



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106948032 A

(43)申请公布日 2017.07.14

(21)申请号 201710301218.4

(22)申请日 2017.05.02

(71)申请人 中南大学

地址 410000 湖南省长沙市岳麓山左家垅

(72)发明人 尹周澜 张东材 郭华军 李新海

王志兴 丁治英 王接喜 杨哲伟

(74)专利代理机构 北京纽乐康知识产权代理事
务所(普通合伙) 11210

代理人 罗莎

(51)Int.Cl.

D01F 9/16(2006.01)

H01M 4/587(2010.01)

H01M 10/0525(2010.01)

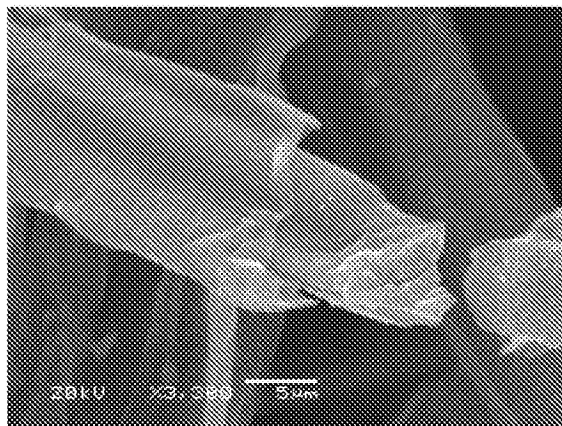
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

纤维素基碳纤维、制备方法及其用于制备电极材料的方法

(57)摘要

本发明公开了一种纤维素基碳纤维、制备方法及其用于制备电极材料的方法,属于生物质纤维素基炭材料制备技术领域,所述方法包括:制备前驱体:按预设比例将催化剂溶解于水中,加入纤维素原料,加热至沸腾并维持沸腾状态下将水蒸干,烘干,得到前驱体;碳化催化石墨化处理:将所述前驱体在惰性气氛下焙烧进行碳化催化石墨化处理,得到内含金属单质的纤维素基炭纤维复合材料;去除杂质:用盐酸反复清洗所述纤维素基炭纤维复合材料,去除纤维素基炭纤维复合材料中的金属单质,再烘干,得到纤维素基炭纤维。本发明采用自然界的纤维素为原料,实现碳纤维和锂离子电池的可持续性。



1. 一种纤维素基碳纤维制备方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

S101、制备前驱体: 按预设比例将催化剂溶解于水中, 加入纤维素原料, 加热至沸腾并维持沸腾状态下将水蒸干, 烘干, 得到前驱体;

S102、碳化催化石墨化处理: 将所述前驱体在惰性气氛下焙烧进行碳化催化石墨化处理, 得到内含金属单质的纤维素基碳纤维复合材料;

S103、去除杂质: 用盐酸反复清洗所述纤维素基碳纤维复合材料, 去除纤维素基碳纤维复合材料中的金属单质, 再烘干, 得到纤维素基碳纤维。

2. 根据权利要求1所述的纤维素基碳纤维制备方法, 其特征在于, 所述方法使用催化剂使纤维素原料在保留天然纤维形貌下直接碳化成纤维素基碳纤维, 所述纤维素基碳纤维的纤维轴直径为 $5\sim 15\ \mu\text{m}$, 长径比为 $3\sim 500$, 比表面积为 $80\ \text{m}^2/\text{g}\sim 1000\ \text{m}^2/\text{g}$, 孔隙率 $20\%\sim 70\%$, 纤维表面和内部含有大量的孔洞, 孔径为 $2\sim 500\ \text{nm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的纤维素基碳纤维制备方法, 其特征在于, 所述步骤S101之前还包括如下步骤:

S100、纤维素原料制备: 从植物上取富含纤维素的材料作为原料, 将该原料进行清洗、碱煮、打浆制纤、水洗至中性、烘干, 得到纤维素原料。

4. 根据权利要求1所述的纤维素基碳纤维制备方法, 其特征在于, 步骤S101制备前驱体中, 所述催化剂包含有机铁盐、有机钴盐、有机镍盐;

其中, 所述有机铁盐与所述纤维素原料的质量比为 $0.47:1\sim 0.009:1$, 所述有机钴盐与所述纤维素原料的质量比为 $0.5:1\sim 0.01:1$, 所述有机镍盐与所述纤维素原料的质量比为 $0.5:1\sim 0.01:1$, 所述水与所述纤维素原料的质量比为 $1:1\sim 50:1$ 。

5. 根据权利要求1所述的纤维素基碳纤维制备方法, 其特征在于, 步骤S102碳化催化石墨化处理中, 所述前驱体的焙烧温度为 $500\sim 1300^\circ\text{C}$, 保温时间为 $0.1\sim 16\text{h}$, 升温速率为 $0.1\sim 10\ ^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

6. 一种纤维素基碳纤维, 其特征在于, 采用如权利要求1-5任一所述的方法制成。

7. 一种用纤维素基碳纤维制备电极材料的方法, 其特征在于, 所述纤维素基碳纤维采用如权利要求1-5任一所述的方法制备, 所述纤维素基碳纤维电极制备方法包括:

将所述纤维素基碳纤维与粘结剂按质量比为 $9:1\sim 9.7:0.3$ 混合均匀, 添加溶剂调成泥浆状浆料, 将所述浆料涂覆于铜箔上, 在压力 $10\sim 20\ \text{Mpa}$ 下压实, 烘干, 得到纤维素基碳纤维电极材料。

8. 根据权利要求7所述的用纤维素基碳纤维制备电极材料的方法, 其特征在于, 所述粘结剂包含: 聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯、丙烯酸、苯乙烯丁二烯橡胶、聚环氧乙稀、聚丙烯酰胺、乙烯丙烯二烯共聚树脂、氟橡胶、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醇、水性羧甲基纤维素、海藻酸钠、丙烯酸树脂和羟丙基纤维素中的一种或任意两种以上的组合;

所述溶剂包含: 水、N-甲基吡咯烷酮 (NMP)、醇类、聚醇类、菇类、碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、乙酸乙酯和丙酸甲酯中的一种或任意两种以上的组合。

9. 一种锂离子电池负极材料, 其特征在于, 所述锂离子电池负极材料根据权利要求7或8所述的用纤维素基碳纤维制备电极材料的方法制成。

纤维素基碳纤维、制备方法及其用于制备电极材料的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及生物质纤维素基碳材料的制备技术领域,特别涉及一种纤维素基碳纤维、制备方法及其用于制备电极材料的方法。

背景技术

[0002] 炭材料是锂离子电池负极材料的主流。为了继续提高锂离子电池的性能,新型负极材料成为研发热点,其中纤维状炭材料得到了广泛的研究。

[0003] 比较于块体和粉体炭材料,纤维状炭材料作为锂离子电池负极,具有以下优势:一是纤维状炭材料易制备成膜及形成自支撑三维结构,可直接用做电极,且作为电极材料在内部形成三维导电网络,无需导电剂和相对更少的黏结剂,提高电极材料导电性,优化电极材料电化学性能,从而既提高电极材料能量密度,也可简化电极制备工序;二是纤维状炭材料赋予电极材料大的比表面积,可有效缩短锂离子传输距离,且在电池充放电过程中,为离子反应提供更大的电解质/电极界面,从而提高电极材料功率。

[0004] 碳纤维在早期时,因成本和性能缺乏竞争力,使得其在锂离子电池负极材料中的应用受到了制约。目前比较受关注的纤维状炭材料包括聚丙烯腈(PAN)基碳纤维、中间相沥青基碳纤维、酚醛树脂碳纤维、气相生长碳纤维及近来研发的电纺丝技术制备的纳米碳纤维和炭纳米管等。上述各种形式的碳纤维主要采用化石燃料及其衍生物为原料,从长远看,具有不可持续性。近年来,利用有机生物质材料作为前驱体制备活性炭的方法引起了人们的广泛兴趣,一方面,该工艺简单、对环境的影响小,原料可再生;另一方面,有机生物质的来源广泛,成本低廉,尤其是以废弃资源的农林副产品作为原料,可以实现该资源的高附加值利用。

[0005] 现有技术中,要使碳纤维作为锂离子电池电极材料被工业化运用,需在达到高容量的前提下,满足具有优越的离子传输和电子导电性的电化学性能要求,其中作为锂离子电池负极用碳纤维的电子导电性也是至关重要的。要使其电子导电性高,需对碳纤维进行石墨化处理来提高其石墨化度,现在提高碳纤维石墨化度的主要处理方式是温度至少大于1800℃的高温石墨化,而高温石墨化所带来的是高能耗和对仪器设备的高要求,增加生产成本,限制其大规模产业化运用的条件。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明的目的在于克服现有技术的缺陷,提供一种纤维素基碳纤维、制备方法及其用于制备电极材料的方法,实现碳纤维和锂离子电池的可持续性。

[0007] 本发明通过以下技术手段解决上述问题:本发明实施例一方面提供一种纤维素基碳纤维制备方法,包括如下步骤:

S101、制备前驱体:按预设比例将催化剂溶解于水中,加入纤维素原料,加热至沸腾并维持沸腾状态下将水蒸干,烘干,得到前驱体;

S102、碳化催化石墨化处理:将所述前驱体在惰性气氛下焙烧进行碳化催化石墨化处

理,得到内含金属单质的纤维素基碳纤维复合材料;

S103、去除杂质:用盐酸反复清洗所述纤维素基碳纤维复合材料,去除纤维素基碳纤维复合材料中的金属单质,再烘干,得到纤维素基碳纤维。

[0008] 进一步的,所述方法使用催化剂使纤维素原料在保留天然纤维形貌下直接碳化成纤维素基碳纤维,所述纤维素基碳纤维的纤维轴直径为5~15 μm ,长径比为3~500,比表面积为80 m^2/g ~1000 m^2/g ,孔隙率20%~70%,纤维表面和内部含有大量的孔洞,孔径为2~500 nm。

[0009] 进一步的,所述步骤S101之前还包括如下步骤:

S100、纤维素原料制备:从植物上取富含纤维素的材料作为原料,将该原料进行清洗、碱煮、打浆制纤、水洗至中性、烘干,得到纤维素原料。

[0010] 进一步的,步骤S101制备前驱体中,所述催化剂包含有机铁盐、有机钴盐、有机镍盐;

其中,所述有机铁盐与所述纤维素原料的质量比为0.47:1~0.009:1,所述有机钴盐与所述纤维素原料的质量比为0.5:1~0.01:1,所述有机镍盐与所述纤维素原料的质量比为0.5:1~0.01:1,所述水与所述纤维素原料的质量比为1:1~50:1。

[0011] 进一步的,步骤S102碳化催化石墨化处理中,所述前驱体的焙烧温度为500~1300 $^{\circ}\text{C}$,保温时间为0.1~16h,升温速率为0.1~10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

[0012] 本发明另一方面还提供一种纤维素基碳纤维,采用上述任一所述的方法制成。

[0013] 本发明另一方面还提供一种用纤维素基碳纤维制备电极材料的方法,所述纤维素基碳纤维采用上述任一所述的方法制备,所述纤维素基碳纤维电极制备方法包括:

将所述纤维素基碳纤维与粘结剂按质量比为9:1~9.7:0.3混合均匀,添加溶剂调成泥浆状浆料,将所述浆料涂覆于铜箔上,在压力10~20 Mpa下压实,烘干,得到纤维素基碳纤维电极材料。

[0014] 进一步的,所述粘结剂包含:聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯、丙烯酸、苯乙烯丁二烯橡胶、聚环氧乙稀、聚丙烯酰胺、乙烯丙烯二烯共聚树脂、氟橡胶、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醇、水性羧甲基纤维素、海藻酸钠、丙烯酸树脂和羟丙基纤维素中的一种或任意两种以上的组合,所述溶剂包含水、N-甲基吡咯烷酮(NMP)、醇类、聚醇类、菇类、碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、乙酸乙酯和丙酸甲酯中的一种或任意两种以上的组合:

本发明另一方面还提供一种锂离子电池负极材料,所述锂离子电池负极材料根据上述任一所述的用纤维素基碳纤维制备电极材料的方法制成。

[0015] 本发明提供一种纤维素基碳纤维、制备方法及其用于制备电极材料的方法,以具有来源广泛、可再生、环境友好、储量丰富、价格低廉,具有替代短缺能源的纤维素为原料,采用低成本和简便的制备方法及工艺直接将纤维素制备成碳纤维,并对碳纤维的性能进行调控和运用于锂离子电池负极,实现碳纤维和锂离子电池的可持续性。相较于现有技术,本发明具有如下益效果:

1、本发明提供的纤维素基碳纤维材料粒径、孔隙率、孔径大小和表面孔的数量及大小可通过催化剂用量、焙烧温度、保温时间等条件进行调节控制;

2、本发明提供的纤维素基碳纤维制备方法,将具有天然纤维形貌的纤维素在使其保留形貌的前提下直接合成碳纤维的炭化可行性进行成功地探索,是对目前碳纤维的制备方法进行新的探索尝试,合成过程中引入催化剂对碳纤维性能进行调控,该方法具有可行性、简

便性和易操作性；

3、本发明提供的纤维素基碳纤维所用原料来源广泛、储量丰富、价格低廉，制备方法和工艺简单、成本低、生产周期短且易于批量生产，过程节能环保，符合社会低碳、绿色的要求；

4、本发明提供的纤维素基碳纤维可用于制成电极材料，电极材料的形貌和振实密度可通过打浆制纤工艺调节，且无需添加导电剂；

5、本发明提供的纤维素基碳纤维运用于锂离子电池负极，不仅达到锂离子电池负极性能要求，而且所用的碳材料具有可持续性，也使得未来能源的高效利用和社会的低碳绿色具有可持续性；

6、本发明提供的纤维素基碳纤维材料具有发展替换目前航空航天、国防以及工业、民用领域所用聚丙烯腈碳纤维和沥青基碳纤维的潜质。

附图说明

[0016] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0017] 图1是本发明通过打浆制纤工艺得到碳纤维原料的SEM图。

[0018] 图2是本发明碳化催化石墨化处理得到内含金属单质的纤维素基碳纤维复合材料的SEM图，其中1为碳纤维；2为金属单质颗粒；3为孔洞。

[0019] 图3是本发明提供的碳化催化法制备得到图1材料后用酸将内含的金属单质除去后的纤维素基碳纤维材料的SEM图。

具体实施方式

[0020] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。用语“第一”、“第二”和“第三”等仅作为标记使用，不是对其对象的数量限制。

[0021] 以下将结合附图对本发明进行详细说明，但不应对本发明的保护范围有任何的限制作用。

[0022] 实施例一：

本发明实施例一一方面提供一种纤维素基碳纤维制备方法，包括如下步骤：

S100、纤维素原料制备：直接从植物上取富含纤维素的材料作为原料，将该原料进行清洗、碱煮、打浆制纤、水洗至中性、烘干，得到纤维素原料；

本步骤在碳化催化之前对纤维素原料进行打浆制纤工艺处理来调控在碳化催化后得到纤维素基碳纤维相互紧密堆积的碳纤维材料，图1为通过打浆制纤工艺得到碳纤维原料的SEM图。另一方面，通过本步骤的打浆制纤工艺，可对后续制备的纤维素基碳纤维电极材

料的形貌和振实密度进行调节。

[0023] S101、制备前驱体：按预设比例将催化剂溶解于水中，加入纤维素原料，加热至沸腾并维持沸腾状态下将水蒸干，烘干，得到前驱体；

具体的，按有机铁盐与所述纤维素原料的质量比为0.35:1~0.015:1的比例将催化剂有机铁盐溶解在水中，加入纤维素原料，水与纤维素原料的质量比为1:1~42:1，加热至沸腾并维持沸腾状态下将水蒸干，烘干，得到前驱体；

本步骤中，可通过调节催化剂与纤维素的比例调控纤维素基炭纤维的比表面积和表面内部的孔洞数量及大小。

[0024] S102、碳化催化石墨化处理：将所述前驱体在惰性气氛下焙烧进行碳化催化石墨化处理，得到内含金属单质的纤维素基炭纤维复合材料；

具体的，将前驱体在惰性气氛下，以升温速率为0.8~10℃/min，焙烧温度为500~1250℃，保温时间为5.5~16h，进行焙烧碳化催化石墨化，得到内含金属单质的纤维素基炭纤维复合材料；

本步骤中，可通过调节焙烧温度、保温时间调控纤维素基炭纤维的比表面积和表面及内部的孔洞数量及大小。

[0025] S103、去除杂质：用盐酸反复清洗所述纤维素基炭纤维复合材料，去除纤维素基炭纤维复合材料中的金属单质，再烘干，得到纤维素基炭纤维。

[0026] 通过上述方式制备得到的纤维素基炭纤维，使用催化剂使纤维素在保留其天然纤维形貌下直接碳化成炭纤维，所述纤维素基炭纤维可作为电极用碳材料及活性材料。经测试，该炭纤维的纤维轴直径为5~15 μm，长径比为3~500，比表面积为80 m²/g~1000 m²/g，孔隙率20%~70%，纤维表面和内部含有大量的孔洞，孔径为2~500 nm。

[0027] 本发明实施例一另一方面还提供一种用纤维素基炭纤维制备电极材料的方法，其中，所述电极材料包括但不限于锂离子电池负极材料（一般比表面积低于200 m²/g）、锂离子电池正极材料（一般比表面积高于800 m²/g小于3500m²/g之间）、超级电容器活性用碳材料（一般比表面积高于800 m²/g小于3500m²/g之间）、电解用碳的电极材料（如石墨电极、电解铝电极）。

[0028] 所述纤维素基炭纤维采用上述纤维素基炭纤维制备方法制备，所述用纤维素基炭纤维制备电极材料的方法包括：

将所述纤维素基炭纤维与粘结剂按质量比为9.2:1~9.7:0.3混合均匀，添加溶剂调成泥浆状浆料，将所述浆料涂覆于铜箔上，在压力12~18 Mpa下压实，烘干，得到纤维素基炭纤维电极材料。

[0029] 其中，所述粘结剂包含聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯、丙烯酸、苯乙烯丁二烯橡胶、聚环氧乙稀、聚丙烯酰胺、乙烯丙烯二烯共聚树脂、氟橡胶、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醇、水性羧甲基纤维素、海藻酸钠、丙烯酸树脂和羟丙基纤维素中的一种或任意两种以上的组合，所述溶剂包含水、N-甲基吡咯烷酮（NMP）、醇类、聚醇类、菇类、碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、乙酸乙酯和丙酸甲酯中的一种或任意两种以上的组合。

[0030] 本发明实施例一还提供一种锂离子电池负极材料，所述锂离子电池负极材料根据上述用纤维素基炭纤维制备电极材料的方法制成。经检测，该纤维素基炭纤维电极作为锂离子电池负极材料，其可逆容量高达360 mAh/g，首次效率高达80%以上，经200次循环后，容

量保持率在90%以上。

[0031] 实施例二

本发明实施例二一方面提供一种纤维素基炭纤维的制备方法,包括如下步骤:

S100、纤维素原料制备:直接从植物上取富含纤维素的材料作为原料,将该原料进行清洗、碱煮、打浆制纤、水洗至中性、烘干,得到纤维素原料;

S101、制备前驱体:按有机钴盐与所述纤维素原料的质量比为0.5:1~0.01:1的比例将催化剂有机钴盐溶解在水中,加入纤维素原料,水与纤维素原料的质量比为1:1~50:1,加热至沸腾并维持沸腾状态下将水蒸干,烘干,得到前驱体;

S102、碳化催化石墨化处理:将前驱体在惰性气氛下,以升温速率为0.1~8.7 °C/min,焙烧温度为300~1150 °C,保温时间为0.1~12h,进行焙烧碳化催化石墨化,得到内含金属单质的纤维素基炭纤维复合材料;

S103、去除杂质:用盐酸反复清洗所述纤维素基炭纤维复合材料,去除纤维素基炭纤维复合材料中的金属单质,再烘干,得到纤维素基炭纤维。

[0032] 通过上述方式制备得到的纤维素基炭纤维,使用催化剂使纤维素在保留其天然纤维形貌下直接碳化成炭纤维,该炭纤维的纤维轴直径为5~15 μm,长径比为3~500,比表面积为80 m²/g~1000 m²/g,孔隙率20%~70%,纤维表面和内部含有大量的孔洞,孔径为2~500 nm。

[0033] 本发明实施例一另一方面还提供一种用纤维素基炭纤维制备电极材料的方法,其中,所述电极材料包括但不限于锂离子电池负极材料(一般比表面积低于200 m²/g)、锂离子电容器正极材料(一般比表面积高于800 m²/g小于3500m²/g之间)、超级电容器活性用碳材料(一般比表面积高于800 m²/g小于3500m²/g之间)、电解用碳的电极材料(如石墨电极、电解铝电极)。

[0034] 所述纤维素基炭纤维采用上述纤维素基炭纤维制备方法制备,所述用纤维素基炭纤维制备电极材料的方法包括:

将所述纤维素基炭纤维与粘结剂按质量比为9.3:0.6~9.5:0.4混合均匀,添加溶剂调成泥浆状,将上述浆料涂覆于铜箔上,在压力15~18 Mpa下压实,烘干,得到纤维素基炭纤维电极材料。

[0035] 其中,所述粘结剂包含聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯、丙烯酸、苯乙烯丁二烯橡胶、聚环氧乙稀、聚丙烯酰胺、乙烯丙烯二烯共聚树脂、氟橡胶、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醇、水性羧甲基纤维素、海藻酸钠、丙烯酸树脂和羟丙基纤维素中的一种或任意两种以上的组合,所述溶剂包含水、N-甲基吡咯烷酮(NMP)、醇类、聚醇类、菇类、碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、乙酸乙酯和丙酸甲酯中的一种或任意两种以上的组合。

[0036] 本发明实施例一还提供一种锂离子电池负极材料,所述锂离子电池负极材料根据上述用纤维素基炭纤维制备电极材料的方法制成。经检测,该纤维素基炭纤维电极作为锂离子电池负极材料,其可逆容量高达362mAh/g,首次效率高达80%以上,经200次循环后,容量保持率在90%以上。

[0037] 实施例三

本发明实施例三一方面提供一种纤维素基炭纤维的制备方法,包括如下步骤:

S100、纤维素原料制备:直接从植物上取富含纤维素的材料作为原料,将该原料进行清洗、碱煮、打浆制纤、水洗至中性、烘干,得到纤维素原料;

S101、制备前驱体：按有机镍盐与纤维素原料的质量比为0.5:1~0.01:1的比例将催化剂有机镍盐溶解在水中，加入纤维素原料，水与纤维素原料的质量比为1:1~50:1，加热至沸腾并维持沸腾状态下将水蒸干，烘干，得到前驱体；

S102、碳化催化石墨化处理将前驱体在惰性气氛下，以升温速率为1.5~9 °C/min，焙烧温度为700~1200°C，保温时间为0.6~15h，进行焙烧碳化催化石墨化，得到内含金属单质的纤维素基碳纤维复合材料；

S103、去除杂质：用盐酸反复清洗所述纤维素基碳纤维复合材料，去除纤维素基碳纤维复合材料中的金属单质，再烘干，得到纤维素基碳纤维。

[0038] 通过上述方式制备得到的纤维素基碳纤维，使用催化剂使纤维素在保留其天然纤维形貌下直接碳化成碳纤维，该碳纤维的纤维轴直径为5~15 μm，长径比为3~500，比表面积为80 m²/g~1000 m²/g，孔隙率20%~70%，纤维表面和内部含有大量的孔洞，孔径为2~500 nm。

[0039] 本发明实施例一另一方面还提供一种用纤维素基碳纤维制备电极材料的方法，所述纤维素基碳纤维采用上述方法制备，所述用纤维素基碳纤维制备电极材料的方法包括：

将所述纤维素基碳纤维与粘结剂按质量比为9:1~9.7:0.3混合均匀，添加溶剂调成泥浆状，将上述浆料涂覆于铜箔上，在压力16~19 Mpa下压实，烘干，得到纤维素基碳纤维电极材料。

[0040] 本发明实施例一还提供一种锂离子电池负极材料，所述锂离子电池负极材料根据上述用纤维素基碳纤维制备电极材料的方法制成。经检测，该纤维素基碳纤维电极作为锂离子电池负极材料，其可逆容量高达368mAh/g，首次效率高达80%以上，经200次循环后，容量保持率在90%以上。

[0041] 关于本发明实施例所述的编带机的其他构成等已为本领域的技术人员所熟知，在此不再详细说明。

[0042] 最后说明的是，以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制，尽管参照较佳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，可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换，而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

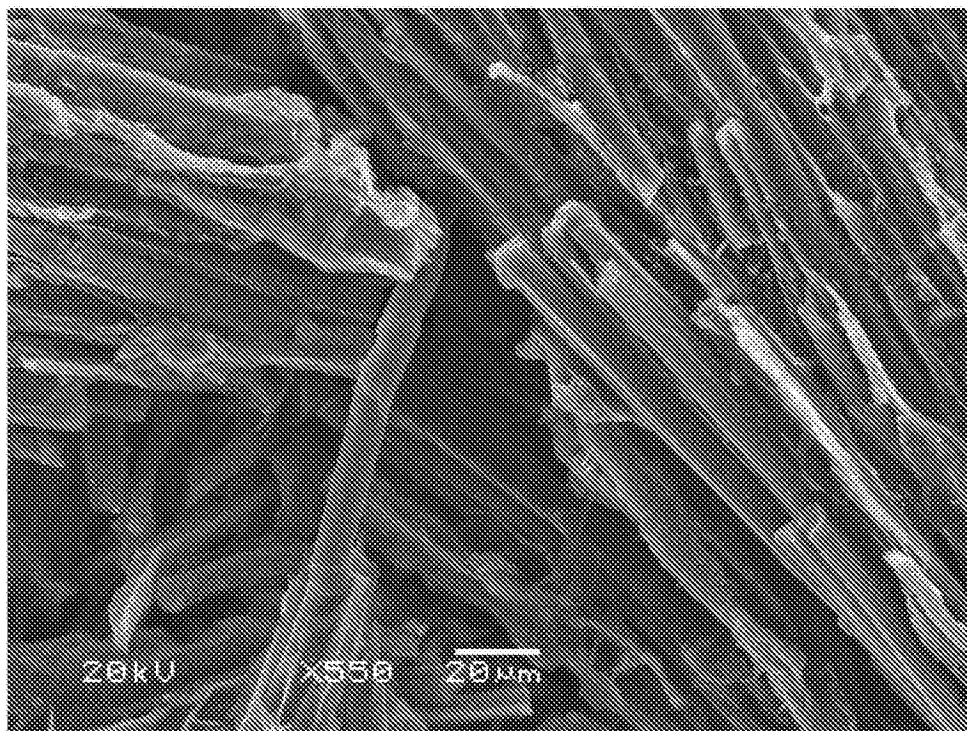


图1

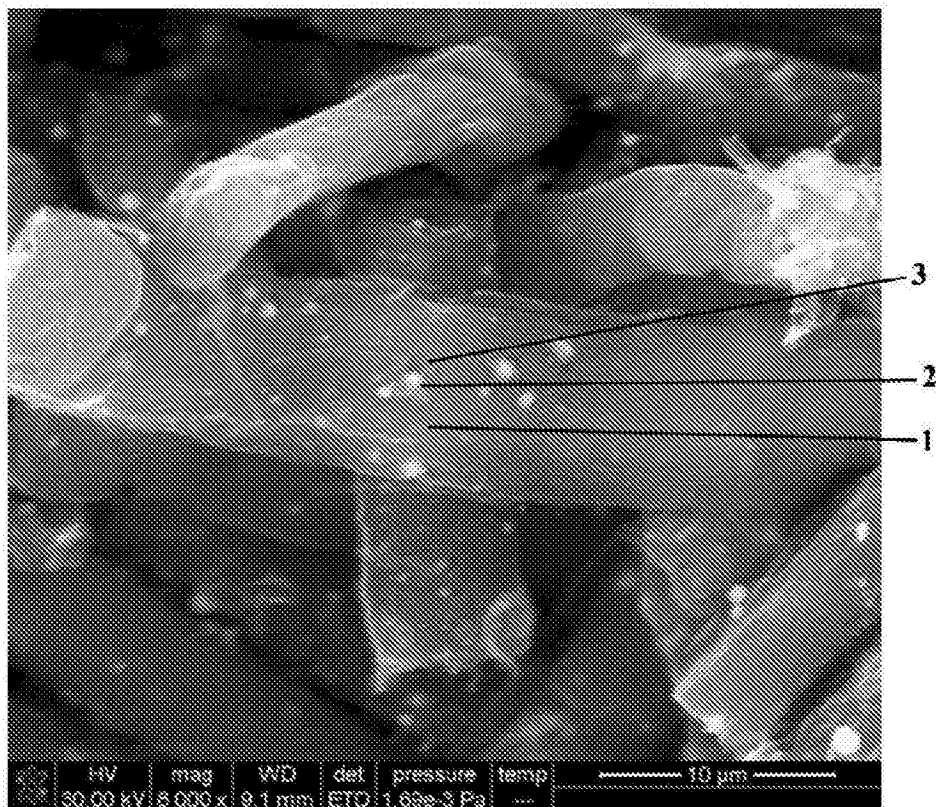


图2

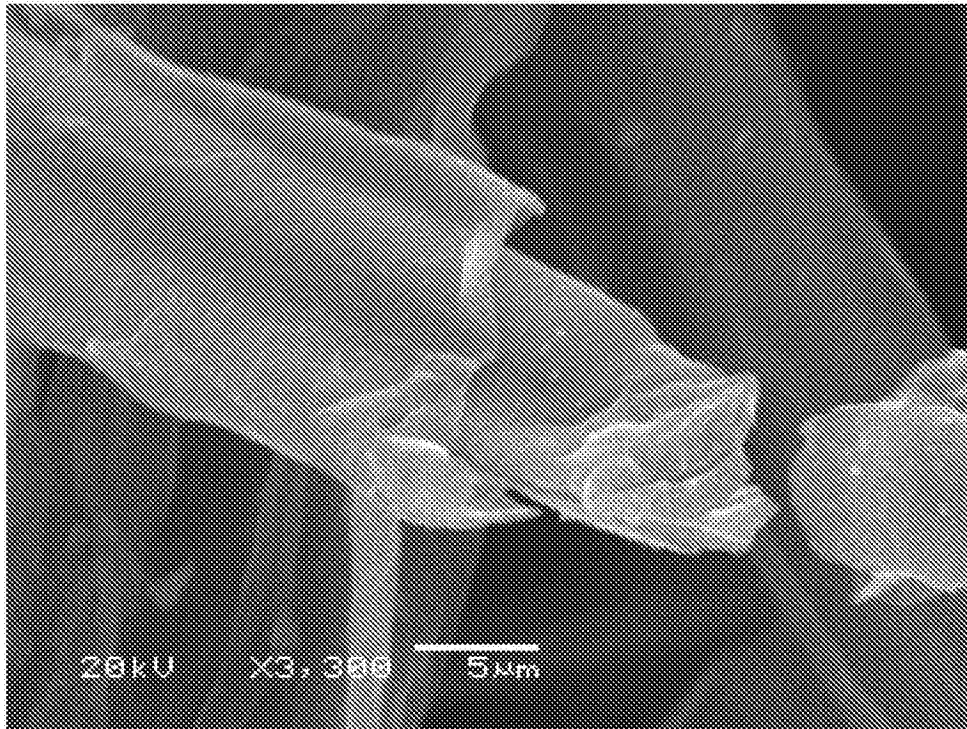


图3