



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104457362 A

(43) 申请公布日 2015.03.25

(21) 申请号 201410460677.3

(22) 申请日 2014.09.11

(30) 优先权数据

14/026,975 2013.09.13 US

(71) 申请人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 F·阿米尔 T·L·伯格曼

N·谢里菲 M·J·艾伦 H·沙汉德

J·S·博瑞特

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限

公司 11245

代理人 赵蓉民 张全信

(51) Int. Cl.

F28D 20/02(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

使用相变材料结合热导管和箔、泡沫或其他多孔介质的能量储存和热管理

(57) 摘要

本发明的名称是使用相变材料结合热导管和箔、泡沫或其他多孔介质的能量储存和热管理。一方面,储存能量的装置包括:外壳,其限定封闭的室;布置在室中的箔或泡沫,其由导热材料形成;布置在室中的相变材料;和延伸通过外壳的至少一个热导管,其与泡沫或箔和相变材料热连通。可描述其他方面。

1. 储存能量的装置 (100), 其包括:
外壳 (110), 其限定封闭的室 (120);
布置在所述室中的箔 (130), 其由导热材料形成;
布置在所述室中的相变材料 (140); 和
延伸通过所述外壳的至少一个热导管 (150), 其与所述相变材料热连通。
2. 根据权利要求 1 所述的装置, 其中:
所述外壳 (110) 包括绝热材料和导热材料的至少一种。
3. 根据权利要求 1 所述的装置, 其中:
所述相变材料 (140) 散布于所述箔 (130) 中。
4. 根据权利要求 3 所述的装置, 其中所述箔 (130) 包括铝箔, 所述铝箔具有测量在 0.017 毫米到 0.024 毫米之间的厚度。
5. 根据权利要求 4 所述的装置, 其中:
所述铝箔 (130) 以第一方向布置于所述室 (120) 中; 和
所述热导管 (150) 以第二方向延伸通过所述室, 所述第二方向与所述第一方向不同。
6. 根据权利要求 4 所述的装置, 其中:
所述铝箔 (130) 水平地布置于所述室 (120) 中, 和
所述热导管 (150) 垂直地延伸通过所述室; 或
所述铝箔 (130) 垂直地布置于所述室 (120) 中, 和
所述热导管 (150) 垂直地延伸通过所述室; 或
所述铝箔 (130) 水平地布置于所述室 (120) 中, 和
所述热导管 (150) 水平地延伸通过所述室; 或
所述铝箔 (130) 垂直地布置于所述室 (120) 中, 和
所述热导管 (150) 水平地延伸通过所述室。
7. 根据权利要求 1-6 所述的装置, 其中所述热导管 (150) 包括导热金属并且包括工作流体。
8. 根据权利要求 1-7 所述的装置, 其中所述热导管 (150) 包括相变材料 - 泡沫复合材料室 (120) 外部的高导热率泡沫和散热片的至少一种。

使用相变材料结合热导管和箔、泡沫或其他多孔介质的能量储存和热管理

[0001] 相关申请

[0002] 本申请涉及 2013 年 1 月 24 日提交的 Faghri 等的题目为 UTILIZING PHASE CHANGE MATERIAL, HEAT PIPES, AND FUEL CELLS FOR AIRCRAFT APPLICATIONS 的美国专利申请序列号 13/357, 254, 其公开内容在此以其全部通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本公开一般地涉及使用相变材料 (PCM) 的能量储存。

背景技术

[0004] 可在各种应用中利用 PCM 的融化和凝固 (包括分开或同时融化或凝固) 以储存和随后提取 PCM 中的热能和从 PCM 提取热能, 或冷却和加热多种物体。

[0005] 相变材料, 其包括纯的和低共熔的等, 在特定和已知温度 (或温度范围) 下融化和冻结, 其提供机会以精确控制正在被冷却或加热的对象的温度。而且, 相对于显能 (sensible energy), 潜能可以在高得多的能量密度下储存, 导致减少的成本和更小的以及更轻的热管理封装。

[0006] 在空间和重量重要的情况下, 例如但不限于航空航天应用、汽车应用——其包括电动车辆的客舱的热控制和在汽车和航空航天应用中的废热回收, 潜热热能储存的高能量密度是有吸引力的。更具体的应用是减小如在与商用飞行器中的厨房或废热储存有关的小规模系统中可见的设备的尺寸和重量, 或用于聚光式太阳能发电 (CSP) 厂领域的大规模应用。不幸地, 这种情况典型地阻碍了现有 PCM 装置 / 材料、系统和 / 或方法的总效率。

[0007] 因此, 当维持或减少总质量和体积时, 显示增加的热容量的 PCM 装置 / 材料、系统和 / 或方法是期望的。

发明内容

[0008] 在至少一方面, 储存能量的装置包括: 外壳, 其限定封闭的室; 布置在室中的箔, 其由导热金属材料形成; 布置在室中的相变材料; 和延伸通过外壳的至少一个热导管, 其与相变材料热连通。

[0009] 在另一方面, 储存能量的装置包括: 外壳, 其限定封闭的室; 布置在室中的相变泡沫材料; 和延伸通过外壳的至少一个热导管, 其与相变材料热连通。

[0010] 本文描述的特征、功能和优势可在本公开的多个方面独立地获得, 或其可结合仍其他方面, 参考以下描述和附图可见其进一步细节。

附图说明

[0011] 参考以下附图, 以下详细地描述了依照本公开的教导的方法和系统的方面。

[0012] 图 1-10 是根据方面的储存能量的装置的方面的示意图。

[0013] 图 11 是根据方面图解了储存能量的装置的融化速率的图。

[0014] 图 12 是根据方面图解了储存能量的装置的凝固速率的图。

[0015] 图 13 是根据方面图解了储存能量的装置的融化速率的图。

[0016] 图 14 是根据方面图解了储存能量的装置的凝固速率的图。

[0017] 虽然多种方面的具体特征可能在一些附图中示出并且在其他中没有示出,但这只是为了方便起见。任何附图的任何特征可与任何其他附图的任何特征结合参考和 / 或要求保护。

具体实施方式

[0018] 这里描述的是能量储存装置的方面,所述能量储存装置将热导管分别与固体多孔介质和 / 或有效的固体多孔介质例如高导热率泡沫和 / 或箔结合,以提高相变材料的融化和 / 或凝固速率,和 / 或降低热表面或冷表面和相变材料固 - 液界面之间的温度差。当它经受相变时,通过减小热 (或冷) 表面或设备和相变材料的固 - 液界面 (一个或多个) 之间的热阻而获得改进的热性能。

[0019] 在以下描述中,陈述了许多具体细节以提供多种方面的透彻理解。然而,本领域技术人员将理解没有具体细节也可实施各个方面。在其他实例中,没有详细图解或描述熟知的方法、步骤、部件、和电路,以便不模糊独有的方面。

[0020] 图 1-10 是根据方面的储存能量的装置的方面的示意图。首先参见图 1, 在一些方面储存能量的装置 100 包括 : 外壳 110, 其限定封闭的室 120 ; 布置在室 120 中的箔 130, 其由导热金属材料形成 ; 相变材料 140, 其布置在室 120 中 ; 和延伸通过外壳的至少一个热导管或热虹吸器 150, 其与箔 130 和相变材料 140 热连通。

[0021] 外壳 110 可由可允许 PCM 体积膨胀的刚性或柔性的任何固体材料形成。在一些方面,外壳 110 可包含绝热材料 112, 其可由适合的聚合物材料形成, 例如塑料或类似物, 并且可形成为三维形状, 例如圆柱体或直角棱镜。在其他方面, 外壳 110 可包含高导热率的材料例如铜 112, 例如用于电子冷却应用或导热和绝热材料的任意组合。外壳 110 的具体尺寸和材料不是关键性的, 并且可基于装置应用到的具体应用而改变。在一些实例中, 外壳可具有测量在 1 英寸和 12 英尺之间的高度, 并且根据具体应用其他的具有测量在 0.5 英寸和 50 英尺之间的半径。

[0022] 在一些方面, 箔 130 包含金属的——例如铝——或其他非金属的高导热率箔, 其具有测量在 0.017 毫米到 0.024 毫米之间的厚度, 并且相变材料 140 包含散布于铝箔 130 中的正十八烷, 如产生呈现于图 11-14 中的结果的试验系统。室中的箔的数目和相变材料的类型不是关键性的, 并且可基于装置应用到的具体应用而改变。在一些实例中, 室中的箔的数目可落入 100 个箔和 5000 个箔之间的范围。

[0023] 在一些方面, 导热箔 130 在室 120 中布置为第一方向, 并且热导管 150 在第二方向延伸至室 120 中, 第二方向与第一方向不同。在图 1 中描述的实例中, 导热箔 130 水平地布置于室 120 中, 并且热导管 150 垂直地延伸通过室 120。在其他方面, 导热箔 130 在室 120 中布置为第一方向, 并且热导管 150 以第二方向延伸通过室 120, 第二方向基本上与第一方向相同。在图 2 中描述的实例中, 导热箔 130 垂直地布置于室 120 中, 并且热导管 150 垂直地延伸通过室 120。

[0024] 在一些方面,热导管 150 可由例如,铜、铝和 / 或钢制造,并且可以包括工作流体 152,其在大约 0°C 和大约 200°C 之间操作。更具体地,在至少一些方面,工作流体在大约 25°C 和大约 200°C 之间操作。甚至更具体地,在至少一些方面,工作流体在大约 25°C 和大约 160°C 之间操作。用于热导管 150 的工作流体可以包括但不限于,水和 / 或甲醇。此外,在至少一些方面,热导管 150 包括芯结构,其由例如烧结的金属粉末、金属纤维和 / 或筛网 (screen mesh) 制造。可选地,热导管 150 可由任何其他材料制造,和 / 或包括使热传递系统 100 能够起本文描述的作用的任何其他流体。例如,在至少一方面,热导管 150 在垂直方向上并且是重力辅助的。而且,热导管 150 可用导热材料增强,例如,导热泡沫 154,以提高热导管 150 的导热性和改善与流动的流体的热传递。

[0025] 在运行中,在装置 100 中的相变材料 140 和热源或散热装置如流过热导管 150 的流体之间交换热。例如,如果流过热导管 150 的流体处于比相变材料 140 高的温度下,则热将从流体传递到相变材料 140,从而在装置 100 中储存能量。相比之下,如果流过热导管 150 的流体处于比相变材料 140 低的温度下,则热将从相变材料 140 传递到流体,从而从装置 100 释放能量。

[0026] 在图 3-4 描述的实例中,热导管 150 延伸通过室 120 和外壳 110。在图 3 描述的实例中,导热箔 130 水平地布置于室 120 中,并且热导管 150 垂直地延伸通过室 120。在图 4 描述的实例中,导热箔 130 垂直地布置于室 120 中,并且热导管 150 垂直地延伸通过室 120。图 3 和 4 的装置 100 允许与在装置 100 的两侧上的流体流热交换。在一些实例中,为了融化相变材料 140,在装置的一侧上流体流可以是加热的流体,而为了使相变材料凝固,在装置 100 的另一侧上的流体流可以是冷却的流体。

[0027] 在图 5-6 描述的实例中,热导管水平地延伸通过室 120 和外壳 110。在图 5 描述的实例中,导热箔 130 水平地布置于室 120 中,并且热导管 150 水平地延伸通过室 120。在图 6 描述的实例中,导热箔 130 垂直地布置于室 120 中,并且热导管 150 水平地延伸通过室 120。图 5 和 6 的装置 100 允许与在装置 100 的两侧上的流体流热交换。将意识到,热导管 (一个或多个) 150 和箔 130 可在水平和垂直方向定向,或在除了水平或垂直以外的方向定向。例如,热导管 150 可以对角地延伸通过室 120。

[0028] 在一些方面,装置 100 可包含多个热导管 150,其延伸进入或通过装置的室 120。在图 7 描述的实例中,导热箔 130 水平地布置于室 120 中,并且两个热导管 150 垂直地延伸通过室 120,而一个热导管 150 延伸进入室 120。在图 8 描述的实例中,导热箔 130 垂直地布置于室 120 中,并且两个热导管 150 垂直地延伸通过室 120,而一个热导管 150 延伸进入室 120。图 7 和 8 的装置 100 允许与在装置 100 的两侧上的流体流热交换。

[0029] 在一些方面,装置 100 可以并入嵌入高导热率泡沫中的相变材料。在图 9-10 描述的实例中,装置可以包括:外壳 110,其限定封闭的室 120;相变材料-泡沫复合材料 142,其布置在室中;和延伸通过外壳的至少一个热导管或热虹吸器 150,其与相变材料-泡沫复合材料热连通。以实例的方式,相变材料-泡沫复合材料 142 可包含铝泡沫和石蜡(即石蜡-铝泡沫复合材料)。本领域技术人员将认识到,图 9 和 10 的装置 100 可用水平定向或以另一方位定向的热导管 150 构造。

[0030] 图 1-10 描述的装置 100 可以并入至热传递系统中,例如在美国专利申请公开号 2013/0189594 中描述的热传递系统,其通过引用并入以上本文。

[0031] 实施例

[0032] 图 11 是图解了装置 100 的融化速率和体积液体分数的图,所述装置 100 包括铝箔 130 和热导管 150。变量 f_1 表示包含在室 120 中的相变材料 140 的体积液体分数,所述室 120 用下面流动的热热水加热,与在图 1-2 中示出的情况相似。变量 N 表示在室 120 中箔 130 的数目。用于此实验中的铝箔的厚度是 $t_1 = 0.017\text{mm}$ 。孔隙率, ϵ , 被定义为与总体积 (PCM 体积和金属箔体积的总和) 相比相变材料 140 占的体积。相变材料是长链烃 (例如, 正十八烷), 并且初始完全是固体, $f_1 = 0$, 并且在 PCM 融化温度以下大约 3°C 。热导管是铜, 并且装有水。

[0033] 图解了以下的融化结果:(i) 固体垂直铜棒,其同心地置于圆柱形容器 (棒-PCM) 中、(ii) 固体垂直铜棒,其具有普通铝箔薄片 (棒-箔-PCM) (箔占非常小的体积,只有 PCM 标称地所占体积的 1.4%,换句话说孔隙率 $\epsilon = 98.6\%$)、(iii) 装有水的铜热导管,其与但没有箔的棒 (HP-PCM) 具有相同的外部尺寸,和 (iv) 热导管和箔 (HP-箔-PCM) (具有相似的 1.4%的箔体积分数)。图 11 示出了对于相似的箔体积分数,HP-箔-PCM 的融化速率比棒-箔-PCM (其显示与 HP-PCM 相似的融化速率) 的融化速率大约大三倍。

[0034] 图 12 是图解了装置 100 的凝固速率和体积液体分数的图,所述装置 100 包括铝箔 130 和热导管 150。在图 12 图解的实例中,相变材料 140 初始完全是液体, $f_1 = 1.0$, 在相变材料 140 融化温度以上大约 3°C 。热导管与箔和相变材料的结合大大地胜过其他方法。

[0035] 图 13 是图解了装置 100 的融化速率的图,所述装置 100 包括铝泡沫 142 和热导管 150,类似于图 9 中描述的装置。

[0036] 金属泡沫的孔密度, ω , 用每英寸的孔数 (PPI) 定义。为了作出 HP-箔-PCM 和 HP-泡沫-PCM 之间的有效的比较,必须比较相似的孔隙率 (相似金属体积)。对于在图 13 和 14 中图解的实例,箔厚度是 $t_2 = 0.024\text{mm}$, 以获得相似的用于融化和凝固的液体分数。

[0037] 图 13 示出了在与图 11 有关的那些相似的条件下的融化速率。对于 HP-PCM、棒-PCM, 和 HP-箔-PCM, 图 13 和 14 中的数据 $N = 62$ 、 t_1 、 $\epsilon = 98.6\%$ 与如图 11 和 12 所示的情况相似,然而在 PCM 容器中具有不同的热导管长度 (图 11 具有 90mm 的热导管长度,而在图 13 和 14 中长度是 80mm)。HP-箔-PCM, $N = 62$ 、 t_1 、 $\epsilon = 98.6\%$ (实心的圆圈) 和 HP-箔-PCM, $N = 162$ 、 t_2 、 $\epsilon = 96.1\%$ (空心的圆圈) 之间的对比示出了通过轻微地减小大约 3% 的孔隙率 (增加 3% 的金属体积) 使融化速率加倍。在恒定孔隙率下的第二比较可见于 HP-箔-PCM, $N = 162$ 、 t_2 、 $\epsilon = 96.1\%$ (空心的圆圈) 和 HP-泡沫-PCM, $\omega = 20\text{PPI}$ 、 $\epsilon = 95.5\%$ (实心菱形) 之间。此结果示出了:与大约处于相同的孔隙率的 HP-泡沫-PCM 情况相比,HP-箔-PCM 具有较高的融化速率 (大约两倍的值)。可以注意到,对于 HP-泡沫-PCM, $\omega = 20\text{PPI}$ 、 $\epsilon = 95.5\%$ 情况 (实心菱形) 显示了与 HP-箔-PCM, $N = 62$ 、 t_1 、 $\epsilon = 98.6\%$ (实心圆圈;其具有较高的孔隙率) 相似的融化速率。在 HP-泡沫-PCM, $\omega = 20\text{PPI}$ 、 $\epsilon = 89.4\%$ (破折号) 和 HP-泡沫-PCM, $\omega = 20\text{PPI}$ 、 $\epsilon = 95.5\%$ (实心菱形) 之间恒定孔密度下的比较与比较 HP-箔-PCM, $N = 62$ 、 t_1 、 $\epsilon = 98.6\%$ (实心圆圈) 和 HP-箔-PCM, $N = 162$ 、 t_2 、 $\epsilon = 96.1\%$ (空心圆圈) 的结果一致,得出结论:较低的孔隙率导致较高的融化速率。最后 HP-箔-PCM, $N = 162$ 、 t_2 、 $\epsilon = 96.1\%$ (空心圆圈) 也胜过甚至具有较高孔隙率 (较低金属质量) 的 HP-泡沫-PCM, $\omega = 20\text{PPI}$ 、 $\epsilon = 89.4\%$ (破折号)。

[0038] 图 14 是图解了装置 100 的凝固速率的图,所述装置 100 包括铝泡沫 142 或铝箔 130 和热导管 150。HP-箔-PCM 和 HP-泡沫-PCM 的所有情况胜过棒-PCM 的基本情况以及 HP-PCM 情况。融化和凝固二者的最优配置是 HP-箔-PCM, $N = 162$ 、 t_2 、 $\epsilon = 96.1\%$ (空心圆圈),其具有棒-PCM 的大约 14(8) 倍的融化(即凝固)速率,使用只有 3.9% 的金属体积分数,这是突出的进步。

[0039] 以上详细地描述了在飞行器环境中用于传递、储存和 / 或利用热的方法和系统以及整合热导管(一个或多个)150 与 PCM 和箔 / 泡沫的概念的示例性方面。所述方法、系统和描述的概念不限于本文描述的具体方面,而是,系统的部件和 / 或方法的步骤可独立于和区分于本文描述的其他部件和 / 或步骤被利用。每一个方法步骤和每一个部件也可与其他方法步骤和 / 或部件结合使用。虽然多个方面的具体特征可能在一些附图中而没有在其他附图中示出,但这只是为了方便起见。任何附图的特征可结合任何其他附图的任何特征参考和 / 或要求保护。

[0040] 此写出的说明书使用实例以公开所述方面,包括最佳方式,并且也能够使任何本领域技术人员能够实施所述方面,包括制造和使用任何装置或系统并执行任何结合的方法。本公开可获得专利权的范围由权利要求书限定,并且可以包括本领域技术人员想到的其他实例。如果它们具有不与权利要求的文字语言不同的结构元素,或如果它们包括与权利要求的文字语言无实质上不同的等价结构元素,这种其他实例意图在权利要求书的范围内。

[0041] 在说明书和权利要求书中,可使用与它们的衍生物结合和连接的术语。在特别的方面,可使用连接来表明两个或多个元件彼此是直接物理或电接触。结合可意味着两个或更多元件直接物理或电接触。然而,结合也可意味着两个或多个元件可能不彼此直接接触,但是仍可能也彼此配合或相互作用。

[0042] 在说明书中提及“一方面”或“一些方面”意思是结合所述方面描述的特别的特征、结构或特性包括在至少一个实施中。在说明书中的多个地方短语“一方面”的出现可能都是或不都是指相同的方面。

[0043] 而且,本公开包括根据以下条款的实施方式:

[0044] 条款 1:储存能量的装置(100),其包括:

[0045] 外壳(110),其限定封闭的室(120);

[0046] 布置在室中的箔(130),其由导热材料形成;

[0047] 布置在室中的相变材料(140);和

[0048] 延伸通过外壳的至少一个热导管(150),其与相变材料热连通。

[0049] 条款 2:条款 1 的装置,其中:

[0050] 外壳(110)包括绝热材料和导热材料中的至少一种。

[0051] 条款 3:条款 1 的装置,其中:

[0052] 相变材料(140)散布于箔(130)中

[0053] 条款 4:条款 3 的装置,其中箔(130)包括铝箔,所述铝箔具有测量在 0.017 毫米到 0.024 毫米之间的厚度。

[0054] 条款 5:条款 4 的装置,其中:

[0055] 铝箔(130)以第一方向布置于室(120)中;和

- [0056] 热导管 (150) 在第二方向延伸通过室,第二方向与第一方向不同。
- [0057] 条款 6 :条款 4 的装置,其中 :
- [0058] 铝箔 (130) 水平地布置于室 (120) 中,和
- [0059] 热导管 (150) 垂直地延伸通过室 ;或
- [0060] 铝箔 (130) 垂直地布置于室 (120) 中,和
- [0061] 热导管 (150) 垂直地延伸通过室 ;或
- [0062] 铝箔 (130) 水平地布置于室 (120) 中,和
- [0063] 热导管 (150) 水平地延伸通过室 ;或
- [0064] 铝箔 (130) 垂直地布置于室 (120) 中,和
- [0065] 热导管 (150) 水平地延伸通过室。
- [0066] 条款 7 :条款 1 - 6 的装置,其中热导管 (150) 包括导热金属并包括工作流体。
- [0067] 条款 8 :条款 1 - 7 的装置,其中热导管 (150) 包括相变材料 - 泡沫复合材料室 (120) 外部的高导热率泡沫和散热片的至少一种。
- [0068] 条款 9 :储存能量的装置,其包括 :
- [0069] 外壳 (110),其限定封闭的室 (120) ;
- [0070] 相变材料 - 泡沫复合材料 (142),其布置在室中 ;和
- [0071] 延伸通过外壳的至少一个热导管 (150),其与相变材料 - 泡沫复合材料热连通。
- [0072] 条款 10 :条款 12 的装置,其中 :
- [0073] 外壳 (110) 包括绝热材料和导热材料的至少一种。
- [0074] 条款 11 :条款 12 或 13 的装置,其中 :
- [0075] 相变材料 - 泡沫复合材料 (142) 包括铝泡沫。
- [0076] 条款 12 :条款 12 - 14 的装置,其中热导管 (150) 包括导热金属并包括工作流体 (152)。
- [0077] 条款 13 :条款 12 - 15 的装置,其中热导管 (150) 包括相变材料 - 泡沫复合材料室 (120) 外部的高导热率泡沫和散热片的至少一种。
- [0078] 条款 14 :条款 9 - 13 的装置,其中 :
- [0079] 热导管 (150) 垂直地延伸通过室 (120) ;或
- [0080] 热导管 (150) 水平地延伸通过室 (120)。
- [0081] 虽然已经针对结构特征和 / 或方法学行为用语言描述了各方面,应当理解要求保护的主体可能不限于描述的具体特征或行为。而是,作为实施要求保护的主体样本形式公开了具体特征和行为。

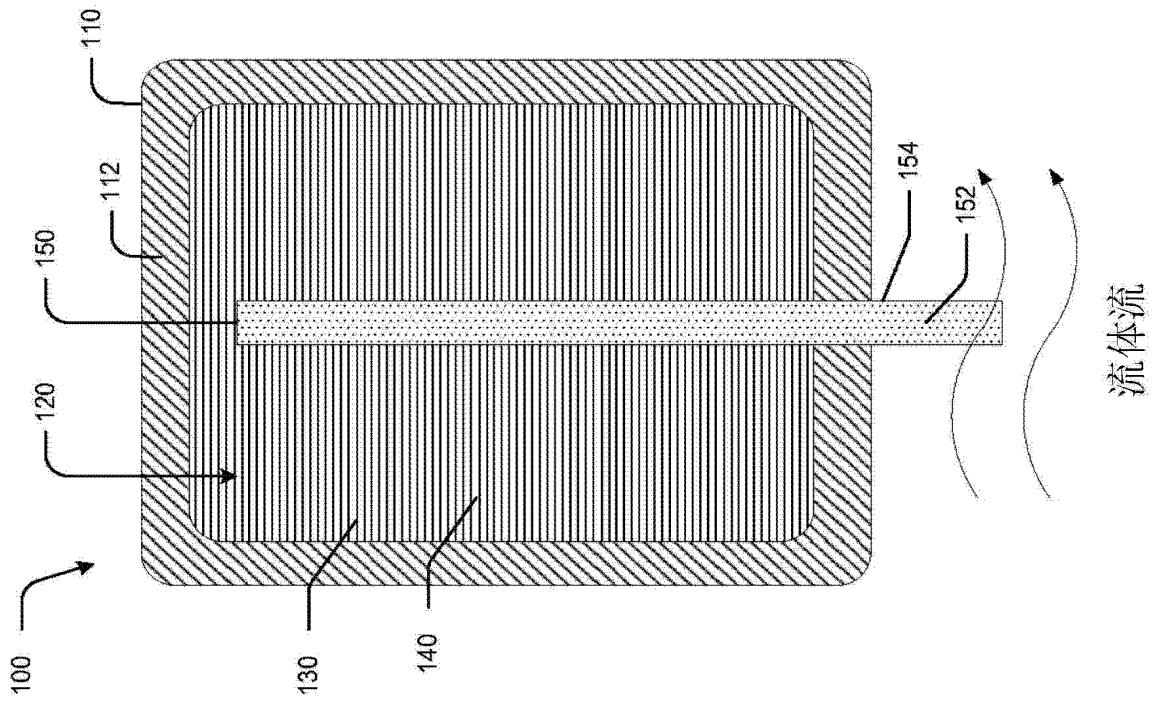


图 1

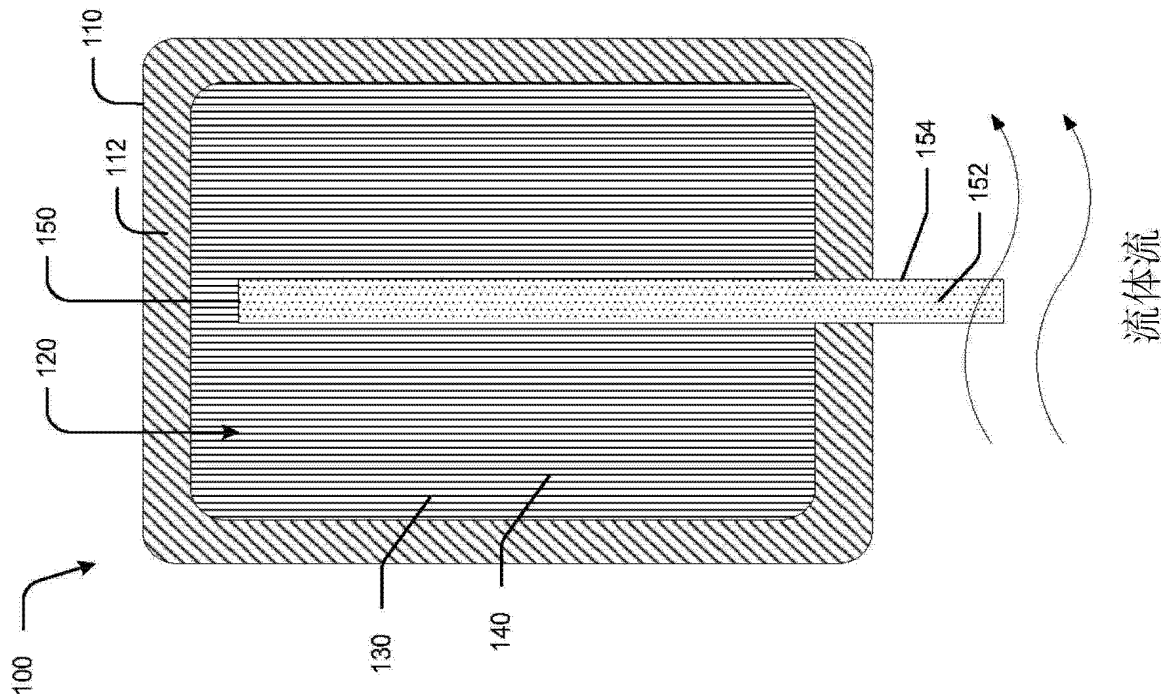


图 2

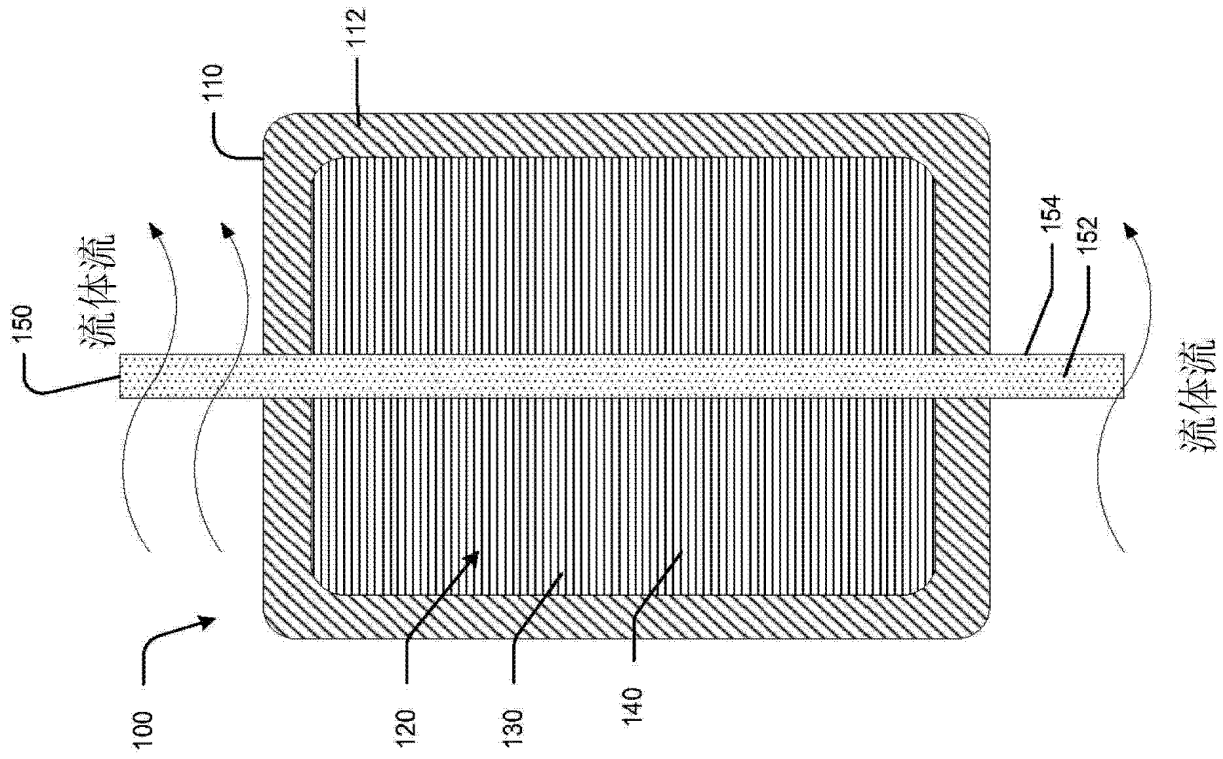


图 3

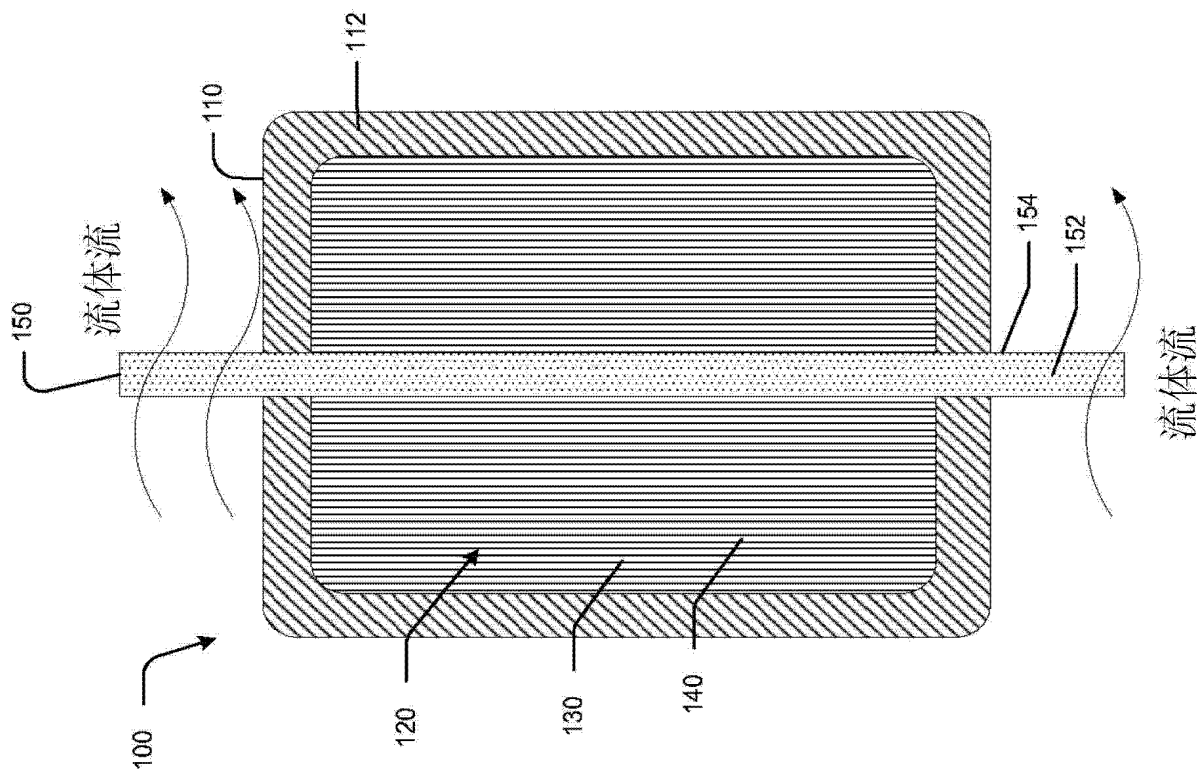


图 4

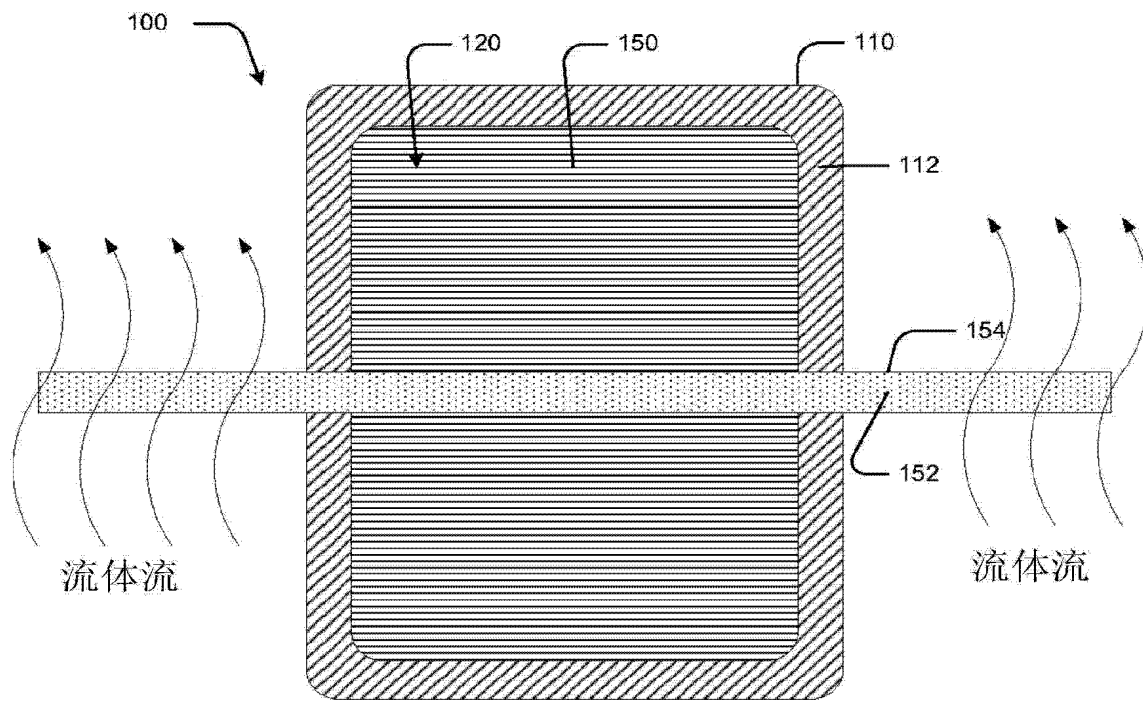


图 5

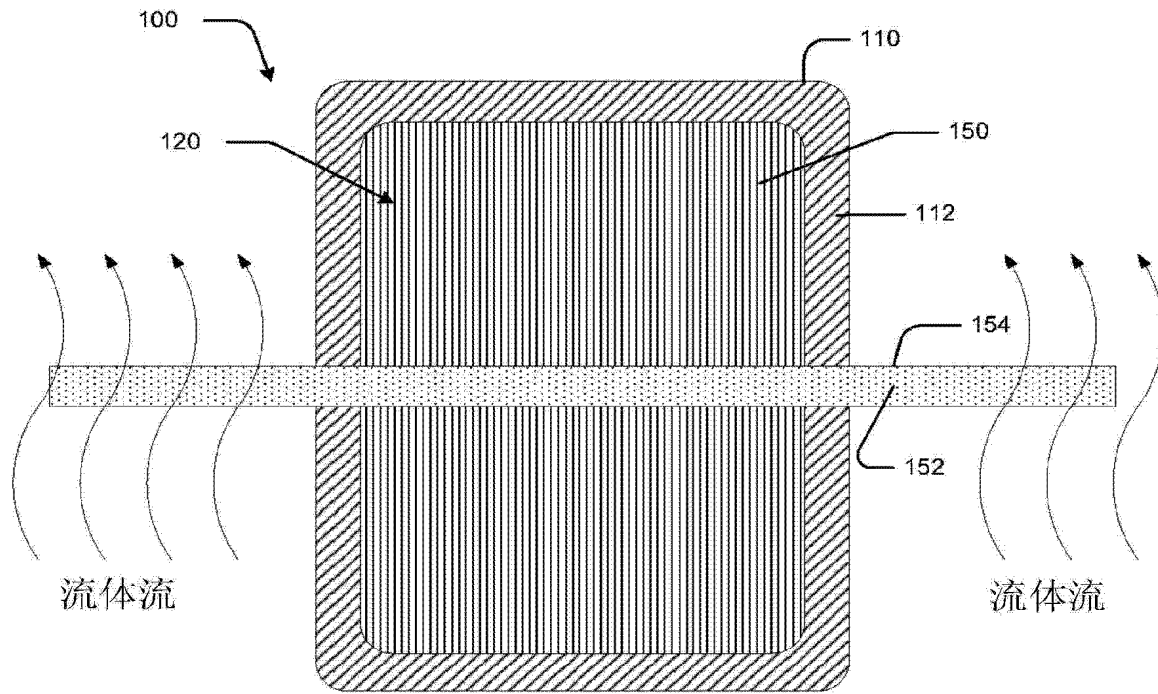


图 6

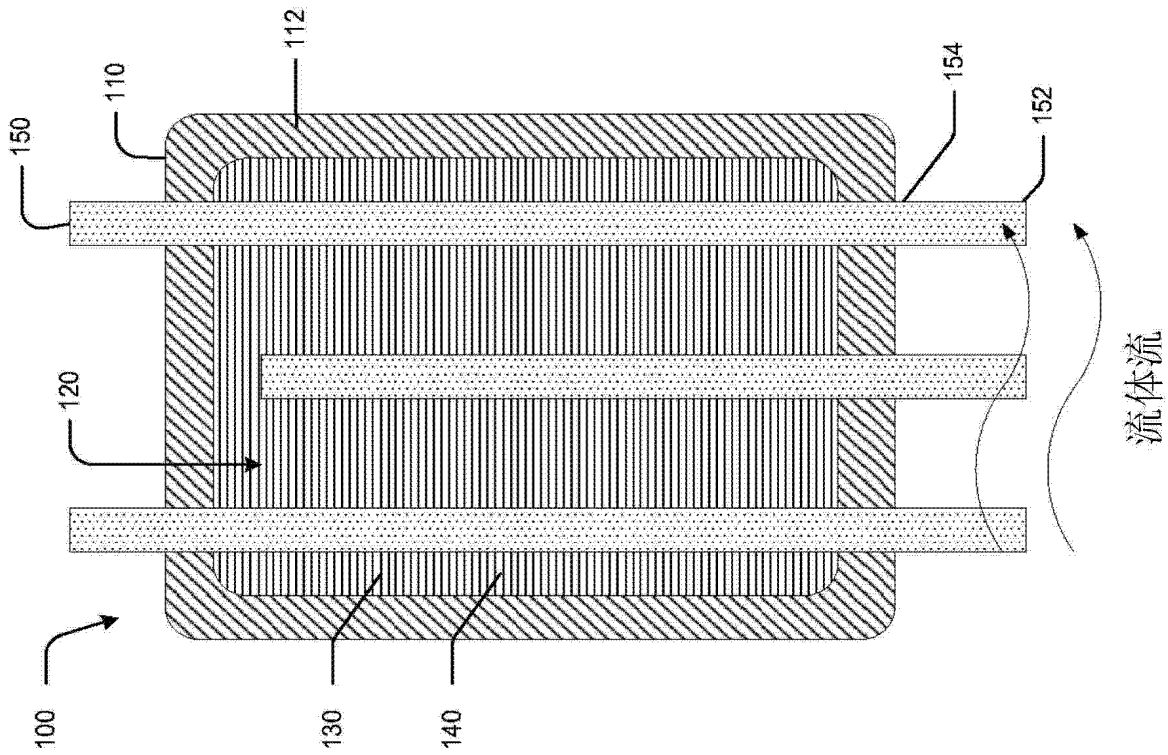


图 7

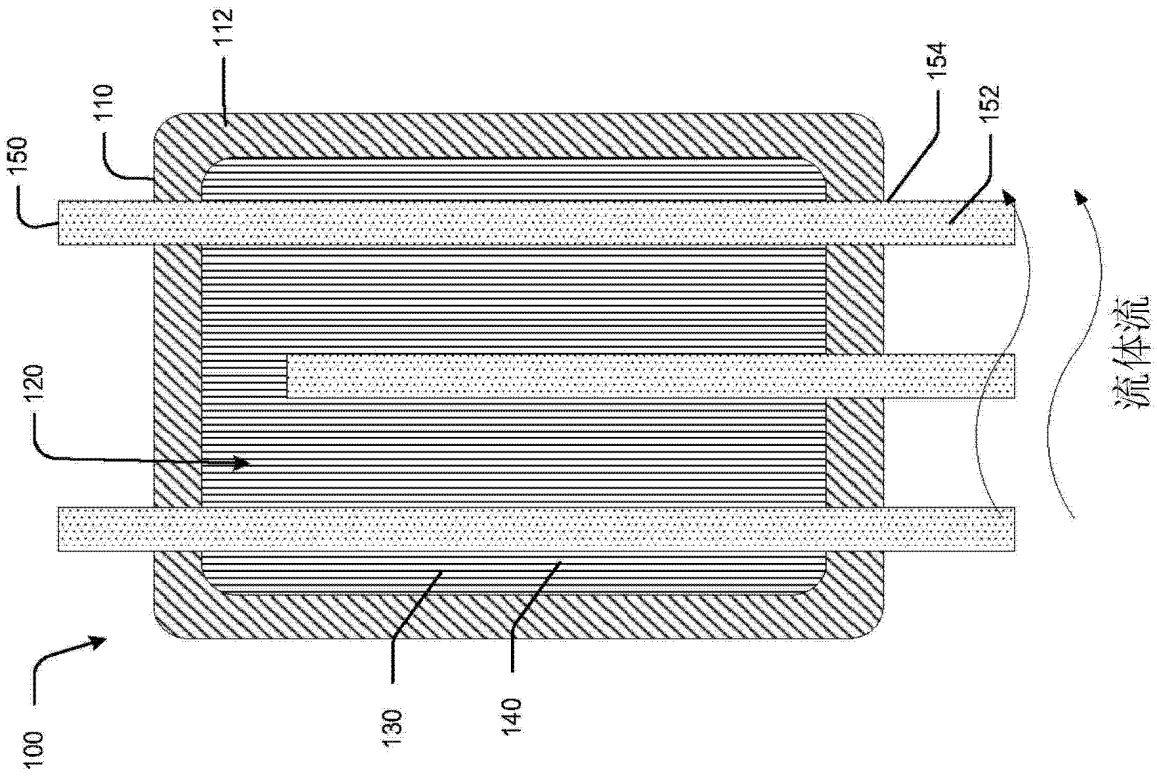


图 8

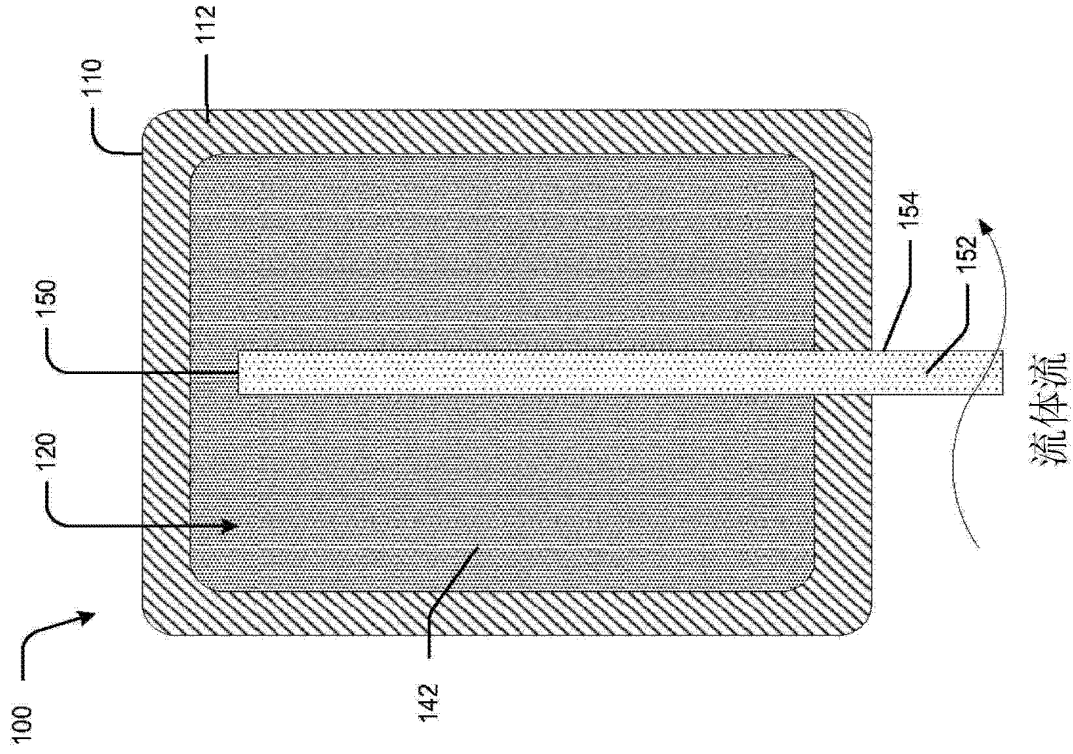


图 9

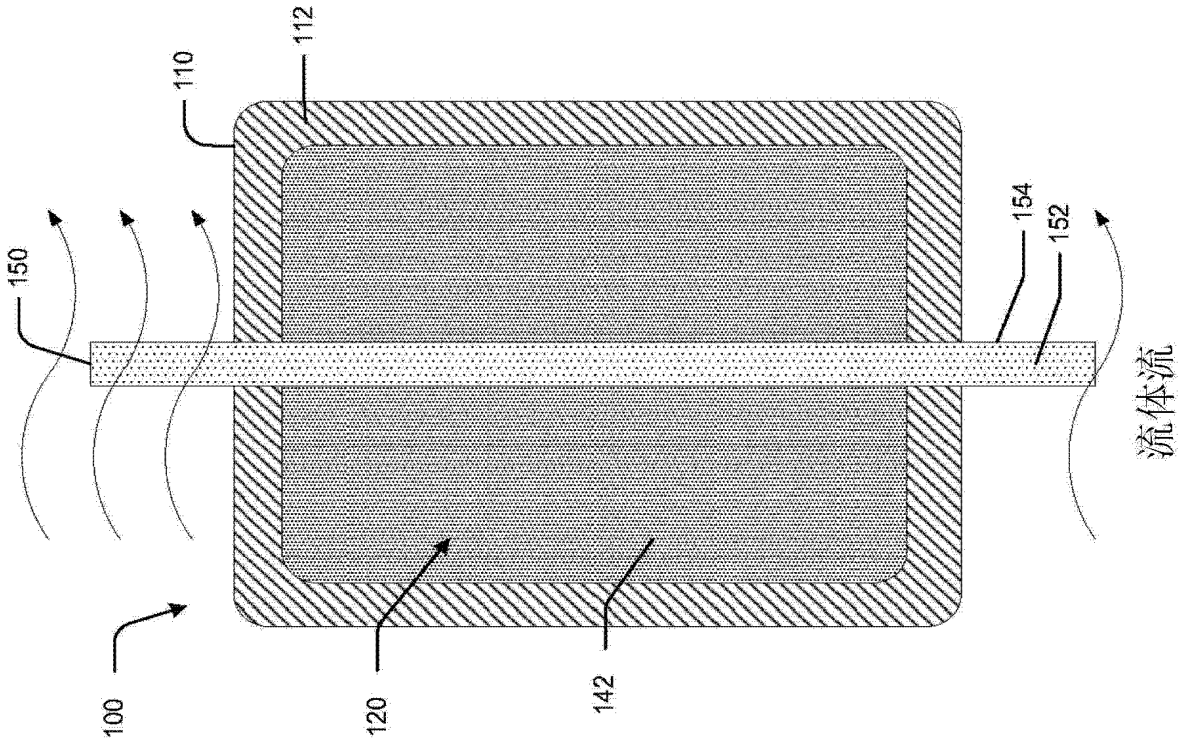


图 10

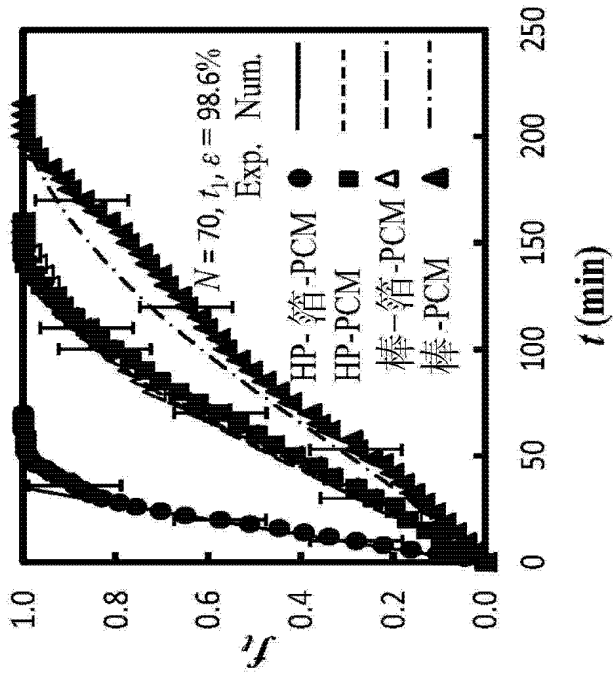


图 11

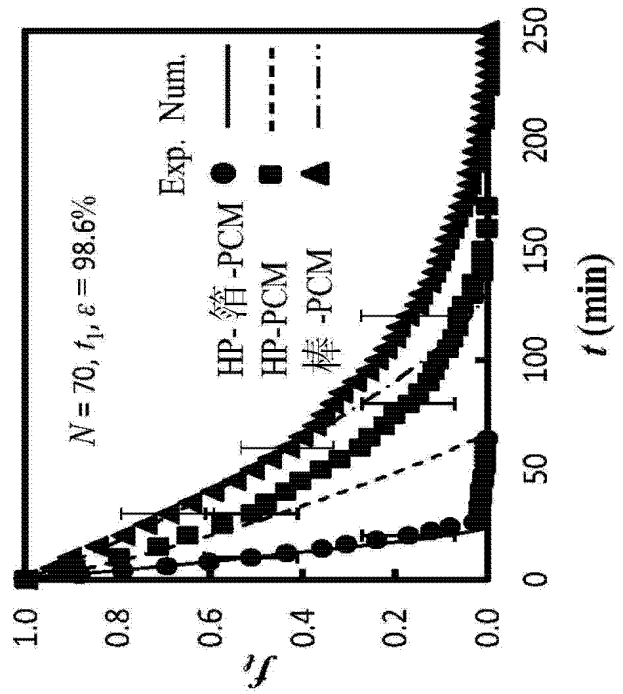


图 12

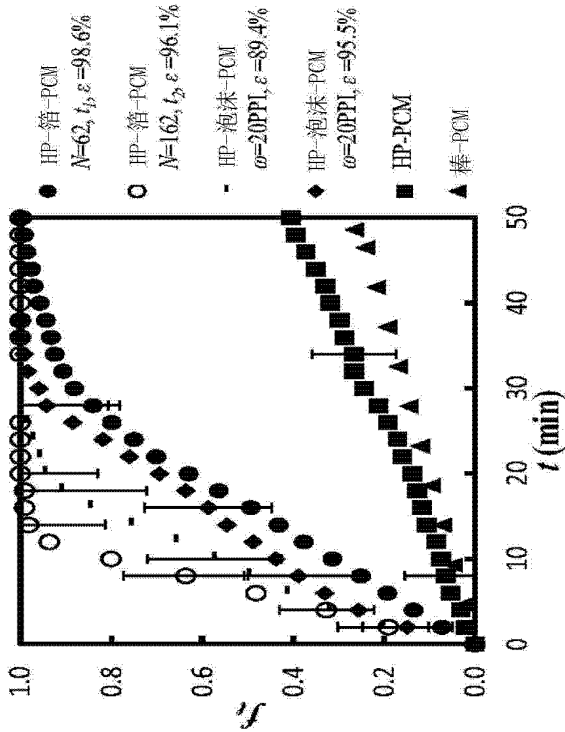


图 13

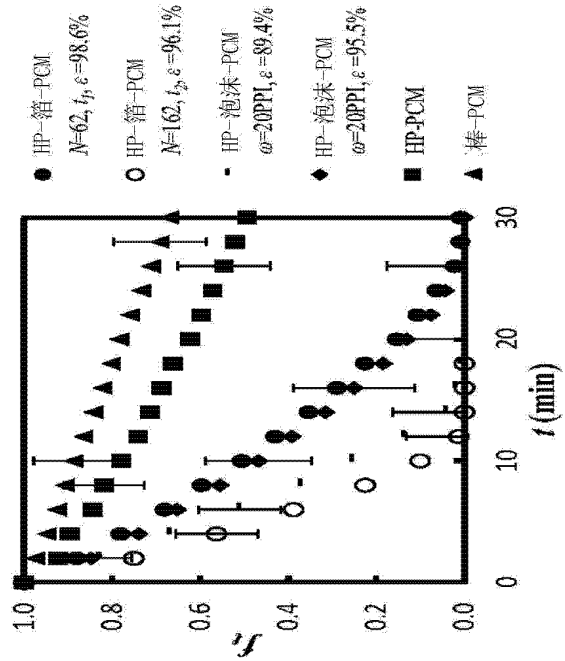


图 14