



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109791027 A

(43)申请公布日 2019.05.21

(21)申请号 201780061030.5

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(22)申请日 2017.07.28

代理人 任霄 傅永霄

(30)优先权数据

15/225582 2016.08.01 US

(51)Int.Cl.

F28D 20/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.04.01

F28F 1/12(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/044500 2017.07.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/026660 EN 2018.02.08

(71)申请人 雷神公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 D.阿尔特曼 N.I.马尼斯卡尔科

J.巴尔杜奇

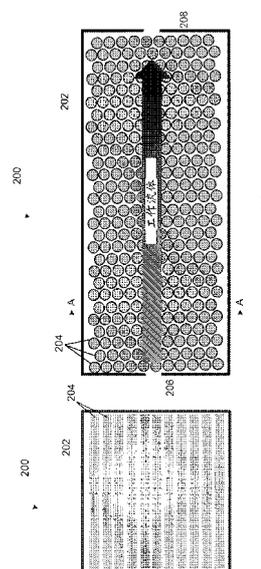
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

采用相变材料的热存储式热交换器结构

(57)摘要

一种热交换器包括被构造成容纳工作流体的壳体。所述热交换器还包括安置在所述壳体内并且被布置成当所述工作流体在所述壳体内时由所述工作流体环绕的多个腔室,每一腔室被构造成容纳在冻结时膨胀的相变材料(PCM)。每一腔室的壁由允许所述工作流体与每一腔室中的所述PCM之间的热能传递的高热导率材料形成。每一腔室的壁包括被构造成随着所述PCM在冻结时膨胀而变形以便增加所述腔室的内部体积的可膨胀波纹管。



1. 一种热交换器,包括:
被构造成容纳工作流体的壳体;以及
多个腔室,所述多个腔室安置在所述壳体内并且被布置成当所述工作流体在所述壳体内时由所述工作流体环绕,每一腔室被构造成容纳在冻结时膨胀的相变材料(PCM),
其中,每一腔室的壁由高热导率材料形成,所述高热导率材料允许所述工作流体与每一腔室中的所述PCM之间的热能传输,并且
其中,每一腔室的壁包括可膨胀波纹管,所述可膨胀波纹管被构造成随着所述PCM在冻结时膨胀而变形以便增加所述腔室的内部体积。
2. 根据权利要求1所述的热交换器,其中,所述多个腔室在所述壳体内部间隔开,在相邻腔室之间具有空间,所述空间连接以允许所述工作流体贯穿所述壳体并且在每一腔室周围流动。
3. 根据权利要求1所述的热交换器,其中,所述波纹管布置成一行以形成每一腔室的波纹状壁。
4. 根据权利要求1所述的热交换器,其中,所述PCM包括冰/水。
5. 根据权利要求1所述的热交换器,其中,每一腔室的所述壁由以下中的至少一者形成:不锈钢、铝、钛、铜或镍铬铁合金。
6. 根据权利要求1所述的热交换器,其中,所述工作流体包括乙二醇和水的混合物。
7. 根据权利要求1所述的热交换器,进一步包括:
所述壳体的第一壁中的入口,所述入口被构造成将所述工作流体接收到所述热交换器中;以及
所述壳体的第二壁中的出口,所述出口被构造成允许所述工作流体离开所述热交换器,
其中,所述入口和所述出口耦合到热能管理系统中的工作流体回路。
8. 一种系统,包括:
至少一个热源;
至少一个散热器;以及
被构造成从所述至少一个热源接收热能并且向所述至少一个散热器提供热能的热交换器,所述热交换器包括:
被构造成容纳工作流体的壳体;以及
多个腔室,所述多个腔室安置在所述壳体内并且被布置成当所述工作流体在所述壳体内时由所述工作流体环绕,每一腔室被构造成容纳在冻结时膨胀的相变材料(PCM),
其中,每一腔室的壁由高热导率材料形成,所述高热导率材料允许所述工作流体与每一腔室中的所述PCM之间的热能传输,并且
其中,每一腔室的壁包括可膨胀波纹管,所述可膨胀波纹管被构造成随着所述PCM在冻结时膨胀而变形以便增加所述腔室的内部体积。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述多个腔室在所述壳体内部间隔开,在相邻腔室之间具有空间,所述空间连接以允许所述工作流体贯穿所述壳体并且在每一腔室周围流动。
10. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述波纹管布置成一行以形成每一腔室的波纹

状壁。

11. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述PCM包括冰/水。

12. 根据权利要求8所述的系统,其中,每一腔室的所述壁由以下中的至少一者形成:不锈钢、铝、钛、铜或镍铬铁合金。

13. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述工作流体包括乙二醇和水的混合物。

14. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述热交换器进一步包括:

所述壳体的第一壁中的入口,所述入口被构造成将所述工作流体接收到所述热交换器中;以及

所述壳体的第二壁中的出口,所述出口被构造成允许所述工作流体离开所述热交换器,

其中,所述入口和所述出口耦合到工作流体回路,所述工作流体回路还耦合到所述系统的所述热源。

15. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述系统安置在陆地、海洋、天空或太空飞行器中。

16. 一种方法,包括:

使工作流体移动通过热交换器的壳体,所述壳体包含多个腔室,每一腔室包含在冻结时膨胀的相变材料(PCM);以及

当所述工作流体在所述多个腔室中的每一者周围移动时,使热能从所述PCM传递到所述工作流体,

其中,每一腔室的壁由高热导率材料形成,所述高热导率材料允许所述工作流体与每一腔室中的所述PCM之间的热能传输,并且

其中,每一腔室的所述壁包括可膨胀波纹管,所述可膨胀波纹管被构造成随着所述PCM在冻结时膨胀而变形以便增加所述腔室的内部体积。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述多个腔室在所述壳体内部分隔开,在相邻腔室之间具有空间,所述空间连接以允许所述工作流体贯穿所述壳体并且在每一腔室周围流动。

18. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述波纹管布置成一行以形成每一腔室的波纹状壁。

19. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述PCM包括冰/水。

20. 根据权利要求16所述的方法,其中,每一腔室的所述壁由以下中的至少一者形成:不锈钢、铝、钛、铜或镍铬铁合金。

采用相变材料的热存储式热交换器结构

技术领域

[0001] 本公开总体涉及热存储式热交换器。更具体来说,本公开涉及采用冰/水作为相变材料的热存储式热交换器结构。

背景技术

[0002] 热交换器在热能(通常简称为“热”)必须从一个位置移动到另一位置的系统中具有广泛应用。类似地,热能存储式(TES)热交换器广泛用于临时存储多余热能,并且稍后释放所述能量。这具有热“负荷均衡”(工作循环平均)的益处,从而减少必须耗散的热负荷。在许多TES热交换器中,相变材料(PCM)(例如石蜡)因其稳定性和高热存储能力而用作热交换器中的热存储材料。

发明内容

[0003] 本公开提供一种使用热存储式热交换器结构的系统和方法,所述热存储式热交换器结构采用在冻结时膨胀的相变材料(PCM)(例如冰/水)。

[0004] 在第一实施例中,一种热交换器包括被构造成容纳工作流体的壳体。所述热交换器还包括安置在壳体内并且被布置成当工作流体在壳体内时由工作流体环绕的多个腔室,每一腔室被构造成容纳在冻结时膨胀的相变材料(PCM)。每一腔室的壁由允许工作流体与每一腔室中的PCM之间的热能传输的高热导率材料形成。每一腔室的壁包括被构造成随着PCM在冻结时膨胀而变形以便增加所述腔室的内部体积的可膨胀波纹管。

[0005] 在第二实施例中,一种系统包括至少一个热源、至少一个散热器以及被构造成从所述至少一个热源接收热能并且向所述至少一个散热器提供热能的热交换器。所述热交换器包括被构造成容纳工作流体的壳体。所述热交换器还包括安置在壳体内并且被布置成当工作流体在壳体内时由工作流体环绕的多个腔室,每一腔室被构造成容纳在冻结时膨胀的PCM。每一腔室的壁由允许工作流体与每一腔室中的PCM之间的热能传输的高热导率材料形成。每一腔室的壁包括被构造成随着PCM在冻结时膨胀而变形以便增加所述腔室的内部体积的可膨胀波纹管。

[0006] 在第三实施例中,一种方法包括使工作流体移动通过热交换器的壳体,所述壳体包含多个腔室,每一腔室容纳在冻结时膨胀的PCM。所述方法还包括当工作流体在所述多个腔室中的每一者周围移动时,使热能从PCM传递到工作流体。每一腔室的壁由允许工作流体与每一腔室中的PCM之间的热能传输的高热导率材料形成。每一腔室的壁包括被构造成随着PCM在冻结时膨胀而变形以便增加所述腔室的内部体积的可膨胀波纹管。

[0007] 本领域技术人员从以下附图、描述和权利要求可以容易地显而易见到其它技术特征。

附图说明

[0008] 为了更完整地理解本公开,现在结合附图参考以下描述,其中:

图1示出根据本公开的可以使用相变材料(PCM)热交换器的示例性热管理系统;
图2示出根据本公开的PCM热交换器;
图3示出图2的PCM热交换器的放大视图;并且
图4示出用于使用根据本公开的PCM热交换器的示例性方法。

具体实施方式

[0009] 下文描述的图1至图4以及用于描述此专利文献中的本公开的的原理的各种实施例只是为了图示,并且不应以任何方式解释为限制本公开的范围。本领域的技术人员将理解,本公开的原理可以在任何类型的适当布置的装置或系统中实现。

[0010] 现有热存储式热交换器通常使用各种石蜡作为潜在热存储材料。石蜡稳定、化学良性,并且展现可重复熔化和凝固行为;然而,其热导率需要PCM热交换器中的大量热散布结构,以实现进出PCM的热传递。石蜡还具有相对低的密度,并且因此相对于其它已知有机和无机PCM需要更大体积的材料。一般来说,基于石蜡的PCM热交换器分别限于大约50-70kJ/kg和50-70MJ/m³的比能量密度和体积能量密度。对于重量和体积分配有限的某些应用(例如,新兴定向能量应用),这些数字是不可接受的低。

[0011] 为解决石蜡的热限制,一些热交换器系统已经提出使用冰/水作为PCM。使用冰/水作为PCM的益处源自其有利热物理性质(高的熔化潜热、密度和导热率)。对于将需要制冷或可进入极低温散热环境的系统来说,冰/水也特别有利。然而,冰/水也是独特的(相对于大多数其它已知PCM),因为水在冻结时膨胀。冰/水PCM热交换器必须被设计成适应此膨胀,同时通过与热交换器包封和热散布结构紧密接触而维持有效热传递。对常见PCM(例如石蜡)有效的典型板/翅片PCM热交换器设计以刚性封装件为特征并且不适于冰/水PCM,因为封装件的壁将因冻结而破裂。

[0012] 使用冰/水作为PCM的一些设计已经在散热器(与热交换器相反)应用中示出出潜力。然而,这些设计不适于需要来自/到达液体工作流体的高热传递速率(例如,数百千瓦)的TES PCM热交换器,正如许多军事定向能量应用的情况一样。这是因为与使热传递进出冰/水PCM相关联的设计结构、系统构造和相对高的传导热阻。类似地,其它冰/水PCM热交换器结构设计以与使热进出冰/水PCM相关联的高对流和传导热阻为特征。虽然这些设计可以适用于低速率传递(数十kW)、相对小的能量(例如,5MJ)的应用中,但是这样的设计在高速率(例如,>100kW)、高能量(例如,~25MJ)的应用中不可接受,在定向能量应用中可能需要高速率、高能量。

[0013] 为解决这些或其它问题,本公开的实施例提供一种采用冰/水作为相变材料(PCM)并且在其冻结时不因冰的体积膨胀而经受破裂的热能存储式(TES)热交换器。所公开的实施例显著提高PCM TES热交换器的比能量密度和体积能量密度,从而减小经由热能存储采用负荷均衡的热管理系统(TMS)的大小和重量。

[0014] 将理解,本公开的实施例可以包括这里所描述的特征中的任何一个、多于一个或全部。另外,本公开的实施例可以另外地或替代性地包括这里未列举的其它特征。

[0015] 图1示出根据本公开的可以使用PCM热交换器的示例性热管理系统100。图1中所示的系统100的实施例仅用于图示。可以使用系统100的其它实施例、而不背离本公开的范围。本领域的技术人员将认识到,为简单和清楚起见,未在每一个图中明确示出一些特征和部

件,包括结合其它图示出的那些。这样的特征(包括在其它图中示出的那些)将被理解成同样适用于系统100。将理解,图中示出的所有特征可以用于所述实施例中的任一者中。从特定图中省略特征或部件是出于简单和清楚的目的,并且并不打算暗示所述特征或部件无法用于结合所述图描述的实施例中。

[0016] 如图1中所示,系统100包括热源部件110、热交换器120和散热器部件130。热源部件110容纳热源112和管道114。热源112在使用期间连续地或短促地产生高水平的热能。热源112可以是多种产热源中的任一者,包括(但不限于)电子部件、激光器等等。由于热源112可以显著变化,因此未示出和描述热源112的细节。类似地,容纳热源112的热源部件110可以显著变化,并且可以表示热源112位于其中的任何合适结构。在一些实施例中,热源部件110可以表示陆地、海洋、天空或太空飞行器的区划(compartment)。虽然为简单起见,图1示出一个热源部件110和一个热源112,但是在一些实施例中,可以存在多个热源部件110和/或多个热源112。

[0017] 管道114接近热源112载运工作流体通过热源部件110。在系统100的操作期间,通过管道114的工作流体通过对流和传导与热源112交换热能。工作流体可以是适用于热管理系统中的任何流体。在一些实施例中,工作流体是乙二醇和水的混合物。虽然在图1中示出单个管道114,但是管道114可以实际上表示平行、按网格图案或按任何其它合适构造载运工作流体的多个管道。在操作的一个特定方面中,热源112产生短促的热能,并且管道114中的工作流体通过吸收从热源112传递到管道114的热能来冷却热源112。在操作的另一方面中,热源112可以处于闲置模式或另一非产热模式中,并且管道114中的工作流体可以通过管道114使热能传递回到热源112。

[0018] 散热器部件130包括散热器132和管道134。散热器132可以表示用于最终将热能传递出系统100的散热器。在一些实施例中,散热器132可以是大气、大量水或另一合适的散热器介质,其可以是气体、液体或两相流体。由于散热器132可以显著变化,因此未示出和描述散热器132的细节。类似地,包括散热器132的散热器部件130可以显著变化,并且可以表示散热器132位于其中的任何合适位置或结构。虽然为简单起见,图1示出一个散热器部件130和一个散热器132,但是在一些实施例中,可以存在多个散热器部件130和/或多个散热器132。

[0019] 管道134接近散热器132载运工作流体通过散热器部件130。在系统100的操作期间,通过管道134的工作流体通过对流和传导将热能传递到散热器132。工作流体可以是适用于热管理系统中的任何流体。在一些实施例中,工作流体是乙二醇和水的混合物。虽然在图1中示出单个管道134,但是管道134可以实际上表示平行、按网格图案或按任何其它合适构造载运工作流体的多个管道。

[0020] 热交换器120是使用PCM(例如冰/水)作为热能存储材料的热能存储式(TES)相变材料(PCM)热交换器。热交换器120包括PCM腔室122和管道124。热交换器120经由包括管道114、124、134的工作流体回路140与热源部件110和散热器部件130热耦合。即,热能可以由通过回路140的工作流体在热源部件110、热交换器120和散热器部件130之间传输。

[0021] PCM腔室122保持PCM。管道124接近PCM腔室122载运工作流体通过热交换器120。在系统100的操作期间,通过管道124的工作流体通过对流和传导与PCM腔室122交换热能。虽然在图1中示出单个PCM腔室122,但是大多数PCM热交换器包括多个PCM腔室,并且PCM腔室

122可以表示热交换器120中的任何合适数目个PCM腔室。类似地,管道124可以实际上表示平行、按网格图案或按任何其它合适构造载运工作流体的多个管道。

[0022] 在操作的一个方面中,由热源112产生的热能传递到管道114中的工作流体。所述工作流体通过回路140将热能载运到热交换器120中的管道124。在热交换器120中,至少一些热能通过对流和传导从管道124中的工作流体传递到PCM腔室122中的PCM。热交换器120中的PCM能够存储热能,直到其可以通过热能传递沿相反方向释放回到管道124中的工作流体。此时,热能从PCM腔室122中的PCM传递到管道124中的工作流体。所述工作流体通过回路140将热能载运到散热器部件130中的管道134。在散热器部件130中,至少一些热能从管道134中的工作流体传递到散热器132。

[0023] 根据本公开,热交换器120中的PCM为冰/水。当热能从管道124传递到PCM腔室122时,PCM随着所述PCM吸收热能而从冰变为水。类似地,当热能从PCM腔室122传递回到管道124时,PCM从水变为冰并释放热能。热交换器120包括许多有利特征以适应冰在其冻结时的体积膨胀,如下文更详细描述。

[0024] 虽然图1示出其中可以使用PCM热交换器的热管理系统100的一个示例,但是可以对图1作出各种改变。例如,虽然热源部件110、热交换器120和散热器部件130示出为分开的,但这只是为了图示清楚起见。在一些实施例中,部件110、120、130中的两者或更多者可以彼此接触,或者部件110、120、130中的两者或更多者可以是相同结构的一部分。而且,系统100的构成和布置仅用于图示。可以根据特定需要按任何其它构造添加、省略、组合或放置部件。

[0025] 图2示出根据本公开的PCM热交换器200。PCM热交换器200可以表示图1的热交换器120(或由其表示)。图2中所示的PCM热交换器200的实施例仅用于图示。可以使用PCM热交换器200的其它实施例,而不背离本公开的范围。

[0026] PCM热交换器200是热能存储式(TES)热交换器并且包括类似于在壳管式PCM热交换器架构中发现的那些特征的一些特征。典型壳管式热交换器包括“壳”或壳体,例如围绕多个管的压力容器。一种流体在所述管中的每一者内部,并且第二流体在所述管周围和之间流动通过所述壳。不同于无法使用冰/水作为PCM而不破裂的现有壳管式PCM热交换器,PCM热交换器200包括准许使用冰/水作为PCM热存储材料的特征。

[0027] 图2示出热交换器200的两个视图210-220。视图210是热交换器200沿着视图220中的线A-A截取的横截面视图。热交换器200包括壳体202,其环绕多个柔性可膨胀PCM腔室204。热交换器200还包括入口206和出口208。在一个实施例中,壳体202为大致矩形结构,其具有大约1英尺乘1英尺乘2英尺的尺寸。除了入口206和出口208以外,壳体202可以是封闭的并且密封成气密和水密的。壳体202的壁可以与周围环境热绝缘,以便最小化通过所述壁的热能传递。

[0028] 热交换器200的入口206是壳体202中工作流体通过其进入热交换器200的开口。类似地,出口208是壳体202中工作流体通过其离开热交换器200的开口。入口206和出口208耦合到热管理工作流体回路,例如图1的回路130。工作流体在入口206处进入热交换器200,通过相邻PCM腔室204之间的间隙穿过壳体202的整个内部腔体,并且然后在出口208处离开热交换器200,在那里工作流体移动到所述回路的额外部分。这由图2中所示的大箭头表示。因此,壳体202的内部腔体自身充当工作流体的管道,类似于图1中的管道124。工作流体可以

是适用于热管理系统中的任何流体。在一些实施例中，工作流体是乙二醇和水的混合物。

[0029] 在壳体202内部，PCM腔室204大致相同，并且按交错网格（例如图2中所示）或按另一有序布置来布置。PCM腔室204彼此间隔开，使得在相邻PCM腔室204之间存在间隙或空间。在一些实施例中，相邻PCM腔室204之间的间隔可以是PCM腔室204的直径的大约5%。PCM腔室204是填充有冰/水的封闭贮存器，冰/水是PCM热交换器200的PCM材料。每一PCM腔室204中的水通常是过滤水，无任何添加剂。在一些实施例中，所述水可以是除盐水；然而，不需要所述水绝对纯净。每一PCM腔室204的壁可以是金属，例如不锈钢、铝、钛、铜、镍铬铁合金（Inconel）或具有有利热传递性质（例如，高热导率）的任何其它合适材料。

[0030] 在一些实施例中，每一PCM腔室204是细长的，在其最大横截面处，长度为大约1英尺、并且直径为大约2英寸。图3示出一个PCM腔室204的放大视图。每一PCM腔室204的壁形成为一行多个柔性波纹状金属波纹管302，其为PCM的膨胀提供机械顺应性。波纹管302充当具有延伸表面的填充有PCM的翅片，从而与如果PCM腔室204仅为具有笔直壁的圆柱形的情况相比，为PCM腔室204提供显著更大的表面积。增加的表面积导致增加的对流热传递面积，并且减少与将热能传递进出PCM相关联的传导长度。

[0031] 波纹管302还适应PCM在其冻结时的膨胀。如图3中所示，尺寸A表示当PCM处于液态（例如水）时每一波纹管302的厚度。当PCM冻结和膨胀时，波纹管302中的一个或多个的厚度膨胀到尺寸A'。即，波纹管302的波纹状壁变形，从而产生更大尺寸A'以适应已膨胀的PCM。在一些实施例中，尺寸A为大约0.20英寸，并且A'为大约0.22英寸。当然，这只是一个示例。在其它实施例中，尺寸A和A'可以根据特定需要更大或更小。每一PCM腔室204的结构有利地利用柔性波纹管302来同时适应膨胀、减小进入到冰/水中的传导长度并且通过增加由波纹管302的波纹提供的延伸表面来增加对流热传递。波纹管302的形状可以根据实施例变化，只要所述形状适于适应PCM的膨胀。

[0032] 在操作的一个方面中，PCM腔室204中的PCM材料处于液体水状态。来自PCM腔室204的热能通过PCM腔室204的壁通过对流和传导传递到工作流体。当热能从PCM传输时，水冻结成冰并随之膨胀。当冰形成并膨胀时，波纹管302如图3中所示膨胀以在每一PCM腔室204内部为膨胀的冰提供额外体积，从而避免任何PCM腔室壁的破裂。之后，当热能从工作流体传递到每一PCM腔室204中的PCM时，冰融化成水并收缩，并且波纹管302因PCM腔室204的内部与外部之间的压力差而恢复到其静态形状。波纹管302的某些构造还促进PCM腔室204中的每一者中的冰的定向冻结，这通过促进每一波纹管302附近的PCM腔室204内的冰的形成来改善PCM腔室204的操作。

[0033] 虽然图2和图3示出PCM热交换器200的一个示例，但是可以对图2和图3作出各种改变。例如，虽然示出为沿着其整个长度具有波纹管302，但是PCM腔室204中的一个或多个可以沿着其长度的一部分具有一个或多个平坦的非波纹状区段。而且，虽然已经提供某些尺寸作为示例，但是此类尺寸可以根据特定需要更大或更小。另外，PCM热交换器200的构成和布置仅用于图示。可以根据特定需要按任何其它构造添加、省略、组合或放置部件。例如，虽然壳体202示出为大致填充有PCM腔室204，但是这只是一个示例。在其它实施例中，壳体202的若干部分可以包括更少或更多PCM腔室204，或者PCM腔室204可以按部分进一步间隔开。

[0034] 图4示出用于使用根据本公开的PCM热交换器的示例性方法400。方法400可以使用

图1的热管理系统100中的图2的PCM热交换器200来实施。然而,方法400可以与任何其它合适系统一起使用。

[0035] 在步骤401处,使工作流体移动通过热交换器的壳体。例如,热管理系统中的泵可以泵送工作流体通过壳体。壳体包含多个腔室,并且每一腔室包含在冻结时膨胀的PCM,例如冰/水。这可以包括(例如)工作热传递流体(例如乙二醇和水)移动通过壳体202。

[0036] 在步骤403处,当工作流体在所述多个腔室中的每一者周围移动时,使热能从PCM传递到工作流体。这可以包括(例如)当工作流体在壳体202中的每一PCM腔室204周围移动时,热能从PCM腔室204中的每一者中的PCM传递到工作流体。至少一些热能可以表示可以传输到散热器(例如散热器132)的多余热能。

[0037] 每一腔室的壁由允许工作流体与每一腔室中的PCM之间的热能传递的高热导率材料形成。而且,每一腔室的壁包括被构造成随着PCM在冻结时膨胀而变形以便增加所述腔室的体积的可膨胀波纹管。例如,每一PCM腔室204包括可以变形以使每一腔室内部的总体积膨胀的多个波纹管302。当热能从PCM传递到工作流体时,PCM冻结并膨胀。随着PCM膨胀,波纹管302变形以增加PCM腔室204的体积。

[0038] 在步骤405处,使热能从工作流体传递到PCM。这可以包括(例如)热能从工作流体传递到每一PCM腔室204中的PCM。至少一些热能可以表示在热源(例如热源112)处产生的热能。当热能从工作流体传递到PCM时,PCM熔化并收缩。随着PCM收缩,每一PCM腔室204的波纹管302恢复到其静态状态,从而减小每一PCM腔室204的体积。

[0039] 在一些实施例中,工作流体在热管理系统中的工作流体回路中,并且步骤401-405可以在热管理系统中重复一次或更多次。

[0040] 虽然图4示出用于使用PCM热交换器的方法400的一个示例,但是可以对图4作出各种改变。例如,虽然示出为一系列步骤,但是图4中所示的各种步骤可以重叠、并行发生、按不同次序发生或多次发生。此外,根据特定需要,可以组合或去除一些步骤,并且可以添加额外的步骤。

[0041] 阐述贯穿本专利文献使用的特定词语或者短语的定义可能是有利的。术语“包括(include)”和“包括(comprise)”及其派生词意味着包含但不限制。术语“或者”是包容性的,意味着“和/或”。短语“与...相关联”及其派生词意味着包括、包括在内、与...互相关联、包含、包含在内、连接至或者与...连接、联接至或者与...联接、与...通信、与...配合、交织、并置、接近、结合到或者与...结合、具有、具有...特性、具有关系或与...具有关系等。短语“至少一个”在与一系列项目一起使用时意味着可以使用所列出的项目中的一个或者更多项目的不同组合,并且可能仅需要列表中的一个项目。例如“A、B、和C中的至少一个”包括以下组合中的任何一个:A、B、C、A和B、A和C、B和C、以及A和B和C。

[0042] 本申请中的描述不应理解为暗示任何特定元件、步骤、或者功能是必须包括在权利要求范围内的必要或者关键元素。专利主题的范围仅通过所允许的权利要求限定。而且,除非在特定权利要求中明确地使用确切词语“用于...的装置”或者“用于...的步骤”,随后是识别功能的分词短语,否则没有任何权利要求旨在援引关于随附权利要求中任一项或者权利要求要素的35 U.S.C. §112(f)。权利要求内的术语(诸如但不限于,“机构”、“模块”、“装置”、“单元”、“部件”、“元件”、“构件”、“设备”、“机器”、或者“系统”)的使用被理解为并且旨在表示相关领域的技术人员已知的结构(如由权利要求本身的特征进一步修改或者增强

的)并且不旨在援引35 U.S.C.§112(f)。

[0043] 虽然本公开已经描述了特定实施例和一般相关联的方法,但是这些实施例和方法的变更和置换对于本领域的技术人员将是显而易见的。因此,示例性实施例的以上描述不限定或者限制本公开。如由以下权利要求所限定的,在不偏离本公开的精神和范围的情况下,其它改变、替换、和变更也是可能的。

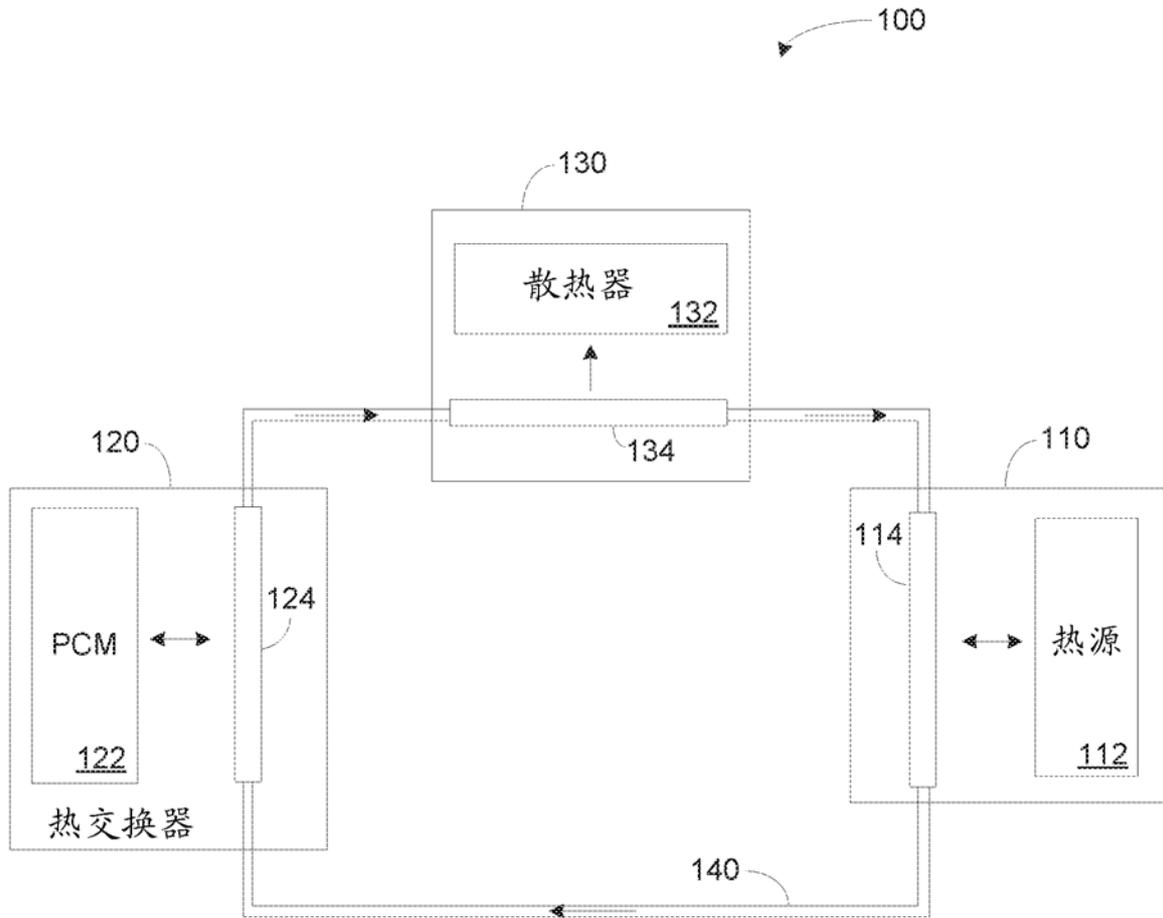


图 1

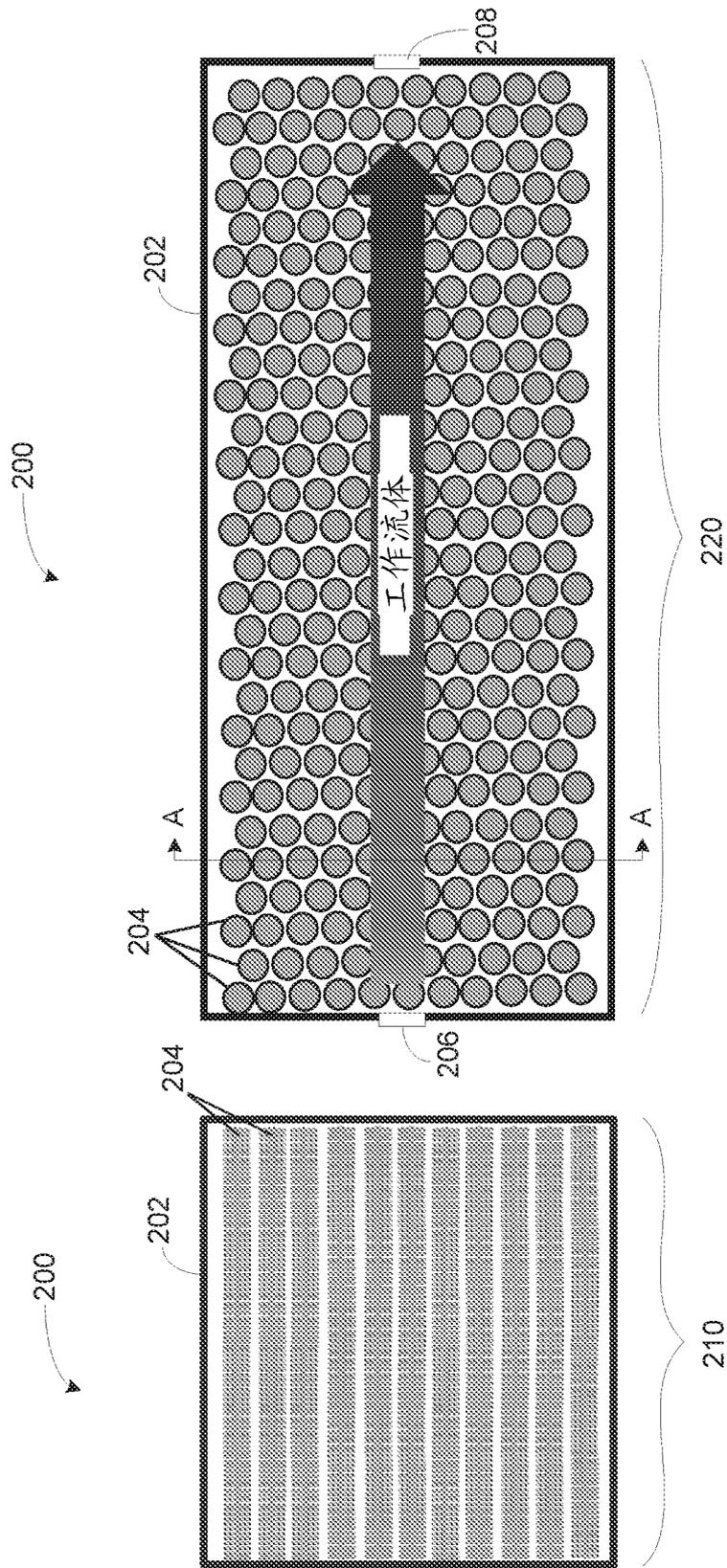


图 2

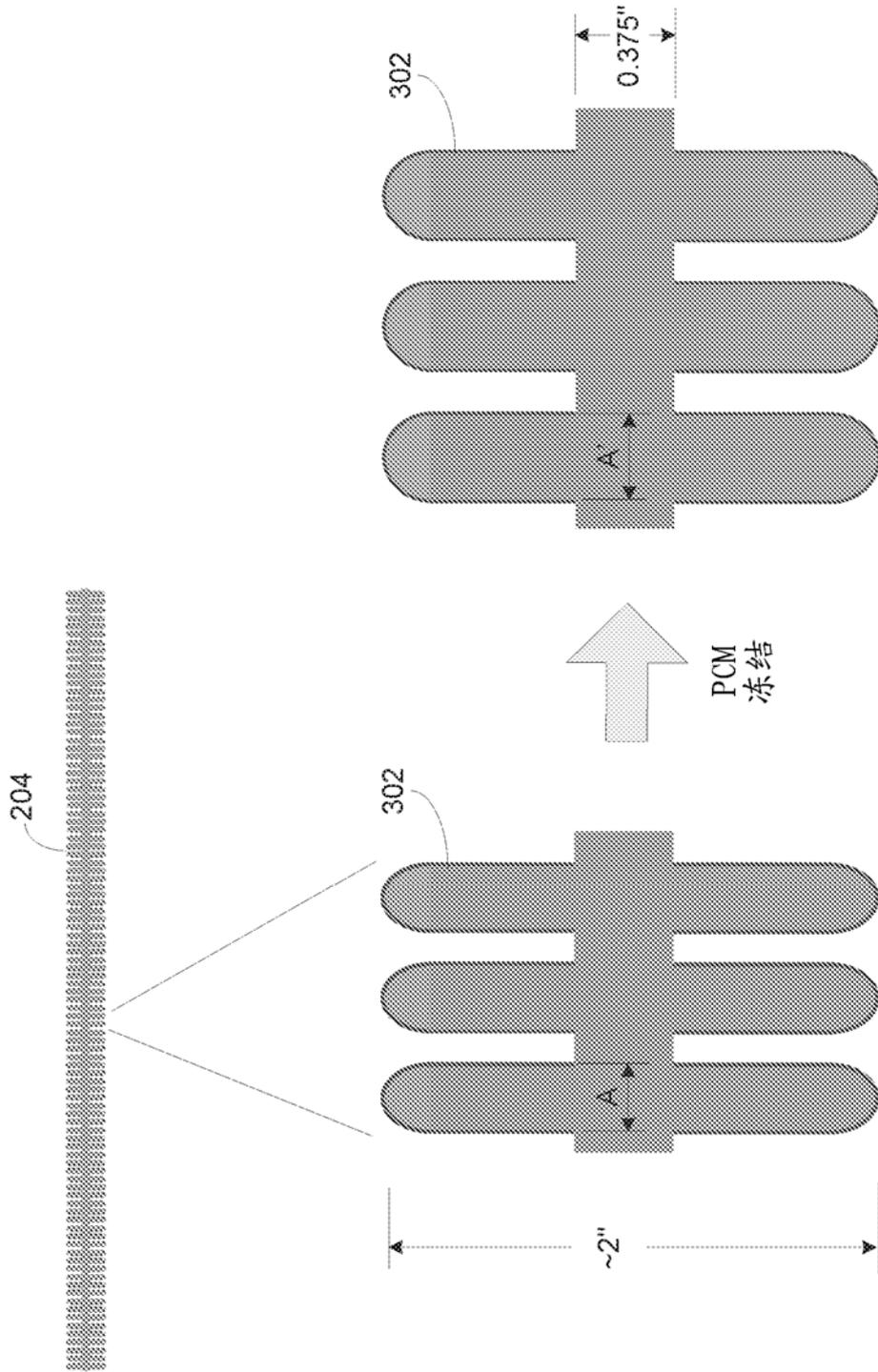


图 3

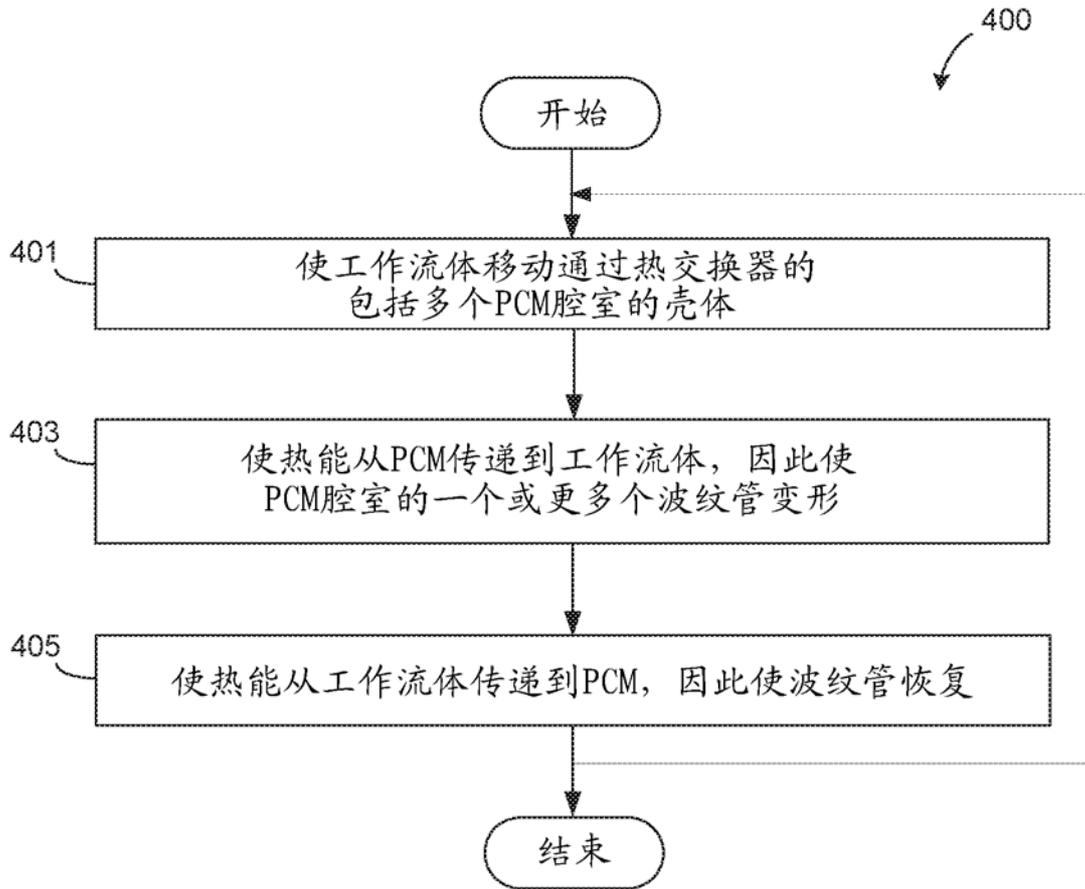


图 4