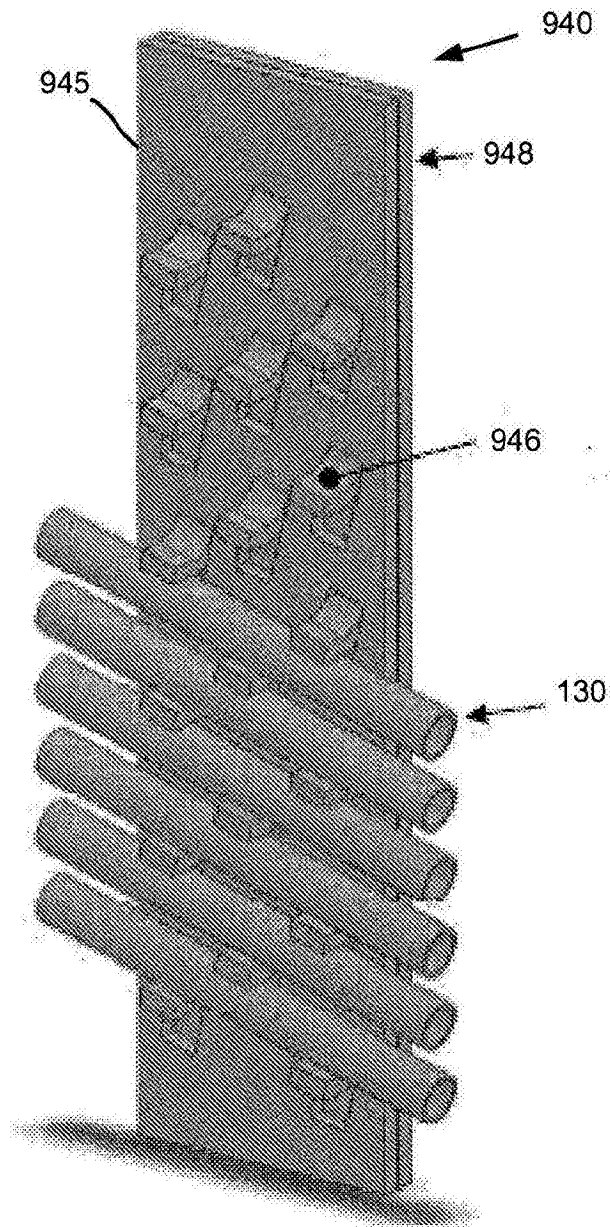


图23A

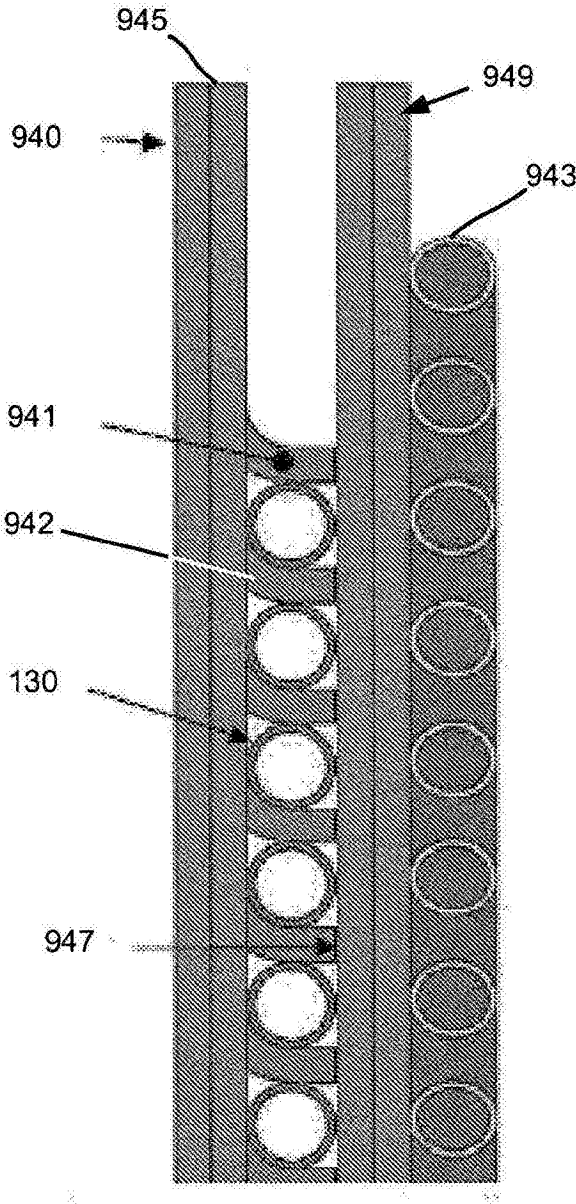


图23B

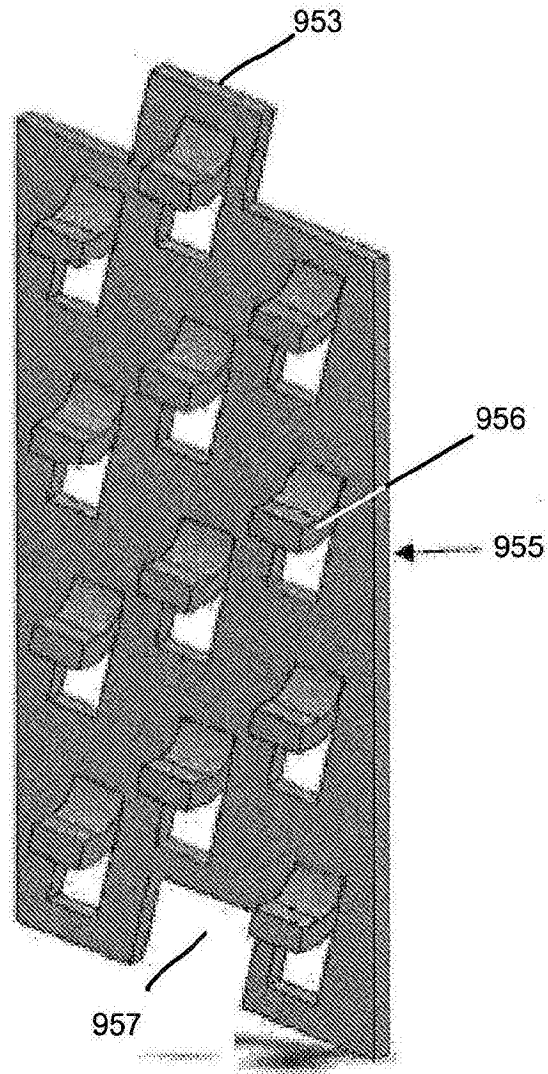


图24A

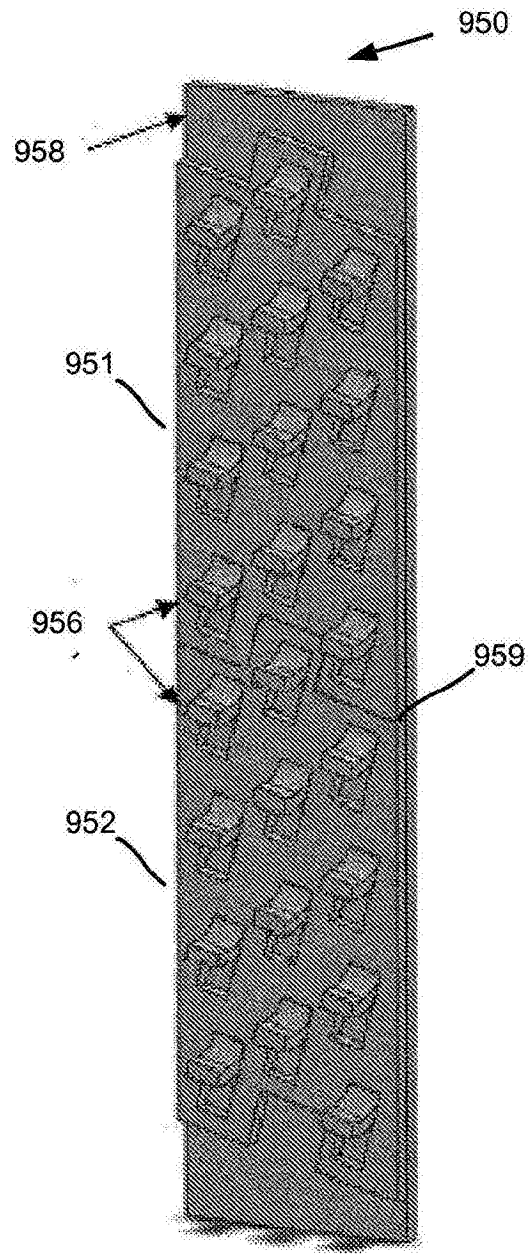


图24B

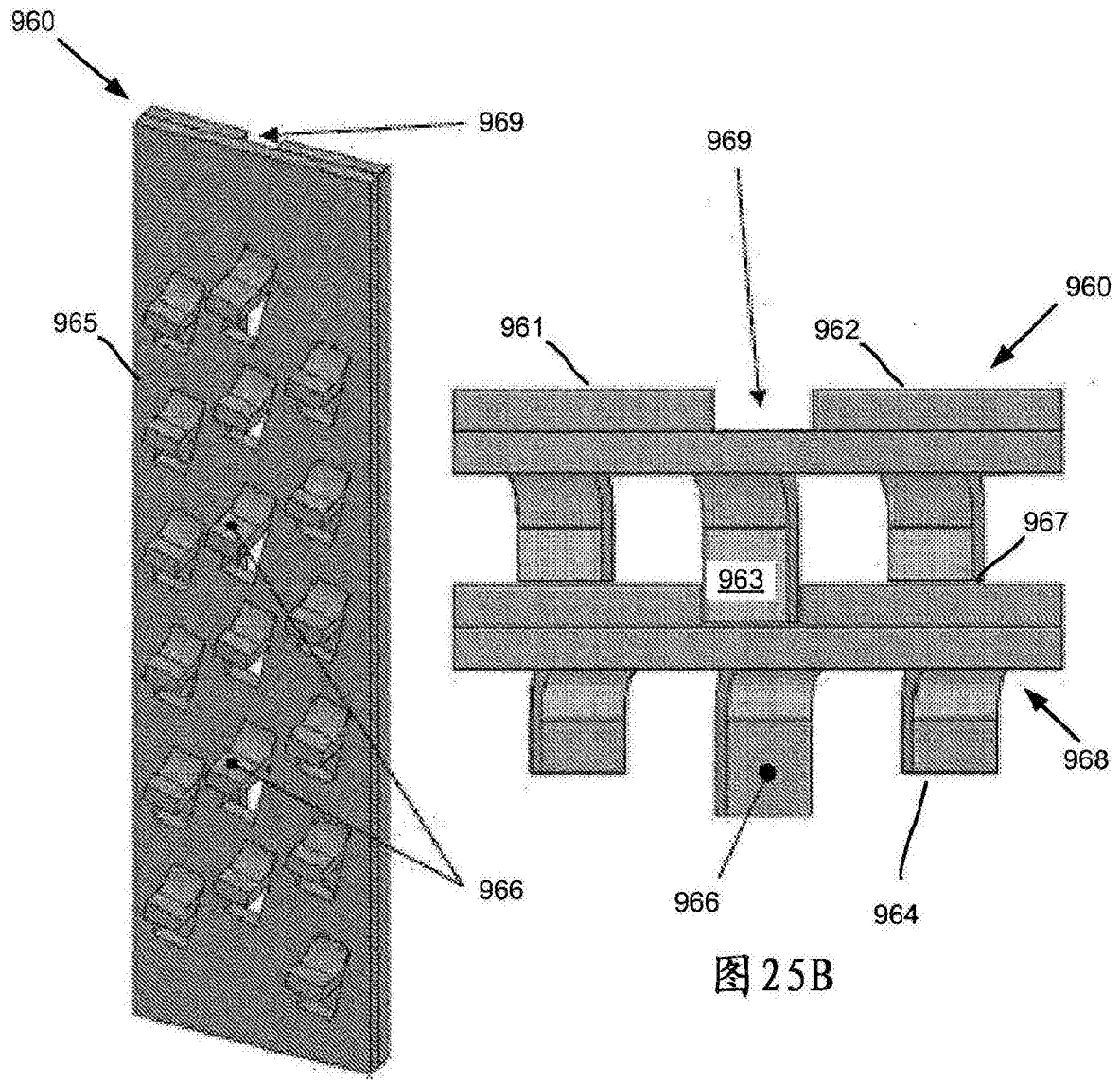


图 25B

图 25A

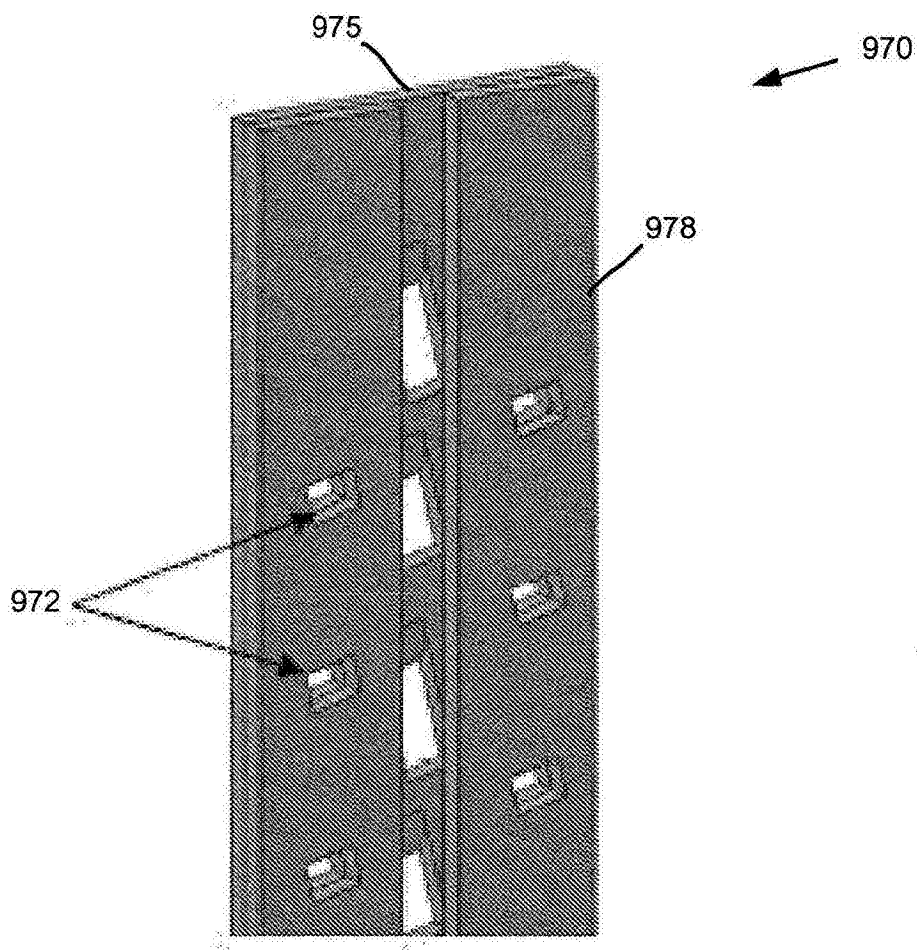


图26

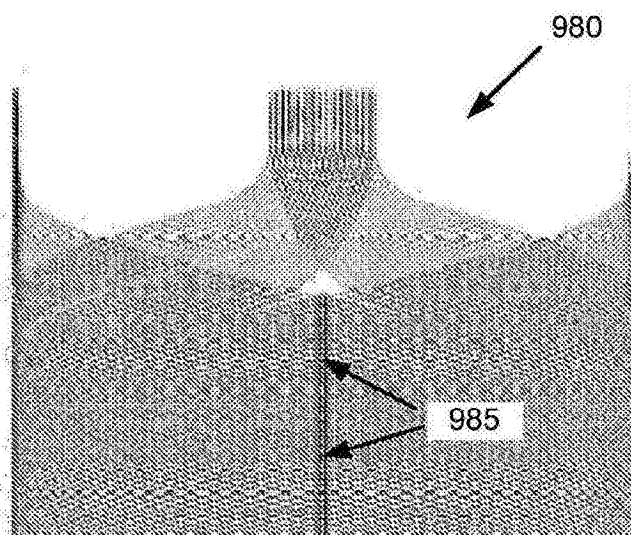


图27

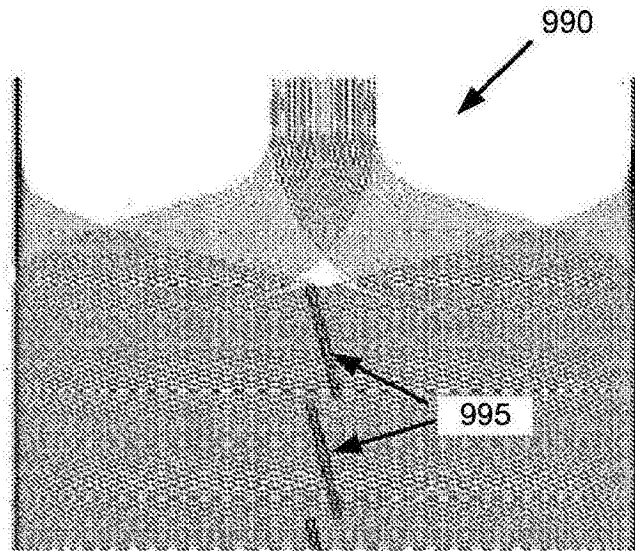


图28

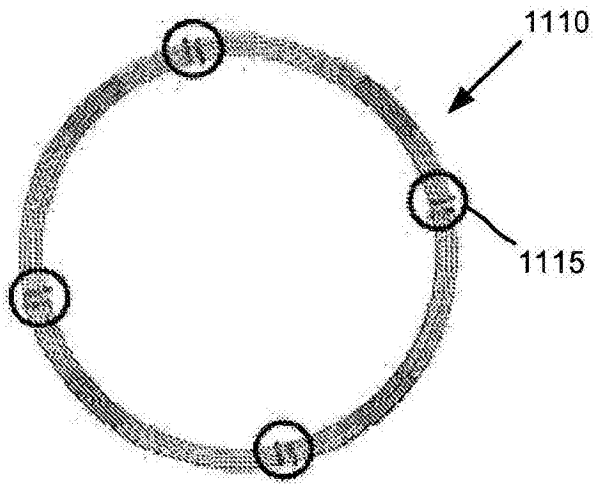


图 29A

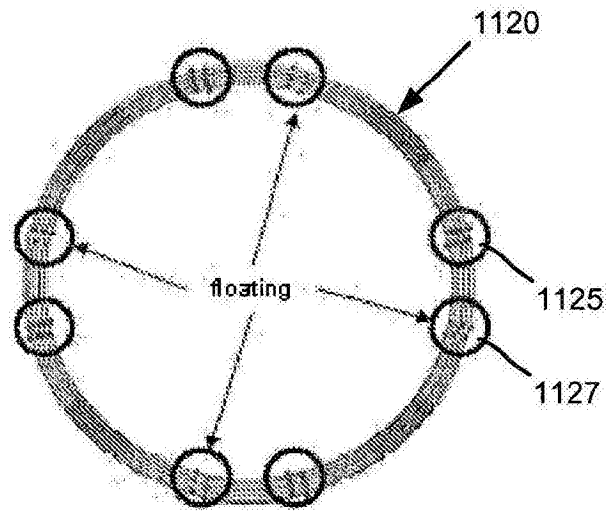


图 29B

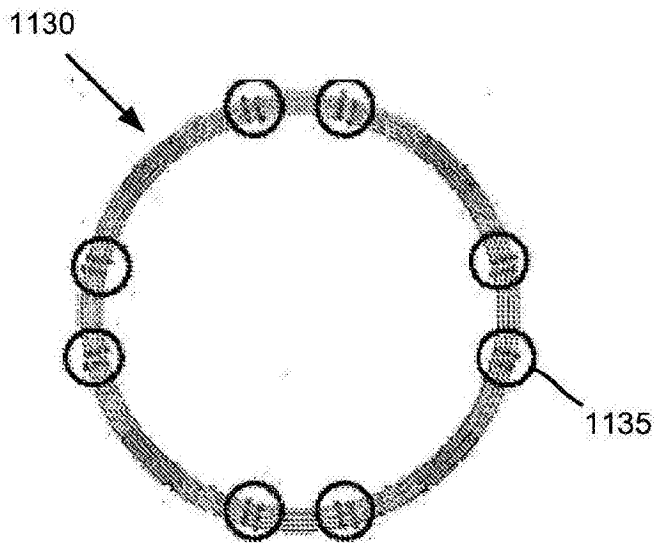


图 29C

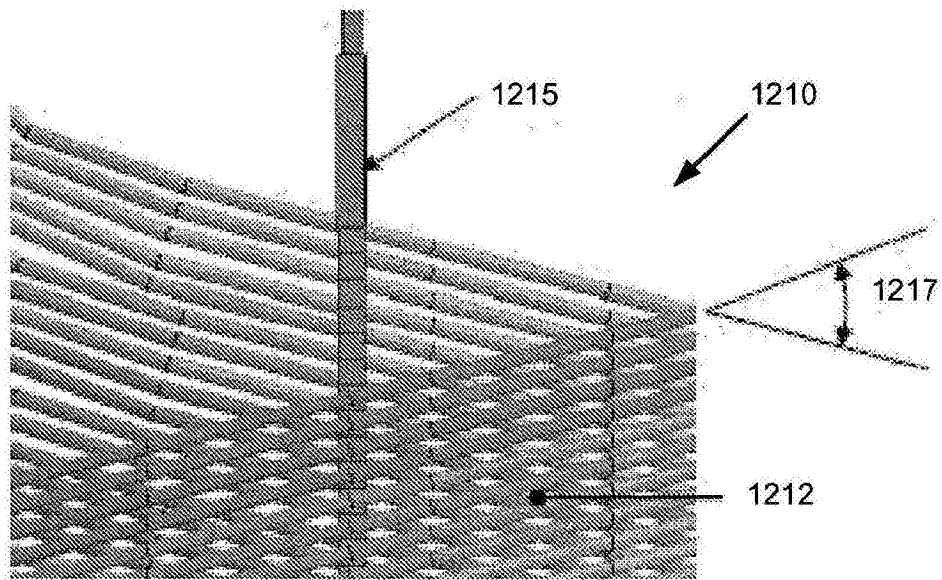


图30

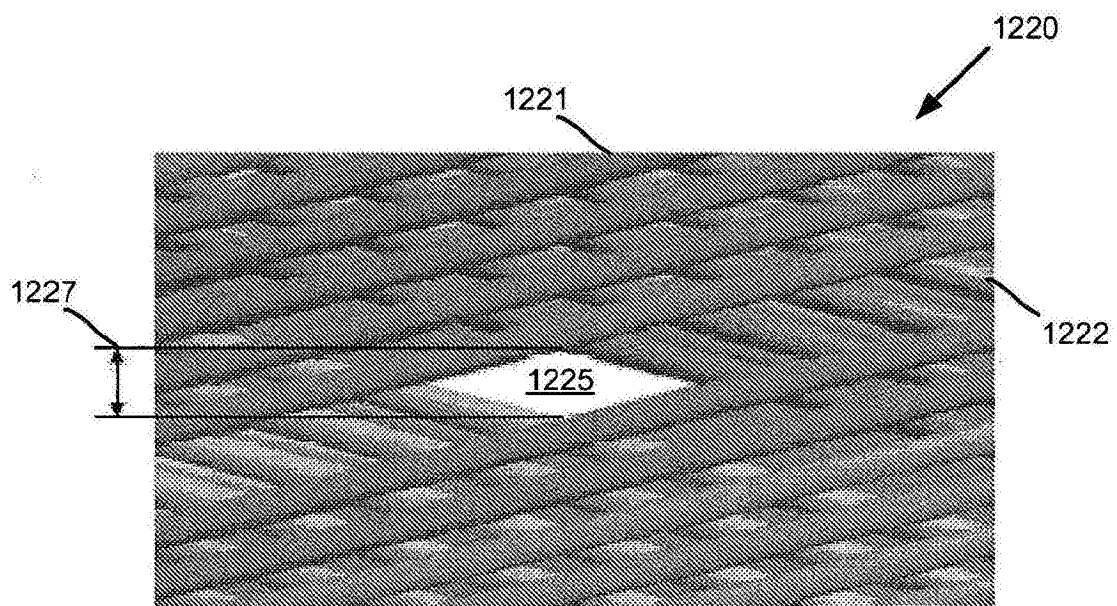


图31

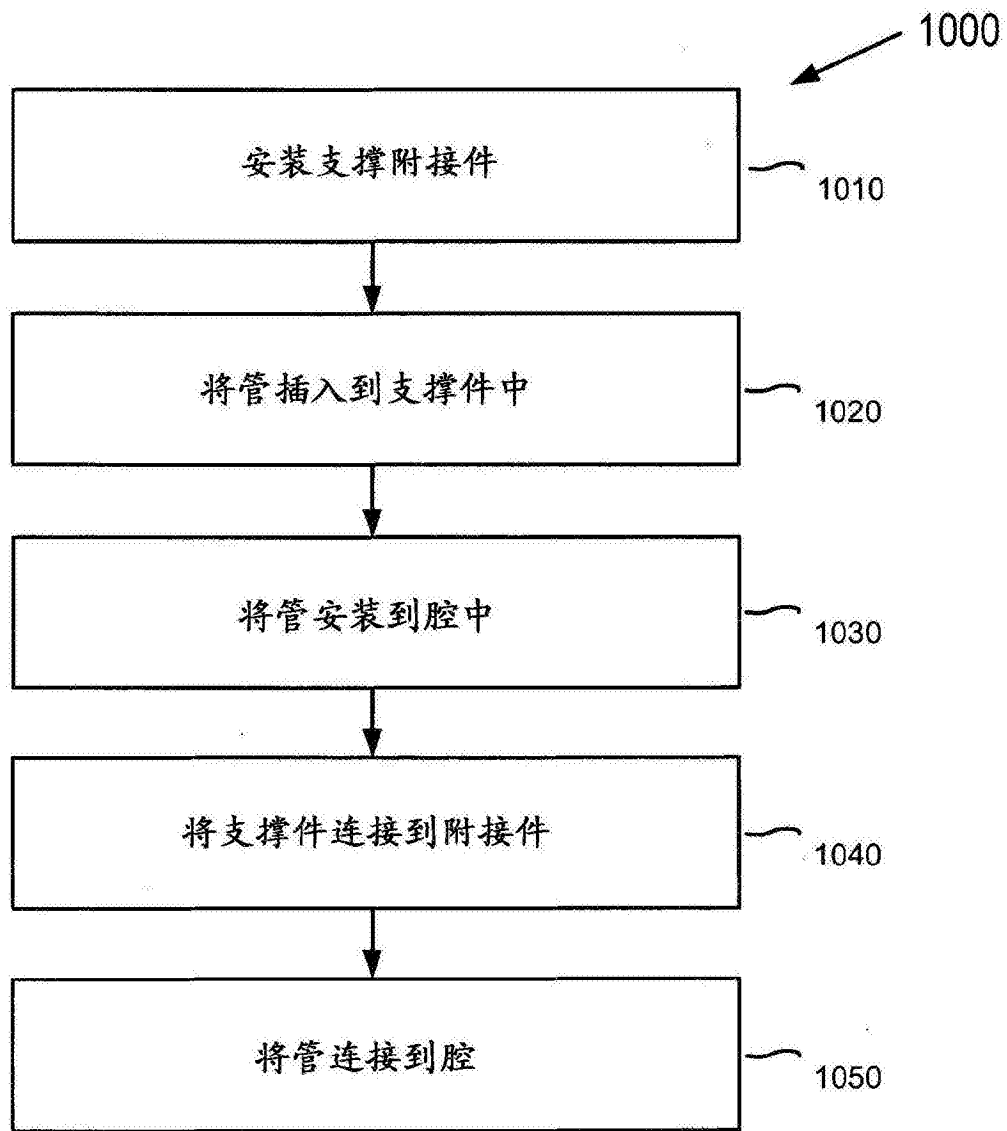


图32

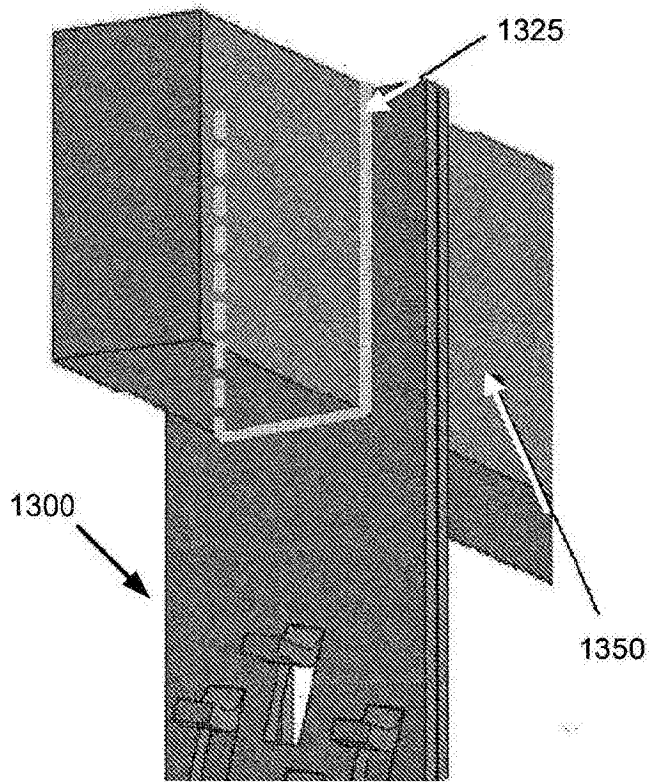


图 33A

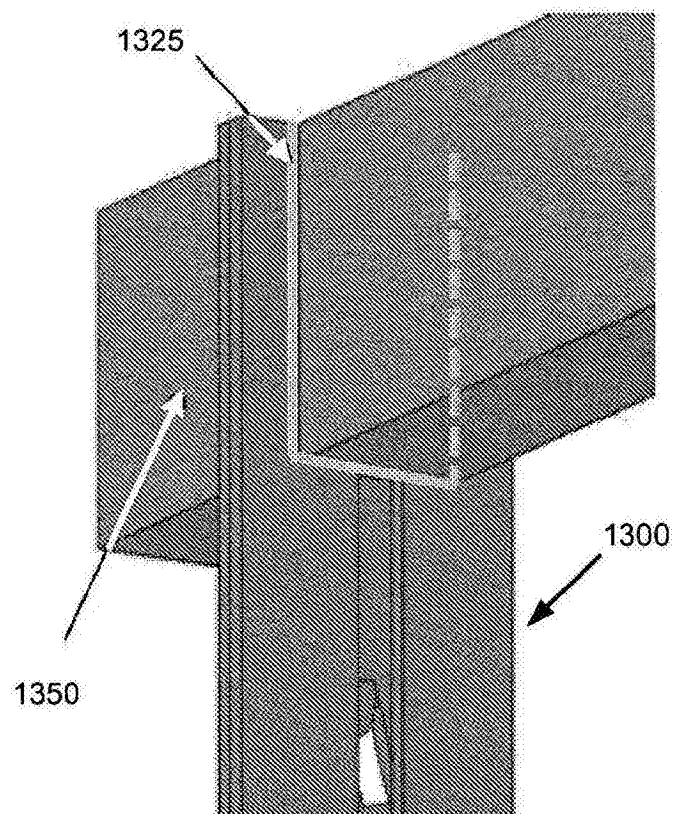


图 33B

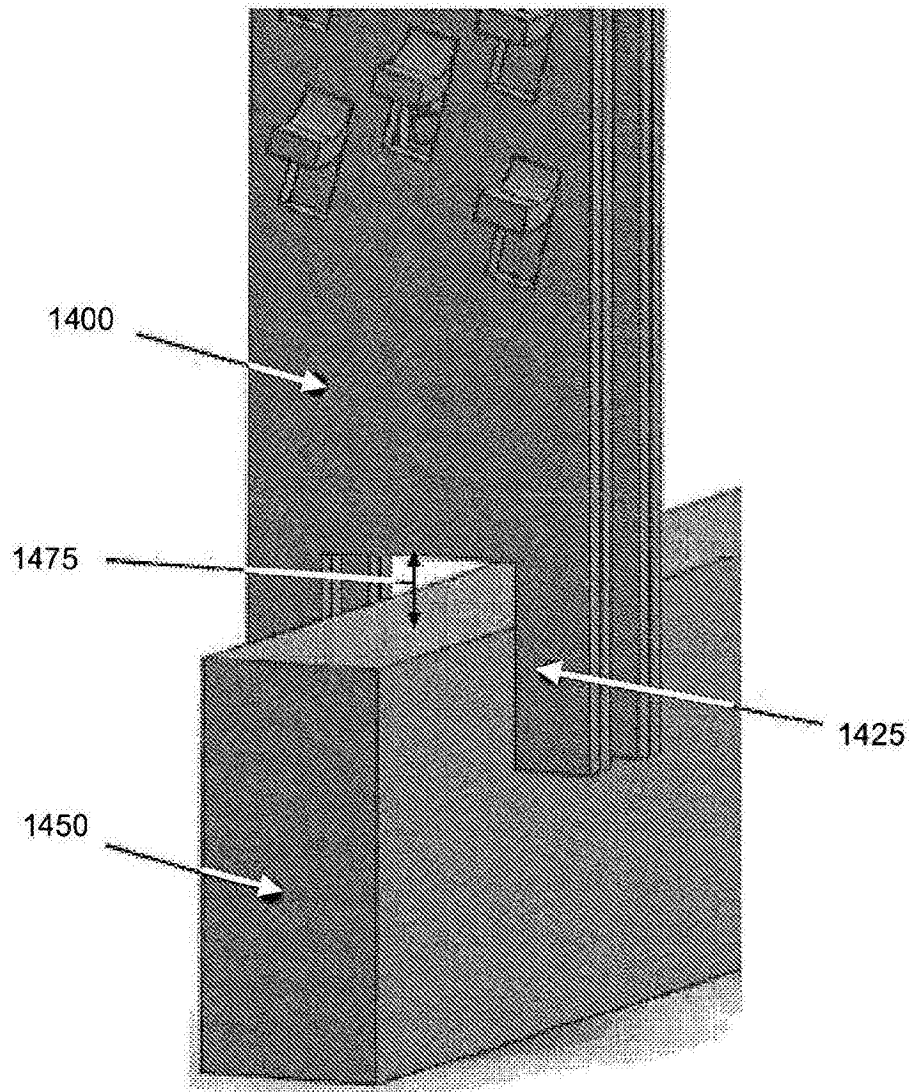


图34

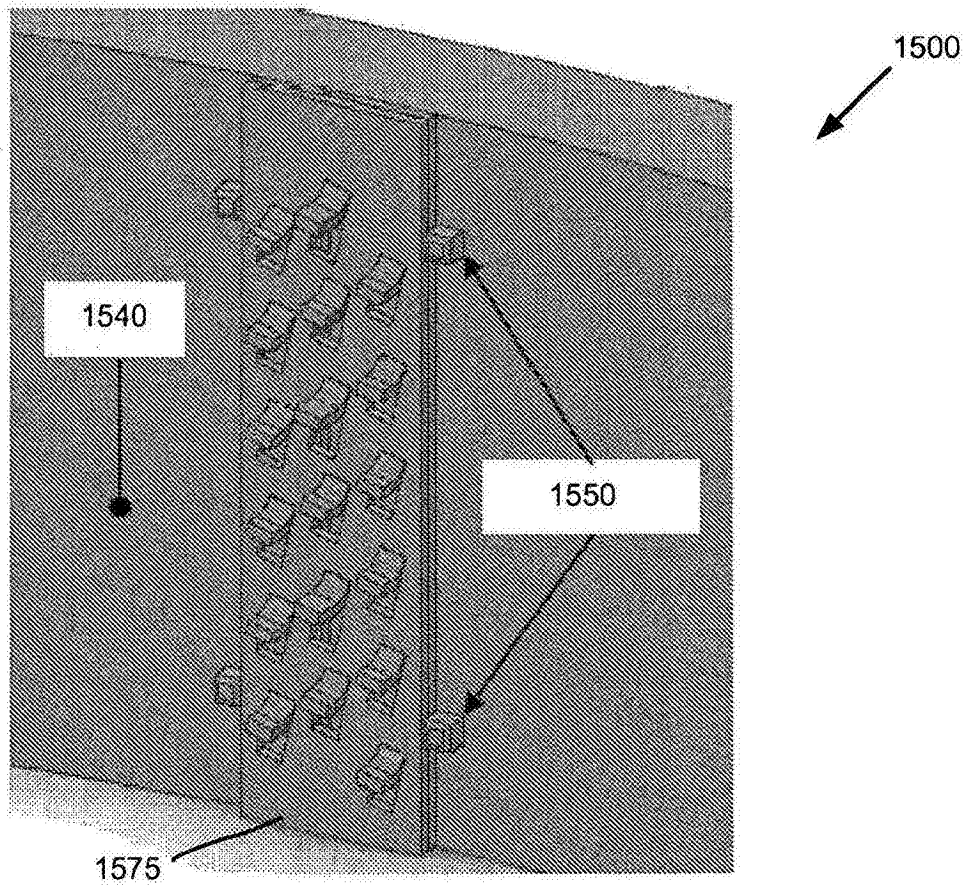


图35

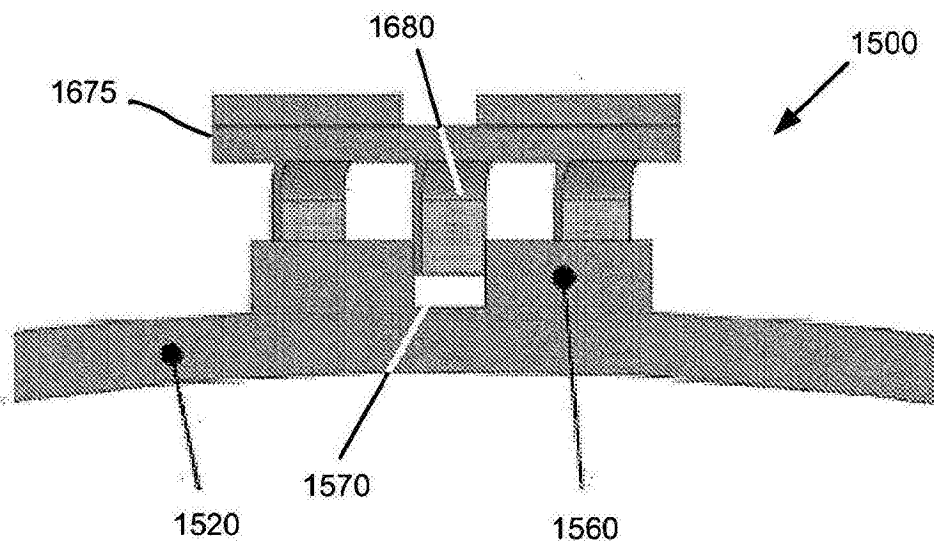


图36

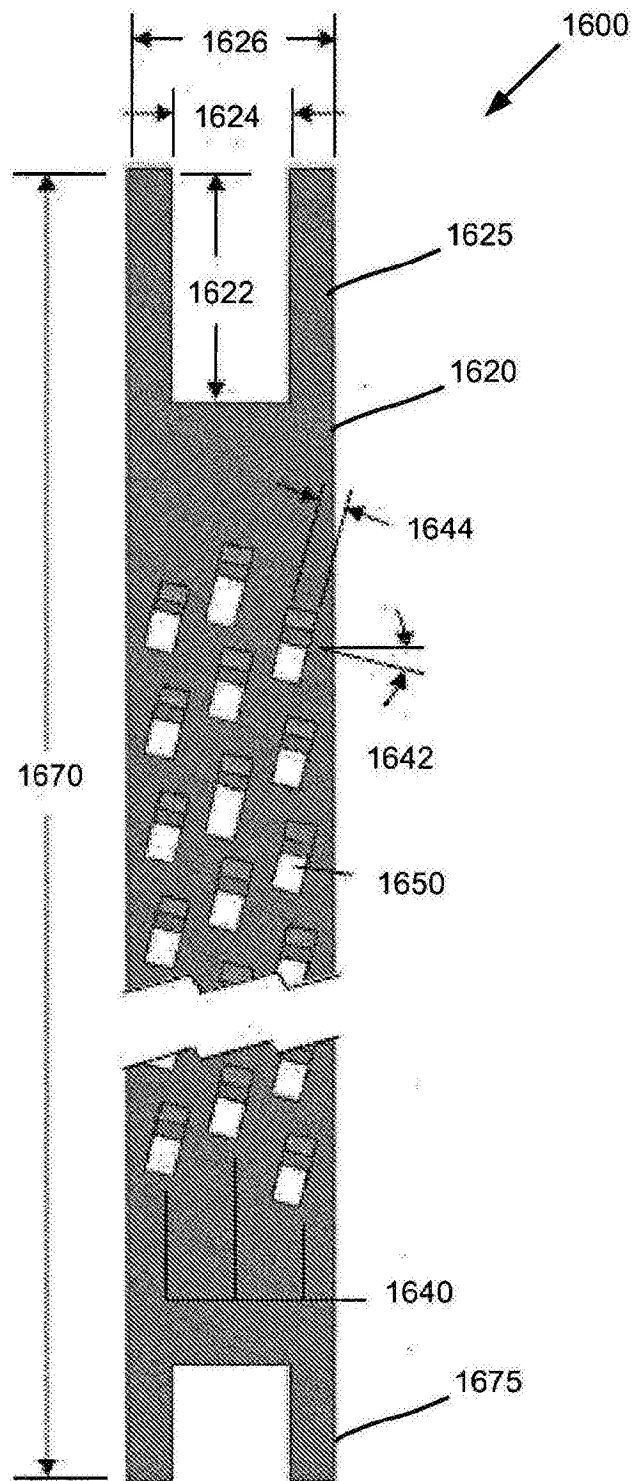


图37

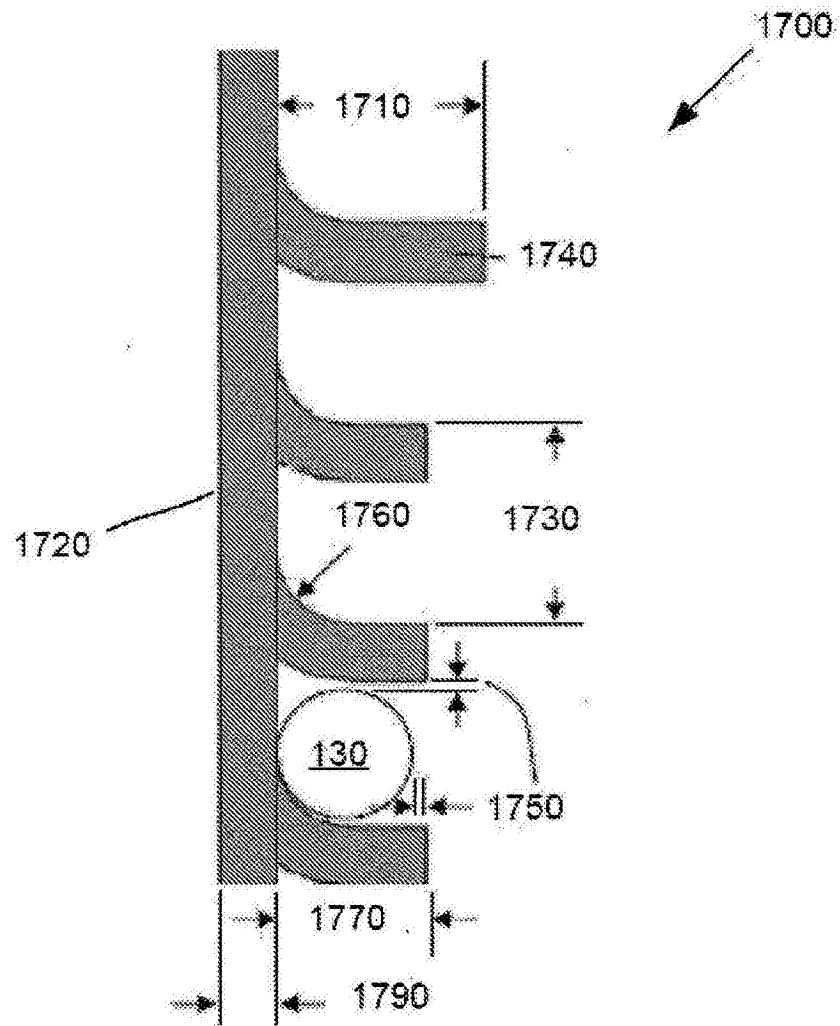


图38

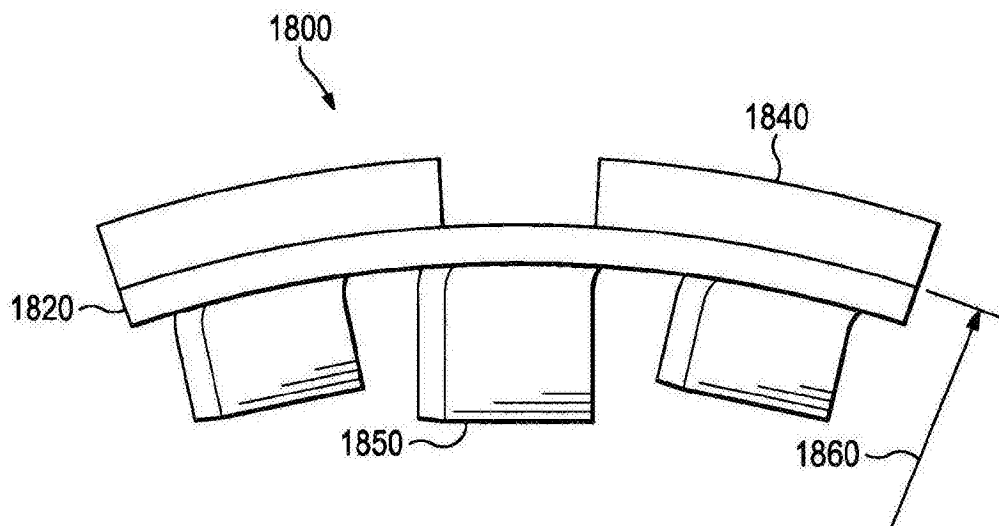


图39