



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111333868 A

(43)申请公布日 2020.06.26

(21)申请号 202010224414.8

C08F 220/56(2006.01)

(22)申请日 2020.03.26

C08F 222/38(2006.01)

(71)申请人 武汉大学

C08F 2/50(2006.01)

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山
武汉大学

H05K 7/20(2006.01)

(72)发明人 刘抗 胡雪蛟 蒲诗睿 廖雨田
傅佳

(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.

C08J 3/075(2006.01)

C08L 33/26(2006.01)

C08K 3/16(2006.01)

C08K 3/28(2006.01)

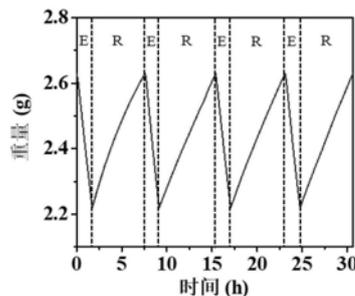
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种具有同步蒸发散热和余热回收能力的
复合水凝胶、制备方法及其热管理方法

(57)摘要

本发明公开一种具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶、制备方法及其热管理方法,该水凝胶为具交联结构水凝胶与吸湿盐和化学热电溶液组成。首先制备具交联结构水凝胶;然后将具交联结构水凝胶加热烘干,之后将干燥后的水凝胶浸泡于由吸湿性盐和化学热电材料形成的溶液中,直至水凝胶完全溶胀后,取出即为具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶。该水凝胶在高温下水分蒸发能够带走大量热量,同时将一部分的热量通过化学热电转换的方式转换为电能输出;在低温下能够吸收空气中的水分进行自动补水。本发明具有结构简单、性能优异、方便智能的特点,能够为发热对象同步去除废热和余热回收,解决高热及低品位热能浪费的问题。



1. 一种具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶,其特征在于:其为具三维交联结构的水凝胶、一定浓度吸湿盐和化学热电材料混合溶液组成的复合水凝胶。

2. 如权利要求1所述的复合水凝胶,其特征在于:所述具三维交联结构的水凝胶为聚丙烯酰胺水凝胶、聚丙烯酸钠水凝胶、海藻酸钠水凝胶和聚乙烯醇水凝胶中的任意一种或几种组合。

3. 如权利要求1所述的复合水凝胶,其特征在于:所述吸湿性盐为溴化锂、氯化锂或氯化钙盐,吸湿性盐的摩尔浓度0-17.3mol/L。

4. 如权利要求1所述的复合水凝胶,其特征在于:所述化学热电材料为铁氰化钾/亚铁氰化钾或铁氰化钾/亚铁氰化铵,化学热电材料的摩尔浓度0-0.4mol/L。

5. 一种具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、制备三维交联结构的水凝胶;

步骤2、将步骤1制备的水凝胶加热烘干,直至完全干燥;

步骤3、将干燥后的水凝胶浸泡于吸湿性盐和化学热电材料组成的混合溶液中;

步骤4、直至水凝胶完全溶胀后,取出,即为具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶。

6. 如权利要求5所述的具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶制备方法,其特征在于:所述吸湿性盐为溴化锂、氯化锂或氯化钙盐,吸湿性盐的摩尔浓度0-17.3mol/L。

7. 如权利要求5所述的具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶制备方法,所述化学热电材料为铁氰化钾/亚铁氰化钾或铁氰化钾/亚铁氰化铵,化学热电材料的摩尔浓度0-0.4mol/L。

8. 如权利要求5所述的具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶制备方法,其特征在于:所述步骤1中的水凝胶为聚丙烯酰胺水凝胶,聚丙烯酰胺水凝胶制备方法如下:

步骤1.1、以丙烯酰胺为单体,以N,N'-二甲基双丙烯酰胺为交联剂,2-羟基-4'-(2-羟乙氧基)-2-甲基苯丙酮为紫外引发剂制备混合溶液;

步骤1.2、将步骤1.1所得混合溶液倒入模具中;

步骤1.3、使用紫外灯在氮气氛围下固化6-10小时,得到聚丙烯酰胺水凝胶。

9. 一种利用权利要求1-5任意一项所述的复合水凝胶的热管理-余热回收方法,其特征在于:将该水凝胶置于热源表面,当热源表面温度升高时,该水凝胶内部的水分逐渐蒸发,降低热源的表面温度,并通过化学热电转换将一部分热量转换为电能输出;当热源表面温度降低后,该水凝胶又可自发吸收周围空气中的水分,使得该水凝胶再生,自动循环工作,完成热源表面降温和余热再利用,此后自动再生。

10. 如权利要求9所述的热管理-余热回收方法,其特征在于:所述热源为太阳能电池板、房屋、汽车、芯片、电池或集成电路。

一种具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶、制备方法及管理方法

技术领域

[0001] 本发明属于散热和余热回收领域,涉及一种同步散热和余热回收技术,尤其涉及一种具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶、制备方法及管理方法。

背景技术

[0002] 现代电子器件的微型化和集成化使得电子器件在工作时能量密度巨大,而大部分的能量最终转化为了热能,使器件面临温度过高的问题。而不良的温度不仅影响器件工作的稳定性,甚至还会带来安全性和使用寿命的问题。因此,解决器件的高温问题对提高器件的能源效率、促进经济繁荣、能源安全和环境保护至关重要。此外,电子器件工作时产生的废热一般属于低品位余热,在全球环境污染、能源短缺和能源利用率低的背景下,对低品位余热的再利用对节能减排的战略起到重要作用。现代电子器件对高效散热和废热回收的要求都很高,因为这两部分关系着器件的可靠性和能源效率。

[0003] 现有的散热方式主要有两种:被动式散热和主动式散热。现代电子器件的能量密度极高,普通的被动式方法的低散热能力很难满足高能量密度器件的要求。强迫风冷、水冷等主动冷却方法虽然有较高的冷却性能,但能耗高,需要复杂的辅助配件(如风机、水泵等)。传统的热回收方法,如热电模块,直接与热源接触,通常会带来额外的热阻,阻碍散热,并导致这些电子设备的核心组件高温。然而,有效的散热通常是耗能的,因为需要风扇或泵等辅助设备,这与提高器件的能源效率的初衷不符。因此,到目前为止,高效除热和废热回收是两个相互冲突的过程,不能同时实现。并且,有效的散热和余热回收方式也必须顺应现代电子器件的发展方向。

[0004] 水凝胶作为一类含水量极高(可以超过90%)的材料,能保持其三维网络结构而呈现固态。水凝胶内部的水分可以自由蒸发,当物体表面温度升高时,水凝胶可以大幅降低物体的表面温度,是一种优异的被动式散热材料。此外,水凝胶中的液态水也使得离子扩散和传输等行为不受影响。但是,一般的水凝胶会持续失水,即使在室温下水凝胶中的水分也会逐渐减少直至完全干燥,不具环境稳定性。并且,普通水凝胶的失水不可自动逆转,必须将其浸泡于液态水中才能恢复原状,继而正常工作。这些缺陷使得水凝胶的应用具有局限性,频繁的手动补水还会影响水凝胶结构和性能的稳定性和有效性。所以,寻求一种智能、简单、高效的散热和余热回收方式至关重要。

发明内容

[0005] 为了解决各类热源的高热和废热浪费问题,针对现阶段的水凝胶不具环境稳定性和无法实现自动补水的问题,本发明提供了一种可实现同步散热和余热回收并可自动补水的复合水凝胶,可应用于热管理和余热再利用领域。具有智能方便、可重复工作、体积可调、零噪音、低造价以及应用范围广的特点。可适用于多种热源物体表面,如:电子设备、房屋、汽车等。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

[0007] 一种具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶,其特征在于:其为具三维交联结构的水凝胶、一定浓度吸湿盐和化学热电材料混合溶液组成的复合水凝胶。并且,该水凝胶能够兼具散热、余热回收和自动再生的能力。

[0008] 优选地,所述具三维交联结构的水凝胶为聚丙烯酰胺水凝胶、聚丙烯酸钠水凝胶、海藻酸钠水凝胶和聚乙烯醇水凝胶中的任意一种或几种组合。

[0009] 一种具有同步蒸发散热和余热回收能力水凝胶的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0010] 步骤1、制备三维交联结构的水凝胶;

[0011] 步骤2、将步骤1制备的水凝胶加热烘干,直至完全干燥;

[0012] 步骤3、将干燥后的聚丙烯酰胺水凝胶浸泡于吸湿性盐和化学热电材料组成的混合溶液中;

[0013] 步骤4、直至水凝胶完全溶胀后,取出,即为具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶。

[0014] 作为改进,所述吸湿性盐为溴化锂、氯化锂或氯化钙盐,吸湿性盐的摩尔浓度0-17.3mol/L。

[0015] 作为改进,所述化学热电材料为铁氰化钾/亚铁氰化钾或铁氰化钾/亚铁氰化铵,化学热电材料的摩尔浓度0-0.4mol/L。

[0016] 一种利用上述具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶的热管理-余热回收方法,其特征在于:将具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶置于热源表面,当热源表面温度升高时,水凝胶内部的水分开始蒸发,大幅降低发热体的表面温度,同时通过化学热电转换将一部分热量转换为电能输出;当热源表面温度降低后,具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶自发吸收周围空气中的水分,使得具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶再次溶胀。如此循环工作,完成热源表面温度控制和余热再利用。

[0017] 作为改进,所述热源为太阳能电池、房屋、汽车、芯片、电池以及集成电路。

[0018] 本发明有益效果是:

[0019] 综上所述,本发明中的具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶兼具蒸发散热、余热回收和自动再生的功能。该水凝胶的温度控制方式属于被动式散热方式,结构简单,但散热能力优异,能够智能地为各种需要进行温度管理的对象(电子设备、房屋、汽车等)进行有效散热。本发明中的热电转换方式属于化学热电转换方式,热电化学材料中氧化还原对在溶液中的迁移和电子转移过程中的熵变是能量转换的根本原因。

[0020] 本发明中的自动再生功能由吸湿盐进行调控,吸湿盐能够显著降低水凝胶的蒸气压,通过调节吸湿盐的浓度可控制水凝胶蒸发-再生的速率。该具有同步蒸发散热和余热回收能力水凝胶由具三维交联结构水凝胶与吸湿性盐和热电化学材料溶液复合而成。工作模式为:在高温下,水凝胶中的水分蒸发能够带走大量热量,控制热源的温度,并同步实现热电转换将多余的热能转换为电能输出;在低温下,水凝胶能够自动吸收空气中的水分进行自动补水,恢复溶胀状态。该水凝胶能够重复使用,具有自动循环能力。此装置工作无需外部动力,并且具有无噪音、体积小、造价低,方便智能、体积可调、零噪音、应用范围广的特点。

附图说明

[0021] 图1为实施例1所用具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶为芯片工作时循环蒸发-吸湿过程示意图,E表示蒸发,R表示吸水。

[0022] 图2为实施例1所用具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶为芯片工作时的散热性能示意图;

[0023] 图3为实施例1所用具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶为芯片工作时的余热回收性能示意图。

[0024] 图4为实施例2所用具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶为手机锂离子电池工作时的散热性能示意图;

[0025] 图5为实施例2所用具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶为手机锂离子电池工作时的余热回收能力(I-V曲线)。

[0026] 图6为实施例2所用具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶为手机锂离子电池工作时自动补水所需时间。

[0027] 图7为实施例3所用具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶为钙钛矿太阳能电池板工作时的散热性能示意图;

[0028] 图8为实施例3所用具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶为钙钛矿太阳能电池板工作时的余热回收能力(I-V曲线)。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和实施例对本发明的实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不能用来限制本发明的范围,本发明实施例以聚丙烯酰胺水凝胶为例进行说明,其它水凝胶也适用。

[0030] 本发明提供了一种用于热源表面热管理和余热再利用的复合水凝胶,该同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶是指聚丙烯酰胺水凝胶与一定浓度的吸湿盐和化学热电材料溶液组成的材料。所述吸湿盐为溴化锂、氯化锂、氯化钙等,摩尔浓度0-17.3mol/L。所述化学热电材料为铁氰化钾/亚铁氰化钾或铁氰化钾/亚铁氰化铵等,摩尔浓度0-0.4mol/L。所述具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶表面平整光滑,可直接覆盖于热源表面。所述具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶中由吸湿盐和化学热电材料组成的混合溶液的浓度可调,以实现不同环境下和不同发热体表面温度下的有效吸湿、散热和余热回收。具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶的制备方法包括如下步骤:

[0031] 步骤1、制备聚丙烯酰胺水凝胶

[0032] 步骤2、取一定量聚丙烯酰胺水凝胶完全干燥。

[0033] 步骤3、将干燥后的聚丙烯酰胺水凝胶浸泡于吸湿性盐和化学热电材料组成的混合溶液中,吸湿性盐如:溴化锂、氯化锂、氯化钙等,摩尔浓度0-17.3mol/L;化学热电材料为铁氰化钾/亚铁氰化钾或铁氰化钾/亚铁氰化铵等,摩尔浓度0-0.4mol/L。

[0034] 步骤4、直至水凝胶完全溶胀后,取出。即为具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶。

[0035] 本发明中,电子设备、房屋、汽车等发热体表面温度过高时,具有同步蒸发散热和

余热回收能力的复合水凝胶中的水分可以进行蒸发,降低热源表面温度,并同时将一部分热能转换为电能。在电子设备处于待机、房屋在夜晚时段、汽车未使用状态时,又可实现自动从周围环境中吸水再生。整个过程又温度控制,自动工作。水凝胶在蒸发和吸水过程的速率由吸湿盐溶液的摩尔浓度控制,可根据热源工作条件不同,调控吸湿盐溶液的浓度,实现有效的散热和余热再利用。

[0036] 本发明所用原理:具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶自动再生的原理为吸湿盐的饱和蒸气压很低,当复合水凝胶中含有吸湿盐时,复合水凝胶的蒸气压由吸湿盐的浓度控制。当复合水凝胶的蒸气压低于环境的蒸气压时,复合水凝胶就可以实现从环境中自动吸水。散热机制则是利用具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶在高温下的饱和蒸气压比环境高,因此当热源表面温度过高时,水分可从具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶中蒸发,由于水的潜热较大,因此可以带走大量的热量。而热电转换原理则是当具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶两个表面存在温差时,由于氧化还原反应对温度有依赖性,化学热电材料中的氧化还原对会在阳极发生氧化反应,在阴极发生还原反应,在此过程中离子在溶液中的迁移和电子转移过程中的熵变是能量转换的主要原因。

[0037] 实施例1

[0038] 本实施例提供的,具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶的具体制备方法如下:

[0039] 步骤1、2M丙烯酰胺为单体,0.001M N,N'-二甲基双丙烯酰胺为交联剂,0.002M 2-羟基-4'-(2-羟乙氧基)-2-甲基苯丙酮为紫外引发剂制备混合溶液。

[0040] 步骤2、将步骤1所得溶液倒入 $10 \times 5 \times 3.6\text{cm}^3$ 的模具中。

[0041] 步骤3、使用紫外灯在氮气氛围下固化8小时,得到聚丙烯酰胺水凝胶。

[0042] 步骤4、从模具中取出聚丙烯酰胺水凝胶,并置于 60°C 的加热台上直至完全干燥。

[0043] 步骤5、将干燥好的聚丙烯酰胺水凝胶浸没于铁氰化钾/亚铁氰化钾(0.1M)与溴化锂(9.4M)的混合溶液中直至完全溶胀。

[0044] 步骤6、取出凝胶,擦拭表面多余的溶液,形成同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶。

[0045] 本实施例中具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶用于芯片的同步散热和余热回收以及自动补水性能测试如下:

[0046] 在环境温度 25°C ,环境相对湿度70%,水凝胶样品尺寸为 $30\text{mm} \times 25\text{mm} \times 3.6\text{mm}$ 进行蒸发-吸湿循环能力测试。水凝胶的蒸发在 50°C 下进行,吸水在环境条件下进行,精度0.01mg的天平记录水凝胶的重量变化。整个蒸发过程失水0.418g,蒸发时间 $\sim 1.7\text{h}$;自动补水过程中水凝胶恢复到初始状态所需时间 $\sim 5.88\text{h}$ 。经过4次循环测试,水凝胶蒸发的水量一致,蒸发和再生所需时间也基本一致。在环境温度 25°C ,环境相对湿度70%,水凝胶样品尺寸 $30\text{mm} \times 25\text{mm} \times 3.6\text{mm}$ 为一功率密度为 $1333\text{W}/\text{m}^2$ 的芯片进行同步散热和余热回收能力测试。加热片与水凝胶之间有钛片,水凝胶表面是钛网,钛片和钛网作为电极收集水凝胶的输出电流和电压,钛网覆盖在水凝胶表面保证水蒸气可以通过。在没有任何散热措施的芯片温度将升高到 61°C ,有水凝胶的发汗冷却情况下,芯片表面温度保持在 39°C 到 45°C 之间,为芯片最高降温 22°C 。与此同时,在120分钟时输出了 $0.28\mu\text{W}$ 的电能。

[0047] 实施例2

[0048] 本实施例提供的具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶的具体制备方法如下:

[0049] 步骤1、2M丙烯酰胺为单体,0.001M N,N'-二甲基双丙烯酰胺为交联剂,0.002M 2-羟基-4'-(2-羟乙氧基)-2-甲基苯丙酮为紫外引发剂制备混合溶液。

[0050] 步骤2、将步骤1所得混合溶液倒入 $10 \times 6 \times 2 \text{cm}^3$ 的模具中。

[0051] 步骤3、使用紫外灯在氮气氛围下固化8小时,得到聚丙烯酰胺水凝胶。

[0052] 步骤4、从模具中取出聚丙烯酰胺水凝胶,并置于 60°C 的加热台上直至完全干燥。

[0053] 步骤5、将干燥好的聚丙烯酰胺水凝胶浸没于铁氰化钾/亚铁氰化钾(0.1M)与溴化锂(5.4M)的混合溶液中直至完全溶胀。

[0054] 步骤6、取出凝胶,擦拭表面多余的溶液,形成具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶。

[0055] 本实施例中具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶用于手机锂离子电池的同步散热和余热回收以及自动补水性能测试如下:

[0056] 环境温度和湿度分别为 $\sim 26^\circ\text{C}$ 和 $\sim 80\% \text{RH}$ 。测试锂离子电池在不同放电倍率情况下自然散热和水凝胶发汗冷却方式的散热效果,以及在水凝胶散热时将锂离子电池的废热利用能力。锂离子电池的容量为5000mAh,额定电压为3.7V,水凝胶尺寸 $10 \text{cm} \times 6 \text{cm} \times 2 \text{mm}$ 。在没有任何散热措施的情况下,锂离子电池在放电倍率1.6C、1.8C、2.0C和2.2C时,表面温度高达 49°C 、 62°C 、 69°C 和 78°C ,而使用水凝胶能使电池温度分别降低了 6.5°C 、 13.2°C 、 15.7°C 和 20°C 。在水凝胶为电池散热的同时,在2.2C的放电倍率下,水凝胶输出了14.5mV的电压和1.4mA的电流,通过水凝胶额外获得 $5 \mu\text{W}$ 的电能。在相同的环境条件下,测试在不同放电倍率工作后水凝胶自动补水所需时间。锂离子电池工作16min后即停止放电,放电倍率分别为1.6C、1.8C、2.0C和2.2C时,水凝胶的再生时间分别为63min、87min、146min和193min。

[0057] 实施例3

[0058] 本实施例提供的,具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶的具体制备方法如下:

[0059] 步骤1、2M丙烯酰胺为单体,0.001M N,N'-二甲基双丙烯酰胺为交联剂,0.002M 2-羟基-4'-(2-羟乙氧基)-2-甲基苯丙酮为紫外引发剂制备混合溶液。

[0060] 步骤2、将步骤1所得混合溶液倒入 $10 \times 10 \times 4 \text{cm}^3$ 的模具中。

[0061] 步骤3、使用紫外灯在氮气氛围下固化8小时,得到聚丙烯酰胺水凝胶。

[0062] 步骤4、从模具中取出聚丙烯酰胺水凝胶,并置于 60°C 的加热台上直至完全干燥。

[0063] 步骤5、将干燥好的聚丙烯酰胺水凝胶浸没于铁氰化钾/亚铁氰化钾(0.1M)与溴化锂(5.4M)的混合溶液中直至完全溶胀。

[0064] 步骤6、取出凝胶,擦拭表面多余的溶液,形成具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶。

[0065] 本实施例中具有同步蒸发散热和余热回收能力的复合水凝胶用于太阳能电池的同步散热和余热回收性能测试如下:

[0066] 在一个太阳($100 \text{mW}/\text{cm}^2$)的光照下,自然散热的钙钛矿电池的表面温度高达 73°C ,而使用水凝胶(尺寸 $10 \text{cm} \times 10 \text{cm} \times 4 \text{mm}$)进行散热的太阳能电池板表面温度在初期仅为 ~ 53

℃,经6.5h后逐渐升高至58℃,温度降低了15℃~20℃。在TG水凝胶进行发汗冷却的同时,在6.5h对水凝胶输出的I-V曲线进行扫描,此时的电流为~1.27mA,电压可达到~10mV,水凝胶此时额外获得的电增益为3.2μW。

[0067] 以上实施方式仅用于说明本发明,而非对本发明的限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行各种组合、修改或者等同替换,都不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

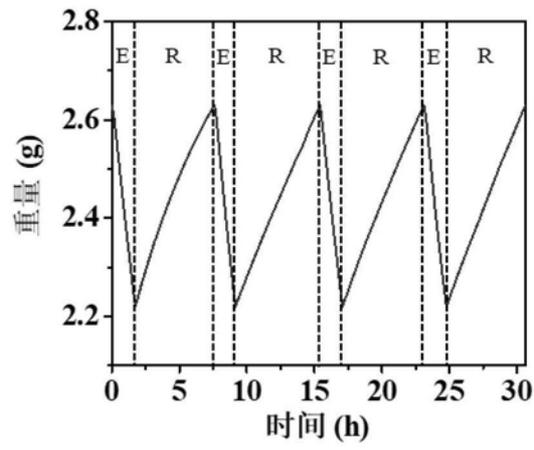


图1

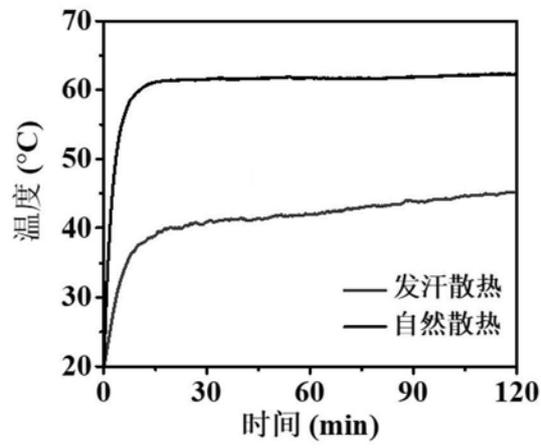


图2

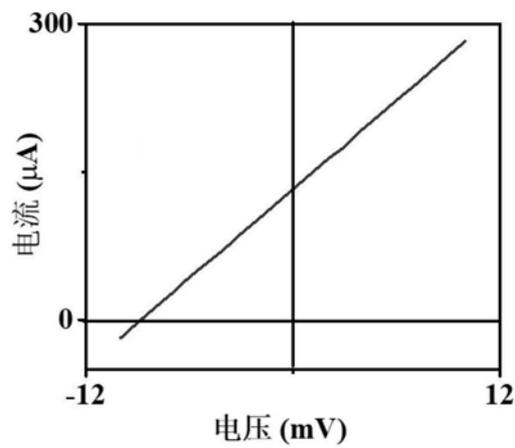


图3

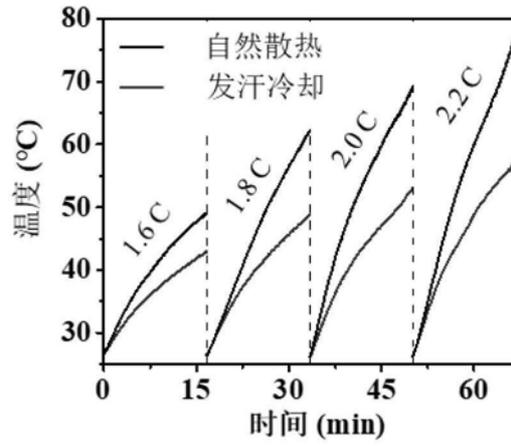


图4

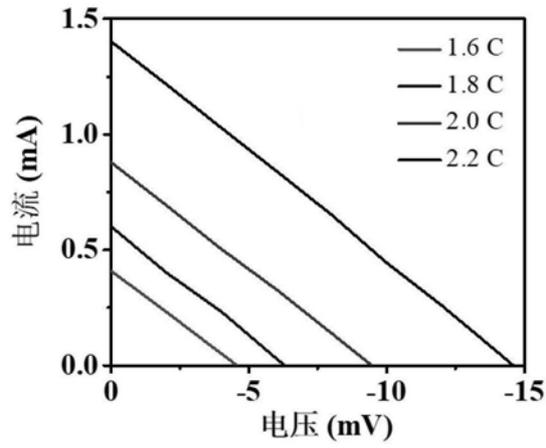


图5

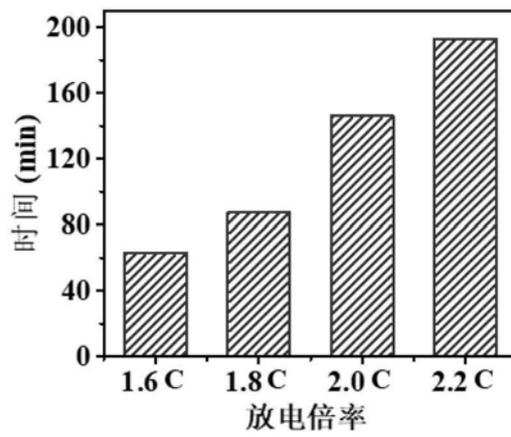


图6

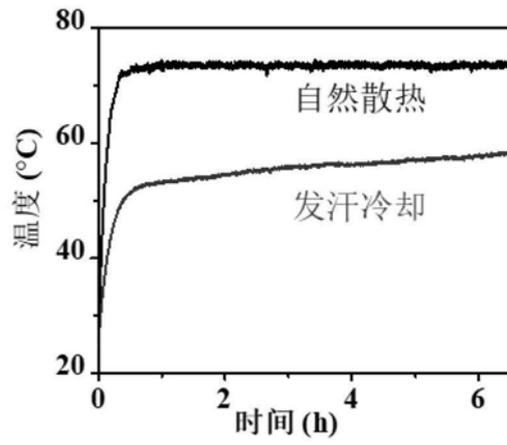


图7

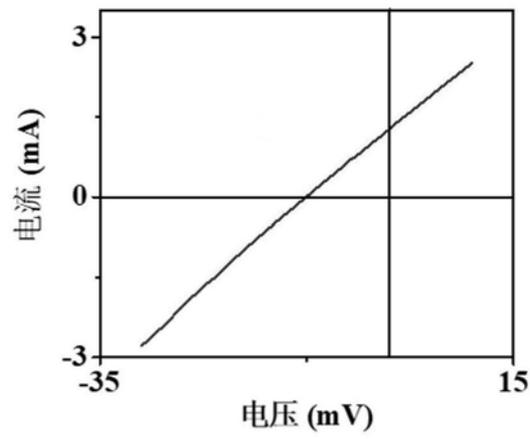


图8