



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111642103 B

(45) 授权公告日 2023.06.23

(21) 申请号 202010355583.5

(22) 申请日 2020.04.29

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111642103 A

(43) 申请公布日 2020.09.08

(73) 专利权人 西南电子技术研究所(中国电子科技集团公司第十研究所)

地址 610036 四川省成都市金牛区茶店子东街48号

(72) 发明人 翁夏 柏立战 张凯 熊长武

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理有限公司 51214

专利代理师 黎飞

(51) Int. Cl.

H05K 7/20 (2006.01)

F28D 15/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109367329 A, 2019.02.22

US 2003051859 A1, 2003.03.20

JP 3217608 U, 2018.08.16

JP 2010245451 A, 2010.10.28

CN 110325020 A, 2019.10.11

US 2010073866 A1, 2010.03.25

CN 102455765 A, 2012.05.16

CN 1801483 A, 2006.07.12

US 2012060371 A1, 2012.03.15

CN 205424729 U, 2016.08.03

CN 111076587 A, 2020.04.28

CN 201081205 Y, 2008.07.02

US 2006039111 A1, 2006.02.23

US 2004069457 A1, 2004.04.15

US 2012097368 A1, 2012.04.26

JP 2014060340 A, 2014.04.03

万忠民;刘伟;明廷臻;刘志春;.新型微小型平板CPL蒸发器流动与传热分析.机械工程学报.2010,(04),全文.

翁夏;.高热流密度阵列的温度一致性工程化设计研究.装备环境工程.2017,(08),全文.

审查员 付小璞

权利要求书2页 说明书8页 附图4页

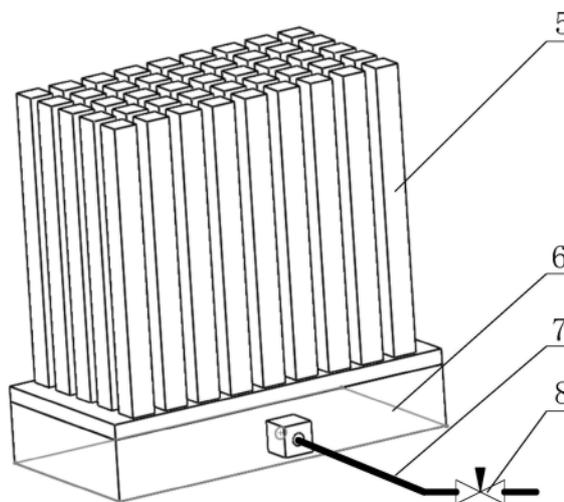
(54) 发明名称

高热流密度多孔热沉流动冷却装置

(57) 摘要

本发明公开的一种高热流密度多孔热沉流动冷却装置,旨在提供一种换热量大,换热效率高,换热方式可靠性高的电子设备冷却装置。本发明通过下述技术方案实现:在干道式多孔平板热沉与蒸汽腔基座底层内壁面,制有多孔阵列的双向射流蒸汽槽道;蒸汽腔内的液体工质在热源毛细管芯的毛细压力作用下,借助高压气体,流向干道式多孔平板热沉形成的气/液界面,受热蒸发射流喷射流向液入基板,传递到阵列矩阵冷凝管组的冷凝腔管壁,回流至蒸汽腔内,形成冷却液在密封的阵列矩阵冷凝管组管道内循环流动吸取热量的工质,并完成热量从蒸发段到冷凝段的轴向传递,将通过其阵列矩阵冷凝管组(5)壳体的散热面积释放到大气环境中或在水冷/风

冷等方式下带走热量。



CN 111642103 B

1. 一种高热流密度多孔热沉流动冷却装置,包括:阵列在液入基板(11)上的阵列矩阵冷凝管组(5),通过液入基板(11)盖封的蒸汽腔基座(6),通过工质充灌管线(7)及截止阀(8)连通的蒸汽腔(12),其特征在于:蒸汽腔(12)内设有固定在蒸汽腔基座(6)底层内底壁面(20)上,并垂直固联定于座板(17)上的干道式多孔平板热沉(13),所述干道式多孔平板热沉(13)包括顶层(14)、双向射流蒸汽槽道(15)和热沉金属肋片(16);在干道式多孔平板热沉(13)与蒸汽腔基座(6)底层内壁面贴合的一侧,制有作为蒸发/沸腾过程蒸汽逸出的多孔阵列的双向射流蒸汽槽道(15);内充有液体工质的蒸汽腔(12)将蒸汽腔基座(6)底面相连的热源表面作为蒸发段,阵列矩阵冷凝管组(5)作为冷凝段,蒸汽腔(12)内的液体工质在热源毛细管芯热管的毛细雾化压力的作用下,借助来自工质充灌管线(7)高压气体,流向干道式多孔平板热沉(13)形成的气/液界面,并在气/液界面受热蒸发,产生雾状气液两相流体的喷雾蒸汽射流从干道式多孔平板热沉(13)的双向射流蒸汽槽道(15)逸出,射流喷射流向液入基板(11),传递到阵列矩阵冷凝管组(5)的冷凝腔(9)管壁内表面,热流体依靠热管内流动介质的蒸发和冷凝过程的耦合来传递热量,充分冷却放热冷凝成的液体工质,沿冷凝腔壁面(10)回流至蒸汽腔(12)内,形成冷却液在密封的阵列矩阵冷凝管组(5)管道内循环流动吸取热量的工质,并完成热量从蒸发段到冷凝段的轴向传递,将通过其阵列矩阵冷凝管组(5)壳体的散热面积释放到大气环境中或在水冷/风冷等方式下带走热量;

在蒸汽腔结构中,阵列排布的实心冷凝翅片(1)与蒸汽腔壳体(4)上表面紧密相连,蒸发腔(3)上内表面布置等厚度的多孔层(2),蒸汽腔壳体下表面与发热热源紧密连接。

2. 如权利要求1所述的高热流密度多孔热沉流动冷却装置,其特征在于:干道式多孔平板热沉(13)采用微米级高导热系数金属粉末经过烧结制成或采用金属纤维毡制成,金属粉包括铜粉、镍粉、不锈钢粉中的至少一种。

3. 如权利要求1所述的高热流密度多孔热沉流动冷却装置,其特征在于:干道式多孔平板热沉(13)与蒸汽腔基座内底壁面(20)采用烧结或焊接等方式固定在一起。

4. 如权利要求1所述的高热流密度多孔热沉流动冷却装置,其特征在于:阵列矩阵冷凝管组(5)通过液入基板(11)支撑,与蒸汽腔基座(6)上表面(18)紧密贴合,并通过电子束或其它焊接方式连接在一起。

5. 如权利要求1所述的高热流密度多孔热沉流动冷却装置,其特征在于:阵列矩阵冷凝管组(5)与蒸汽腔基座(6),连同工质充灌管线(7)以及截止阀(8)形成一个密闭系统。

6. 如权利要求1所述的高热流密度多孔热沉流动冷却装置,其特征在于:阵列矩阵冷凝管组(5)散热方式的选择自然对流、强制对流。

7. 如权利要求1所述的高热流密度多孔热沉流动冷却装置,其特征在于:在蒸汽腔冷却系统启动初期,蒸发腔(3)内充满液体工质,随着热源的发热功率逐渐增加,热源产生的热量经蒸汽腔壳体(4)传递至蒸发腔(3)的多孔层(2),多孔层(2)内的液体工质吸收热量蒸发,在浮力作用下,产生的蒸汽向上运动,经过蒸发腔(3)到达顶层的多孔层(2),蒸汽在多孔层(2)冷凝放热,释放的热量经过与蒸汽腔壳体(4)传递至阵列冷凝翅片(1),并采用风冷或水冷的方式及时带走热量,在顶层多孔层(2)凝结的液体工质在重力或毛细抽吸作用下回流至底层多孔层(2),从而实现循环工作。

8. 如权利要求1所述的高热流密度多孔热沉流动冷却装置,其特征在于:微泵启动后,通过工质充灌管线(7)及截止阀(8)控制连通的蒸汽腔(12),推动液体通过工质充灌基座

(19) 进口进入蒸汽腔(12), 蒸汽腔(12)内的液体工质在毛细压力的作用下, 在蒸汽腔(12)聚集后, 将内充有液体工质蒸汽腔(12)内的液体工质从干道式多孔平板热沉(13)侧面流经双向射流蒸汽槽道(15)流体入口区射流孔, 分别向热沉金属肋片(16)和到达位于底层的座板(17)以及顶层(14)的上下两层喷射气/液界面, 液体工质在在气/液界面处受热蒸发, 通过座板(17)的射流孔高速冲击到阵列式排布的多孔射流表面上进行换热冷却, 产生的蒸汽则从多条双向射流蒸汽槽道(15)中逸出并流向阵列矩阵冷凝管组(5), 进入阵列矩阵冷凝管组(5)的冷凝腔(9), 在冷凝腔(9)内周向流动, 并在冷凝腔(9)和冷凝腔管壁(10)冷凝放热, 冷凝后形成的回流液体, 在重力的作用下与进入冷凝腔(9)的蒸汽相向流动, 沿冷凝腔管壁(10)流回蒸汽腔(12)内的液体工质汇合, 从而形成工质的循环并完成热量从蒸发段到冷凝段的轴向传递。

9. 如权利要求1所述的高热流密度多孔热沉流动冷却装置, 其特征在于: 流经超高热流从热源经蒸汽腔基座(6)传递至干道式多孔平板热沉(13), 将剧烈沸腾的液体供给干道式多孔平板热沉(13)分隔开来, 蒸汽腔(12)内的液体工质在毛细压力的作用下, 在蒸汽腔(12)聚集后, 将内充有液体工质蒸汽腔(12)内的液体工质从干道式多孔平板热沉(13)侧面流经双向射流蒸汽槽道(15)和热沉金属肋片(16)到达位于底层的座板(17)以及顶层(14)的气/液界面, 液体工质在在气/液界面处受热蒸发, 产生的蒸汽则从多条双向射流蒸汽槽道(15)中逸出并流向阵列矩阵冷凝管组(5), 进入阵列矩阵冷凝管组(5)的冷凝腔(9), 在冷凝腔(9)内周向流动, 并在冷凝腔(9)和冷凝腔管壁(10)冷凝放热, 冷凝后形成的回流液体, 在重力的作用下与进入冷凝腔(9)的蒸汽相向流动, 沿冷凝腔管壁(10)流回蒸汽腔(12)内的液体工质汇合, 从而形成工质的循环并完成热量从蒸发段到冷凝段的轴向传递。

高热流密度多孔热沉流动冷却装置

技术领域

[0001] 本发明属于电子设备高热流密度冷却技术领域,具体涉及一种主要用于电子设备的高热流密度多孔热沉流动冷却装置,尤其是热流密度 $>150\text{W}/\text{cm}^2$ 超高热流密度多孔干道的冷却装置。

背景技术

[0002] 现代科技的持续加速发展,新兴技术产业不断涌现,特别是一些尖端技术领域向着高功率、高集成度以及微型化的发展,致使系统所耗散的热流密度持续增大,电子、推进力和发电设备中更高的功率密度恒定驱动器不断挑战相关冷却系统的极限。超高热流密度冷却技术日益成为制约技术进一步发展的瓶颈,并成为制约系统运行性能、可靠性与工作寿命的关键影响因素。随着电子元器件的集成度和功率的不断提高,散热量和热流密度也越来越大,散热问题的解决成为一个极其关键的技术。散热问题不仅对传统散热技术提出了更高的要求,同时也对导热材料有更高的要求。传统的散热技术如风冷、单相液冷等系统整体散热效率不高, $\geq 500\text{W}/\text{cm}^2$ 超高热流密度冷却的需求远超传统散热手段的极限($100\text{W}/\text{cm}^2$ 左右),亟待研发新型高效的冷却技术以满足当前超高热流密度散热的需求。 $20\sim 150\text{W}/\text{cm}^2$ 定义为高热流密度;当热流密度超过 $150\text{W}/\text{cm}^2$,已经超过常规尺寸表面发生池沸腾相变换热的临界热流密度,可定义为超高热流密度。热流密度(Heat Flux, Thermal Flux),亦称“比热流量”、“热通量”是一种不易感测的导出量。一般用 q 表示,定义为单位时间内通过物体单位横截面积上的热量。按照国际单位制,时间为 s ,面积为 m^2 ,热量取单位为焦耳(J),相应地热流密度单位为 $\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,或 W/m^2 。热传导公式 $Q = \Delta T/R = \Delta T \cdot \lambda \cdot S/L$,其中: $R = L/\lambda \cdot S$, Q :热量(w), ΔT :温差(k), R :热阻(k/w), L :厚度(m), λ :导热系数 $[w/(m \cdot k)]$, S :面积(m^2)。理论上的液-气相变传热的最高临界热流密度CHF值(从 70°C 的液相水汽化至 20°C 的气相水,理论最大值约 $5000\text{W}/\text{cm}^2$),一直是相变传热研究的重大挑战。对于微通道流动沸腾,按照投影面积计算的临界热流密度CHF接近 $1000\text{W}/\text{cm}^2$ 。但是由于微通道具有较大的热表面面积,因此其基于实际沸腾传热面积而非投影面积的CHF仍远小于 $1000\text{W}/\text{cm}^2$ 。此外,由于液体汽化发生在微通道中且同质量的气体体积远大于液体,微通道流动沸腾在高热流密度下易发生流动失稳。达到临界热流密度时出现的壁温急剧升高,可能造成释热元件表面过热,甚至烧毁。影响临界热流密度的主要因素有冷却剂流速、压力和含汽量等。通常液流中含汽量愈大、流速愈低、则临界热流密度愈小。而压力的影响则不是单调的,低压下,临界热流密度随压力的增加而增大;高压下,则随压力的增加而减小。

[0003] 电子产业的迅猛发展,对电子产品的需求与日俱增。同时,设备的组装密度愈来愈高,电子芯片的主频和集成化程度也越来越高,芯片尺寸在不断的减小,且芯片工作温度会随着功率的增加而呈线性趋势增长,从而导致芯片热流密度急剧增加和温度分布不均,使得芯片出现热失效问题,这样将严重影响其高效、稳定、安全运行和使用寿命。温度场的不均匀性会导致设备工作性能降低,且大大缩短设备使用寿命。除此之外,为防止灰尘、雨水等外部因素影响,大多数电子设备都采用密封组装,这种全封闭的系统结构增大了电子设

备的散热难度。一般芯片的最高温度不应超过 85°C ，才能保证其工作稳定性，延长电子设备的使用寿命。果散热通道良好，元件的温度就会控制在一定范围内，达到稳态平衡点，而且温度保持稳定。实验表明：由于被冷却对象在冷却过程中，存在扩展热阻，使得温度分布出现非对称性，矩形被冷却热表面宽度方向温度变化与长度方向不同。若散热路径不畅通，电子元件的温度可能超过其规定的工作温度范围，引起元件损坏。由此可见，将电子元部件温度降到安全可控范围之内是保证设备正常工作的必要前提。

[0004] 微通道液冷与喷雾冷却都是高效的冷却方式，但国内对微通道热沉与喷雾冷却传热机理及流动特性的研究有限，没有最终统一的实验验证结果，在工程设计和应用上不能提供必要的技术指导依据。采用相变散热方式冷却电子元器件还不普遍，由于工质沸腾过程的复杂，沸腾传热系数易受外部微小干扰的影响，因此对相变冷却的数值模拟还不够精确。目前在相变冷却技术方面应用和研究较多的装有热管、热虹吸器、环路式热管(LHP)和毛细力热管(CPL)均采用汽、液两相流传热，液体工质通过蒸发、冷凝完成热量传递。所不同的是热管、LHPCPL都是由毛细结构对液体的毛细张力驱动循环，而热虹吸器是利用重力辅助循环。环路式热管(LHP)环路式热管在结构和原理上与毛细泵吸环路一致，同样利用蒸发器内的毛细芯产生的毛细力驱动回路运行，利用工质的蒸发和冷凝来传递热量。主要由蒸发器、冷凝器、蒸汽通道、液体通道组成，蒸发器吸收热源热量，蒸发器中液体蒸发，在内部高性能毛细芯毛细力和表面张力作用下产生压差，促进蒸汽流动至冷凝器冷凝释放放热，液体再回流至蒸发器。热虹吸器热虹吸器不含毛细吸液芯，主要依靠重力辅助循环，利用蒸发冷凝相变传热，由蒸发器、冷凝器、蒸汽管和回流管组成。蒸发器内工质液体吸热蒸发，经由蒸汽管道流向冷凝器，在冷凝段冷凝释放出热量，冷凝的工质依靠重力产生的压力差驱动，产生自然回流热虹吸效应，流向蒸发器继续蒸发。该装置不需要毛细吸液芯，而是依靠重力辅助循环，冷凝器与蒸发器之间必须存在一定高度差 H 。机械泵回路式热管机械泵驱动的回路式热管系统与毛细力热管的结构基本相同，一般由机械泵、射流蒸发器、低温冷却液循环泵、储液罐、板式热交换器以及连接管道等几大部分组成。该系统的工作过程是以结合了射流冲击技术的细小管路为蒸发器与发热设备进行热连接，通过射流冲击与发热设备进行热交换，强化换热并将热量带出。热管内蒸汽处于饱和状态，温差很小保证其优良的等温性；通过改变蒸发段和冷凝段的面积来调节热流密度，实现热管热流密度的可变性；热流方向的可逆性指的是由于其内部循环动力是毛细力，所以任意一端受热都能成为蒸发段。热管虽然是一种传热性能极好的元件，但热管传热能力的上限值会受到一种或几种因素的限制，构成热管的工作极限，这些极限有黏性极限、声速极限、携带极限、毛细极限、冷凝极限和沸腾极限。热管存在三大缺陷：一是如果热管的蒸发段位于冷凝段之上，其传热能力将受到限制；二是蒸汽与液体在同一个通道内流动，其携带极限制约了热管传热能力的提高；三是热管散热器存在较大的扩散热阻。可见随着微电子芯片热流密度的进一步提高，热管的散热能力也会达到极限。另外，热管还存在安装适应性不好的问题，由于热管从蒸发段至冷凝段整根管都含有毛细吸液芯结构，热管弯曲会造成毛细结构破坏，导致其传热性能减退。热虹吸器与LHP/CPL不同的是：热虹吸器是依靠重力作用驱动液体工质回流到蒸发器，而LHP和CPL都是依靠毛细力泵吸液体工质补偿蒸发掉的工质完成循环。热虹吸器由于依靠重力势能驱动，冷凝器和蒸发器之间必须有一定高度差，在大型电子元器件的冷却领域应用较多，而在微小型电子冷却受到一定空间和高度的限制。对于两相闭式热虹吸器，可

能发生的传热极限有干涸极限、沸腾极限和携带极限。由于靠重力将冷凝器中的工质回流到蒸发器,如果蒸发器比冷凝器位势高时会造成蒸发器干枯,循环不能继续;在充液量和径向热流密度较大而轴向热流密度较小时,容易出现沸腾极限;在充液量和轴向热流密度较大而径向热流密度较小时,容易发生携带极限。而LHP由于蒸发器和冷凝器是在一起的,所以可以不通过预热阶段而直接用在热源散热上,但是在启动初期,系统性能很不稳定,特别是在系统充注的工质较多或者热负荷较小的情况下,启动需要很长时间,温度也会出现大幅度震荡。

[0005] 蒸汽腔冷却装置作为一种高效的两相传热装置,它利用工质沸腾/冷凝过程中相变来传递热量,具有热流密度高,换热温差小等优点,被广泛应用于能源、电力、制冷以及电子设备热管理等诸多领域。蒸汽腔冷却装置工作原理为:工质在蒸发端吸收热量蒸发/沸腾,产生的蒸汽在冷凝端冷凝放热,并工质在重力/毛细压力的作用下完成循环,无需外加动力,冷凝端可以采用风冷或水冷等多种热交换方式,及时带走冷凝端的热量。尽管沸腾被公认为一种高效的两相传热技术,其换热性能却受到沸腾模式的影响,对于光滑受热表面,随着表面温度的增加,其沸腾过程依次经历自然对流区、核态沸腾区、过渡沸腾区和膜态沸腾区几个基本阶段。其中,过渡沸腾区是极其不稳定的,当核态沸腾达到临界热流密度(CHF,CriticalHeatFlux)以后进入过渡沸腾区时,会发生壁面温度急剧升高和热流密度迅速下降的情况,造成被冷却设备的烧毁。因此在工程应用过程中,都会考虑到临界热流密度问题,并预留出一定的安全裕度,以保证系统及设备的安全稳定运行。由于蒸汽腔冷却装置使用时水冷腔通入水之后,会使导热柱内部的蒸汽凝结成液体,并经由该些导热柱内的毛细结构流经该蒸汽腔(又称为均温板)的上板底部的毛细结构,再经由侧边的毛细结构回流至该均温板下板的毛细结构,这样的回流路径过长,此会降低该均温板内的均温效果。

[0006] 蒸汽腔冷却作为一种新型的两相传递方式,改善了传统散热手段传热极限的问题,摒弃了传统散热手段复杂且庞大的附加设备,兼具换热量大,体积小,重量轻等特点,在现代电子设备热管理及高热流密度散热场合等方面受到日益广泛的关注。常规形式的蒸汽腔结构虽然相比传统散热手段具有非常突出的优势,但由于其存在固有缺陷,在超高热流密度散热方面无法胜任。具体表现在两个方面:

[0007] 第一,传统蒸汽腔的蒸发面通常为光滑壁面或一层等厚度多孔结构,所能承受的临界热流密度较低(如光滑铜板表面的临界热流密度在 $150\text{W}/\text{cm}^2$ 左右),不能满足超高热流密度冷却技术的要求;

[0008] 第二、传统蒸汽腔的冷凝面通常为光滑壁面或一层等厚度多孔结构,冷凝面外部与铝制翅片耦合,受限于翅片效率(翅片效率随着翅片长度的增加而不断降低),总的传热性能受到很大制约。而常规蒸汽腔冷却装置,受限于光滑平面或单一厚度的多孔结构,其临界热流密度较小(如光滑铜板表面的临界热流密度在 $150\text{W}/\text{cm}^2$ 左右),不能满足超高热流密度冷却的需求。且冷凝端受限于翅片效率(翅片效率随着翅片长度的增加而不断降低),总的传热性能受到很大制约。因此常规形式的蒸汽腔结构没有很好的解决剧烈沸腾过程中汽液逆流的影响,导致临界热流密度较低,在超高热流密度的条件下,无法安全的运行,且在一定热载荷范围内的稳定运行温度明显偏高,散热能力与电子设备超高热流密度冷却的需求不匹配,甚至无法正常工作。

[0009] 为解决这些关键问题,本发明提出了一种高热流密度多孔热沉流动冷却装置,显

著提高了工质沸腾过程中的临界热流密度,并有效改善了冷凝端传热效率较低的问题,进而提高整体装置的传热性能,以满足超高热流密度散热的需求。

发明内容

[0010] 本发明的目的是针对现有技术存在的不足之处,解决临界热流密度限制问题,提供一种结构紧凑,占地面积小,制造和安装方便,传热性能好,换热量大,换热效率高,再冷能力强,换热方式可靠性高的电子设备高热流密度多孔热沉流动冷却装置。

[0011] 本发明解决其技术问题的技术方案是:一种高热流密度多孔热沉流动冷却装置,包括:阵列在液入基板11上的阵列矩阵冷凝管组5,通过液入基板11盖封的蒸汽腔基座6,通过工质充灌管线7及截止阀8连通的蒸汽腔12,其特征在于:蒸汽腔12内设有固定在蒸汽腔基座6底层内底壁面20上,并垂直固联定于座板17上的干道式多孔平板热沉13,在干道式多孔平板热沉13与蒸汽腔基座6底层内壁面贴合的一侧,制有作为蒸发/沸腾过程蒸汽逸出的多孔阵列的双向射流蒸汽槽道15;内充有液体工质的蒸汽腔12将蒸汽腔基座(6)底面相连的热源表面作为蒸发段,阵列矩阵冷凝管组5作为冷凝段,蒸汽腔12内的液体工质在热源毛细管芯热管的毛细雾化压力的作用下,借助来自工质充灌管线7高压气体,流向干道式多孔平板热沉13形成的气/液界面,并在气/液界面受热蒸发,产生雾状气液两相流体的喷雾蒸汽射流从干道式多孔平板热沉13的双向射流蒸汽槽道15逸出,射流喷射流向液入基板11,传递到阵列矩阵冷凝管组5的冷凝腔9管壁内表面,热流体依靠热管内流动介质的蒸发和冷凝过程的耦合来传递热量,充分冷却放热冷凝成的液体工质,沿冷凝腔壁面10回流至蒸汽腔12内,形成冷却液在密封的阵列矩阵冷凝管组5管道内循环流动吸收热量的工质,并完成热量从蒸发段到冷凝段的轴向传递,将通过其阵列矩阵冷凝管组5壳体的散热面积释放到大气环境中或在水冷/风冷等方式下带走热量。

[0012] 本发明相比于现有技术具有如下有益效果:

[0013] 结构紧凑,占地面积小,质轻。本发明针对电子设备等超高热流密度的散热需求,采用阵列在液入基板11上的阵列矩阵冷凝管组5、液入基板11盖封的蒸汽腔基座6和通过工质充灌管线7及截止阀8连通的蒸汽腔12,这种由连通蒸汽腔基座6的阵列矩阵冷凝管组5组成的冷却装置,结构紧凑,占地面积小。采用阵列矩阵管组的形式热管空间尺寸小、不需要消耗动力,而且冷却能力高,单位面积传热量高,制造和安装方便,比传统散热设备的换热特性好。这种采用大深宽比的槽道热管大幅提升的冷凝换热面积以及总传热性能,具有更好的传热性能,尤其适合高发热率芯片的冷却。并且随着微通道宽度尺寸的减小,传热系数增大,比常规蛇形冷板具有更优异的换热性能,并且槽道的高宽比越大,换热性能越好。

[0014] 传热性能好,换热量大,换热效率高再冷能力强。本发明采用设有干道式多孔平板热沉13的蒸汽腔基座6,蒸汽腔基座(6)底面与发热表面相连,作为蒸发段,在干道式多孔平板热沉13与蒸汽腔基座6内壁面贴合的一侧,制有作为蒸发/沸腾过程蒸汽逸出通道的多条双向射流蒸汽槽道15,通过干道式多孔平板热沉设计主动调节沸腾过程气/液相变界面位置,合理规划蒸汽与液体的流动路径,从而实现剧烈的沸腾过程液体供给、蒸汽逸出以及加热壁面向气液相变界面的有效给热三个关键环节的协同运作,达到显著提升临界热流密度以及整体传热性能的目的。实验结果证实,蒸汽腔冷却方式作为一种两相传递方式,改善了传统散热手段传热极限的问题,摒弃了传统散热手段复杂且庞大的附加设备,兼具换热量

大,体积小,重量轻等特点。应用于道式多孔平板热沉的多孔微热沉流动能够将最高热流密度提高到 $600\text{W}/\text{cm}^2$,并仍有较大的提升空间。通过液入基板射流孔高速冲击到阵列矩阵冷凝管组管壁表面上进行换热冷却。因流体直接冲击管壁热表面,流程短且在被冲击表面上形成的边界层很薄,故能产生极强的对流换热效应而实现高热流密度热量排散。而双向射流蒸汽槽道的微通道肋片效应降低了加热底面的实际热流密度,也提高了换热性能。此外,在干道式多孔平板热沉微通道和肋片式热沉金属肋片集成射流冲击结构,可进一步提高换热系数并降低温度梯度。热流体依靠热管内流动介质的蒸发和冷凝过程的耦合来传递热量,其当量热导率高至金属的 $10^3\sim 10^4$ 倍。解决了常规蒸汽腔冷却装置,受限于光滑平面或单一厚度的多孔结构,其临界热流密度较小,不能满足超高热流密度冷却的需求,总的传热性能受到很大制约问题。

[0015] 再冷能力强,换热方式可靠性高。本发明蒸汽腔内的液体工质在毛细压力的作用下通过干道式多孔平板热沉流向气/液界面,并在气/液界面受热蒸发,产生的蒸汽从干道式多孔平板热沉的双向射流蒸汽槽道逸出并流向阵列矩阵冷凝管组,并在冷凝腔内放热,凝结的液体工质沿冷凝腔壁面回流至蒸发腔内,在毛细作用下再次进入干道式多孔平板热沉内,喷雾冷却通过工质自身压力或者借助高压气体,将微量液体与压力气流混合,形成雾状气液两相流体,通过压力雾化喷嘴产生射流并喷射到高温表面,使高温表面充分冷却,此传热过程分为干道式多孔平板热沉内的热传导和气液相界面处的相变复合传热。其热负荷能力高,射流冲击冷却最高热流密度为 $6\times 10^6\text{W}/\text{m}^2$,喷雾冷却的最高热流密度高于 $10^7\text{W}/\text{m}^2$,过冷沸腾的最高热流密度为 $1\times 10^6\text{W}/\text{m}^2$,相关实验证实,射流的最大速度可以达到30米/秒,而且在相同热流密度情况下,采用水工质,热流密度最高可达到 $10^7\text{W}/\text{m}^2$,过冷沸腾和射流冲击冷却发生相变所需的过热度均比喷雾冷却高很多。形成工质的循环并完成热量从蒸发段到冷凝段的轴向,传递冷却温度均匀,换热系数高。在冷凝腔内,蒸汽与液态工质相向流动,蒸汽主要沿冷凝腔轴向流动以及在腔内周向流动,液态工质主要沿管壁周向流动以及在冷凝腔内轴向流动干道式多孔平板热沉分隔了蒸汽逸出路径与液体补充路径,避免了因蒸汽逸出而造成的汽液界面扰动,因液体补充不及时造成临界热流密度较低等问题,蒸汽相比液体工质在多孔介质内流动阻力非常大,多条双向射流蒸汽槽道有效解决了蒸汽在多孔介质内聚集的问题,使得蒸汽顺利从蒸汽槽道逸出,同时并没有影响液体工质通过多孔结构补充至加热表面,可以显著提高了工质沸腾过程中的临界热流密度,同时阵列矩阵冷凝管组有效改善了冷凝端传热效率低的问题,进而提高整体装置的传热性能,以满足超高热流密度散热的需求。通过模拟结果与实验数据进行比对,证实了这种换热方式的再冷能力强,换热方式可靠性高。

[0016] 本发明在蒸发段,干道内从冷凝段流回的工质流出,沿管壁上的毛细结构周向流动,然后在管壁的毛细结构上蒸发,产生的蒸气在蒸气通道向后流动,在冷凝段的管壁毛细结构上凝结。凝结的工质沿管壁周向毛细结构流回干道内,干道内的液态工质在毛细力的作用下流向蒸发段,从而形成工质的循环并完成热量从蒸发段到冷凝段的轴向传递。干道热管内,液态工质主要沿管壁周向流动以及在干道内轴向流动。与液态工质主要沿管壁毛细结构轴向流动的常规热管相比,由于周向流动行程较短及干道内流动阻力较小,所以干道热管具有较高的传热能力和较小的径向热阻,对提高热管毛细极限的作用十分明显。显著提高了工质沸腾过程中的临界热流密度,并有效改善了冷凝端传热效率较低的问题,进

而提高整体装置的传热性能,以满足超高热流密度散热的需求。

附图说明

[0017] 下面结合附图和具体实施例对本发明技术方案进行详细的描述,以更进一步了解本发明的目的、方案及功效,但并非作为本发明所附权利要求保护范围的限制。

[0018] 图1是本发明高热流密度多孔热沉流动冷却装置的三维结构示意图;

[0019] 图2是图1的剖视图;

[0020] 图3是图1中阵列矩阵冷凝管组的仰视图;

[0021] 图4是图2中干道式多孔平板热沉的三维结构示意图及其剖视图;

[0022] 图5是图1中蒸汽腔基座的三维结构示意图及其剖视图;

[0023] 图6是图1可选实施例的蒸汽腔结构的剖视示意图。

[0024] 图中:1实心冷凝翅片,2多孔层,3蒸发腔,4蒸汽腔壳体,5阵列矩阵冷凝管组,6蒸汽腔基座,7工质充灌管线,8截止阀,9冷凝腔,10冷凝腔壁面,11液入基板,12蒸汽腔,13干道式多孔平板热沉,14顶层,15双向射流蒸汽槽道,16热沉金属肋片,17座板,18上表面,19工质充灌基座,20底壁面,21工质充灌接口。

具体实施方式

[0025] 参阅图1-图5。在以下描述的优选实施例中,本发明涉及电子设备的一种高热流密度多孔热沉流动冷却装置,包括:阵列在液入基板11上的阵列矩阵冷凝管组5,通过液入基板11盖封的蒸汽腔基座6,通过工质充灌管线7及截止阀8连通的蒸汽腔12,其中:蒸汽腔12内设有固定在蒸汽腔基座6底层内底壁面20上,并垂直固联定于座板17上的干道式多孔平板热沉13,在干道式多孔平板热沉13与蒸汽腔基座6底层内壁面贴合的一侧,制有作为蒸发/沸腾过程蒸汽逸出的多孔阵列的双向射流蒸汽槽道15;内充有液体工质的蒸汽腔12将蒸汽腔基座(6)底面相连的热源表面作为蒸发段,阵列矩阵冷凝管组5作为冷凝段,蒸汽腔12内的液体工质在热源毛细管芯热管的毛细雾化压力的作用下,借助来自工质充灌管线7高压气体,流向干道式多孔平板热沉13形成的气/液界面,并在气/液界面受热蒸发,产生雾状气液两相流体的喷雾蒸汽射流从干道式多孔平板热沉13的双向射流蒸汽槽道15逸出,射流喷射流向液入基板11,传递到阵列矩阵冷凝管组5的冷凝腔9管壁内表面,热流体依靠热管内流动介质的蒸发和冷凝过程的耦合来传递热量,充分冷却放热冷凝成的液体工质,沿冷凝腔壁面10回流至蒸汽腔12内,形成冷却液在密封的阵列矩阵冷凝管组5管道内循环流动收吸热量的工质,并完成热量从蒸发段到冷凝段的轴向传递,将通过其阵列矩阵冷凝管组5壳体的散热面积释放到大气环境中或在水冷/风冷等方式下带走热量。

[0026] 流经超高热流从热源经蒸汽腔基座6传递至干道式多孔平板热沉13,将剧烈沸腾的液体供给干道式多孔平板热沉13分隔开来,蒸汽腔12内的液体工质在毛细压力的作用下,在蒸汽腔12聚集后,使得将内充有液体工质蒸汽腔12内的液体工质从干道式多孔平板热沉13侧面流经双向射流蒸汽槽道15和热沉金属肋片16到达位于底层的座板17以及顶层14的气/液界面,液体工质在在气/液界面处受热蒸发,产生的蒸汽则从多条双向射流蒸汽槽道15中逸出并流向阵列矩阵冷凝管组5,进入阵列矩阵冷凝管组5的冷凝腔9,在冷凝腔9内周向流动,并在冷凝腔9和冷凝腔壁面10冷凝放热,冷凝后形成的回流液体,在重力的作

用下与进入冷凝腔9的蒸汽相向流动,沿冷凝腔壁面10流回蒸汽腔12内的液体工质汇合,从而形成工质的循环并完成热量从蒸发段到冷凝段的轴向传递。

[0027] 干道式多孔平板热沉13在上述的多种条件作用下,主动调节沸腾过程气/液相变界面位置,合理规划蒸汽与液体的流动路径,从而实现剧烈的沸腾过程液体供给、蒸汽从干道口逸出以及热源向气液相变界面的有效给热三个关键环节的协同运作实现超高热流密度下的稳定高效运行。

[0028] 参阅图6。在可选的实施例中,在在蒸汽腔结构中,阵列排布的实心冷凝翅片1与蒸汽腔壳体4上表面紧密相连,蒸发腔3上表面布置等厚度的多孔层2,蒸汽腔壳体下表面与发热热源紧密连接。在蒸汽腔冷却系统启动初期,蒸发腔3内充满液体工质,在蒸汽腔冷却系统启动初期,蒸发腔3内充满液体工质,随着热源的发热功率逐渐增加,热源产生的热量经蒸汽腔壳体4传递至蒸发腔3的多孔层2,的多孔层2内的液体工质吸收热量蒸发,在浮力作用下,产生的蒸汽向上运动,经过蒸发腔3到达顶层的多孔层2,蒸汽在多孔层2冷凝放热,释放的热量经过与蒸汽腔壳体4传递至阵列冷凝翅片1,并采用风冷或水冷的方式及时带走热量,在顶层多孔层2凝结的液体工质在重力或毛细抽吸作用下回流至底层多孔层2,从而实现循环工作。

[0029] 微泵启动后,通过工质充灌管线7及截止阀8控制连通的蒸汽腔12,推动液体通过工质充灌基座19进口进入蒸汽腔12,流经超高热流从热源经蒸汽腔基座6传递至上表面18,通过干道式多孔平板热沉13,干道式多孔平板热沉13分隔开来,蒸汽腔12内的液体工质在毛细压力的作用下,在蒸汽腔12聚集后,使得将内充有液体工质蒸汽腔12内的液体工质从干道式多孔平板热沉13侧面流经双向射流蒸汽槽道15流体入口区,射流孔分别向热沉金属肋片16和到达位于底层的座板17以及顶层14的上下两层喷射气/液界面,液体工质在在气/液界面处受热蒸发,通过座板17的射流孔高速冲击到阵列式排布的多孔射流表面上进行换热冷却,产生的蒸汽则从多条双向射流蒸汽槽道15中逸出并流向阵列矩阵冷凝管组5,进入阵列矩阵冷凝管组5的冷凝腔9,在冷凝腔9内周向流动,并在冷凝腔9和冷凝腔壁面10冷凝放热,冷凝后形成的回流液体,在重力的作用下与进入冷凝腔9的蒸汽相向流动,沿冷凝腔壁面10流回蒸汽腔12内的液体工质汇合,从而形成工质的循环并完成热量从蒸发段到冷凝段的轴向传递。

[0030] 根据运行温度要求、压力要求、材料相容性、传热能力等,选取不同的工质,常见工质如水、氨、丙酮、液氮、甲醇、乙醇、R134a、R22等。

[0031] 干道式多孔平板热沉13采用微米级高导热系数金属粉末如铜粉、镍粉、不锈钢粉等经过烧结制成或采用金属纤维毡制成。

[0032] 干道式多孔平板热沉13与蒸汽腔基座内底壁面20采用烧结或焊接等方式固定在一起。

[0033] 阵列矩阵冷凝管组5通过液入基板11支撑,与蒸汽腔基座6上表面18紧密贴合,并通过电子束或其它焊接方式连接在一起。阵列矩阵冷凝管组5与蒸汽腔基座6连同工质充灌管线7以及截止阀8形成一个密闭系统。根据传热功率的需求,进行阵列矩阵冷凝管组5散热方式的选择一般有自然对流、强制对流等。

[0034] 以上所述只是本发明的通常实施方式,对于本技术领域的普通技术人员,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的

保护范围内。

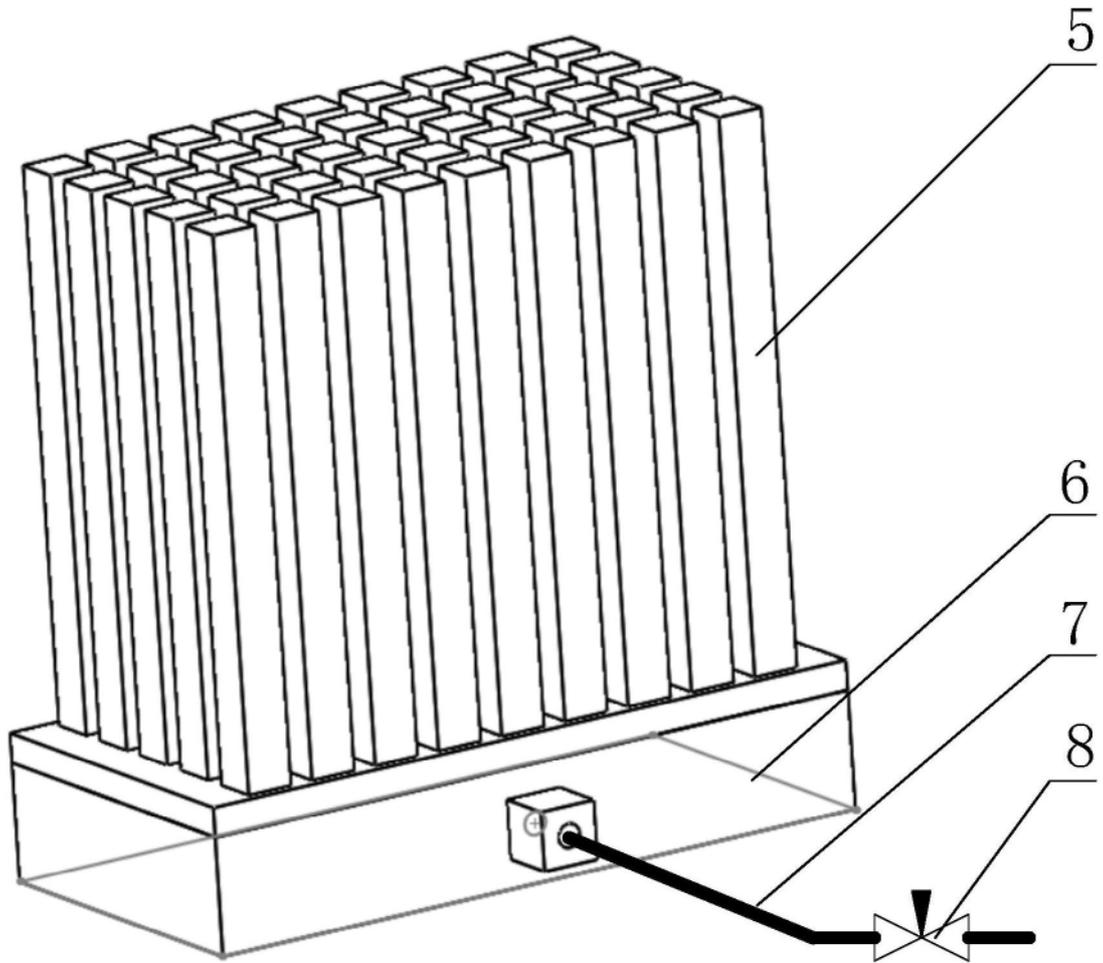


图1

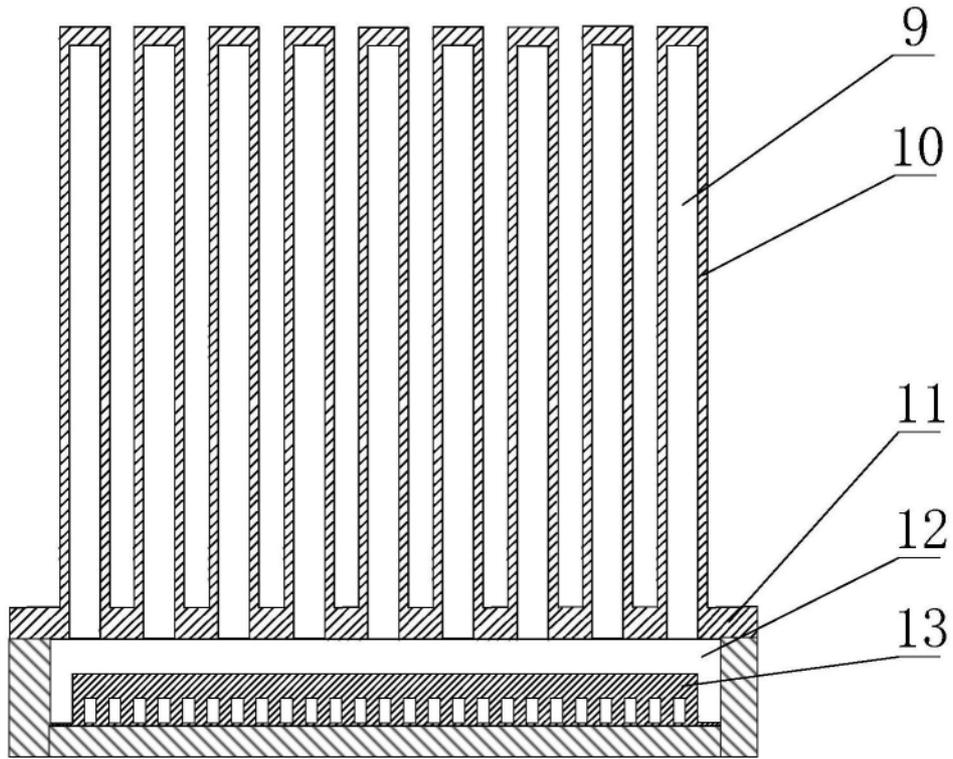


图2

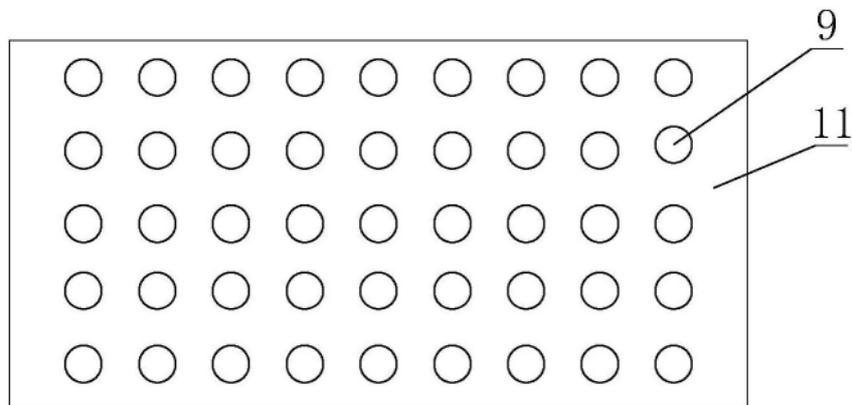


图3

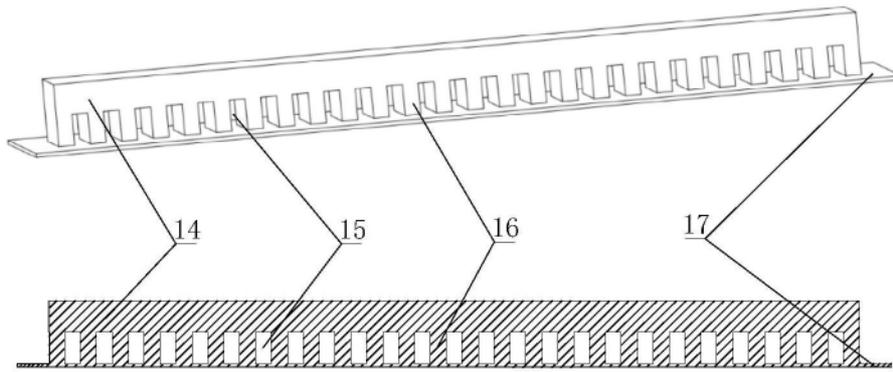


图4

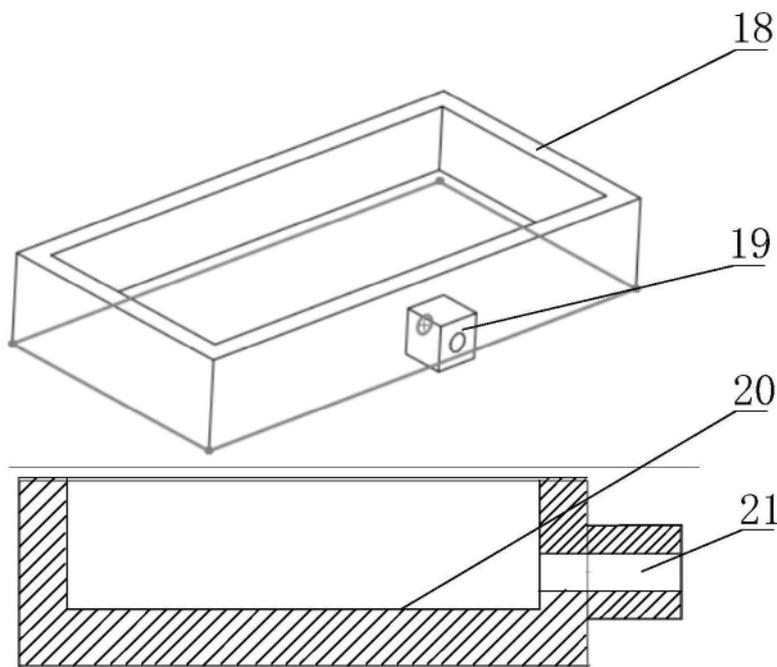


图5

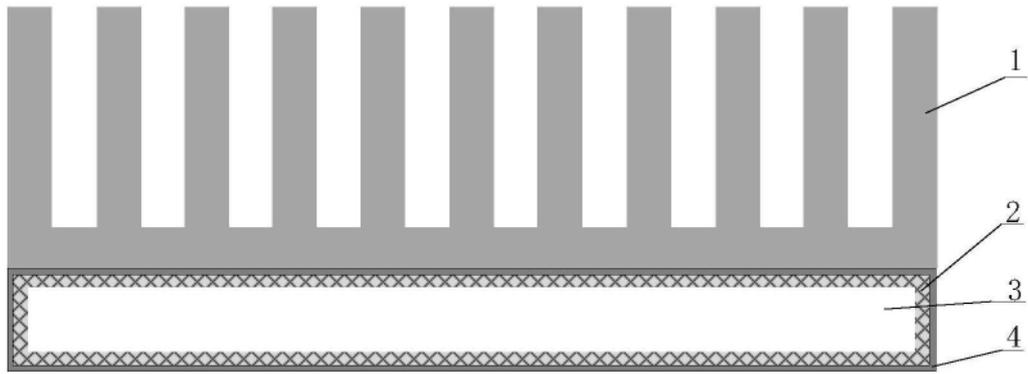


图6