



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107342421 A

(43)申请公布日 2017.11.10

(21)申请号 201710462241.1

(22)申请日 2017.06.19

(71)申请人 苏州大学

地址 215123 江苏省苏州市工业园区仁爱
路199号

(72)发明人 陈煜 谢易昊

(74)专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有
限公司 32103

代理人 孙防卫

(51)Int.Cl.

H01M 4/583(2010.01)

H01M 10/054(2010.01)

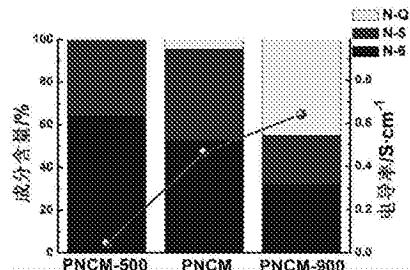
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料、制
备方法及其应用

(57)摘要

本发明涉及一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳
负极材料、制备方法及其应用,它包括以下步骤:
(a)使三聚氰胺与甲醛溶液进行反应得到含有三
聚氰胺甲醛树脂的混合溶液;(b)向所述混合溶
液中加入氧化石墨烯,在90~98℃搅拌加热1~3小
时,进行离心分离,倾掉上层清液,并干燥剩余产
物;所述三聚氰胺与所述氧化石墨烯的质量比为
12.5~25:1;(c)将干燥后的所述剩余产物置于惰
性气体气氛中在500~900℃进行碳化处理即可。
使得碳材料有利于电解液的渗透以及钾离子在
电解液中的扩散,高含量的吡啶氮掺杂大大增强
了材料的导电性,在材料表面产生很多缺陷,为
钾离子提供了很多活性位点,并且扩大了材料的
层间距。



1. 一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法,其特征在于,它包括以下步骤:
 - (a)使三聚氰胺与甲醛溶液进行反应得到含有三聚氰胺甲醛树脂的混合溶液;
 - (b)向所述混合溶液中加入氧化石墨烯,在90~98℃搅拌加热1~3小时,进行离心分离,倾掉上层清液,并干燥剩余产物;所述三聚氰胺与所述氧化石墨烯的质量比为12.5~25:1;
 - (c)将干燥后的所述剩余产物置于惰性气体气氛中在500~900℃进行碳化处理即可。
2. 根据权利要求1所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法,其特征在于:步骤(c)中,将所述剩余产物置于管式炉中部进行碳化处理,其升温速率为1~5℃/min。
3. 根据权利要求1所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法,其特征在于:步骤(a)中,将所述三聚氰胺溶于去离子水中并转入反应容器,随后加入甲醛溶液,在60~80℃搅拌加热至溶液变澄清;当所述甲醛溶液的质量浓度为37%时,所述三聚氰胺和所述甲醛溶液的比例为1.25~2.5g:2~4.5ml。
4. 一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料,它由权利要求1至3中任一所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法制成。
5. 根据权利要求4所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的应用,其特征在于,它包括以下步骤:
 - (a)将所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料、乙炔黑和羧甲基纤维素按比例混合后,涂到铜箔上形成负极;
 - (b)将所述负极直接与纯钾片、隔膜和电解质组装成钾离子半电池;或者与预充钾处理的PTCDA正极、隔膜和电解质组装成钾离子全电池。
6. 根据权利要求5所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的应用,其特征在于:所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料、乙炔黑与羧甲基纤维素的质量比为6~8:0.5~2:0.5~2。
7. 根据权利要求5所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的应用,其特征在于:所述隔膜为GF/A系列玻璃纤维滤纸。
8. 根据权利要求5所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的应用,其特征在于:所述电解液为含有KPF₆、EC和DEC的混合溶液,KPF₆的浓度为0.5~1mol/L,EC和DEC的体积比为2:1~1:2。

一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料、制备方法及其应用

技术领域

[0001] 本发明属于能源器件领域,涉及一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料,具体涉及一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料、制备方法及其在钾离子电池中的应用。

背景技术

[0002] 锂离子电池现今被广泛应用于电子移动设备和电动汽车中,由于其需求量越来越大,锂的消耗也逐年增加。稀缺的储存量以及高昂的价格限制了锂电池的发展,因此急需寻找一种新型的储能器件代替锂电池实现大规模的储能应用。

[0003] 近年来,许多低成本的新型电池体系被研究,这其中,钾离子电池还处在初步发展阶段。与锂相比,钾元素在地壳中的储量丰富、分布广泛,并且钾的化学性质与锂相近,这说明在锂离子电池研究中所得的经验同样也能应用于钾离子电池中。不过由于钾的原子半径大于锂,钾离子电池的发展收到了限制。因此需要找到一种能为钾离子储存和运输提供足够空间的电池材料。

[0004] 由于低成本、高电子导电率以及可调节层间距等原因,碳材料被认为是极具有前景的钾离子负极材料。然而,目前的研究表明碳材料作为钾离子电池负极提供的容量远远低于锂离子电池的容量,因此需要对现有碳材料的制备方法进行改善。最近的研究提到氮掺杂,尤其是吡啶型氮的掺杂对提高电池的容量起到了重要的作用。

发明内容

[0005] 本发明目的是为了克服现有技术的不足而提供一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法,其制备工艺简单,可作为钾离子电池负极活性材料制备具有高容量的钾离子电池。

[0006] 为解决以上技术问题,本发明采取的一种技术方案是:一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法,它包括以下步骤:

(a)使三聚氰胺与甲醛溶液进行反应得到含有三聚氰胺甲醛树脂的混合溶液;

(b)向所述混合溶液中加入氧化石墨烯,在90~98℃搅拌加热1~3小时,进行离心分离,倾掉上层清液,并干燥剩余产物;所述三聚氰胺与所述氧化石墨烯的质量比为12.5~25:1;

(c)将干燥后的所述剩余产物置于惰性气体气氛中在500~900℃进行碳化处理即可。

[0007] 优化地,步骤(c)中,将所述剩余产物置于管式炉中部进行碳化处理,其升温速率为1~5℃/min。

[0008] 优化地,步骤(a)中,将所述三聚氰胺溶于去离子水中并转入反应容器,随后加入甲醛溶液,在60~80℃搅拌加热至溶液变澄清;当所述甲醛溶液的质量浓度为37%时,所述三聚氰胺和所述甲醛溶液的比例为1.25~2.5g:2~4.5ml。

[0009] 本发明的又一目的在于提供一种上述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法制成的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料。

[0010] 本发明的再一目的在于提供一种上述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的应用,

它包括以下步骤：

(a) 将所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料、乙炔黑和羧甲基纤维素按比例混合后，涂到铜箔上形成负极；

(b) 将所述负极直接与纯钾片、隔膜和电解质组装成钾离子半电池；或者与预充钾处理的PTCDA正极、隔膜和电解质组装成钾离子全电池。

[0011] 优化地，所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料、乙炔黑与羧甲基纤维素的质量比为6~8:0.5~2:0.5~2。

[0012] 优化地，所述隔膜为GF/A系列玻璃纤维滤纸。

[0013] 优化地，所述电解液为含有KPF₆、EC和DEC的混合溶液，KPF₆的浓度为0.5~1mol/L，EC和DEC的体积比为2:1~1:2。

[0014] 由于上述技术方案运用，本发明与现有技术相比具有下列优点：本发明高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法，成本低廉、重复性好，以三聚氰胺甲醛树脂为模板和氮源，制备出的碳材料具有高达10.1%的吡啶氮掺杂，使得碳材料有利于电解液的渗透以及钾离子在电解液中的扩散，高含量的吡啶氮掺杂大大增强了材料的导电性，在材料表面产生很多缺陷，为钾离子提供了很多活性位点，并且扩大了材料的层间距；使制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子电池负极，具有优良的倍率性能、循环性能，尤其是提供了很高的可逆容量，解决了现阶段钾离子电池可逆容量低的问题。

附图说明

[0015] 附图1为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料在高放大倍数下的SEM图；

附图2为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料在低放大倍数下的SEM图；

附图3为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料与还原氧化石墨烯的XRD对比图；

附图4为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的XPS全谱图；

附图5为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的N1s XPS图；

附图6为实施例2中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的SEM图；

附图7为实施例3中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的SEM图；

附图8为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子半电池负极在电流密度为20mA g⁻¹时的电化学性能图；

附图9为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子半电池负极在电流密度为50mA g⁻¹时的电化学性能图；

附图10为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子半电池负极在不同电流密度下的倍率性能图；

附图11为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子半电池负极在电流密度为500mA g⁻¹时的电化学性能图；

附图12为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子半电池负极在电流密度为1000mA g⁻¹时的电化学性能图；

附图13为实施例1-3中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料不同氮成分的含量以及对应的电导率对比；

附图14为实施例1-3中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料的阻抗图谱对比；

附图15为实施例1-3中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料在电流密度为 100mA g^{-1} 时的循环性能对比；

附图16为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子全电池负极在电流密度为 500mA g^{-1} 时的电化学性能图；

附图17为实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子全电池负极在不同电流密度下的倍率性能图；

附图18为基于实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的纽扣式钾离子全电池向可穿戴设备供电图；

附图19为基于实施例1中制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的软包式钾离子全电池向LED灯泡供电图。

具体实施方式

[0016] 本发明高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法，它包括以下步骤：(a)使三聚氰胺与甲醛溶液进行反应得到含有三聚氰胺甲醛树脂的混合溶液；(b)向所述混合溶液中加入氧化石墨烯，在 $90\sim98^\circ\text{C}$ 搅拌加热1~3小时，进行离心分离，倾掉上层清液，并干燥剩余产物；所述三聚氰胺与所述氧化石墨烯的质量比为 $12.5\sim25:1$ ；(c)将干燥后的所述剩余产物置于惰性气体气氛中在 $500\sim900^\circ\text{C}$ 进行碳化处理即可。该方法成本低廉、重复性好，并且以三聚氰胺甲醛树脂为模板和氮源，制备出的碳材料具有高达10.1%的吡啶氮掺杂，使得碳材料有利于电解液的渗透以及钾离子在电解液中的扩散，高含量的吡啶氮掺杂大大增强了材料的导电性，在材料表面产生很多缺陷，为钾离子提供了很多活性位点，并且扩大了材料的层间距；使制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子电池负极，具有优良的倍率性能、循环性能，尤其是提供了很高的可逆容量，解决了现阶段钾离子电池可逆容量低的问题。步骤(c)中，优选将所述剩余产物置于管式炉中部进行碳化处理，其升温速率为 $1\sim5^\circ\text{C/min}$ 。步骤(a)中，优选将所述三聚氰胺溶于去离子水中并转入反应容器，随后加入甲醛溶液，在 $60\sim80^\circ\text{C}$ 搅拌加热至溶液变澄清；当所述甲醛溶液的质量浓度为37%时，所述三聚氰胺和所述甲醛溶液的比例为 $1.25\sim2.5\text{g}:2\sim4.5\text{mL}$ 。

[0017] 上述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法制成的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料，该多孔碳的比表面积为 $428\sim458\text{m}^2\text{ g}^{-1}$ 、吡啶氮的含量为6.0~12.0%。上述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的应用，它包括以下步骤：(a)将所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料、乙炔黑和羧甲基纤维素按比例混合后，涂到铜箔上形成负极；(b)将所述负极直接与纯钾片、隔膜和电解质组装成钾离子半电池；或者与预充钾处理的PTCDA正极、隔膜和电解质组装成钾离子全电池。所述高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料、乙炔黑与羧甲基纤维素的质量比优选为 $6\sim8:0.5\sim2:0.5\sim2$ ；所述隔膜优选为GF/A系列玻璃纤维滤纸；所述电解液优选为含有KPF₆、EC和DEC的混合溶液，KPF₆的浓度为 $0.5\sim1\text{mol/L}$ ，EC和DEC的体积比为 $2:1\sim1:2$ 。

[0018] 下面将结合附图对本发明优选实施方案进行详细说明：

实施例1

本实施例提供一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法,它包括以下步骤:

(a) 称取2.5g三聚氰胺溶于40ml去离子水并转移到三颈烧瓶中,向其中加入4.425ml的甲醛溶液(37wt%),油浴加热至70℃并不断搅拌,直至溶液变得澄清透明,形成含有三聚氰胺甲醛树脂的混合溶液;

(b) 向混合溶液中加入20ml氧化石墨烯分散液(5mg/ml),提高油浴温度至98℃,加热3h;待其冷却后,离心分离,倾去上清液得棕色产物;用去离子水洗涤并离心分离3~5次,倾去上清液后产物置于烘箱中在70℃干燥12h;

(c) 将干燥后的产物置于管式炉中部,通入惰性气体氩气10min,排除空气后对其进行高温碳化处理,管式炉以1℃/min的升温速率加热至700℃,保持1h,待降温后取出的黑色样品即为高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料;将所得的碳负极材料进行检测(SEM、XRD、XPS等),其结构如图1至4所示。从图1中可看出制得的高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料保持了很好的块状结构,并且材料表面分布着很多孔洞;图2进一步体现了块状材料的完整性及其孔洞结构。图3为所制得的材料(简写为PNCM)与还原氧化石墨烯(简写为rGO,它在与实施例1的材料在相同碳化条件下制得)的XRD对比图,图中25.7°的峰代表的是(002)晶面,根据布拉格方程计算得到的层间距为0.346nm,大于还原氧化石墨烯的层间距(26.8°,对应0.33nm),说明了在掺杂氮之后,层间距扩大。图4为所制得的材料的XPS全谱图,可见其中氮的含量为18.9%;而从图5中可以看到,吡啶氮(N-6)的含量高达氮总含量的53.4%,即吡啶氮在该材料中掺杂量约为10.1%,高于多数报道过的氮掺杂碳材料。

[0019] 实施例2

本实施例提供一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法,其制备方法与实施例1中的基本一致,不同的是具体的参数不一样,具体为:

(a) 称取2.0g三聚氰胺溶于30ml去离子水并转移到三颈烧瓶中,向其中加入3.540ml 37wt%的甲醛溶液,油浴加热至70℃并不断搅拌,直至溶液变为澄清透明,形成含有三聚氰胺甲醛树脂的混合溶液;

(b) 向混合溶液中加入20ml氧化石墨烯分散液(5mg/ml),提高油浴温度至95℃,加热2.5h;待其冷却后,离心分离,倾去上清液得棕色产物;用去离子水洗涤并离心分离3~5次,倾去上清液后产物置于烘箱中在70℃干燥12h;

(c) 将干燥后的产物置于管式炉中部,通入惰性气体氩气10min,排除空气后对其进行高温碳化处理,管式炉以2℃/min的升温速率加热至500℃,保持0.5h,待降温后取出的黑色样品即为高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料(简写为PNCM-500),其SEM图如图6所示。其XRD的峰位于25.8°,根据布拉格方程计算得到的层间距为0.345nm,大于还原氧化石墨烯的层间距(26.8°,对应0.33nm),说明了在掺杂氮之后,层间距扩大。

[0020] 实施例3

本实施例提供一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料的制备方法,其制备方法与实施例1中的基本一致,不同的是具体的参数不一样,具体为:

(a) 称取1.25g三聚氰胺溶于20ml去离子水并转移到三颈烧瓶中,向其中加入2.213ml 37wt%的甲醛溶液,油浴加热至70℃并不断搅拌,直至溶液变为澄清透明,形成含有三聚氰胺甲醛树脂的混合溶液;

(b) 向混合溶液中加入20m1氧化石墨烯分散液(5mg/m1),提高油浴温度至90℃,加热2h;待其冷却后离心分离,倾去上清液得棕色产物;用去离子水洗涤并离心分离3~5次,倾去上清液后产物置于烘箱中在70℃干燥12h;

(c) 将干燥后的产物置于管式炉中部,通入惰性气体氩气10min,排除空气后对其进行高温碳化处理,管式炉以5℃/min的升温速率加热至900℃,保持1.5h,待降温后取出的黑色样品即为高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料(简写为PNCM-900),其SEM图如图7所示。其XRD的峰位于25.6°,根据布拉格方程计算得到的层间距为0.348nm,大于还原氧化石墨烯的层间距(26.8°,对应0.33nm),说明了在掺杂氮之后,层间距扩大。

[0021] 实施例4

本实施例提供一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子负极材料在钾离子半电池中的应用,它包括以下步骤:

(a) 称取实施例1-3中的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料,分别加入乙炔黑作为导电剂、羧甲基纤维素作为粘结剂(碳材料、乙炔黑和羧甲基纤维素的质量比均为7:2:1),加入少量去离子水经过充分研磨后均匀涂覆在铜箔上,烘干作为测试电极;

(b) 在氩气环境的手套箱中,以纯钾片作为对电极、0.8mol/L的KPF₆与EC/ DEC(体积比1:1)的混合溶液作为电解液(即电解液中含有0.8mol/L KPF₆,溶剂为EC和DEC按体积比1:1混合),GF/A系列玻璃纤维滤纸作为隔膜,与测试电极组装成2025型扣式钾离子半电池;

(c) 在室温下使用蓝电CT2001A电池测试系统在0.005~3V的电压范围进行恒电流充电放电循环测试。

[0022] 实施例1中的负极材料组装成钾离子半电池后,其性能测试图如图8-12所示。图8展示了组装的钾离子半电池在低电流密度20 mA g⁻¹时的循环曲线图,首周可逆容量达到487 mAh g⁻¹,高于其它报道过的做钾离子半电池负极的碳材料;60周后,容量维持在351 mAh g⁻¹左右,显示了高含量吡啶氮掺杂碳材料作为钾离子电池负极优异的储钾能力和循环性能。图9展示了组装的钾离子半电池在低电流密度50 mA g⁻¹时的循环曲线图,首周可逆容量达到418 mAh g⁻¹,并且120周后,容量保持率达到77%。图10展示了钾离子半电池在不同电流密度下的倍率性能图,电流密度从50~5000 mA g⁻¹的过程中,可逆容量分别为388、319、286、253、225、199和178mAh g⁻¹,保持了良好的倍率稳定性,当电流密度回到较小的50 mA g⁻¹时,可逆容量恢复到299 mAh g⁻¹,显示了该材料优秀的倍率性能。图11展示了组装的钾离子半电池在高电流密度500 mA g⁻¹时的循环曲线图。首周可逆容量为325 mAh g⁻¹并且180周后容量稳定在200 mAh g⁻¹左右。图12展示了组装的钾离子半电池在高电流密度1000 mA g⁻¹时的循环曲线图;在3000周之后,电池的可逆容量仍能保持在152 mAh g⁻¹左右,体现了该材料作为钾离子半电池负极优秀的循环稳定性。图13展示了实施例1至实施例3制备的三种材料中不同氮成分的含量以及电子导电率,可以看出PNCM-500吡啶氮含量最高但是电子导电率最低,PNCM-900吡啶氮含量最低但电子导电率最高;图14展示了实施例1至实施例3制备的三种材料作为负极制备钾离子半电池的阻抗对比,可以看出PNCM-500的阻抗最高,PNCM与PNCM-900的阻抗相差不大;图15展示了实施例1至实施例3制备的三种材料作为负极制备钾离子半电池在电流密度100 mA g⁻¹时的循环性能对比,PNCM、PNCM-500、PNCM-900的首周可逆容量分别为395 mAh g⁻¹、217 mAh g⁻¹和280 mAh g⁻¹;循环120周之后,对应的三种材料的容量分别为260 mAh g⁻¹、56mAh g⁻¹和178 mAh g⁻¹。结合图13至15,可以看出PNCM-

500吡啶氮含量虽然高,但电子导电率低、阻抗高,影响了电池的电化学性能,可能的原因是碳化温度为500℃时,材料碳化未完全。相比于PNCM-900,PNCM的吡啶氮含量更高,所以展现的电化学性能最好。

[0023] 实施例5

本实施例提供一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子负极材料在纽扣式钾离子全电池中的应用,它包括以下步骤:

(a) 称取一定量实施例1中的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料,加入乙炔黑作为导电剂,羧甲基纤维素作为粘结剂,三者的质量比为7:2:1,加入少量去离子水经过充分研磨后均匀涂覆在铜箔上,烘干作为测试电极;

(b) 在氩气环境的手套箱中,将PTCDA作为钾离子全电池正极材料与乙炔黑、PVDF以质量比7:2:1的比例混合,加入NMP充分研磨,均匀涂覆在铝箔上,并做预充钾处理,0.8mol/L的KPF₆与EC/ DEC(体积比1:1)的混合溶液作为电解液,GF/A系列玻璃纤维滤纸作为隔膜,与测试电极组装成2025型扣式钾离子全电池;

(c) 在室温下使用蓝电CT2001A电池测试系统在1.0~3.0V的电压范围进行恒电流充电放电循环测试。

[0024] 图16展示了钾离子全电池在电流密度为500 mA g⁻¹时的循环曲线图。首周放电容量为205mAh g⁻¹,150周后容量保持在101 mAh g⁻¹左右,显示了其稳定性。图17展示了钾离子全电池在不同电流密度下的倍率性能图。电流密度从50~2000 mA g⁻¹的过程中,电池保持了良好的倍率稳定性,当电流密度回到较小的50 mA g⁻¹时,放电容量得到了一定程度的恢复。图18显示了组装的钾离子全电池向LED手表供电,展现了高含量吡啶氮掺杂多孔碳负极材料在可穿戴设备中的应用前景。

[0025] 实施例6

本实施例提供一种高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料作为钾离子负极材料在软包式钾离子全电池中的应用,它包括以下步骤:

(a) 称取一定量实施例1中的高含量吡啶氮掺杂多孔碳材料,加入乙炔黑作为导电剂,羧甲基纤维素作为粘结剂,三者的质量比为7:2:1,加入少量去离子水经过充分研磨后均匀涂覆在3cm*4cm的铜箔上,烘干作为测试电极。

[0026] (b) 在氩气环境的手套箱中,将PTCDA作为钾离子全电池正极材料与乙炔黑、PVDF以质量比7:2:1的比例混合,加入NMP充分研磨,均匀涂覆在3cm*4cm的铝箔上,并做预充钾处理,0.8mol/L的KPF₆与EC/ DEC(体积比1:1)的混合溶液作为电解液组装成软包式钾离子全电池。图19展示了钾离子软包电池向LED灯供电。

[0027] 上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

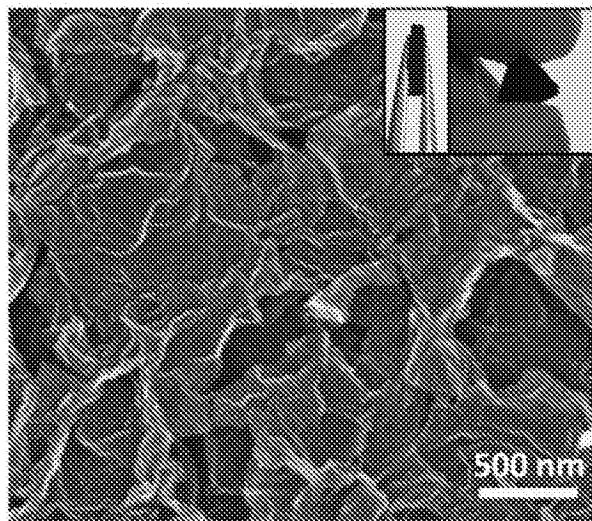


图1

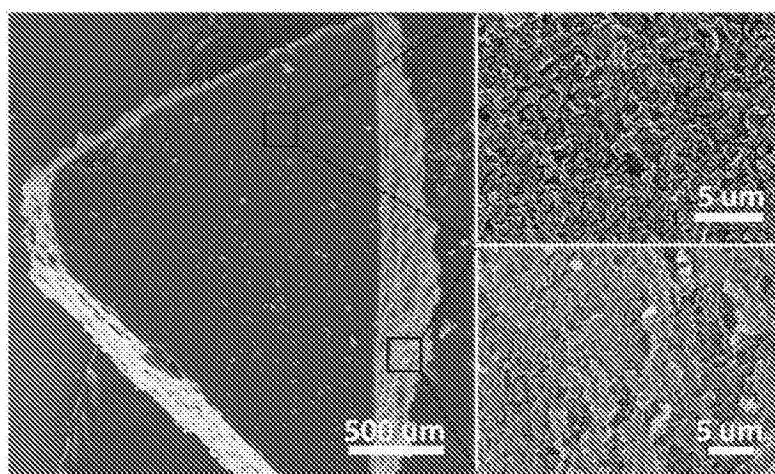


图2

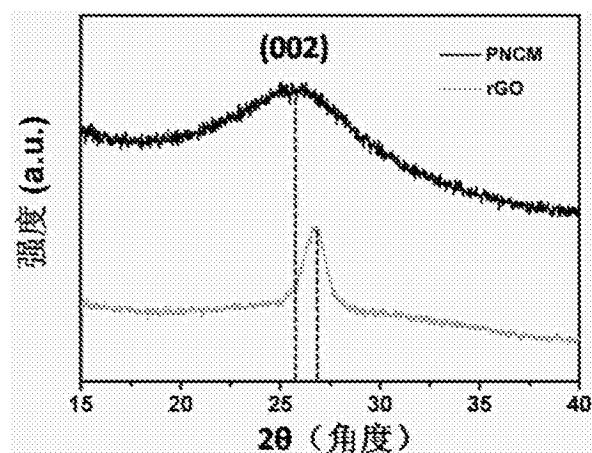


图3

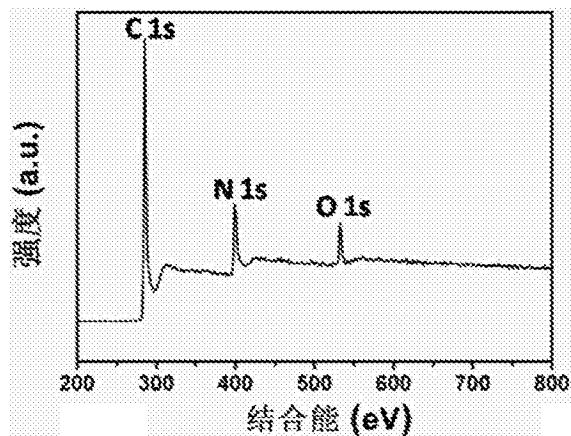


图4

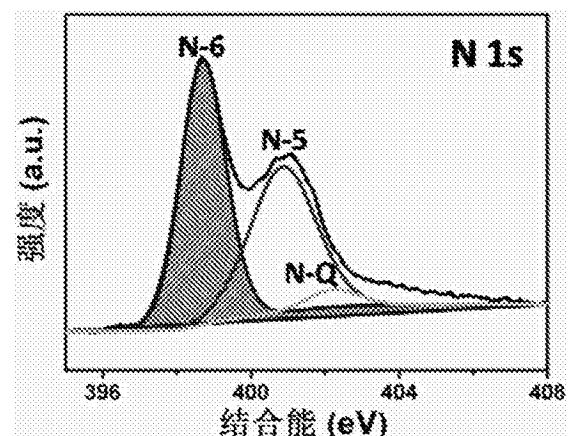


图5

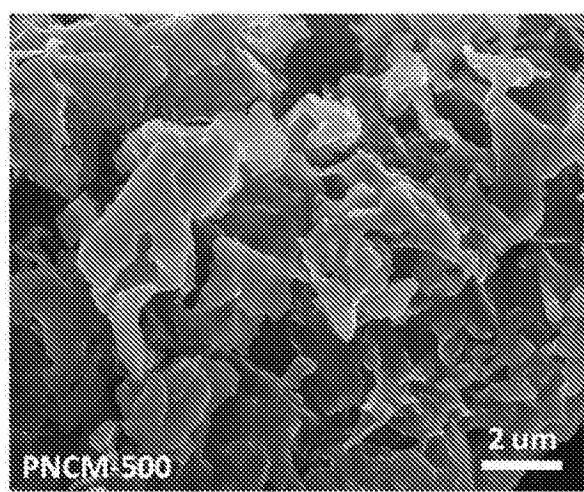


图6

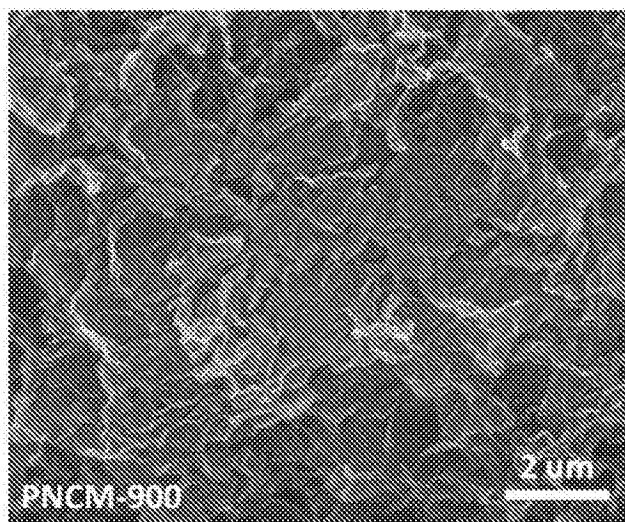


图7

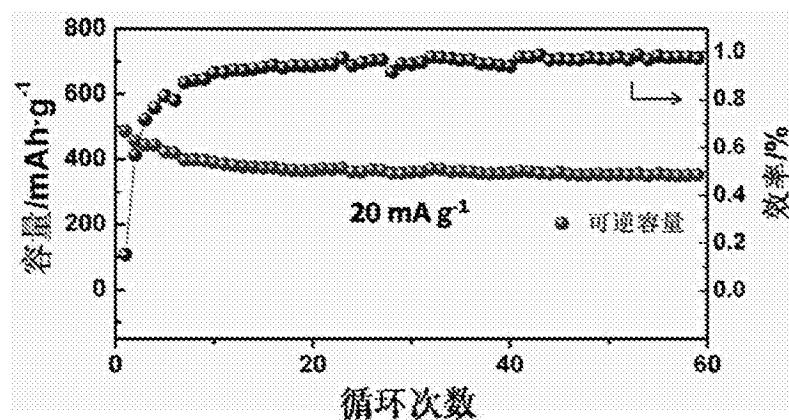


图8

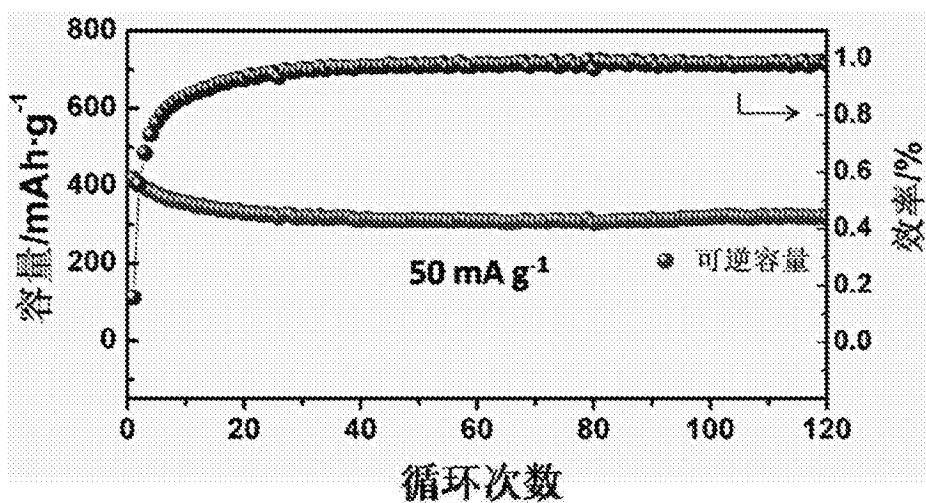


图9

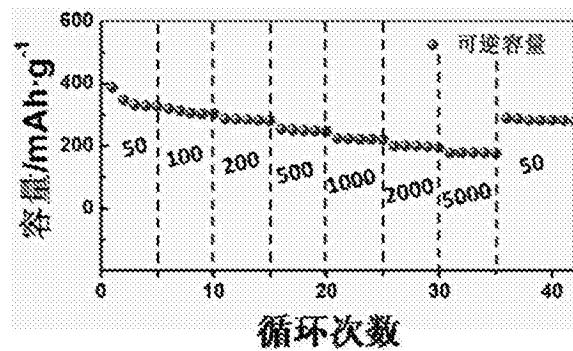


图10

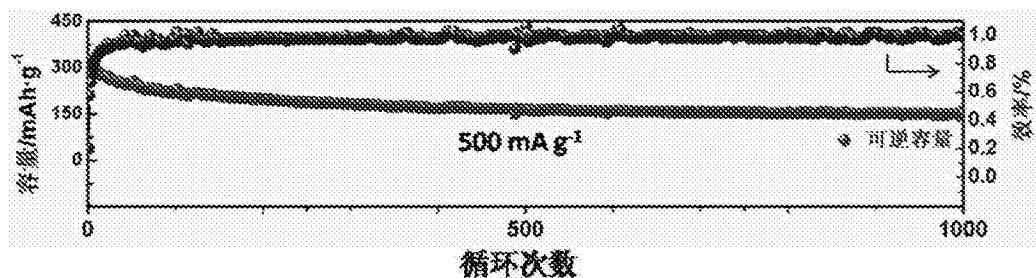


图11

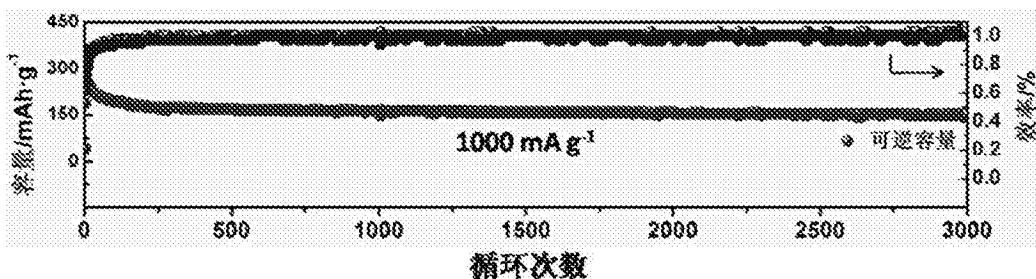


图12

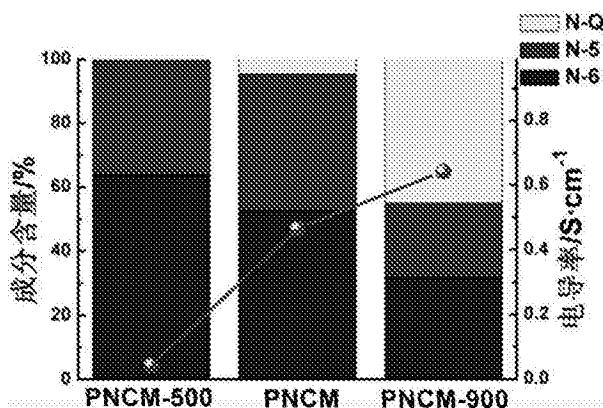


图13

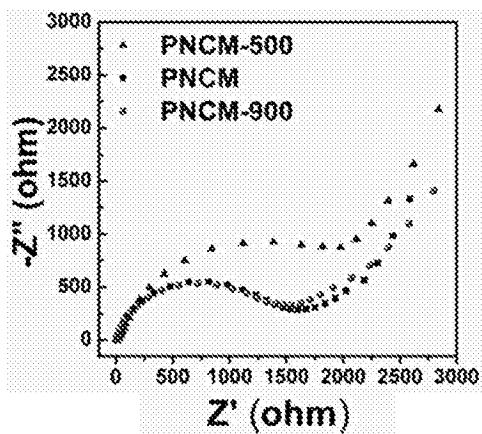


图14

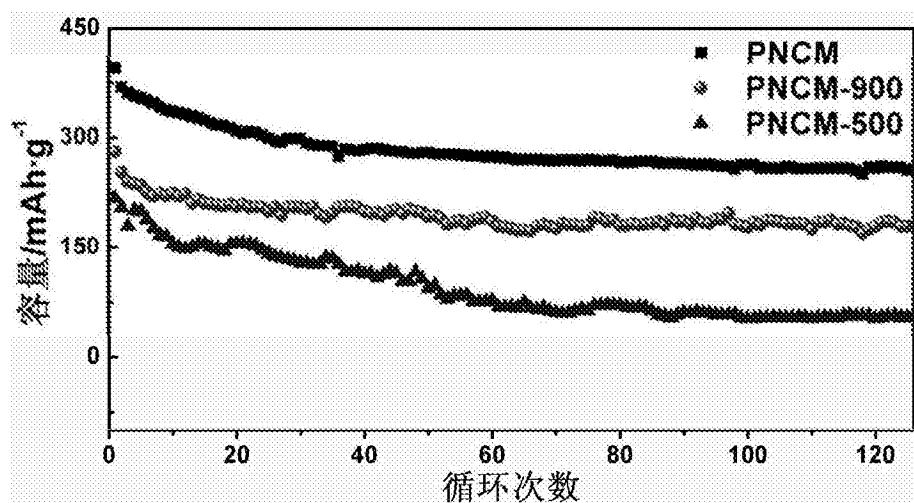


图15

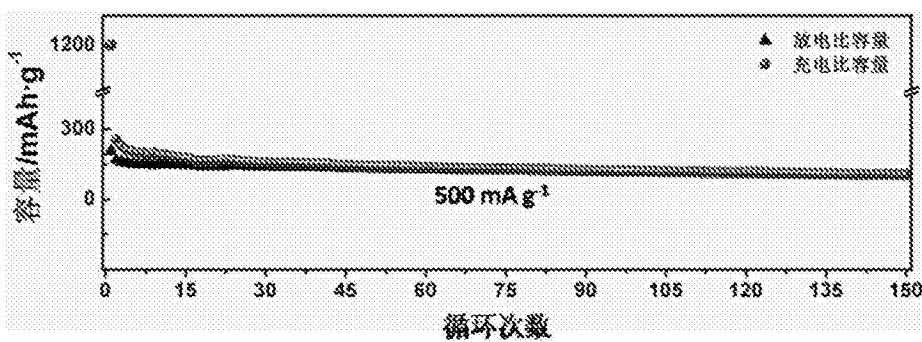


图16

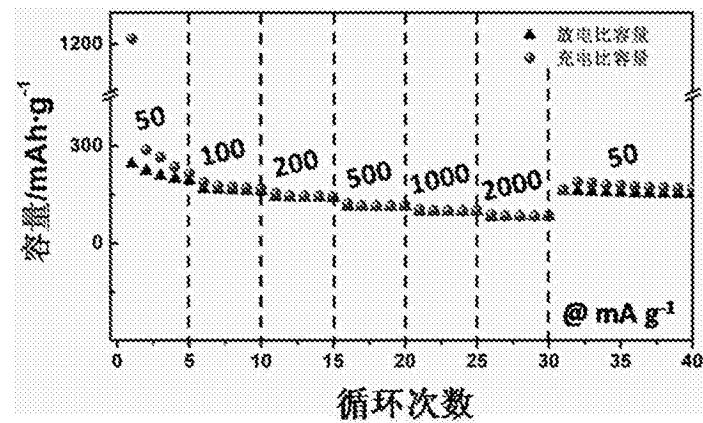


图17

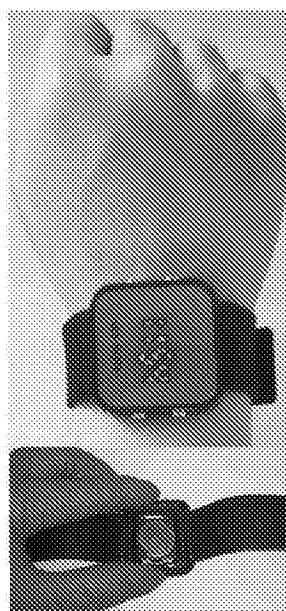


图18

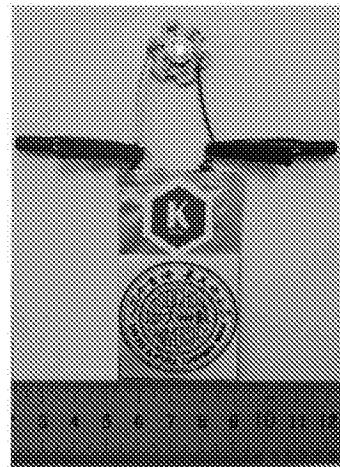


图19