



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110741215 B

(45) 授权公告日 2021.11.02

(21) 申请号 201880034753.0

(22) 申请日 2018.04.12

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110741215 A

(43) 申请公布日 2020.01.31

(30) 优先权数据  
1753365 2017.04.18 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.11.26

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2018/059450 2018.04.12

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/192839 FR 2018.10.25

(73) 专利权人 欧热管公司  
地址 比利时尼韦尔

(72) 发明人 文森特·杜庞特  
斯泰凡·维恩·奥斯特  
文森特·德·特罗兹  
米卡尔·莫豪普特

(74) 专利代理机构 北京国昊天诚知识产权代理有限公司 11315

代理人 南霆 李有财

(51) Int.Cl.  
F28D 15/04 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 3598180 A, 1971.08.10  
US 6227287 B1, 2001.05.08  
US 2009314472 A1, 2009.12.24  
US 2013168050 A1, 2013.07.04  
US 2005230085 A1, 2005.10.20

审查员 姜松

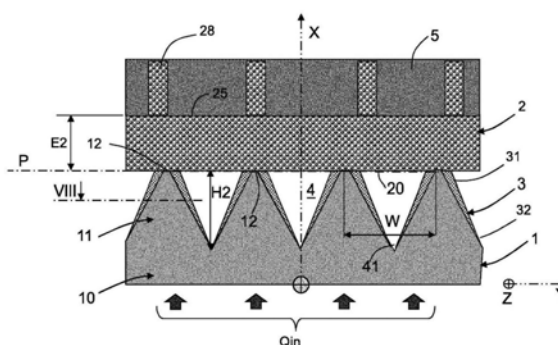
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

### (54) 发明名称

具有优化汽化界面的蒸发器

### (57) 摘要

本发明涉及适用于换热系统的毛细蒸发器，包括用于获取热能的元件 (1) 和初级毛细管 (2)，用于获取热能的元件 (1) 还包括基部 (10) 和多个突起部分 (11)，每个突起部分从基部延伸至尖端 (12)，且其尺寸随着与基部距离的增加而减小，初级毛细管 (2) 由多孔第一材料制成且其正面 (20) 与突起部分的尖端相邻，突起部分的侧壁与初级毛细管一起界定空隙 (4)，空隙 (4) 形成蒸汽通道，突起部分的侧壁由多孔材料薄层 (3) 覆盖，薄层的最厚部分 (31) 在邻近的每个突起的尖端附近与初级毛细管相接触，并且所述薄层的厚度 (EC) 随着与初级毛细管的距离增加而减小。



1. 适用于换热系统的毛细蒸发器,其中所述蒸发器包括:

- 受热元件 (1), 包括基部 (10) 和多个突起部分 (11), 每个突起部分从基部延伸至尖端 (12) 且与基部距离越远, 其尺寸越小, 每个突起部分都具有侧壁 (13),

- 初级毛细管 (2), 其由多孔第一材料制成且其正面 (20) 与突起部分尖端相邻, 突起部分的侧壁与初级毛细管一起界定空隙 (4), 所述空隙 (4) 形成蒸汽通道,

其中, 突起部分的侧壁由多孔材料的薄层覆盖, 所述薄层由不同于第一材料的第二材料制成,

其中, 多孔第二材料设置有圆角 (39), 其从多孔第二材料的薄层延伸离开所述突起部分的尖端, 并且其中, 多孔第二材料的圆角与所述初级毛细管的正面接触, 这增加了多孔第二材料和初级毛细管之间的接触面积。

2. 根据权利要求1所述的蒸发器, 其特征在于, 突起部分的尖端具有与初级毛细管直接接触的平面形状。

3. 根据权利要求1所述的蒸发器, 其特征在于, 所述薄层 (3) 具有大致均匀的厚度。

4. 根据权利要求1所述的蒸发器, 其特征在于, 所述薄层 (3) 具有不均匀厚度, 薄层的最厚部分 (31) 与每个突起部分的尖端附近的初级毛细管相接触, 并且所述薄层的厚度 (EC) 随着与初级毛细管距离增大而变小。

5. 根据权利要求1所述的蒸发器, 其特征在于, 所述突起部分以梯形横截面的直线肋形的形状形成。

6. 根据权利要求5所述的蒸发器, 其特征在于, 所述突起部分互相靠近, 每个蒸汽通道具有大致呈三角形的横截面且其尖端指向受热元件的基部。

7. 根据权利要求6所述的蒸发器, 其特征在于, 突起部分的梯形横截面形成对称的等腰梯形, 具有基部和短侧边, 基部的尺寸标记为W, 短侧边的尺寸标记为D3, 其中 $D3 < 0.2W$ , 以及 $D3 < 0.3\text{mm}$ 。

8. 根据权利要求5所述的蒸发器, 其特征在于, 所述尖端的半角小于 $45^\circ$ 且在 $5^\circ$ 和 $30^\circ$ 之间。

9. 根据权利要求1所述的蒸发器, 其特在于, 所述初级毛细管 (2) 由导热性差的第一材料获得, 并且所述第一材料是陶瓷、不锈钢或聚四氟乙烯。

10. 根据权利要求1所述的蒸发器, 其特征在于, 所述薄层 (3) 由良好热导体的第二材料获得, 并且所述第二材料是铜、铝或镍。

11. 根据权利要求1所述的蒸发器, 其特征在于, 所述薄层 (3) 的孔的直径小于初级毛细管 (2) 的孔的直径。

12. 换热系统, 包括根据前述权利要求中任一项所述的蒸发器、冷凝器以及流体管道, 所述流体管道为具有重力泵送的流体管道, 即温差环流系统配置, 或所述流体管道仅为毛细泵送或与喷射器结合的流体管道, 或所述流体管道为机械泵送的流体管道。

## 具有优化汽化界面的蒸发器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及蒸发器,通常用于具有双相工作流体的换热系统中。

[0002] 更具体地说,本发明涉及液体通过吸收大量热能而转化为蒸汽的汽化界面。

### 背景技术

[0003] 这种类型的蒸发器,通常用于冷却例如处理器(CPU、GPU)电源模块(IGBT、SiC、GaN等)电子设备或产生热量的任何其他电子组件或任何其他热源。

[0004] 这种类型的蒸发器常常用于包括冷凝器及用于在蒸发器和冷凝器之间循环流体的供液管线和回流管线的系统中。

[0005] 当前的发展趋势使得电子产品不得不在其小表面上耗散大量的热输出。

[0006] 在蒸发器中,在毛细管(带入液体)和用于受热/传递热能的元件或板(与提供热能的初级热源接触)之间的界面上,提供了形成蒸汽释放通道的空置空间。这些蒸汽通道设在毛细管中或设置在受热元件中。最通常地,提供矩形横截面的凹槽,以形成这种蒸汽通道,例如,专利US5725049[NASA]所述。

[0007] 曾有些开发人员尝试通过设计不同形状的蒸汽通道来增加热容量,从而增加热通量方面的容量。实际上,蒸汽通道的存在导致与毛细管相接触的热通量密度的集中,这就导致开发人员偏爱“凹状”的凹槽,例如,专利EP0987509[Matra Marconi Space]。

[0008] 另有些开发人员尝试最小化寄生热漏失,例如专利US6330907[Mitsubishi],但是不能避免与毛细管接触区域中蒸汽气泡的形成,这可能会危及向汽化区的稳妥供液。

[0009] 然而,可以看到,已知汽化界面不允许处理20瓦特/cm<sup>2</sup>以上的表面热通量,因为由于初级毛细管内部汽化前部中的凹痕,随着热通量密度的增加,热交换系数大大降低。毛细管内部蒸汽气泡数量的增加,也会导致干燥风险的增加,换句话说,也应避免在该位置上供液的中断风险。

[0010] 然而,结果显示,现在的需求甚至更高,这就是为什么发明者寻求进一步优化在具有双相工作流体的传热回路中的蒸发器汽化界面的原因。

### 发明内容

[0011] 为此,本发明的目的是一种适用于换热系统的毛细蒸发器,其中,所述蒸发器包括:

[0012] -受热元件(1),包括基部(10)和多个突起部分(11),各个突起部分从基部延伸至尖端(12),且与基部距离越远,其尺寸越小,各个突起部分都具有侧壁(13),

[0013] -初级毛细管(2),由多孔第一材料制成且其正面(20)与突起部分尖端相邻,突起部分的侧壁与初级毛细管一起限定形成蒸汽通道的空隙(4),其特征在于,突起部分的侧壁由多孔材料薄层(3)覆盖,优选为不同于第一材料的第二材料覆盖。

[0014] 术语“薄层”应理解为系指层厚度小于1mm的薄层。发明者发现,与突起部分相关的下限厚度有利地有助于获得良好的性能。

[0015] 应注意,多孔材料的薄层在连接处与初级毛细管相接触,其中所述连接处为液体从初级毛细管流到形成次级毛细管的多孔材料薄层的位置。

[0016] 术语“其尺寸随距基部距离而减小”应理解为突起部分(11)的至少一个尺寸的减小是从基部(10)开始减少(即,距离基部越远越小)的。

[0017] 有利的是,液相流体利用毛细作用从初级毛细管向覆盖突起的薄层泵送,并在该位置发生汽化;使得换热表面区域增加。通过这些设置,获得能够处理大于50瓦特/cm<sup>2</sup>热通量的蒸发界面,其热交换系数W/(m<sup>2</sup>K)比当前技术高得多,这具体取决于各种可能的配置,蒸发界面甚至能够处理数十甚至数百瓦特/cm<sup>2</sup>。

[0018] 同样,应注意的是,在突起尖端的区域中,直接相对应初级毛细管所传递的热通量相对于总的热通量(主要是由侧壁蒸发的)显著减小并因此避免在与初级毛细管接触的区域中产生沸腾现象,换句话说,避免初级毛细管的过热。因此,通过显著减小蒸发渗透进初级毛细管以及减小受热元件的过热同时有利于提取在专用通道中所产生的蒸发,来限定寄生通量的传递。

[0019] 在本发明的各个实施例中,使用下列一个或多个:

[0020] 根据一个选择,薄层可以具有大致均匀的厚度。在这种配置中,可以通过使用紧密接触受热元件表面的金属丝网来提供相对较为简单的制造和组装的方法。

[0021] 根据一个选择,薄层可以具有不均匀的厚度,薄层的最厚部分(31)与各个突起尖端相邻的初级毛细管相接触,所述薄层的厚度(EC)随着与初级毛细管的距离增加而减小。这种配置使之有可能获得在单位表面区域耗散功率方面获得较好的整体效果。

[0022] 根据一个选择,热能受热元件可以包括平板,对应于用于冷却热源的平板配置。

[0023] 根据另一个方案,受热元件可具有常规的圆柱形形状,该受热元件可与待冷却热源所用的圆柱形配置相对应,这常见于平面配置中。当使用高压流体时,例如用于空间应用中的氨时,常见这种圆柱形的配置;在这种情况下,可以在圆柱形蒸发器的外表面上组装通常为铝制的平板。

[0024] 根据一个方案,突起部分可有利地采用梯形(甚至三角形)横截面的直线式肋形来形成;因此,易于通过挤压或简单的机械加工(铣削)来制造受热元件。此外,这种梯形横截面允许机械力的稳固传递,特别是通过螺钉固定方式由电源模块在蒸发器的挤压组装所引起的机械力(这不允许在其高度侧具有基本恒定厚度的传统薄翅片,尤其是铜制)。

[0025] 根据一个方案,突起部分互相靠近,各个蒸汽通道(4)具有大致呈三角形的横截面且其尖端指向受热元件的基部。于是,对于所给定的总可用表面区域,薄层覆盖区域的密度最大化,因此也使得热交换最大化。

[0026] 根据一个方案,突起部分的横截面形成对称的等腰梯形(即“齿形”),其短边长度相对于长边的长度至多为20%;换句话说,D3<0.2W。由此形成具有足够尺寸的蒸汽通道,尤其是,其在突起部分尖端之间的宽度,允许蒸汽在无过多压力损失情况下快速的流动。

[0027] 根据一个方案,较小侧面D3(换句话说,尖端的宽度)尺寸小于<0.3mm。发明者注意到,与本领域技术人员预想相反,尖端的厚度没有问题,且如与薄层存在相结合则是优点,因为其避免在供液区中蒸汽相的出现和限制通过初级毛细管的寄生通量输送。

[0028] 根据一个方案,对于突起部分横截面的几何形状,尖端α处的半角小于45°且优选为5°和30°之间。

[0029] 这与以下事实相对应：突起部分H2的高度比基部上扩展部分W大1/2，这部分解释了由于有效表面区域的增加而导致的换热效率的提高。

[0030] 根据一个方案，初级毛细管优选由导热性差的材料获得，例如，镍、不锈钢、陶瓷或聚四氟乙烯，其导热系数通常小于100W/mK。这样可以避免对初级毛细管另一侧上液体的加热并且可以大大减少了寄生热漏失。

[0031] 根据一个方案，薄层由良好热导体获得，例如，铜或铝，通常系数大于100W/mK且优选为大于380W/mK。

[0032] 这就促使薄层具有良好的透气性且汽化位置具有良好的分布。

[0033] 根据一个方案，薄层孔的直径小于初级毛细管孔的直径。由此促使液体能从初级毛细管向薄层供液并且促使液体在薄层内向最厚部分供液。

[0034] 根据一个方案，薄层的厚度EC小于0.5mm，优选为薄层在与受热板1相接触的位置。发明者发现，有利的是，这种小厚度足够获得良好的性能。此外，将注意到，受热板不是平坦的（突起部分11的存在），这不同于现有技术的某些实施例。

[0035] 根据一个方案，基部的厚度H1在0.5和5mm之间。调节该厚度，以便例如，通过待冷却部件的螺钉固定方式来获得足够的组装刚性和强度。

[0036] 根据一个方案，突起部分的高度H2在0.5和3mm之间。调整该高度，以便在蒸汽通道中获得足够的流通区，以避免可能的压力损失问题。

[0037] 根据一个方案，突起部分以圆肋形的形状形成。这可在蒸发器为磁盘形式的情况下使用。

[0038] 根据一个方案，突起部分以锥形螺栓或金字塔形螺柱形状形成。这可以进一步提高表面效率，并且根据所使用的制造方法，可以保持涂覆受热板成本价格的合理。

[0039] 根据一个方案，初级毛细管的厚度E2恒定且优选为1和8mm之间。这种简单的初级毛细管是适用的和廉价的材料。

[0040] 根据一个方案，突起部分的尖端与初级毛细管相接触且表面区域小于初级毛细管有效表面区域的20%。

[0041] 本发明还涉及一种换热系统，其中，所述换热系统包括如上所述的蒸发器、冷凝器、具有重力泵送的流体管道，即温差环流系统配置（包括“池沸腾”配置），或仅为毛细泵送或与喷射器结合的流体管道，或机械泵提供的蒸发器。

## 附图说明

[0042] 本发明的其他方面、目的和优点将通过阅读以下作为非限制性示例的本发明实施例的描述得到清晰的了解。通过参考如下附图，可更好地理解本发明，其中：

[0043] -图1是根据本发明包括蒸发器的换热系统的示意性总图；

[0044] -图2是根据第一实施例，沿如图1所示剖面II-II的蒸发器的局部横截面图；

[0045] -图3是蒸发器的示意性局部透视图；

[0046] -图4更详细地显示了横截面的一部分并示出了突起部分和其多孔涂层；

[0047] -图5显示了圆柱形蒸发器类型（不是平形）的第二实施例；

[0048] -图6显示了沿具有多孔材料涂覆薄层的突起部分壁的汽化通量的分布；

[0049] -图7显示了突起部分内部的热通量以及沿薄层的液体供应流；

- [0050] -图8显示了沿如图2所示VIII-VIII剖面的水平剖视图的蒸汽通道的布置；
- [0051] -图9是表示另一个替代实施例具有螺柱的蒸发器的示意性水平截面图；
- [0052] -图10显示了关于多孔材料薄层配置的两个替代实施例。
- [0053] 在不同的附图中，相同的标记表示相同的或相似的元件。为清楚起见，部分尺寸未按比例表示。

## 具体实施方式

[0054] 图1显示了包括蒸发器7的换热系统，所述蒸发器7包括受热元件1，该受热元件使其有可能将蒸发器7从耗散部件（“热源”）所获得的热能 $Q_{in}$ 通量带至接收此热能的冷凝器COND，冷凝器COND将 $Q_{out}$ 带至“散热器”（周围空气，热水或冷水，散热板等）。

[0055] 蒸汽管8将蒸发器所产生的蒸汽输运至冷凝器。液体管道9使之有可能将冷凝器所冷凝的液体带回至蒸发器7。假定每侧冷凝器和管道为众所周知，故本文不再详述。蒸发器，冷凝器和管道形成传热回路，该回路通过使用重力（温差环流系统）或通过使用毛细管的泵工作，这是一种在陆地上可行并且在失重状态下也可行的解决方案，或针对加速度领域（重力，车辆移动）或使用机械泵辅助泵送的解决方案。

[0056] 在图1所示的示例中，表示储液器RES，该储液器RES用作液体膨胀箱（液体的热膨胀，储液器外蒸汽量的变化）；在储液器是单独元件的情况下，我们将其称为CPL（毛细管抽吸回路）。在另一个配置中，在蒸发器内部提供储液器功能，并且在这种情况下，我们称其为LHP（循环加热管道）。在“温差环流系统”配置情况下，不需要配置储液器。

[0057] 每侧回路通常操作都是已知的，尤其是具有蒸汽管、液体管道和冷凝器的回路中，故本文不再详述。在下文中，将重点关注蒸发器及其内部结构。

[0058] 蒸发器7包括标记为1的受热元件；在所示的第一示例中，受热元件是抵靠在待冷却元件上的平板1（未示出），该平板提供标记为 $Q_{in}$ 的热能通量。该板在蒸发器内侧设置有特定的结构，下文将详细说明。

[0059] 相应蒸发器7是毛细管型蒸发器，这表示其含有毛细管，换句话说，一个多孔质体，通过毛细作用来吸收液体，液体储存在与液体管道9和膨胀储液器RES连通的液罐5中。

[0060] 应注意的是，从比蒸发器更宽的角度来看，可以使用术语“转换元件”1，代替术语“受热元件”。在下文中，部分情况下可以使用术语“加热板”或“受热板”代替术语“受热元件”。

[0061] 在结构上，蒸发器7包括具有下文将详述的毛细管结构的上述加热板1，上述液罐5，以及使之有可能将其组装并限定密封剂包含工作流体的蒸发器的密闭空间的盖壳。

[0062] 更具体地，毛细管结构包括标记为2并且由形成多孔材料薄层（标记为3）的毛细涂层结构所涂覆的初级毛细管，下文将详细讨论。

[0063] 根据图2至图4特别示出的第一实施例，加热板，换句话说，受热元件1，包括在与标记为X的深度轴相垂直的两个方向Y、Z中沿平面YZ延伸的基部10，以及各自从基部10延伸至尖端12且侧壁标记为13的多个突起部分11。

[0064] 有利的是，所述突起部分11的各自大小（尺寸）随着距基部的距离而减小。换句话说，突起部分11至少一个尺寸随着距基部10的距离而减小。换句话说，实际上，侧壁13是相互不平行的。

[0065] 更具体地说,如我们考虑XY平面中突起部分的横截面(图2和4),其具有梯形的形状,宽基部尺寸标记为W,窄尖端尺寸标记为D3。基部和尖端呈平行,即平行于Y轴,突起部分侧壁13相对于基部以 $\beta$ 角倾斜延伸。

[0066] 从横截面看,该突起部分11也可以称之为“齿部”。

[0067] 在所示的示例中,梯形的形状对称,更确切地说,是对称的等腰梯形,其中 $D3 < 0.2W$ 。

[0068] 也可将此形状描述为尖端处半角标记为 $\alpha$ 的截头圆锥形。优选地,我们选择 $\alpha < 45^\circ$ ,否则, $\beta > 45^\circ$ 。

[0069] 优选地,选定尖端 $\alpha$ 处半角在 $5^\circ$ 和 $30^\circ$ 之间。

[0070] 根据一个特定实施例,小侧边D3的尺寸 $< 0.3\text{mm}$ 。

[0071] 如图3所示,突起部分以恒定横截面沿Z方向延伸。因此,在所述突起部分之间形成空隙,形状如凹槽4,在本文中也称之为“汽化通道”4或“蒸汽通道”。

[0072] 有利的是,所提供的突起部分11相邻,相邻的突起部分由蒸汽通道4相隔开;因此,我们注意到沿Y轴的重复图案的间距与尺寸W相对应,该尺寸正是基部上突起部分11的宽度。

[0073] 汽化通道的高度标记为H2。在该示例中,突起部分形成为梯形横截面的直线型肋形,W表示沿Y轴的重复间距。

[0074] 标记为2的初级毛细管可由多孔材料的厚层来形成;在所示的示例中,该层的厚度E2在蒸发器的整个表面上是恒定的,这允许使用价廉的标准产品。对于初级毛细管的厚度E2,可以选择在1mm和8mm之间的数值,优选为2mm和5mm之间的数值。

[0075] 初级毛细管2具有面向受热板1的正面20和与液体5相接触的背面25。可选择地,平面初级毛细管可补充有形成增强蒸发器机械强度的刚性结构的内壁28。内壁可以是多孔或无孔,取决于通过毛细作用的液体分配的功能要求。

[0076] 不排除具有非恒定厚度的初级毛细管,如下所示。

[0077] 对于初级毛细管2,优选选择导热性差的材料,例如镍,不锈钢或聚四氟乙烯。通常,选择导热系数小于 $70\text{W/mK}$ ,优选小于 $20\text{W/mK}$ 的材料。

[0078] 有利的是,根据本发明,突起部分的壁13涂覆有多孔材料的薄层3。

[0079] 薄层通常理解为是指小于1mm厚度的层。

[0080] 界面平面P是指与YZ平行且与突起部分尖端12相邻的平面,在蒸发器组装的状态下,该平面与初级毛细管的正面20重合。

[0081] 将会注意的是,具有涂层的突起部分的壁13通过初级毛细管的正面20来限定蒸汽通道4的流通面积。

[0082] 返回多孔材料的薄层3,根据第一示例性实施例,特别是图4所示,在突起部分的壁13上的厚度是不恒定的,优选为随远离初级毛细管而沿壁变化;最厚部分31在各个突起部分12尖端附近的平面P中的界面23处,与初级毛细管相接触,并且所述薄层的厚度EC随着远离初级毛细管而变减小,直至凹槽底部41附近,标记为32的薄层端部的厚度大致为零。

[0083] 有利的是,薄层的厚度EC在任何地方均小于 $0.5\text{mm}$ 。

[0084] 根据另一个可能性,有可能为厚度EC上限选择小于 $0.2 \times W$ 的数值。

[0085] 在一种优选的理论配置中,从与初级毛细管2相接触的界面23开始,沿突起部分的

壁13来限定轴L,在横坐标L1位置的厚度EC为EC1,并且沿向凹槽底部41方向移动时,厚度EC1而变小,其中,厚度EC3大致为零,或至少明显比通过中间厚度EC2的部分EC1小。

[0086] 注意,在不同图中,凹槽41底部视为“隔离”。实际上,由于机械加工约束和/或为了有利于薄层3的创建,可能存在未被与D3相当尺寸的薄层3所覆盖的区域。

[0087] 在理想情况下,与构成初级毛细管2材料相比较,例如:铜、铝或镍相比,薄层是由具有较好导热性的材料所获得的,所具有的导热系数大于180W/mK,优选为大于380W/mK。

[0088] 在有利方面,薄层的孔径小于初级毛细管的孔径;使之有可能从初级毛细管供液并促进薄层表面蒸汽的释放。

[0089] 受热元件的基部10具有厚度H1,通常在0.5mm和5mm之间。

[0090] 将注意到,突起部分的尖端12在表面区域(D3xZ2)小于初级毛细管有效表面区域20%的平面P上与初级毛细管相接触。

[0091] 从图3中可以看出,突起部分12的尖端和初级毛细管沿方向Z2与各个其它部分连续接触;换句话说,在突起部分的尖端和初级毛细管的下表面之间的接触部分没有中断。

[0092] 对于在初级毛细管和薄层之间的接触表面,在横截面各个侧面上,我们具有标记为D1的宽度:

[0093]  $D1 = EC1 / \cos(\alpha)$  .

[0094] 因此,在初级毛细管与涂覆受热板之间的总接触表面可以D2来表示:

[0095]  $D2 = D1 + D3 + D1$

[0096] 注意,D2通常以超过10%至50%的基部宽度W来延伸。如果通过连接圆角在所有齿部完成初级毛细管的组装,不排除将上述幅度增加到80%(图10右侧)。在需要明显机械强度或增加双相液体排放情况下,这种配置非常有用。

[0097] 此外, $D3 < 0.3\text{mm}$ 。

[0098] 此外,如果在尖端和初级毛细管2之间的薄层3具有厚度,有可能使得 $D3 = 0$ ,或在齿部和初级毛细管之间没有接触。这种配置将有可能增加在初级毛细管和薄层之间的液体转移区的隔热效果。

[0099] 图6和7示出了具有渐进横截面的(即多孔材料薄层3)的汽化表面功能。当突起部分11厚度很大时,其翅片形成效率接近1并且其耐热性至少比通过薄层3汽化所引起的耐热性低一个数量级。作为第一近似值,类似于考虑仅略有变化的突起部分-梯形翅片的温度。

[0100] 具有液体饱和或部分饱和的薄层的耐热性,与其厚度成反比,例如在EC1和EC3之间线性变化(图4)。结果,层3中的局部汽化流遵循图6所示的曲线61。

[0101] 在最小厚度EC3位置,局部流动(单位: $\text{W}/\text{cm}^2$ )非常重要,换句话说,在梯形齿部11的基部上。由于提议的几何形状,热通量密度随着与初级毛细管的接触区域23靠近而变小。在所示的示例中,与图4相对应,在突起部分尖端12处,相对于壁上的通量,热通量密度除以20,而在现有技术中,具有直型突起部分或凹状的凹槽,但没有薄层3的蒸发器,其热通量乘以大于1的系数。

[0102] 因此,避免或大大减少了在突起部分尖端12和初级毛细管2之间界面处的沸腾。通过这些布置,获得了能够处理大于蒸发器外表面平均50瓦特/ $\text{cm}^2$ 的热通量蒸发界面。

[0103] 有利的是,获得了约30,000W/( $\text{m}^2\text{K}$ )或以上的热交换系数(参考:受热板的接触表面)。



[0104] 发明者能够观察到每单位面积(受热板)超过 $110\text{W}/\text{cm}^2$ 的热能。

[0105] 在图7中,可以看到,薄层使得有可能传输大量液体,比在齿部尖端12处所蒸发的液体量大。在薄层中的液体传输率如曲线62所述;曲线62表示比率 $Q_{\text{Lid}}(h)/Q_{\text{Liq}}(L1)$ 。

[0106] 图7横坐标是标称高度,换句话说,比率 $h/H2$ 。 $H$ 是代表相对于基部高度的变量。 $H2$ 是突起部分的总高度。

[0107] 相对于标称高度,齿部11主体中的传导流 $Q_T(h)$ 遵循标记为63的曲线;如果将横坐标 $L2$ 视为与突起部分基部相对应,曲线63表示比率 $Q_T(h)/Q_T(0)$ 或表示为 $Q_T(h)/Q_T(L2)$ 。

[0108] 将注意到,大部分热输出通过齿部下部以及通过薄层3的最薄部分32传递。

[0109] 在制造过程中,薄层3厚度的比例和属性变化以及缺陷的存在,可能会导致轮廓发生变化。因此,薄层3孔的渗透性和分布,适于允许汽化接近于基部10,以限定初级毛细管中的汽化。类似地,有可能非线性地改变薄层的厚度,以改善水力和/或热性能。线性变化仅供示例,是本发明的简化情况。

[0110] 注意,薄层有意或由于制造缺陷可具有双重孔隙率,即,是与孔隙较小的其他区域相比的孔隙较大的第一区域;本着同样精神,不排除薄层3中不连续性的存在,即,在突起部分11的侧壁13上没有薄层3的独立区域或凹槽。

[0111] 此外,将注意到,对于蒸发器的组装,所提出的梯形横截面允许机械力的稳固传递,尤其是抗压机力(通过螺钉固定电源模块的组装)。

[0112] 根据图5所示的另一个实施例,蒸发器的一般设置为圆柱形。基部10是圆柱体,其接收通量 $Q_{\text{in}}$ ;然而,上述相似的设置并做适当的修改可同样适用于突起部分11、凹槽4和薄层3。初级毛细管2可以管状套筒的形式。液罐5由圆柱形内部空间的中央区域所形成。本文将不详细描述汽化界面处的操作以及凭借薄层所获得的优点,因为其与上述内容非常相似。

[0113] 参考图8,各个凹槽或各个汽化通道4通过流体方式(蒸气相或液体相)与收集器通道40相连通,其本身与蒸发器出口相连通(标记为 $\text{Vap\_Out}$ ),其中所述蒸发器出口与外部蒸汽管8相连通。

[0114] 根据图9所示的另一个示例性实施例,在与图8相似的剖面中,将突起部分11设置为锥形螺栓或金字塔形螺柱的形状。通过双头螺栓之间的间隔来形成蒸汽通道4。根据一种有利方案,从螺柱顶部开始变小的厚度,使之在上述效率方面具有优势。

[0115] 根据图中未示出的另一个实施例,如果蒸发器为晶片或盘状,突起部分可以圆形肋状的形状来形成。

[0116] 图10描述了两变体,一种在图(10-L)的左侧,另一种在图(10-R)的右侧。

[0117] 在右侧,根据另一个示例性实施例,薄层的厚度 $EC$ 是大致恒定的。一般情况下,在该配置中,薄层厚度 $EC$ 选择在 $0.1\text{mm}$ 和 $0.8\text{mm}$ 之间。该种配置的操作和效率非常令人满意,但是不等于如上所述减小厚度薄层的厚度。在接近凹槽底部的区域(标记为33)中,薄层的厚度迅速减小至0,换句话说,凹槽底部没有涂覆材料,基部板裸露。

[0118] 在与初级毛细管相接触部分中,可提供采用虚线区示出的圆角区域39,这增加了与初级毛细管相接触的区域。事实上,可以看到,标记为 $D1'$ 的距离显著大于标记为 $D1$ 的距离。

[0119] 在左侧10L,根据另一个示例性实施例,薄层厚度 $EC$ 是恒定的,包括下部区域34和

凹陷35的底部。向左继续,可以找到覆盖下一齿部壁并且具有相同厚度的部分36。

[0120] 形成恒定厚度薄层的一种可能解决方案(图10,“L”边),是使用具有单向框架金属板形式的网格38。网格在突起部分上形成,包括其侧面,并且与受热元件1紧密相接触。

[0121] 对于该特定组装过程,与下部区域34的接触区域可留下一一般为三角形横截面的腔体。

[0122] 就制造方法而言,通过非穷举方式,初级毛细管2的制备包括将选定厚度的多孔片切割成合适尺寸(长度和宽度)。对于受热元件1,我们首先采用厚度为 $H1+H2$ 的铜(或镍、不锈钢或铝)板,随后通过放电机械加工或传统机械加工或挤压、压模或冲压方式来去除部分材料以形成凹槽和突起部分。

[0123] 例如,通过大气等离子喷涂或增材制造(3D打印)或如上所述网格放置来形成不均匀厚度的薄层3(第一实施例)。使用扩散键合,将接触平面P上的两个多孔表面相连接。

[0124] 通过挤压接触组装是另一种可能方案。

[0125] 应注意,薄层3也可能在初级毛细管2组装前覆盖齿部的尖端12。

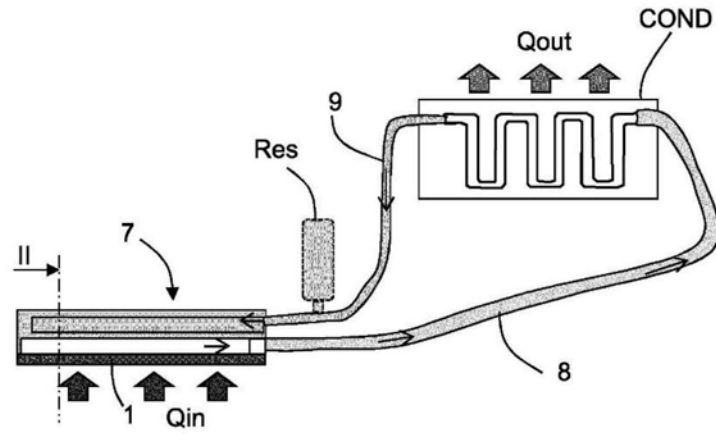


图1

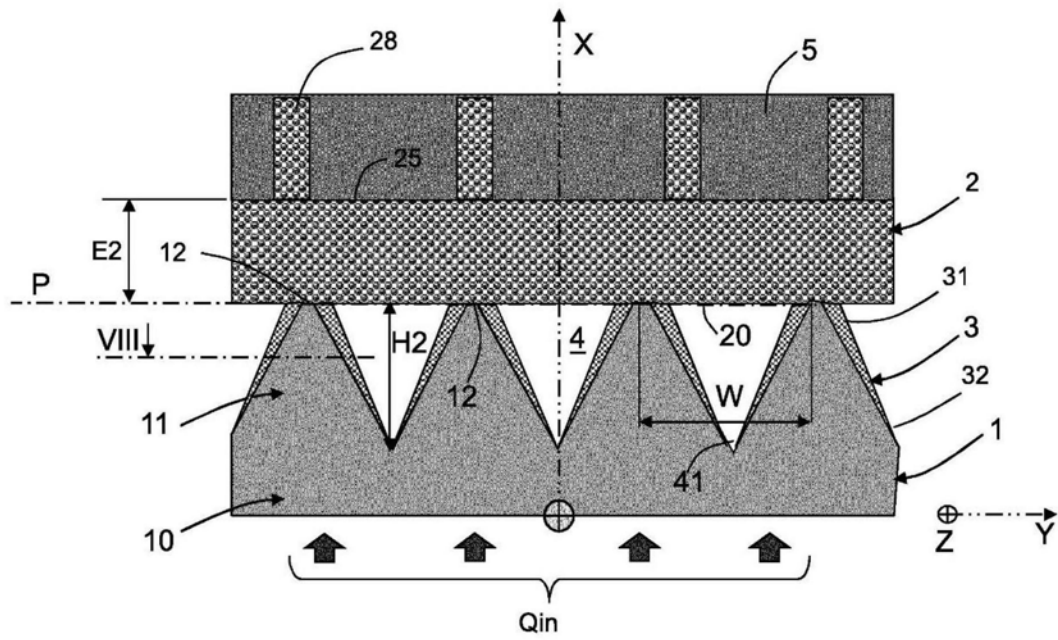


图2

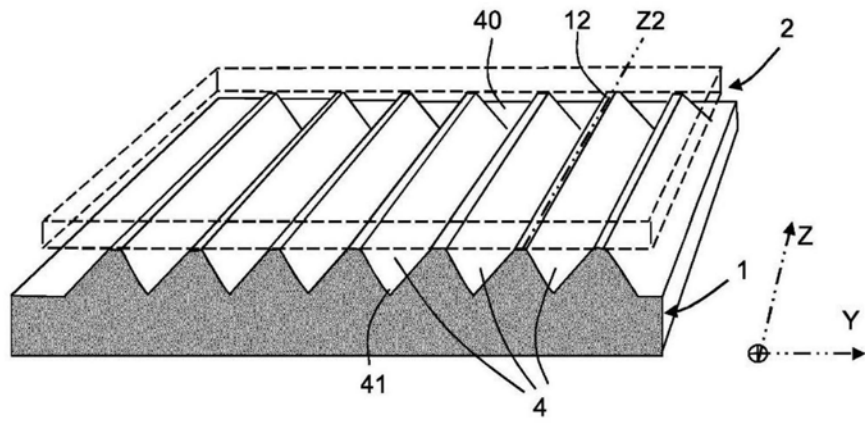


图3

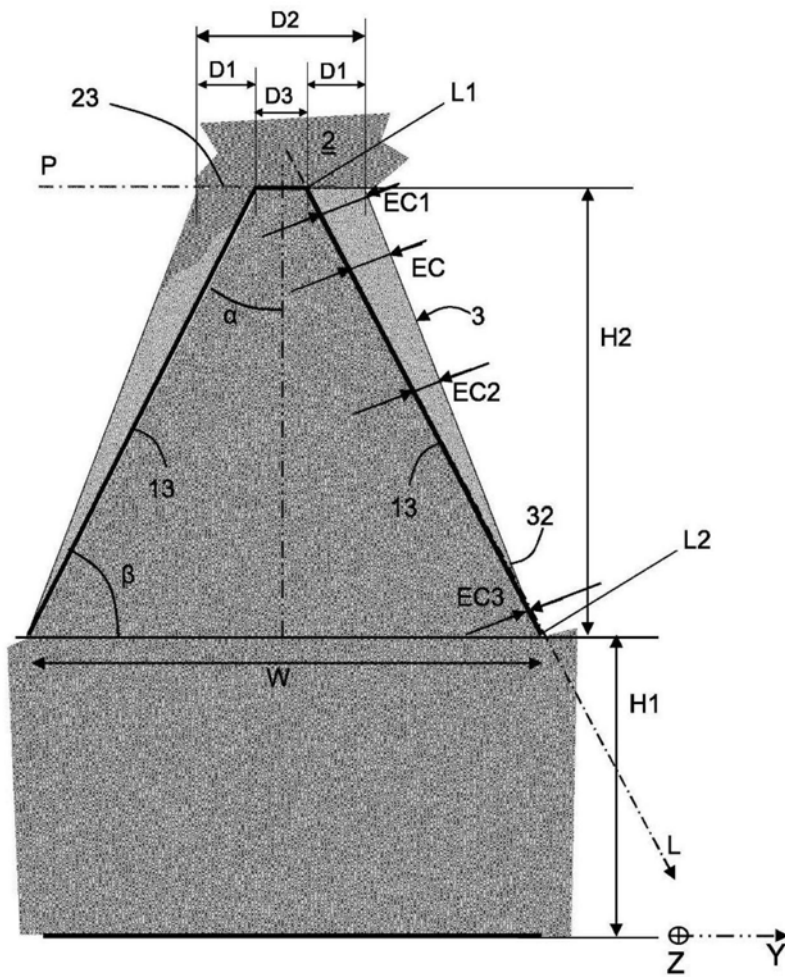


图4

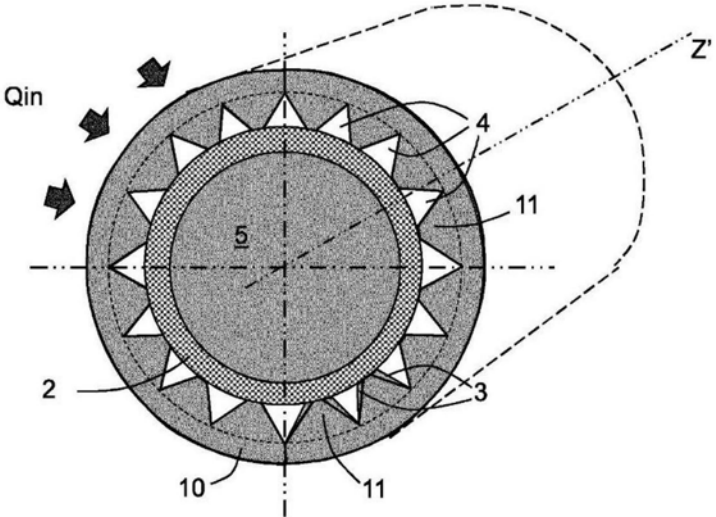


图5

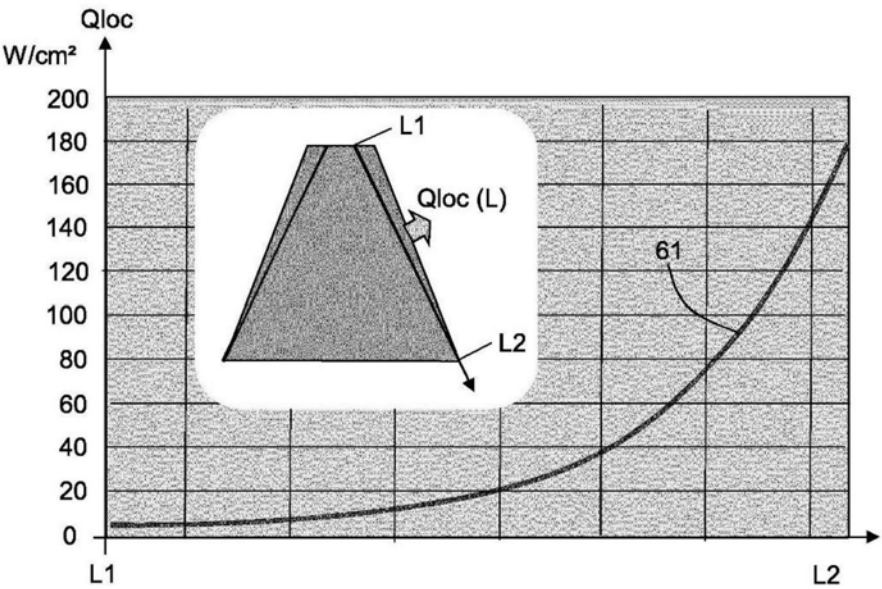


图6

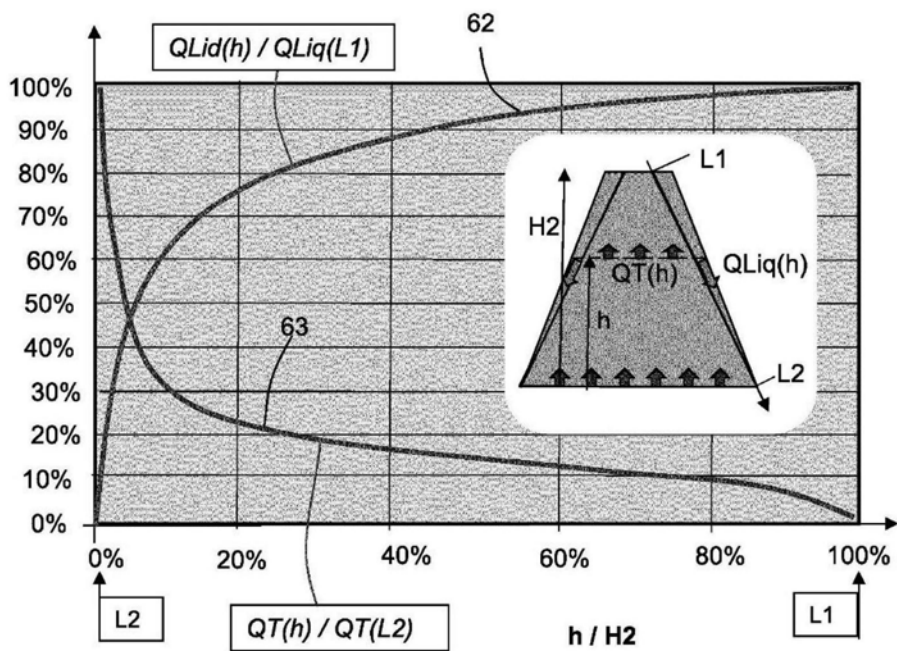


图7

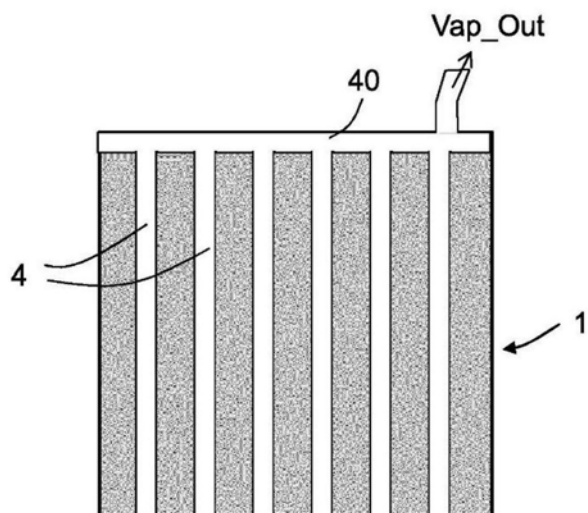


图8

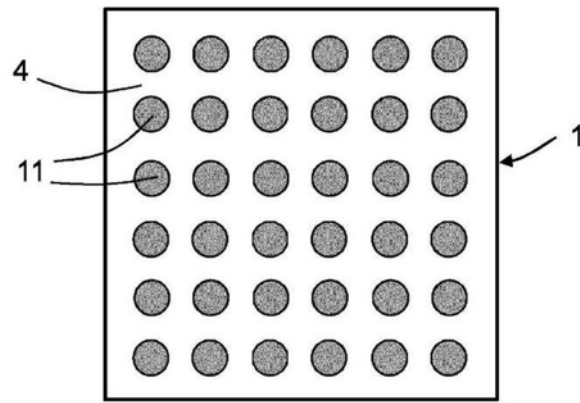


图9

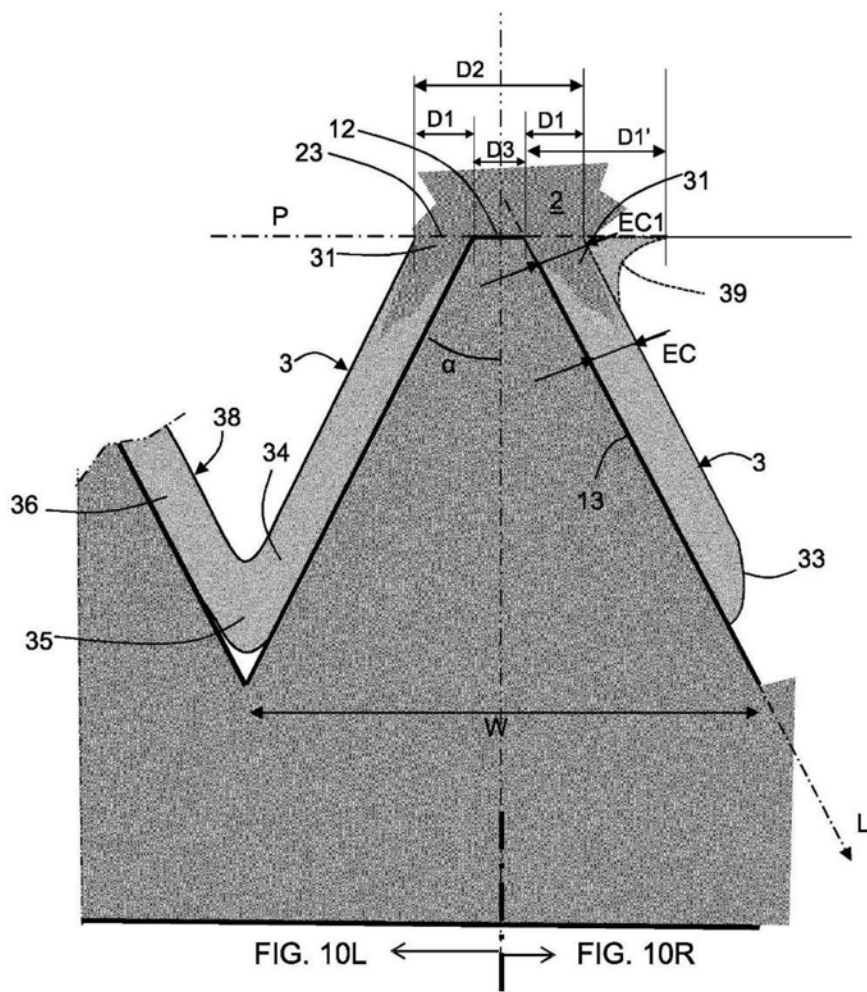


图10