

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103033535 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 10

(21) 申请号 201310011110. 3

(22) 申请日 2013. 01. 11

(71) 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路 28 号

(72) 发明人 魏进家 张永海

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 徐文权

(51) Int. Cl.

G01N 25/20 (2006. 01)

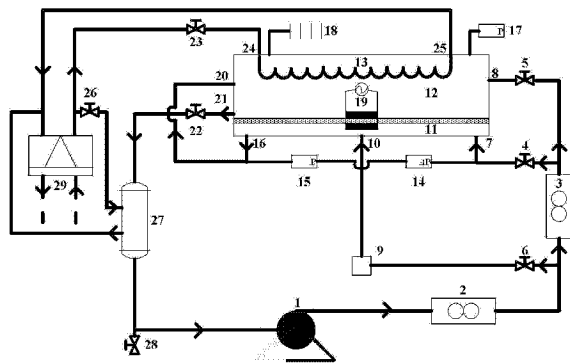
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置

(57) 摘要

一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,包括旋涡泵,旋涡泵的出口与总流量计入口相连,总流量计出口分成两路,一路经喷射支路后进入复合沸腾实验箱流动喷射段,另一路再次分为两路,其中一路经横流支路后进入复合沸腾实验箱流动喷射段,复合沸腾实验箱流动喷射段出口与复合沸腾实验箱池沸腾段相连,另一路直接进入复合沸腾实验箱池沸腾段,复合沸腾实验箱池沸腾段出口与换热器入口与相连,换热器出口与旋涡泵相连,完成一个循环。本发明综合了池沸腾、纯流动沸腾、纯射流冲击沸腾和流动喷射复合式沸腾换热的优势,具有操作灵活,控制简单,占地面积小,实验周期短的优点。



1. 一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,其特征在于:包括旋涡泵(1),以及通过管道与旋涡泵(1)连接的复合沸腾实验箱;所述复合沸腾实验箱包括基体(32)、上封盖(31),以及位于基体(32)内部且与基体连接的载物基板(36),池沸腾芯片(38)固定在载物基板(36)正面,流动喷射沸腾芯片(30)固定在载物基板(36)背面;载物基板(36)与上封盖(31)之间形成池沸腾实验段(12),载物基板(36)与下方基体形成流动喷射沸腾实验段(11);所述基体(32)的底部设有流动沸腾入口(7)和出口(16),以及喷射沸腾入口(10),所述流动喷射沸腾芯片(30)设置在喷射沸腾入口(10)的正上方;工质在旋涡泵的作用下,自流动沸腾入口(7)和喷射沸腾入口(10)进入到流动喷射沸腾实验段(11),然后自流动沸腾出口(16)流出后回到池沸腾实验段(12)。

2. 如权利要求1所述的一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,其特征在于:所述旋涡泵和喷射沸腾入口(10)之间设置有喷射装置(9),所述喷射装置包括与旋涡泵相连的进口导流管(42)、与导流管相通的稳流室(43)、与稳流室相通的喷嘴导流管(44),以及与喷嘴导流管相连的喷嘴,所述喷嘴与喷射沸腾入口(10)相连。

3. 如权利要求2所述的一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,其特征在于:所述喷嘴方向与导流管方向垂直设置,喷射方向与换热面垂直;所述稳流室(43)的截面大于导流管的截面。

4. 如权利要求1所述的一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,其特征在于:所述复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置进一步包括有控温装置,该控温装置包括恒温制冷机(29)、冷凝管(13)、换热器(27),以及多个控制阀,所述冷凝管设置在池沸腾实验段(12)内,所述冷凝管的两端分别与恒温制冷机的输入和输出相连,所述换热器(27)的出口端与旋涡泵相连,入口端与复合沸腾实验箱的池沸腾实验段出口(21)相连,同时,所述换热器连接在恒温制冷机两端。

5. 如权利要求4所述的一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,其特征在于:所述换热器采用套管换热器,水在外管内流动,工质在内管内流动。

6. 如权利要求1所述的一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,其特征在于:上封盖上进一步连接有橡胶袋(18)和压力传感器(17)。

7. 一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,其特征在于:包括旋涡泵(1),以及设有池沸腾实验段和流动喷射沸腾实验段的复合沸腾实验箱,旋涡泵(1)的出口与总流量计(2)入口相连,总流量计(2)出口分成两路,一路经由喷射之路进入复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段(11);另一路又分为两路,一路经过横流支路进入复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段(11),另一路直接进入复合沸腾实验箱的池沸腾实验段(12),流动喷射沸腾实验段出口(16)与池沸腾实验段(12)相连,复合沸腾实验箱的池沸腾实验段出口(21)经第七控制阀门(22)与换热器(27)入口相连,换热器(27)出口与旋涡泵(1)相连。

8. 根据权利要求7所述的一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,其特征在于:所述的横流支路包括支路流量计(3)和第一控制阀(4),总流量计(2)出口一路与支路流量计(3)入口相连,支路流量计(3)出口经过第一控制阀(4)与复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段(11)入口(7)连通;所述喷射支路包括第二控制阀(6)和喷射装置(9),总流量计(2)出口经第二控制阀(6)与喷射装置(9)入口相连,喷射装置(9)出口与复合沸腾实验箱的喷射沸腾入口(10)相连;喷射装置(9)包括进口导流管(42)、稳流室(43)、喷

嘴导流管(44)、喷嘴(45)、第三控制阀(46)和连接软管(47),稳流室(43)为圆柱形内腔,顶部与进口导流管(42)连通,侧面与喷嘴导流管(44)连通,喷嘴导流管(44)与喷嘴(45)通过连接软管(47)连通,喷嘴(45)与喷射沸腾入口(10)连通,喷嘴方向与导流管方向垂直,喷射方向与换热面垂直。

9. 根据权利要求7所述的一种多功能电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,其特征在于:所述实验装置进一步包括有控温回路,包括恒温制冷机(29),冷凝管(13),第五控制阀(23),第六控制阀(26)和所述换热器(27),所述冷凝管设置在池沸腾实验段(12)内,所述冷凝管的两端分别与恒温制冷机的输入和输出相连,所述换热器连接在恒温制冷机两端。

10. 根据权利要求7所述的一种多功能电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,其特征在于:所述复合沸腾实验箱包括基体(32)、上封盖(31)、载物基板(36)和冷凝管(13);基体(32)的侧面设有池沸腾实验段入口(8)、池沸腾实验段进口(20)和池沸腾实验段出口(21),基体(32)的底部设有流动喷射沸腾实验段入口(7)、流动喷射沸腾实验段出口(16),以及喷射沸腾入口(10),池沸腾芯片(38)固定在载物基板(36)正面,流动喷射沸腾芯片(30)固定在载物基板(36)背面,载物基板(36)通过紧固螺栓及密封圈(37)固定并密封,在载物基板(36)与上封盖(31)之间形成池沸腾实验段,上封盖(31)和基体(32)之间通过O型密封圈(39)密封并由紧固螺栓(40)固定,在载物基板(36)与下方基体形成流动喷射沸腾实验段。

一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电子芯片冷却沸腾强化换热技术领域,特别涉及一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置。

背景技术

[0002] 随着电子元器件的高度集成化和高频化,传统的风冷等冷却技术已不能满足芯片高散热率的要求,利用沸腾相变换热对芯片进行直接液体冷却是一种有效的冷却方式,通常的做法是将芯片直接浸在不导电液体中进行沸腾换热,但存在沸腾起始温度偏高等问题,不利于电子器件的启动,因此需要采用强化措施来有效的降低沸腾起始壁面过热度,提高临界热流密度,保证芯片在高热流密度下的临界壁面温度低于 85℃,保障电子设备安全可靠运行。

[0003] 对于池沸腾换热而言,芯片浸没在静止的工质中进行换热,临界热流密度值偏低,增大过冷度可以提高临界热流密度,然而这意味着需要提供较大的过冷度,制冷单元成本增加。而除了过冷度之外,工质流速对换热也有积极的影响。将芯片置于流动通道中,依靠流体对芯片表面的冲刷作用可以实现强化换热的目的,但需要提供额外的动力系统和控制系统,另外,通过高速摄像拍摄的照片发现,临界状态时,流体沿流动方向上对汽膜的破坏作用小,芯片表面被一层汽膜所覆盖,阻碍了冷流体的补充,而射流冲击冷却具有较高的冲击力度,期望可以冲击换热表面,击碎或破坏汽膜,将换热表面的热量迅速带走,从而保证冷流体的补充,维持芯片在高热流密度下的正常换热,进一步提高临界热流密度值,但射流冲击冷却范围小,更适用于局部冷却,而且目前还不能实现对单个芯片进行冷却。大多数文献中,都是针对池沸腾、流动沸腾、射流冲击沸腾中的一种进行实验研究,实验系统体积大,部分供电和控制操作设备和操作过程重复,实验周期长,使得其强化换热优势受到限制。

发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,综合了三种换热方式的特点,具有操作灵活,控制简单,占地面积小,实验周期短的优点。

[0005] 为了达到上述目的,本发明采取的技术方案为:

[0006] 一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,包括旋涡泵,以及通过管道与旋涡泵连接的复合沸腾实验箱;所述复合沸腾实验箱包括基体、上封盖,以及位于基体内部且与基体连接的载物基板,池沸腾芯片固定在载物基板正面,流动喷射沸腾芯片固定在载物基板背面;载物基板与上封盖之间形成池沸腾实验段,载物基板与下方基体形成流动喷射沸腾实验段;所述基体的底部设有流动沸腾入口和出口,以及喷射沸腾入口,所述流动喷射沸腾芯片设置在喷射沸腾入口的正上方;工质在旋涡泵的作用下,自流动沸腾入口和喷射沸腾入口进入到流动喷射沸腾实验段,然后自流动沸腾出口流出后回到池沸腾实验段。

[0007] 旋涡泵和喷射沸腾入口之间设置有喷射装置,所述喷射装置包括与总流量计相连

的进口导流管、与导流管相通的稳流室、与稳流室相通的喷嘴导流管,以及与喷嘴导流管相连的喷嘴,所述喷嘴与喷射沸腾入口相连。

[0008] 喷嘴方向与进口导流管方向垂直设置,喷射方向与换热面垂直;所述稳流室的截面大于导流管的截面。

[0009] 复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置进一步包括有控温装置,该控温装置包括恒温制冷机、冷凝管、换热器,以及多个控制阀,所述冷凝管设置在池沸腾实验段内,所述冷凝管的两端分别与恒温制冷机的输入和输出相连,所述换热器的出口端与旋涡泵相连,入口端与复合沸腾实验箱的池沸腾实验段出口相连,同时,所述换热器连接在恒温制冷机两端。

[0010] 换热器采用套管换热器,水在外管内流动,工质在内管内流动。

[0011] 上封盖上进一步连接有橡胶袋和压力传感器。

[0012] 一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,包括旋涡泵,以及设有池沸腾实验段和流动喷射沸腾实验段的复合沸腾实验箱,旋涡泵的出口与总流量计入口相连,总流量计出口分成两路,一路经由喷射支路进入复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段;另一路又分为两路,一路经过横流支路进入复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段,另一路直接进入复合沸腾实验箱的池沸腾实验段,流动喷射沸腾实验段出口与池沸腾实验段相连,复合沸腾实验箱的池沸腾实验段出口经调节控制阀门与换热器入口相连,换热器出口与旋涡泵相连。

[0013] 所述的横流支路包括支路流量计和第一控制阀,总流量计出口一路与支路流量计入口相连,支路流量计出口经过第一控制阀与复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段入口连通;所述喷射支路包括第二控制阀和喷射装置,总流量计出口经第二控制阀与喷射装置入口相连,喷射装置出口与复合沸腾实验箱的喷射沸腾入口相连;喷射装置包括进口导流管、稳流室、喷嘴导流管、喷嘴、第三控制阀和连接软管,稳流室为圆柱形内腔,顶部与进口导流管连通,侧面与喷嘴导流管连通,喷嘴导流管与喷嘴通过连接软管连通,喷嘴与喷射沸腾入口连通,喷嘴方向与导流管方向垂直,喷射方向与换热面垂直。

[0014] 所述实验装置进一步包括有控温回路,包括恒温制冷机,冷凝管,第五控制阀,第六控制阀和所述换热器,所述冷凝管设置在池沸腾实验段内,所述冷凝管的两端分别与恒温制冷机的输入和输出相连,所述换热器连接在恒温制冷机两端。

[0015] 所述复合沸腾实验箱包括基体、上封盖、载物基板和冷凝管;基体的侧面设有池沸腾实验段入口、池沸腾实验段进口和池沸腾实验段出口,基体的底部设有流动喷射沸腾实验段入口、流动喷射沸腾实验段出口,以及喷射沸腾入口,池沸腾芯片固定在载物基板正面,流动喷射沸腾芯片固定在载物基板背面,载物基板通过紧固螺栓及密封圈固定并密封,在载物基板与上封盖之间形成池沸腾实验段,上封盖和基体之间通过O型密封圈密封,在载物基板与下方基体形成流动喷射沸腾实验段。

[0016] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:本发明的复合沸腾实验箱利用载物基板将实验箱分为池沸腾实验段和流动喷射沸腾实验段,且利用管道将池沸腾实验段与流动喷射沸腾实验段形成循环,如此,本发明将池沸腾、流动沸腾和射流冲击沸腾三种实验有机的结合在一个装置内,减少了试验设备,且操作简单、控制方便、布置紧凑;和池沸腾换热相比,本发明通过提高流速,可以有效的减小芯片表面沸腾时的壁面过热度,提高临界热流密

度,强化换热;和池沸腾,纯流动沸腾相比,本发明中喷射的加入,可以破坏高热流密度时覆盖在换热面上的汽膜,保证换热面与冷流体的接触,延缓临界状态,维持芯片在高热流密度下的换热,进一步提高临界热流密度,强化换热。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明的结构示意图。

[0018] 图 2 为本发明喷射段的结构示意图。

[0019] 图 3-1 为本发明复合沸腾实验箱的主视剖面图。

[0020] 图 3-2 为本发明复合沸腾实验箱的俯视剖面图。

[0021] 图 3-3 为本发明复合沸腾实验箱的 A-A 截面剖面图。

[0022] 具体实施方法

[0023] 下面结合附图对本发明作进一步的描述。

[0024] 参照图 1,一种复合式电子芯片冷却沸腾强化换热实验装置,包括旋涡泵 1,旋涡泵 1 的出口与总流量计 2 入口相连,总流量计 2 出口分成两路,一路经由喷射支路进入复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段 11;另一路又分为两路,一路经过横流支路进入复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段 11,经流动喷射段出口 16 与复合沸腾实验箱的池沸腾实验段进口 20 相连接,另一路经池沸腾实验段入口 8 直接进入复合沸腾实验箱的池沸腾实验段 12,复合沸腾实验箱的池沸腾实验段出口 21 与第七控制阀 22 相连,然后与换热器 27 入口相连,换热器 27 出口与旋涡泵 1 相连,完成一个循环。在复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段 11 进口 7 和出口 16 间串有差压传感器 14 和压力传感器 15,测量复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段 11 的压力差和出口压力。

[0025] 参照图 1,横流支路包括支路流量计 3 和第一控制阀 4,总流量计 2 出口一路经支路流量计 3 入口相连,支路流量计 3 出口经过第一控制阀 4 与复合沸腾实验箱的流动喷射沸腾实验段 11 入口 7 连通。

[0026] 参照图 1,喷射支路包括第二控制阀 6 和喷射装置 9,总流量计 2 出口另一路经第二控制阀 6 与喷射装置 9 入口相连,喷射装置 9 出口与复合沸腾实验箱的喷射沸腾入口 10 相连。参照图 2,喷射装置 9 包括进口导流管 42、稳流室 43、喷嘴导流管 44、喷嘴 45、第三控制阀 46 和连接软管 47,稳流室 43 为圆柱形内腔,顶部与进口导流管 42 连通,侧面与喷嘴导流管 44 连通,喷嘴导流管 44 与喷嘴 45 通过连接软管 47 连通,喷嘴 45 与喷射沸腾入口 10 连通,喷嘴方向与进口导流管方向垂直,喷射方向与换热面垂直;通过进口导流管 42 将工质导入至稳流室 43,待液体充满稳流室后通过稳流室上部的喷嘴 45 喷出,稳流室一方面可以储存液体,另一方面使得液体在进入喷嘴之前稳定和分布均匀,喷嘴 45 出口前的充分发展以确保流体在进入喷出之前已充分发展,第三控制阀 46 可以根据具体的实验工况来控制喷嘴的数量。

[0027] 参照图 1,池沸腾支路经过总流量计 2 和支路流量计 3 经第四控制阀 5 与复合沸腾实验箱的池沸腾实验段相连。

[0028] 参照图 1,池沸腾控温回路包括恒温制冷机 29,冷凝管 13 和第五控制阀 23,流动喷射沸腾控温回路包括恒温制冷机 29,第六控制阀 26 和换热器 27,换热器采用套管换热器,水在外管内流动,工质在内管内流动。

[0029] 参照图 3-1、图 3-2 和图 3-3, 复合沸腾实验箱包括基体 32、上封盖 31、载物基板 36、密封垫 35 和冷凝管 13。基体 32 的侧面设有池沸腾实验段入口 8、池沸腾实验段进口 20 和池沸腾实验段出口 21, 基体 32 的底部设有流动沸腾入口 7 和流动沸腾出口 16, 同时还有喷射沸腾入口 10, 池沸腾芯片 38 固定在载物基板 36 正面, 流动喷射沸腾芯片 30 固定在载物基板 36 背面, 载物基板 36 通过紧固螺栓 33、34、密封垫 35 及密封圈 37 固定并密封在基体 32 上, 在载物基板 36 与上封盖 31 之间形成池沸腾实验段 12, 上封盖 31 的上面还设有压力计 17 和橡胶袋 18, 上封盖 31 和基体 32 之间通过 O 型密封圈 39 密封并由紧固螺栓 40 固定, 在载物基板 36 与下方基体形成流动喷射沸腾实验段 11。容积大小根据系统在最大流速工况下能稳定运作时的流量确定, 上盖板 33 和基体 32 上开有引出孔 41, 池沸腾实验段 12 具有储存液体和稳压的作用, 通过橡胶袋 18 和第七控制阀 22 可以把池沸腾段 12 和流动喷射段 11 的工作压力维持在 1atm 左右, 并通过压力传感器 15、17 进行压力的测量和显示。池沸腾芯片 38 和流动喷射沸腾芯片 30 均与与电源 19 连接。

[0030] 本发明的工作原理为:

[0031] 系统中总流量的控制是通过调节旋涡泵 1 的转速从而实现不同的流量, 由总流量计 2 测量和显示, 横流支路流量由支路流量计 3 测量和显示, 喷射支路的流量由系统总流量减去横流支路流量可得到, 系统中工质温度的控制是通过冷凝回路作用实现的。系统中压力的控制是通过池沸腾实验段 12、第七控制阀 22 和橡胶袋 18 实现的, 池沸腾实验段压力的测量是通过压力传感器 17 实现, 流动喷射沸腾段的出口压力和压力差的测量是通过差压传感器 14 和压力传感器 15 实现的。

[0032] 实验时, 首先将装有测试芯片的载物基板 36 固定密封, 确保各部件的连接性后, 整个实验过程排泄阀 28 处于关闭状态, 全开其它回路阀门, 向池沸腾容器中注入适量的工质, 确保容器内充满工质。开启控温系统, 同时也开启泵, 使液池内的工质温度在短时间达到预定值。

[0033] 由于本发明可以做多种沸腾实验, 不同的实验可以通过阀门的控制来实现。(1)池沸腾实验时, 关闭除控温系统回路外的所有阀门, (2) 纯流动沸腾实验时, 关闭第四和第二控制阀 5、6, 开启第一控制阀 4 和第七控制阀 22, (3) 纯喷射实验时, 关闭第一控制阀 4, 开启第四和第二控制阀 5、6 和第七控制阀 22, (4) 喷射复合式沸腾实验时, 关闭第四控制阀 5, 开启第一和第二控制阀 4、6 和第七控制阀 22。

[0034] 当上述准备工作完毕, 开启电源 19, 从小到大逐渐增加输出电压值, 信号采集显示芯片表面温度和制冷剂温度变化范围较小时, 便认为达到稳定的实验工况, 然后记录相应的输出电流, 电压, 流体和芯片表面的瞬时温度并保存。改变输出电压值, 反复进行上述操作。电压值每增加一次, 所测芯片温度逐渐增加直至稳定, 在较高的热流密度值时, 通过肉眼可以观测到芯片表面会产生大量的气泡, 此时应减小输出电流值的增幅。如果当所测温度与前所测温度相比, 温差大于 20℃ 时, 或者恒流源输出功率突然降低, 便认为芯片到达临界状态, 此时立即切断电源, 最后一次所记录保存的数据可认为是临界状态数据。为了尽量消除芯片表面初始条件对换热的影响, 前面一次实验结束后, 关掉恒温制冷机, 全开系统各个阀门, 等系统各个参数稳定后, 尤其是芯片表面温度与制冷剂温度相当时, 再进行下一工况的实验, 以减小前一个实验对后一个实验的影响, 减小误差, 建议两次相邻实验间隔至少半个小时。最终实验结束后, 等到工质温度恢复到室温时, 打开排泄阀 28 将工质回收并保

存。

[0035] 本发明的优点包括以下：

[0036] 1、本发明综合了池沸腾，纯流动沸腾和射流冲击沸腾换热的优势，操作灵活，控制方便，布置紧凑。

[0037] 2、本发明喷射段可实现多种喷射实验功能，喷嘴与流动喷射沸腾实验段连接是可拆卸的，因此可以更换多种形式的喷嘴来研究喷射沸腾实验。

[0038] 3、本发明载物基板拆卸方便，实验芯片的多少可以根据实验的需要确定，操作简单方便，提供了更多的选择性。

[0039] 4、本发明中多工况实验可以在精确的过冷度条件下同时进行。实验周期大大缩短，约为原实验周期的 1/5 甚至更多。

[0040] 5、和池沸腾换热相比，本发明中通过提高流速，可以有效的减小芯片表面沸腾时的壁面过热度，提高临界热流密度，强化换热。

[0041] 6、和池沸腾，纯流动沸腾相比，本发明中喷射的加入，可以破坏高热流密度时覆盖在换热面上的汽膜，保证换热面与冷流体的接触，延缓临界状态，维持芯片在高热流密度下的换热，进一步提高临界热流密度，强化换热。

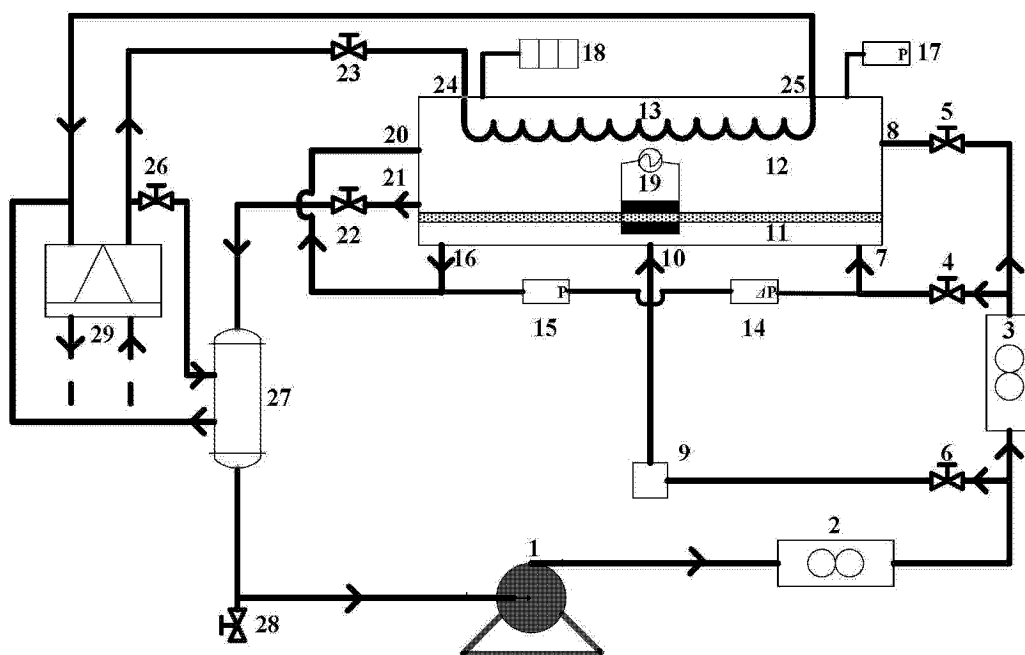


图 1

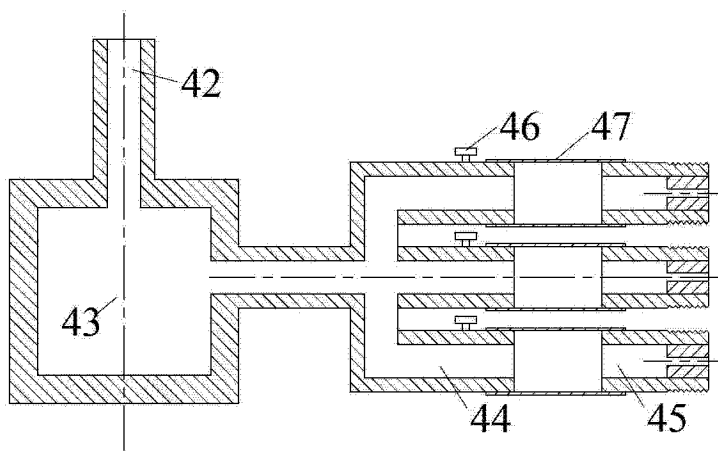


图 2

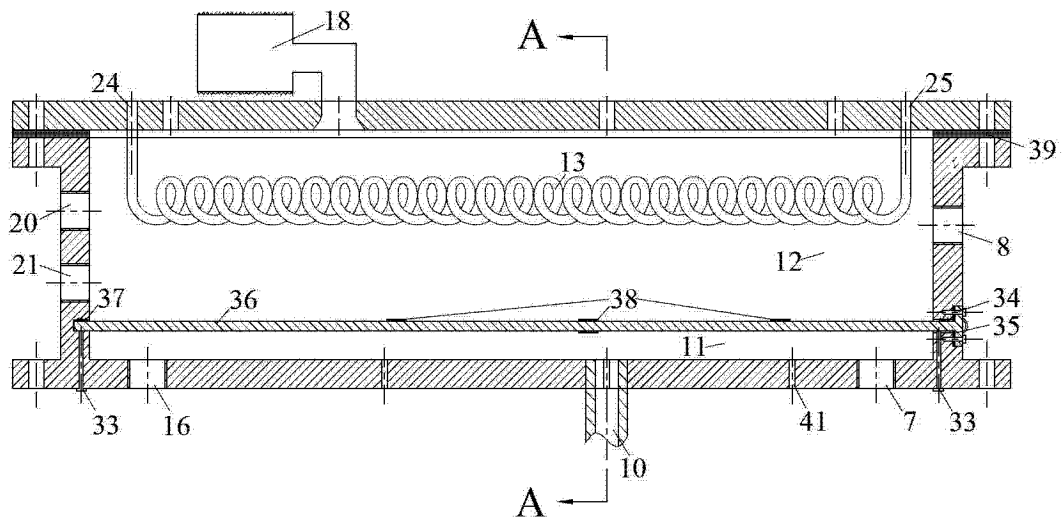


图 3-1

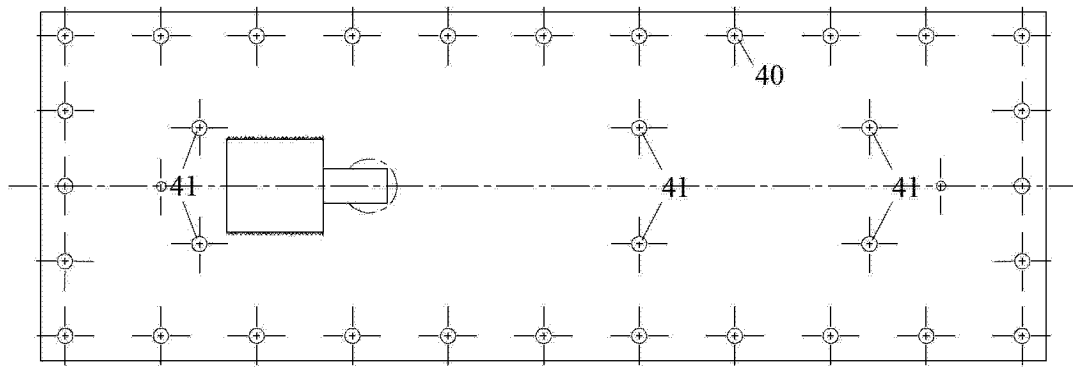


图 3-2

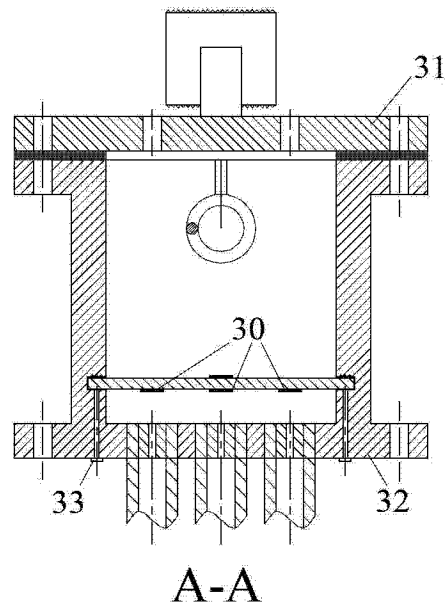


图 3-3