

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510019112.2

[51] Int. Cl.

F28D 15/04 (2006.01)

H05K 7/20 (2006.01)

G12B 15/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 2 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 100366997C

[22] 申请日 2005.7.18

[21] 申请号 200510019112.2

[73] 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

[72] 发明人 刘 伟 刘志春 杨金国 韩延民
杨 昆

[56] 参考文献

US6443222B1 2002.9.3

CN1556911A 2004.12.22

US5816313A 1998.10.6

FR2741427A1 1997.5.23

CN1030472A 1989.1.18

EP1305562A2 2003.5.2

审查员 芦秋敏

[74] 专利代理机构 华中科技大学专利中心
代理人 朱仁玲

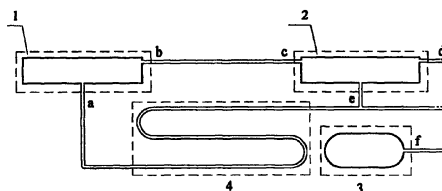
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 7 页

[54] 发明名称

具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相
流体回路

[57] 摘要

本发明公开了一种具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路，其结构是，蒸发器的蒸汽出口与冷凝器的蒸汽入口相连接，储液器与冷凝器的冷凝液出口相连接；所述蒸发器为平面式毛细芯蒸发器，冷凝器为平面式毛细芯冷凝器；储液器与冷凝器的排液口相连接；冷凝器的冷凝液出口通过过冷器与蒸发器的回流液体入口相连接。本发明启动迅速、运行稳定，构成简单、调节方便，自适应能力强，温控效果好，传热效率高，是笔记本电脑或台式计算机芯片以及其他高热流密度电子设备或器件冷却的理想装置，具有较高的开发价值，市场应用前景广泛。



1. 一种具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路，蒸发器的蒸汽出口与冷凝器的蒸汽入口相连接，其特征在于：

所述蒸发器（1）为平面式毛细芯蒸发器，冷凝器（2）为平面式毛细芯冷凝器；

储液器（3）的液体进出口（f）与冷凝器（2）的排液口（d）、冷凝液出口（e）相连接，冷凝器（2）的冷凝液出口（e）通过过冷器（4）与蒸发器（1）的回流液体入口（a）相连接。

2. 根据权利要求1所述的具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路，其特征在于：所述平面式毛细芯冷凝器（2）的结构为，包括底座（6）、上盖（9）、毛细芯（11），底座（6）与上盖（9）相固定、且密封；第一隔板（7）、第二隔板（16）将底座（6）分隔为集汽腔（8）、第一集液腔（5）、第二集液腔（15），第一集液腔（5）由横向槽道和纵向槽道构成，且横向槽道和纵向槽道交叉布置，在第一集液腔（5）上开有冷凝液出口（e），在集汽腔（8）上开有蒸汽入口（c），在第二集液腔（15）上开有排液口（d）；在上盖（9）上开有蒸汽通道（10）、蒸汽冷凝槽道（13）、液体通道（14），蒸汽冷凝槽道（13）由纵向槽道构成，蒸汽通道（10）连通集汽腔（8）和蒸汽冷凝槽道（13），液体通道（14）连通蒸汽冷凝槽道（13）和第二集液腔（15）；毛细芯（11）置于蒸汽冷凝槽道（13）与第一集液腔（5）之间。

3. 根据权利要求1或2所述的具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路，其特征在于：所述平面式毛细芯蒸发器（1）的结构为，包括底座（20）、上盖（21）、毛细芯（22），底座（20）与上盖（21）相固定、且密封；隔板（27）将底座（20）分隔为集液腔（19）、集汽腔（26），集液腔（19）由横向槽道和纵向槽道构成，且横向槽道和纵向槽道交叉布置，在集液腔（19）上开有回流液体入口（a），在集汽腔（26）上开有蒸汽出

口 (b); 在上盖 (21) 上开有蒸汽槽道 (23)、蒸汽通道 (24), 蒸汽槽道 (23) 由纵向槽道构成, 蒸汽通道 (24) 连通蒸汽槽道 (23) 和集汽腔 (26); 毛细芯 (22) 置于集液腔 (19) 与蒸汽槽道 (23) 之间。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路, 其特征在于: 所述平面式毛细芯蒸发器 (1) 的结构为, 包括底座 (33)、上盖 (28)、毛细芯 (36), 底座 (33) 与上盖 (28) 相固定、且密封; 隔板 (31) 将上盖 (28) 分隔为集液腔 (30)、集汽腔 (32), 集液腔 (30) 由横向槽道和纵向槽道构成, 且横向槽道和纵向槽道交叉布置, 在集液腔 (30) 上开有回流液体入口 (a), 在集汽腔 (32) 上开有蒸汽出口 (b); 在底座 (33) 上开有蒸汽槽道 (35)、蒸汽通道 (34), 蒸汽槽道 (35) 由纵向槽道构成, 蒸汽通道 (34) 连通蒸汽槽道 (35) 和集汽腔 (32); 毛细芯 (36) 置于集液腔 (30) 与蒸汽槽道 (35) 之间。

5. 根据权利要求 4 所述的具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路, 其特征在于: 在上盖 (28) 的外表面设置有散热片 (29)。

6. 根据权利要求 1 所述的具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路, 其特征在于: 所述过冷器 (4) 的形状为盘管。

7. 根据权利要求 1 所述的具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路, 其特征在于: 所述毛细芯由多层丝网压制而成。

具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路

技术领域

本发明涉及一种具有蒸发器和冷凝器的 CPL 系统。

背景技术

CPL (Capillary Pumped Loop: 毛细抽吸两相流体回路) 是一种依靠毛细抽力驱动工质循环的相变传热装置, 其传热能力强、等温性好、控温精度高、能耗低、热分享性好, 且没有运动部件, 是电子器件冷却的理想装置。CPL 系统主要依靠液体工质在蒸发器吸收热量以及冷凝器汽相工质释放热量来实现热量的转移。

由图 1 所示, 现有 CPL 系统的主要包括蒸发器、冷凝器、储液器以及汽、液管道。蒸发器和冷凝器均采用圆管式结构, 蒸发器是系统吸收热量的主要部件, 冷凝器是系统向外散热的主要部件。当热负荷作用到蒸发器表面时, 在蒸发器毛细结构中的液体工质受热发生汽化相变, 热量从热源移走; 在冷凝器中汽相工质发生凝结相变, 并向外界传热, 蒸发器毛细芯产生的毛细抽吸力使冷凝器中的冷凝液体返回到蒸发器, 完成系统循环, 通过储液器来调节系统的工作温度以及循环工质的量。

现有 CPL 系统的缺点是: ① CPL 系统启动困难; ② 在运行过程中, 由于冷凝器中汽液两相流的不稳定性, 易使系统存在温度和压力波动, 在低设点时 CPL 几乎不能运行, 在变工况时, 有时会出现蒸发器的烧竭, 导致运行失败。

因此, 在对 CPL 进行系统设计时, 改善系统的启动性能、降低系统的温度以及压力震荡、增强系统的鲁棒性以及可靠性, 就成为了现今 CPL 系

系统设计的一个研究重点。

发明内容

本发明的目的在于克服上述现有技术的不足之处，提供一种具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路，本发明启动迅速、运行稳定，构成简单、调节方便，自适应能力强，温控效果好。

为实现上述目的，本发明采用的技术方案是，一种具有平面式蒸发器和冷凝器的毛细抽吸两相流体回路，蒸发器的蒸汽出口与冷凝器的蒸汽入口相连接，其特征在于：所述蒸发器为平面式毛细芯蒸发器，冷凝器为平面式毛细芯冷凝器；储液器的液体进出口与冷凝器的排液口、冷凝液出口相连接，冷凝器的冷凝液出口通过过冷器与蒸发器的回流液体入口相连接。

本发明相比现有技术具有以下优点：

(1) 本发明独特的设计使 CPL 系统启动迅速、运行稳定、调节方便。

当本发明稳定运行时，工质进出冷凝器为“一进一出”模式，若冷凝器流出的液体中携带有蒸汽，过冷器可以将其完全凝结为液体，经过冷器冷却后，回流到蒸发器的液体具有较大的过冷度，因而提高了系统的稳定性，改善了系统的运行性能。

当负荷工况、蒸发温度或系统压力发生变化时，系统需要进行动态调节，工质进出冷凝器为“一进二出”或“二进一出”，即蒸汽由液体入口进入冷凝器，冷凝液由液体出口以及排液口流出；或蒸汽由液体入口进入冷凝器，冷凝液由液体出口流出，而由储液器流出的液体由排液口流入冷凝液，储液器吸纳由冷凝器排出的液体或供给冷凝器界面移动需要的液体，有利于冷凝器冷凝面积的调整，提高了系统的自调节能力。

(2) 本发明冷凝器设计为平面式毛细芯结构，提高了冷凝效率，不需要辅助的启动加热器、储液器的冷却器等部件。

当蒸汽推开冷凝器槽道中的液面时，由冷凝器排液口流出的液体一部

分进入储液器，另一部分进入蒸发器的液体入口，因参入系统循环的工质量大，使得该系统的性能提高。

在冷凝器中加入毛细芯，采用一个具有多孔的物理界面，可以使冷凝器中的蒸汽冷凝时产生一个稳定的物理界面，从而抑制甚至消除系统的温度和压力波动。

(3) 本发明蒸发器设计为平面式毛细芯结构，这种蒸发器对被散热设备或器件的冷却方式灵活，抗干涸能力加强，使系统的可靠度增大。

(4) 平面式毛细芯蒸发器设计为另一种反向平面式毛细芯结构，由于采用反向式结构，增大了系统的驱动力，更加有利于系统工质的循环。

在上盖的外表面设置散热片，增加了蒸发器的外表面积，使得蒸发器除了利用内部的液体工质汽化相变传热之外，还可以利用外表面向周围的环境散热，在相同的毛细结构下，相应地提高了系统的传热能力，而且系统的结构更紧凑，能在有限的空间提高系统的散热能力。

(5) 本发明蒸发器和冷凝器中的毛细芯可采用多层丝网压紧制成，因而制作简单，无需专用设备，降低了系统的研制费用。

附图说明

图 1 是现有 CPL 系统结构示意图。

图 2 是本发明一种实施例的结构示意图。

图 3 是图 2 中平面式毛细芯冷凝器一种实施例的结构示意图。

图 4 是图 3 的 A—A 剖面图。

图 5 是图 3 中底座的结构示意图。

图 6 是图 3 中底座的俯视图。

图 7 是图 3 中上盖的结构示意图。

图 8 是图 3 中上盖的仰视图。

图 9 是图 2 中平面式毛细芯蒸发器一种实施例的结构示意图。

图 10 是图 9 的 B—B 剖面图。

图 11 是图 2 中平面式毛细芯蒸发器另一种实施例的结构示意图。

图 12 是图 11 的 C—C 剖面图。

图 13 是本发明 CPL 样机的性能测试图。其横坐标为时间，第一纵坐标为温度，第二纵坐标为热负荷。

具体实施方式

以下结合附图对本发明作进一步详细说明。

由图 2 所示，蒸发器 1 为平面式毛细芯蒸发器，冷凝器 2 为平面式毛细芯冷凝器；蒸发器 1 的蒸汽出口 b 与冷凝器 2 的蒸汽入口 c 相连接，储液器 3 的液体进出口 f 与冷凝器 2 的排液口 d、冷凝液出口 e 相连接，冷凝器 2 的冷凝液出口 e 通过过冷器 4 与蒸发器 1 的回流液体入口 a 相连接。

当本发明稳定运行时，蒸发器 1 中产生的蒸汽通过蒸汽出口 b 经过蒸汽管道由蒸汽入口 c 进入冷凝器 2，冷凝后由液体出口 e 经过冷器 4、蒸发器 1 的回流液体入口 a 返回蒸发器 1 完成循环；当负荷工况、蒸发温度或系统压力发生变化，系统需要进行动态调节时，则采取对储液器 3 加热与控温的方式，通过储液器 3 的液体进出口 f、冷凝器 2 的排液口 d 以及冷凝液出口 e 控制储液器 3 与系统之间的液体工质的交换，从而实现储液器 3 对冷凝器 2 冷凝液面以及系统循环工质质量的控制，使得系统稳定运行。

过冷器 4 可采用圆管结构，由光管制成，其形状为盘管，管道的直径视具体情况而定。

储液器 3 为容器结构，可用一个大直径的圆管通过焊接制成，也可通过棒状金属材料机加工而成，其容积大小视系统的工作要求而定。

所述蒸发器 1、冷凝器 2、储液器 3、过冷器 4 及汽液管道材料的选择均与所选用的工质的相容性有关，如工质选用甲醇，则部件的材料则可选用黄铜或者不锈钢。

蒸发器 1、冷凝器 2 中的毛细芯由多层丝网压制而成或者由粉末材料烧结而成，如可以采用导热系数比较大的铜丝网多层压制而成。

由图 3~图 8 所示，所述平面式毛细芯冷凝器 2 的结构为：包括底座 6、上盖 9、毛细芯 11，底座 6 与上盖 9 相固定、且密封；第一隔板 7、第二隔板 16 将底座 6 分隔为集汽腔 8、第一集液腔 5、第二集液腔 15，第一集液腔 5 由横向槽道和纵向槽道构成，且横向槽道和纵向槽道交叉布置，在第一集液腔 5 上开有冷凝液出口 e，在集汽腔 8 上开有蒸汽入口 c，在第二集液腔 15 上开有排液口 d；在上盖 9 上开有蒸汽通道 10、蒸汽冷凝槽道 13、液体通道 14，蒸汽冷凝槽道 13 由纵向槽道构成，蒸汽通道 10 连通集汽腔 8 和蒸汽冷凝槽道 13，液体通道 14 连通蒸汽冷凝槽道 13 和第二集液腔 15；毛细芯 11 置于蒸汽冷凝槽道 13 与第一集液腔 5 之间。从图 3~图 8 可看出，第一集液腔 5 由一个横向槽道和七个纵向槽道构成，蒸汽冷凝槽道 13 由七个纵向槽道构成。

所述第一集液腔 5 纵向槽道为多个，横向槽道也可为多个，横向槽道与纵向槽道可以互相垂直，也可以不垂直。蒸汽冷凝槽道 13 纵向槽道也为多个。槽道的剖面形状为矩形，也可为梯形等其它形状。

为了提高冷凝器的散热效率，上盖 9 采用导热系数大的金属材料，可采用铜、铝等。上盖 9 和底座 6 之间的连接方式可采用焊接方式，还可采用法兰螺栓联结方式，其密封形式采用 O 型圈，采用法兰螺栓联结方式可以方便地更换毛细芯 11。

毛细芯 11 置于第一集液腔 5 与蒸汽冷凝槽道 13 之间，毛细芯 11 直接与第一集液腔肋片 17 和蒸汽冷凝槽道肋片 18 接触，由于毛细芯 11 的存在，可以将冷凝界面稳定在毛细芯 11 的上表面上，这样冷凝的液体可以经过毛细芯 11 进入第一集液腔 5，通过冷凝液出口 e 进入回流液体管道，减小甚至消除了冷凝界面的波动，增强了系统的稳定性。

工作时，冷源与上盖 9 的受冷面 12 接触，从蒸发器 1 流过来的蒸汽通

过蒸汽入口 c 进入集汽腔 8, 再由集汽腔 8 通过蒸汽通道 10 将蒸汽工质均匀的分配给蒸汽冷凝槽道 13, 在蒸汽冷凝槽道 13 和毛细芯 11 表面冷凝, 放出热量, 通过蒸汽冷凝槽道肋片 18 传递到受冷面 12, 通过冷负荷带走, 冷凝液流过毛细芯 11 汇集到第一集液腔 5, 由第一集液腔 5 的冷凝液出口 e 经过冷器 4、回流液体入口 a 回到蒸发器 1, 完成一个换热循环的过程。

若系统的蒸发温度升高, 冷凝量和冷凝面积需要增大时, 冷凝器 2 的蒸汽冷凝槽道 13 中的凝结界面在蒸汽的推动下右移, 冷凝器 2 中过量的液体由冷凝器 2 的排液口 d 流出; 若系统的蒸发温度降低, 冷凝量和冷凝面积需要减小时, 蒸汽的冷凝速率加快, 冷凝器 2 的蒸汽冷凝槽道 13 中的凝结界面左移, 同时, 储液器 3 内的液体从液体进出口 f 流入冷凝器 2 的排液口 d。

由图 9~图 10 所示, 所述平面式毛细芯蒸发器 1 的一种结构为: 包括底座 20、上盖 21、毛细芯 22, 底座 20 与上盖 21 相固定、且密封; 隔板 27 将底座 20 分隔为集液腔 19、集汽腔 26, 集液腔 19 由横向槽道和纵向槽道构成, 且横向槽道和纵向槽道交叉布置, 在集液腔 19 上开有回流液体入口 a, 在集汽腔 26 上开有蒸汽出口 b; 在上盖 21 上开有蒸汽槽道 23、蒸汽通道 24, 蒸汽槽道 23 由纵向槽道构成, 蒸汽通道 24 连通蒸汽槽道 23 和集汽腔 26; 毛细芯 22 置于集液腔 19 与蒸汽槽道 23 之间。

所述集液腔 19 横向槽道的个数为一个或多个, 纵向槽道的个数为多个, 横向槽道与纵向槽道可以互相垂直, 也可以不垂直。蒸汽槽道 23 纵向槽道的个数为多个。槽道的剖面形状为矩形, 也可为梯形等其它形状。

毛细芯 22 置于集液腔 19 与蒸汽槽道 23 之间, 毛细芯 22 直接与集液腔肋片和蒸汽槽道肋片接触, 集液腔 19 中充满液体工质, 可以及时方便地供液。

工作时, 蒸发器 1 上盖的受热面 25 直接与负荷表面贴合, 受热面 25 吸收热量, 热量迅速传递给各个蒸汽槽道肋片, 这样与蒸汽槽道肋片直接

接触的毛细芯 22 中的液体工质被迅速加热到饱和温度，发生汽化。汽化后形成的蒸汽沿蒸汽槽道 23 流动到集汽腔 26，通过蒸汽出口 b 经蒸汽管道流入冷凝器 2 的蒸汽入口 c，如果夹带有液滴，则可收集在集汽腔 26 中。在冷凝器 2 中放出热量后，蒸汽凝结为液体，然后在毛细芯工质汽、液相变产生的毛细抽吸力的作用下，从冷凝液出口 e 经过冷器 4、回流液体入口 a 进入蒸发器 1 的集液腔 19，液体工质在集液腔 19 形成的流体分配器的作用下，在集液腔 19 内均匀分配，进入毛细芯 22，流向汽、液相变界面。

由图 11~图 12 所示，所述平面式毛细芯蒸发器 1 的另一种结构为：包括底座 33、上盖 28、毛细芯 36，底座 33 与上盖 28 相固定、且密封；隔板 31 将上盖 28 分隔为集液腔 30、集汽腔 32，集液腔 30 由横向槽道和纵向槽道构成，且横向槽道和纵向槽道交叉布置，在集液腔 30 上开有回流液体入口 a，在集汽腔 32 上开有蒸汽出口 b；在底座 33 上开有蒸汽槽道 35、蒸汽通道 34，蒸汽槽道 35 由纵向槽道构成，蒸汽通道 34 连通蒸汽槽道 35 和集汽腔 32；毛细芯 36 置于集液腔 30 与蒸汽槽道 35 之间。

在上盖 28 的外表面最好设置有散热片 29。

所述集液腔 30 横向槽道的个数为一个或多个，纵向槽道的个数为多个，横向槽道与纵向槽道可以互相垂直，也可以不垂直。蒸汽槽道 35 纵向槽道的个数为多个。槽道的剖面形状为矩形，也可为梯形等其它形状。

工作时，蒸发器 1 下表面的受热面直接与负荷表面接触，以导热的方式吸收热量。底座 33 上有许多并联的蒸汽槽道肋片，直接和毛细芯 36 接触，毛细芯 36 中充满液体工质。当受热面吸收热量时，通过两个路径传给蒸发器：一部分热量通过蒸汽槽道肋片，迅速传递给毛细芯 36 中的液体工质；另一部分通过壁面传递到蒸发器上表面的散热片 29。与蒸汽槽道肋片直接接触的毛细芯 36 中的液体工质被迅速加热到饱和温度，发生汽化，汽化后形成的蒸汽沿蒸汽槽道 35、通过蒸汽通道 34 流到集汽腔 32，然后通过蒸汽出口 b 经蒸汽管道流入冷凝器 2 的蒸汽入口 c。如果夹带有液滴，则

可沉积在集汽腔 32 中。

蒸汽在冷凝器 2 中放出热量冷却后，蒸汽凝结为液体，在蒸发器毛细芯工质汽、液相变产生的毛细抽吸力的作用下，沿液体管道经蒸发器 1 的回流液体入口 a 进入集液腔 30，液体工质在集液腔 30 的纵横槽道形成的流体分配器的作用下，回流液体均匀分配到毛细芯 36 中，流向汽、液相变界面，以供系统下次循环。

由图 13 所示，系统在 100W 时启动，然后改变热负荷后系统运行状况图。从图中可以看出，本发明启动性能良好，系统一旦启动之后，运行稳定，没有出现波动；当系统运行达到稳定之后，改变热负荷，系统仍然运行稳定，系统工作温度略有变化，但变化幅度在 2℃ 之内。

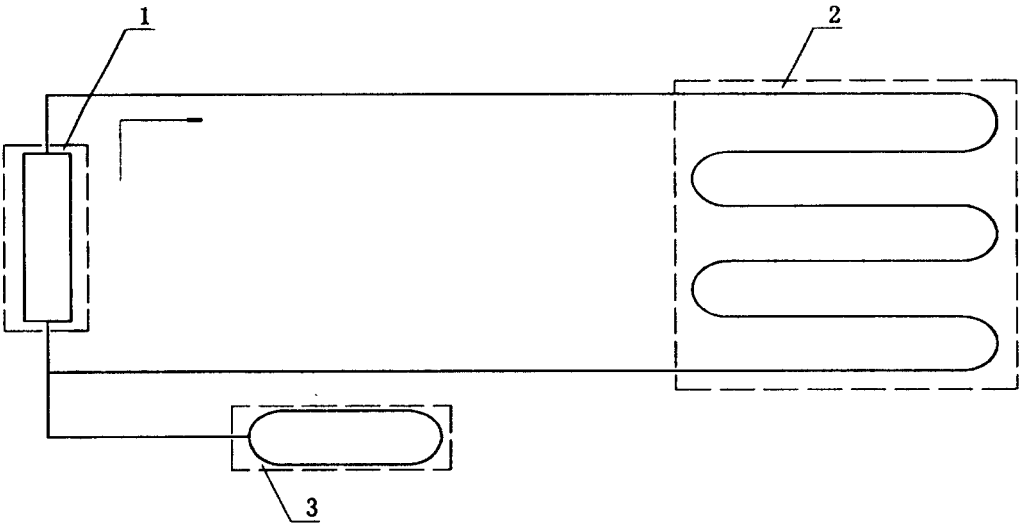


图 1

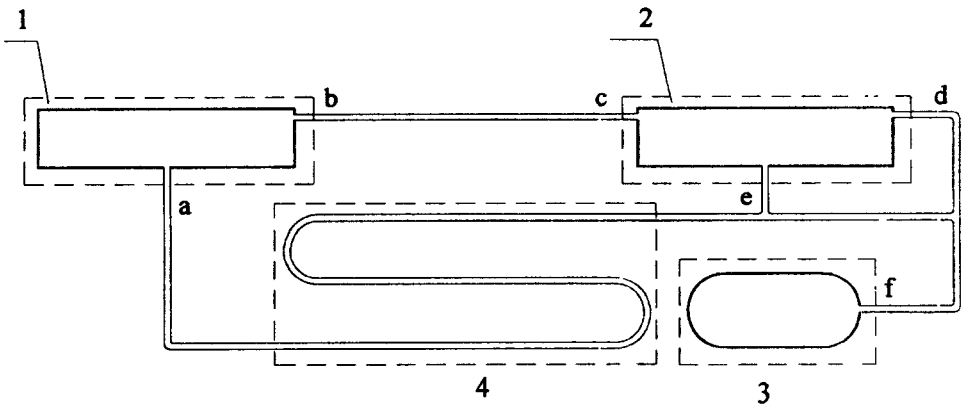


图 2

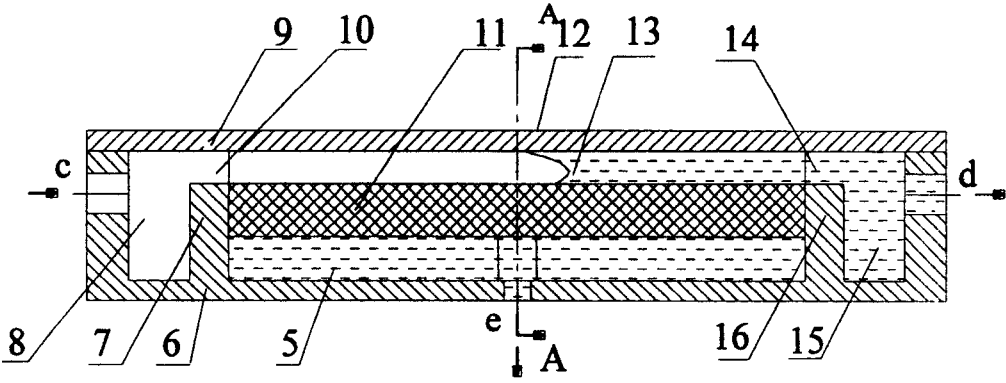


图 3

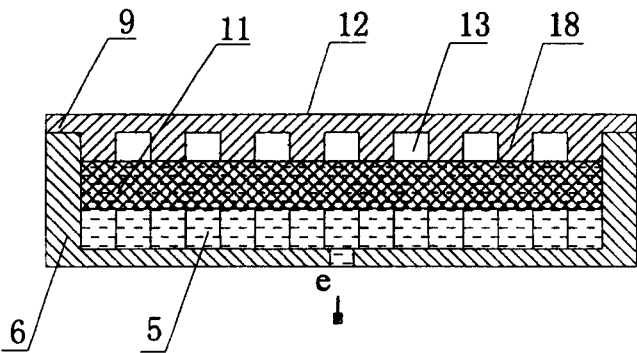


图 4

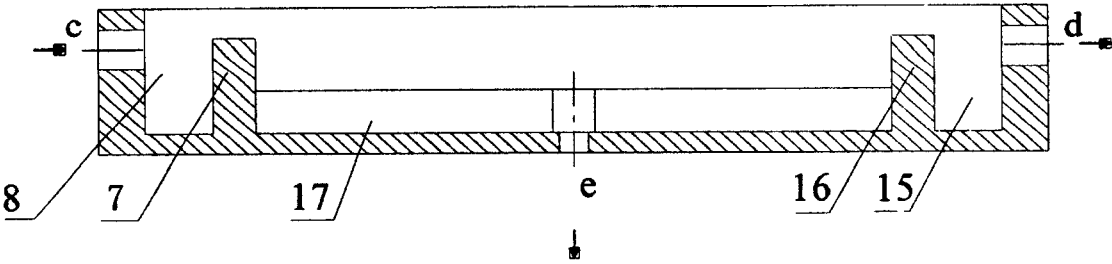


图 5

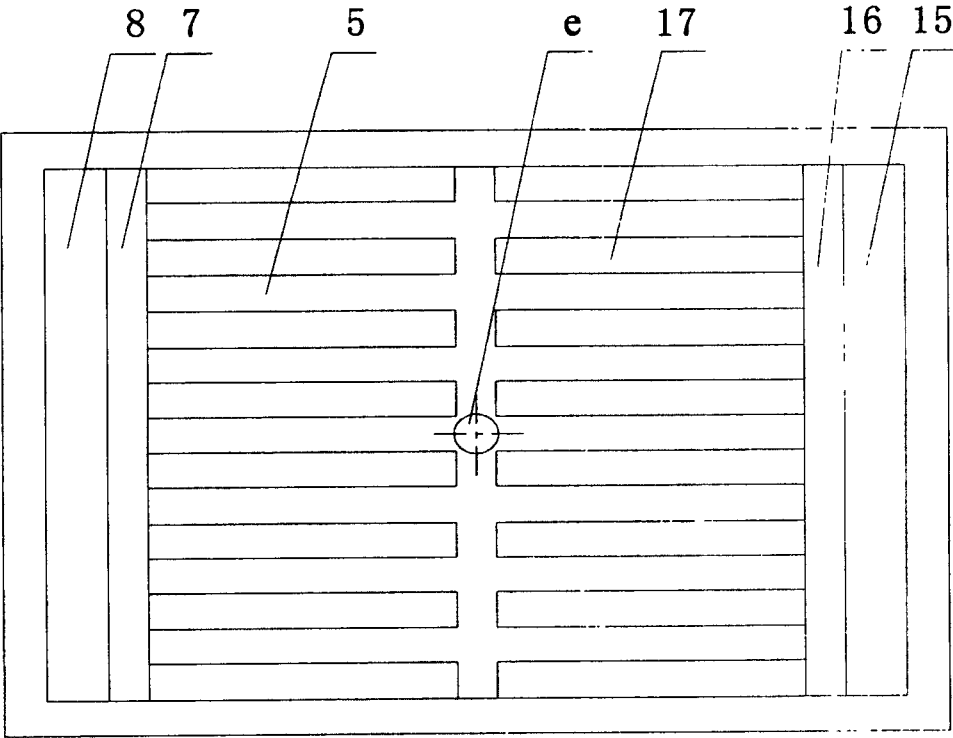


图 6

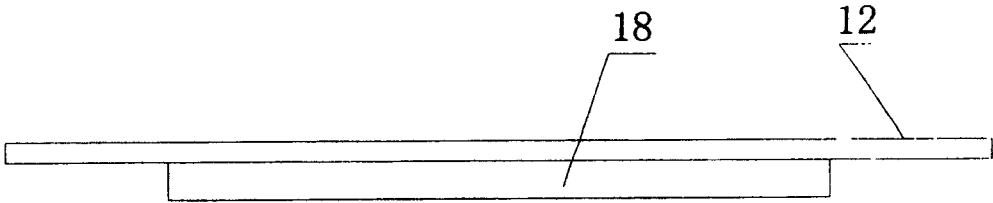


图 7

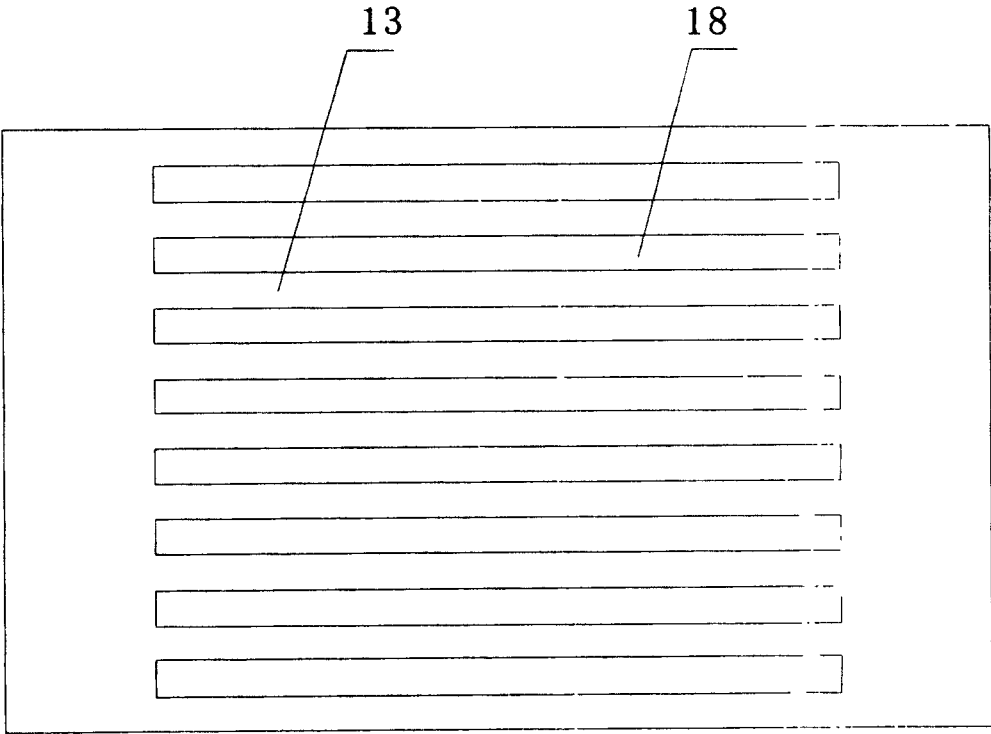


图 8

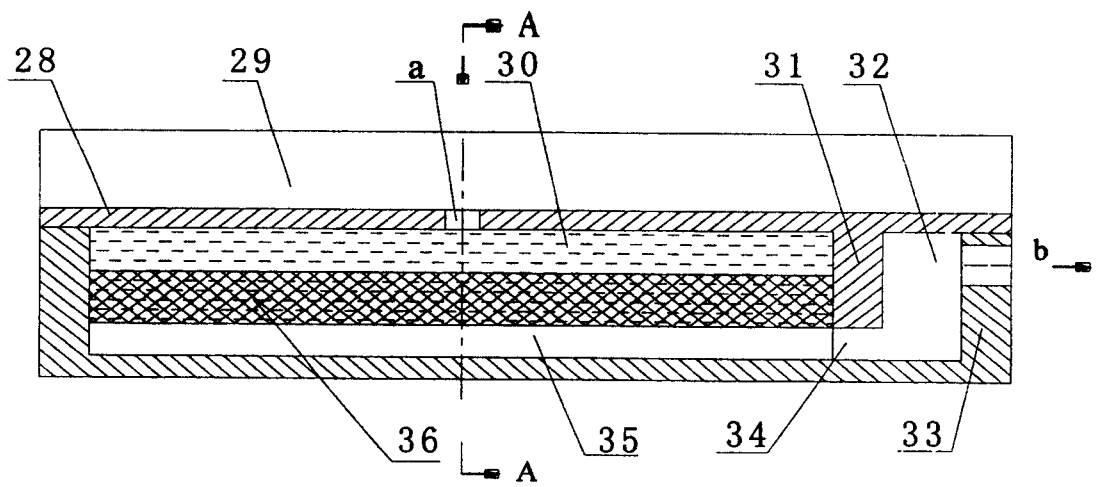


图 11

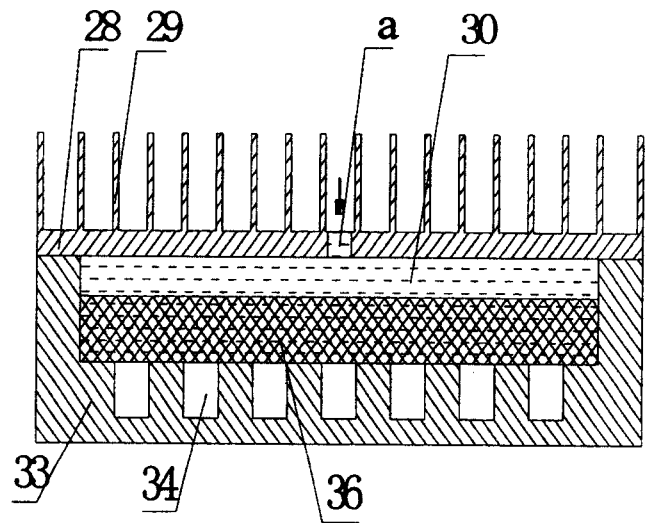


图 12

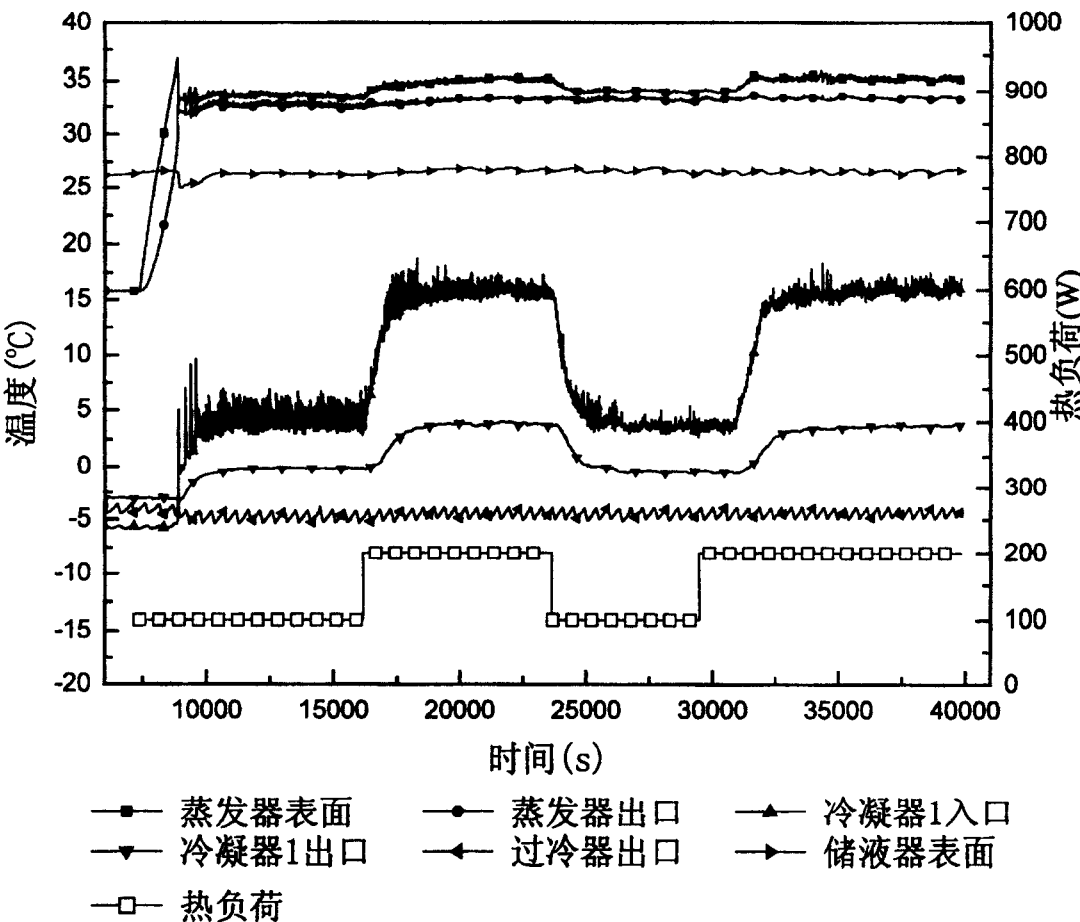


图 13