



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110192304 A

(43)申请公布日 2019. 08. 30

(21)申请号 201780071042.6

(22)申请日 2017.11.17

(30)优先权数据

62/424,054 2016.11.18 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.05.16

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/062253 2017.11.17

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/094187 EN 2018.05.24

(71)申请人 罗密欧系统公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 波特·哈里斯 汪茜 伯顿·维特

W·亨特·格林

(74)专利代理机构 北京允天律师事务所 11697

代理人 青炜 李建航

(51)Int.Cl.

H01M 10/6569(2006.01)

H01M 10/643(2006.01)

H01M 10/6554(2006.01)

H01M 10/625(2006.01)

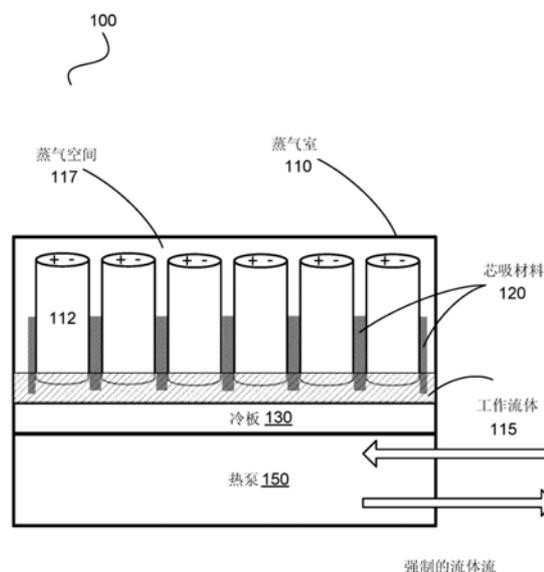
权利要求书2页 说明书21页 附图34页

(54)发明名称

利用蒸气室对电池进行热管理的系统和方法

(57)摘要

用于电池的热管理系统使用其中具有芯吸部件的蒸气室。示例性热管理系统包括容纳工作流体和芯吸部件的蒸气室。多个电池单池至少部分地设置在蒸气室中。冷板联接至蒸气室,并且热泵联接至冷板。可以使用毛细管以促进蒸气和工作流体在热管理系统中的移动。通过使用示例性系统,提供了对电池的改善的热管理。



1. 一种热管理系统,包括:
蒸气室,所述蒸气室包括壳体、芯吸材料和工作流体;以及
电池组,所述电池组包括多个电池单池,所述多个电池单池中的每个电池单池至少部分地设置在所述蒸气室内,
其中,每个电池单池接触所述芯吸材料的一部分,并且
其中,所述工作流体在所述蒸气室内变相,以从所述电池单池带走热。
2. 根据权利要求1所述的系统,还包括热泵,所述热泵经由冷板联接至所述蒸气室。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述芯吸材料包括至少部分地设置在所述电池单池之间的柱。
4. 根据权利要求3所述的系统,其中,所述柱构造成具有内部开孔,以允许蒸气穿过所述柱。
5. 根据权利要求3所述的系统,其中,所述柱从所述蒸气室的第一侧部延伸至所述蒸气室的相对的第二侧部。
6. 根据权利要求3所述的系统,其中,所述电池组中的所述电池单池彼此接触,并且其中,所述芯吸材料包括设置在所述电池单池之间的空间中的一组柱。
7. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述芯吸材料构造成具有蜂窝图案、连续编排图案或平行编排图案中的至少一者。
8. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述芯吸材料接触设置在所述蒸气室内的电池单池的少于90%的表面区域。
9. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述芯吸材料沿着设置在所述蒸气室内的电池单池的少于90%的长度延伸。
10. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述芯吸材料部分地沿着设置在所述蒸气室内的电池单池的长度延伸,并且其中,所述芯吸材料沿着所述电池单池的长度延伸时渐缩。
11. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述多个电池单池中的第一组电池单池以第一百分比部分地容纳在所述蒸气室中,并且其中,所述多个电池单池中的第二组电池单池以高于所述第一百分比的第二百分比部分地容纳在所述蒸气室中。
12. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述热管理系统操作成向每个电池单池提供至少500W/mK至2000W/mK的热传递水平。
13. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述芯吸材料是可注射成型的、亲水的且可伸展的。
14. 根据权利要求2所述的系统,其中,不管所述热管理系统相对于重力的取向如何所述热管理系统都是可操作的。
15. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述电池单池呈圆柱形,其中,所述芯吸材料包括第一芯吸部分和第二芯吸部分,其中,所述第一芯吸部分构造成将所述工作流体沿大致垂直于所述电池单池的圆柱轴线的方向输送,并且其中,所述第二芯吸部分构造成促进所述工作流体的蒸发。
16. 根据权利要求1所述的系统,还包括毛细管,所述毛细管具有位于所述蒸气室内的第一高度处的入口端部和位于所述蒸气室内的较低的第二高度处的返回端部,其中,所述工作流体在所述毛细管内从蒸气冷凝成液体。

17. 根据权利要求16所述的系统,其中,所述工作流体从所述芯吸材料的蒸发提供了使工作流体在所述返回端部处离开所述毛细管的力。

18. 根据权利要求2所述的系统,还包括:

冷凝室,所述冷凝室联接至所述冷板;

毛细管,所述毛细管具有位于所述蒸气室内的第一位置处的入口端部和位于所述蒸气室内的不同的第二位置处的返回端部,其中,所述毛细管至少部分地穿过所述冷凝室。

19. 根据权利要求2所述的系统,还包括联接至所述冷板的冷凝室,

其中,所述冷板构造成具有穿过所述冷板的多个开孔,以将所述蒸气室与所述冷凝室连结,并且

其中,所述芯吸材料的一部分穿过所述多个开孔中的一个或更多个开孔进入所述冷凝室中。

20. 根据权利要求19所述的系统,其中,所述芯吸材料包括一系列柱,其中,所述一系列柱的第一部分完全横穿所述冷凝室,并且其中,所述一系列柱的第二部分部分地横穿所述冷凝室。

利用蒸气室对电池进行热管理的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2016年11月18日提交的名称为“SYSTEMS AND METHODS FOR BATTERY THERMAL MANAGEMENT UTILIZING A VAPOR CHAMBER (利用蒸气室对电池进行热管理的系统和方法)”的序列号为62/424,054的美国临时申请的优先权和权益。前述申请的全部内容在此出于所有目的通过参引并入。

技术领域

[0003] 本公开涉及热管理,并且特别地涉及电池组的热管理。

背景技术

[0004] 对电池组和电池单池特别是车辆应用中的电池组和电池单池进行热管理的现有方法尝试根据需要提供对电池组的快速且被良好控制的加热和/或冷却。然而,这些现有方法在它们的下述能力方面受到限制:在操作期间将电池单池保持在期望的温度范围内,以控制最大电池温度和最小电池温度、实现操作设定点温度、或确保电池组中的电池单池之间的有限的热变化范围。因此,仍然期望用于电池组和其他电气设备的热管理的改进的系统和方法。

发明内容

[0005] 在示例性实施方式中,热管理系统包括:蒸气室,该蒸气室包括壳体、芯吸材料和工作流体;以及电池组,该电池组包括多个电池单池。所述多个电池单池中的每个电池单池至少部分地设置在蒸气室内。每个电池单池接触芯吸材料的一部分,并且工作流体在蒸气室内变相,以便从电池单池带走热。

[0006] 在另一示例性实施方式中,一种用于对电池组进行热调节的方法包括:将多个电池单池至少部分地设置在蒸气室内,所述多个电池单池形成电池组,并且蒸气室包括壳体、芯吸材料和工作流体;以及使所述多个电池单池中的每个电池单池与芯吸材料的至少一部分接触。在电池组的充电或放电期间,工作流体在蒸气室内变相,以便从电池单池带走热。

[0007] 在另一示例性实施方式中,一种用于单个电池单池的热管理系统包括:冷阱,该冷阱包括壳体、芯吸材料和工作流体;以及电池单池,该电池单池至少部分地设置在冷阱内,使得电池单池的底部接触芯吸材料。电池单池与壳体之间的接合面被密封以将工作流体保持在壳体内。工作流体在冷阱内变相,以便从电池单池带走热。

[0008] 在另一示例性实施方式中,一种用于电池组的热管理系统包括:蒸气室,该蒸气室包括壳体、芯吸材料和工作流体;冷板,该冷板将蒸气室联接至热泵;电池组,该电池组包括多个电池单池,所述多个电池单池中的每个电池单池至少部分地设置在蒸气室内;冷凝室,该冷凝室联接至冷板;以及毛细管,该毛细管将蒸气室与冷凝室连结。每个电池单池接触芯吸材料的一部分,并且工作流体在蒸气室内变相,以便从电池单池带走热。

[0009] 该发明内容部分的内容应当被理解为对本公开的简化介绍,并且不意在用于限制

任何权利要求的范围。

附图说明

[0010] 参考以下描述、所附权利要求和附图：

[0011] 图1A示出了根据示例性实施方式的示例性热管理系统，该示例性热管理系统具有设置在蒸气室下方的冷板，蒸气室完全封围电池单池；

[0012] 图1B示出了根据示例性实施方式的示例性热管理系统，该示例性热管理系统具有设置在蒸气室上方的冷板，蒸气室完全封围电池单池；

[0013] 图1C示出了根据示例性实施方式的示例性热管理系统，该示例性热管理系统具有设置在蒸气室下方的冷板，蒸气室部分地封围电池单池；

[0014] 图1D示出了根据示例性实施方式的示例性热管理系统，该示例性热管理系统具有设置在蒸气室上方的冷板，该蒸气室部分地封围电池单池；

[0015] 图1E示出了根据示例性实施方式的示例性热管理系统的操作的取向独立性；

[0016] 图1F示出了根据示例性实施方式的利用用于电池组、功率电子器件和电动马达的共同冷却剂路径的示例性热管理系统；

[0017] 图2A示出了根据示例性实施方式的用于芯结构的蜂窝状构型；

[0018] 图2B示出了根据示例性实施方式的部分地定位在图2A的芯结构内的电池单池；

[0019] 图2C示出了根据示例性实施方式的用于芯结构的柱状构型；

[0020] 图2D示出了根据示例性实施方式的散置在图2C的芯结构之间的电池单池；

[0021] 图2E示出了根据示例性实施方式的用于芯结构的连续编排构型；

[0022] 图2F示出了根据示例性实施方式的部分地定位在图2E的芯结构内的电池单池；

[0023] 图2G示出了根据示例性实施方式的部分地定位在具有平行编排构型的芯结构内的电池单池；

[0024] 图2H示出了根据示例性实施方式的渐缩的芯结构；

[0025] 图2I示出了根据示例性实施方式的具有取决于电池组中的电池单池位置的构型的芯结构；

[0026] 图2J示出了根据示例性实施方式的取决于电池组中的电池单池位置的电池单池的目标热管理；

[0027] 图3A至图3D示出了根据各种示例性实施方式的用于芯结构和电池单池与芯结构的结合的双层构型；

[0028] 图4A至图4D示出了根据各种示例性实施方式的用于芯结构和电池单池与芯结构的结合的双层构型；

[0029] 图5A至图5D示出了根据各种示例性实施方式的用于芯结构和电池单池与芯结构的结合的双层构型；

[0030] 图6示出了根据示例性实施方式的单个电池单池和相关联的冷阱；

[0031] 图7A至图7C示出了根据各种示例性实施方式的使用蒸气室和芯吸部件来冷却电子装置；

[0032] 图8A至图8C示出了根据各种示例性实施方式的利用与蒸气室连接的毛细管的示例性热管理系统，毛细管具有位于蒸气室的共同侧部上的入口端部和返回端部；

[0033] 图9A至图9C示出了根据各种示例性实施方式的利用与蒸气室连接的毛细管的示例性热管理系统,毛细管具有位于蒸气室的相对侧部上的入口端部和返回端部;

[0034] 图9D示出了根据各种示例性实施方式的使用毛细管来实现蒸气室中的工作流体的期望循环;

[0035] 图10A和图10B示出了根据各种示例性实施方式的利用与蒸气室连接的毛细管的示例性热管理系统,毛细管通向冷凝室,并且冷凝室经由芯吸柱联接至蒸气室;

[0036] 图11A和图11B示出了根据各种示例性实施方式的利用与蒸气室连接的毛细管的示例性热管理系统,毛细管通向冷凝室,并且冷凝室经由芯吸柱和工作流体管连结至蒸气室;以及

[0037] 图12A至图12C示出了根据各种示例性实施方式的在热管理系统中使用不同高度的芯吸柱。

具体实施方式

[0038] 以下描述仅属于各种示例性实施方式,并且不意在以任何方式限制本公开的范围、适用性或构型。而是,以下描述意在提供用于实现包括最佳模式的各种实施方式的方便说明。如将明显的是,在不脱离所附陈述的范围的情况下,可以对这些实施方式中描述的元件的功能和布置结构进行各种改变。

[0039] 为简洁起见,本文中可能不对用于电池组构造、构型和使用的常规技术以及用于热管理、操作、测量、优化和/或控制的常规技术进行详细描述。此外,本文包含的各种图中所示的连接线意在表示各种元件之间的示例性功能关系和/或物理联接。应当指出的是,在实际系统或相关使用方法——例如用于电动车辆的电池组——中可以存在许多替代性或附加的功能关系或物理连接。

[0040] 通过利用根据本公开的原理构造的电池组和相关部件,可以解决现有的电池、热管理系统和/或类似物的各种缺点。例如,现有的两相冷却方法通常利用结合的热管和/或完全浸没在流体中的电池单池,因此增加了相当大的重量并降低了能量密度。使用芯吸的其他现有方法完全封围芯吸材料中的每个电池单池,从而限制蒸气移动、在电池组下方提供冷却时限制用以克服重力的毛细力、增加单池间距、并显著降低体积能量密度和重量能量密度。

[0041] 相比之下,本文中公开的示例性系统和方法通过消除对空间和电池单池形状的限制以及通过利用轻质材料来实现电池组水平的改进的能量密度。另外,示例性系统利用液体-蒸气相变机构来确保快速热响应和最大化热传递。值得注意的是,示例性系统在包括重力偏好、倾斜、水平和反重力条件的所有取向上提供有效的热管理。而且,各种电绝缘但导热的材料可以用于芯吸材料和工作流体。另外,示例性系统在电池组(或电池组的特定位置中)的部分处增强和/或达到目标热传递。此外,通过使用蒸气室内的共享工作流体环境,可以解决、最小化和/或防止电池组中的特定电池单池的热失控。

[0042] 根据本公开的原理的热管理系统可以构造成具有任何合适的部件、结构和/或元件,以便提供期望的尺寸、机械、电气、化学和/或热性质。

[0043] 本文中使用的“电池组”描述了一组任意数量的电池单池,这些电池单池以串联或并联或串联和并联的组合的方式相互连接,以作为单个结合单元向系统提供能量储存和/

或电力。电池组的示例是电动车辆锂离子电池组,该电动车辆锂离子电池组可以包括数千个圆柱形锂离子电池单池。

[0044] 本文中使用的“电池单池”描述了能够由化学反应产生电能的电化学单池。一些电池单池可以是能够通过引导电流通过该单池来充电的。基于用于产生电流的化学反应,电池单池具有不同类型,例如铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池、镍金属氢化物电池、锂离子电池、氯化镍电池(亦称为“zebra”电池)。因为电池单池基于化学反应产生电力,所以电池单池的温度会影响产生电力的效率。电池单池也可以是燃料电池单池,比如氢氧化物质子交换膜电池单池、磷酸电池单池或固体酸电池单池。本发明的原理可以理想地应用于各种各样的电池单池类型,并且不限于特定的电池单池化学组成、尺寸或构型。

[0045] 本文中使用的“热泵”描述了一种下述系统,该系统通过应用外部电源将热能从系统的称为“热源”的一个部分移动至系统的称为“散热器”的另一部分。通常,热通过在热源与散热器之间循环的流体的运动来传递。示例包括可逆的两相制冷剂系统和单相乙二醇系统。

[0046] 本文中使用的“蒸气室”(或“热管”)描述了一种下述热传递装置,该热传递装置结合了热导率和相变两者的原理,以有效地管理两个接合面之间的热传递。

[0047] 现在参照图1A至图1D,在各种示例性实施方式中,热管理系统100包括蒸气室110、冷板130和热泵150。冷板130设置在蒸气室110与热泵150之间并且热连接至蒸气室110和热泵150。在一些实施方式中,冷板130和热泵150是单独的部件。在其他示例性实施方式中,可以认为形成热泵150的一部分的表面用作冷板130。在又一些其他示例性实施方式中,可以认为形成蒸气室110的一部分的表面用作冷板130。此外,热管理系统100可以包括构造成对热管理系统100和/或热管理系统100的部件——例如,传感器、端口、密封件、电控制器和/或类似部件——的操作进行支持、导引、修改和/或以其他方式进行管理和/或控制的任何其他合适的部件。热管理系统100可以用于例如为设置在(或部分地设置在)蒸气室110内的电池单池112提供等温和/或近等温条件。

[0048] 在一些示例性实施方式中,蒸气室110构造成完全容纳一个或多个电池单池112,例如,如图1A和图1B中所示的。

[0049] 在其他示例性实施方式中,蒸气室110构造成部分地容纳一个或多个电池单池112,例如,如图1C和图1D中所示的。在这些示例性实施方式中,蒸气室110构造成具有各种孔口、密封件和/或类似物,以便至少部分地接纳一个或多个电池单池112,同时有效地将工作流体115保持在蒸气室110内。此外,在这些示例性实施方式中,与每个电池单池112完全容纳在蒸气室110内的方法相比,触及每个电池单池112的一个端部(例如,用于电气布线)变得更容易,同时仍然提供对每个电池单池112的充分的热调节。另外,在这些示例性实施方式中,蒸气室110可以用于使电池单池112至少部分地相对于彼此保持、固定和/或对准,从而减少和/或消除对其他电池单池112保持和/或单池对准部件的需要。

[0050] 继续参照图1C和图1D,在某些示例性实施方式中,蒸气室110构造成具有各种密封件、保持机构、密封剂和/或类似物,使得蒸气室110可以接纳多个电池单池112的一部分且同时防止工作流体115从蒸气室110内泄漏和/或蒸发。例如,在一个示例性实施方式中,蒸气室110包括用弹性体包覆成型的刚性主要材料,以便在每个电池单池112插入蒸气室110的接合面处提供可压缩密封。在其他示例性实施方式中,可以利用O形环或其他机械密封方

法。此外,可以利用合适的灌封材料以便密封电池单池112与蒸气室110之间的接合部。例如,在各种示例性实施方式中,电池单池112与蒸气室110之间的接合部可以经由柔性或半柔性的灌封材料、粘合剂、密封剂、环氧树脂或热熔胶而密封;密封材料可以基于硅树脂、氨基甲酸酯、聚氨酯、聚酯或聚酰胺的并且/或者可以包括任何其他合适的密封材料和/或粘合材料或化合物。

[0051] 蒸气室110可以构造成接纳电池单池112的长度(和/或表面积、体积或类似特征)的任何合适部分。在各种示例性实施方式中,对于每个电池单池112,蒸气室110可以构造成接纳电池单池112的长度的约10%与电池单池112的长度的约90%之间的长度。在其他示例性实施方式中,对于每个电池单池112,蒸气室110可以构造成接纳电池单池112的长度的约20%与电池单池112的长度的约50%之间的长度。此外,蒸气室110可以构造成例如根据电池组中的电池单池112的位置而接纳电池单池112的不同百分比。在示例性实施方式中,蒸气室110可以接纳设置在电池组边缘上的电池单池112的长度的约25%,并且接纳大致设置在电池组的中间的电池单池112的长度的约50%。此外,蒸气室110可以构造成至少部分地基于该特定电池单池112所需的热调节的量来接纳电池单池112的任何合适的百分比。以此方式,比其他电池单池112需要更高冷却程度的电池单池112可以被充分地冷却。

[0052] 在各种示例性实施方式中,蒸气室110包括由耐用材料——例如,塑料、金属和/或类似材料——形成的密封或可再密封的容器。在一些实施方式中,蒸气室110包括铝、钢或类似物中的一者或更多者。蒸气室110可以经由任何合适的工艺或工艺的组合形成,例如包覆成型、激光焊接和/或类似工艺。

[0053] 蒸气室110可以构造成具有一个或更多个通风口、进入端口和/或类似物,例如以便从蒸气室110释放压力,允许调节蒸气室110中的工作流体115的水平和/或类似物。在一些示例性实施方式中,蒸气室110构造成具有内部温度传感器和/或压力传感器,以便允许对蒸气室110内的工作流体115的量进行调节(例如,间隔地、在特定温度和/或压力阈值处、实时地等进行调节)。

[0054] 蒸气室110构造成容纳(或部分地容纳)一个或更多个要被进行热管理的物品,例如多个电池单池112。在各种示例性实施方式中,在蒸气室110内,尽管电池单池112通常构造成具有大致圆柱形形状,但是电池单池112(或电池单池112的部分)可以以任何合适的取向、数目、对准方式、尺寸和/或形状构造。在一些示例性实施方式中,电池单池112被封装在偏移的水平或/或竖直行中,以便在蒸气室110内获得高密度的电池单池112。在大多数示例性实施方式中,电池单池112构造成具有位于圆柱形电池结构的共同端部上的正端子和负端子(例如,如图1A至图1D中所示的)。以此方式,在热管理系统100中,便于电池单池112的布线且同时仍然能够对电池单池112进行有效的热管理。

[0055] 蒸气室110容纳选定量的工作流体115。工作流体115可以包括任何合适的材料或材料的组合,例如水、甲醇、乙醇(酒精)、丙酮、戊烷、全氟甲基环己烷、庚烷和/或类似物。工作流体115理想地与电池单池112中利用的部件电绝缘和/或不反应。工作流体115选择成能够实现蒸气室110的有效操作。在各种示例性实施方式中,工作流体115的可以被选择、调节和/或优化的特性包括:密度、粘度、表面张力、沸点、蒸发潜热、对热管理系统100的其他部件的反应性和/或类似特性。

[0056] 在热管理系统100中,蒸气室110可以填充有期望量的工作流体115,所述期望量例

如为足以使容纳在蒸气室110内的所有芯吸材料120饱和的量。此外,蒸气室110可以填充有超过使芯吸材料120饱和所需的量的量的工作流体115。此外,可以基于对电池单池112的期望的热调节水平、工作流体115从蒸气室110的预期的损失率或泄露率和/或类似物来选择设置在蒸气室110内的工作流体115的量。

[0057] 蒸气室110还容纳选定量的芯吸材料120,该芯吸材料120构造成与多个电池单池112和工作流体115相互作用。

[0058] 芯吸材料120可以浸泡在工作流体115中,并且可以呈网状结构、多孔结构或树状结构或它们的组合,以提供毛细作用并使蒸发和冷凝的润湿性最大化。

[0059] 在各种示例性实施方式中,芯吸材料120包括与工作流体115相容的电绝缘但导热的材料。例如,芯吸材料120可以包括呈微孔结构的各种织物,比如(具有各种密度和/或分支构型的)无定形二氧化硅纤维、玻璃纤维、尼龙、聚四氟乙烯、聚丙烯、聚乙烯和/或类似物。此外,芯吸材料120可以包括粉末、长丝、纤维、织物、网状物、垫、膜和/或类似物并且/或者构造为粉末、长丝、纤维、织物、网状物、垫、膜和/或类似物。

[0060] 在一些实施方式中,芯吸材料120与液体-固体界面和液体-蒸气界面的相交处之间的接触角小于90度(即,芯吸材料120是亲水的)。接触角由包括表面张力和重力的这些因素的组合来确定。芯吸材料120也受益于具有高毛细效应。材料结构/粗糙度/纹理的小的改变可以导致毛细力的显著改变。在各种示例性实施方式中,芯吸材料120的可以被选择、调节和/或优化的特性包括:芯材料的有效半径、芯材料的渗透性(由于颗粒尺寸和孔隙率两者)、芯材料的横截面面积、热传递通路(pathway)的有效长度和/或类似特性。

[0061] 芯吸材料120可以构造成使工作流体115至少部分地沿着蒸气室110中的电池单池112、朝向蒸气室110中的电池单池112和/或在蒸气室110中的电池单池112之间输送。例如,参照图1A,在冷板130设置在蒸气室110下方的实施方式中,芯吸材料120操作成将工作流体115沿着电池单池112的侧部至少部分地向上抽吸,从而有助于将热能从电池单池112传递到工作流体115中。另外,当工作流体115经由冷凝(例如,沿着蒸气室110的顶部和/或侧部)返回至液相时,芯吸材料120操作成将已沿蒸气室的侧部流下的工作流体115朝向蒸气室110的中央往回抽吸。

[0062] 在各种示例性实施方式中,芯吸材料120构造成在与工作流体115结合使用时实现期望的毛细速度。在一些实施方式中,芯吸材料120实现达约7mm/s的毛细速度。在其他示例性实施方式中,芯吸材料120实现约4mm/s与约7mm/s之间的毛细速度。此外,在热管理系统100中,芯吸材料120(与工作流体115一起)可以构造成提供足够的毛细速度,以允许通过输送工作流体115的足够的持续的流与电池单池112接触来对电池单池112进行有效的热调节。

[0063] 在一些示例性实施方式中,芯吸材料120沿着每个电池单池112延伸小于约10%的距离。在其他示例性实施方式中,芯吸材料120沿着每个电池单池112延伸小于约25%的距离。在又一些其他示例性实施方式中,芯吸材料120沿着每个电池单池112延伸小于约50%的距离。将理解的是,因为热管理系统100不需要芯吸材料120沿着每个电池单池112完全延伸,所以可以实现显著的重量和成本节省。然而,在热管理系统100中,芯吸材料120可以沿着每个电池单池112延伸任何合适的选定距离。

[0064] 在各种示例性实施方式中,芯吸材料120可以经由任何合适的工艺——例如,溶剂

浇铸、片状成型和横向拉伸、注射成型和/或类似工艺——来构造。此外，芯吸材料120的特性可以在制造时和/或在蒸气室110内使用时变化。例如，在芯吸材料120是注射成型的各种示例性实施方式中，芯吸材料120的特性可以随注射位置的不同而变化，从而允许所得到的芯结构具有定制热性能和/或目标热性能。例如，具有第一材料(或材料混合物)、密度、孔隙率、毛细作用水平和/或类似物的芯吸材料120可以在第一注射位置处注射，并且具有第二材料(或者材料混合物)、密度、孔隙率、毛细作用水平和/或类似物的芯吸材料120可以在第二注射位置处注射。此外，当经由注射成型制造时，芯吸材料120可以构造成具有低至约0.75mm的厚度，从而允许芯吸材料120设置在蒸气室110中的电池单池112之间且同时仍然允许电池单池112非常靠近地定位在一起。

[0065] 冷板130构造成在蒸气室110与热泵150之间传递热能。例如，当热管理系统100用于冷却蒸气室110中的电池单池112时，冷板130从蒸气室110接收热能并将热能传送至热泵150。相反，当热管理系统100用于加热蒸气室110中的电池单池112时(例如，当热管理系统100形成布置在冷的周围环境中的车辆的一部分时)，冷板130从热泵150接收热能并将热能传送至蒸气室110。冷板130可以包括任何合适的耐用且导热的材料，例如阳极化铝。

[0066] 在示例性实施方式中，冷板130构造成具有微通道和/或微通道冷却。在冷板130内和/或冷板130上形成的通道可以具有任何合适的尺寸和/或几何形状，例如圆形、矩形、具有“齿”或其他突出部的圆形、梯形和/或类似形状。冷板130可以构造成仅在冷板130的与热泵150接合的一侧上、仅在冷板130的与蒸气室110接合的一侧上、或者在冷板130的两侧上具有用于流体流的通道。冷板130上的通道构造成引起和/或保持通过通道的湍流流体流，以便使相关联的热传递最大化。

[0067] 在各种示例性实施方式中，热泵150操作成例如经由冷却剂——比如，水、水-乙二醇混合物、氢氟碳制冷剂液体和/或类似冷却剂——的泵送循环从冷板130移除热(或以加热模式向冷板130提供热)。热泵150可以包括本领域中已知的任何合适的泵、叶轮、阀、软管、管、散热器和/或类似部件，以便将热传递至冷板130和/或从冷板130传递热。

[0068] 再次参照图1A和图1C，在各种示例性实施方式中，热管理系统100可以构造和/或定向成使得冷板130设置在蒸气室110下方。参照图1B和图1D，在各种示例性实施方式中，热管理系统100可以构造和/或定向成使得冷板130设置在蒸气室110上方。此外，将理解的是，在许多示例性实施方式中，冷板130与蒸气室110之间的关系可以经由下述方式改变：例如将热管理系统100倒置、将热管理系统100以其侧部布置或以相对于水平面的斜度布置以及/或者经由类似方式布置。因此，参照图1E，热管理系统100构造成向容纳在蒸气室100内的物品提供适当的冷却和/或加热能力，而不管热管理系统100的取向如何。换句话说，热管理系统100不依赖于相对于重力的任何特定取向，以便有效地起作用。相比之下，现有的基于蒸气的冷却方法通常严重依赖于重力来进行冷凝和流体返回，并且在没有重力辅助的情况下将无法正常工作。将理解的是，如本文所公开的示例性系统的取向独立特征在非固定能量储存系统比如电动车辆中是非常期望的，因为这些系统通常以倾斜取向操作。例如，热管理系统100构造成当在电动汽车中使用时有效地起作用，甚至在汽车上坡或下坡行驶或停车的情况下也是如此。此外，热管理系统100构造成当在电动飞行器、无人机或类似物中使用时有效地起作用，甚至在热管理系统100的取向由于在转弯或类似活动期间的攀爬、下降、倾斜而改变的情况下也是如此。

[0069] 在热管理系统100的操作期间,至少两个热传递通路是可操作的,以便实现最佳性能。通过外部热泵150实现最初热传递,从而经由流体(例如,水-乙二醇流体或类似流体)将热输送离开电池单池112以及/或者将热输送至电池单池112。在蒸气室110内,通过容纳在芯吸材料120中和/或由芯吸材料120形成的空隙和/或腔内的液体-蒸气相变来促进热传递。在热管理系统100的冷却模式期间,经由蒸发潜热和芯吸材料120内的工作流体115蒸发到蒸气空间117中(如本文中所使用的,“蒸气空间”可以指蒸气室110内的未被固体或液体占据的空间)来建立快速热响应。带走热的热泵150使蒸气冷凝,并且芯吸材料120施加毛细力以将冷凝物拉回到蒸发位置,从而重复上述循环。在热管理系统100的电池预热模式期间,热泵150用作向蒸气室110供给热的热源。蒸气室110内的蒸气空间作为将热传递至电池单池112的壁的温差环流系统或多个温差环流系统来操作。大的蒸发潜热加速了预热过程,这在冷气候中是有益的。

[0070] 暂时参照图1F,本公开的原理还设想了一种用于电动车辆的联合的热管理系统,由此,电池组、功率电子器件和马达或发电机可以经由下述一体化系统被冷却或加热,该一体化系统采用用于电池组、功率电子器件、马达或发电机的两相冷却。在一些示例性实施方式中,热泵150使流体(比如,丙二醇或类似流体)循环,以按顺序与电池组151、功率电子器件152和电动马达153接触(此外,就由热泵150循环的流体而言,电池组151、功率电子器件152和电动马达153可以相对于彼此以任何顺序定位)。在又一些其他示例性实施方式中,电池组151、功率电子器件152和电动马达153各自经由专用流体管线联接至热泵150,但是共享共同的流体存储器。在各种示例性实施方式中,电池组151、功率电子器件152和电动马达153中的每一者经由利用如本文中所公开的工作流体和/或芯吸材料的两相冷却被至少部分地冷却。

[0071] 在热管理系统100中,芯吸材料120可以根据需要构造,例如以便实现特定水平的热性能、体积能量密度、电池单池112的机械保持和/或固定和/或类似特征。例如,芯吸材料120可以构造成将电池单池112至少部分地保持在蒸气室110内的特定位置处和/或将电池单池112至少部分地相对于彼此保持。

[0072] 现在另外参照图2A和图2B,在一些示例性实施方式中,芯吸材料120构造成具有蜂窝状结构。在这些示例性实施方式中,芯吸材料120构造为具有热通量接触区域220的接触环210,热通量接触区域220将热从电池单池112(电池单池112单独地布置在每个接触环210中)传导至接触环210之间的蒸气路径230。在图2A中,接触区域220被示出为接触环210的部段,但是也可以使用接触环210内的连续表面。可以使用除圆形之外的接触环210形状,特别是在电池单池112不是圆柱形(例如,矩形单池)的情况下更是如此。接触区域220与电池单池112之间的接触区域可以通过改变接触环210的几何结构来调节,以优化热传递。图2B示出了芯吸材料120,其中,圆柱形电池单池112定位在接触环210中的一些接触环中。在大多数实际使用情况下,所有接触环210将插入有对应的电池单池112。接触环210可以如所示出的那样由直壁部段形成,或者呈没有拐角的平滑圆形。蒸气路径230可以呈三角形以用于接触环210的有效堆叠布置,或者呈任何其他合适的形状。此外,接触环210中的芯吸材料120的厚度可以在接触环210内和/或在各环之间变化。例如,接触环210的直接位于相邻电池单池112之间的部分可以是较薄的,而接触环210的形成蒸气路径230的边缘的部分可以是较厚的。以此方式,电池单池112可以靠近彼此布置,同时足够量的芯吸材料120保持与每个电

池单池112接触(或紧密接近)以提供期望水平的热性能。

[0073] 现在参照图2C和图2D,在各种示例性实施方式中,芯吸材料120构造为多个柱状结构。在一些实施方式中,柱211由芯吸材料120形成为呈三面柱形状,柱211被图案化成使得在柱211之间且在电池单池112之间存在蒸气空间231。柱211可以包括凹口或其他形状以与电池单池112的形状牢固地配合。柱211的三面形状允许电池单池112的有效堆叠布置。然而,柱211可以利用任何合适的形状。此外,柱211的尺寸、形状、材料或其他特性可以与另一个柱211不同,以便在蒸气室110内的特定位置处提供选定水平的热性能。

[0074] 此外,可以在蒸气室110中使用任何合适数量的柱211。例如,在蒸气室110中,每个电池单池112可以与至少一个柱211、或至少两个柱211接触、或至少三个柱211、或至少四个柱211接触。另外,在蒸气室110中,无论蒸气室110的取向如何,某些柱211(和/或所有柱211)可以从蒸气室110的内表面一直延伸至蒸气室110的相对侧上的对应内表面,以便于工作流体115的有效移动。

[0075] 在一些示例性实施方式(例如,电池单池112呈大致圆形的示例性实施方式)中,柱211可以定尺寸和/或构造成完全配装到在电池单池112在几何学上尽可能接近地封装时存在于电池单池112之间的空间中。以此方式,热管理系统100构造成在不向电池单池112之间的间隔增加任何体积的情况下实现电池单池112的改进的热控制。

[0076] 现在参照图2E和图2F,在各种示例性实施方式中,芯吸材料120构造成具有连续编排图案。芯吸材料120的连续编排壁212被图案化成使得每个电池单池112在留出蒸气空间232以供蒸气返回的同时部分地接触。连续编排图案可以来自芯吸材料120的单个连续条带或者来自单独的条带。此外,连续编排壁212的厚度或其他特性可以变化、例如根据蒸气室110内的电池单池112的位置而变化。

[0077] 现在转向图2G,在各种示例性实施方式中,芯吸材料120构造成具有平行编排图案。芯吸材料120的平行编排壁213被图案化成使得每个电池单池112在留出蒸气空间232以供蒸气返回的同时部分地接触。平行编排图案可以来自单个连续的芯吸材料条带120或者来自单独的条带。此外,平行编排壁213的厚度或其他特性可以变化、例如根据蒸气室110内的电池单池112的位置而变化。

[0078] 现在参照图2H,在各种示例性实施方式中,芯吸材料120可以构造成具有渐缩和/或可变厚度。例如,在芯吸材料120沿着电池单池112延伸时,芯吸材料120的厚度可以变化。在一些示例性实施方式中,在芯吸材料120从电池单池112的基部朝向该电池单池112的远端部延伸时,芯吸材料120的厚度可以减小。以此方式,可以减少在蒸气室110内使用的芯吸材料120的量,从而提供重量和成本节省。芯吸材料120可以均匀地渐缩;替代性地,芯吸材料120可以根据需要以逐步或不均匀的方式渐缩。此外,芯吸材料120可以是渐缩的,以在于电池单池112附近提供特定量的毛细作用与同时提供所需量的可用蒸气空间之间提供所需的平衡。

[0079] 除了可变的厚度之外,在芯吸材料120沿着电池单池112延伸时,芯吸材料120的其他特性可以变化。例如,芯吸材料120的设置在电池单池112的基部附近的部分可以构造成通过毛细作用将工作流体115沿着电池单池112有效地转移,而芯吸材料120的沿着电池单池112进一步设置的部分可以构造成便于工作流体115的有效蒸发。

[0080] 在热管理系统100中,芯吸材料120可以被配置为至少部分地考虑和/或管理由各

种电池单池112根据电池单池在蒸气室110内的位置而经历的不同热条件。现在转向图2I, 在一些示例性实施方式中, 芯吸材料120在蒸气室110内和/或相对于特定的电池单池112以不均匀的方式设置。例如, 芯吸材料120-A可以沿着电池单池112的与蒸气室110的侧壁相邻的侧部延伸第一距离。芯吸材料120-B可以沿着电池单池112的与蒸气室110中的另一电池单池112相邻(和/或设置成距蒸气室110的边缘较远)的侧部延伸第二较长距离。换句话说, 蒸气室110可以构造成为至少部分地被蒸气室110内的其他电池单池112环绕的电池单池112(和/或电池单池112的侧部)提供额外的芯吸材料120。

[0081] 另外, 在各种示例性实施方式中, 对于与特定电池单池112连接的芯吸材料120, 除形状和尺寸之外的特性可以改变。例如, 与第一电池单池112接触的芯吸材料120的孔隙率可以与第二电池单池112接触的芯吸材料120的孔隙率不同。以此方式, 电池单池112可以设置成具有与蒸气室110内的特定位置较好地对准的不同的冷却和/或加热速率, 从而确保电池单池112上的较均匀的热条件。换句话说, 热管理系统100可以配置有目标区冷却和/或加热能力。芯吸材料120的量、形状和性质可以随特定电池组的热分布而变化, 改变电池组的特定部分中的可用的热去除速率等。

[0082] 现在参照图2J, 在各种示例性实施方式中, 热管理系统100被配置为至少部分地根据电池组中的特定电池单池112的位置而向电池单池112提供不同的热传递速率。例如, 如图2J中所示, 在示例性电池组中, 某些电池单池112可以被认为是“边缘”单池, 例如设置成至少部分地与电池组的侧部相邻(和/或具有通向电池组的侧部的路径, 该路径不被另一个电池单池112中断)的电池单池112。此外, 在示例性电池组中, 某些电池单池112可以被认为是“内部”单池, 例如设置成与至少一个边缘单池相邻但不与电池组的侧面相邻的电池单池112。此外, 在示例性电池组中, 某些电池单池112可以被认为是“中央”电池, 例如设置成仅与内部单池和/或其他中央单池相邻的电池单池112。在各种示例性实施方式中, 热管理系统100可以被配置为向中央电池单池112提供与内部电池单池112和/或边缘电池单池112相比更高的热传递速率(例如, 通过使用另外的芯吸材料120、使用便于工作流体115的更有效蒸发的芯吸材料120、将电池单池112较深地插入到蒸气室110中、和/或类似方式)。此外, 热管理系统100可以被配置为向内部电池单池112提供与边缘电池单池112相比更高的热传递速率。另外, 系统110可以被配置为在两个特定的中央电池单池112之间、或在两个特定的内部电池单池112之间、和/或在两个特定的边缘电池单池112之间提供不同的热传递速率。应当理解的是, 电池单池112的目标热管理的前述示例仅仅是说明性的; 一般而言, 在热管理系统100中, 可以为需要额外加热和/或冷却的电池单池112提供这种额外的热传递, 以更密切接近蒸气室110内的等温条件的条件。

[0083] 另外, 热管理系统100可以被配置为至少部分地基于与冷板130相关联的热流体流的方向和/或路径而向电池单池112提供不同的热传递速率。例如, 在热泵150的操作期间, 热流体被泵送穿过冷板130, 例如以蛇形路径被泵送穿过冷板130。当热管理系统100在冷却模式下操作时, 热流体在热流体横穿冷板130时获得热。因此, 与热流体开始与冷板130接触时相比, 当热流体离开与冷板130的接触时, 热流体处于较高的温度。因此, 与设置在热流体离开与冷板130的接触的区域处或附近的电池单池112(“离开”单池)相对, 相对于冷板130设置在热流体开始与冷板130接触的区域处或附近的电池单池112(“进入”单池)可以被提供有相关联芯吸材料120的不同配置。这是因为进入单池可以从冷板130获得比离开单池更

高的直接传导冷却程度。以此方式,通过热管理系统100的操作,电池组中的电池单池112可以经历更接近真正的等温条件的条件。

[0084] 在热管理系统100中,在一些示例性实施方式中,芯吸材料120包括单一类型材料、单层材料和/或单种材料配置。在其他示例性实施方式中,芯吸材料120可以配置为多层和/或多个部段或部分。第一部分中的芯吸材料120可以包括与第二部分中的芯吸材料120不同的材料和/或特性。例如,芯吸材料120的特性——比如孔隙尺寸、材料密度、纤维厚度和/或类似特性——可以在各部分之间不同。在各种示例性实施方式中,芯吸材料120中的孔隙尺寸可以在约1微米(μm)至约100 μm 的范围内。以此方式,在蒸气室110内,可以在某些部分中增强芯吸作用,而在某些其他部分中可以促进相变作用。以此方式,可以优化蒸气室110内的工作流体115的分布,以更有效地冷却电池单池112。

[0085] 现在参照图3A至图3D,在一些示例性实施方式中,芯吸材料120构造成具有第一层和第二层(更一般地,第一芯吸部分322和第二芯吸部分326)。第一芯吸部分322可以构造成将工作流体115快速地和/或有效地输送至第二部分326(例如,相对于一系列电池单池112的侧向方向;即,对于大致圆柱形的电池单池112,大致垂直于圆柱轴线的方向)。第一芯吸部分322可以构造成具有穿过第一芯吸部分322的孔或开孔323,以配装在电池单池112之间和/或电池单池112中间。在这些示例性实施方式中,电池单池112的端部可以与冷板130直接接触,在电池单池112的端部与冷板130之间没有设置芯吸材料120。以此方式,可以促进从电池单池112的端部至冷板130的传导热传递,同时仍然允许通过芯吸材料120的操作使工作流体115在蒸气室110内有效地分布。

[0086] 第二芯吸部分326可以构造成主要促进工作流体115在第二方向上(例如,沿着特定电池单池112的长度)的分布和/或更有效地促进工作流体115的蒸发。在一些示例性实施方式中,第二芯吸部分326可以构造为一系列大致三角形的柱327,每个柱均具有穿过柱的开口328以用作蒸气路径。柱327还可以在各个柱327之间具有空间329,以提供额外的蒸气路径。通过利用构造成具有多个部分的芯吸材料120,可以实现工作流体115的改进的分布,从而在蒸气室110内产生更好的热分布。

[0087] 现在转向图4A至图4D,在一些示例性实施方式中,芯吸材料120的第一芯吸部分422构造成在电池单池112下方穿过和/或设置在电池单池112与蒸气室110的侧部、顶部或底部之间。在这些方法中,第一芯吸部分422可以构造成没有供电池单池112穿过的任何孔或开孔,并且第二芯吸部分426可以以合适的方式构造、例如以类似于第二芯吸部分326的方式构造(即,构造成具有柱427和开口428)。此外,第一芯吸部分422可以构造成与一组电池单池112的轮廓大致近似,如图所示。

[0088] 在其他示例性实施方式中,芯吸材料120的第一芯吸部分522可以构造为非间断材料的片材或平面,如图5A至图5D中所示。第二芯吸部分526可以与第二芯吸部分326和/或426类似地构造。此外,第一芯吸部分322、422、522和对应的第二芯吸部分326、426、526可以彼此分开制造。替代性地,第一芯吸部分322、422、522和对应的第二芯吸部分326、426、526可以例如通过注射成型一起制造。

[0089] 应当理解的是,图3A至图5D中公开的多部分方法可以与结合图2A至图2J的论述所公开的芯吸材料120的各种构型和几何结构相容并且可以与这些构型和几何结构一起使用。此外,应当理解的是,在热管理系统100的操作期间,第一芯吸部分322、422、522用于使

工作流体115在蒸气室110内更均匀地分布、特别是在蒸气室110以相对于重力的倾斜取向和/或侧向取向设置时使工作流体115在蒸气室110内更均匀地分布。

[0090] 与现有的热管理方法相比,本公开的原理允许各种优点,例如改善的冷却性能、重量减轻和/或类似优点。例如,对于图3A至图3D中所示的实施方式,单个柱327的密度少于铝的密度的四分之一,同时仍然实现至少3倍的热性能。另外,柱327的独特布置允许电池单池112的间隔取决于单池保持器而不是柱327的可制造性。此外,柱327甚至可以适应相邻电池单池112彼此碰触时实现的最小化间隔。换句话说,在热管理系统100中,电池单池112可以定位成实现90.69%的最大可能体积效率(对于圆柱形单池),同时仍然允许通过蒸气室110、芯吸材料120等的操作对电池单池112进行有效的热管理。此外,在热管理系统100中,电池单池112可以定位成实现介于80%与90.69%之间、或更优选地介于85%与90.69%之间、并且还更优选地介于88%与90.69%之间的体积效率。

[0091] 在各种示例性实施方式中,与蒸气室110中的特定电池单池112相关联的柱327的质量少于电池单池112的0.5%,从而允许极高的能量密度。在一些示例性实施方式中,蒸气室110内的所有芯吸材料120的质量少于通过蒸气室110的操作进行热管理的所有电池单池112的质量的0.5%。此外,在各种示例性实施方式中,蒸气室110内的所有芯吸材料120的质量为通过蒸气室110的操作进行热管理的所有电池单池112的质量的约0.1%至约1%。

[0092] 现在参照图6,在各种示例性实施方式中,本公开的原理可以应用于单个电池单池112的水平,而不是一组电池单池112的水平。例如,为了提供电池单池112的热管理,在一些示例性实施方式中,两相热管理系统联接至单个电池单池112的端部。在示例性实施方式中,“冷阱”610联接至电池单池112的端部,从而形成冷阱610的外壁与电池单池112的端部之间的完全封围的空间。冷阱610容纳至少部分地沿着冷阱610的底部和边缘设置的芯吸材料120;在冷阱610内,芯吸材料120也与电池单池112的端部接触。冷阱610容纳选定量的工作流体115。在操作期间,工作流体115在电池单池112与芯吸材料120之间的接合面处或附近蒸发,并且通常在图6中所示的“冷凝区域”中冷凝。根据电池单池112和冷阱610的取向,毛细作用(和/或重力)将冷凝的工作流体115抽吸通过芯吸材料120并朝向电池单池112的表面往回抽吸,并且该循环重复进行。冷阱610可以联接至任何合适的附加部件(例如,热泵、风扇或类似部件),以将热从该附加部件中移除或向该附加部件提供热。应当理解的是,冷阱610可以联接至电池组中的每个电池单池112(或者仅电池组中的电池单池112的一部分),以提供热调节;此外,相关联冷阱610的特性可以在电池组中的电池单池112之间变化。

[0093] 现在参照图7A至图7C,在各种示例性实施方式中,可以利用本公开的两级冷却原理来为功率级(power stage)部件——比如例如电池组控制器电路、马达或发电机电子控制系统和/或类似部件——提供热管理。图7A至图7C示出了用于冷却功率级部件730——比如例如电池组控制器电路或马达/发电机电子控制系统——的两级冷却系统的示例。外部热泵750为整个功率级系统提供冷却。功率级部件730至少部分地被芯吸材料720包围,芯吸材料720将工作流体芯吸至功率级部件730以提供冷却。通道760可以结合在芯吸材料720中以用作将功率级部件730连接至外部热泵750的蒸气室,从而允许蒸气通过外部热泵750被冷却和冷凝,以借助于毛细作用使液相通过芯吸材料720返回至功率级部件730。

[0094] 在操作中,蒸气室110的取决于一个或更多个因素的热传输能力具有上限。在一些示例性实施方式中,蒸气室110的操作可以受以下因素影响:毛细极限(capillary limit)、

夹带极限 (entrainment limit)、沸腾极限、声音极限和/或粘性极限。毛细极限表示液体循环的驱动压力,即,芯吸材料120通过毛细作用使工作流体115传递的能力。夹带极限:在操作中,蒸气速度随温度升高并且可能高得足以对液体工作流体115从冷凝区域至蒸发区域的回流产生剪切力作用,这导致液体被蒸气夹带,从而导致流体流不足并最终使芯吸材料120的部分变干。沸腾极限:当温度差超过与成核沸腾条件相关的过热可持续度 (degree of superheat sustainable) 时达到的点;芯吸材料120内的沸腾的开始干扰工作流体115的液体循环并且可以导致芯吸材料120的部分变干。声音极限:在高于蒸气压力极限的温度处,蒸气速度可以与声音速度相当 (即, Ma 接近、等于和/或超过1) 并且蒸气流变得“噎塞”,从而防止热传递能力的进一步增加。粘性极限通常在低温处发生,并且粘性极限表示蒸气室110的冷启动能力的量度。在各种示例性实施方式中,热管理系统100的操作取决于相关联的毛细极限;换句话说,热管理系统100被配置为在达到任何其他极限之前达到毛细极限。

[0095] 下表1给出了示例性热管理系统100的示例性操作值,其中,冷板130设置在蒸气室110下方 (即,“耐重力 (antigravity)”取向,例如图1A和图1C中所示)。在较低的操作温度处,粘性极限是主要的并且因此限制蒸气流。蒸气室110的饱和温度被最佳地设计,并且因此在操作中毛细极限成为限制因素。在热管理系统100中,部件被配置为不仅克服重力而且还施加足够的力以将工作流体115沿着电池单池112往回抽吸到期望的高度。如表1中所示,在该示例性实施方式中,根据不同的配置和操作条件,蒸气室110的最大性能在电池单池112水平的热损失在约9.26W至约28.03W的范围内。因此,在各种示例性实施方式中,在蒸气室110内具有接近等温条件的情况下,热管理系统100可以实现约0.018K/W至约0.054K/W的热阻 (或约617.33瓦每米-开尔文 (W/mK) 至约5,606W/mK的有效热导率)。

[0096] 表1蒸气室110的操作极限——示例性配置

[0097]

蒸气室的操作极限 (W)	操作温度 (C)		
	下限°C	最佳°C	上限°C
毛细极限	9.3	28.03	49.16
夹带极限	184.27	826.79	1596.86
沸腾极限	7897.12	373.59	76.01
声音极限	15.81	340.27	1905.87
粘性极限	0.04	31.41	481.79

[0098] 与现有的电池热管理系统相比,热管理系统100实现了电池单池112水平的极高的冷却水平。在一些示例性实施方式中,热管理系统100提供了电池单池112的约1500W/mK水平的热传递 (即,与直接接触金刚石相当的热传递速率)。在其他示例性实施方式中,热管理系统100提供了电池单池112的约500W/mK (即,略高于与铜直接接触的热传递水平的热传递水平) 至约2000W/mK (即,是与铜直接接触的热传递水平的约500%的热传递水平) 水平的热传递。此外,应当理解的是,在各种示例性实施方式中,热管理系统100提供的电池单池112水平的热传递水平相当于与通常用于传导热传递的各种固体材料——比如铝、铜或类似

物——直接接触的热传递水平的约3倍大至约5倍大。

[0099] 此外,与现有方法相比,本公开的原理能够实现电池组水平的高能量密度。例如,蒸气室110可以构造成是重量轻的。这有助于实现在电池组水平的更高的能量密度。例如,根据蒸气室110中的芯吸材料120的构型,各种示例性实施方式中的电池组水平的蒸气室110的质量在约1.45kg至约2.9kg(对于98k Wh电池组)的范围内。应当理解的是,利用高能量密度的圆柱形电池可以使总体积能量密度最大化,因为芯吸材料120的柱不占据任何额外的空间。因此,体积能量密度没有损失。与各种现存方法相比,当使用相同容量的相同电池单池时,热管理系统100的示例性实施方式实现至少额外56Wh/L的体积能量密度(增加>12%),并且本公开的原理的优点仅使更高容量的电池组增加。

[0100] 例如,在约105L的体积中,示例性电池组可以实现>55kWh的储存,而利用相同电池化学和电池单池尺寸的现有方法仅可以实现约46kWh。在各种示例性实施方式中,在热管理系统100中,电池单池112可以设置成具有介于约0mm(即,相邻的电池单池112彼此触碰)与约2mm之间的单池间隔。相反,现有的冷却方法通常要求电池单池间隔开至少2mm。

[0101] 此外,与现有的两相冷却方法相比,热管理系统100的示例性实施方式中的重量能量密度更好。在一些示例性实施方式中,重量能量密度的改善可以在约0.5%至约15%的范围内;在其他示例性实施方式中,重量能量密度的改善可以在约5%至约15%的范围内;并且在另一些其他示例性实施方式中,重量能量密度的改善可以在约8%至约12%的范围内。此外,与现有的传导联接和单相冷却解决方案相比,本文中所公开的示例性系统提供显著更高的重量能量密度和体积能量密度。

[0102] 根据本公开的原理,示例性电池热管理系统可以理想地结合机动车辆或移动工业设备项目——例如,汽车、拖拉机、卡车、手推车、火车、货车、四轮车、高尔夫球车、踏板车、船、飞机、无人驾驶飞机、叉车、伸缩臂叉车、反向铲和/或类似设备——使用。

[0103] 在各种示例性实施方式中,热管理系统100可以利用额外的结构和/或部件来促进蒸气和工作流体115的移动和/或分布。现在参照图8A至图8C,在各种示例性实施方式中,热管理系统100可以构造成使用一个或更多个毛细管114。毛细管114促进工作流体115从蒸气状态冷凝至液体。另外,毛细管114促进工作流体115在热管理系统100中更均匀地分布。毛细管114还由于振动从而导致工作流体115移动通过毛细管114而改善从电池单池112(和/或至电池单池112)的热传递;换句话说,除了相变热传递之外,毛细管114还促进强制对流。此外,毛细管114将从电池单池112产生的热能中的一部分热能转换成工作流体115段塞(slug)和蒸气气泡的动能。进一步地,毛细管114在热管理系统100的操作期间促进热管理系统100中的稳定和/或大致均匀的蒸气压力;换句话说,在热管理系统100中,毛细管有助于减少从蒸发器到冷凝器的压降。

[0104] 在各种示例性实施方式中,毛细管114包括导热材料,比如铝、铜和/或类似物。毛细管114可以例如经由介电涂层比如氧化铝而被电绝缘和/或隔离。在一些示例性实施方式中,毛细管114可以包括耐用材料,比如塑料。通常,毛细管114可以由与工作流体115相容和/或不反应的材料形成。毛细管114可以包括圆形管;替代性地,毛细管114可具有椭圆形横截面、矩形横截面或其他合适的形状。毛细管114可以具有多个入口部分,所述多个入口部分通向共同的主部分(即,呈与连结河流的支流类似的布置)。此外,毛细管114可以具有通向多个返回部分的共同主部分(即,呈与以三角形扇形展开成多个路径的河流类似的布

置)。换句话说,毛细管114可以具有单个入口端部和/或返回端部;替代性地,毛细管114可以具有多个入口端部和/或返回端部。此外,毛细管114的直径、壁厚或其他特性可以根据需要而沿着毛细管114的路径变化。

[0105] 可以基于以下各者中的一者或更多者来选择特定毛细管114的直径、特定毛细管114的壁厚和/或特定热管理系统100中使用的毛细管114的数量:热管理系统100中的指定热负荷、毛细管114的长度、工作流体115的表面张力、毛细管114的倾斜角度、蒸气室110中的蒸气压力、毛细管114中的匝数、期望的通过毛细管114的水平流量和/或竖向流量,至少部分地容纳在蒸气室110内的电池单池112的数量、和/或类似物。此外,毛细管114可以构造成具有内部部件和/或外部部件、例如带纹理的内表面和/或外表面,以促进毛细管114内的蒸气冷凝和/或工作流体115输送通过毛细管114。

[0106] 在示例性实施方式中,毛细管114包括内径为3mm的铜管。在另一示例性实施方式中,毛细管114包括内径为5mm的铜管。在各种示例性实施方式中,毛细管114包括内径不超过12mm的金属管。在工作流体115包含乙醇并且蒸气室110的内部经受0.18巴的蒸气压力(导致乙醇的沸点为约40摄氏度)的又一示例性实施方式中,毛细管114构造成具有3.6mm的内径。

[0107] 在热管理系统100的操作期间,毛细管114内的冷凝导致形成由蒸气/空气的气泡分开的工作流体115的“段塞”。毛细管114中的气泡和段塞形成导致流经毛细管114的流体流的操作上的扰动。因此,在构造成具有毛细管114的热管理系统100中,可以调整毛细管114的构型以获得期望的“填充率”,即,毛细管114中的工作流体115的量与蒸气/空气的比率。通常通过毛细管114的较小直径实现较高的气泡与段塞的比率(即,毛细管114中的工作流体115的总量较低),并且较高的气泡与段塞的比率导致较低的工作流体115的质量流用于显热传递。通常通过毛细管114的较大直径实现较高的段塞与气泡的比率(即,毛细管114中的工作流体115的总量较高),并且较高的段塞与气泡的比率导致较低的振荡,同时减少泵送作用和热传递。因此,毛细管114可以定尺寸成获得优化热管理系统100的操作所需的权衡、例如泵送动作与质量流之间的期望平衡。

[0108] 毛细管114可以以各种方式设置在热管理系统100内。在示例性实施方式中,热管理系统100利用一个或更多个毛细管114,所述一个或更多个毛细管114具有设置在蒸气室110的同一侧上的入口端部和返回端部。毛细管114进入、通过和/或热联接至冷凝室140。当热管理系统100工作时,毛细管114中的蒸气冷凝成液态工作流体115,从而导致毛细管114中的工作流体115的交替的蒸气/空气的气泡和段塞。在蒸气室110中产生的蒸气压力迫使段塞通过毛细管114,这导致工作流体115从毛细管114的返回端部流出,并且从而使冷凝的工作流体115沉积在柱211的基部处。

[0109] 现在转向图9A至图9C,在一些示例性实施方式中,热管理系统100使用一个或更多个毛细管114,所述一个或更多个毛细管114具有位于蒸气室110的第一侧部上的入口端部或多个入口端部以及位于蒸气室110的相反侧部(或正交侧部、或通常任何不同侧部)上的返回端部或多个返回端部。例如,参照图9C,具有大致矩形蒸气室110的热管理系统100可以构造成具有两个毛细管114。第一毛细管114的入口端部和第二毛细管114的返回端部可以大致定位在矩形蒸气室110的一个侧部上。在矩形蒸气室的相反侧部上设置的是第一毛细管114的返回端部和第二毛细管114的入口端部。以此方式,供应的新冷凝的工作流体115被

引入至蒸气室110的两个相反侧部。

[0110] 将理解的是,在各种示例性实施方式中,可以使用多个毛细管114来引导工作流体115在热管理系统100中的流动;这样的布置结构可以是对称的、不对称的、环状的或者根据需要以其他方式布置,以将工作流体115分布在热管理系统100内。例如,暂时参照图9D,在一个示例性实施方式中,热管理系统100可以构造成具有带4个侧部的蒸气室110并且可以使用4个毛细管114。第一毛细管114-A具有位于蒸气室110的侧部S1上的入口端部和位于相邻侧部S2上的返回端部。第二毛细管114-B具有位于侧部S2上的入口端部和位于相邻侧部S3上的返回端部,第三毛细管114-C具有位于侧部S3上的入口端部和位于相邻侧部S4上的返回端部,并且最后,第四毛细管114-D具有位于侧部S4上的入口端部和位于相邻侧部S1上的返回端部。在热管理系统100的操作期间,工作流体115以轮回(round-robin)方式循环通过四个毛细管114,从而导致工作流体115在热管理系统100中的更均匀的分布并且从而提供对热管理系统110中使用的电池单池112的更均衡的热管理。

[0111] 现在参照图10A和图10B,在一些示例性实施方式中,热管理系统100构造成具有毛细管114以及位于蒸气室110与冷凝室140之间的蒸气/流体通路或路径。在这些构型中,蒸气经由毛细管114被收集并被引入冷凝室140内的工作流体115的共同池中。在冷凝室140中,工作流体115经由重力操作并且经由工作流体115的表面张力(即,与流体在容器被填充时如何分布在容器的底部上类似地)分布并汇集在冷凝室140上;另外,工作流体115可以响应于加速度或者响应于冷凝室140远离水平面的倾斜度而分布在冷凝室140内。柱211延伸到容纳在冷凝室140中的工作流体115的池中并经由毛细作用吸取工作流体115,从而使工作流体115升高到蒸气室110中。之后,工作流体115蒸发以冷却电池单池112,如上文中在各种实施方式中所论述的。

[0112] 将理解的是,在这些示例性实施方式中,冷板130构造成具有多个开孔131,以允许柱211穿过冷板130并触及冷凝室140中的工作流体115。换句话说,在这些示例性实施方式中,冷板130构造为设置在蒸气室110与冷凝室140之间的穿孔屏障。然而,将理解的是,冷板130仍保持围绕开孔131被密封,使得冷却剂可以穿过冷板130而不会泄漏到蒸气室110中并且/或者与工作流体115混合。

[0113] 在各种示例性实施方式中,开孔131定尺寸成与蒸气室110中的电池单池112之间的空间相对应。换句话说,开孔131可以在电池单池112之间不需要有扩大间隔的方式定尺寸,从而允许示例性电池组保持期望的能量密度。

[0114] 在各种示例性实施方式中,开孔131构造为当垂直于冷板130的平面观察时呈大致圆形的孔。在其他示例性实施方式中,开孔131构造成具有三角形、鲁洛三角形(Reuleaux triangle)、伪三角形(pseudotriangle)、方形、矩形、椭圆形和/或它们的组合中的一者或更多者的形状。在各种示例性实施方式中,开孔131构造成具有不超过6mm的直径(和/或最长尺寸)。在一个示例性实施方式中,开孔131包括直径为4mm的圆孔。

[0115] 将理解的是,在热管理系统100中,开孔131可以构造成具有彼此不同的形状和/或尺寸。例如,在热管理系统100中,其中设置有柱211的第一开孔131可以构造为直径为4mm的圆孔。其中不设置有柱211的第二开孔131可以构造为直径为2mm的圆孔。在另一示例中,其中设置有柱211的第一开孔131可以构造为顶点之间的距离为约5mm的大致伪三角形孔。在该示例中,其中不设置有柱211的第二开孔131可以构造为直径为3mm的圆孔。此外,在热管

理系统100中,可以利用开孔131的尺寸和形状的任何合适组合,例如呈棋盘图案、条纹图案、交错图案或其他合适的图案,以便提供工作流体115和蒸气在热管理系统100内的循环。

[0116] 在各种示例性实施方式中,柱211构造成与对应的开孔131的边缘大致齐平。换句话说,柱211可以完全填充或占据对应的开孔131,柱211穿过对应的开孔131设置。在一些示例性实施方式中,柱211可以仅部分地填充或占据开孔131。例如,柱211可以构造为中空筒形件并因此占据对应的圆形开孔131的所有边缘,同时留出开孔131的较小筒形区域未被占据。此外,柱211可以构造为在柱211的侧部上具有凹口的筒形件,使得柱211占据圆形开孔131的大部分,同时沿着该开孔131的一个边缘部分留出小的空隙。以此方式,促进蒸气和/或工作流体115沿穿过开口131的两个方向的流动,以便例如促进热管理系统100中的所有相关位置中的更恒定的蒸气压力(和因此更恒定的饱和温度点)。

[0117] 在一些示例性实施方式中,柱211构造成与对应的开孔131的边缘和一个或多个相关联的电池单池112的边缘两者大致齐平。例如,柱211可以针对柱211的第一部分(即,用于插入开孔131中的部分)具有大致筒形形状因子,并且针对柱211的第二部分具有带截头端部的伪三角形的形状因子(即,用于配装在紧密封装的圆柱形电池单池112之间的空间中的形状因子,例如如图2C中描绘的)。在这些实施方式中,柱211的第一部分的长度可以控制柱211能够插入穿过对应的开孔131的距离。

[0118] 实施方式中,柱211可以延伸穿过开孔131,使得柱211的底部接触冷凝室140的远侧部(即,每个柱211的一部分从冷凝室140的一个侧部一直横穿至相对侧部)。以此方式,柱211可以吸收汇集在冷凝室140中的任何深度处的工作流体115。在其他示例性实施方式中,柱211可以延伸穿过开孔131,使得柱211的底部仅部分地到达冷凝室140中,而不是完全横穿冷凝室140。在这些构型中,当冷凝室140水平地设置时,在工作流体115的池接触柱211的底部之前,冷凝室140中将具有工作流体115的最小池深度。这种构型便于工作流体115在冷凝室140中的更均匀的分布,因为工作流体115被允许沿所有方向侧向流动。相比之下,在柱211一直延伸到冷凝室140的相对壁的一些实施方式中,柱211可以吸收工作流体115并且以比工作流体115可以在冷凝室140内侧向流动的速率更快的速率竖向地输送工作流体115,从而导致“干燥”或“较干燥”的柱211(即,柱211触及的工作流体115减少;通常,这些柱可以出现在热管理系统100中的柱211的阵列的中央区域内)。

[0119] 此外,在一些示例性实施方式中,可以使用下述组合:其中,一些柱211仅部分地延伸到冷凝室140中,并且其他柱211完全横穿冷凝室140。例如,交替的柱211可以是交错的,比如呈棋盘图案。在另一示例中,一排的柱211每隔两个柱211可以完全横穿冷凝室140。在又一示例中,一排的柱211每隔两个柱211可以仅部分地延伸到冷凝室140。在其他示例中,完全横穿冷凝室140的柱211和仅部分地延伸到冷凝室140中的柱211可以布置成条形状、螺旋形状、同心几何形状和/或类似形状。在这些组合方法中,提供了工作流体115在冷凝室140内的无阻碍侧向流动,同时仍确保以足够的速率将工作流体115向上输送到蒸气室110中。此外,在热管理系统100中,可以使用完全横穿冷凝室140的柱211和仅部分地延伸到冷凝室140中的柱211的任何适合的布置。

[0120] 现在参照图11A和图11B,在一些示例性实施方式中,在热管理系统100中,某些开孔131没有被柱211部分地或完全地填充,而是被留作将蒸气室110与冷凝室140连结的无阻碍通路或路径。在一个示例中,交替的开孔131可以留空,例如呈棋盘图案。在另一示例中,

一排的开孔131每隔两个开孔131可以留空。在又一示例中,冷板130可以构造成具有开孔131的阵列,使得空的开孔131和填充有柱211的开孔131形成了大致以冷板130的中间为中心的同心环或轮廓。在再一示例中,空的开孔131可以与填充有柱211的开孔131布置成交替的排或条。此外,要留空的开孔131和要被柱211占据的开孔131可以选择成呈任何合适的图案,以便例如实现蒸气和工作流体115在热管理系统100内的期望循环。

[0121] 将理解的是,在各种示例性实施方式中,热管理系统100可以使用无阻碍(和/或部分阻碍)的开孔131和毛细管114两者。在一些示例性实施方式中,热管理系统100可以仅使用无阻碍(和/或部分阻碍)的开孔131并且可以构造为没有任何毛细管114。在又一些其他示例性实施方式中,热管理系统100可以使用毛细管114并且可以构造为没有任何无阻碍(和/或部分阻碍)的开孔131。

[0122] 在各种示例性实施方式中,在热管理系统100中,毛细管114可以至少部分地基于相关联的冷板130中的冷却剂(更具体地,热流体)流的方向和/或路径来定位、定形状并且/或者以其他方式构造。例如,在热泵150的操作期间,热流体被泵送穿过冷板130,例如以蛇形路径被泵送穿过冷板130。当热管理系统100在冷却模式下操作时,热流体在热流体横穿冷板130时获得热。因此,与热流体开始与冷板130接触时相比,当热流体离开与冷板130的接触时,热流体处于较高的温度。因此,在一些示例性实施方式中,热管理系统100构造成具有一个或更多个毛细管114,所述一个或更多个毛细管114具有返回端部,返回端部与冷板130的下述部分大致设置在蒸气室110的共同侧部上:在所述部分处,热流体离开冷板130(即,当热管理系统100在冷却模式下操作时,作为冷板130的“最热”部分的部分)。以此方式,增大供应的工作流体115可以被供应至蒸气室110中的由冷板130对电池单池112进行的直接冷却处于最低程度的区域,从而经由工作流体115的变相对该区域中的电池单池112提供增强的冷却。另外,在一些示例性实施方式中,热管理系统100中的毛细管114的尺寸、长度、路径、入口端部的数目、返回端部的数目和/或毛细管114的其他特性可以基于冷板130中热流体流的特性来选择。例如,特定的毛细管114可以沿着冷板130的一部分沿与冷板130中的热流体流大致平行的方向横穿和/或行进。另一特定的毛细管114可以沿着冷板130的一部分沿与冷板130中的热流体流的方向大致相逆或相反的方向横穿和/或行进。一般说来,在热管理系统100中,毛细管114可以用于更紧密地接近蒸气室110内的等温条件并且/或者用于为热管理系统100中的每个电池单池112提供大致等同的冷却能力(例如,为电池单池112提供从最高能力至最低能力变化不多于10%的冷却能力)。

[0123] 现在转向12A至图12C,在各种示例性实施方式中,热管理系统100可以利用柱211的阵列,其中,特定柱211的长度、厚度、材料或其他特性至少部分地根据该特定柱211在阵列中的位置而变化。例如,现在参照示出了沿着热管理系统100的长度的视图的图12A,可以看出的是,靠近柱211的阵列的外边缘设置的特定柱211-A可以构造成具有比靠近柱211的阵列的中央设置的另一柱211-B低的高度。靠近阵列的中央的柱211可以构造成具有较大高度,例如以便为相关联的电池单池112提供增强的冷却能力。类似地,参照示出了沿着热管理系统100的宽度的视图的图12B,可以看出的是,柱211-C比柱211-D短,柱211-D又比柱211-E短。参照示出了图12A和图12B中所示的阵列的立体图的图12C,可以看出的是,可以在热管理系统100的长度和宽度两者上应用柱211的高度变化。以此方式,热管理系统100中的柱211可以构造成成为相关联的电池单池112、特别地为大致位于热管理系统100的中央的区

域——在该区域处,热负载往往最大——中的电池单池112提供适当的冷却能力。

[0124] 柱211的高度可以以线性方式、弯曲方式、阶梯式方式或任何其他合适的方式变化。例如,柱211的高度可以在大致沿着柱211的阵列的外边缘设置的第一环形区域中具有第一值并且在由第一环形区域封围的内部区域中具有第二较高值。在另一示例中,沿着热管理系统100的长度移动,柱211可以在高度上逐渐向上、达到最大值并且在此后的某个点处逐渐向下返回,从而导致某种程度上为三角形和/或梯形的横截面(即,如图12A和图12B中所示的)。

[0125] 将理解的是,图8A至图12B中公开的示例性实施方式与关于图1A至图1E的论述中所公开的各种系统构型和取向是兼容的、并且可以与所述各种系统构型和取向以任何适合的组合使用。

[0126] 实施方式中,用于在蒸气室与热泵之间传递热的蒸气室包括外壳体、容纳在外壳体内的芯吸材料以及至少部分地被芯吸材料吸收的工作流体。蒸气室构造成具有用以将多个电池单池的一部分接纳在蒸气室中的多个开孔。蒸气室便于所述多个电池单池的紧密封装。电池单池可以设置成彼此间隔小于1mm。无论蒸气室相对于重力的取向如何,蒸气室都操作成冷却电池单池。所述多个电池单池中的电池单池具有第一端部和远离第一端部的第二端部,第一端部和第二端部在第一端部与第二端部之间具有长度。芯吸材料可以与电池单池的长度的10%至50%接触。芯吸材料可以在第一端部处开始与电池单池接触并沿着电池单池的长度的5%至50%延伸。芯吸材料的厚度可以沿着电池单池的长度变化。芯吸材料的孔隙率可以沿着电池单池的长度变化。芯吸材料可以构造为具有蜂窝形状的接触环。芯吸材料可以构造为具有平行编排构型。芯吸材料可以构造为具有连续编排编构型。电池单池可以传导地联接至形成蒸气室的边缘的冷板。蒸气室可以经由冷板联接至热泵。

[0127] 在另一示例性实施方式中,一种用于对包括多个电池单池的电池组进行冷却的方法包括在电池组中识别作为边缘单池的一组电池单池。该方法还包括在电池组中识别作为内部单池的一组电池单池。该方法还包括在电池组中识别作为中央单池的一组电池单池。该方法还包括将所述多个电池单池联接至蒸气室、将工作流体设置在蒸气室内以及将芯吸材料设置在蒸气室中。该方法还包括将第一量的芯吸材料联接至边缘单池、将与第一量不同的第二量的芯吸材料联接至内部单池、以及将与第一量或第二量不同的第三量的芯吸材料联接至中央单池。该方法还可以包括在电池组中识别作为进入单池的一组电池单池以及在电池组中识别作为离开单池的一组电池单池。该方法还可以包括将芯吸材料构造为使得联接至进入单池的芯吸材料的量不同于联接至离开单池的芯吸材料的量。该方法还可以包括将具有第一芯吸特性的第一量的芯吸材料联接至边缘单池、将具有与第一芯吸特性不同的第二芯吸特性的第二量的芯吸材料联接至内部单池、以及将具有与第一芯吸特性或第二芯吸特性不同的第三芯吸特性的第三量的芯吸材料联接至中央单池。

[0128] 在示例性实施方式中,一种用于对电池组进行热调节的方法包括:将多个电池单池至少部分地设置在蒸气室内,所述多个电池单池形成电池组,并且蒸气室包括壳体、芯吸材料和工作流体;以及使所述多个电池单池中的每个电池单池与芯吸材料的至少一部分接触。在电池组的充电或放电期间,工作流体在蒸气室内变相,以便从电池单池带走热。该方法还可以包括将热泵经由冷板联接至蒸气室。蒸气室可以在不考虑蒸气室相对于重力的取向的情况下操作成从电池单池带走热。该方法还可以包括:在电池组的充电或放电期间,对

蒸气室内的温度或压力中的至少一者进行监测;以及响应于该监测向蒸气室添加一定量的工作流体或者将一定量的工作流体从蒸气室移除。

[0129] 在另一示例性实施方式中,一种用于单个电池单池的热管理系统包括冷阱和电池单池,其中,冷阱包括壳体、芯吸材料和工作流体,电池单池至少部分地设置在冷阱内,使得电池单池的底部接触芯吸材料。电池单池与壳体之间的接合面被密封以将工作流体保持在壳体内,并且工作流体在冷阱内变相以便从电池单池带走热。

[0130] 在另一示例性实施方式中,一种用于电池组的热管理系统包括:蒸气室,该蒸气室包括壳体、芯吸材料和工作流体;冷板,该冷板将蒸气室联接至热泵;电池组,该电池组包括多个电池单池,所述多个电池单池中的每个电池单池至少部分地设置在蒸气室内;冷凝室,该冷凝室联接至冷板;以及毛细管,毛细管将蒸气室与冷凝室连结。每个电池单池接触芯吸材料的一部分,并且工作流体在蒸气室内变相,以便从电池单池带走热。

[0131] 芯吸材料可以构造为设置在电池单池之间的一组柱。冷板可以设置在蒸气室与冷凝室之间。冷板可以构造成具有穿过冷板的多个开孔,以将蒸气室与冷凝室连结。所述多个开孔的第一部分可以被芯吸材料占据,并且所述多个开孔的第二部分可以不被芯吸材料占据。芯吸材料的一部分可以包括柱,并且该柱穿过开孔并完全横穿冷凝室。芯吸材料的一部分可以包括柱,并且该柱部分地占据所述多个开孔中的一个开孔。毛细管可以构造成具有通向毛细管的共同部分的多个入口端部。毛细管可以具有位于蒸气室的第一侧部上的入口端部和位于蒸气室的相对侧部上的返回端部。毛细管可以构造成具有介于1mm与12mm之间的内径。工作流体从芯吸材料的蒸发可以导致蒸气流入毛细管中。芯吸材料可以构造为柱的阵列,并且柱的阵列的高度彼此不同。柱的阵列的高度在沿着柱的阵列的长度观察时可以有以阶梯式方式变化。

[0132] 尽管已经在各实施方式中示出了本公开的原理,但是在不脱离本公开的原理的范围的情况下,可以使用特别适合于特定环境和操作要求的在实践中使用的结构、布置、比例、元件、材料和部件的许多改型。这些及其他改变或改型意在包括在本公开的范围之内并且可以在所附权利要求中表达。

[0133] 已经参照各实施方式描述了本公开。然而,本领域普通技术人员认识到的是,在不脱离本公开的范围的情况下,可以做出各种改型和改变。因此,说明书应被视为说明性而非限制性意义,并且所有这些改型意在包括在本公开的范围之内。同样,以上已经关于各个实施方式描述了益处、其他优点和问题的解决方案。然而,这些益处、优点、问题的解决方案以及可能导致任何益处、优点或解决方案发生或变得更加明显的任何要素不应被解释为任何权利要求或所有权利要求的任何关键、必需或必要的特征或要素。

[0134] 如本文中所使用的,术语“包括”、“包含”或它们的任何其他变型意在涵盖非排他性的包含,使得包括元素列表的过程、方法、物品或装置不仅包括那些元素而且还可以包括未明确列出的或该过程、方法、物品或装置固有的其他元素。另外,如本文中所使用的,术语“联接”、“联接有”或它们的任何其他变型意在涵盖物理连接、电连接、磁连接、光学连接、通信连接、功能连接、热连接和/或任何其他连接。当在说明书或权利要求中使用类似于“A、B或C中的至少一个”或“A、B和C中的至少一个”的语言时,该短语意在表示下述各者中的任一者:(1) A中的至少一个;(2) B中的至少一个;(3) C中的至少一个;(4) A中的至少一个和B中的至少一个;(5) B中的至少一个和C中的至少一个;(6) A中的至少一个和C中的至少一个;或

(7) A中的至少一个、B中的至少一个和C中的至少一个。

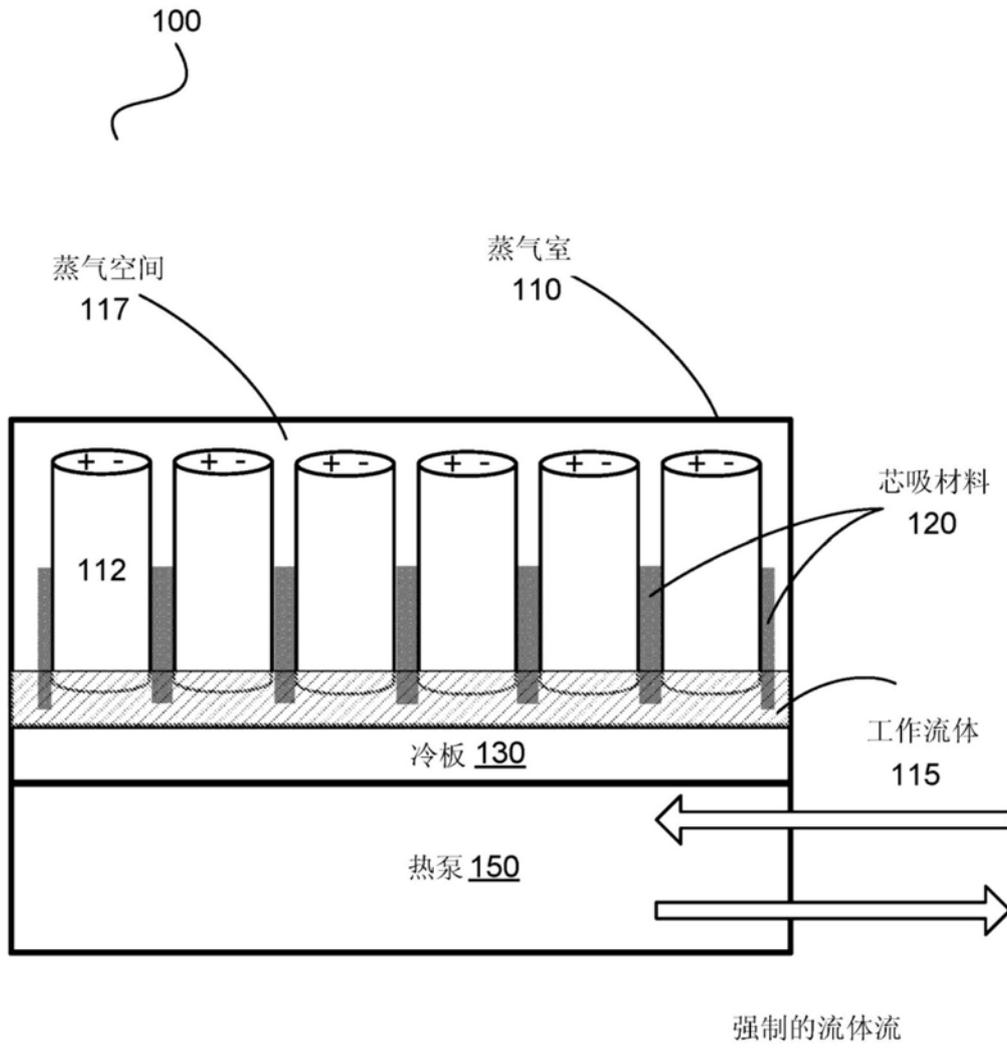


图1A

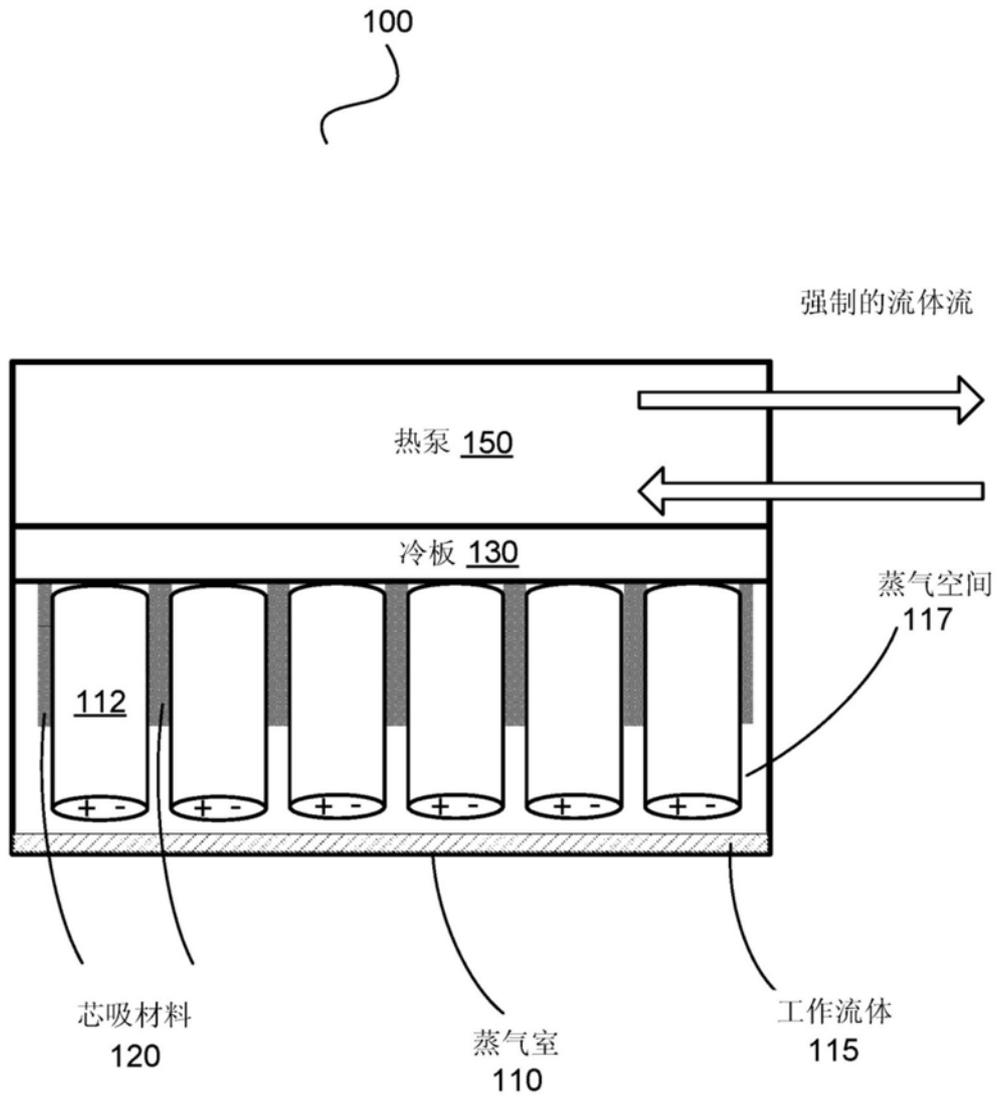


图1B

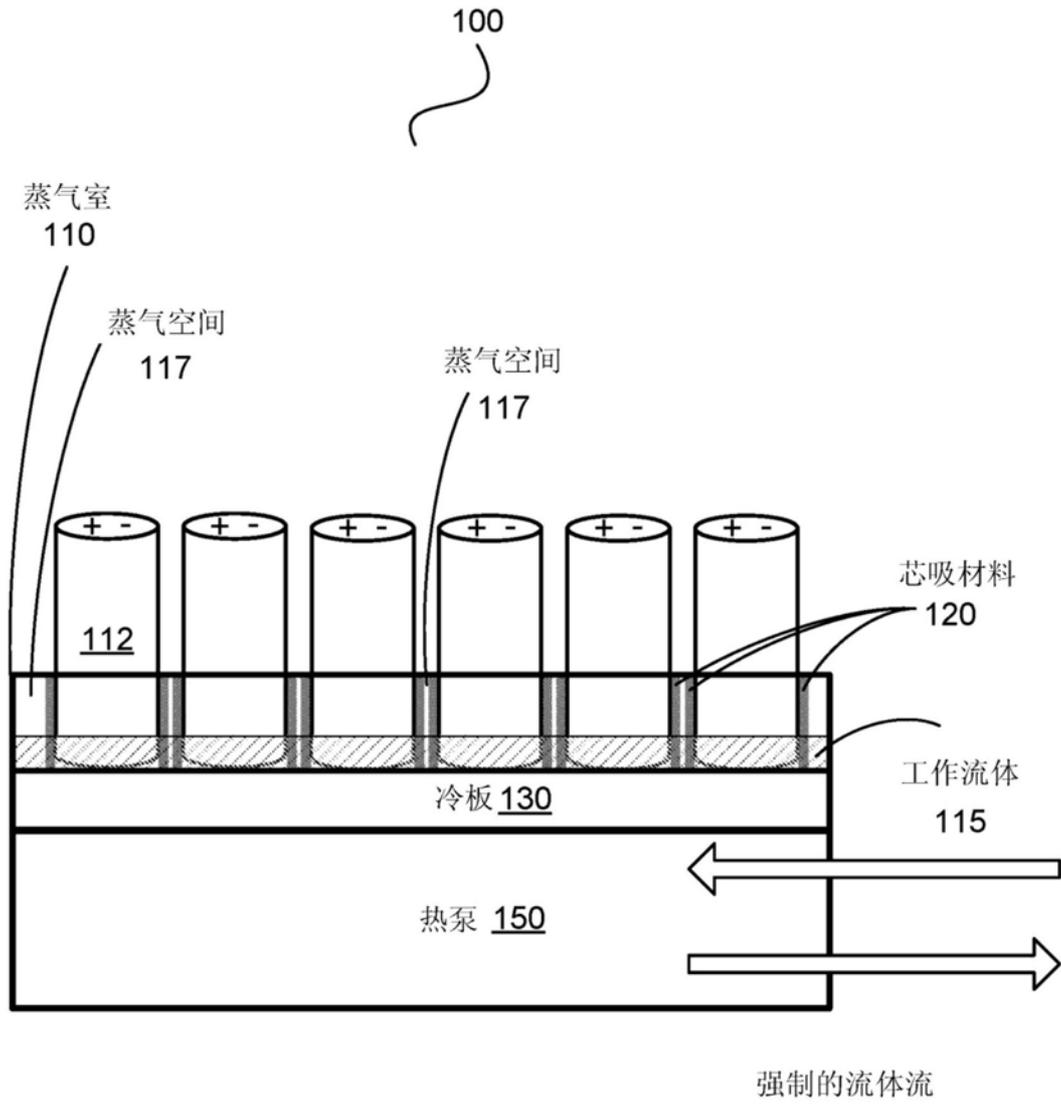


图1C

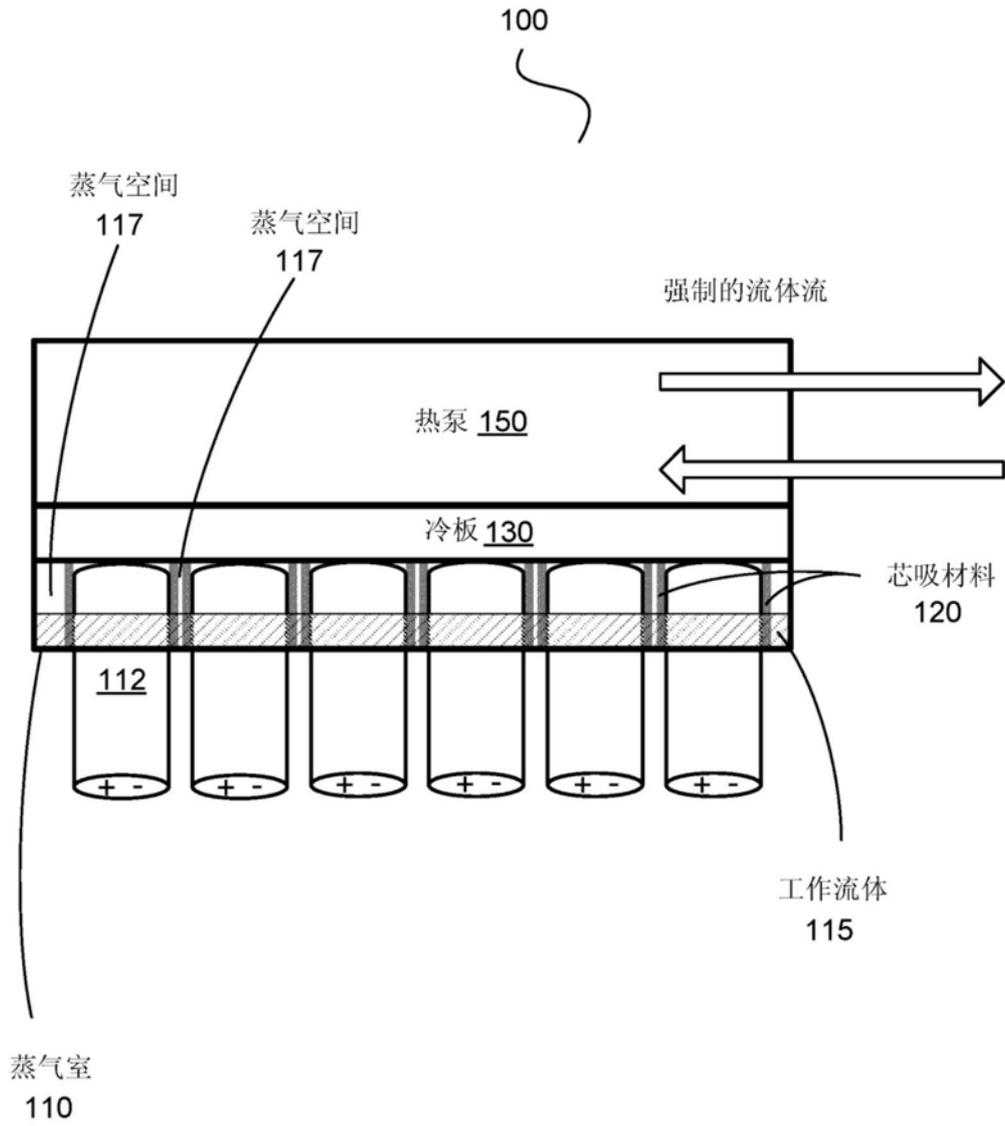


图1D

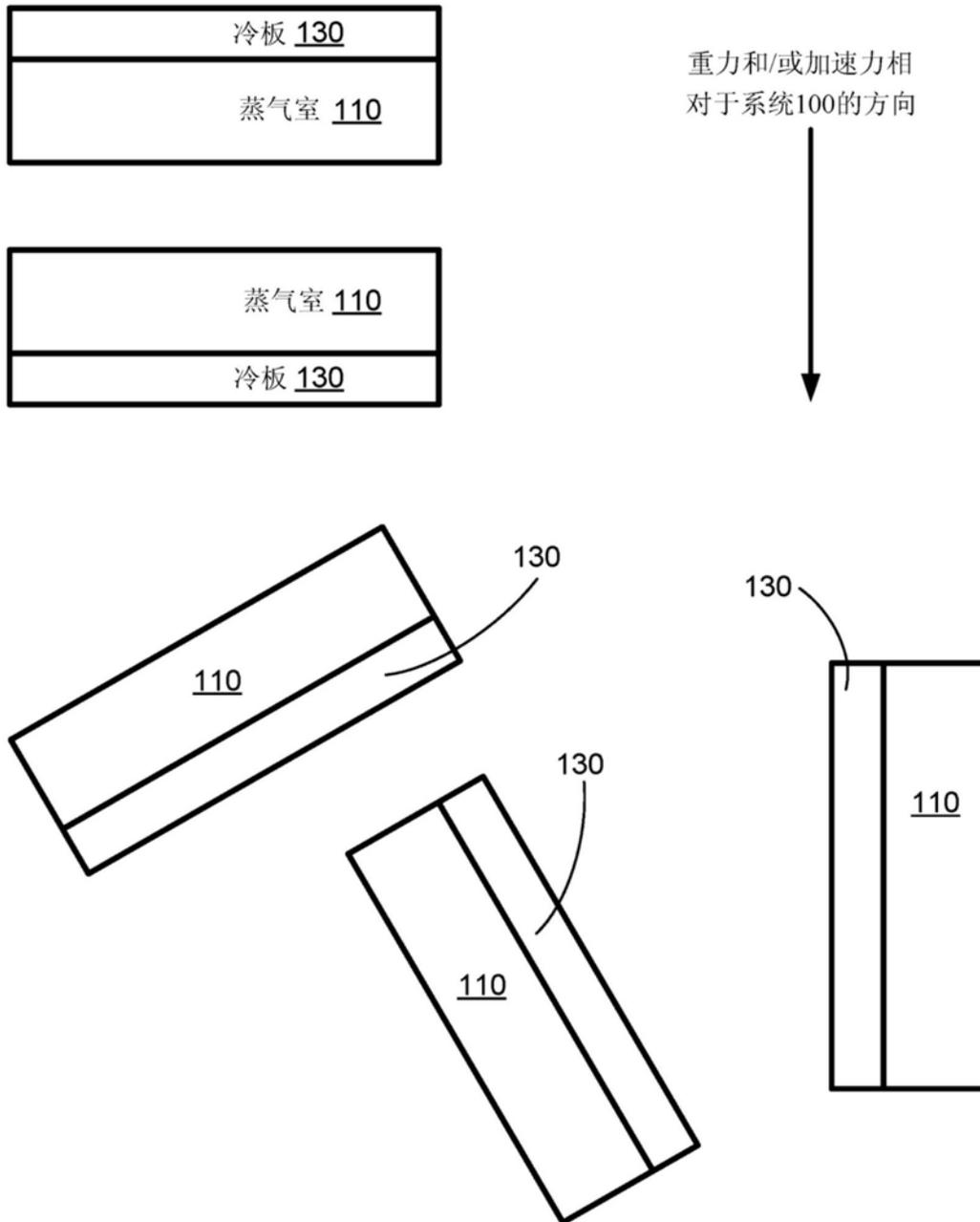


图1E

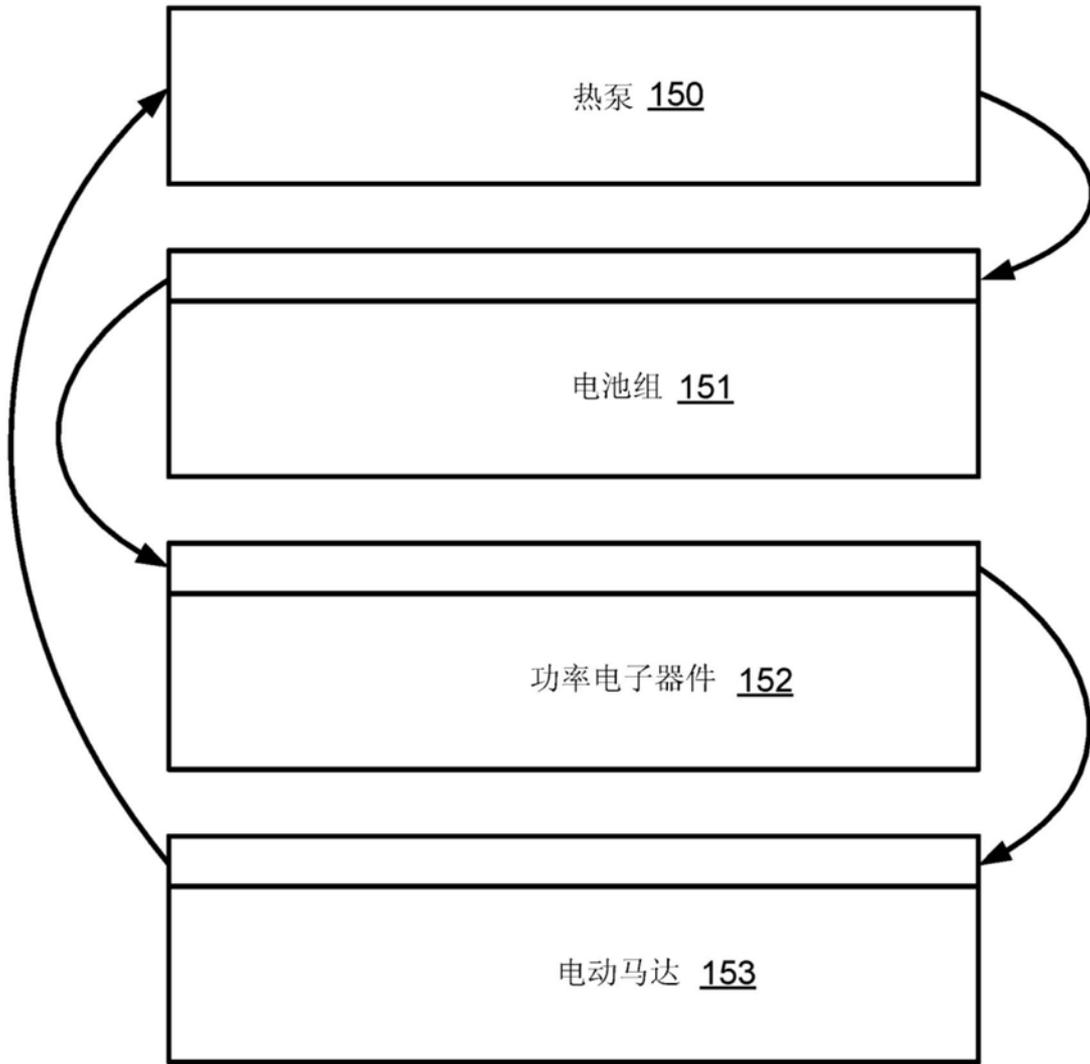


图1F

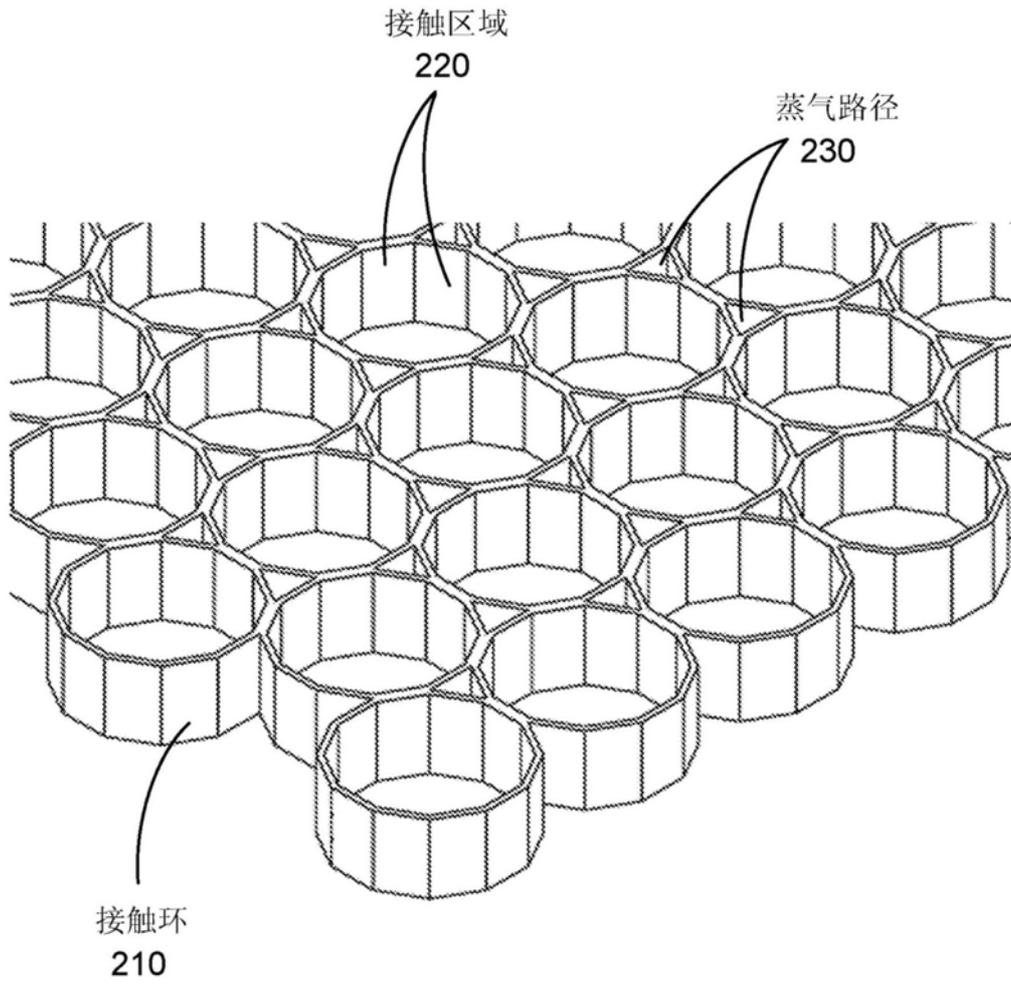


图2A

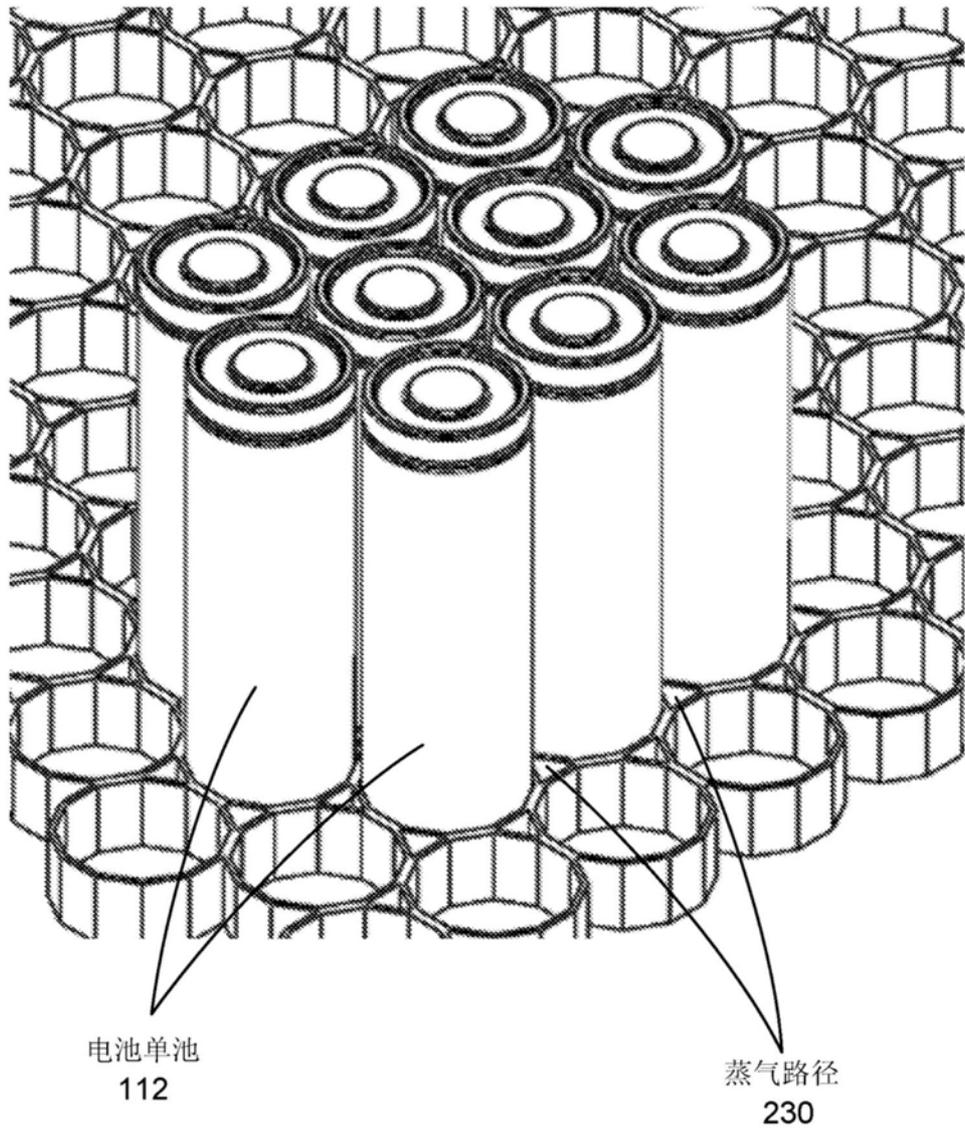


图2B

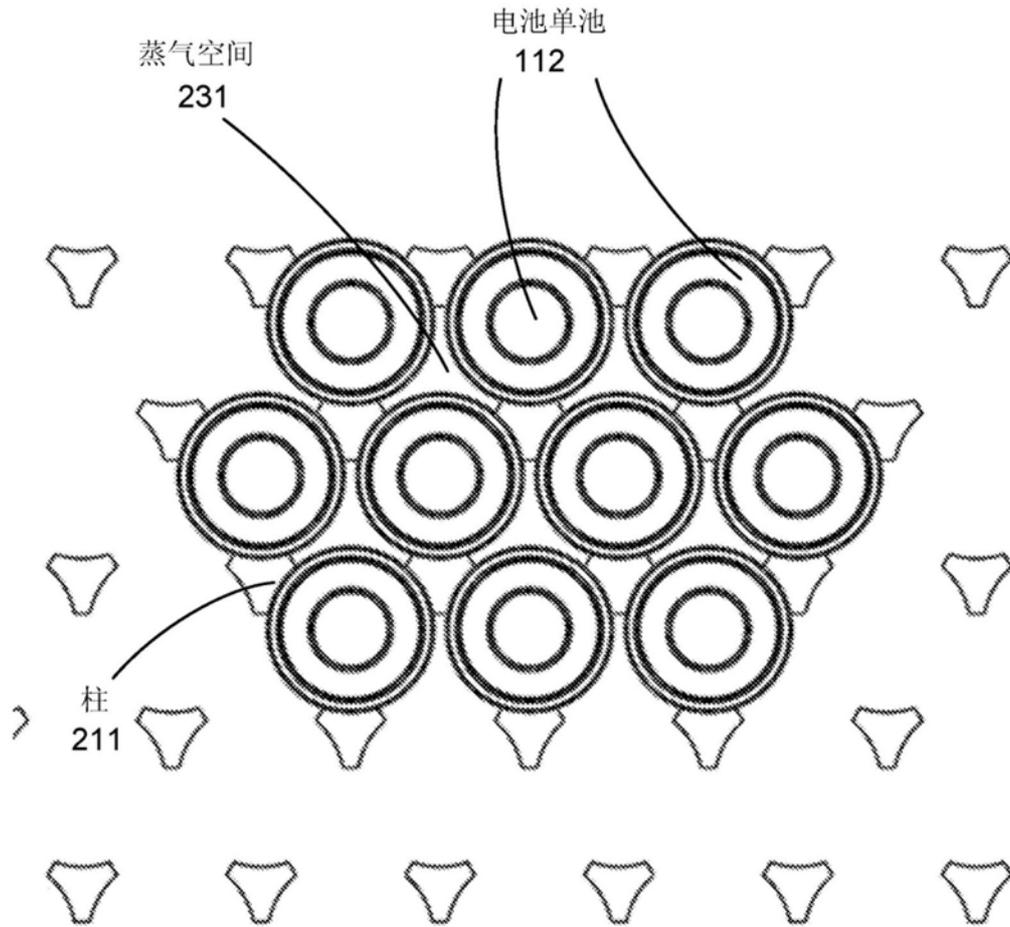


图2C

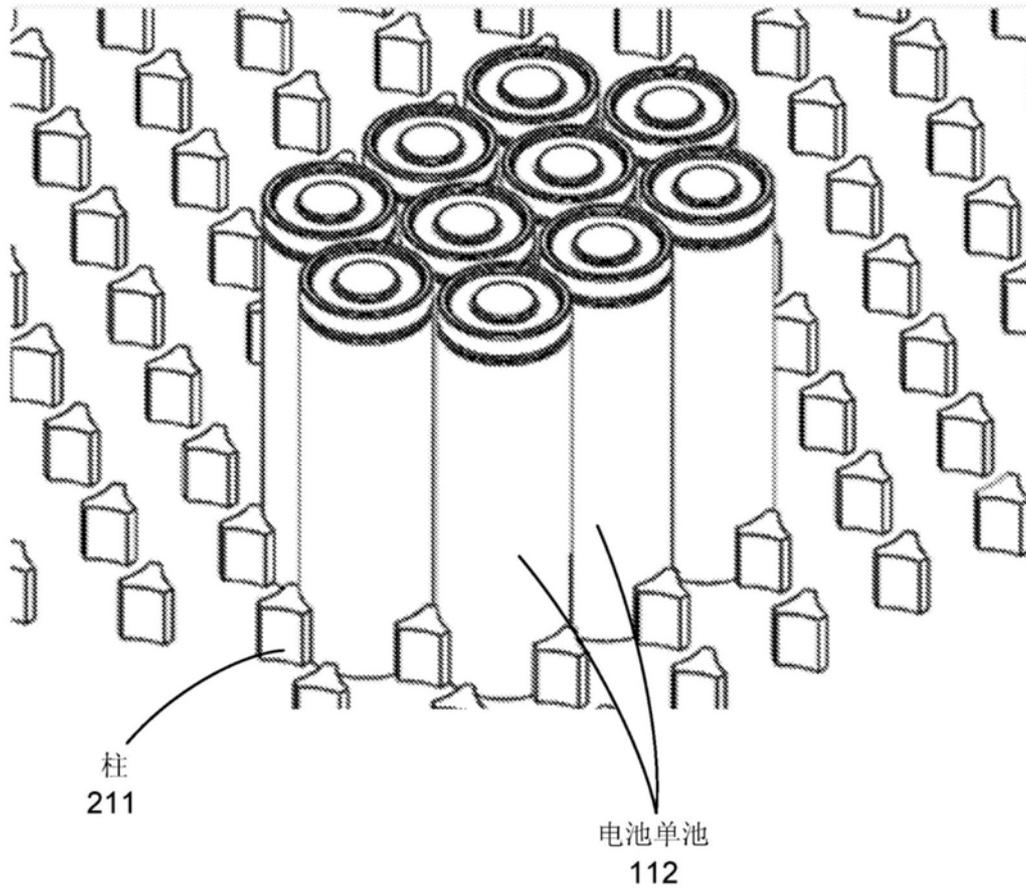


图2D

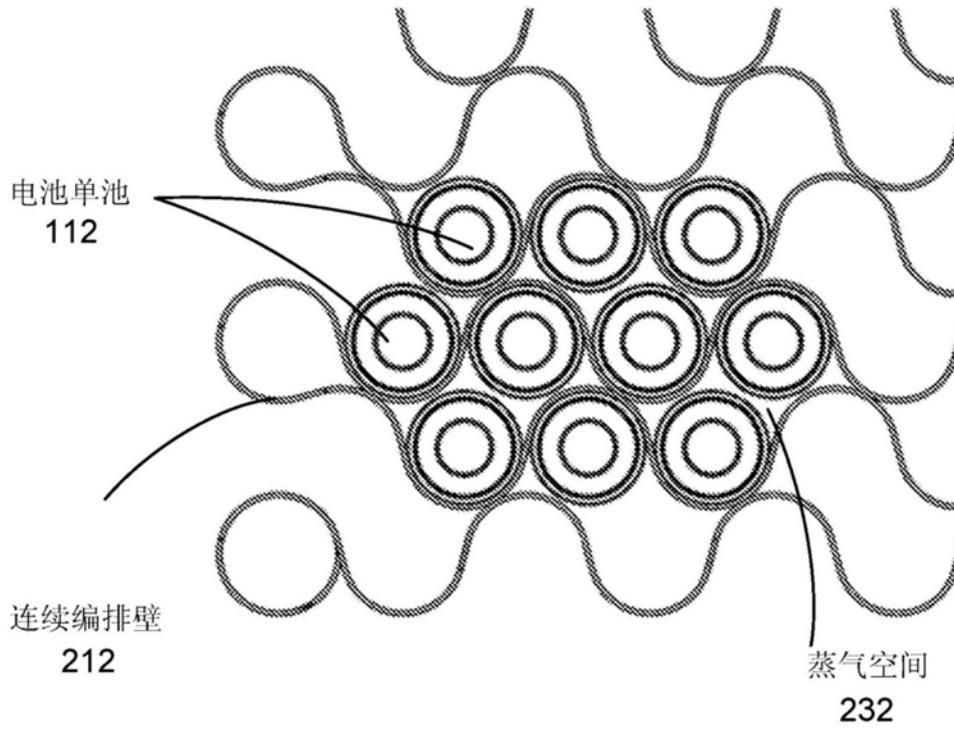


图2E

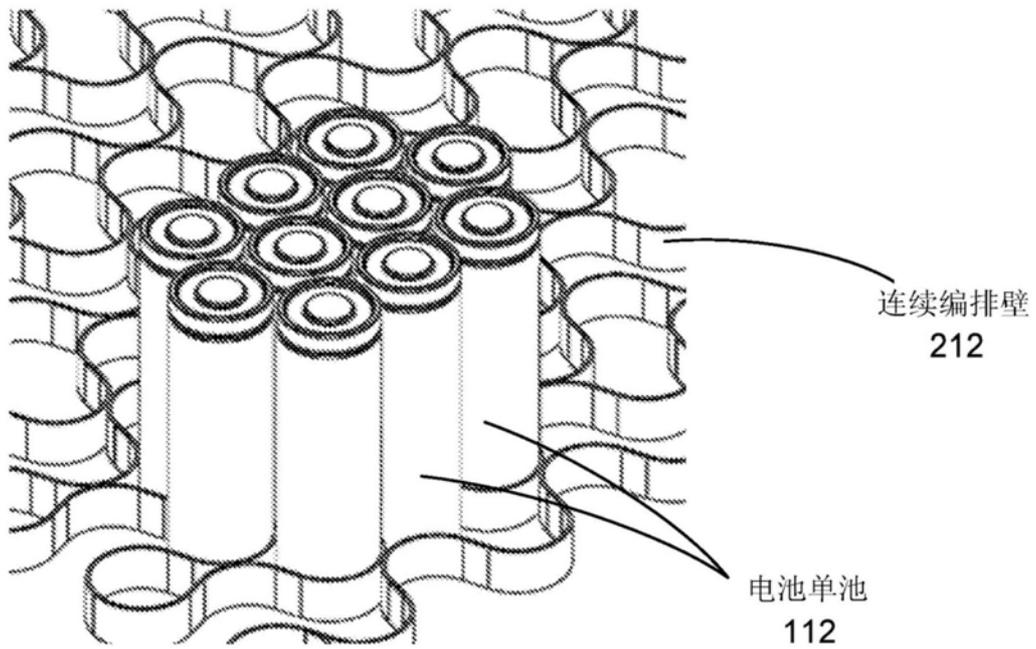


图2F

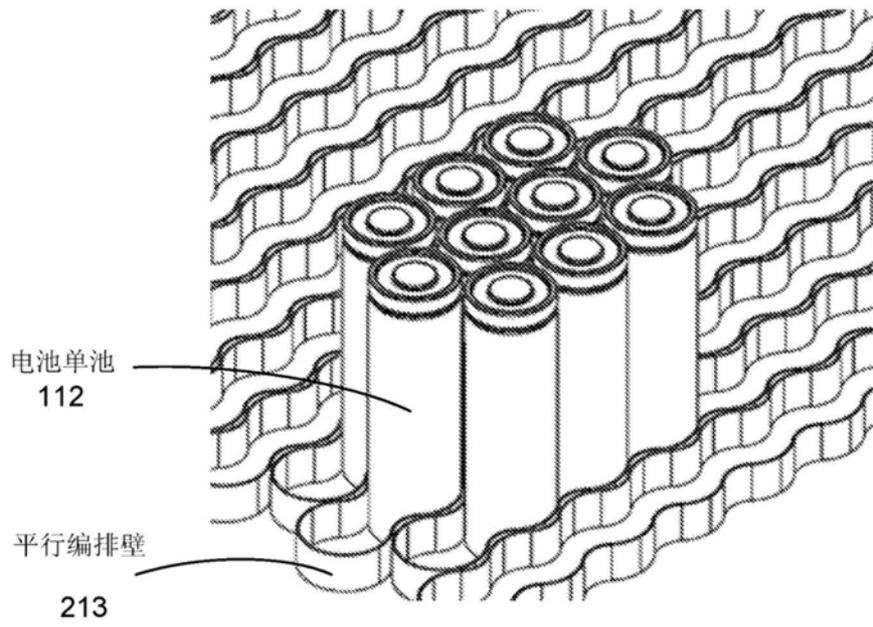


图2G

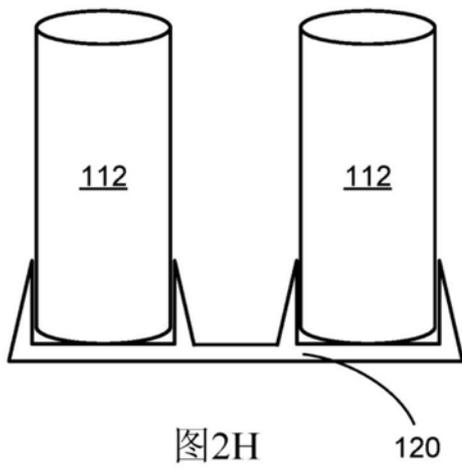


图2H

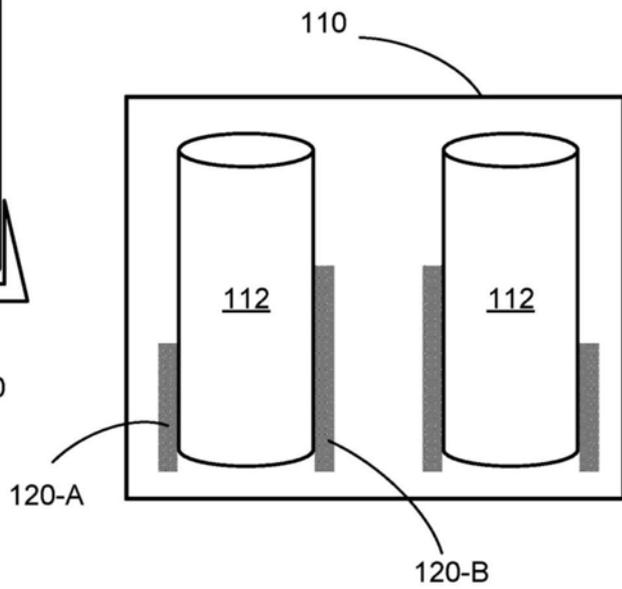


图2I

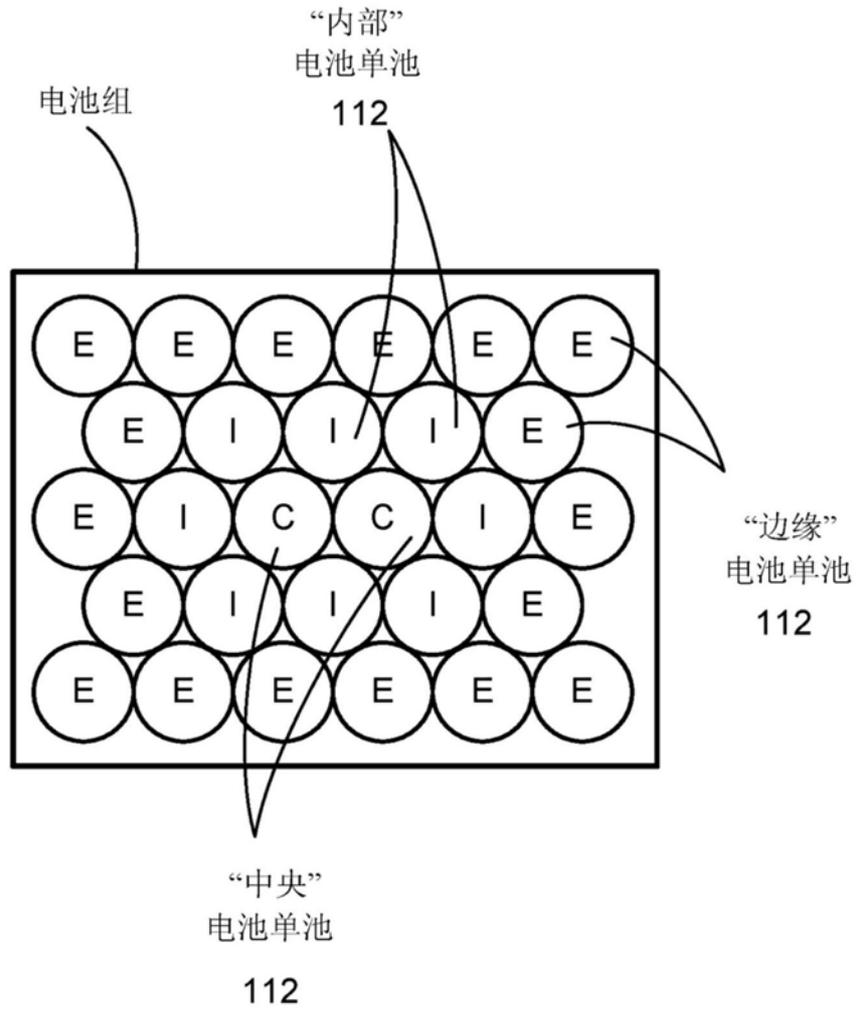


图2J

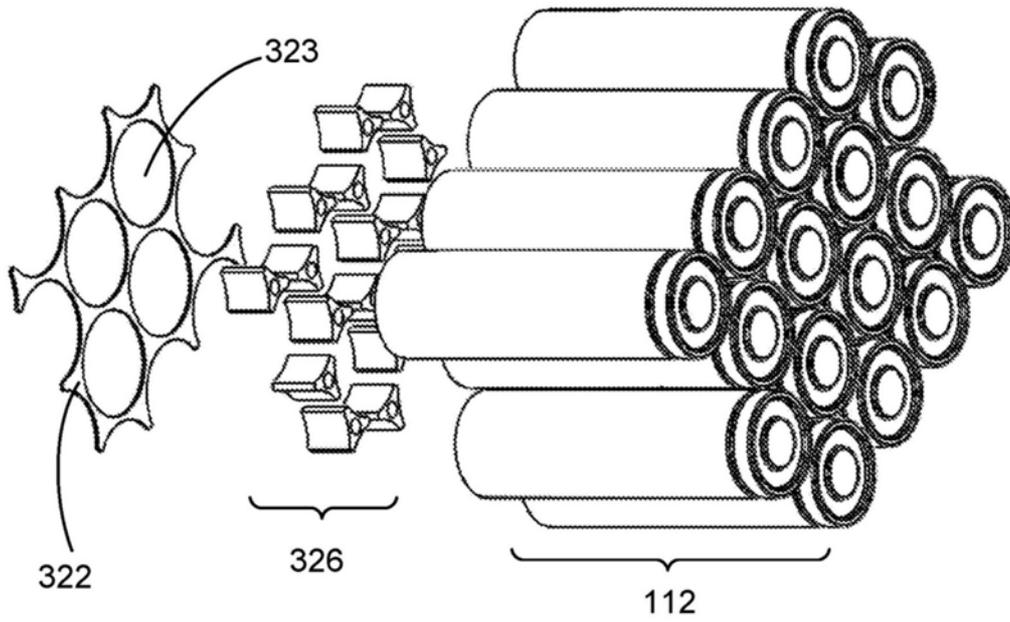


图3A

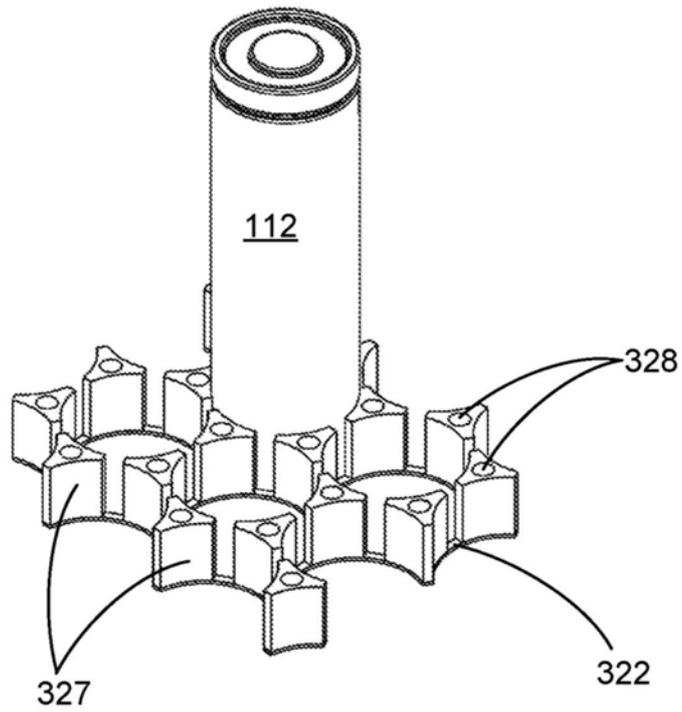


图3B

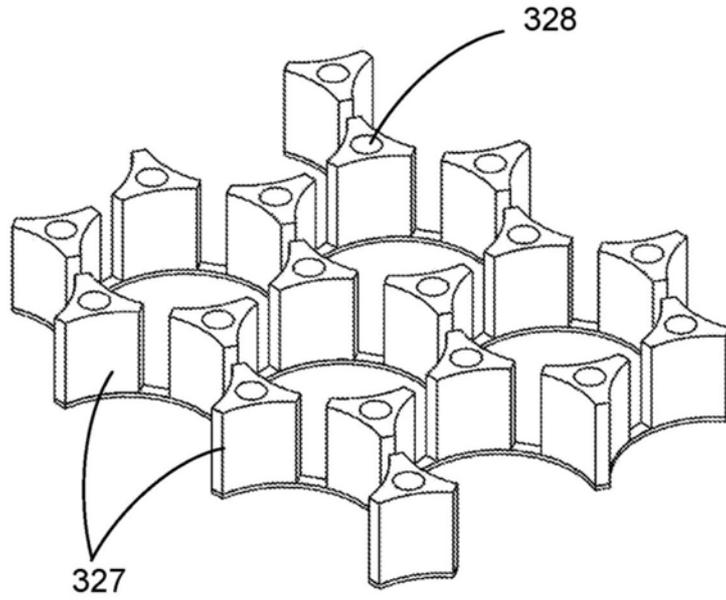


图3C

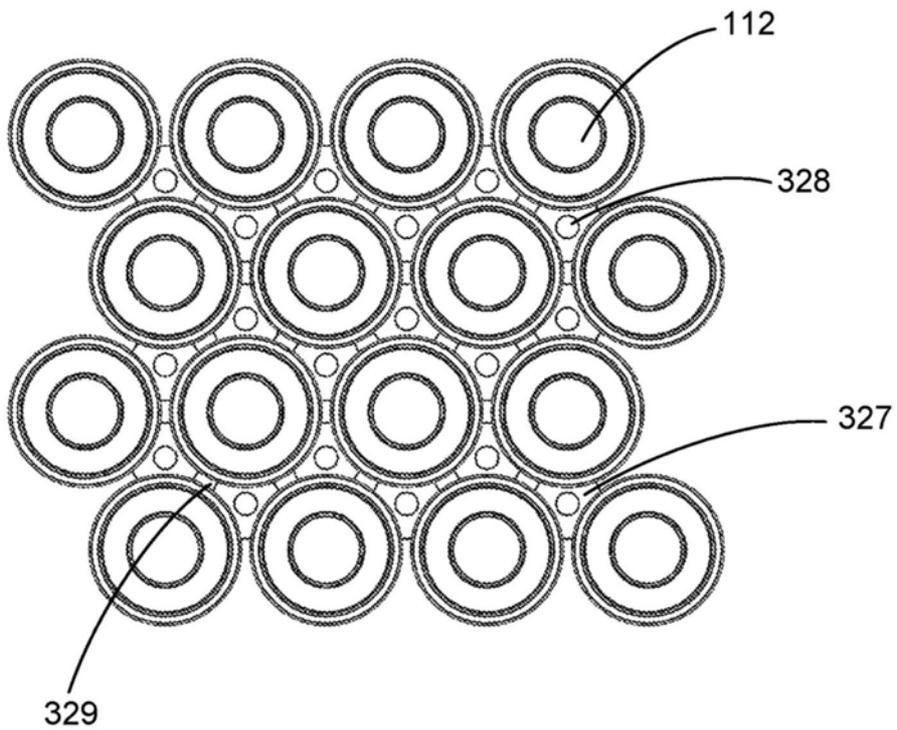


图3D

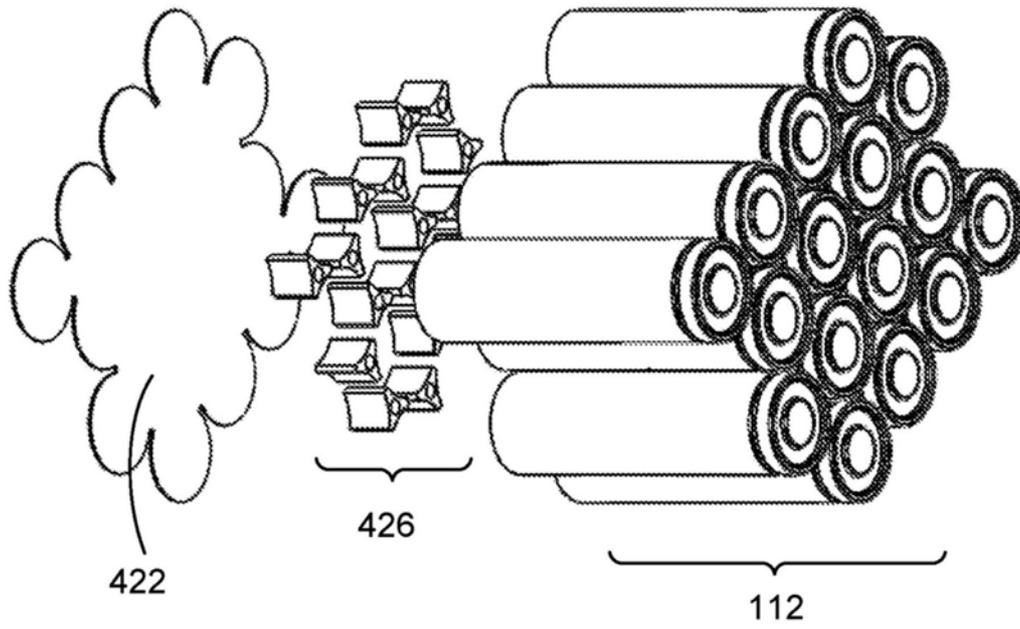


图4A

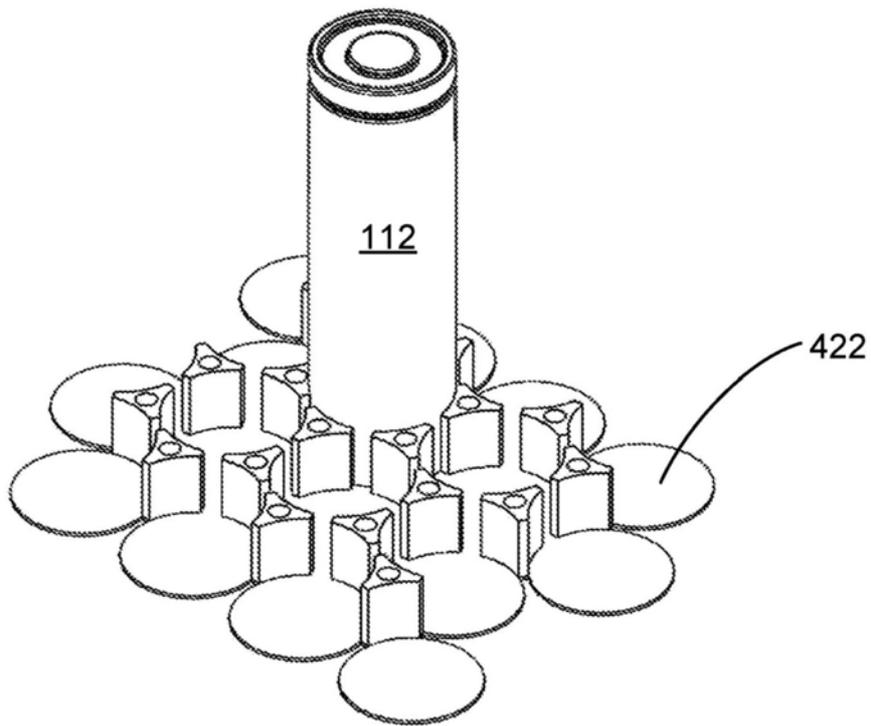


图4B

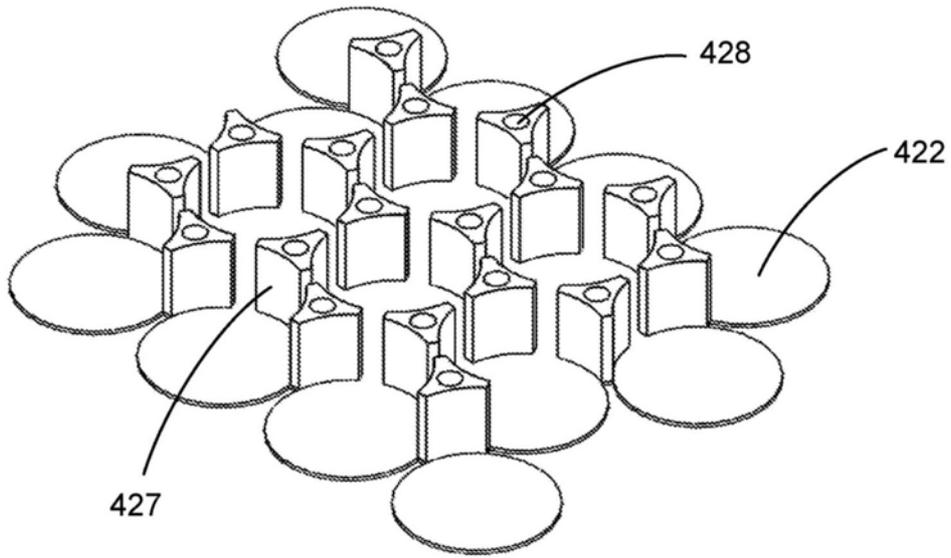


图4C

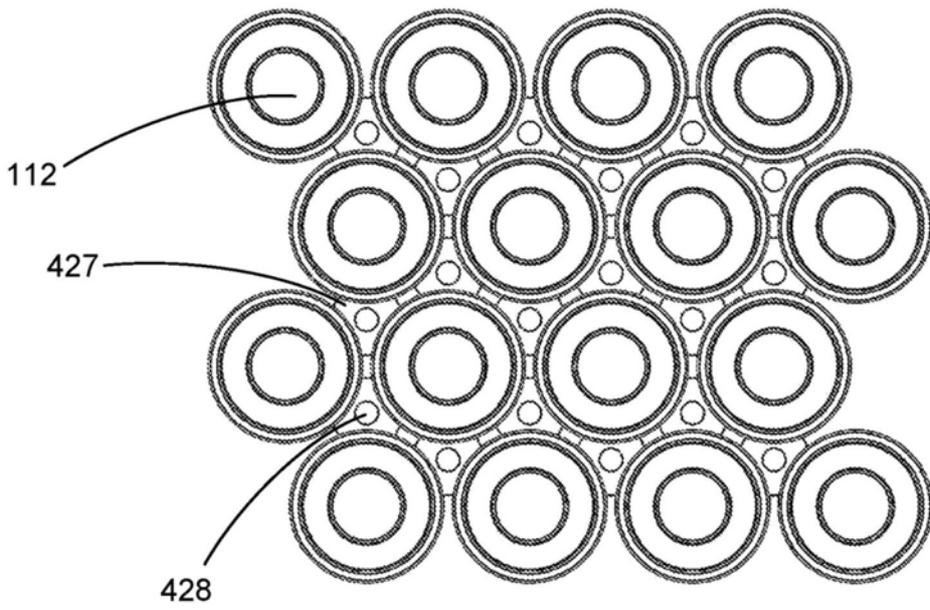


图4D

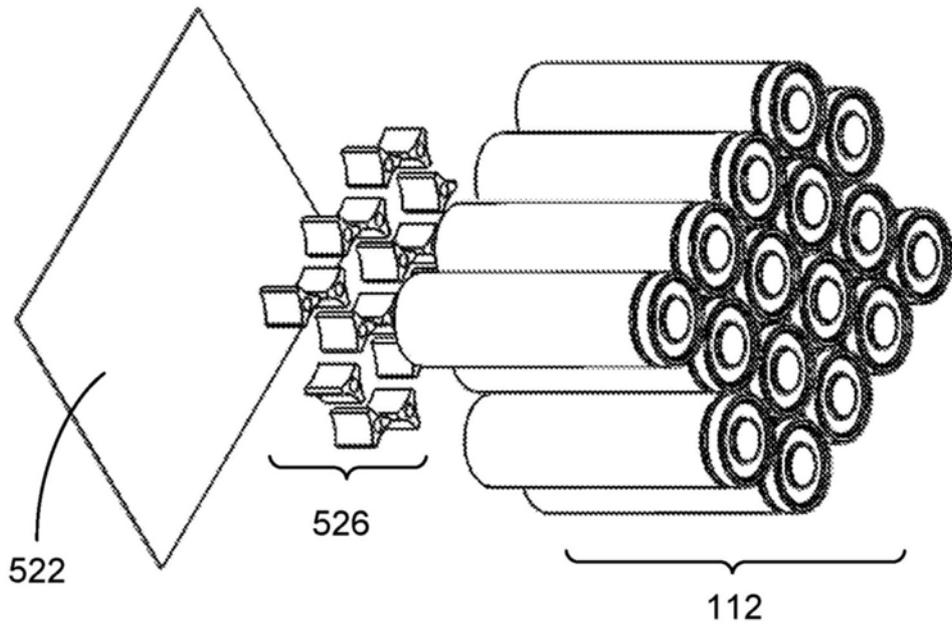


图5A

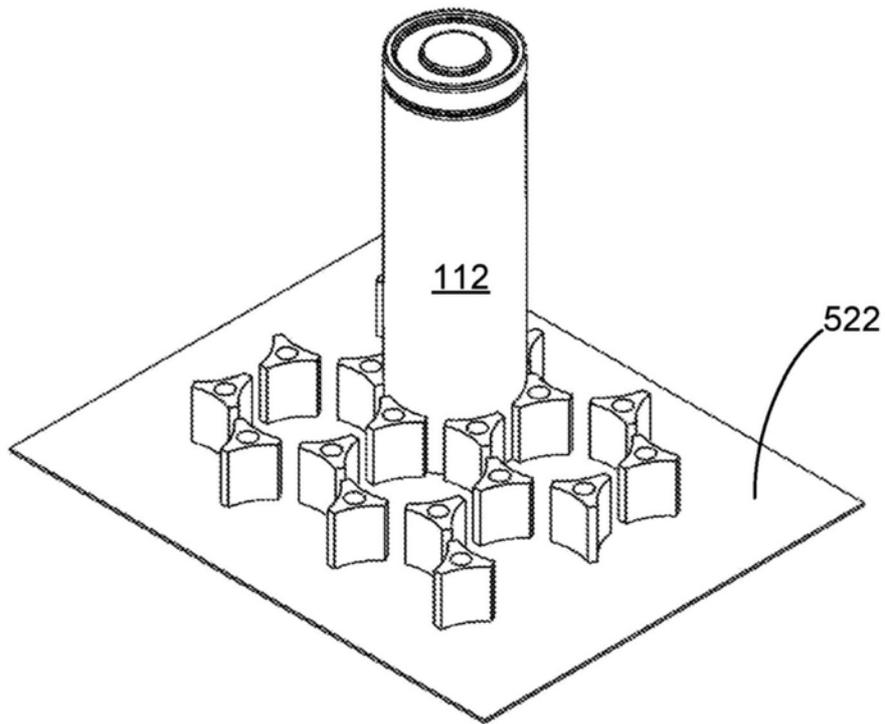


图5B

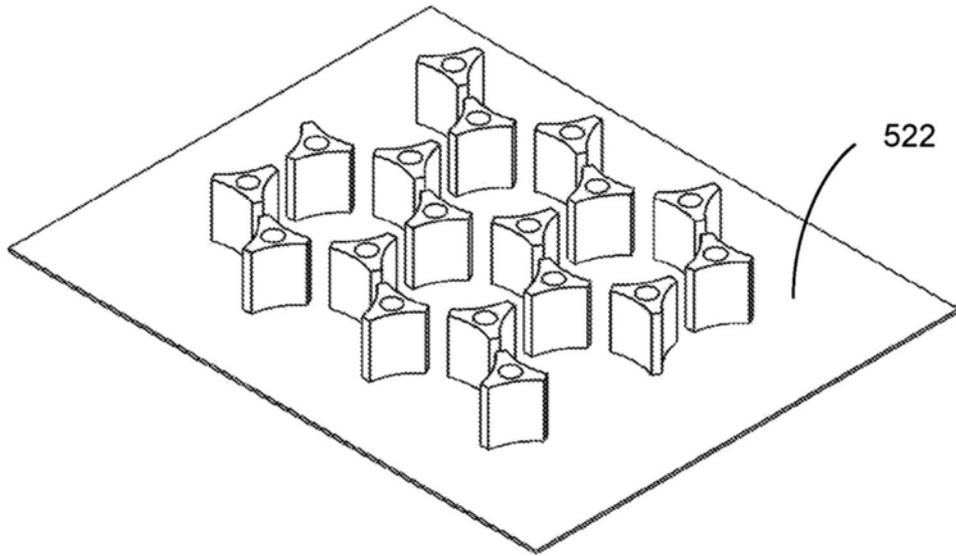


图5C

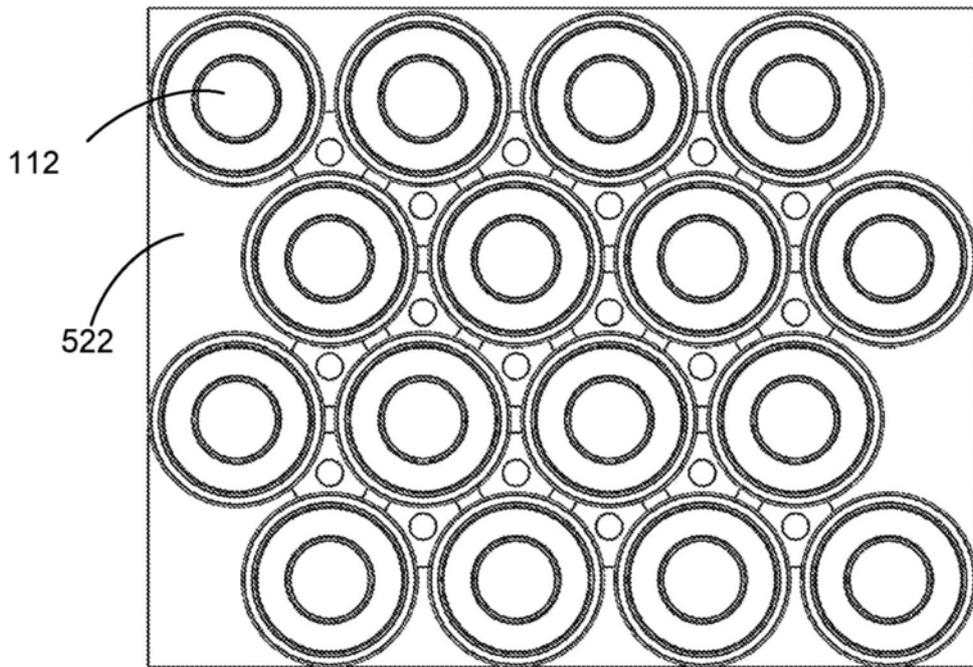


图5D

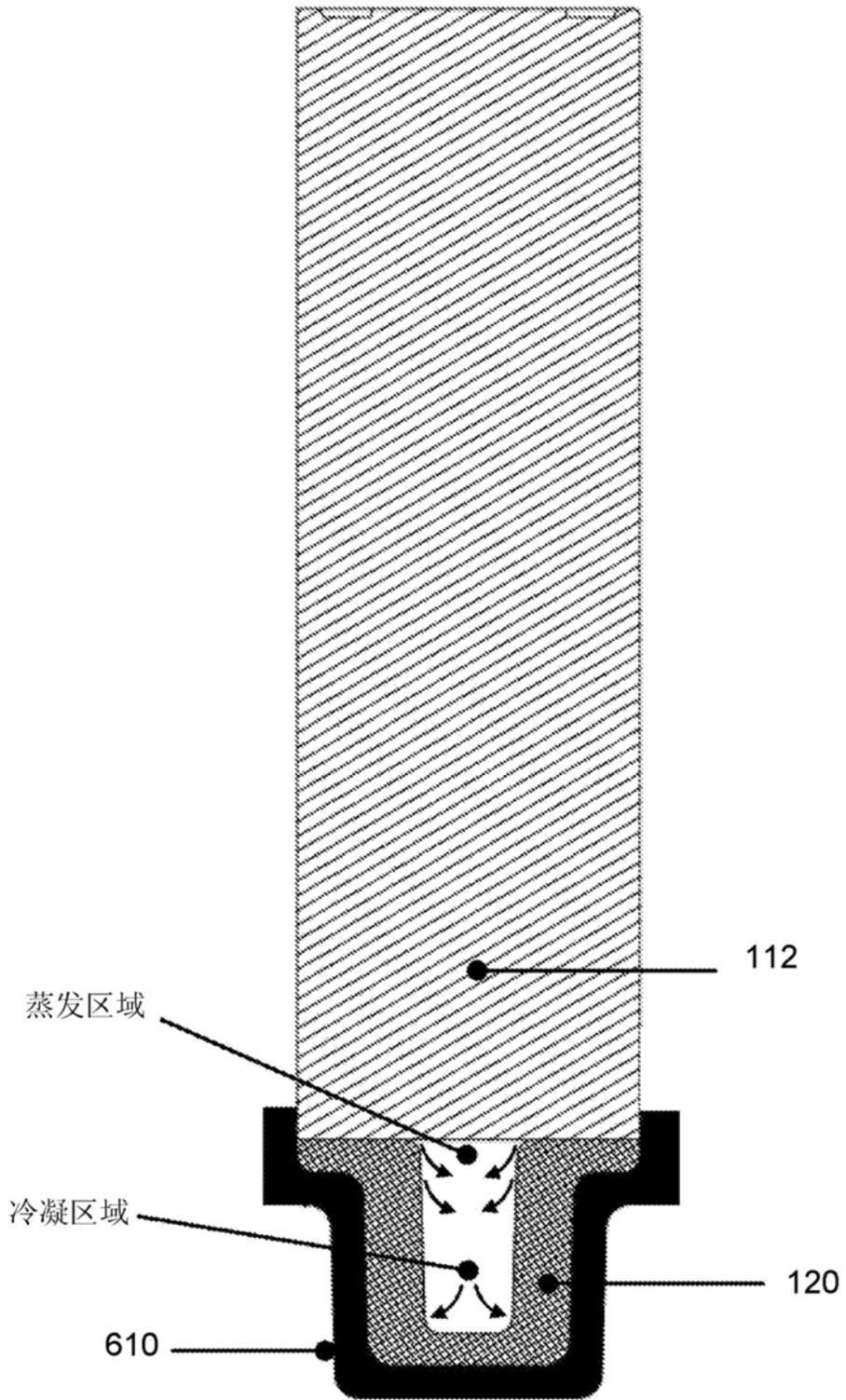


图6

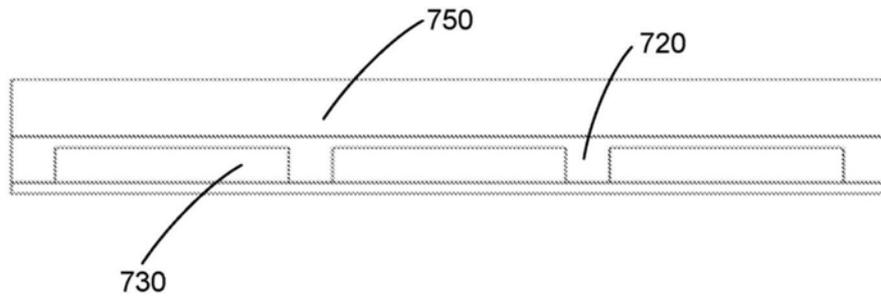


图7A

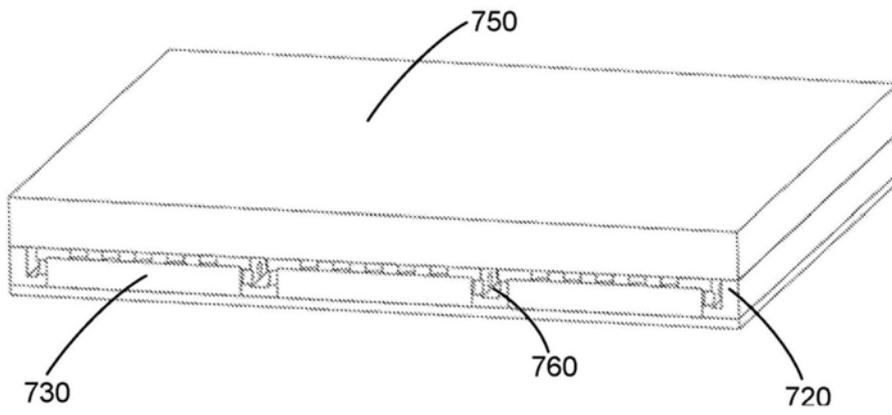


图7B

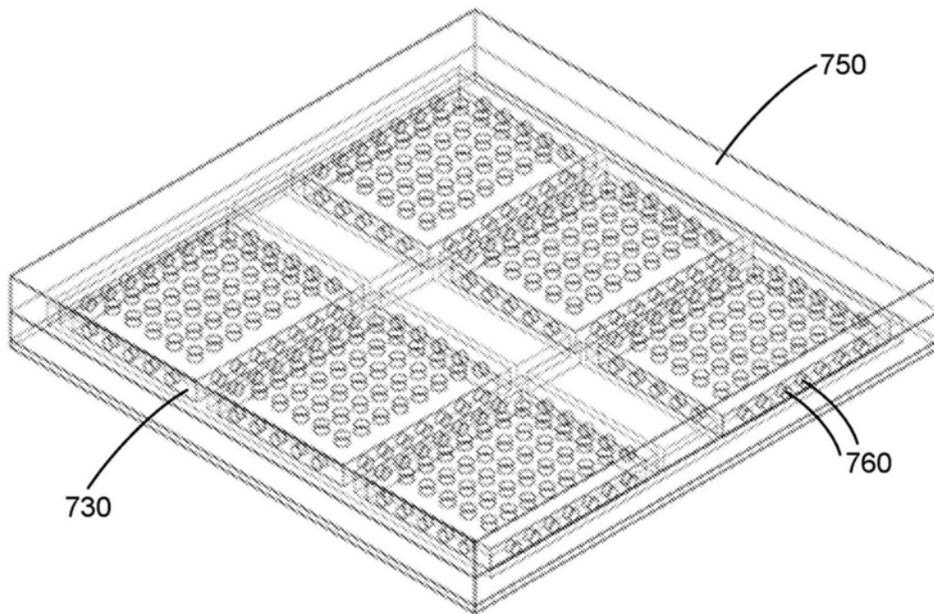


图7C

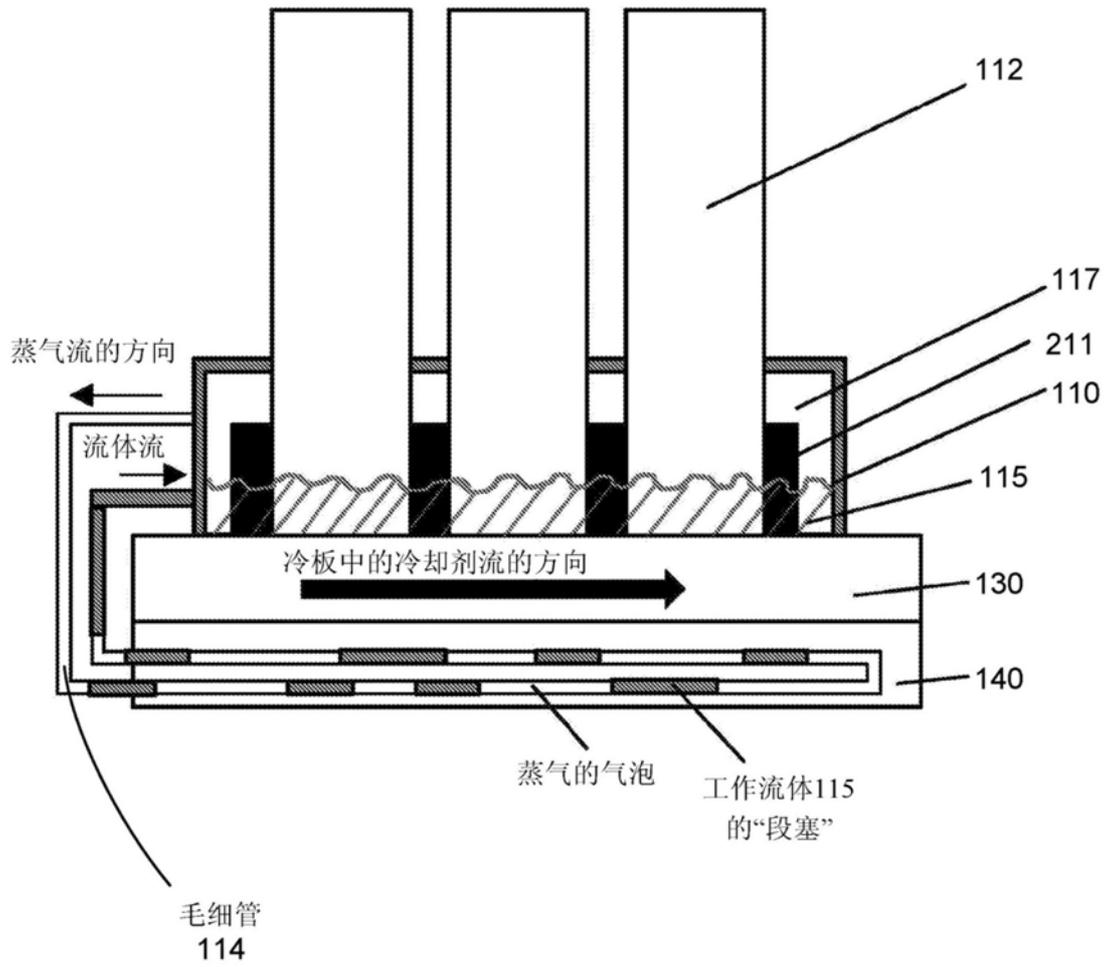


图8A

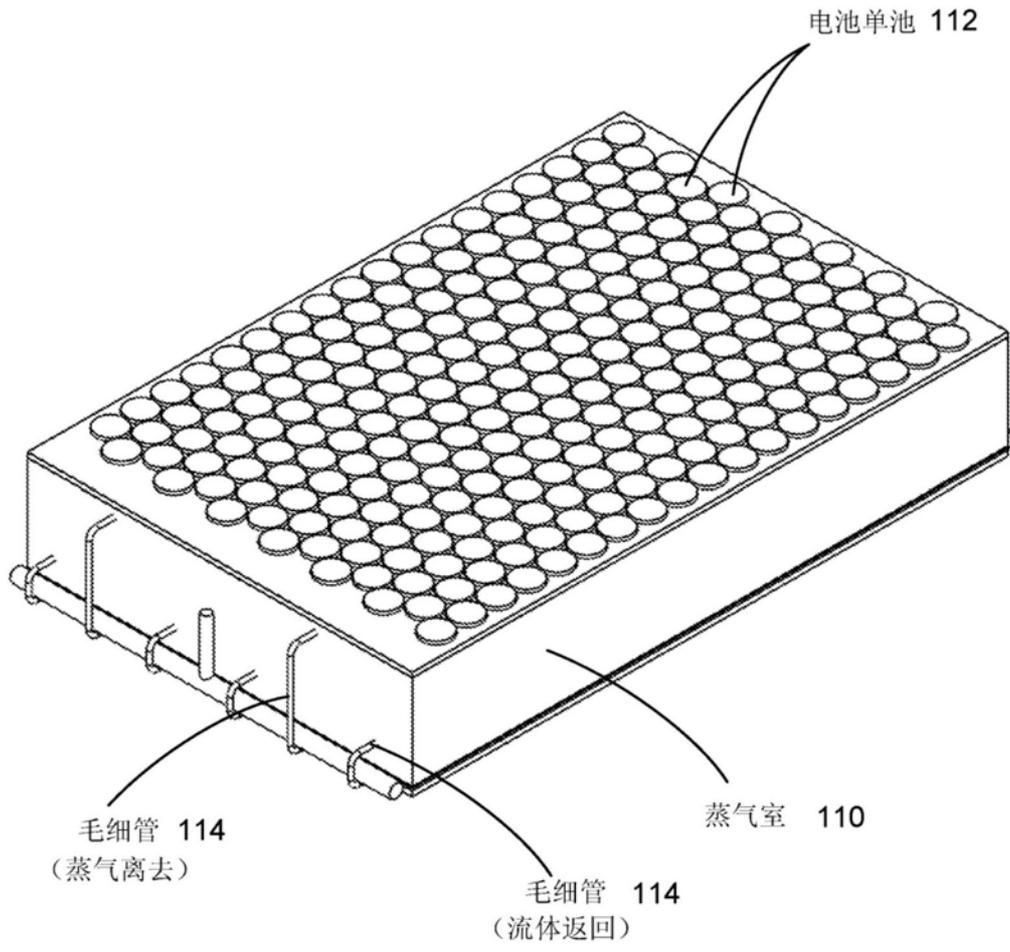


图8B

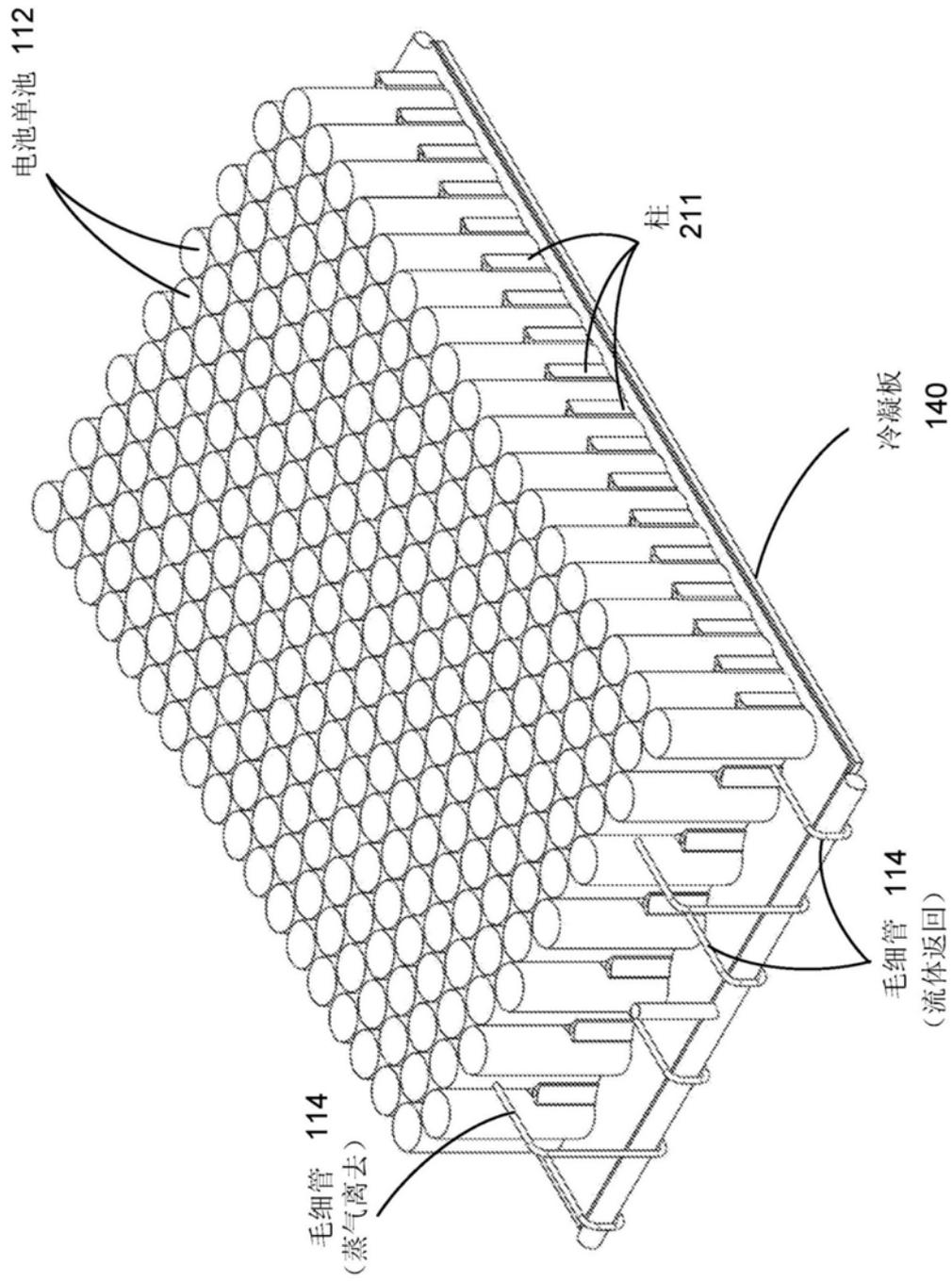


图8C

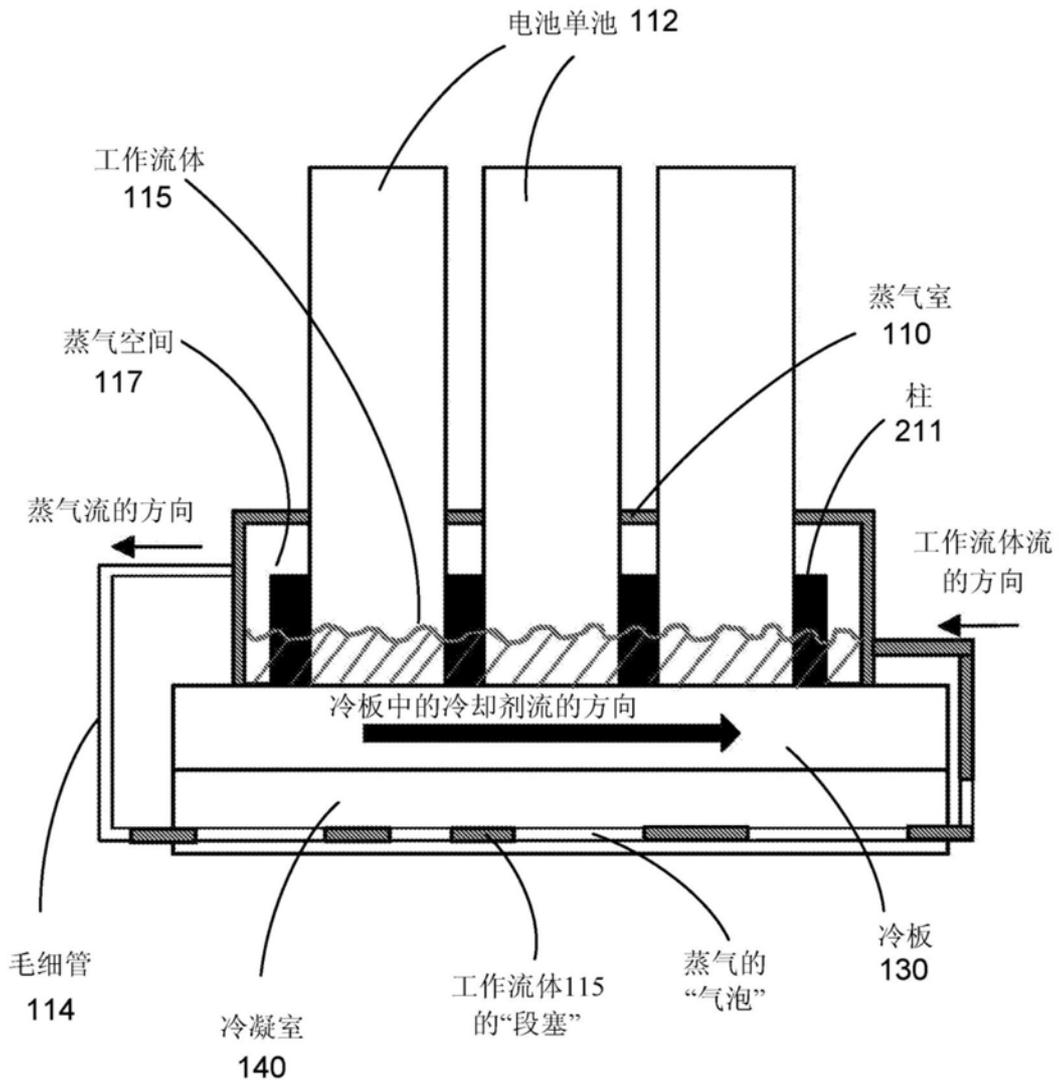


图9A

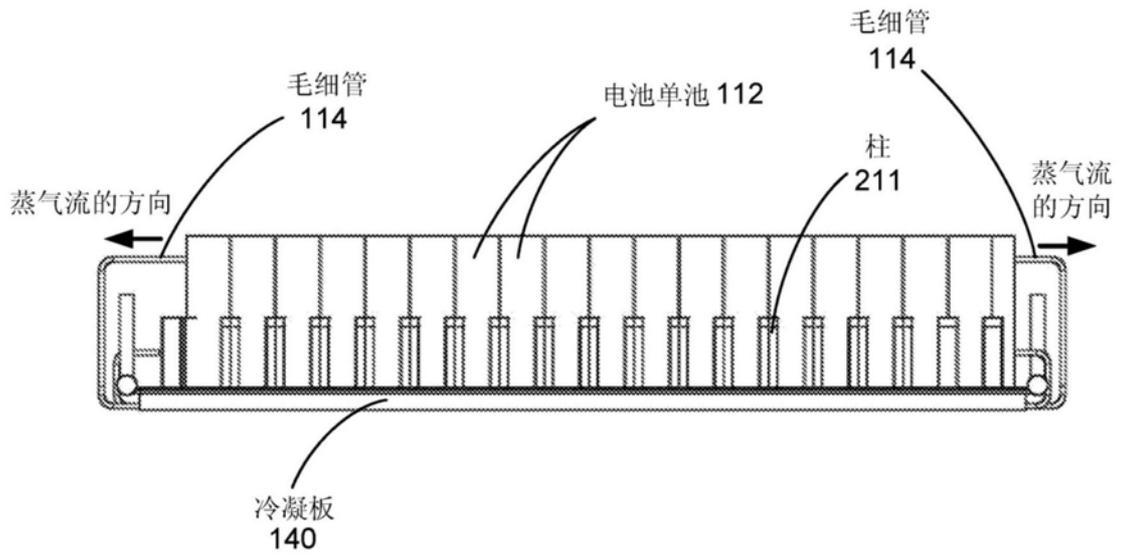


图9B

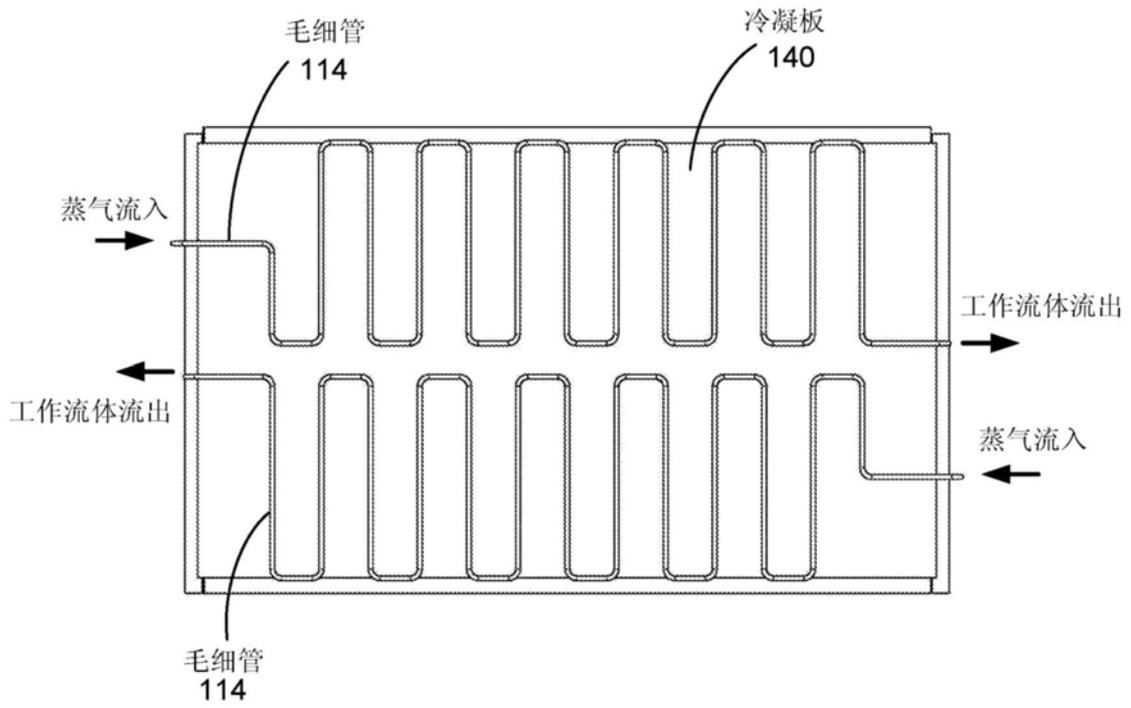


图9C

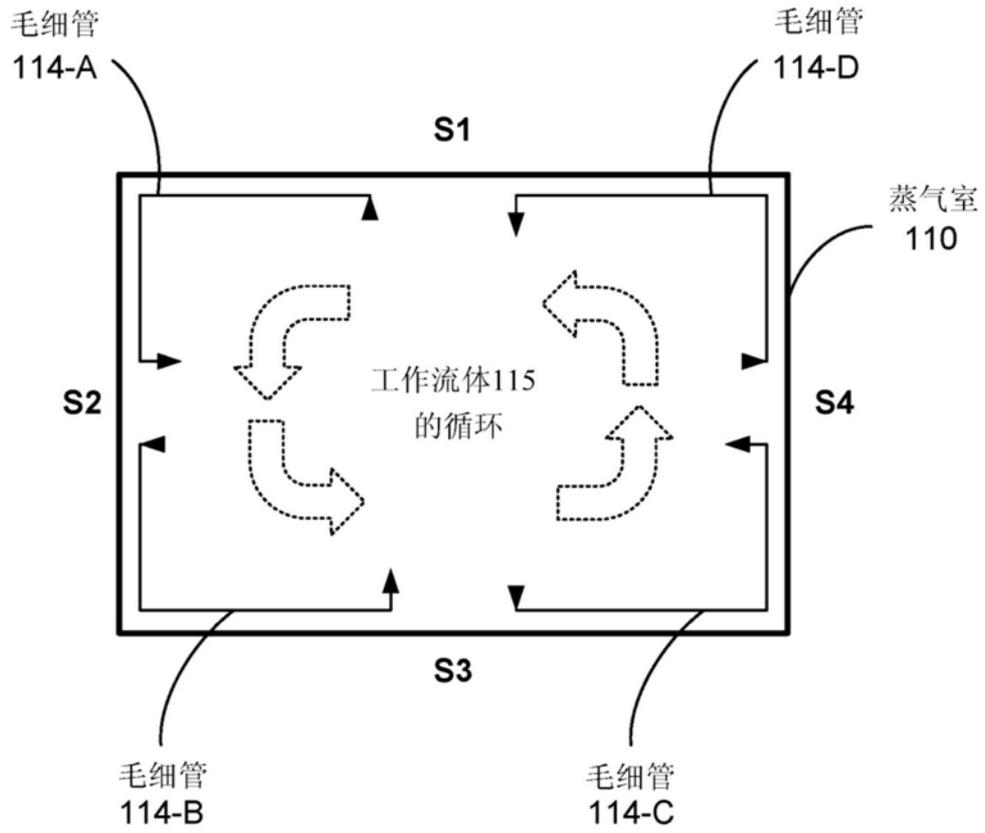


图9D

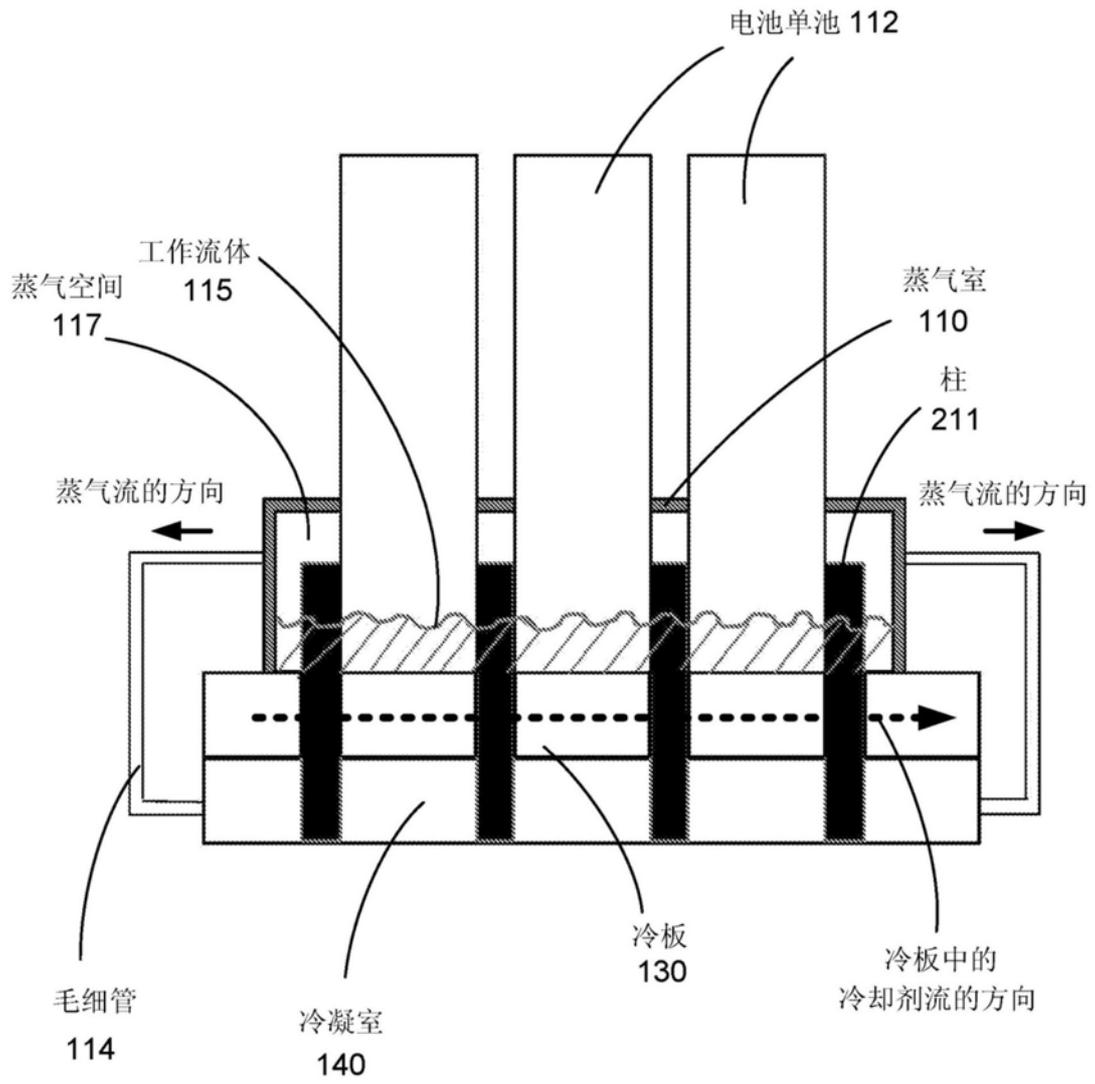


图10A

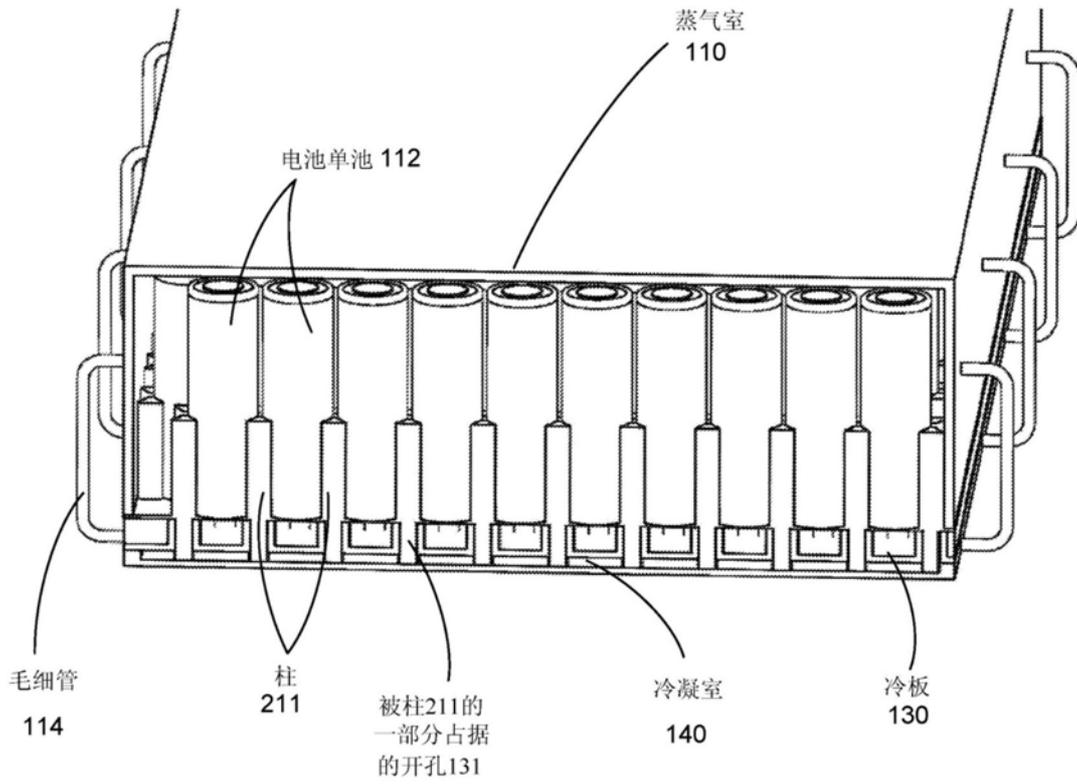


图10B

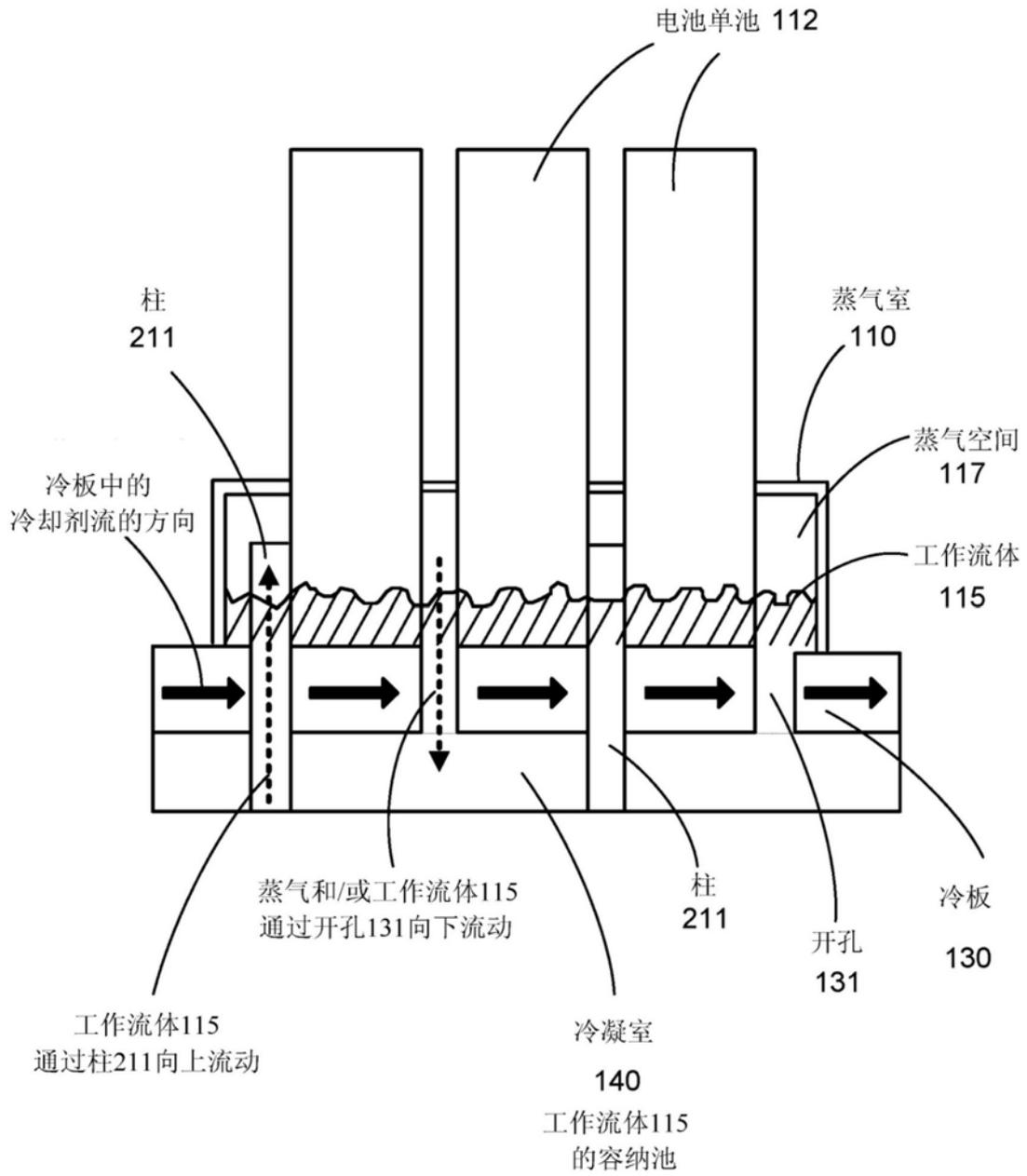


图11A

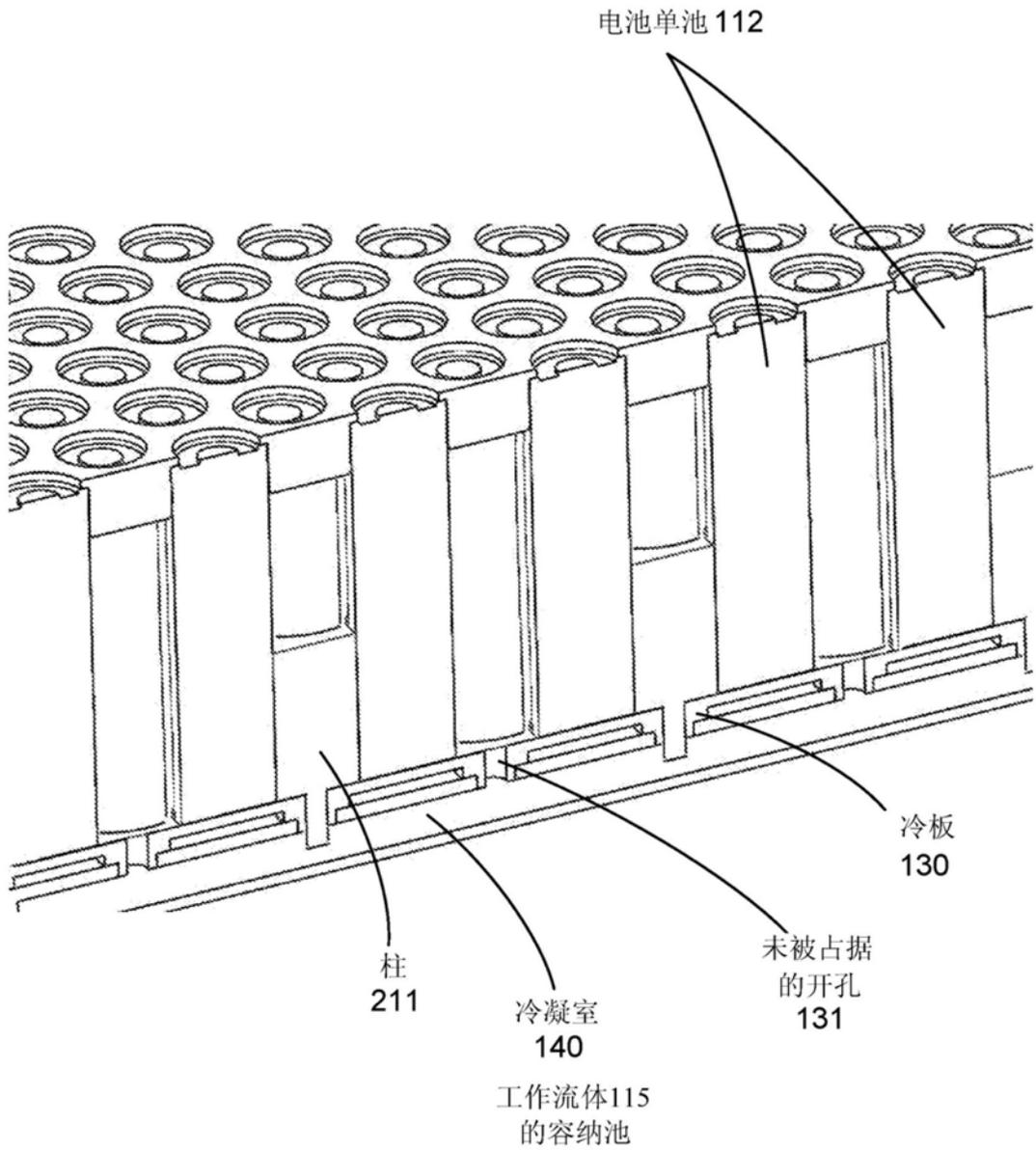


图11B

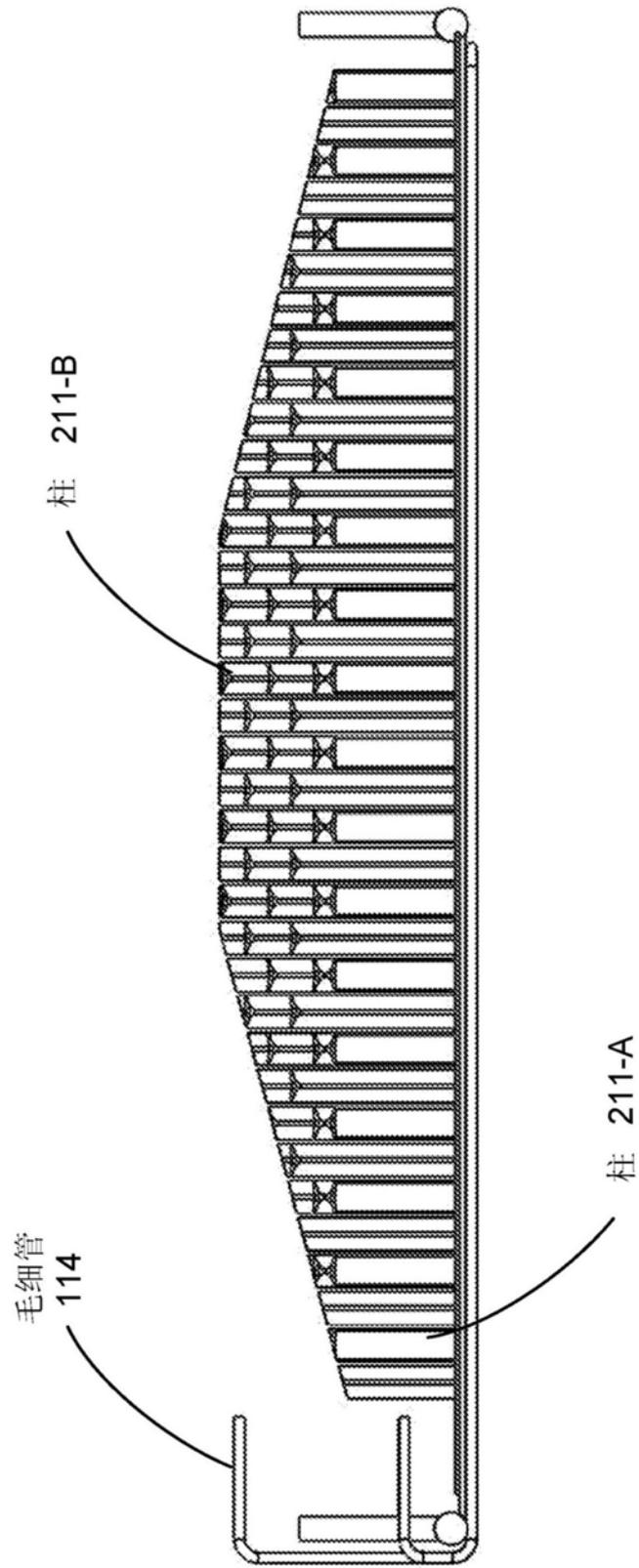


图12A

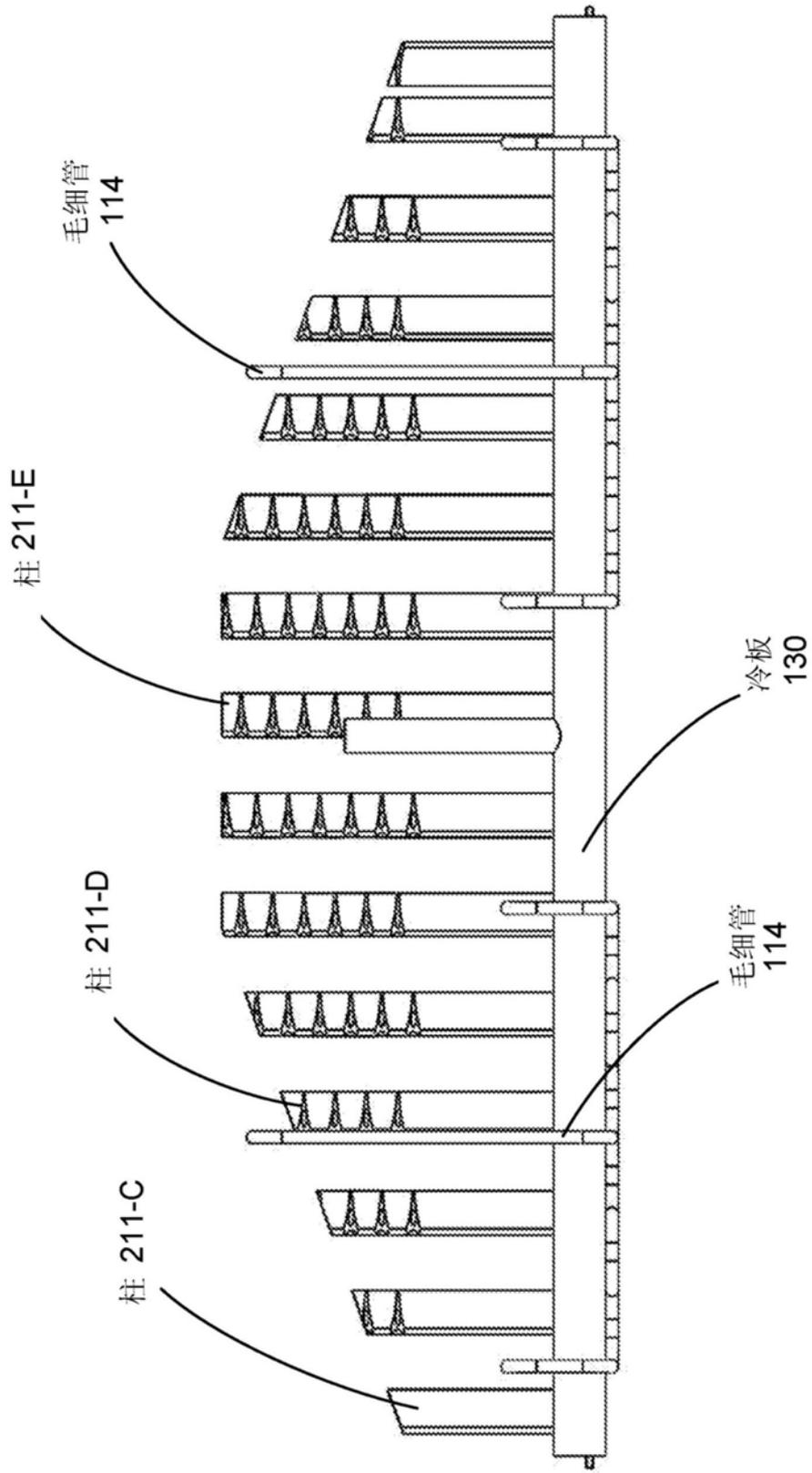


图12B

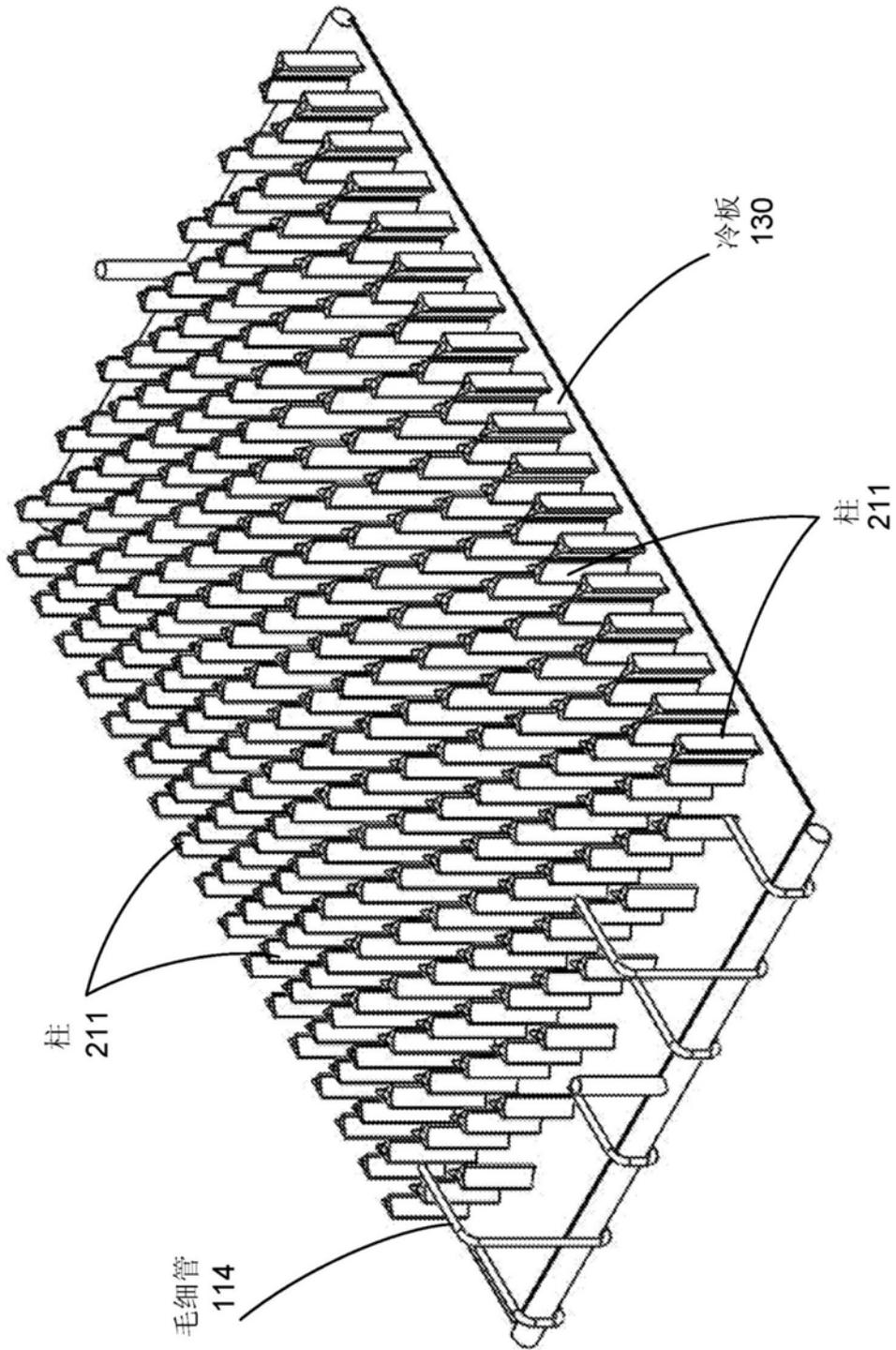


图12C