



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108106480 A

(43)申请公布日 2018.06.01

(21)申请号 201711483714.2

(22)申请日 2017.12.29

(71)申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园北京
100084-82信箱

(72)发明人 符泰然 黄冠尧 赵英民 鲁胜
刘斌

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限
公司 11002

代理人 王莹 吴欢燕

(51)Int.Cl.

F28D 21/00(2006.01)

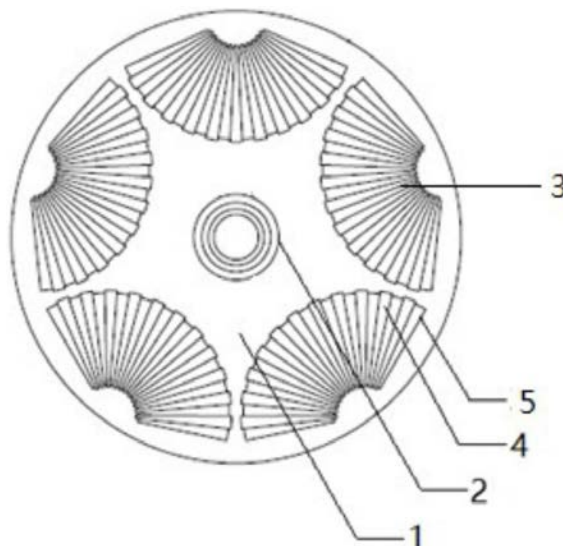
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种具有热疏导及定向热聚集功能的热管理器件

(57)摘要

本发明涉及一种具有热疏导及定向热聚集功能的热管理器件,包括圆柱体基体、热源和热聚集部件,所述热源为设置在所述圆柱体基体中心且与所述圆柱体基体等高的柱状体结构,所述热聚集部件为多个设置在所述圆柱体基体内且围绕所述热源周向布置的扇形结构,所述热聚集部件与所述圆柱体基体高度相同,所述热聚集部件短弧面一侧远离所述热源,所述热聚集部件由两种热导率不同的材料沿扇形结构的圆弧方向交错排布构成。本发明的热管理器件可以实现热源的热流疏导和定向聚集,且材料选择的范围扩大,适用于宽温度范围及宽热流范围。



1. 一种具有热疏导及定向热聚集功能的热管理器件,其特征在于,包括圆柱体基体、热源和热聚集部件,所述热源为设置在所述圆柱体基体中心且与所述圆柱体基体等高的柱状体结构,所述热聚集部件为多个设置在所述圆柱体基体内且围绕所述热源周向布置的扇形结构,所述热聚集部件与所述圆柱体基体高度相同,所述热聚集部件短弧面一侧远离所述热源,所述热聚集部件由两种热导率不同的材料沿扇形结构的圆弧方向交错排布构成。

2. 根据权利要求1所述的热管理器件,其特征在于,所述热聚集部件的数量为2-10个。

3. 根据权利要求1所述的热管理器件,其特征在于,所述两种热导率不同的材料的结构为尺寸相同的楔形结构。

4. 根据权利要求3所述的热管理器件,其特征在于,所述楔形结构的个数为20~30个。

5. 根据权利要求3所述的热管理器件,其特征在于,所述热聚集部件的张角为 60° ~ 180° 。

6. 根据权利要求3所述的热管理器件,其特征在于,所述热聚集部件的半径为所述圆柱体基体半径的0.3~0.7倍。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的热管理器件,其特征在于,所述两种热导率不同的材料为导热系数为 $0.01\sim 1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的第一材料和导热系数为 $80\sim 400\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的第二材料。

8. 根据权利要求7所述的热管理器件,其特征在于,所述圆柱体基体材料的导热系数为 $10\sim 60\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

9. 根据权利要求8所述的热管理器件,其特征在于,所述第一材料为刚性隔热瓦或气凝胶或刚性隔热瓦复合气凝胶材料;

和/或所述圆柱体基体材料为不锈钢或者镍;

和/或所述第二材料为紫铜或者钼。

一种具有热疏导及定向热聚集功能的热管理器件

技术领域

[0001] 本发明涉及热管理技术领域,更具体地,涉及一种具有热疏导及定向热聚集功能的热管理器件。

背景技术

[0002] 热能是世界上最普遍的能量形式之一,大多数能量形式耗散后得到热能,造成大量的能量损失,限制了能量的利用效率。另一方面,在能源动力、航空航天等领域中涉及众多与换热过程相关的器件或部件,需要考虑热量传递对器件或部件的热影响问题。因此,如何高效地调控热能,成为热科学研究的一个重要方向。设计热超构材料成为了实现热流控制的有效途径之一。热超构材料通过人为设置的自然材料掺杂或者有序排列,使得材料产生自然材料没有的各向异性的导热率,将热流线以特定的方式弯折,使热流偏离原路径,实现热流的非线性调控。

[0003] 目前,国内外学者已在热超构材料领域取得了一定的研究成果,实现了稳态和非稳态条件下对于热流的非线性调控,例如:(1)2012年,那罗延纳和Sato利用不锈钢、橡胶、木材常规材料分别实现了热隐身衣(实现特定区域的热流屏蔽)、热聚集器(实现热流定向聚集,提高特定区域的热流密度)、热旋转器(将热流旋转特定角度)等;(2)Schittney、Chen等分别在2013利用软物质材料PDMS和铜实现了热隐身衣和热聚集器,提高了热流操控的效率;(3)2015年,黄吉平等利用记忆合金材料(SMA)实现了两种热隐身衣:一种在高温下可以展现隐身功能(A型隐身衣),在低温下变为普通的背景材料;第二种是在低温下出现隐身功能(B型隐身衣),在高温下成为普通背景材料。

[0004] 针对于实际广泛的应用需求,现有研究仍存在如下不足之处:(1)受限于材料导热系数、使用温度上限等条件,大多研究工作仅设计在较低温度(100℃以下)及低热流条件下工作的热超构材料,无法满足能源动力、航天航空等领域的高温、高热流应用需求;(2)现有的热超构材料只实现热流的单一调控,例如热聚集、热旋转等,无法实现多种非线性热流调控方式的耦合。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的不足,本发明提供一种具有热疏导及定向热聚集功能的热管理器件,可以实现热源的热流疏导和定向聚集,适用于宽温度范围及宽热流范围。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用以下的技术方案:

[0007] 一种具有热疏导及定向热聚集功能的热管理器件,包括圆柱体基体、热源和热聚集部件,所述热源为设置在所述圆柱体基体中心且与所述圆柱体基体等高的柱状体结构,所述热聚集部件为多个设置在所述圆柱体基体内且围绕所述热源周向布置的扇形结构,所述热聚集部件与所述圆柱体基体高度相同,所述热聚集部件短弧面一侧远离所述热源,所述热聚集部件由两种热导率不同的材料沿扇形结构的圆弧方向交错排布构成。

[0008] 上述技术方案中,所述热源的形式包括固体热传导热源、流体对流热源或者辐射

热源。所述热源的溫度范围从室温到1000℃。

[0009] 上述技术方案中,所述热聚集部件的数量为2-10个。

[0010] 上述技术方案中,所述两种热导率不同的材料的结构为尺寸相同的楔形结构。

[0011] 上述技术方案中,所述楔形结构的个数为20~30个。

[0012] 上述技术方案中,所述热聚集部件的张角为60°~180°。

[0013] 上述技术方案中,所述热聚集部件的半径为所述圆柱体基体半径的0.3~0.7倍。

[0014] 上述技术方案中,所述两种热导率不同的材料为导热系数为0.01~1W/(m·K)的第一材料和导热系数为80~400W/(m·K)的第二材料。

[0015] 上述技术方案中,所述圆柱体基体材料的导热系数为10~60W/(m·K)。

[0016] 上述技术方案中,所述第一材料、所述第二材料和所述圆柱体基体材料均为耐高温材料。

[0017] 上述技术方案中,所述第一材料为刚性隔热瓦或气凝胶或刚性隔热瓦复合气凝胶材料。所述圆柱体基体材料为不锈钢或者镍。所述第二材料为紫铜或者钼。

[0018] 本发明相对于现有技术具有的有益效果:

[0019] (1) 本发明的热管理器件突破了现有热超构材料研究中对材料体系导热率的限制条件,即满足导热率关系式 $\kappa_A \kappa_B = \kappa_b^2$ 的限制(其中 κ_A 是热聚集部件中的高导热材料的导热率, κ_B 是热聚集部件中的低导热材料的导热率, κ_b 是基体材料的导热率),增加了低导热材料选择的多样性,进而通过多样性的材料选择可以显著提高热管理器件性能。

[0020] (2) 本发明的热管理器件可以采用耐高温的材料体系,尤其是低导热率材料有别于传统的橡胶、木材,而是可以选用刚性隔热瓦、气凝胶、刚性隔热瓦复合气凝胶等耐高温、低导热的非金属材料,从而将热聚集的工作温度从常规的100℃提升至1000℃以上,大大提高了热管理器件的应用前景。

[0021] (3) 本发明的热管理器件改变了现有热超构材料只能实现非线性热流单一调控的功能,实现了热疏导和定向热聚集的耦合,新型的热管理器件将高温热源区域的热流进行分布式疏导、定向聚集到低温区域,具有非常显著的应用优势。

附图说明

[0022] 图1为本发明实施例中热管理器件的圆截面图;

[0023] 图中:1-圆柱体基体,2-热源,3-热聚集部件,4-紫铜楔块,5-气凝胶楔块。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例仅用于说明本发明,并不用来限制本发明的保护范围。

[0025] 本实施例提供了一种具有热疏导及定向热聚集功能的热管理器件,其圆截面如图1所示,包括圆柱体基体1、热源2和热聚集部件3。所述圆柱体基体1直径为180mm,高度为20mm。所述热源2为圆柱状热源,设置在所述圆柱体基体1中心且与所述圆柱体基体1等高,本实施例中热源2为红外辐射热源,截面直径为35mm,热源区域边界为等温边界,最高温度至800℃。所述热聚集部件3为多个设置在所述圆柱体基体1内且围绕所述热源2周向布置的扇形结构,所述热聚集部件3与所述圆柱体基体1高度相同,所述热聚集部件3短弧面一侧远

离所述热源2,所述热聚集部件3由两种热导率不同的材料沿扇形结构的圆弧方向交错排布构成。

[0026] 热源2位于圆柱体基体1中心,且热聚集部件3围绕热源2周向布置,则由热源2发出的热流沿着周向疏导到热聚集部件3所在区域,热聚集部件3再将此热流聚集到特定的低温区域位置,从而实现高温区域热流的热疏导和定向热聚集。又由于热聚集部件3短弧面一侧远离热源2,所以热聚集部件3的圆心区域为热流定向聚集的低温区域。热聚集部件3由两种热导率不同的材料沿扇形结构的圆弧方向交错排布构成,这种结构能形成较大的径向导热系数和较小的环向导热系数,从而使热流沿着扇形结构的径向流动,聚集到扇形结构的圆心区域。

[0027] 基于上述实施例,本实施例中,所述热聚集部件3的数量为5个。

[0028] 由于热聚集部件3是围绕热源2周向布置的,其作用是定向聚集热源2疏导出来的热流,因此,热聚集部件3的数量越多,热聚集的效果越好。但是热聚集部件3的数量过多会要求热聚集部件3的体积减小,加工精度上升,提高加工成本。因此兼顾热聚集效率和加工成本,热聚集部件3的数量可选范围为2-10个,本实施例中选择5个是更优选择。

[0029] 基于上述实施例,本实施例中,所述热聚集部件3由气凝胶和紫铜构成,两种材料的结构为尺寸相同的楔形结构,如图1中所示的紫铜楔块4和气凝胶楔块5,沿着扇形结构的圆弧方向交错排布。

[0030] 基于上述实施例,本实施例中,所述圆柱体基体1为不锈钢材料构成。

[0031] 上述实施例中,材料体系的选择满足热设计理论要求,且突破了现有的约束条件 $\kappa_A \kappa_B = \kappa_b^2$ 。推导过程如下:

[0032] 为使热聚集部件可以实现扇形结构的弧面热流定向聚集至扇形的圆心区域,现有的热设计理论要求扇形结构的径向导热系数 κ_r 、周向导热系数 κ_θ 以及未变换前基体材料导热系数 κ_m 满足以下关系:

$$[0033] \quad \kappa_r \kappa_\theta = \kappa_m^2$$

$$[0034] \quad \kappa_r \gg \kappa_\theta$$

[0035] 本发明中采用的高低导热率材料构成的扇形结构热聚集部件,能够实现:

$$[0036] \quad \kappa_r = \frac{\kappa_A + \kappa_B}{2}$$

$$[0037] \quad \kappa_\theta = \frac{2\kappa_A \kappa_B}{\kappa_A + \kappa_B}$$

[0038] 可以看出,只需要满足 $\kappa_A \gg \kappa_B$,则可以满足 $\kappa_r \gg \kappa_\theta$ 的要求。注意到这里 $\kappa_r \kappa_\theta = \kappa_A \kappa_B = \kappa_m^2$,一般假设变换前后基体材料是同种材料,因此 $\kappa_m = \kappa_b$ (κ_m 和 κ_b 分别是变换前、后的基体材料导热系数),因而得到约束条件 $\kappa_A \kappa_B = \kappa_b^2$,约束了材料的选择。

[0039] 而在本发明中,通过试验发现热聚集器件不仅适用于变换前的基体材料(即 $\kappa_m = \kappa_b$ 的情况),在导热系数与原来基体材料比较接近的新基体材料上(即 κ_m 和 κ_b 在同一数量级上)也可发挥出很好的热流疏导和定向流聚集效果。因此突破了条件 $\kappa_A \kappa_B = \kappa_b^2$ 的约束,只需要满足 $\kappa_B \ll \kappa_b \ll \kappa_A$,其中每两个相邻的导热系数相差越大,热聚集效果越好。

[0040] 根据现有常见的导热效果好的材料确定高热导率材料导热系数 κ_A 为80~400W/(m·K),根据常用基体材料确定圆柱体基体导热系数 κ_b 为10~60W/(m·K)。如果按照现有 κ_A

$\kappa_B = \kappa_b^2$ 的约束, κ_B 最小为 $0.25\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 限制了材料的选择, 只能选择橡胶、木材等不耐高温的材料。而本发明突破了 $\kappa_A \kappa_B = \kappa_b^2$ 的约束, 增加了热管理器件材料选择的多样性, 特别是低热导率材料的选择不再局限于现有的橡胶、木材等, 而是可以选用刚性隔热瓦、气凝胶、刚性隔热瓦复合气凝胶等耐高温、低热导的非金属材料, 配合基体和高热导率材料均选择耐高温的材料, 将本发明的热管理器件工作温度从常规的 100°C 提升至 1000°C 以上。

[0041] 基于上述实施例, 本实施例中, 所述紫铜楔块4的个数为11个, 气凝胶楔块5的个数为12个。

[0042] 楔块个数越多, 热聚集效果越好, 但是楔块个数太多, 每个楔块的体积非常小, 张角也很小, 难以加工。本实施例是保证加工成本合理的情况下取得的优选数值。

[0043] 基于上述实施例, 本实施例中, 扇形结构的张角为 132° 。

[0044] 在张角为 60° 至 180° 的情况下, 扇形张角越大, 热聚集效果越好。但是扇形张角过大一方面会导致热聚集部件3的重叠, 一方面会导致热聚集部件3超出圆柱体基体1。本实施例中张角为 132° 是保证热聚集部件3不重叠也不超出圆柱体基体1的情况下的优选值。

[0045] 基于上述实施例, 本实施例中, 扇形结构的半径为 50mm 。

[0046] 扇形半径越大, 热聚集效果越好, 但是扇形半径过大一方面会导致热聚集部件3的重叠, 一方面会导致热聚集部件3超出圆柱体基体1, 影响热流聚集的效果。本实施例中半径为 50mm 是保证热聚集部件3不重叠也不超出圆柱体基体1的情况下的优选值。

[0047] 最后, 以上仅为本发明的较佳实施方案, 并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内, 所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

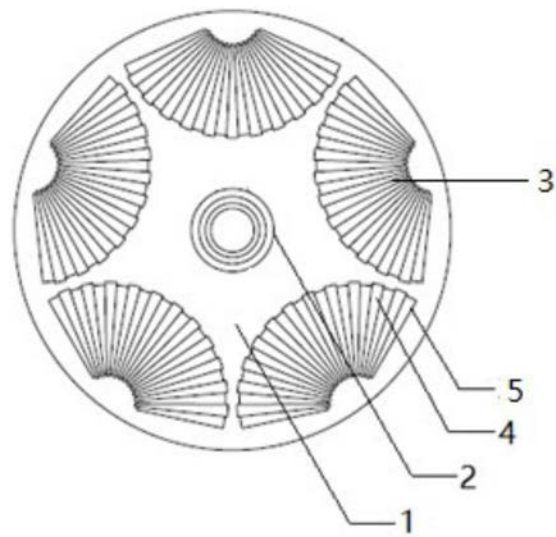


图1