



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104792200 A

(43) 申请公布日 2015.07.22

(21) 申请号 201510185998.1

(22) 申请日 2015.04.17

(71) 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38号

(72) 发明人 韩晓红 王学会 乔晓刚 鹿丁
王勤 陈光明

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限
公司 33224

代理人 黄燕

(51) Int. Cl.

F28D 15/02(2006.01)

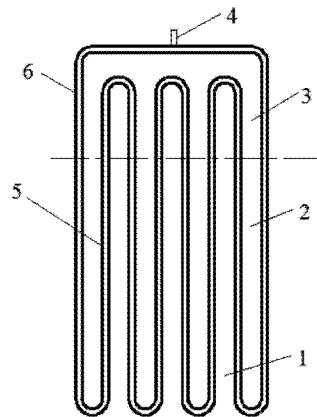
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种带有亲液涂层的脉动热管换热器

(57) 摘要

本发明公开了一种带有亲液涂层的脉动热管换热器，包括依次连接的蒸发段、绝热段和冷凝段，蒸发段、绝热段和冷凝段内充注有换热工质，其特征在于，所述蒸发段、绝热段和冷凝段的内壁面涂有与所述换热工质对应的亲液涂层。在脉动热管的管道内壁面上布置有亲液涂层，涂层的厚度和涂层的材料与脉动热管所充注的工质的种类相对应，使得工质能够很好的在该材料表面铺开来。由于亲液涂层的存在大大强化了液相工质与管道壁面的换热过程，因此本发明能够有效的提高脉动热管的传热性能，降低脉动热管蒸发段和冷凝段的温差，进一步的拓宽其工作场合，具有非常好的应用前景。



1. 一种带有亲液涂层的脉动热管换热器，包括依次连接的蒸发段、绝热段和冷凝段，蒸发段、绝热段和冷凝段内充注有换热工质，其特征在于，所述蒸发段、绝热段和冷凝段的内壁面涂有与所述换热工质对应的亲液涂层。

2. 根据权利要求 1 所述的带有亲液涂层的脉动热管换热器，其特征在于，所述的亲液涂层的厚度为 0.1mm ~ 1mm。

3. 根据权利要求 1 所述的带有亲液涂层的脉动热管换热器，其特征在于，所述蒸发段、绝热段和冷凝段内壁面上液态换热工质与亲液涂层表面的接触角小于 40°。

4. 根据权利要求 1 所述的带有亲液涂层的脉动热管换热器，其特征在于，所述换热工质为去离子水，所述亲液涂层为聚甲基丙烯酸羟乙酯材料、聚乙烯醇、聚丙腈材料。

5. 根据权利要求 1 所述的带有亲液涂层的脉动热管换热器，其特征在于，所述换热工质充注率为 0.2 ~ 0.8。

6. 根据权利要求 1 所述的带有亲液涂层的脉动热管换热器，其特征在于，所述蒸发段、绝热段和冷凝段采用的管道当量直径 D 满足：

$$0.7\sqrt{\sigma/(\rho_1-\rho_g)g} \leq D \leq 2\sqrt{\sigma/(\rho_1-\rho_g)g};$$

其中 σ 为充注换热工质的表面张力，ρ₁ 为换热工质的液相密度，ρ_g 为换热工质的气相密度，g 为重力加速度。

7. 根据权利要求 1 所述的带有亲液涂层的脉动热管换热器，其特征在于，所述蒸发段、绝热段和冷凝段为铜管、塑料管、不锈钢管或者玻璃管。

8. 根据权利要求 6 所述的带有亲液涂层的脉动热管换热器，其特征在于，所述换热工质为去离子水、乙醇、甲醇、氨、134a、R161、丙酮、醚、氢气、氦气、氖。

一种带有亲液涂层的脉动热管换热器

技术领域

[0001] 本发明属于换热领域涉，具体是涉及一种带有亲液涂层的脉动热管换热器。

背景技术

[0002] 近年来，随着计算机在科研和工程领域中的广泛应用，电子行业进入了快速发展的时期，处理器的加工工艺越来越先进。CPU 能够处理的数据和运行的速度也越来越快，集成度也越来越高。电子产品特别是高新技术产品不断朝着高密度封装和多功能化方向发展，电子器件的小型化、高集成化已经成为技术发展的趋势。与此同时，电子元器件的发热量也越来越大，对其散热手段提出了很大的要求。以往采取的散热翅片加空气强制对流的散热方式，散热能力已经达到极限，不能够满足目前和今后的电子产品的散热。散热的恶化导致电子设备的温度快速的上升，也引来了电子设备故障发生率的上升。据统计，电子元器件的故障发生率随着工作温度的提高呈指数关系增长，单个元器件的温度每升高 10℃，性能降低越 50%。且电子设备的故障 55% 是由温度过高引起的，能否很好的解决这些元器件的散热问题直接影响了电子设备的可靠性和使用寿命。基于此，散热设计已经成为了电子产业发展的一个瓶颈，寻求一种高效的散热方法成为目前热设计领域的研究热点之一。

[0003] 目前电子散热的方法主要有自然冷却、强迫空气对流冷却、液体冷却、热电冷却，微通道冷却、微制冷系统冷却等方式。自然冷却和强迫空气对流冷却主要是采用风冷的方式进行冷却，前者的换热系数较低，后者的较高。液体冷却系统主要是通过水泵产生的动力，推动密闭系统里的液体循环，将吸热盘里吸收的芯片的热量，通过水的循环，带到面积更大的散热装置上，进行散热。冷却后的液体再次回流到吸热设备，如此往复循环。液体采用的工质一般是水、乙醇、氟利昂等。热电制冷又称为半导体制冷，它利用的是物理现象中的帕尔贴效应，帕尔贴效应是指两种金属组成的闭合线路中，若有电流通过，则会使得一个节点变冷，另一个节点变热。现在广泛使用的热电材料多以掺杂 Bi、Te 半导体材料为主。半导体制冷方法优点是结构紧凑、没有噪音、无振动且寿命长，特别是制冷量和制冷的速度可以通过调节电流来实现。但是其缺点是效率低、成本高、工艺不成熟。微通道冷却主要是通过微加工工艺在硅片上刻槽的方式形成换热的通路，由于该散热方法主要是利用工质的潜热进行热量的传递，因此该散热手段具有较高的临界热流密度，这一热流密度大大超过了目前已知的常规手段所能达到的水平，因此作为高效紧凑型换热器或者冷却器极具优势。但是其加工工艺较为复杂，加工成本高。微型制冷系统由旋转式压缩机、管带式冷凝器、套管式换热器和毛细管组成。冷凝器是采用铝材制作的，直流风扇对冷凝器进行风冷，套管式换热器用紫铜制作，它有两条通路，一路为制冷器通路，另一路为冷却水通路。微型蒸汽压缩式系统相对于一些传统的冷却技术，其制冷部件多，结构发杂，系统设计和维护的成本高。

[0004] 作为一种新型换热器，脉动热管于 20 世纪 90 年代被提出，一经提出就收到国内外学者的广泛关注。脉动热管由一根细长的管道通过弯折而成，管道的材料可为钢管、不锈钢管、玻璃管等。根据管道的布置形式，可以将脉动热管分为闭式脉动热管和开式脉动热管，

其中闭式脉动热管又可以细分为带有截止阀的闭式脉动热管和没有截止阀的闭式脉动热管。脉动热管的工作原理与常规贵的热管不同，脉动热管的传热过程是基于管道内部气塞和液塞的振荡运动。由于脉动热管的管道直径一般较小，因此表面张力对工质分布的影响较为显著，使得工质在充注进脉动热管后，出现液塞和气塞交替分布的状态而不是气液相的分层分布状态。当脉动热管的蒸发段有热量的输入时，蒸发段的气塞和液塞温度和压力均升高，从而推动临近的气塞和液塞沿管道的轴线形成振荡运动。在冷却段，由于冷媒的换热作用，将工质的热量带走，从而降低了工质的温度和压力。在气塞和液塞的振荡过程中，热量从蒸发段被带到冷却段，并被冷媒所带走。虽然脉动热管具有尺寸小、重量轻、传热效果好和管道布置极为灵活等突出的优势，但由于其工作原理是由于气塞和液塞的振荡过程，因此其蒸发段和冷却段的温度分布不均匀，相邻位置的气塞和液塞之间的温度也不一样，这就在一定程度上限制了其使用的场合。同时，由于脉动热管的传热过程主要是依靠液塞与管道壁面的换热过程，因此液态工质与管道壁面的接触情况对其传热性能影响较大。

[0005] 亲液材料由于能够以较低的成本明显的改善液态工质与管道壁面的接触特性，已经成为了强化换热领域的研究热点之一。亲和性是用来说明某液态工质与某材料的亲和特性的参数。亲和性好说明液态工质在该固体材料表面的接触角小，能够形成液膜并顺利的沿着材料的表面铺展开来。亲和性差表明该液态工质在该固体表面趋向于形成球型，其接触角大于 90° ，且在固体表面不能够形成液膜。润湿特性是液态工质和固体材料的粘附力和各自的内聚力决定的，当一滴液体附着与某固体材料时，两者之间的粘附力使得液体能够在固体材料表面铺展，而各自的内聚力（特别是液态工质的内聚力）则促使液滴保持球状避免与固体材料更多的接触。由于润湿特性与工质与管道壁面的换热面积有较大的关联，因此润湿特性对换热器的换热系数也具有较大的影响。研究表明，亲液涂层的存在能够有效的改善壁面液体的传输特性，更加有利于提高换热装置的换热热流密度。

[0006] 经调查发现，为了提高脉动热管的传热性能，已有专利对其结构等进行了优化的设计。专利文献 CN201803624U 提出了一种多通道并联回路型的脉动热管换热器，该换热器通过两根集液管将多跟平行管道进行相连。该发明的外形和内部工质的振荡均与本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管有很大的不同。外形上该专利文献采用直角弯头连接多跟平行管道，而本发明采用 180 弯头将管道连接起来，且管道采用蛇形布置。专利文献 CN103629960A 提出了一种具有粗化结构的脉动热管，该发明在脉动热管换热器的蒸发段内壁面上布置有颗粒状的结构，该发明降低了脉动热管的启动功率和启动时间。该发明与本发明的不同之处在于本发明主要是通过亲液涂层来增强工质与管道壁面的换热过程，而该专利主要是利用蒸发段的颗粒形成的粉末结构来进行传热的强化的。专利文献 CN104132569A 提出了一种具有功能通道结构的硅基微型脉动热管，脉动热管的槽道是通过在硅基片表面刻蚀若干微槽道形成的，且槽道的宽度沿着管道的长度方向呈线性变化。该发明虽然能够在一定程度上促进工质在管道内部的循环流动，但是对于工质与管道内壁面的换热过程并未采取强化换热手段，与本发明具有明显的不同。专利文献 CN101957152A 提出了一种用于无倾角启动的脉动热管，该脉动热管通过在绝热段布置一段回复力增强段来促进脉动热管中工质的单向流动，从而提高脉动热管在无倾角或者小倾角时的传热能力，使得该脉动热管在倾角较小或无倾角时能顺利启动。该专利与本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管具有很大的不同，具体叙述详见发明内容。

发明内容

[0007] 虽然脉动热管具有管道布置灵活,传热系数高,加工成本低等突出的优势,但是在其运行过程中蒸发段和冷却段的温度分布不均匀。为了使得脉动热管两端的温度分布更加的均匀,同时也进一步的提高脉动热管的换热能力,本发明提出了一种内部带有亲液涂层的脉动热管换热器。

[0008] 本发明所提供的详细的技术方案说明如下:

[0009] 一种带有亲液涂层的脉动热管换热器,包括依次连接的蒸发段、绝热段和冷凝段,蒸发段、绝热段和冷凝段内充注有换热工质,所述蒸发段、绝热段和冷凝段的内壁面涂有与所述换热工质对应的亲液涂层。

[0010] 本发明的脉动热管换热器上根据需要一般设有充注口,充注口主要是用来进行脉动热管工质的充注和泄回。

[0011] 管道内部的亲液涂层的厚度是可变的,作为优选,所述的亲液涂层的厚度为 $0.1\text{mm} \sim 1\text{mm}$ 。具体值可根据设计要求和工作情况进行进一步的选择。当脉动热管的当量管径较大时,亲液涂层的厚度可以选择较厚,而当脉动热管的当量管径较小时,亲液涂层的厚度可以选择较小。

[0012] 脉动热管内部涂有亲液的涂层,该涂层材料与管道内部的工质具有非常好的润湿性,工质在其表面的接触角应小于 40° ,该涂层的材料与脉动热管内部所充注的工质的类型相对应。作为优选,所述蒸发段、绝热段和冷凝段内壁面上液态换热工质与亲液涂层表面的接触角小于 40° 。作为优选,所述换热工质为去离子水,所述亲液涂层为聚甲基丙烯酸羟乙酯材料、聚乙烯醇、聚丙腈材料。

[0013] 为了维持脉动热管内部工质的稳定振荡过程,作为优选,脉动热管内部换热工质的充注率范围应为 $0.2 \sim 0.8$ 。充注率是指脉动热管所充注的液相工质的体积与管道内部总体积的比值,当脉动热管的充注率较小时,脉动热管内部的气塞较多,而液塞较少,此时工质的振荡不稳定,且由于工质的总体热容量较小,此时的脉动热管也较易出现烧干现象。而当脉动热管的充注率较大时,管道内部的液塞较多,而气塞较少,因此工质在管道内部振荡的推动力将不足。

[0014] 作为优选,所述的脉动热管换热器所使用的管道的截面形状可为圆形,正方形,矩形、单面三角形、双面三角形、梯形等。为了在管道内部形成气塞和液塞交替分布的状态,同时又不使工质在管道内部运行过程中的流动阻力较大,管道的当量直径必须满足如下函数式:所述蒸发段、绝热段和冷凝段采用的管道当量直径 D 满足:

$$[0015] 0.7\sqrt{\sigma/(\rho_1-\rho_g)g} \leq D \leq 2\sqrt{\sigma/(\rho_1-\rho_g)g} \quad (1);$$

[0016] 其中 σ 为充注换热工质的表面张力, ρ_1 为换热工质的液相密度, ρ_g 为换热工质的气相密度, g 为重力加速度。同时,脉动热管的管道直径也可以为多种不同管径的组合,即为变径的脉动热管。变径的形式可为交替管径布置形式,局部变径布置形式等。

[0017] 作为优选,管道的材质具有多种选择,可为铜管,塑料管,不锈钢管或者玻璃管道等。钢管,塑料管,不锈钢管不透明且承压特性也比较高,主要适用于不需要观察管道内部工质振荡情况的场合或者是工质饱和压力较高的情况。而玻璃管道适用于需要观察管道内

部工质的振荡情况的场合,因此管道材质的选择因使用场合的不同而不同。

[0018] 作为优选,脉动热管所充注的工质类型可为去离子水,以乙醇、甲醇等为代表的醇类物质,氨、134a、R161 等为代表的制冷剂及其混合制冷剂,丙酮、醚类等为代表的其他碳氢化合物,氢气,氦气,氖气等为代表的低温工质。不同工质的工作温区不同,不同工质所对应的脉动热管的管径选择应按照上述公式(1)进行。

[0019] 脉动热管的管道布置具有较大的灵活性。作为优选,本发明在使用时,其管道的布置形式可以为常规的蛇形管道布置、L型管道布置、O型管道布置等形式。

[0020] 正如背景所述,专利文献 CN101957152A 提出了一种用于无倾角启动的脉动热管,该脉动热管通过在绝热段布置一段回复力增强段来促进脉动热管中工质的单向流动,从而提高脉动热管在无倾角或者小倾角时的传热能力。该专利文献与本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管具有很大的不同。首先从结构上,该专利文献在绝热段布置有表面粗糙度沿程变化的管道,而本发明是在所有管道的内部涂有亲液的涂层。其次从强化传热机理上来说,由于该专利文献的绝热段管道的一段呈现出亲水性而另一段呈现出疏水性,工质在运行过程中两段的受力不同,因此能够很好的促进工质在管道部的流动,也就是说该专利文献主要是通过改善工质在管道内部的循环特性(如增加回复力,增加循环速度等)来强化换热的,工质与管道壁面的换热机理为强制对流换热,这种强化传热的原理与本发明具有明显的不同。本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管,在其管道的内部布置有与工质具有良好亲和力的涂层,因此工质在管道内部流动时,液相会更多的靠近壁面,从而在靠近壁面铺展开来并形成液膜,因此在靠近壁面处的换热过程除了强制对流之外,还有“膜状换热”过程。再次,该专利文献与本发明的提出所要解决的问题也有所不同。该专利文献主要是针对脉动热管水平启动困难的问题,通过回复力增强段来促进工质在管道内部的循环,从而使得脉动热管在无倾角或者小倾角时也能够顺利的启动。而本发明主要是提高脉动热管的传热能力并改善蒸发段和冷却段的温度分布特性。通过在管道内部布置有亲液涂层,引入膜状换热过程来提高脉动热管的换热能力,同时由于液膜能够很好的在管道壁面铺展开来,因此本发明也使得蒸发段和冷却段的温度分布更加的均匀。因此,从结构布置,强化传热的机理和所要解决的问题来看,本发明与现有的上述专利文献均具有明显的不同。

[0021] 从以上的内容中可以看出,本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管换热器既具有普通脉动热管传热系数高,管道布置灵活,加工成本低等突出的优势,同时又通过引入亲液涂层改善了其蒸发段和冷凝段的温度分布特性,提高了管道与管内工质的传热系数,因此本发明所提出的该脉动热管换热器具有更大的应用前景。其突出的优势可总结如下:

[0022] 1) 与常规脉动热管换热器相比,相同的工况下具有更低的传热热阻。为了形成液塞和气塞交替分布的状态,脉动热管的管径一般较小。因此,工质所受到的表面张力的作用较强。在脉动热管中,气塞的温度升高和压力的升高主要是用来提供工质振荡过程所需要的动力,而液塞的作用主要是用来传递热量,避免管道内部的局部烧干。同时,蒸发段热量的输入一般是通过蒸发段的外壁面输入的,冷凝段的冷凝也是通过外壁面的换热完成的。因此液塞与管道的换热过程对脉动热管性能的提升影响最大。在本发明中,利用管道内壁面中所涂有的亲液涂层,大大减小了脉动热管内换热工质与管道内壁面的接触角,增加了

液态工质在管道壁面的润湿性，使得工质能够更好地在管道壁面上更好的铺展开来，增加了液态工质与管道壁面的换热面积。因此能够有效的增强脉动热管中工质的传热效果，并降低蒸发段与冷凝段的温差。

[0023] 2) 脉动热管蒸发段和冷却段的温度分布更加均匀。脉动热管的工作是基于内部工质的震荡，在热流密度较小时，工质的循环较慢，蒸发段的工质震荡的幅度很小，气塞和液塞的温度差别很大，因此当靠近发热元件液塞多时，换热能力就强，而气塞偏多时，就会偏弱，这对于发热元件非常的不利，特别是温度需要精确控制的电子元器件。本发明考虑到脉动热管此特性，在其管道的内部引入亲液涂层，使得工质能够在管道壁面处更好的铺展开来。亲液涂层的存在减小了工质与管道壁面的接触角，减小了因毛细作用产生的运行阻力，增强了液态工质在管道壁面处的润湿特性，增大了工质与管道壁面的接触面积。因此，该发明能够有效的改善脉动热管蒸发段和冷却段的分布特性，此优势对于精密控制温度的场合具有非常重要的意义。同时，由于在热流密度较高时，工质在过热管道振荡时，会产生一定的噪音，亲液涂层的存在同样也可以起到降低此噪音的效果。

[0024] 3) 管道的布置形式较为灵活，当管道布置为 L 型、O 型等立体结构时，能够很好的解决脉动热管水平启动困难的问题。虽然脉动热管的管道直径一般较小，但是重力在工质运行过程中仍然具有非常重大的影响。当脉动热管水平布置时，由于重力辅助作用的消失，当弯头数目较小时，工质实现稳定的振荡运行较为困难。本发明所提出一种管道内壁面涂有亲液涂层的脉动热管继承了常规脉动热管管道布置灵活的特性，当脉动热管的布置为 L 型等立体布置时，无论管道的工作方向如何，在蒸发段总有竖直布置的换热管道，因此能够有效的解决脉动热管的水平启动问题。

附图说明

[0025] 图 1 本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管换热器；

[0026] 图 2 本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管换热器在电子散热领域的应用；

[0027] 图 3 本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管换热器在工业废热回收领域的应用；

[0028] 上述附图中：

[0029] 1、蒸发段，2、绝热段，3、冷凝段，4、充注口，5、亲液涂层，6、脉动热管管道，7、热沉板，8、冷流体进口，9、冷流体出口，10、工业废热管道。

具体实施方式

[0030] 如附图 1 所示，本发明提出了一种内部带有亲液涂层的脉动热管换热器，包括脉动热管管道 6，该脉动热管管道 6 包括蒸发段 1，绝热段 2，冷凝段 3、充注口 4 和脉动热管内部亲液涂层 5 组成。其中脉动热管的蒸发段 1，绝热段 2 和冷凝段 3 的长度是可变的，可按照具体的应用实例进行调整。充注口 4 用来实现工质向脉动热管的充注过程，充注口 4 的位置可以在脉动热管的顶部管道，侧面管道等位置。管道的内部涂有亲液涂层 5，亲液涂层 5 的厚度根据使用情况和工质的类别进行调整。

[0031] 本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管换热器的工作原理为：当该脉

动热管充注工质以后,工质在其表面张力的作用下在管道内部形成气塞和液塞交替存在的状态。当蒸发段 1 接受热量的输入后,位于蒸发段 1 的工质的温度和压力均上升,当其压力上升到一定程度以后,将推动临近的工质在管道内部实现振荡运动。位于冷凝段 3 的工质通过壁面与载冷剂进行热量的交换后温度和压力均下降。就这样,在管道内部工质的往复振荡过程中,热量被从蒸发段 1 通过绝热段 2 带到冷凝段 3,进而被载冷剂所带走。下面进一步说明上述技术方案的具体应用,同时对上述技术方案作进一步说明:

[0032] 实施例 1

[0033] 随着电子产业的快速发展,电子元器件的物理尺寸越来越小,而其发热量却越来越大,这就导致了其散热的热流密度越来越大,因此传统的散热手段面临着巨大的挑战。本实施例主要是用来说明本发明提出的一种带有亲液涂层的脉动热管在电子散热领域的应用。

[0034] 如附图 2 所示,本发明所提出的一种带有亲液涂层的脉动热管通过导热硅脂与发热电子元件的热沉板 7 相连接。电子元器件的发热量通过导热硅脂,热沉板 7 传入脉动热管管道 6 的蒸发段 1,蒸发段 1 的气塞和液塞在热量的作用下压力升高,温度升高,并推动临近的气塞或液塞沿管道的轴线方向振荡。在气塞和液塞的振荡过程中,热量被传入到脉动热管的冷凝段 3,并被载冷剂所带走,图 2 中 8 为冷流体进口,9 为冷流体出口。因此,热量从电子元器件、经过导热硅脂,热沉板 7,脉动热管蒸发段 1,在脉动热管的冷凝段 3 被载冷剂所带走。

[0035] 为了进一步说明本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管在电子散热领域应用的优势,下面给出了实施的算例。假设脉动热管的弯头数目为 5,管道内径为 2mm,内部工质为去离子水,亲液涂层为聚丙腈涂层,其厚度为 0.1mm。脉动热管的蒸发段 1,绝热段 2 和冷凝段 3 的长度均为 10cm。电子元器件的发热功率为 100W,假设常规脉动热管的蒸发段 1 的热阻为 0.1K/W,绝热段 2 的热阻为 0.2K/W,冷凝段 3 的热阻为 0.1K/W。则当使用常规脉动热管时,两端的温差为:

$$[0036] \Delta T = Q \times R = 100 \times (0.1 + 0.2 + 0.1) = 40^{\circ}\text{C}$$

[0037] 由于内部涂层的作用,脉动热管的总体传热热阻变为 0.3K/W,则采用新型脉动热管时,其温差变为:

$$[0038] \Delta T = Q \times R = 100 \times (0.3) = 30^{\circ}\text{C}$$

[0039] 当冷凝段的温度相同时(假设为 20°C),则采用常规脉动热管和带有涂层的脉动热管的蒸发段的温度分别为 60°C 和 50°C,由于电子元器件的性能随着温度的升高而急剧的下降,因此采用本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管散热器能够有效的提高电子元器件的工作性能。

[0040] 采用本发明所提出的脉动热管散热器和常规脉动热管散热器的性能对比如表 1 中所示。

[0041] 表 1 常规脉动热管与本发明所提出的一种脉动热管在电子散热领域的性能对比

[0042]

类别	蒸发段换 热热阻	冷凝段换 热热阻	绝热段换 热热阻	总传热热 阻	电子器件 两端温差
常规脉动					
热管	0.1K/W	0.1 K/W	0.2 K/W	0.4 K/W	40 °C
本发明	0.08 K/W	0.07 K/W	0.15 K/W	0.3 K/W	30 °C

[0043] 从表 1 中可以看出,当采用本发明时两端的温度更小,也就是说蒸发段的温度更低,因此散热器的工作能力更强。

[0044] 实施例 2

[0045] 由于工业生产中不可避免的会出现能量的浪费,这些能量大多以热能的形式散失,对此部分能量进行回收对于提高工业生产的能量利用效率具有非常大的意义。本实施例主要是用来说明本发明提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管在工业废热回收领域的应用。

[0046] 如附图 3 所示,本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管的蒸发段 1 放置于工业废热管道 10 中,而冷凝段 3 布置在我们需要利用废热的环境中。由于脉动热管的管道直径较小,因此当脉动热管内部充注有工质时,其内部将形成气塞和液塞交替存在的状态。当脉动热管的蒸发段得到废热的热量以后,其温度和压力逐步上升,当达到一定的程度并足以克服管道内部的阻力时,将推动临近的气塞和液塞运动。在冷凝段,工质的热量被载冷剂所带走,温度和压力逐步降低。就这样,在气塞和液塞的振荡过程中,热量被脉动热管从蒸发段带到冷凝段。

[0047] 为了更好的说明本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管应用于工业废热回收领域的优势,以下将通过计算进行说明:假设脉动热管的管径大小为 2mm,弯头数目为 5,加热段 1、绝热段 2 和冷凝段 3 的长度分别为 10cm,10cm,10cm。管道内部的工质为去离子水。废热管道中的废热为烟气,其温度为 350°C,环境温度为 20°C。且认为脉动热管所收集到的热量对其温度影响忽略不计。烟气在蒸发段 2 与脉动热管管道壁面的对流传热系数为 800W/(m²*K),冷凝段的对流传热系数为 800W/(m²*K)。为了说明本发明所提出的一种内部带有亲液涂层的脉动热管应用于废热回收的优势,现将其传递的热量与普通同工况下工作的脉动热管进行比较(假设普通脉动热管的热阻为 0.3K/W,由于管道内部存在亲液涂层,因此本发明提出的脉动热管的热阻假设为 0.15K/W)。其性能对比如下表 2 所示。

[0048] 表 2 常规脉动热管与本发明所提出的脉动热管在废热回收领域性能对比

[0049]

类别	蒸发段外部换热热阻	冷凝段外部换热热阻	脉动热管传热热阻	总传热热阻	脉动热管传热量
常规脉动热管	0.16K/W	0.16K/W	0.3 K/W	0.62K/W	532.29W
本发明	0.16K/W	0.16K/W	0.15 K/W	0.47K/W	702.13W

[0050] 由表 2 可知,与常规脉动热管相比,采用本发明的脉动热管所能回收的热量提升了 31.9%。

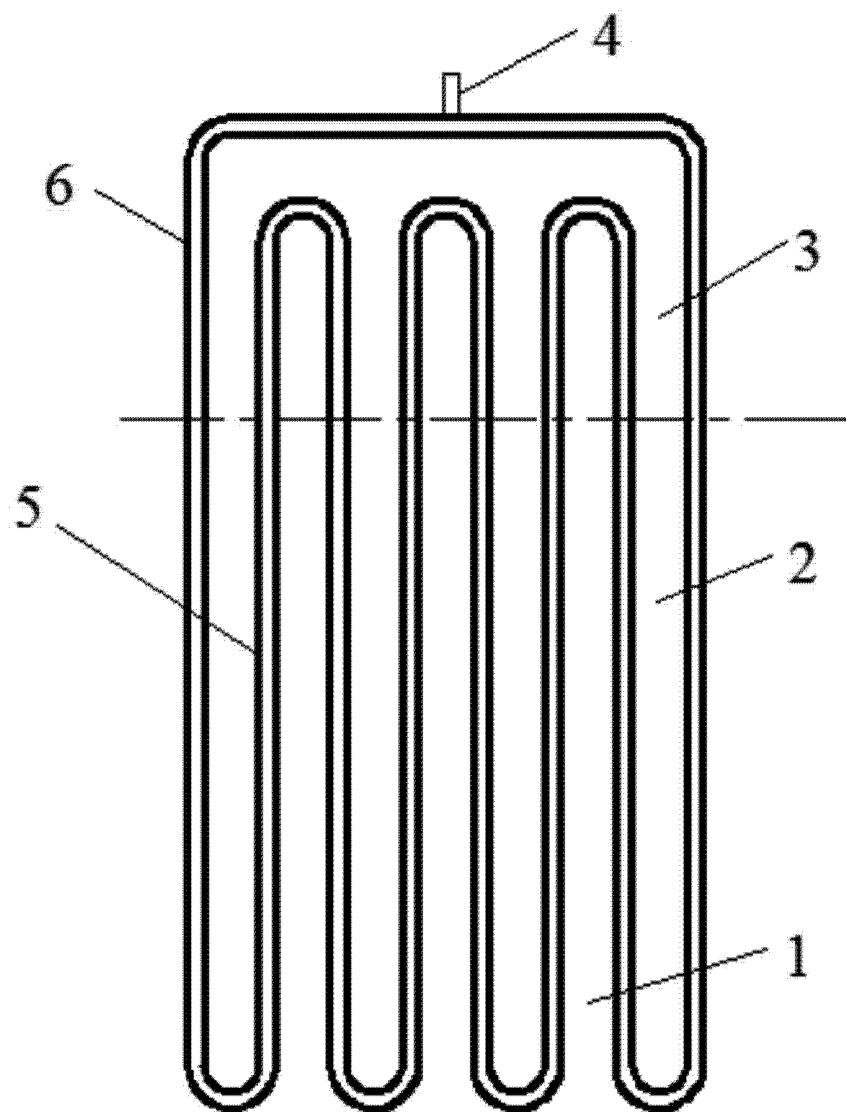


图 1

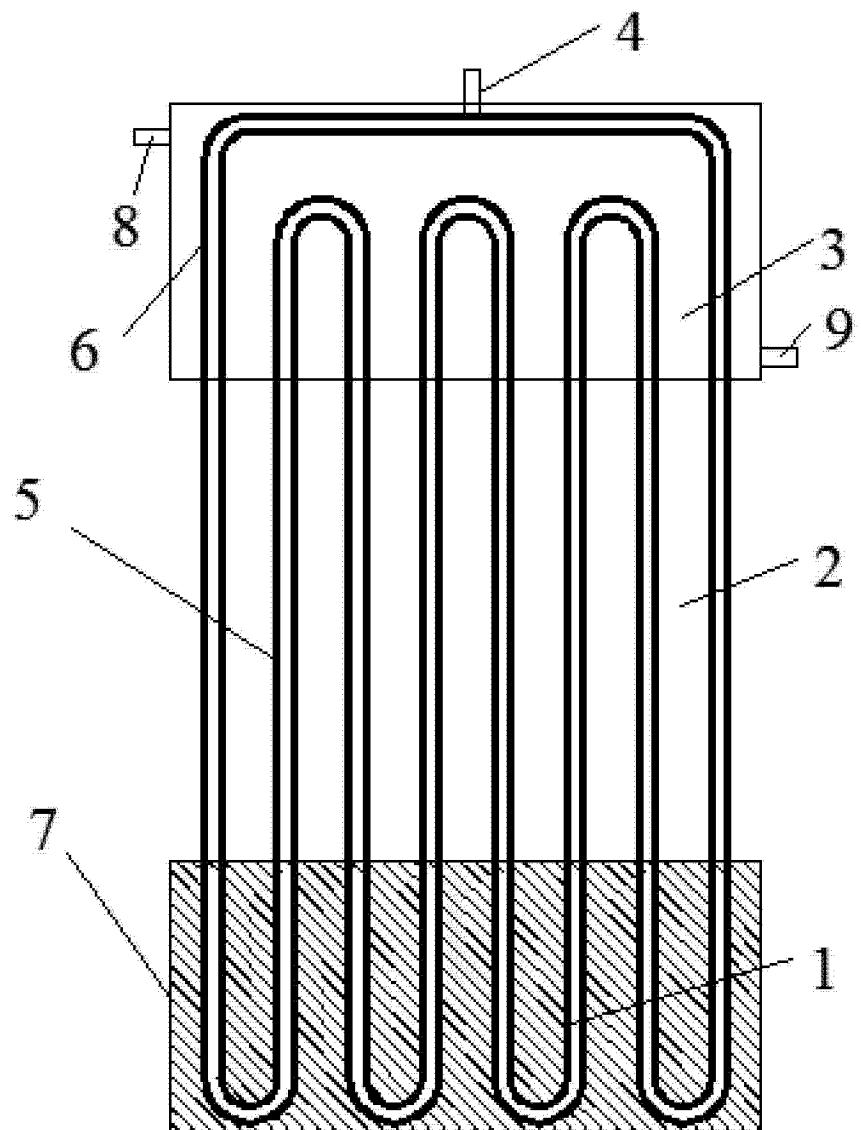


图 2

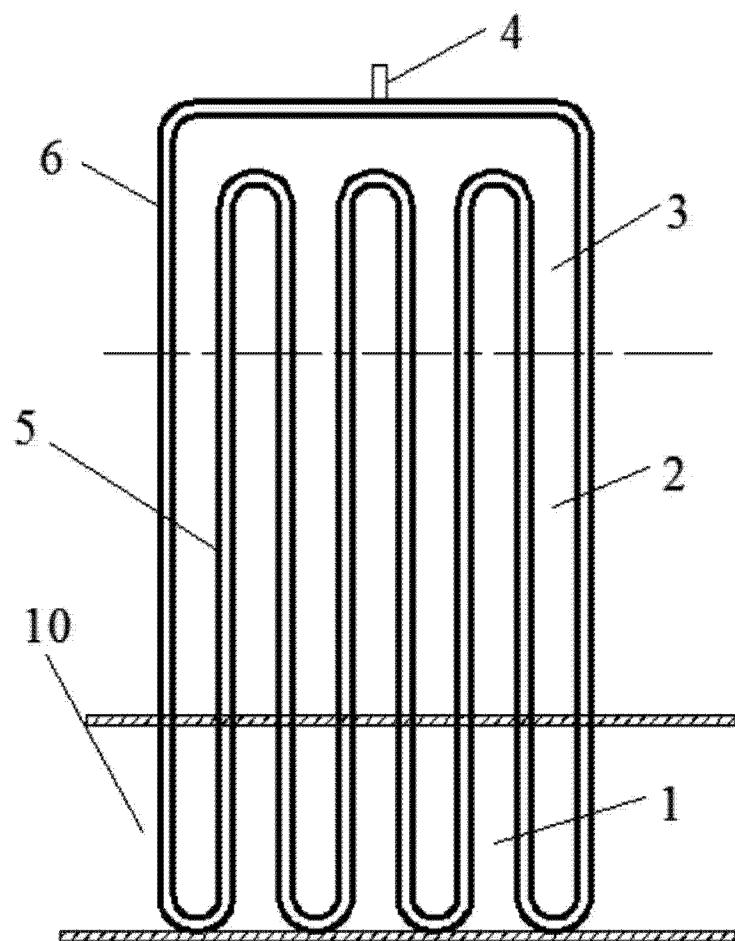


图 3