



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108352468 A

(43)申请公布日 2018.07.31

(21)申请号 201580083142.1

(22)申请日 2015.09.11

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.03.09

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/049830 2015.09.11

(87)PCT国际申请的公布数据
W02017/044133 EN 2017.03.16

(71)申请人 泰莱达因科学与成像公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 艾维杰特·博湖尼亚
奥利维尔·苏德瑞
斯蒂夫·清君·蔡

(74)专利代理机构 北京弘权知识产权代理事务
所(普通合伙) 11363

代理人 厉锦 王建国

(51)Int.Cl.
H01M 2/10(2006.01)
H01M 10/615(2006.01)
H01M 10/6569(2006.01)
H01M 10/6571(2006.01)
H01M 10/643(2006.01)
H01M 10/613(2006.01)

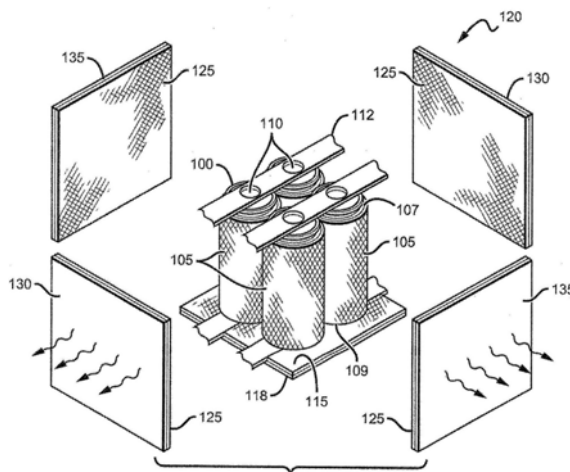
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54)发明名称

用于热管理和防止爆炸传播的多功能耐高温结构

(57)摘要

一种用于热管理和结构围护的系统,包括封壳(120)、设置在封壳(120)内的热源(100)以及包围热源(100)外表面的至少一部分的芯(105)。



1. 一种用于热管理和结构围护的系统,包括:
封壳;
设置在所述封壳内的热源;和
芯,所述芯包围所述热源的外表面的至少一部分。
2. 根据权利要求1所述的系统,还包括:
设置在所述封壳内并与所述芯连通的工作流体。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述封壳是基本上气密的。
4. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述芯包括选自由陶瓷、纤维素、玻璃或聚合物纤维组成的组的材料。
5. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述芯包括选自由无纺、机织/织物、针织或编织纤维组成的组的织物。
6. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述芯是多尺度芯。
7. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述多尺度芯具有多个芯层,每个相邻层具有不同的孔径分布。
8. 根据权利要求1所述的系统,还包括:
位于所述封壳的第一内壁上的第一多尺度芯。
9. 根据权利要求8所述的系统,还包括:
设置在所述封壳的外壁上的加热毯,所述外壁位于所述第一内壁的相对侧。
10. 根据权利要求8所述的系统,还包括:
位于所述封壳的第二内壁上的第二多尺度芯,其中第二内壁与所述第一内壁相对。
11. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述热源包括蓄能装置。
12. 根据权利要求11所述的系统,其中,所述蓄能装置是设置在所述封壳内的多个第一蓄能装置中的一个。
13. 根据权利要求12所述的系统,其中,所述多个第一蓄能装置以单块构型层叠在所述第一多尺度芯结构上。
14. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述多个第一蓄能装置中的每一个的外表面都基本上由多个机织/织物陶瓷芯中的相应一个包围。
15. 根据权利要求14所述的系统,还包括沿着所述多个机织/织物陶瓷芯延伸的第二多尺度芯,所述第二多尺度芯与所述多个机织/织物陶瓷芯液体连通。
16. 根据权利要求15所述的系统,其中,所述第二多尺度芯沿着所述多个机织/织物陶瓷多尺度芯中的每一个的半径R延伸,以增加所述第二多尺度芯与所述多个机织/织物陶瓷多尺度芯中的每一个之间的液体接触表面积。
17. 根据权利要求13所述的系统,还包括:
以单块构型层叠在所述第一多尺度芯结构上的多个第二热源,所述多个第二热源各自具有基本上由多个机织/织物陶瓷多尺度芯中的相应一个包围的外表面。
18. 根据权利要求17所述的系统,还包括:
位于多个第一和第二层叠的热源之间的内部框架结构。
19. 一种用于热管理和结构围护的系统,包括:
封壳;

设置在所述封壳内的电池；

包围所述电池的外表面的至少一部分的机织/织物陶瓷护套；和
与所述机织/织物陶瓷护套液体连通的工作流体。

20. 根据权利要求19所述的系统,还包括:

位于所述封壳的第一壁的内侧的第一多尺度芯结构。

21. 根据权利要求20所述的系统,还包括:

设置在所述第一壁的外侧的加热器,所述加热器设置成与所述第一多尺度芯结构互补地相对。

22. 根据权利要求20所述的系统,其中,所述电池是设置在所述封壳内的多个第一电池中的一个。

23. 根据权利要求20所述的系统,其中,所述多个第一电池以单块构型层叠。

24. 根据权利要求23所述的系统,其中,以单块构型层叠的所述多个第一电池层叠在内部基芯上。

25. 根据权利要求24所述的系统,还包括:

以单块构型层叠在所述内部基芯上的多个第二电池,所述多个第二电池各自具有由多个机织/织物陶瓷护套中的相应一个包围的外表面。

26. 根据权利要求24所述的系统,还包括:

位于所多个第一和第二层叠的电池之间的内部框架结构。

27. 一种传热方法,包括:

从基本上包围封壳中的电池的外表面的多尺度芯中接收热能;以及
在所述多尺度芯与位于所述封壳的第一壁的内侧的第一多尺度芯结构之间传递热能。

28. 根据权利要求27所述的方法,还包括:

响应于从所述电池接收的热能而在所述多尺度芯中产生蒸气;以及
在所述第一多尺度芯结构中产生冷凝物;
其中,热从电池传递到多尺度芯。

29. 根据权利要求28所述的方法,还包括:

通过所述多尺度芯提供抵抗所述电池的径向膨胀的结构加强。

30. 根据权利要求27所述的方法,还包括:

在所述第一多尺度芯结构中产生蒸气;以及
响应于接收到的热能而在所述多尺度芯中产生冷凝物;
其中,热从所述多尺度芯传递到电池。

用于热管理和防止爆炸传播的多功能耐高温结构

技术领域

[0001] 本发明涉及相变冷却系统,更具体地涉及使用芯的相变系统。

背景技术

[0002] 锂离子电池阵列的使用寿命低于预期,受到可靠性问题的影响,并且由于在某些充电和放电操作过程中积聚的过多热量而可能会发生灾难性故障。这些担忧可以通过提供过剩的电池容量以降低阵列中任何特定的一个电池的充电/放电速率来解决。阵列也可以被主动地冷却以降低单电池外壳温度。例如,空气或不导电的液体可以在阵列周围循环,以将多余的热量从阵列带走。或者,可以在阵列周围设置相变材料以吸收多余的热量。通常需要多重安全特征来提供防故障系统。

[0003] 仍然需要为电池和其它热源提供改进的热管理和物理安全特征。

发明内容

[0004] 一种用于热管理和结构围护的系统可以包括封壳、设置在封壳内的热源以及包围热源的外表面的至少一部分的芯。该系统还可以包括设置在封壳内并与所述芯连通的工作流体。封壳可以基本上是气密的。芯可以包括选自由陶瓷、纤维素、玻璃、石墨或聚合物纤维组成的群组的材料,并且可以包括选自由非机织/织物、机织/织物、针织纤维或编织纤维组成的群组的织物。芯可以是多尺度芯,并且可以具有多个芯层,每个相邻层具有不同的孔径分布。在一个实施例中,系统还可以包括位于封壳的第一内壁上的第一多尺度芯,并且可以包括设置在封壳的外壁上的加热毯,该外壁位于第一内壁的相对侧。在封壳的与第一内壁相对的第二内壁上也可以包括第二多尺度芯。热源可以是蓄能装置,该蓄能装置是设置在封壳内的多个第一蓄能装置中的一个。多个第一蓄能装置可以以单块结构层叠在第一多尺度芯结构上,并且多个第一蓄能装置中的每一个可以具有基本上由多个机织/织物陶瓷芯中的相应一个包围的外表面。该系统还可以包括沿着多个机织/织物陶瓷芯延伸的第二多尺度芯,第二多尺度芯与多个机织/织物陶瓷芯液体连通。第二多尺度芯可以沿着多个机织/织物陶瓷多尺度芯中的每一个的半径R延伸,以增加第二多尺度芯与多个机织/织物陶瓷多尺度芯中的每一个之间的液体接触表面积。在另一些实施例中,系统可以包括以单块构型层叠在第一多尺度芯结构上的多个第二热源,多个第二热源各自具有基本上由多个机织/织物陶瓷多尺度芯中的相应一个包围的外表面。在第一和多个第二层叠的热源之间可以设置有内部框架结构。

[0005] 另一种用于热管理和结构围护的系统具有封壳、设置在封壳内的电池、包围电池外表面的至少一部分的机织/织物陶瓷护套、以及与机织/织物陶瓷护套液体连通的工作流体。该系统还可以具有位于封壳的第一壁的内侧的第一多尺度芯结构以及设置在第一壁的外侧的加热器,该加热器设置成与第一多尺度芯结构互补地相对。电池可以是设置在封壳内的多个第一电池中的一个。多个第一电池可以以单块构型层叠,并且在一个实施例中,这样的电池也可层叠在内部基芯上。该系统还可以包括以单块构型层叠在内部基芯上的多个

第二电池,多个第二电池各自具有由多个机织/织物陶瓷护套中的相应一个包围的外表面。在第一和多个第二层叠的电池之间可以设置有内部框架结构。

[0006] 一种传热的方法包括在基本上包围封壳中的电池的外表面的多尺度芯中接收热能,以及多尺度芯与位于外壳的第一壁的内侧的第一多尺度芯结构之间传递热能。该方法还可以包括响应于接收到热能而在多尺度芯中产生蒸气,并且在第一多尺度芯结构中产生冷凝物。在一个实施例中,热从电池传递到多尺度芯。在一些实施例中,该方法还可以包括提供结构加强以防多尺度芯的电池的径向膨胀。在被称为“反向操作”的方法的一个实施例中,该方法可以包括响应于接收到热能而在位于封壳的第一壁的内侧的第一多尺度芯结构中产生蒸气,以及在基本上包围电池外表面的多尺度芯中产生冷凝物以使得热可以从多尺度芯传递到电池。

附图说明

[0007] 附图中的构件不一定按比例,而是着重于图示本发明的原理。在所有不同的视图中,相似的附图标记表示相应的部分。

[0008] 图1是位于一封壳中的蒸发冷凝传热系统的分解透视图,该封壳容纳有多个包裹在各个芯中的热源;

[0009] 图2A和图2B分别是包裹在多尺度芯中的热源的一个实施例在变形之前和之后的透视图;

[0010] 图3是热源的透视图,其中热源的形式为包裹在多尺度芯中的矩形棱柱;

[0011] 图4是以单块构型层叠的多个热源的一个实施例的透视图,每个热源被包裹在相应的初级护套中并且单块被包裹在次级护套中;

[0012] 图5是示出两个电池单元的剖视图,所述两个电池单元包裹在相应的第一多尺度芯中,其中第二多尺度芯沿着第一多尺度芯的外表面延伸并且部分地贴合第一多尺度芯的外表面;

[0013] 图6A是安置在封壳中的多个单块的透视图;

[0014] 图6B是封壳的一个内角的放大透视图;

[0015] 图7示出容纳有多个热源的封壳中的蒸气和液体的工作流;

[0016] 图8示出了包裹在失效的热源周围的多尺度芯用于隔热和碎屑围护的应用;

[0017] 图9是示出包裹在封壳中的多尺度芯内的热源的热管理的一个实施例的流程图;

[0018] 图10是示出快速放电期间锂离子单电池温度与时间的曲线图,首先是充液多孔芯包裹在单电池周围的一个实施例,然后是多孔芯没有包裹在单电池周围的实施例;以及

[0019] 图11是示出快速充电期间锂离子单电池温度与时间的曲线图,首先是充液多孔芯包裹在单电池周围的一个实施例,然后是多孔芯没有包裹在单电池周围的实施例。

具体实施方式

[0020] 公开了一种系统,其为诸如电池之类的热源的热管理和故障围护两者提供单一的解决方案。在正常操作状态下,该系统充当液体-蒸气相变热管理系统。在故障状态下,系统起到防火墙和故障围护系统的作用。

[0021] 图1是用于封壳中的多个热源的热管理和结构围护的系统的分解透视图。诸如形

式为电池单元(“电池”)100的发热电气元件或蓄能装置的多个热源各自的表面被包裹,或以其它方式基本上被包覆在相应的芯105中。每个电池单元100的第一端子侧107优选地基本上没有芯材料,以利于将顶部电触头110电连接到导电引线112上。每个电池100的第二端子表面109部分地被底芯(未示出)覆盖,并且各电池单元100可以被安置于内部基芯115上,内部基芯115设置或附接于封壳120的第一内壁118上,由此,内部基芯115与底芯(未示出)流体连通。封壳可以是不透蒸气的或基本上不透蒸气的,以减少所包含的工作流体流向大气(导致)的损失。在其它实施例中,多个热源可以是存在于封壳中的单个热源。而且,虽然被图示为圆柱形,但电池100或其他发热装置可以呈正方形、矩形或其它形状,并与包裹其外表面周围的芯物理接触,以促进芯被充入液体时的热传递。芯结构可以设计成在故障情况下提供单电池的物理围护。如果电池过热,则多孔层起到屏蔽邻近的单电池的防火墙的作用。最终,在由于过热和失控的放热反应而导致单电池壁破坏的情况下,纤维护套提供额外的围护。

[0022] 内部芯结构125可以设置在成对的相对内壁(130,135)上,每个内部芯结构125与封壳120底部上的内部基芯115液体连通,以利用它们之间的芯吸动作来输送液体。各芯105——即底芯(未示出)、内部基芯115和内部芯结构125——优选为不导电的并且能够承受超过1000°C的温度。虽然热源被示出为安置在封闭的热室的底部部分中,但是热源可安置在对向的成对内壁(130,135)的一个壁上,或可以跨越封壳的宽度或高度。对向的成对内壁(130,135)可以由诸如金属的导热材料形成,以接收来自内部芯结构125的多余热量。封壳120可以被充入优选为介电液体的工作流体,介电液体位诸如3M NOVEC 7200,其具有-138°C的凝固点、76°C的沸点(在1个大气压下)和~170°C的临界温度,从而实现-40至+70°C的典型电池工作范围。当(电池箱外部的)环境温度为70°C时,饱和压力可以略低于1atm。在封壳不是长方体的实施例中,诸如球体或圆柱体形式的封壳,“成对的相对内壁”可以指位于封壳的彼此相对的两侧的壁部段。

[0023] 图2A和图2B是单个热源的一个实施例的透视图,该热源呈圆柱形并且其外表面基本上被用于图1所示的封壳中的芯所包围。该单个热源可以是图1所示的圆柱形电池单元100中的一个,仅仅作为示例,其包括额定电压为3.2标称伏特、额定电流为2.6安时、并且构造成例如在40°C的环境温度下以10A的高电流速率充电和放电的高功率磷酸铁锂(LFP)可充电电池。在替代实施例中,单一热源可以是钴酸锂可充电电池或磷酸锰铁锂可充电电池或其它类型的可充电电池或蓄能装置。

[0024] 在优选实施例中,电池100的外表面的相当大一部分可以由多尺度芯200包围,该多尺度芯200可以由诸如陶瓷(可替代地称为“陶瓷护套”或“陶瓷多尺度芯”)或玻璃纤维的耐高温材料形成。如本文所用,用语“多尺度芯”可以指具有不同平均孔径和分布以提供用于毛细泵送的多种有效孔径的芯结构。多尺度芯的示例可以包括:具有层叠(即,深度大于一条纤维)或喷涂到表面上的不同直径的纤维的单层芯;多个纤维层,每个相邻层具有不同的孔径分布(参见图2C);或一层或多层编织或针织纤维。例如,陶瓷多尺度芯可以由编织或针织陶瓷纤维形成、或通过无纺陶瓷工艺形成。在一个实施例中,多尺度芯200可以由具有约1mm的壁厚的机织/织物结构形成。在另一实施例中,纤维直径可以是大约10nm至300 μ m,并且形成芯的纤维层可以在5微米与5毫米之间,取决于电池的类型和尺寸。在另一些实施例中,孔可以填充有基材(例如,粉末)。纤维也可以被处理以改善润湿。陶瓷多尺度芯材料

的一个示例基于3M™出售的用于绝缘的Nextel™系列纤维。机织/织物陶瓷多尺度芯200提供热管理和失效围护的双重作用。

[0025] 在操作期间,如在图1的封壳120中所使用的,由电池100发出的多余热量可以引起液体填充的多尺度芯200中的一部分液体的液体-蒸气相变,使得多余热量通过液体-蒸气相变有效地从电池单元被带走并且从电池100带走所产生的蒸气。如图2B最佳所示,机织/织物陶瓷护套200'的高拉伸强度还可以提供抵抗电池径向膨胀的辅助结构加强,以辅助电池100的压力围护并且在电池破裂的情况下围护/容纳碎片。芯还可以帮助隔离邻近的单电池以防过热,由此避免级联效应并防止灾难性故障。

[0026] 图2C示出了芯结构的多尺度特征结构的一个示例。多尺度芯可以具有多个层,例如201、202和203。每个层(201,203,203)可以具有不同的孔径和分布。较细的孔结构218优选地对蒸气空间开放且邻近电池100。

[0027] 图3是包裹在多尺度芯中以在图1所示的封壳中使用的单个热源的透视图,单个热源呈棱柱形状(如矩形棱柱)。热源可以是发热电子元件或由机织/织物陶瓷套305包围或包裹在其中的电池300。

[0028] 图4是以单块构型层叠以形成用于封壳中的并联层叠的电池阵列的多个热源(诸如圆柱形电池单元)的一个实施例的透视图。如本文所提到的,术语“单块”意指优选彼此平行定向的层叠的多个热源。单块400的每个单独的圆柱形电池单元100可以基本上被可以是机织/织物陶瓷芯(可替代地被称为“初级护套”)405的多尺度芯包围或包裹。初级护套405可以具有大约1mm的壁厚。在一个替代实施例中,初级护套可以为不是多尺度芯的芯。可以为机织/织物陶瓷芯(可替代地被称为“第二护套”)410的第二多尺度芯可以包围或包裹单块400的初级护套405。在替代实施例中,初级和次级护套(405,410)中的任一者或两者可以由编织或针织纤维形成、或通过无纺工艺形成。而且,除了基于陶瓷之外,初级或次级护套中的任一者还可以由玻璃纤维形成、或由耐高温合成纤维(如Kevlar)形成。初级和次级护套(405,410)彼此液体连通,因此液体可以在它们之间传递。单块400可以由多个层叠的柱或单个层叠的柱形成,并且可以由补充面板(415,417)轴向地支承,所述补充面板以近似于电池100的长度的距离间隔开,以有利于电池端子在补充面板(415,417)处的电连接。次级护套410可以为电池100提供至少部分的径向支承,使得它们不会掉出单块400。每个补充面板(415,417)可以具有覆盖有芯的外表面(420,425),该芯可以是多尺度芯吸层430。在图4中,单块包含二十四个电池。在正常操作期间,初级和次级单电池护套(405,410)提供强的毛细力,以在介电液体的其它部分由于吸收来自电池100的多余的热而在电池处蒸发时将介电液体吸向多个电池100中的每一个的外表面。

[0029] 通过沿着次级护套410的液体连通来加强初级护套405之间和之中的液体连通。使次级护套410的形状与每个初级护套405的形状相符可以加强这种液体连通。例如,次级护套不是在具有平坦外表面的平面中形成,相反地,次级护套410可以沿着包围每个电池单元100外圆柱形表面的每个相应机织/织物陶瓷护套405的部分半径R延伸(参见图5)。可以设计包括整体机织/织物接合管和多层织物的其它布置结构作为起到两种作用的单个护套。在另一实施例中,次级护套可以被省略,其中液体从内部基芯115直接输送至初级护套(参见图1),或从与初级护套液体连通的储液器(未示出)输送。

[0030] 在单块400的替代使用中,初级和次级护套(405,410)可以从远离单块400的地方

接收蒸气形式的热能。蒸气可以在次级护套410上冷凝,和/或经次级护套410冷凝到初级护套405上,以用于通过芯吸动作将冷凝液体传送到电池100。以这种方式,电池可以经初级和次级护套(405,410)接收多余的热能,而不是如上所述从电池100排出多余的热能。该方法可用于使电池100升温以在否则对于启动时的理想操作而言太冷的气候中使用。当电池100被使用并开始产生它们自己的多余热量时,电池100与远离单块的位置之间的热能传递可以被反过来,其中在电池100的外表面上产生蒸气。

[0031] 图6A是布置在封壳中的若干单块中的多个热源的透视剖视图。每个单块(600,605,610)被示出为由圆柱形电池单元100组成,但是也可以使用其它热源。每个单块(600,605,610)可以具有相同数量的列和电池100,或每个单块可以具有列、电池和热源类型的独特组合。例如,每个单块中的每个列可以由单个电池或多个电池组成。每个电池100的外圆柱形表面的很大一部分分别由初级护套615包围或包裹。次级护套620或多个次级护套可包裹每个单块的初级护套615的外部周围,以提供在每个相应的单块(600,605,610)的电池100之间的液体连通。每个单块的次级护套620可以包裹在单块的周围和下方,使得次级护套的一部分夹在单块与电池基部多尺度芯625之间。当电池基部多尺度芯625被充入诸如介电液体之类的储备液体时,介电液体可从电池基部多尺度芯625被向上吸入到次级护套620中,以在每个单块(600,605,620)中的初级护套615之间进一步分配。芯结构被设计为利于电连接。

[0032] 每个单块具有以接近电池100的长度的距离间隔开的补充面板(630,635),以利于电池上的电池端子与补充面板(630,635)上的端子之间的电连接。通过补充面板之间的适当的电连接,第一单块的正极端子可以连接到第二单块的负极端子以用于合适的电气构型。

[0033] 图6B是封壳的一个内角的放大透视图。多个多尺度芯640沿着封壳内壁的内表面延伸。这种芯可以用于冷凝、蒸发和流体输送。在一个实施例中,多尺度芯640通过使液体芯吸来实现独立于重力的操作而不论封壳的重力取向如何。

[0034] 为了说明如何操作,图7是具有初级和次级护套(705,710)并被封装在作为电池箱715的封壳中的多单元电池阵列700的截面图。每个单电池720被相应的初级单电池护套705包围,每个初级单电池护套可以由具有大约1mm的壁厚的多孔机织/织物结构形成。并联单电池720的阵列(其形成更大电池系统的单块)也由称为次级电池护套710的多孔芯结构包围。初级和次级多孔结构(705,710)可彼此物理地连接,以实现它们之间的液体连通。单电池和单电池块周围的开放空间允许快速的气体传输。电池阵列的底壁725也覆盖有薄的多孔层730。在单电池正常放电和充电的操作状态下,初级和次级单电池护套(705,710)充当芯,从而通过毛细作用将介电液体从电池箱的底部吸至每个单电池(即单电池外壳)的外表面735。靠近单电池壁的液体在吸收单电池720内部产生的热量之后蒸发。蒸气在电池箱715的内壁740上冷凝。冷凝物通过重力或施加在电池箱715内壁740上的类似多孔结构745的毛细作用力(在需要不依赖重力的情况下)积聚在底部。相变和液体/蒸气循环持续地将热从单电池壁735传递到电池壁725,在此被排出到环境中。从根本上说,操作的原理是封壳中的蒸发冷凝传热系统、被动散热和传递技术。

[0035] 通过设计初级和次级单电池护套(705,710)的多尺度孔(10nm至1mm),可以实现超过 $100\text{W}/\text{cm}^2$ 的冷却能力。即使在30C(即,比单电池或电池的额定容量快30倍)的最严重放电

率条件下,冷却能力也可远远超过单电池720的典型功率耗散密度。由于电池箱700内的连通的蒸气空间和相同的蒸气饱和温度,即使在单电池720之间的散热不同的情况下,在大电池模块710内的单电池720之间也可以实现接近等温的状态。为了安全可以增设一小型的过压气体释放阀。

[0036] 诸如3M NOVEC 7200之类的介电液体具有 -138°C 的凝固点, 76°C 的沸点(在1个大气压下)和 $\sim 170^{\circ}\text{C}$ 的临界温度。因此它适于电池700可以工作的整个环境温度范围(-40 至 $+70^{\circ}\text{C}$)。当(电池箱715外部)的环境温度为 70°C 时,饱和压力略低于1个大气压。小的压差降低了对电池箱壁725的强度和厚度要求,从而导致具有经由壁725有效传热的轻质电池。与当前铅酸电池类似,电池优选地被密封以完成上述操作。如果系统过热,则气体释放阀可以在过压情况下提供蒸气逸出路径。

[0037] 图8示出了具有多个热源的系统中的热管理和物理安全的特征,所述多个热源与围绕其外表面包裹的相应陶瓷多尺度芯(“初级护套”)物理接触。在操作期间,优选地连续供应液体,从而使电池810中的物理连接的单电池805中的每一个的初级护套(800,800a)都被浸透/饱和。因此,当单个单电池805a由于局部故障而过热时,由其初级护套800a和可用的液体供应代表的冷却机构首先自动调节以从次级护套(未示出)、内部芯结构815以及周围的单电池取得更多液体(液体淬取)。如果对于单个单电池805a而言达到这种自适应液体淬取机制的极限,则其相应的初级护套800a开始干涸,并且随着其温度升高,相应的初级护套800a迅速变成绝缘体,从而将相邻单电池805b与局部热量屏蔽开。最后,在单电池故障和单个单电池805a破裂的情况下,初级护套800a的机织/织物结构不仅由于其承受高温($> 1000^{\circ}\text{C}$)的能力而充当防火墙,而且还由于机织/织物纤维的强度而充当物理围护装置。初级护套800a的变形和强度取决于许多参数,例如纤维的类型和织造架构。

[0038] 图9是示出用于装在封壳中的由多尺度芯包裹的电池的热管理和结构围护的系统的“正向”和“反向”操作的方法的一个实施例的流程图。热能可以在电池的初级护套中被接收(框900)。在为了方便而被描述为“正向操作”的一个实施例中,响应于接收到热能(可以从电池接收的多余热能)而在初级护套中产生蒸气(框905)。初级护套中的液-气相变用于从电池中吸出多余的热能。在热管理和结构围护的方法的一个实施例中,当电池中多余热量的累积导致电池的径向膨胀和/或围护故障时,初级护套可以提供结构加强以抵抗径向膨胀,而不管初级护套中是否有液体(框910)。

[0039] 在为了方便而被描述为“反向操作”的另一实施例中,通过在位于封壳第一壁内侧上的第一多尺度芯中产生的蒸气而在电池的初级护套中接收热能(框915)。第一多尺度芯中的蒸气可以由液-气相变产生,通过从位于封壳外部的热源或在封壳外部安装成与初级护套连通的热源接收的热能来促进该液-气相变。在一个实施例中,热源是加热毯。初级护套中的气-液相变(方框920)用于将电池加温以便于它在否则对于电池在启动时的理想操作而言太冷的环境中使用。在这种“反向操作”模式中,蒸气悬浮形式中的工作流体与初级护套连通,以进行-气-液相变传热操作。

[0040] 在正向操作中,初级护套中产生的蒸气(框905)被传递到位于封壳第一壁内侧的第一多尺度芯(框925)。当蒸气由第一多尺度芯冷却而形成冷凝物时(框930),蒸气可能发气-液相变,最终将多余的热能从电池吸走。冷凝物然后可以被芯吸或以其它方式输送回到初级护套以接收另外的热能,从而完成液-气相变以将多余的热能从电池传输回第一多

尺度芯,由此将热能从封壳中输出。

[0041] 示例:

[0042] 示例1

[0043] 将具有26毫米的直径、65毫米的高度的标称尺寸的圆柱形可充电磷酸铁锂 (LFP) 电池 (26650 LFP, K2 Energy) 放置在气密封壳内。使用封壳盖上的贯通孔将电引线连接到电池。将一定量的介电液体3M Novec 7200放置在封壳的底部。首先以0.5C的速率将电池充电至3.65V,然后以随着时间推移降低至65mA的电流在恒定电压下进一步充电。然后从10安培电流开始在恒定的电阻负载下将电池完全放电至0%SOC。在放电期间根据时间记录电池的温度。封壳周围的环境温度保持在40°C。如图10所示,在0%SOC时,单电池壁的温度上升23°C。

[0044] 示例2:

[0045] 在圆柱形的单电池壁上,用250微米厚的无纺多孔结构覆盖圆柱形可充电26650 LFP单电池 (26650, K2能量),并将单电池置于气密封壳内。重复示例1的充电和放电过程。放电过程中的温升在图10中被示出。室内的蒸发-冷凝过程的效应将升温降至仅3°C。

[0046] 示例3:

[0047] 重复示例1中的实验,不同之处在于:以4安培 (1.5C) 的恒定电流 (CC) 充电,直至单电池电压 (大约在~3000s时) 达到3.65V,然后以恒定电压充电,直至电流逐渐下降至65mA。环境温度为60°C。在充电期间根据时间记录单电池的温度,温度刚好在恒定电流阶跃之后达到峰值11°C,如图11所示。

[0048] 示例:

[0049] 如示例2中那样用无纺多孔结构覆盖单电池并遵循示例3的充电步骤。在本例中,单电池升温的峰值为~2°C (图11),从而证实通过增加多孔芯而提供的冷却过程的惊人效果。

[0050] 虽然已经描述了本申请的各种实施方案,但是对于本领域的普通技术人员来说显而易见的是,在本发明的范围内可以有更多的实施例和实施方案。

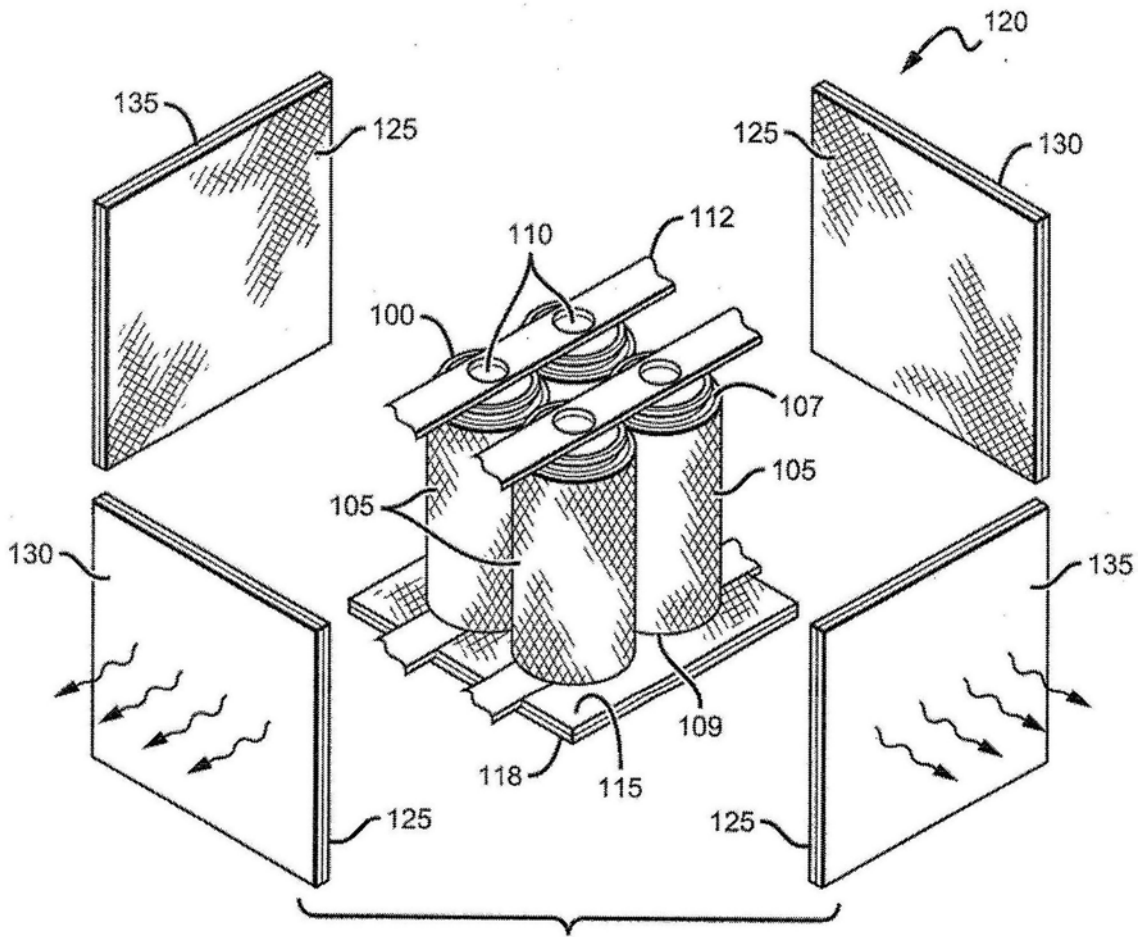


图1

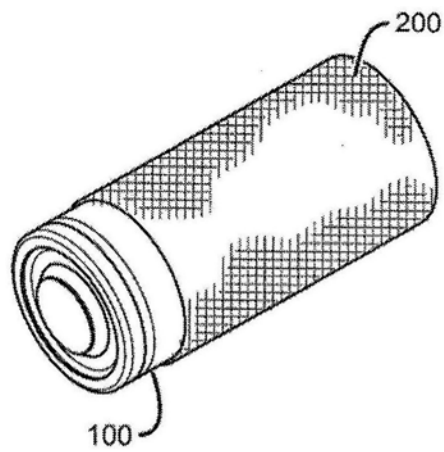


图2A

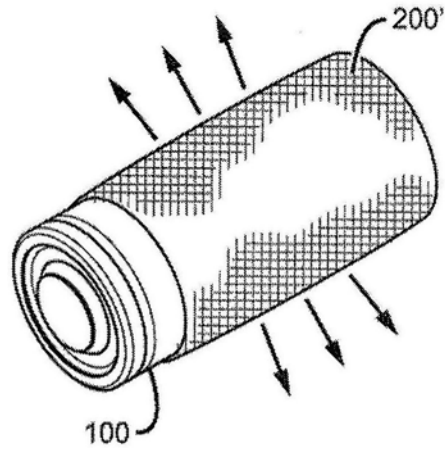


图2B

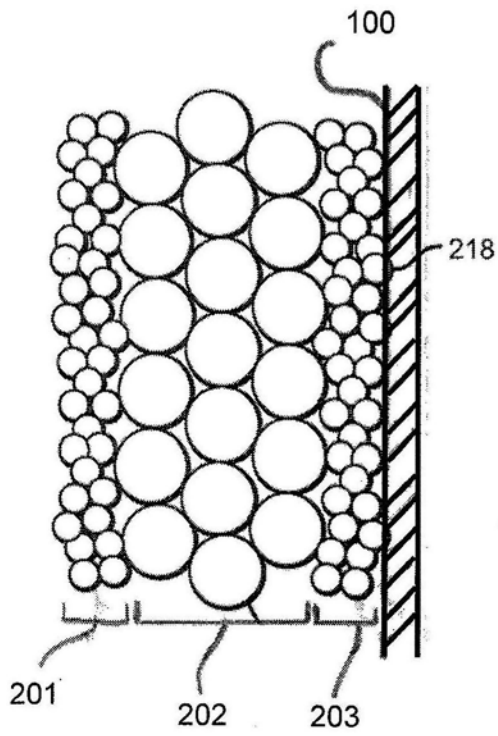


图 2C

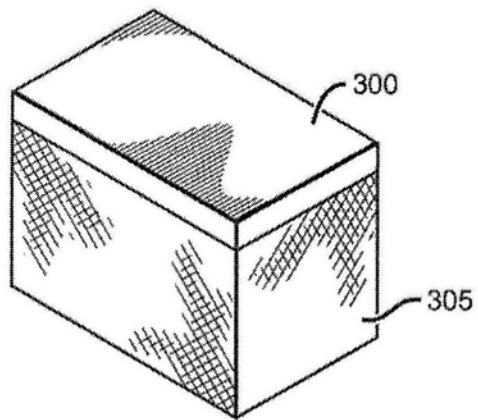


图 3

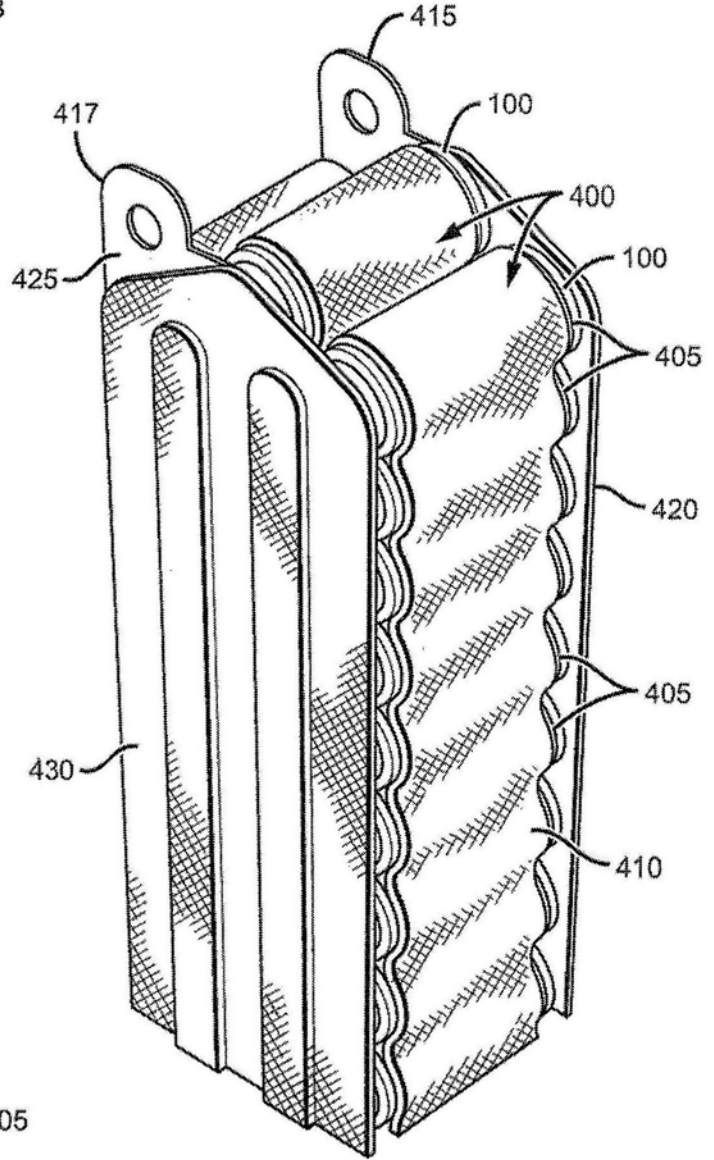


图 4

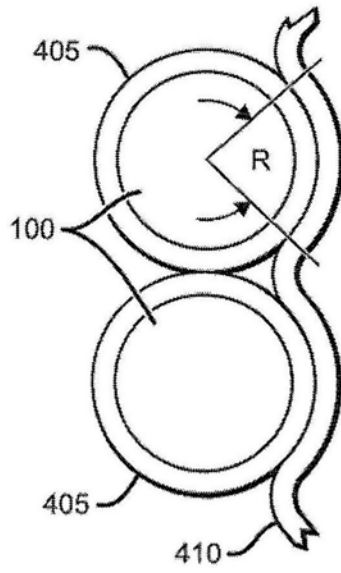


图5

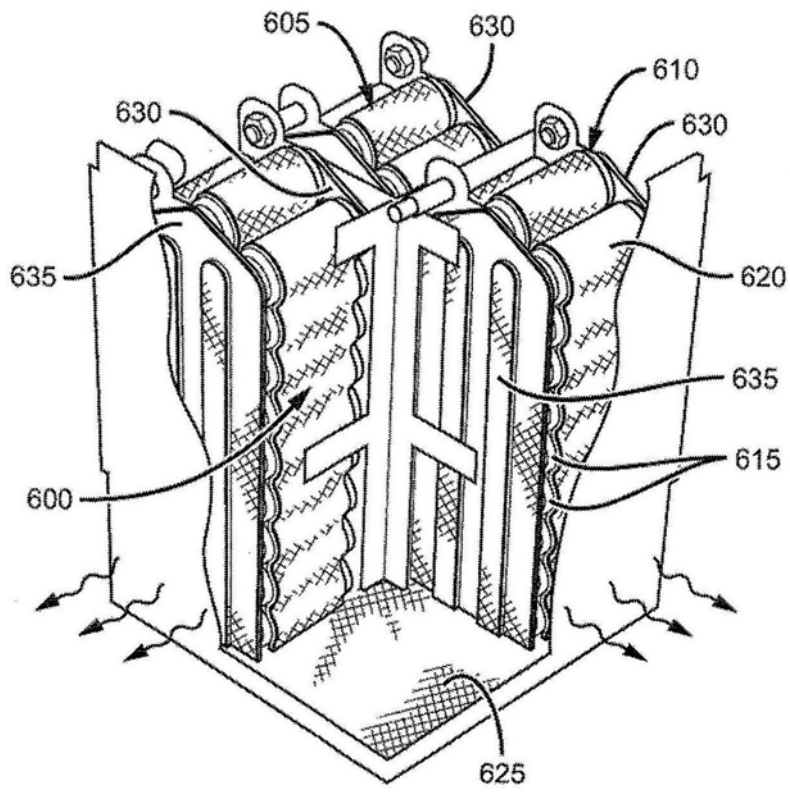


图6A

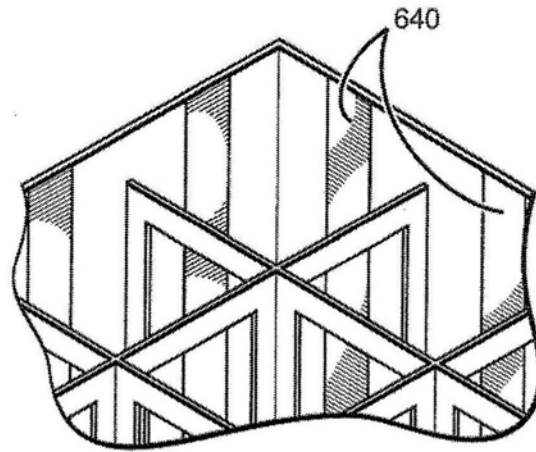


图6B

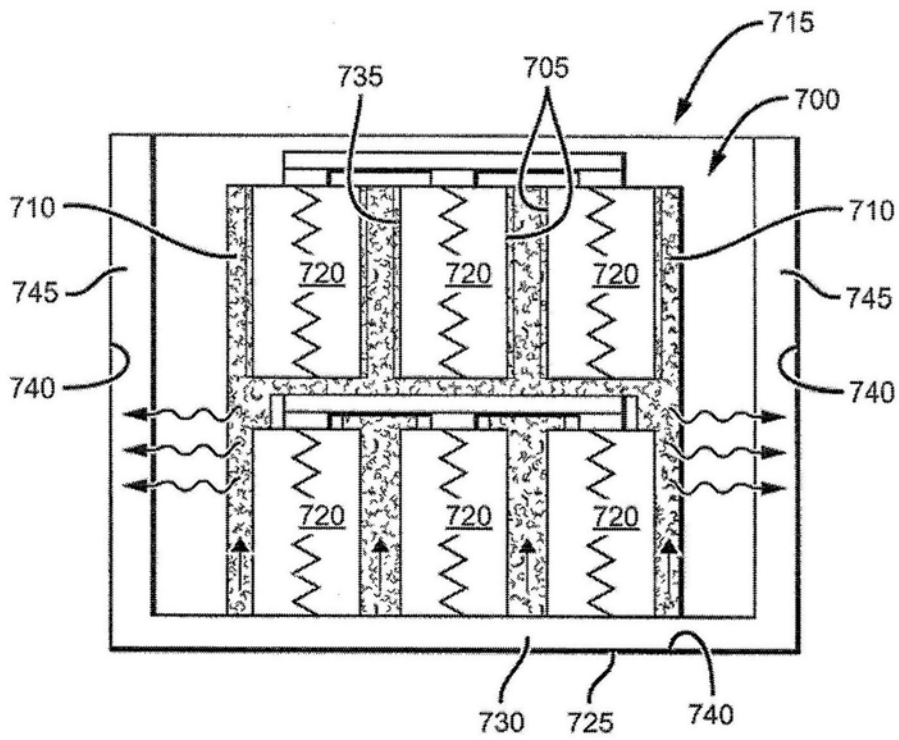


图7

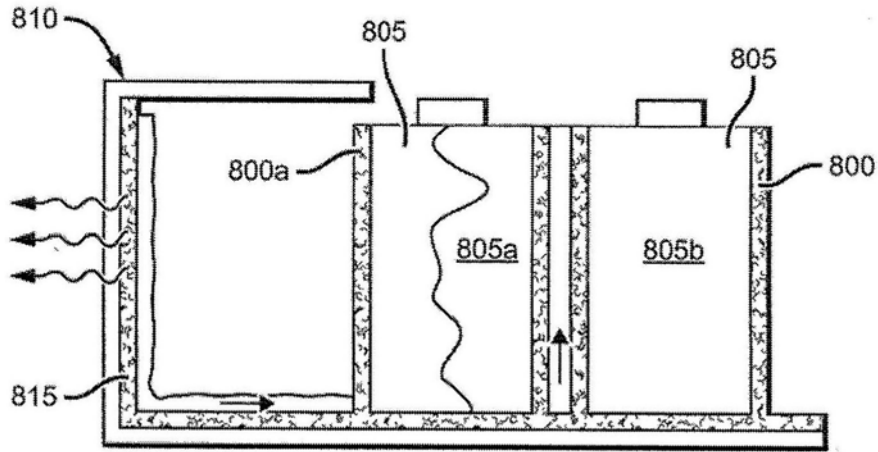


图8

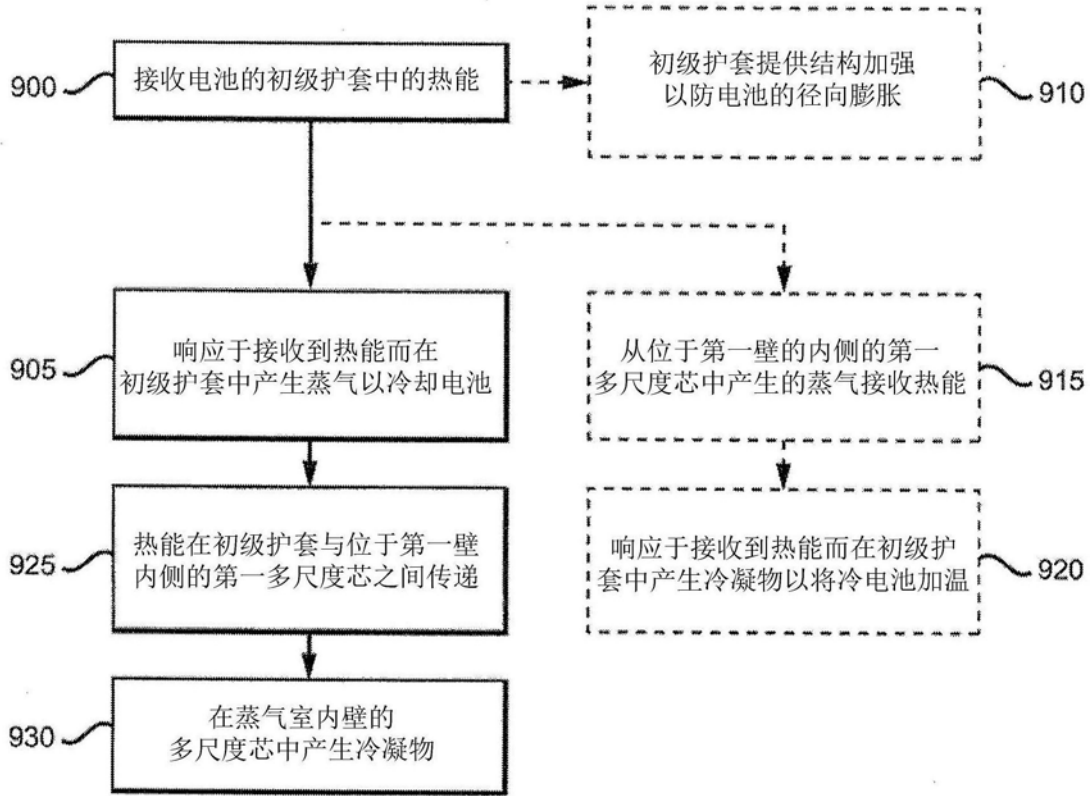


图9

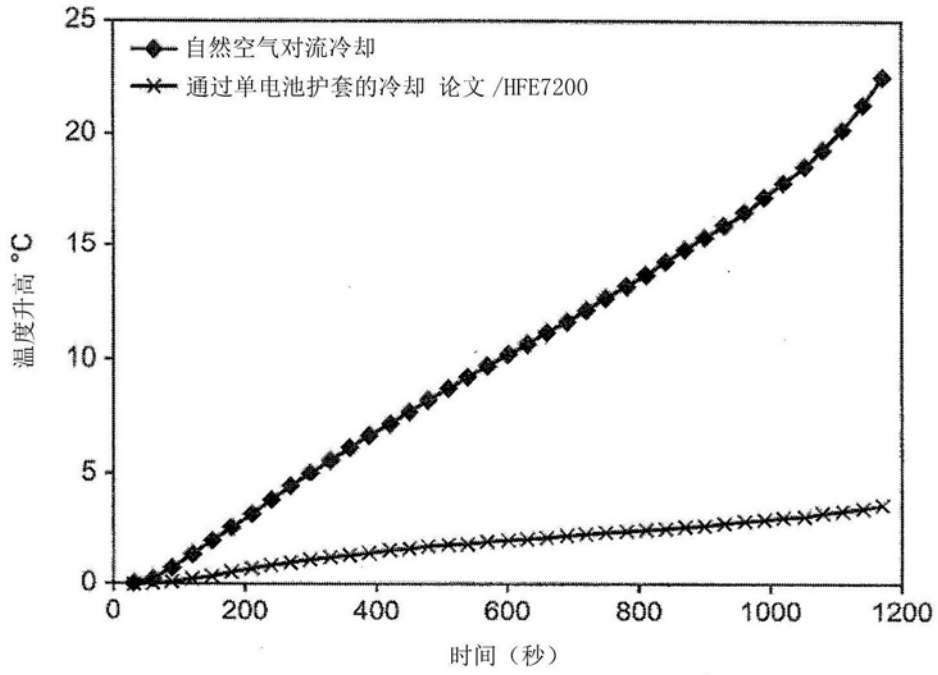


图10

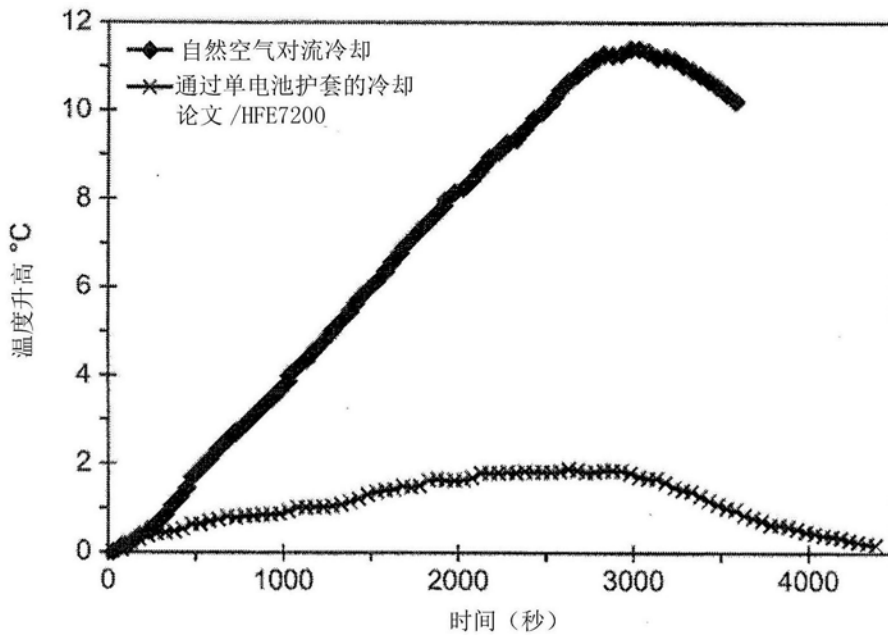


图11