



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109943002 B

(45)授权公告日 2020.08.07

(21)申请号 201910260099.1

C08K 3/16(2006.01)

(22)申请日 2019.04.02

C08J 3/075(2006.01)

C09K 5/04(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109943002 A

(56)对比文件

WO 2010011016 A1,2010.01.28

CN 103554356 A,2014.02.05

WO 2010011016 A1,2010.01.28

CN 1620335 A,2005.05.25

CN 1620335 A,2005.05.25

(43)申请公布日 2019.06.28

(73)专利权人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山  
武汉大学

Shirui Pu,et al..Bioinspired sweating with temperature sensitive hydrogel to passively dissipate heat from high-end wearable electronics.《Energy Conversion and Management》.2018,第180卷

(72)发明人 胡雪蛟 刘抗 蒲诗睿 楚文斌  
李柳香

审查员 于晓慧

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务  
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 杨宏伟

(51)Int.Cl.

C08L 33/26(2006.01)

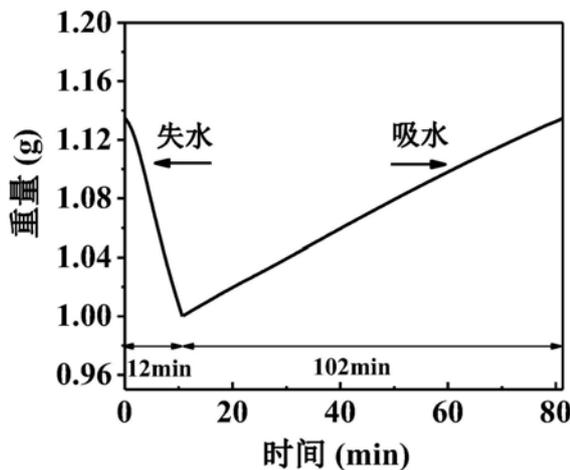
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种自吸湿水凝胶、制备方法以及基于其的热管理方法

(57)摘要

本发明公开一种自吸湿水凝胶、制备方法以及基于其的热管理方法,自吸湿水凝胶为耐盐水凝胶与一定浓度的吸湿盐溶液组成的可吸湿水凝胶。制备过程中首先制备耐盐水凝胶;然后将耐盐水凝胶加热烘干,之后将干燥后的水凝胶浸泡于高浓度吸湿性盐中,直至水凝胶完全溶胀后,取出即为自吸湿水凝胶。该自吸湿水凝胶在低温下能够吸收空气中的水分进行自动补水,在高温下水分蒸发能够带走大量热量,并能实现吸湿—散热的自动循环。本发明具有结构简单,散热能力优异的特点,能够模仿生物的发汗散热来智能地为各种需要散热的对象进行热管理。在无需外部动力的条件下可自动为发热体散热,并且具有无噪音、体积小、造价低,方便智能的特点。



1. 一种自吸湿水凝胶的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:  
步骤1、制备耐盐水凝胶;  
步骤2、将步骤1制备的耐盐水凝胶加热烘干,直至完全干燥;  
步骤3、将干燥后的水凝胶浸泡于高浓度吸湿性盐中;  
步骤4、直至水凝胶完全溶胀后,取出,即为自吸湿水凝胶;  
所述耐盐水凝胶为丙烯酰胺水凝胶或4-乙酰基丙烯酰乙酸乙酯水凝胶。
2. 如权利要求1所述的自吸湿水凝胶的制备方法,其特征在于:所述高浓度吸湿性盐为溴化锂、氯化锂或氯化钙盐溶液。
3. 如权利要求1所述的自吸湿水凝胶的制备方法,其特征在于:步骤2中,烘干的温度为40-90℃。
4. 如权利要求1所述的自吸湿水凝胶的制备方法,其特征在于:所述步骤2中,完全干燥判断标准为重量减少率小于1%。
5. 如权利要求1所述的自吸湿水凝胶的制备方法,其特征在于:所述步骤4中,完全溶胀标准为重量增加率小于1%。
6. 一种利用权利要求1所述制备方法制备的自吸湿水凝胶的发热体表面热管理方法,其特征在于:将自吸湿水凝胶置于发热体表面,当发热体表面温度升高时,自吸湿水凝胶开始发汗,内部的水分逐渐蒸发,大幅降低发热体的表面温度,当发热体表面温度降低后,自吸湿水凝胶自发吸收周围空气中的水分,使得自吸湿水凝胶再次溶胀,当发热体表面温度再次升高时,再次发汗降温,如此循环,完成发热体表面降温散热。
7. 如权利要求6所述的发热体表面热管理方法,其特征在于:所述发热体为太阳能电池、房屋、刹车片、芯片以及集成电路。
8. 一种自吸湿水凝胶,其特征在于:采用权利要求1-5任意一种制备方法制备。

## 一种自吸湿水凝胶、制备方法以及基于其的热管理方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于散热领域,涉及一种散热技术,尤其涉及一种自吸湿水凝胶、制备方法以及基于其的热管理方法。

### 背景技术

[0002] 几乎所有的电子发光、计算和能量转换器件在使用时,大部分的能量转换为热能,热量不能及时耗散就会使得器件温度升高。高温将影响器件的性能,比如影响二极管的使用寿命,降低芯片的稳定性和可靠性,降低太阳能电池的能量转换效率等等。并且,在摩尔定律和集成电路工业的推动下,电子设备往集成化和小型化方向发展。因此,热处理问题甚至成为了设备能否正常工作的关键因素。除了各类电子器件的发热问题严重,房屋、汽车、航空航天领域设备等的发热问题也非常严峻,严重影响人体舒适度。

[0003] 散热方式主要分为两大类:被动式散热和主动式散热。被动式散热系统,如:翅片、热管等,结构简单,无噪音,无额外电能消耗,但散热功率有限,不适用于散热要求较高的发热体。主动式散热系统,如:风扇、热电制冷片、水冷机等,结构复杂,通常带有体积庞大的附件,并且有噪音和电能消耗,但是散热能力优异。在小型设备的散热中,常用被动式散热装置,如石墨片和热管。石墨片热导率有限,因此散热能力很难有较大提升;热管的结构复杂,并且热端温度过高也会影响冷端的制冷能力。大型设备的散热主要采用主动式散热,常见的散热装置主要是风扇,空调,水冷塔等。在耗能的同时还存在结构复杂,造价过高,体积占用过大的问题。房屋、汽车等的散热主要使用空调。而据统计,超过40%的能源消耗和温室气体排放都与使用空调有关,并且制冷剂氟利昂还会对臭氧层进行破坏。此外,缺电、供电可靠性差或断电的情况也限制了空调的使用。

[0004] 水凝胶是一种含水量超过90%的准固态材料,能够模拟生物的发汗散热过程为发热体降温。当物体表面温度升高时,水凝胶开始发汗,内部的水分逐渐蒸发,可以大幅降低物体的表面温度。这种散热方式不仅结构简单,而且散热效果显著,是一种优异的被动式散热材料。但是,水凝胶发汗后需要将其取出,并浸泡于水中才能再次吸水,继而正常工作。频繁的手动补水不仅影响水凝胶的稳定性和有效性,使散热效果降低,还影响消费者的使用体验。并且,对于大型设备来说,水凝胶的用量庞大,人工手动补水根本无法实现。所以,寻求一种智能、高效、简单,并且使用范围广泛的散热方式势在必行,尤其是寻求一种能够实现自动补水的水凝胶。

### 发明内容

[0005] 为了解决各类发热体的散热问题,针对现阶段的水凝胶无法实现自动补水的问题,本发明提供了一种基于自吸湿水凝胶的热管理系统及其制备方法,具有体积可调、零噪音、低造价、智能以及应用范围广的特点。可直接铺设于各类物体表面,适用于电子设备,房屋、汽车等的散热。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

[0007] 一种自吸湿水凝胶,其特征在于:其为耐盐水凝胶与一定浓度的吸湿盐溶液组成的可吸湿水凝胶。

[0008] 一种自吸湿水凝胶的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0009] 步骤1、制备耐盐水凝胶;

[0010] 步骤2、将步骤1制备的耐盐水凝胶加热烘干,直至完全干燥;

[0011] 步骤3、将干燥后的水凝胶浸泡于高浓度吸湿性盐中;

[0012] 步骤4、直至水凝胶完全溶胀后,取出,即为自吸湿水凝胶。

[0013] 作为改进,所述耐盐水凝胶为丙烯酰胺水凝胶、聚丙烯酰胺水凝胶或4-乙酰基丙烯酰乙酸乙酯水凝胶。

[0014] 作为改进,所述高浓度吸湿性盐为溴化锂、氯化锂或氯化钙盐溶液。

[0015] 作为改进,步骤2中,烘干的温度为40-90℃。

[0016] 作为改进,所述步骤2中,完全干燥判断标准为重量减少率小于1%。

[0017] 作为改进,所述步骤4中,完全溶胀标准为重量增加率小于1%。

[0018] 一种利用上述自吸湿水凝胶的发热体表面热管理方法,其特征在于:将自吸湿水凝胶置于发热体表面,当发热体表面温度升高时,自吸湿水凝胶开始发汗,内部的水分逐渐蒸发,大幅降低发热体的表面温度,当发热体表面温度降低后,自吸湿水凝胶自发吸收周围空气中的水分,使得自吸湿水凝胶再次溶胀,当发热体表面温度再次升高时,再次发汗降温,如此循环,完成发热体表面降温散热。

[0019] 作为改进,所述发热体为太阳能电池、房屋、刹车片、芯片以及集成电路。

[0020] 本发明有益效果是:

[0021] 综上所述,本发明与传统的主动散热和被动散热方式不同,该自吸湿性水凝胶虽属于被动式散热方式,但具有结构简单,散热能力优异的特点,能够模仿生物的发汗散热来智能地为各种需要散热的对象(电子设备、房屋、汽车等)进行有效散热,并能在较短时间内实现水分的自动补充。该吸湿性水凝胶由耐盐水凝胶与吸湿性盐溶液复合而成。在低温下能够吸收空气中的水分进行自动补水,在高温下水分蒸发能够带走大量热量,并能实现吸湿-散热的自动循环。此装置在无需外部动力的条件下可自动为发热体散热,并且具有无噪音、体积小、造价低,方便智能、体积可调、零噪音、应用范围广和散热效果显著的特点。

## 附图说明

[0022] 图1为实施例所用自吸湿水凝胶的吸湿性能示意图;

[0023] 图2为实施例所用自吸湿水凝胶的散热性能示意图。

## 具体实施方式

[0024] 本发明提供了一种用于发热体表面热管理的自吸湿水凝胶,该自吸湿水凝胶是指耐盐水凝胶与一定浓度的吸湿盐溶液组成的可吸湿水凝胶。所述耐盐水凝胶为丙烯酰胺(AAM)水凝胶、聚丙烯酰胺水凝胶、4-乙酰基丙烯酰乙酸乙酯水凝胶等。所述吸湿盐溶液为溴化锂溶液、氯化锂溶液、氯化钙溶液等。所述可吸湿水凝胶表面平整光滑,可直接覆盖于需要散热的发热体表面。所述可吸湿水凝胶中吸湿盐溶液的浓度可调,以实现不同环境下和不同发热体表面温度下的有效吸湿和制冷。

[0025] 自吸湿水凝胶的制备方法包括如下步骤:

[0026] 步骤1、制备耐盐水凝胶,如:丙烯酰胺水凝胶、聚丙烯酰胺水凝胶、4-乙酰基丙烯酰乙酸乙酯水凝胶。

[0027] 步骤2、取一定量水凝胶于40-90℃条件下加热直至完全干燥。

[0028] 步骤3、将干燥后的水凝胶浸泡于高浓度吸湿性盐中,如:溴化锂、氯化锂、氯化钙等。

[0029] 步骤4、直至水凝胶完全溶胀后,取出。即为自吸湿水凝胶。

[0030] 完全干燥判断标准为重量减少率小于1%,比如间隔五分钟,两次称重变化率小于总重的1%。完全溶胀标准为重量增加率小于1%。采用方式也是比如间隔五分钟,两次称重变化率小于总重的1%。

[0031] 本发明中,电子设备、房屋、汽车等发热体表面温度过高时,自吸湿水凝胶中的水分可以进行发汗蒸发,为其散热,直到自吸湿水凝胶内部的水蒸气分压逐渐降低至环境水蒸气分压时蒸发停止。在电子设备处于待机、房屋在夜晚时段、汽车未使用状态时,又可实现在一定的环境温度和湿度下自动吸水,当自吸湿水凝胶内部的水蒸气分压增大至与环境水蒸气分压平衡,则停止吸水。整个过程都由吸湿盐溶液的浓度控制,所以可根据物体表面温度和所处环境温度湿度不同,调控吸湿盐溶液的浓度,实现吸湿-散热的自动循环。

[0032] 本发明所用原理:吸湿原理为吸湿盐溶液的水蒸气分压很低,它比同温度下纯水的饱和蒸气压力低得多,因而有强烈的吸湿性。而散热机制类似于生物体体温调节的机理,当发热体表面温度过高时,从自吸湿水凝胶(即“皮肤”)释放水分(即“汗”),利用水分的蒸发相变和质传递带走大量热量。比如环境温度为25℃,相对湿度60%时,水蒸气分压为1.9MPa,而同温度下质量分数为50%的溴化锂溶液的水蒸气分压为0.77MPa,环境与溶液的压差可驱动空气中的水蒸气向溶液扩散,实现吸湿。而45℃下质量分数为45%的溴化锂溶液的水蒸气分压为3.82MPa,远高于环境中(25℃,相对湿度60%)的水蒸气分压,因此可以实现蒸发散热。由上述原理可知,本发明对高浓度吸湿性盐的定义为,对于某种吸湿性盐,其内水蒸气分压小于大气环境中水蒸气分压时对应的浓度。

[0033] 本实施例提供的自吸湿水凝胶的具体制备方法如下:

[0034] 步骤1、在60mL去离子水中依次加入8.53g丙烯酰胺、0.0092g N,N'-亚甲基双丙烯酰胺、0.027g 2-羟基-4'-(2-羟乙氧基)-2-甲基苯丙酮。在磁力搅拌机中搅拌均匀。

[0035] 步骤2、加入0.449g的琼脂糖,在95℃下搅拌直至完全溶解。

[0036] 步骤3、将步骤2所得溶液倒入10×5×0.05cm<sup>3</sup>的模具中成型,此过程保持在加热台上进行,温度为60℃。

[0037] 步骤4、在步骤3的基础上,将模具放入冰箱冷藏室(2~3℃)0.5小时。

[0038] 步骤5、从冰箱取出模具,使用紫外灯(60W)在氮气氛下固化4小时,得到AAM水凝胶。

[0039] 步骤6、从模具中取出AAM水凝胶,并置于70℃的加热台上直至完全干燥。

[0040] 步骤7、将干燥好的AAM水凝胶浸没于质量分数为45%的LiBr溶液中2小时。

[0041] 步骤8、取出凝胶,擦拭表面多余的LiBr溶液,形成具有自动吸湿能力的水凝胶。

[0042] 本实施例中自吸湿水凝胶用于便携式电子设备的自动散热-补水性能测试如下:

[0043] 全国平均年气温和年相对湿度约为25℃,70%。在此环境中,为一功率为2W的芯片

进行散热。根据环境气温、湿度以及芯片表面温度确定吸湿性水凝胶中LiBr溶液的浓度在45% (蒸发) 和55% (吸湿) 进行循环。在为芯片散热时可实现12分钟内最高降温15.2℃, 吸湿性水凝胶最终浓度为55%。在吸湿性水凝胶自动补水时, 可实现100分钟回到初始浓度45%。

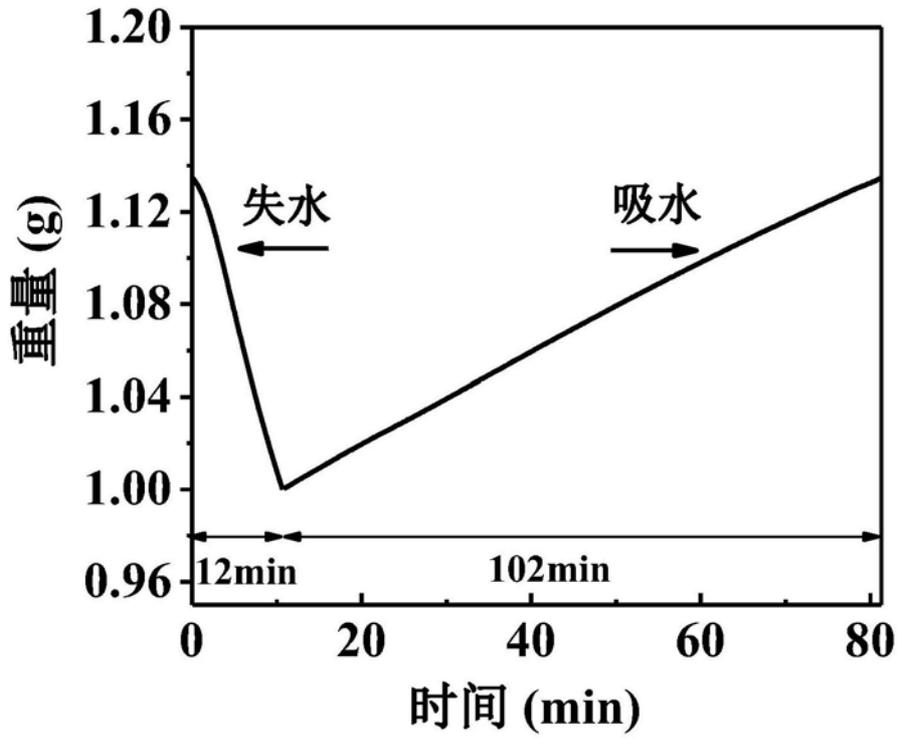


图1

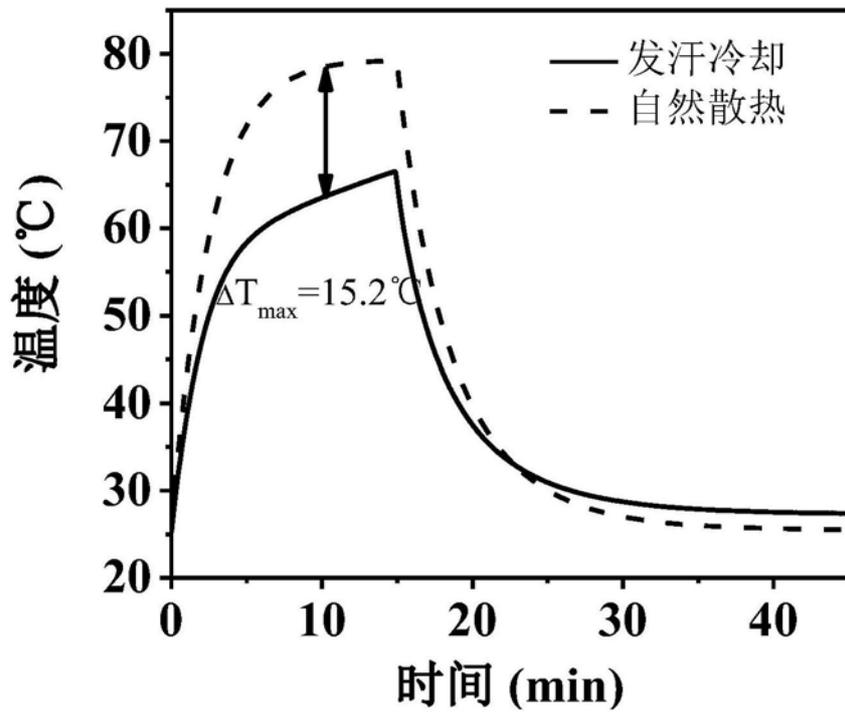


图2