



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107426946 A

(43)申请公布日 2017. 12. 01

(21)申请号 201710521283.8

(22)申请日 2017.06.30

(71)申请人 安徽大学

地址 230601 安徽省合肥市经济技术开发区
九龙路111号

(72)发明人 琚斌 张海姣 郭治华 申佳乐
刘永斌 刘方 陆思良

(74)专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责
任公司 11251

代理人 杨学明 顾炜

(51)Int. Cl.

H05K 7/20(2006.01)

B82Y 30/00(2011.01)

B82Y 40/00(2011.01)

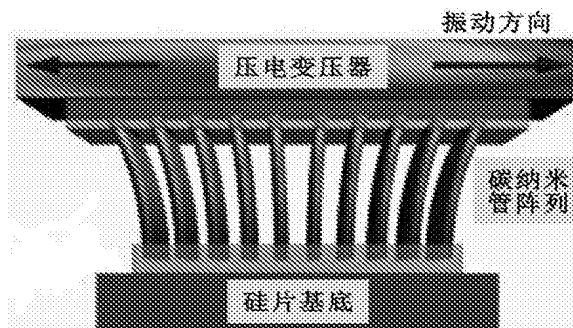
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种基于微阵列结构的振动器件直接接触
散热方法及应用

(57)摘要

本发明公开了一种基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法及应用,针对类似于压电变压器这种高频振动器件,直接接触散热通常存在接触热阻大、器件磨损严重、影响振动性能等问题,提供一种低热阻、高热导系数的弹性微阵列接触散热结构。通过在散热器基底大规模生长长径比高、阵列密度合适的微阵列结构,基于其纵向良好的导热性和范德华力作用,以及横向良好的柔度,可用于振动器件不宜于直接接触散热的场合。这种振动器件热管理方案,由于无相对滑动,不产生接触磨损,垂直于传热方向柔度高阻尼小,对器件振动影响低,并且传热方向上不需要额外的作用力进行固定,结构简单,可以一定程度上满足振动器件对热管理的需求。



1.一种基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法,其特征在于:采用在基底上生长或加工一定密度的微阵列结构作为热界面材料,直接对需要进行热损耗转移的振动器件接触散热。

2.根据权利要求1所述的基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法,其特征在于:作为热界面材料的弹性微阵列结构具有高导热性,即导热系数高于 $>10\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,所述微阵列结构中的阵列单元是碳纳米管、金属纳米线或者其他导热性良好的硅或者氧化硅的非金属微纳结构。

3.根据权利要求2所述的基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法,其特征在于:所述微阵列结构中的阵列单元的尺寸为微纳尺度,阵列单元的形状是圆柱体或长方体。

4.根据权利要求1所述的基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法,其特征在于:所述基底为能够进行微阵列结构生长和加工的耐高温的导热材料,包括硅、氧化硅或铜等金属材料。

5.根据权利要求1或4所述的基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法,其特征在于:所述基底形状为平面状或者圆筒、圆环状,所述平面状包括以下任一种形状:矩形、圆盘形、圆环形、三角形或梯形。

6.根据权利要求1所述的基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法,其特征在于:所述振动器件的振动方向垂直于微阵列结构中的阵列单元;

如果基底为平面状,则振动器件的振动方向平行于基底平面,并与阵列单元垂直;

如果基底为圆筒状或圆环状,则振动器件的振动方向与基底圆周方向相切,并与阵列单元垂直。

7.一种权利要求1所述的基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法的应用,其特征在于:在硅片或铜片基底上生长碳纳米管微阵列,并用于压电变压器平面振动模式下的接触散热;所述压电变压器平面振动模式包括以下任意一种或多种:长条形振动模式、径向振动模式、厚度振动模式、辐射振动模式。

8.一种权利要求1所述的基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法的应用,其特征在于:在铜片基底上激光刻蚀或光刻加工铜纳米线微阵列,并用于压电变压器平面振动模式下的接触散热;所述压电变压器平面振动模式包括以下任意一种或多种:长条形振动模式、径向振动模式、厚度振动模式、辐射振动模式。

9.一种权利要求1所述的基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法的应用,其特征在于:在圆环或圆筒状基底内壁生长碳纳米管微阵列,并用于压电陶瓷管扭转振动模式下的接触散热。

一种基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法及应用

技术领域

[0001] 本发明涉及微阵列结构以及振动器件的热管理领域,尤其涉及一种碳纳米管阵列结构在压电变压器散热中的应用,即一种基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法及应用。

背景技术

[0002] 随着人们对产品便携性的要求越来越高,小型化、轻量化、低成本化成为不可避免的发展趋势。但人们对功能的多样化要求使得对产品的功率要求则越来越高,因此其功率密度也越来越高,器件的热管理也就变得越来越重要。而对于一些振动器件来说,通常不宜进行直接接触散热,一般都用水冷或者油冷。但如果振动器件还带电操作,这些方式可能会影响振动性能而无法使用,就需要考虑合适的热处理方案。

[0003] 以振动器件中的压电变压器为例,一种利用材料的压电效应和逆压电效应,实现从电能到机械能、再转换为电能的能量传输器件,体积小、重量轻、结构简单,并具有很高的能量密度。但压电变压器在工作过程中产生的各种损耗会引起温升,当压电器件的工作温度达到居里温度之前其压电性能就开始衰减;同时,压电变压器的损耗随着温升的增加也会急速增大,形成不可控的正反馈作用,导致压电器件性能急速衰减。目前,国内外已提出了压电变压器的接触散热方案,通过将压电变压器直接与金属散热装置(比如紫铜片)接触,改善压电变压器自身散热能力不足的问题。

[0004] 对于压电变压器这种高频振动器件,直接接触散热方法存在一些问题。压电变压器与金属散热片之间的接触属于两刚性界面直接接触,由于表面缺陷、粗糙度的影响,接触面间不可能完全贴合,存在空气间隙,热阻大,影响散热效果。同时,工作中压电变压器处于高频振动状态,与散热片之间存在相对滑动,会影响压电变压器的工作性能;另外这种高频相对滑动会造成压电变压器电极面的接触微动磨损,大大降低了变压器的使用寿命和性能。因此,若要对振动器件进行接触散热,合适的热界面材料是关键。

发明内容

[0005] 本发明的技术问题:克服现有技术的不足,提供一种基于微阵列结构的振动器件直接接触散热方法及应用,为高频振动器件(可至几百千赫兹,甚至兆赫兹级别)提供一种低热阻、高热导系数的弹性微阵列接触散热结构(热阻 $<0.1\text{cm}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$,导热系数 $>10\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0007] 本发明的基于微阵列结构的振动器件散热方法,采用激光刻蚀、光刻加工或者化学气相沉积等方法制备以下任一种微阵列结构:

[0008] 基底为矩形、圆盘形、圆环形、三角形和梯形等形状,在所述基底上加工垂直排列的微阵列结构,其单元尺寸可以是微米级或者纳米级,材料可为碳纳米管,或者铜,但不限于铜的导热良好的金属材料。

[0009] 本发明的上述的微阵列结构,可用于压电变压器等振动器件工作中的接触散热应用。

[0010] 由上述本发明提供的技术方案可以看出,本发明提供的基于微阵列结构的压电变压器接触散热方法及应用具有以下优点:

[0011] (1) 首先大规模生长的纵向排列的碳纳米管,阵列密度合适的情况下,纵向上具有优异的导热性能以及超高的力学强度。

[0012] (2) 采用铜片基底上加工碳纳米管微阵列,单根碳纳米管直径百纳米、高度百微米左右,这么高的长径比使得采用其作为热界面材料具有很强的机械柔顺性。当高频振动的压电变压器与微阵列结构贴合时,由于振动位移一般在微米级别,高柔性的碳管会产生随动,使得二者之间不会发生相对滑动,消除或者大大降低了压电器件电极面的微动磨损,提高了使用寿命。同时这种高柔性状态下的随动,不会产生大的阻尼,使得微阵列散热结构对变压器的振动影响很小,保证了工作性能。

[0013] (3) 微纳尺度的碳纳米管阵列,可以很方便的填充与压电变压器接触表面的空隙或者缺陷,对变压器的表面粗糙度要求不高,充分保证了微阵列结构与变压器间的直接接触面积,可减小热阻,提升散热性能。

[0014] (4) 基底上生长的数以百万计的碳管,当与压电变压器表面接触后,其产生的范德华作用力能保证碳管阵列与变压器表面稳定而紧密的接触,在变压器工作过程中不需要再额外施加作用力使二者贴合,散热结构会更加简单,同时减小了额外的作用力对变压器性能的影响。

[0015] 综上,在散热器基底,比如铜片或者硅片上,通过大规模生长出长径比高、阵列密度合适的微阵列结构,不限于碳纳米管或者铜纳米线等阵列结构,基于其纵向良好的导热性和范德华力作用,以及横向良好的柔度,可用于传统振动器件尤其是高频振动器件不宜进行接触散热的场合。这种基于微阵列结构的振动器件热管理方案,导热性能好,界面热阻低,无相对滑动,不产生接触磨损,垂直于传热方向柔度高阻尼小,对器件振动影响低,并且传热方向上不需要额外的作用力进行固定,结构简单,可以一定程度上满足振动器件对热管理的需求。

附图说明

[0016] 图1a、图1b分别为本发明实施例提供的基底为矩形,微阵列单元为圆柱体、长方体的微阵列散热结构示意图;

[0017] 图2为本发明实施例中矩形压电变压器平面扩张振型示意图;

[0018] 图3为本发明实施例中碳纳米管或铜纳米线微阵列结构用于压电变压器平面扩张工作模态下的散热实验;

[0019] 图4a为压电变压器在三种不同热界面条件下的散热实验;

[0020] 图4b为这三种不同热界面条件下,同样的工作功率时压电变压器的温升实验结果;

[0021] 图5为本发明实施例中压电陶瓷管扭转振型示意图;a示出了压电陶瓷管扭转振型示意图;b为在圆环状基底内壁,沿径向生长碳纳米管微阵列结构的示意图;

[0022] 图6为本发明实施例中微阵列结构在其他振动器件的散热应用,以压电陶瓷管扭

转振动中的散热结构为例,其中a为采用环状分布微阵列热界面材料对扭转振动的压电陶瓷管进行接触散热的整体结构图,b为a中结构的俯视图。

具体实施方式

[0023] 对于高频振动器件,只要存在损耗就会产生一定的温升。当温升达到一定程度时就会影响振动器件的性能和寿命。对于一些不适合采用油脂类进行散热的场合,本发明提出采用一种高柔性、低热阻、高热导系数的微阵列结构对振动器件进行接触散热方法。

[0024] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0025] 首先在金属或者硅片基底上制备一定分布密度的微阵列结构,该阵列与基底呈垂直排列分布,单元尺寸可以是微米级或者纳米级,材料可为碳纳米管,或者铜纳米线,以及不仅限于这两种材料的其他导热良好的金属材料。

[0026] 微阵列结构的基底可以是平面状,也可以呈薄圆环形,在圆环内部生长垂直于表面的微阵列结构。

[0027] 本发明的上述微阵列结构,可直接作为压电变压器等振动器件工作中接触散热中的热界面材料。将微阵列结构直接与振动器件贴合,由于大规模范德瓦力的叠加作用,该结构将直接吸附在器件上,不需要额外施加预紧力。微阵列单元尺寸在微纳级别,能很好的填充器件表面的空洞或者缺陷,降低接触热阻;同时微阵列结构的高柔性也不会影响器件的振动性能,与器件之间无相对滑动,不会产生接触磨损。只要阵列密度合适,其良好的导热性能可以一定程度上满足振动器件对热管理的需求。

[0028] 本发明的上述振动器件,由于微阵列结构各向异性的特点,器件工作时的振动方向与阵列单元垂直即可。

[0029] 实施例1:

[0030] 以下以碳纳米管微阵列作为热界面材料为例,详细解释其在压电变压器工作散热中的应用:

[0031] 图1a示出了在矩形硅片基底上生长的碳纳米管微阵列结构,碳纳米管在基底上呈垂直排列分布,其单元为圆柱状,直径百纳米左右,高度为微米级,阵列密度在1%左右,通过激光干涉法测得其导热系数为 $10\text{--}20\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。

[0032] 图2示出了本实施例中要进行散热处理的矩形压电变压器及其平面扩张振型示意图。压电变压器横向上处于高频振动状态,若直接采用刚性散热器对其进行接触散热时,静止的散热器与变压器之间会存在相对滑动,影响变压器振动性能;同时会产生接触磨损,时间一长变压器与散热结构接触面上的电极磨损严重,大大降低变压器的使用寿命。

[0033] 图3为碳纳米管或铜纳米线微阵列用于压电变压器接触散热的结构示意图。以碳纳米管微阵列为例,压电变压器直接与基底上垂直排列分布的碳纳米管阵列贴合接触。阵列单元的端部尺寸在纳米级,因此能很好的填充压电变压器接触面上的微小缺陷或空洞,降低接触面热阻。基底上生长的数以百万计的碳管,当与压电变压器表面接触后,其产生的范德华作用力能保证碳管阵列与变压器表面稳定而紧密的接触,在变压器工作过程中不需要再额外施加作用力使二者贴合,散热结构会更加简单。另外,高长径比的碳纳米管横向上具有很强的机械柔顺性,当高频振动的压电变压器与微阵列结构贴合时,由于振动位移一般在微米级别,高柔性的碳管会产生随动,使得二者之间不会发生相对滑动,消除或者大大

降低了压电器件电极面的微动磨损,提高了使用寿命。同时这种高柔性状态下的随动,不会产生大的阻尼,使得微阵列散热结构对变压器的振动影响很小,保证了工作性能。

[0034] 图4a为压电变压器在三种不同热界面条件下的散热实验示意图。图4a中的(1)在硅片上贴合聚丙烯薄膜PP作为热界面材料与压电变压器接触,然后放置在铜散热器上进行散热;图4a中的(2)在硅片上生长碳纳米管阵列作为热界面材料与压电变压器接触,然后放置在铜散热器上进行散热;图4a中的(3)直接将聚丙烯薄膜PP作为热界面材料与压电变压器接触,然后放置在铜散热器上进行散热。

[0035] 图4b为压电变压器在图4a所示三种不同热界面条件下以及不加任何散热措施时,在相同的驱动功率下其稳定工作一段时间后的温升情况。可以看出,当不加任何散热措施时,压电变压器的温升达到了23℃;在聚丙烯薄膜+硅片+铜片作为接触散热措施时,压电变压器的温升为13℃;当不用硅片,直接聚丙烯薄膜+铜片进行接触散热时,压电变压器的温升为10℃;而以碳纳米管阵列+硅片+铜片作为接触散热措施时,压电变压器的温升仅为8℃。

[0036] 实施例2:

[0037] 碳纳米管微阵列结构在柱状振动器件中散热应用技术方案:

[0038] 图5中的图a示出了压电陶瓷管扭转振型示意图。对于这种圆周振动器件,由于不是常规平面运动状态,通常不方便对其进行散热管理。

[0039] 图5中的图b为在圆环状基底内壁,沿径向生长碳纳米管微阵列结构的示意图。基于上述碳纳米管阵列的高导热性、高柔性,在接触散热应用中能降低接触面热阻,而且无相对滑动、无接触磨损,因此可用于圆周振动器件的热管理应用。

[0040] 图6为采用上述径向生长的碳纳米管微阵列结构对扭转振动的压电陶瓷管进行接触散热应用的示意图。将内壁沿径向生长有一定密度碳纳米管阵列的圆环状散热基底套在压电陶瓷管外侧,碳纳米管阵列与陶瓷管紧密接触。基底上生长的数以百万计的碳管,其产生的范德华作用力能保证碳管阵列与陶瓷管表面稳定而紧密的接触,提供良好的接触散热条件,同时在陶瓷管工作过程中不需要再额外施加作用力进行固定。高长径比的碳纳米管沿圆周方向具有很强的机械柔顺性,而高频振动的压电陶瓷管位移一般在微米级,因此二者之间不会发生相对滑动,不影响器件的振动性能,同时消除或者大大降低了压电器件电极面的微动磨损。

[0041] 实施例3:

[0042] 下面以铜纳米线微阵列作为热界面材料为例,详细解释其在压电变压器工作散热中的应用:

[0043] 图1b示出了在矩形铜片基底上通过激光刻蚀或光刻技术加工的铜纳米线微阵列结构,铜纳米线在基底上呈垂直排列分布,其单元为长方体,横截面尺寸在百纳米左右,高度为微米级,阵列密度在1%左右。

[0044] 对于压电变压器在平面扩张工作模态下,采用铜纳米线微阵列结构进行接触散热的实施例,同样可用图3表示该方案的散热结构示意图。压电变压器直接与基底上垂直排列分布的铜纳米线阵列贴合接触。阵列单元的端部尺寸在纳米级,因此能很好的填充压电变压器接触面上的微小缺陷或空洞,降低接触面热阻。基于铜纳米线阵列同样的横向上高机械柔顺性、纵向上高导热系数,因此具有与碳纳米管阵列类似的接触散热优势,既不影响变

压器本身的振动性能,又很好的进行热损耗转移。

[0045] 总之,本发明通过在散热器基底大规模生长长径比高、阵列密度合适的微阵列结构,基于其纵向良好的导热性和范德华力作用,以及横向良好的柔度,可用于振动器件不宜于直接接触散热的场合。这种振动器件热管理方案,由于无相对滑动,不产生接触磨损,垂直于传热方向柔度高阻尼小,对器件振动影响低,并且传热方向上不需要额外的作用力进行固定,结构简单,可以一定程度上满足振动器件对热管理的需求。

[0046] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。

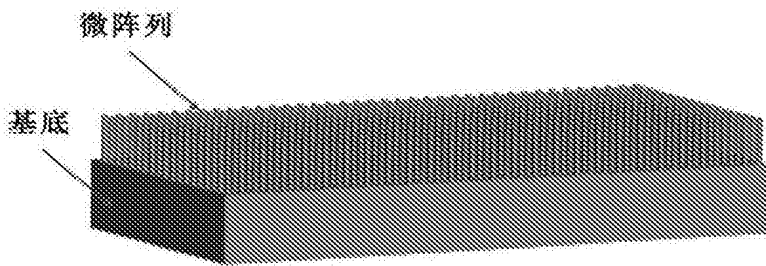


图1a

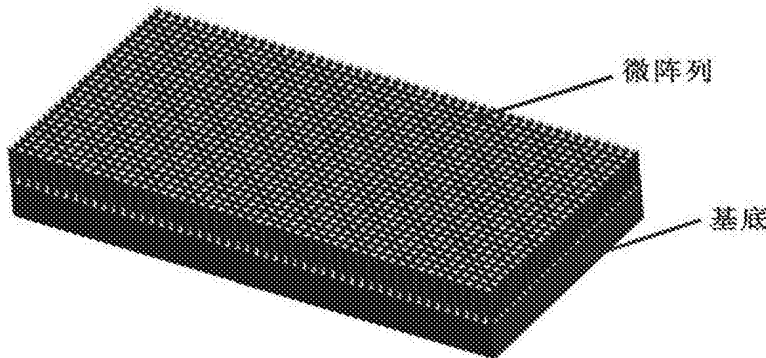


图1b

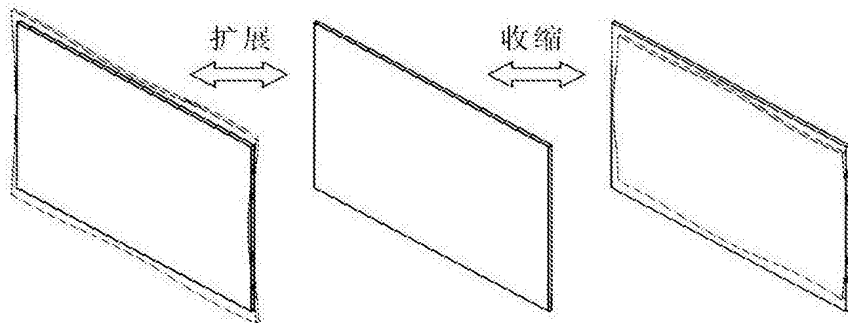


图2

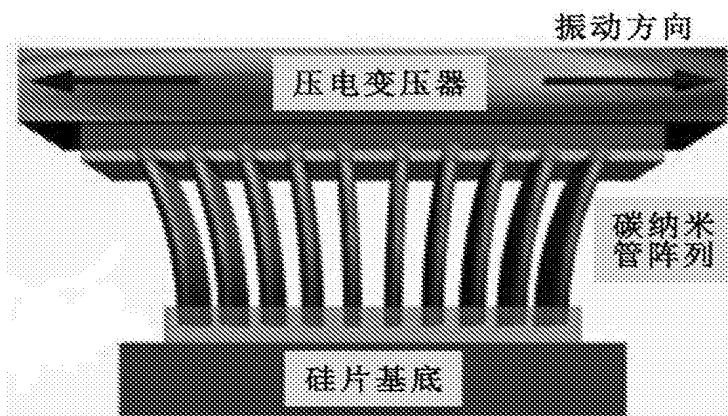


图3

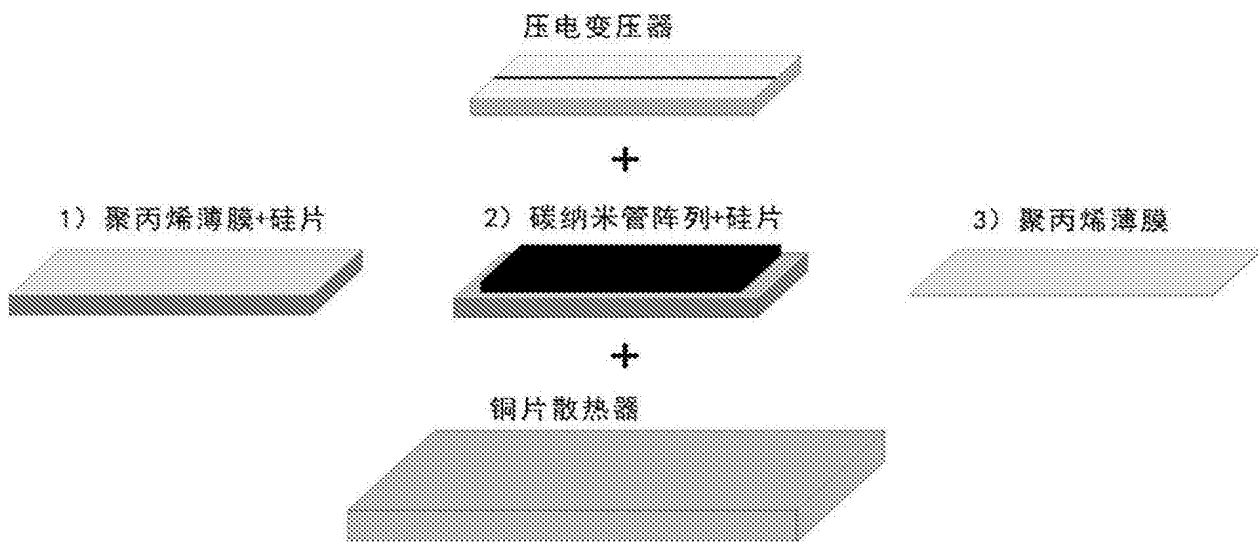


图4a

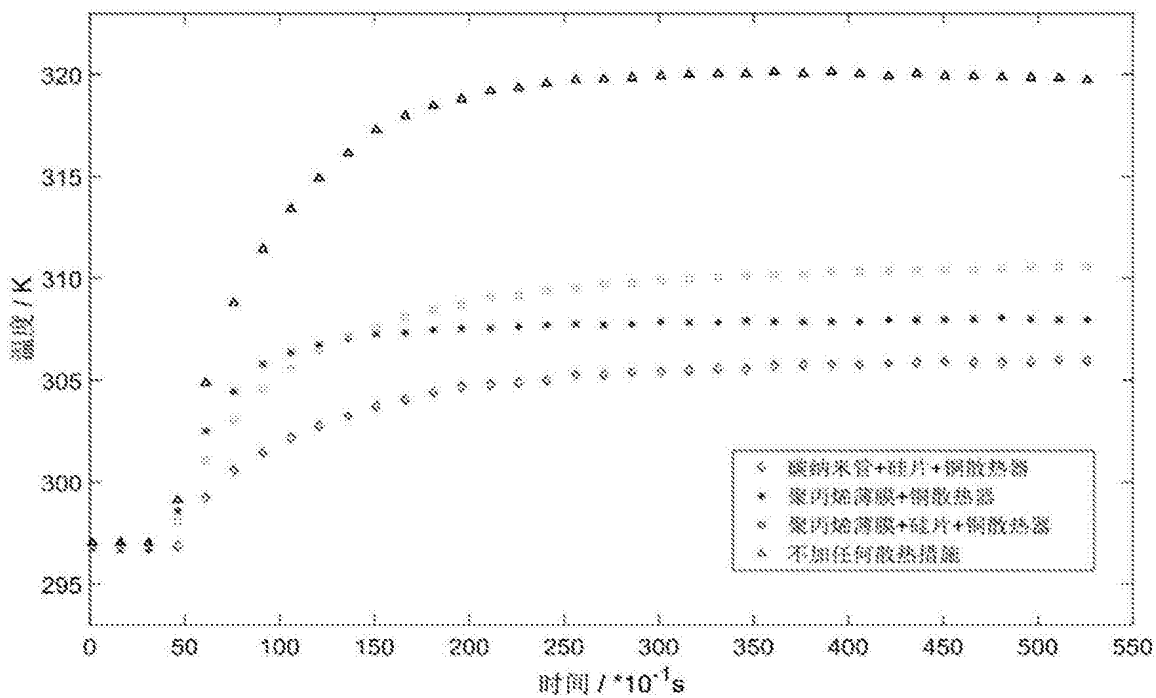


图4b

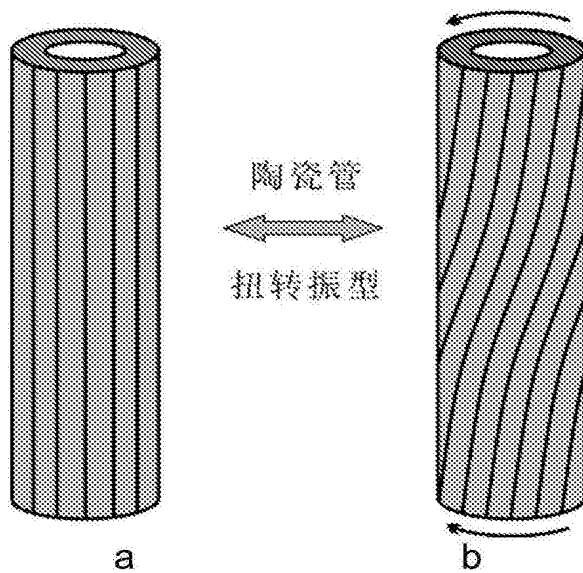


图5

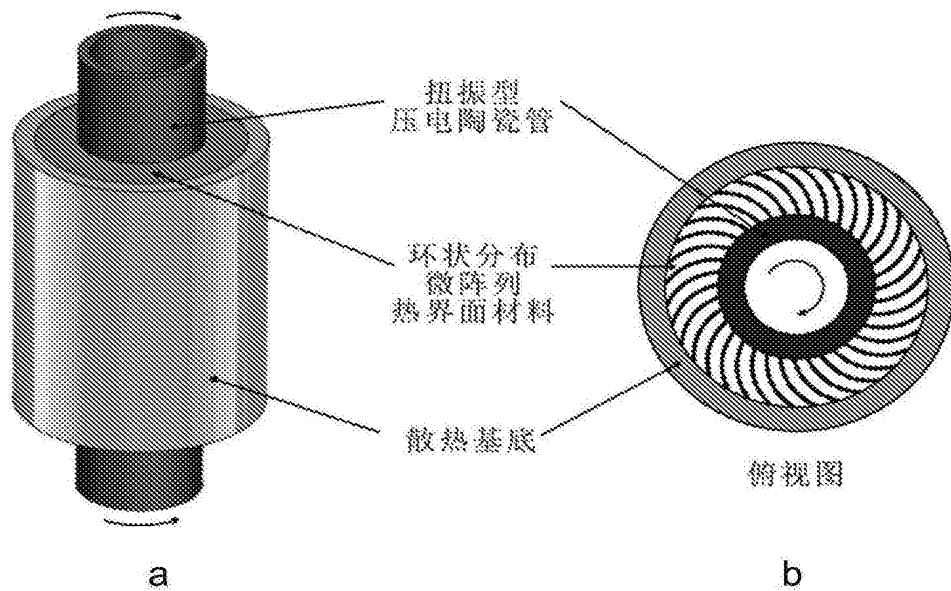


图6