



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117553600 A

(43) 申请公布日 2024. 02. 13

(21) 申请号 202210929009.5

(22) 申请日 2022.08.03

(71) 申请人 香港城市大学
地址 中国香港九龙达之路

(72) 发明人 潘钦 蒋星池

(74) 专利代理机构 深圳宜保知识产权代理事务
所(普通合伙) 44588
专利代理师 王琴 曹玉存

(51) Int. Cl.

F28D 7/10 (2006.01)

F28F 9/02 (2006.01)

F28F 9/26 (2006.01)

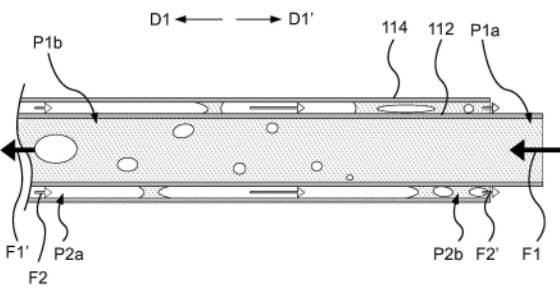
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

逆向流型的双层同心圆管的热交换器

(57) 摘要

一种热交换器,包括至少一个管体组以及流体源。管体组包括外管以及内管。内管设置于外管内且与外管同心设置。内管界定出第一流道。外管与内管之间的空间界定出第二流道。第二流道与第一流道分隔。流体源与第一、第二流道连通,并提供流体,以使流体的第一部分在第一流道内沿着第一方向流动且流体的第二部分在第二流道内沿着第一方向的反方向流动。



1. 一种热交换器,其特征在于,包括:

至少一个管体组,包括:

外管;以及

内管,设置于所述外管内且与所述外管同心设置,其中所述内管界定出第一流道,所述外管与所述内管之间的空间界定出第二流道,其中所述第二流道与所述第一流道分隔;以及

流体源,与所述第一、第二流道连通,并提供流体,以使所述流体的第一部分在所述第一流道内沿着第一方向流动且所述流体的第二部分在所述第二流道内沿着所述第一方向的反方向流动。

2. 如权利要求1所述的热交换器,其特征在于,所述管体组具有彼此相对的右侧与左侧,

其中,

所述流体的所述第一部分由所述管体组的所述右侧流入所述第一流道,并从所述管体组的所述左侧流出于所述第一流道;以及

所述流体的所述第二部分由所述管体组的所述左侧流入所述第二流道,并从所述管体组的所述右侧流出于所述第二流道。

3. 如权利要求1所述的热交换器,其特征在于,更包括:

第一接合腔体,与所述管体组的右端接合,且其包括并排设置的第一、第二腔体,其中所述第一流道与所述第一腔体的第一腔体流道连通,且所述第二流道与所述第二腔体的第二腔体流道连通,其中所述第一腔体流道分隔于所述第二腔体流道;以及

第二接合腔体,与所述管体组的左端接合,且其包括并排设置的第三、第四腔体,其中所述第一流道与所述第三腔体的第三腔体流道连通,且所述第二流道与所述第四腔体的第四腔体流道连通,其中所述第三腔体流道分隔于所述第四腔体流道。

4. 如权利要求3所述的热交换器,其特征在于,其中所述内管具有相对的左端部与右端部,所述外管具有相对的左端部与右端部,

其中,

所述内管的所述右端部贯穿所述第二腔体,以与所述第一腔体的第一通孔接合,以使所述第一流道连通于所述第一腔体流道,且所述外管的所述右端部通过所述第二腔体的第二通孔以与所述第二腔体接合,以使所述第二流道连通于所述第二腔体流道;以及

所述内管的所述左端部贯穿所述第三腔体,以与所述第三腔体的第三通孔接合,以使所述第一流道连通于所述第三腔体流道,且所述外管的所述左端部通过所述第四腔体的第四通孔以与所述第四腔体接合,以使所述第二流道连通于所述第四腔体流道。

5. 如权利要求4所述的热交换器,其特征在于,其中,所述流体源连通于所述第一、第三腔体流道连通,使得所述流体源连通于所述第一、第二流道。

6. 如权利要求3所述的热交换器,其特征在于,其中,所述第一与第二流道的延伸方向平行于所述第一方向,所述第一至第四腔体流道的延伸方向平行于第二方向,且所述第二方向不同于所述第一方向。

7. 如权利要求1所述的热交换器,其特征在于,其中所述至少一管体组包括多个管体组。

8.如权利要求1所述的热交换器,其特征在于,其中所述内管的厚度小于所述外管的厚度。

9.如权利要求1所述的热交换器,其特征在于,其中,所述第一部分在所述第一流道中的温度梯度反向于所述第二部分在所述第二流道中的温度梯度。

10.如权利要求1所述的热交换器,其特征在于,其中所述第一流道为圆形流道,且所述第二流道为环形流道。

逆向流型的双层同心圆管的热交换器

技术领域

[0001] 本发明一般涉及一种热交换器,且特别是关于一种逆向流型(counter-flow type)且具有双层同心圆管的热交换器。本发明一般涉及工业热能、蒸汽发电、燃烧换热、空调蒸发制冷等热力工程应用中的流动沸腾传热技术领域。

背景技术

[0002] 现代的工业热能、蒸汽发电、燃烧换热、空调蒸发制冷等热力工程设备(如蒸汽发生器、工业锅炉、冷凝器等等)中,广泛利用蒸发、沸腾的相变传热物理过程。然而,实现这一流动沸腾的热交换设备有着一系列严苛的性能和技术要求,包括:传热系数,热效率,双相流的稳定性,流动循环设备的功耗控制,换热器的承压能力,制造成本,使用寿命等等。面向未来国家能源战略提出的“碳达峰,碳中和”长远计划,更高性能,高能效比,高可靠性的蒸发换热器是工业发电和燃烧热能利用的非常关键的一环,因此,开发高性能的新型沸腾传热设备意义重大。目前,现有主流的蒸发器及工业锅炉设备主要是以单层金属(通常以铜、铝为主)圆管排布组合成一个整体换热器,主要包含:冷水注入口、受热蒸发的铜管阵列、末端蒸汽收集端、以及配合蒸发器工作的辅助环路设备。但现有传统的蒸发换热器在实际运行都存在一些缺陷,大致包括以下几点:

[0003] 1.传统蒸发器中,流体工质(通常为水)在单铜管内的流动方向上持续受热,并经历预热、核态沸腾、气泡流、气柱流、末端液膜蒸发等过程,这使得在单通道管上沿流动方向的换热性能非常不均匀,且换热效率较低,下游段的汽液双相流区间传热能力显著高于前半段液体单相流区间的传热能力。不均匀的换热性能会导致换热总效率低下,应用中需要较大的换热面积来达到需求功率。

[0004] 2.水在单铜管内的持续受热后,进入沸腾相变过程,这一过程非常剧烈,实际的汽液混合物在受热铜管内流动状态极其不稳定,容易产生气泡阻塞、流动压降高频波动、甚至发生倒流/逆流现象等等。对于低压蒸发器,由于汽液密度相差比很大,在较高的热流密度时这种剧烈的流动不稳定性会导致受热工况提前到达临界热流密度,甚至烧毁换热管。因此,蒸发器往往需要在较高的系统压力下运行,增加了蒸发器系统的材料成本和制造成本。

[0005] 3.传统的单铜管蒸发器内,汽液混合物的流动方向上实际管道的壁面温度相差巨大,通常是冷水注入端偏冷,然后水由过冷态持续吸收热量变为汽液混合流,而受热铜管的尾部出口附近是干度很高的高温高压的水蒸气。随着蒸发管的尺寸增长,流道的前、中、后段的壁面温度差异变得更大,导致同一受热铜管的始末两端的热应力疲劳程度显著不同,降低了蒸发器的工作服役寿命。

[0006] 4.传统的单铜管蒸发器在实际工况中,沸腾相变的物理过程中的蒸汽体积激增会导致流体在通道内的流动阻力(流动压降)急剧增大,造成了蒸发器系统所需求的循环泵推能量消耗显著增大。

[0007] 5.传统单铜管蒸发器通道内的沸腾流动在高热功率的状况下,常常出现流道末段壁面的液膜干涸、换热壁面的局部极热点、管道干烧等恶化工况。此类工况轻则导致蒸发器

管道的末端温度急剧上升,降低蒸发器管道运行寿命,重则导致蒸发器烧毁。

[0008] 因此,上述缺点成为了本领域技术人员亟待解决的问题。

发明内容

[0009] 根据本发明的一个方案,提供了一种热交换器。热交换器包括至少一对管体组以及流体源。管体组包括外管以及内管。内管设置于外管内且与外管同心设置。内管定义出第一流道。外管与内管之间的空间定义出第二流道。第二流道与第一流道分隔。流体源与第一、第二流道连通,并提供流体,以使流体的第一部分在第一流道内沿着第一方向流动且流体的第二部分在第二流道内沿着第一方向的反方向流动。

[0010] 通过上述配置,在本发明实施例的热交换器中,管体组包括同心设置的外管与内管。内管定义出第一流道。内管与外管之间的空间定义出第二流道。流体源对第一、第二流道分别输入流体的第一、第二部分,以使流体的第一、第二部分分别在第一、第二流道内彼此反向流动。通过此逆向流设计,在第一流道上游处的低温流体可以被邻近的第二流道下游处的高温流体预热,而第一流道下游处的高温流体可以被邻近的第二流道上游处的低温流体冷却。类似地,在第二流道上游处的低温流体可以被邻近的第一流道下游处的高温流体预热,而第二流道下游处的高温流体可以被邻近的第一流道上游处的低温流体冷却。如此一来,高温气泡阻塞流道的现象大幅减少,流道内流体流动阻力降低。因此,本发明实施例的热交换器可实现更稳定的气液双相流流态和更低的气液双相流压降,而具有良好的可靠度以及较低的能耗。

附图说明

[0011] 当结合附图阅读时,从以下具体实施方式能容易地理解本发明内容的各方面。应注意的是,各个特征可以不按比例绘制。实际上,为了便于论述,可任意增大或减小各种特征的尺寸。本发明的实施例在下文中可对照附图以进行更详细的描述,其中:

[0012] 图1A是根据本发明的一些实施例的热交换器的方块图;

[0013] 图1B是根据本发明的一些实施例的热交换器的示意图;

[0014] 图2A是图1B中单一管体组的外观示意图;

[0015] 图2B是管体组在径向方向上的剖面示意图;

[0016] 图2C是管体组与接合腔体接合的示意图;

[0017] 图3是流体在管体组内流动的示意图;

[0018] 图4是根据本发明的一些实施例的热交换器的示意图;和

[0019] 图5是根据本发明的一些实施例的热交换器的示意图。

具体实施方式

[0020] 于全部的附图和详细说明中,将使用相同的参考符号来表示相同或相似的部件。借由以下结合附图的详细描述,将可容易理解本发明内容的实施方式。

[0021] 于空间描述中,像是“上”、“下”、“上方”、“左侧”、“右侧”、“下方”、“顶部”、“底部”、“纵向”、“横向”、“一侧”、“较高”、“较低”、“较上”、“之上”、“之下”等的用语,是针对某个元件或是由元件所构成的群组的某个平面定义的,对于元件的定向可如其对应图所示。应当

理解,这里使用的空间描述仅用于说明目的,并且在此所描述的结构于实务上的体现可以是以任何方向或方式设置于空间中,对此的前提为,本发明内容的实施方式的优点不因如此设置而偏离。

[0022] 此外,需注意的是,对于描绘为近似矩形的各种结构的实际形状,在实际器件中,其可能是弯曲的、具有圆形的边缘、或是具有一些不均匀的厚度等,这是由于器件的制造条件造成的。本发明内容中,使用直线以及直角绘示仅用于方便表示层体以及技术特征。

[0023] 图1A是根据本发明的一些实施例的热交换器的方块图。图1B是根据本发明的一些实施例的热交换器的示意图。

[0024] 请参照图1A,图1A的热交换器100包括热交换单元U、流体源FS与冷凝器CD。热交换单元U、流体源FS与冷凝器CD两两连通。请参照图1B,具体而言,热交换单元U包括多个管体组110与左、右两接合腔体。右接合腔体包括外腔体132、内腔体134,左接合腔体包括内腔体142、外腔体144。这些管体组110与两接合腔体接合成一热交换单元层。于以下段落中会详细地介绍上述各组件与各组件之间的配置关系。

[0025] 图2A是图1B中单一管体组110的外观示意图。图2B是管体组110在径向方向上的剖面示意图。图2C是管体组110与接合腔体接合的示意图。

[0026] 请参照图2A与图2B,管体组110包括内管112与外管114。内管112的内径 d_{in} 与外径 d_{out} 皆为圆形。外管114的外径 D_{out} 与内径 D_{in} 皆为圆形。内管112设置于外管114内。内管112的长度大于外管114的长度。外管114覆盖内管112的一部分,以使内管112的相对两端部分别突出于外管114的相对两端部。内管112与外管114同心设置。即内、外管112、114两者共用同一轴心C。故管体组110亦可被称为同心管体组。

[0027] 内管112的内径 d_{in} 界定出流道P1。流道P1例如是圆形流道。内管112的外径 d_{out} 与外管114的内径 D_{in} 之间的空间则界定出流道P2。流道P2例如是环形流道。流道P1、P2皆在方向D1(或在方向D1的反方向D1')上延伸。在管体组110内,流道P1与流道P2分隔,以避免混液。

[0028] 在本实施例中,管体组110的内管112、外管114是由具有高导热系数以及机械性能良好的材料所制作而成。于一些实施例中,高导热系数的材料例如是金属,金属例如是铜、铝或其合金,本发明并不以此为限。

[0029] 在本实施例中,流体源FS泛指任何一种能够提供流体且驱动流体的器件或器件集成。于一些实施例中,流体源FS例如包括流体储存器与加压泵(pump)。流体储存器储存有流体。加压泵与流体储存器连通且用以对流体施予压力以驱动流体。

[0030] 右接合腔体位于这些管体组110的右侧,以与管体组110的右端接合。右接合腔体包括并排设置的外腔体132、内腔体134。内腔体134位于外腔体132与外管114之间。外腔体132具有腔体流道132T。内腔体134具有腔体流道134T。腔体流道132T、134T皆以平行于方向D2的一方向(或平行于方向D2的反方向D2')上延伸。于本实施例中,方向D1不同于方向D2,且方向D1例如是垂直于方向D2。

[0031] 请参照图1B与图2C,外腔体132具有流体入口132I,流体入口132I位于外腔体132的一侧。外腔体132具有止挡部SP1,止挡部SP1位于外腔体132的另一侧,以避免漏液。另一方面,内腔体134具有流体出口134O,流体出口134O位于内腔体134的一侧。内腔体134具有止挡部SP2,止挡部SP2位于内腔体134的另一侧,以避免漏液。流体入口132I与流体出口134O的开口方向互为对向。详言之,流体入口132I的法向量平行于方向D2,流体出口134O的

法向量平行于方向D2'。流体入口132I与止挡部SP2位于右接合腔体的一侧,而流体出口1340与止挡部SP1则位于右接合腔体的另一侧。

[0032] 外腔体132与内腔体134共用内壁IS1,内壁IS1上设有多个开口Inlet 1,其中开口Inlet 1的直径与内管112的外径 d_{out} 实质上相同。开口Inlet 1做为流体入口(Inlet)。开口Inlet1的开口方向平行于方向D1'。内腔体134具有多个开口O1,其中开口O1的直径与外管114的外径 D_{out} 实质上相同。开口O1做为流体出口(Outlet)。开口O1的开口方向平行于方向D1' (或平行于方向D1'的反方向D1)。外管114右端部通过开口O1与内腔体134连接,以使流道P2连通于腔体流道134T。突出的内管112右端部贯穿内腔体134并通过开口Inlet 1与外腔体132内的腔体流道132T连接,以使流道P1连通于腔体流道132T。并且,通过此配置,在右接合腔体内,腔体流道132T分隔于腔体流道134T,以避免混液。

[0033] 左接合腔体位于这些管体组110的左侧,以与管体组110的左端接合。左接合腔体包括并排设置的内腔体142、外腔体144。内腔体142位于外腔体144与外管114之间。内腔体142具有腔体流道142T。外腔体144具有腔体流道144T。腔体流道142T、144T皆以平行于方向D2的一方向(或平行于方向D2的反方向D2')上延伸。方向D1不同于方向D2,且方向D1例如是垂直于方向D2。

[0034] 请参照图1B,内腔体142具有流体入口142I,流体入口142I位于内腔体142的一侧。内腔体142具有止挡部SP3,止挡部SP3位于内腔体142的另一侧,以避免漏液。另一方面,外腔体144具有流体出口1440,流体出口1440位于外腔体144的一侧。外腔体144具有止挡部SP4,止挡部SP4位于外腔体144的另一侧,以避免漏液。流体入口142I与流体出口1440的开口方向互为对向。详言之,流体入口142I的法向量平行于方向D2,流体出口1440的法向量平行于方向D2'。流体入口142I与止挡部SP4位于左接合腔体的一侧,而流体出口1440与止挡部SP3则位于左接合腔体的另一侧。

[0035] 内腔体142与外腔体144共用内壁IS2,内壁IS2上设有多个开口O2,其中开口O2的直径与内管112的外径 d_{out} 实质上相同。开口O2做为流体出口(Outlet)。开口O2的开口方向平行于方向D1' (或平行于方向D1'的反方向D1)。内腔体142具有多个开口Inlet 2,其中开口Inlet 2的直径与外管114的外径 D_{out} 实质上相同。开口Inlet 2做为流体入口(Inlet)。开口Inlet 2的开口方向平行于方向D1' (或平行于方向D1'的反方向D1)。外管114左端部通过开口Inlet 2与内腔体142连接,以使流道P2连通于腔体流道142T。突出的内管112左端部贯穿内腔体142并通过开口O2与外腔体144内的腔体流道144T连接,以使流道P1连通于腔体流道144T。并且,通过此配置,在左接合腔体内,腔体流道142T分隔于腔体流道144T,以避免混液。

[0036] 值得一提的是,在上述内、外管中的一个与腔体接合的连接方式例如是借由焊接或融接的方式连接,可形成完整的耐高温、耐高压通路。在一些实施例中,上述内、外管中的一个与腔体之间的接合部避免锐角连接。具体而言,接合部可具有圆角结构(rounded corners),可减少流体的流动阻力。

[0037] 于本实施例中,左、右接合腔体的材料可采用各类机械性能良好、耐高温高压、易于加工的金属,合金或其他非金属材料,本发明并不以此为限。

[0038] 须注意的是,通过将管体组110的外管114、内管112的延伸方向设计为方向D1,且将内、外腔体内的腔体通道132T、134T、142T、144T的延伸方向设计为不同于方向D1的方向

D2,故,通过上述设计可以避免热交换器100在特定方向(如方向D1)上的尺寸过大,本发明实施例的热交换器100可以提升空间使用率。

[0039] 因此,流体源FS可借由流体连通道连通右、左接合腔体的流体入口132I、142I,使得流体源FS连通于流道P1、P2。流体源FS可对流道P1、P2提供低温流体。在一些实施例中,低温流体例如是水、冷媒或其他合适流体,本发明并不以此为限。在一些实施范例中,冷媒例如是R22冷媒、R-410A冷媒、R32冷媒,R134a冷媒。但为了方便说明,于以下的段落中流体以水为例。

[0040] 于以下段落中会详细地说明本实施例的热交换器100的运作。

[0041] 图3是流体在管体组110内流动的示意图。请同时参照图1B与图3,热交换器100的热交换区HA例如是内管112与外管114重叠的区域。目标物质(未示出,如:高温烟气)可在热交换区HA与管体组110内的流体进行主要的热交换,故管体组110可视为热交换器100的核心部件。在一些情况下,热交换的过程中流体会产生蒸气,故热交换器100亦可被称为蒸发器(Evaporator)。

[0042] 详言之,流体源FS提供一部分的低温流体F1,并使其从管体组110右侧的流体入口132I进入外腔体132。低温流体F1沿着方向D2' 流入腔体流道132T(低温腔体流道),并被止挡部SP1止挡而通过开口Inlet 1流入流道P1(圆形流道)。在流道P1内,低温流体F1由位于图3右侧的上游处P1a沿着方向D1往图3左侧的下游处P1b流动。

[0043] 另一方面,流体源FS则提供另一部分的低温流体F2,并使其从管体组110左侧的流体入口142I进入内腔体142。低温流体F2沿着方向D2' 流入腔体流道142T(低温腔体流道)、被止挡部SP3止挡而通过开口Inlet 2流入流道P2(环形流道)。在流道P2内,低温流体F2由位于图3左侧的上游处P2a沿着方向D1的反方向D1' 往图3左侧的下游处P2b流动。

[0044] 通过上述配置,在内管112与外管114内的流体F1、F2以相反方向进行交叉逆向流动。

[0045] 请再参照图3,在流道上游处P1a/P2a的流体是准备刚进入流道P1/P2且尚未与目标物质进行热交换的低温流体F1/F2。在流道下游处P1b/P2b的流体是已与目标物质进行热交换并准备流出流道的高温流体F1' /F2'。故对于同一流道来说,上游处的流体温度会小于下游处的流体温度。在流道P1、P2上游处P1a、P2a的流体F1、F2主要包括温度较低的水,而在流道P1、P2下游处P1b、P2b的流体F1'、F2' 由于与已与目标物质进行热交换,故其主要包括温度较高的水蒸气、水或具有气液两相的水。

[0046] 在流道P1中,其流道上游处P1a的低温流体F1可以吸收与其邻近的流道下游处P2b高温流体F2' 的部分热量。在一些实施例中,可将内管112的厚度设计为小于外管114的厚度,至少搭配上述厚度设计以及在内、外管112、114使用高导热率的材料下,可加速热传递的效果。因此,在流道上游处P1a,低温流体F1就开始受到外围高温流体F2' 的换热作用,并快速地提升流道上游处P1a的内管112壁面温度,加速低温流体F1进入核态沸腾的进程。此配置可使低温流体F1预热而快速升温,在流道上游处P1a预先启动沸腾过程。类似地,逆流设计使流道上游处P2a的低温流体F2也获得预热和加速核态沸腾的效果。

[0047] 并且,因为流道上游处P1a的低温流体F1的温度低,会使得与其邻近的流道下游处P2b的高温流体F2' (高温蒸汽)冷却,并且部分高温流体F2' 凝结成液体(液体膜),从而显著地改善管体组110的热均匀性。逆流设计使得流体F1在流道P1内的温度梯度反向于流体

F2在流道P2内的温度梯度,以实现关键性的间壁传热机制,并抑制流道P2流道下游处P2b的蒸汽体积的剧增(或称空隙率的增长),且缓解/避免外管114管壁完全干涸的现象。类似地,逆向流设计也会抑制流道P1流道下游处P1b的空隙率增长。传统高温蒸汽-水混合物所造成的“汽塞”和流动阻力剧增等负面效应可以得到极大程度的改善,可降低整体能耗,并大幅提高热交换器100的整体能效比。因此,热交换器100整体传热性能得到显著提高,并实现了更稳定的双相流流态和更低的双相流压降。低的双相流压降有助于可大幅节省热交换器100节省循环运行所需的泵能耗。

[0048] 由于上述内外双层管道之间的特殊间壁传热机制,核态沸腾和充分发展的两相流将更加均匀的遍及整个流道P1、P2中。因此,逆向流设计可以显著提高热交换器100的总换热系数和极限热通量,并优化热交换器100的温度分布均匀性。此外,由于特殊间壁传热机制,单一个同心管体组110的换热能力能得到大幅度提升,故可以以较少数量的管体组实现优异的热交换效果。

[0049] 此外,于本实施例中,管体组110的数量例如是多个。这些管体组110所排成的阵列可以根据实际应用场景的需求(蒸发功率,设备尺寸,连接方案,等等)来安排数量和组合方式,以实现特定的换热需求。

[0050] 请再次参照图1B与图3,较高温的流体F1'从管体组110的左侧通过开口O2流出于流道P1后,即流入外腔体144的腔体通道144T(高温腔体流道),并被止挡部SP4止挡而由流体出口1440流出外腔体144。而较高温的流体F2'从管体组110的右侧通过开口O1流出流道P2后,即流入内腔体134T的腔体通道134T(高温腔体流道),并被止挡部SP2止挡而由流体出口1340流出内腔体134。

[0051] 冷凝器CD分别连通于流体出口1340、1440以及流体源FS的流体储存器。高温流体F1'、F2'分别从流体出口1340、1440流出后,即被冷凝器CD接收,以使高温流体F1'、F2'在冷凝器CD内放出潜热形成低温流体F1、F2。冷凝器CD再将低温流体F1、F2驱动至流体源FS。至此,热交换器100实现一完整的热循环。

[0052] 值得一提的是,在本实施例中,流体F1、F2例如是同一流体源FS所提供,并且由于是同一流体源FS提供,故流体F1、F2在液体入口端的温度是相同的。于其他的实施例中,流体F1、F2亦可以由不同的流体源所提供,借此可以使流体F1、F2在液体入口端的温度彼此不同,即透过注入于热交换器的流体F1、F2的注入温度不同以符合不同散热需求,本发明并不以此为限。

[0053] 图4是根据本发明的一些实施例的热交换器100a的示意图。请参照图4,根据不同的需求,可通过多个图1的热交换单元U封装成不同尺寸、不同换热容量的热交换器100a。在本实施例中,热交换器100a包括多个如图1B所示的热交换单元U。这些热交换单元U沿着方向D3堆叠设置,且彼此分离。每一个热交换单元U可以独立进行换热的工作。流体源FS可通过低温流体连通道将低温流体F1、F2独立且均匀地输送至这些热交换单元U的流体入口132I、142I。这些热交换单元U亦可通过集成的高温流体流通道将高温流体F1'、F2'从这些热交换单元U的流体出口1440、1340独立且均匀地输送至冷凝器CD。上述二者共同保障热交换器100a的持续、可靠的换热运行。多个热交换单元U的数量和组合规模大小都可以由实际应用的运行工况需求来灵活配置,以便实现模块化、批量化的工业制造。并且在一些实施例中,可以在这样的模块化管体组增设散热结构,其中散热结构可以是翅片(fin)或翅片板

(fin plate),用于进一步增强管体组110的外表面与目标物质的热交换能力。方向D3不同于方向D1、D2。方向D3与方向D1、D2实质上垂直。

[0054] 图5是根据本发明的一些实施例的热交换器100b的示意图。请参照图5,图5的热交换器100b类似于图4的热交换器100a,其主要差异在于:这些热交换单元U彼此连接,以构成一热交换单元集合体UA。这些热交换单元U共享同一低温流体连通道P1并共享同一高温流体连通道P2。流体源FS可通过同一低温流体连通道P1由下往上将低温流体F1、F2均匀地输送至这些热交换单元U的流体入口132I、142I。这些热交换单元U亦可通过同一高温流体流通道P2将高温流体F1'、F2'从这些热交换单元U的流体出口144O、134O由上往下均匀地输送至冷凝器CD。上述二者共同保障热交换器100b的持续、可靠的换热运行。多个热交换单元U的数量和组合规模大小都可以由实际应用的运行工况需求来灵活配置,以便实现模块化、批量化的工业制造。

[0055] 基于上述,在本发明的实施例中,在目标物质与热交换器的热交换区进行热交换的期间内,双层同心圆管并搭配内、外管逆向流的作用在相变(沸腾与冷凝)机制上对热交换器带来显着的增益。位于内、外管中逆向流动的流体可以通过间壁换热的形式进行的热量交换,这可以改变传统型单管热交换器中沸腾相变的气泡沿程不断发展、急剧膨胀的流态,产生对气泡成长的减缓、稳定的作用,甚至在下游冷凝一部分的高温蒸汽,进一步降低受热管道末端壁面温度,防止临界热流(Critical Heat Flux)的发生,从而全面改良了热交换器的工作性能。同时,逆向流型的双层同心圆管不仅能极大提高热交换器的极限换热功率,内外逆向流动的流体产生的间壁换热效应能够显着的降低汽液双相流在管内的流动压力损耗,并大大降低流动沸腾的不稳定效应。

[0056] 本发明实施例的热交换器具有易于加工,制造及维修成本低,使用寿命长等特点。本发明可以全面提升热交换器的换热能力,提高特定散热面积上的温度均匀性,大幅降低沸腾相变换热过程中的工质流动不稳定性,显著降低循环流体力质的泵推能耗(提高制冷性能系数(coefficient of performance,COP))。除此之外,本发明实施例的热交换器还可针对不同尺寸需求、不同蒸发容量的工业锅炉进行集成化的匹配设计,模块化的批量生产,可以广泛用于各种供热站、发电厂、蒸汽轮机等超高蒸汽需求负荷的热力工程技术领域。

[0057] 本发明的以上描述是为了达到说明以及描述目的而提供。本发明并非意图全面性地或是将本发明限制成上所公开的精确形式。意图详尽无遗或仅限于所公开的精确形式。对于本领域技术人员来说,显见地,可存在许多修改以及变化。

[0058] 如本文所用且未另行定义的术语,像是“实质上地”、“实质的”、“近似地”以及“约”,其为用于描述以及解释小的变化。当与事件或状况一起使用时,术语可以包括事件或状况有精确发生的示例,以及事件或状况近似发生的示例。例如,当与数值一起使用时,术语可以包含小于或等于所述数值的 $\pm 10\%$ 的变化范围,例如小于或等于 $\pm 5\%$ 、小于或等于 $\pm 4\%$ 、小于或等于 $\pm 3\%$ 、小于或等于 $\pm 2\%$ 、小于或等于 $\pm 1\%$ 、小于或等于 $\pm 0.5\%$ 、小于或等于 $\pm 0.1\%$,或小于或等于 $\pm 0.05\%$ 。对于术语“实质共面”,其可指在数微米(μm)内沿同一平面定位的两个表面,例如在40微米(μm)内、在30 μm 内、在20 μm 内、在10 μm 内,或1 μm 内沿着同一平面定位。

[0059] 如本文所使用的,除非上下文另有明确规定,否则单数术语“单个”、“一个”和“所述单个”可包括复数参考词。在一些实施方式的描述中,所提供的在另一组件“上方”或“上

面”的组件可以包括的状况有,前一组件直接在后一组件上(例如,与后一组件有物理接触)的状况,以及一个或多个中介组件位于前一组件和后一组件之间的状况。

[0060] 虽然已经参考本发明内容的具体实施方式来描述和说明本发明内容,但是这些描述和说明并不受到限制。本领域技术人员应当理解,在不脱离所附权利要求所定义的本发明内容的真实精神和范围的情况下,可以进行各种修改和替换为等效物。附图并非一定是按比例绘制而成的。由于制造工艺和公差的因素,本发明内容中所呈现的工艺与实际装置之间可能存在区域别。本发明内容的其他实施方式可能没有具体说明。说明书和附图应当视为是说明性的,而不是限制性的。可作出修改以使特定情况、材料、物质组成、方法或过程能够适应本发明内容的目的、精神和范围。所有这些修改都会落在本文所附权利要求的范围内。虽然本文所揭露的方法是通过参照特定顺序执行特定操作来描述的,但是应当理解,可以进行组合、子划分或重新排序这些操作,以形成等效的方法,并且此并不会脱离本发明的教导。因此,除非在此有特别指出,否则,这些操作的顺序和分组是不受限制的。

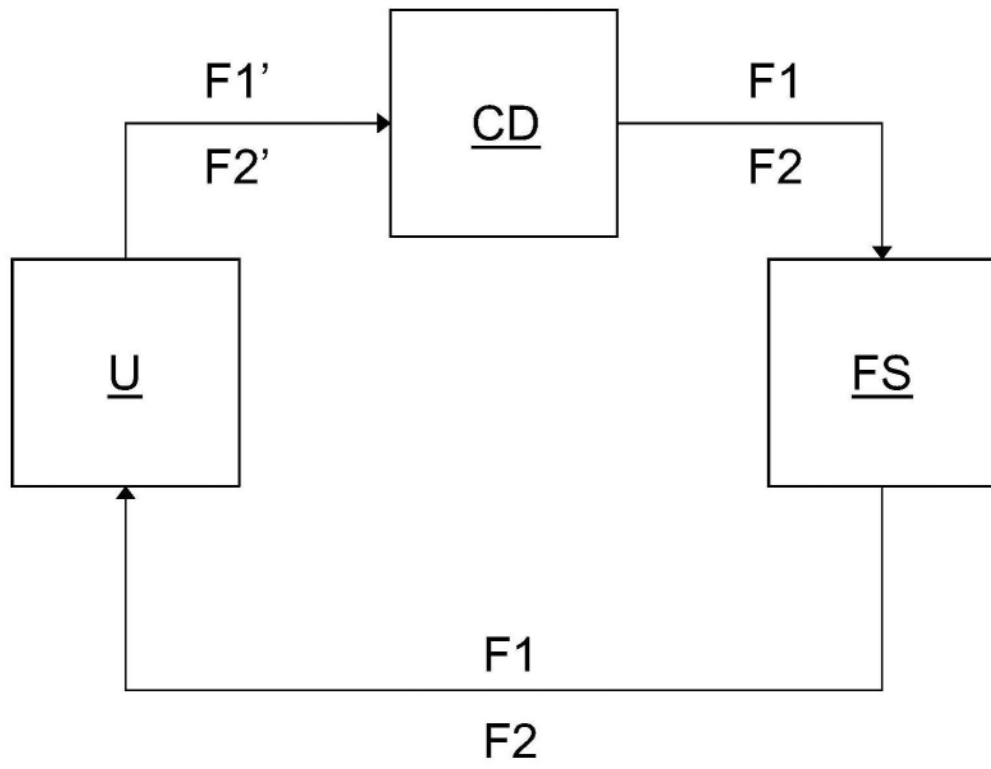
100

图1A

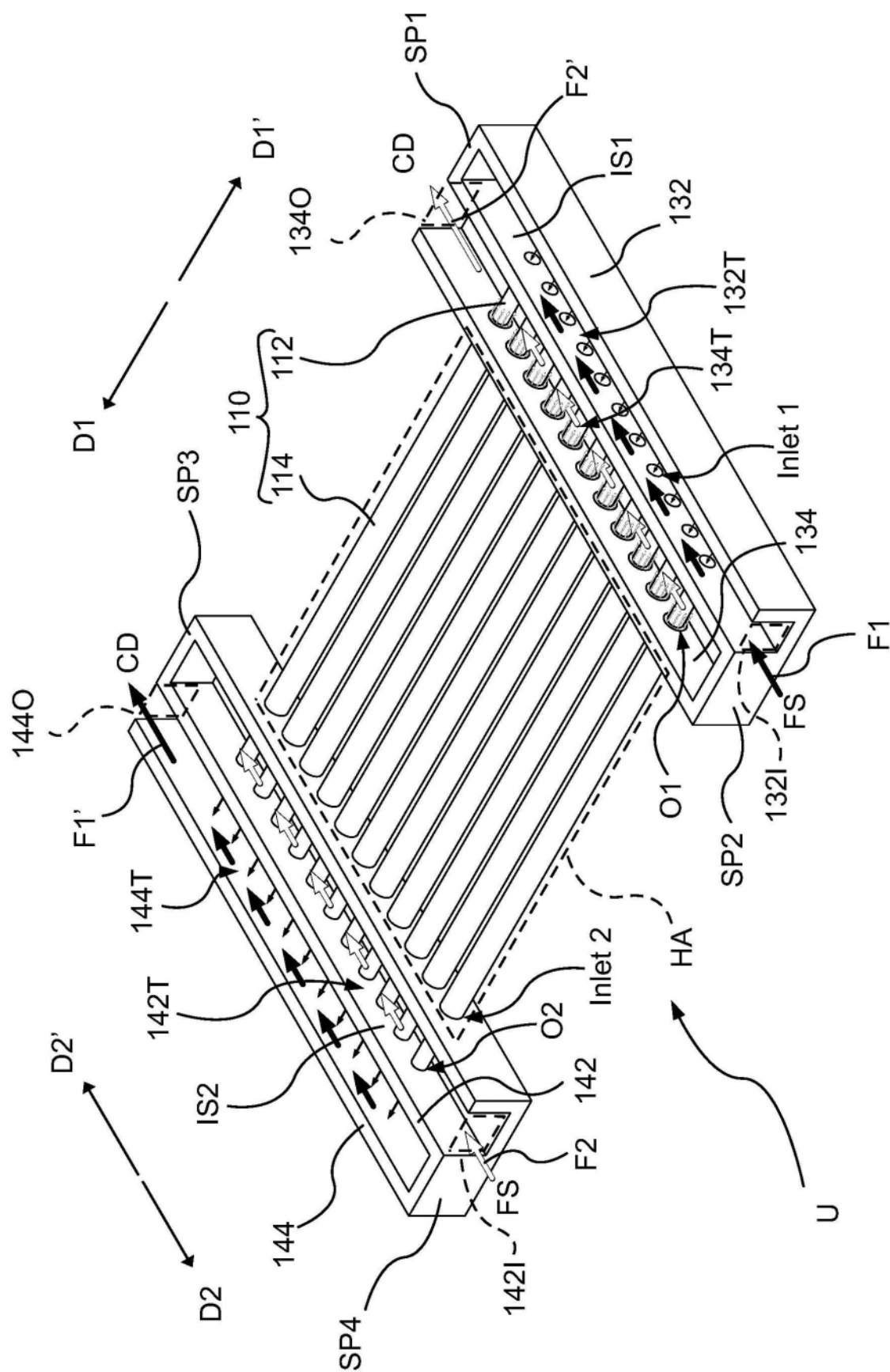


图1B

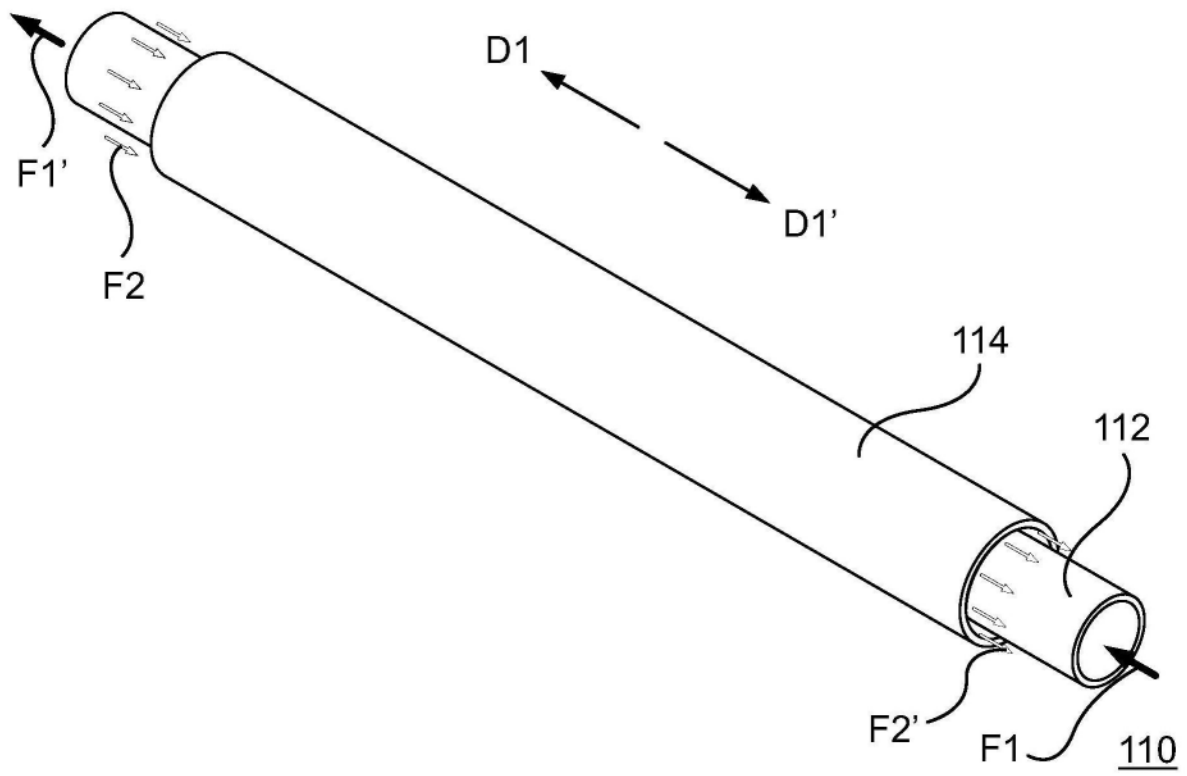


图2A

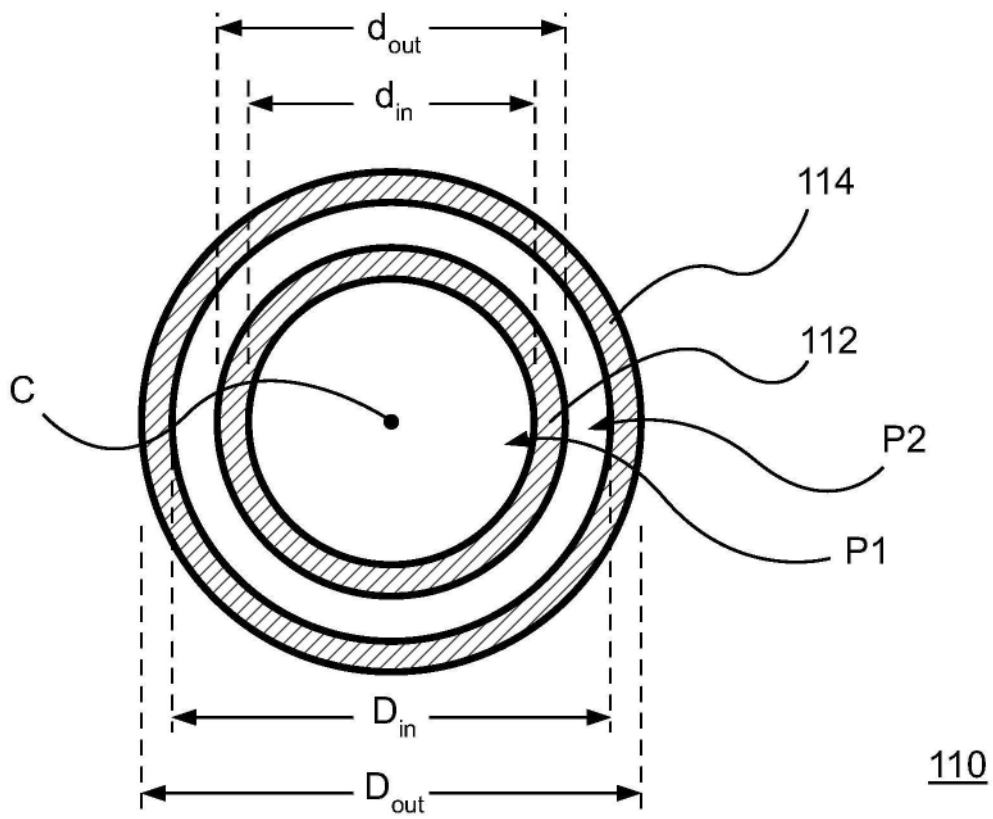


图2B

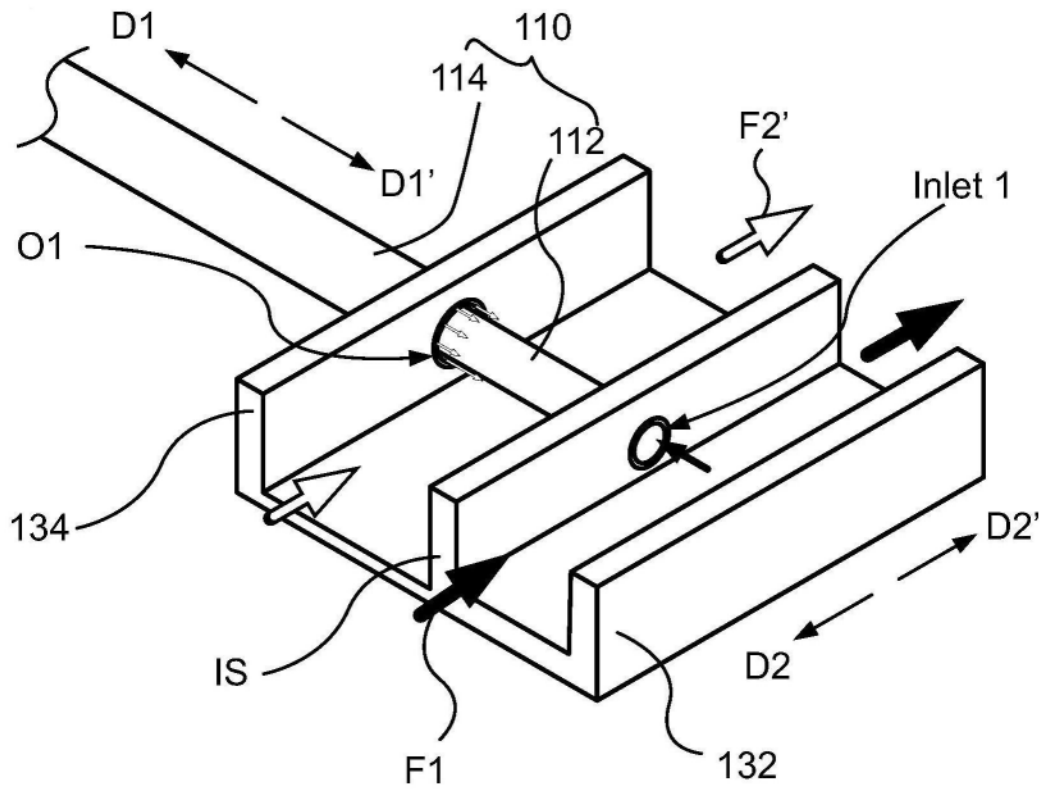


图2C

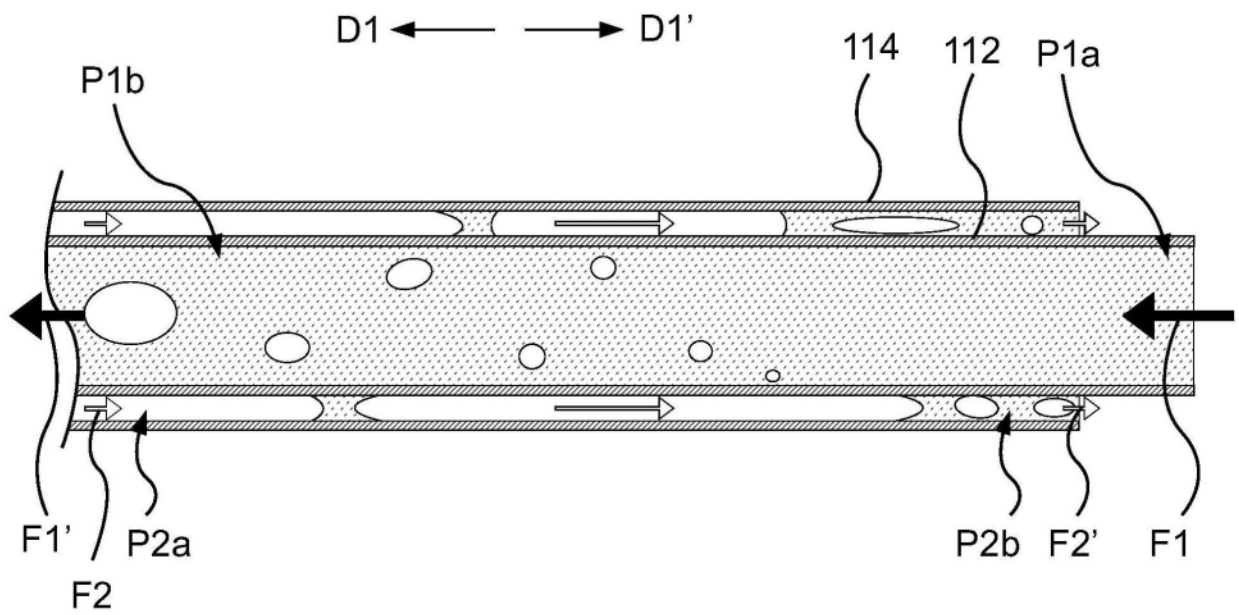


图3

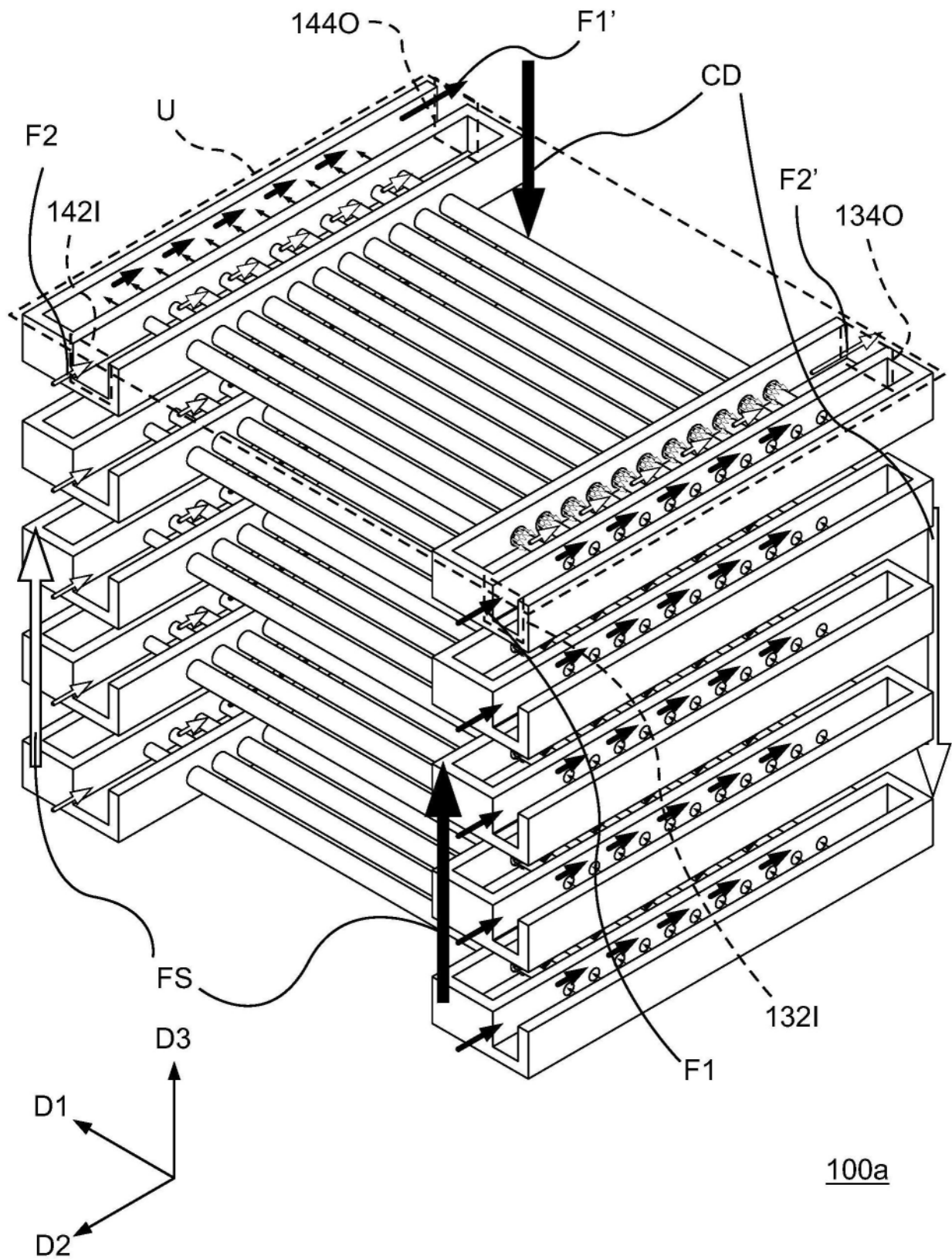


图4

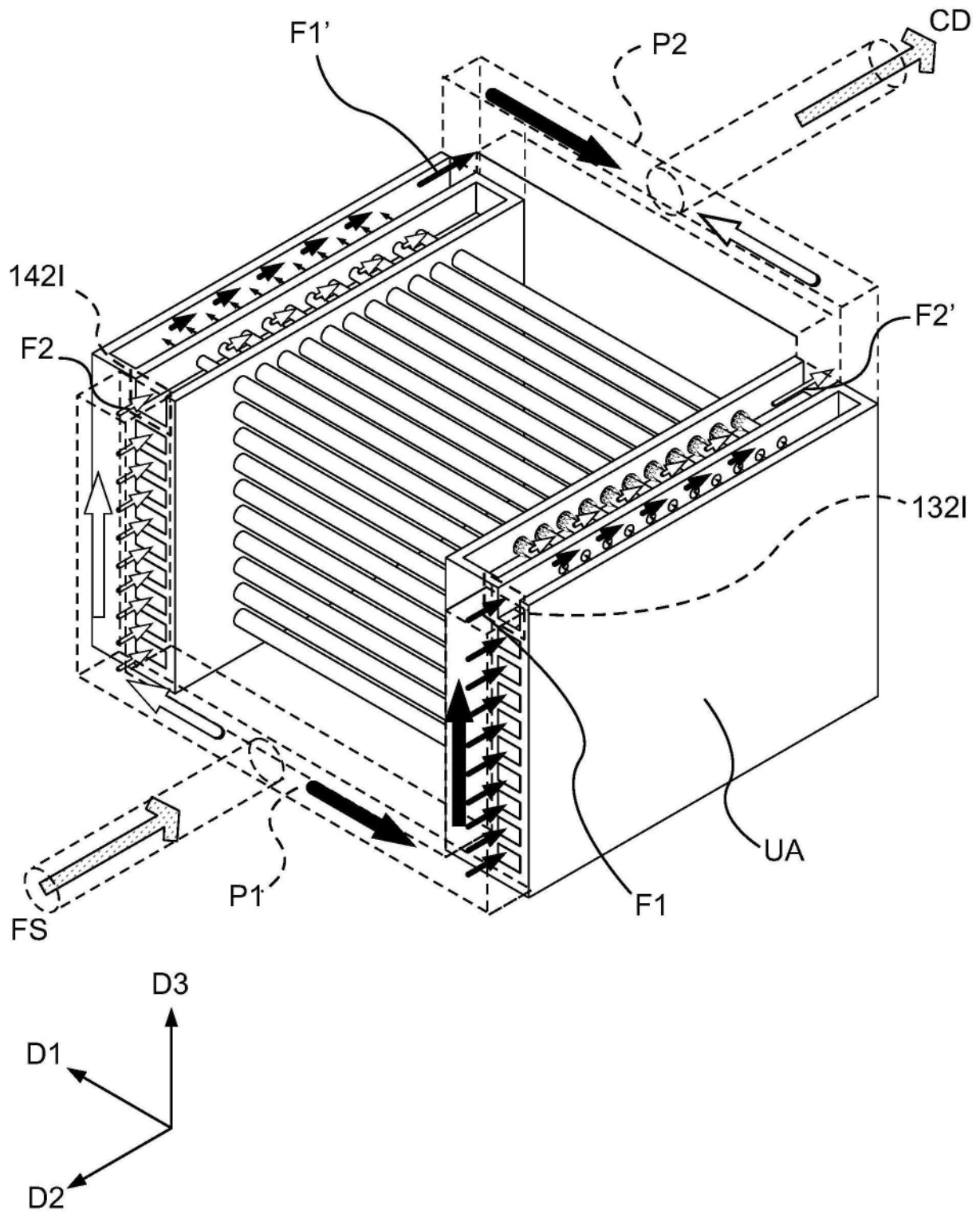


图5