



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106803595 A

(43)申请公布日 2017.06.06

(21)申请号 201611234762.3

(22)申请日 2016.12.28

(71)申请人 深圳大学

地址 518060 广东省深圳市南山区南海大道3688号

(72)发明人 邓立波 钟文华 张培新 任祥忠  
李永亮

(74)专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事务  
所(普通合伙) 44268

代理人 王永文 刘文求

(51)Int.Cl.

H01M 4/90(2006.01)

C01B 32/324(2017.01)

C01B 32/354(2017.01)

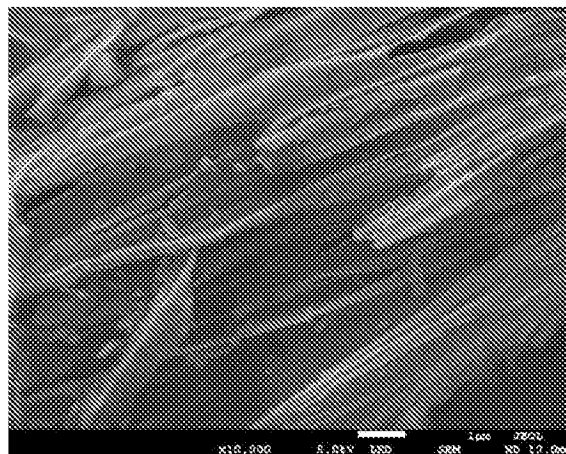
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

### (54)发明名称

一种碳基氧还原催化剂及其制备方法与应用

### (57)摘要

本发明公开一种碳基氧还原催化剂及其制备方法与应用。方法包括：将生物质在空气中进行预氧化，预氧化所得产物与造孔剂、催化剂均匀混合，得到混合物；在惰性气体保护条件下将上述混合物进行炭化，炭化后冷却至室温，然后用酸除去炭化产物中的造孔剂产物与催化剂产物，再洗涤数次，干燥，得到生物质基活性炭；对生物质基活性炭进行等离子体处理，即得到碳基氧还原催化剂。与现有技术相比，本发明具有以下优点：碳基氧还原催化剂具有沟槽及孔刻蚀的形貌，比表面积高达 $1800\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ，同时具备微孔和介孔性质。所制备的碳基氧还原催化剂的氧还原性能符合四电子途径，具有更好的初始电位和极限电流密度，是一种高效碳基氧还原催化剂。



1. 一种碳基氧还原催化剂的制备方法,其特征在于,包括:

步骤A、将生物质在空气中进行预氧化,预氧化所得产物与造孔剂、催化剂均匀混合,得到混合物;

步骤B、在惰性气体保护条件下将上述混合物进行炭化,炭化后冷却至室温,然后用酸除去炭化产物中的造孔剂产物与催化剂产物,再洗涤数次,干燥,得到生物质基活性炭;

步骤C、对生物质基活性炭进行等离子体处理,即得到碳基氧还原催化剂。

2. 根据权利要求1所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其特征在于,所述步骤A中,预氧化的条件为:温度在200~300°C,时间在1~5h。

3. 根据权利要求1所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其特征在于,所述步骤A中,所述造孔剂为氯化锌、氢氧化钾中的一种;所述催化剂为氯化铁、硝酸铁中的一种。

4. 根据权利要求1所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其特征在于,所述步骤A中,预氧化所得产物与造孔剂、催化剂均匀混合的质量比为1:1:1~1:5:5。

5. 根据权利要求1所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其特征在于,所述步骤B中,所述炭化的条件为:温度为600~900°C,时间为1~3h,升温速率为2~5°C/min。

6. 根据权利要求1所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其特征在于,所述步骤B中,所述酸为硫酸溶液、盐酸溶液中的一种;所述干燥的条件为:温度为50~100°C,时间为6~24h。

7. 根据权利要求1所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其特征在于,所述步骤C具体为:在真空度为50~200Pa的条件下,选择低频、中频、高频中的一种,产生的空气等离子体对生物质基活性炭进行处理,即得到碳基氧还原催化剂。

8. 根据权利要求1所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其特征在于,所述步骤C中,所述等离子体处理的时间为0~500s,时间不取0。

9. 一种碳基氧还原催化剂,其特征在于,采用如权利要求1~8任一所述的碳基氧还原催化剂的制备方法制备而成。

10. 一种碳基氧还原催化剂的应用,其特征在于,将如权利要求9所述的碳基氧还原催化剂用作燃料电池或金属-空气电池的氧还原催化剂材料。

## 一种碳基氧还原催化剂及其制备方法与应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电化学能源领域,尤其涉及一种碳基氧还原催化剂及其制备方法与应用。

### 背景技术

[0002] 能源短缺、环境污染与资源匮乏是当今人类社会面临的最主要挑战,开发可持续清洁能源以及先进的能源储存技术为解决这些问题提供了很好的途径。电池作为一种能量储存和输出装置,具有重要的研究意义。其中,燃料电池、金属-空气电池作为一种绿色能源,具有无毒、无污染、放电电压平稳、高比能量、储存寿命长等优点,使其成为发展潜力不可估量的新一代电池。氧还原反应是燃料电池、金属-空气电池等能源转化系统中的重要电极反应,然而阴极缓慢的氧还原反应成为制约其发展的关键因素。寻找合适的阴极催化剂,能有效改善燃料电池、金属-空气电池的充放电性能和可逆性,从而提高电池的阴极性能。常用的催化剂主要分为三类:第一类是碳材料和碳作为载体负载的贵金属催化剂(Pt、Pd等);第二类是金属氧化物催化剂,如二氧化锰、氧化铁、四氧化三铁、氧化铜等;第三类是钙钛矿类的多金属催化剂。其中,碳载铂及铂合金催化剂是性能最好、使用最广泛的氧还原催化剂,但其高价格、低储量制约燃料电池、金属-空气电池商业化进程。开发低价、高效的非贵金属氧还原催化剂已成为燃料电池、金属-空气电池发展的迫切任务。近年的研究表明碳材料,特别是以生物质为原料制备的碳材料具有一系列的优点,有望成为一种优秀的铂催化剂的替代品,然而目前碳材料的催化活性仍然不高。

[0003] 因此,现有技术还有待于改进和发展。

### 发明内容

[0004] 鉴于上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种碳基氧还原催化剂及其制备方法与应用,旨在解决现有以生物质为原料制备的碳材料的催化活性不高的问题。

[0005] 本发明的技术方案如下:

一种碳基氧还原催化剂的制备方法,其中,包括:

步骤A、将生物质在空气中进行预氧化,预氧化所得产物与造孔剂、催化剂均匀混合,得到混合物;

步骤B、在惰性气体保护条件下将上述混合物进行炭化,炭化后冷却至室温,然后用酸除去炭化产物中的造孔剂产物与催化剂产物,再洗涤数次,干燥,得到生物质基活性炭;

步骤C、对生物质基活性炭进行等离子体处理,即得到碳基氧还原催化剂。

[0006] 所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其中,所述步骤A中,预氧化的条件为:温度在200~300℃,时间在1~5h。

[0007] 所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其中,所述步骤A中,所述造孔剂为氯化锌、氢氧化钾中的一种;所述催化剂为氯化铁、硝酸铁中的一种。

[0008] 所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其中,所述步骤A中,预氧化所得产物与造

孔剂、催化剂均匀混合的质量比为1:1:1~1:5:5。

[0009] 所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其中,所述步骤B中,所述炭化的条件为:温度为600~900°C,时间为1~3h,升温速率为2~5°C/min。

[0010] 所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其中,所述步骤B中,所述酸为硫酸溶液、盐酸溶液中的一种;所述干燥的条件为:温度为50~100°C,时间为6~24h。

[0011] 所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其中,所述步骤C具体为:在真空度为50~200Pa的条件下,选择低频、中频、高频中的一种,产生的空气等离子体对生物质基活性炭进行处理,即得到碳基氧还原催化剂。

[0012] 所述的碳基氧还原催化剂的制备方法,其中,所述步骤C中,所述等离子体处理的时间为0~500s,时间不取0。

[0013] 一种碳基氧还原催化剂,其中,采用如上任一所述的碳基氧还原催化剂的制备方法制备而成。

[0014] 一种碳基氧还原催化剂的应用,其中,将如上所述的碳基氧还原催化剂用作燃料电池或金属-空气电池的氧还原催化剂材料。

[0015] 有益效果:本发明通过先将生物质进行预氧化,然后与所选的合适造孔剂、催化剂混合均匀,之后再分别进行炭化、空气等离子体处理制备碳基氧还原催化剂,制成的碳基氧还原催化剂具有沟槽及孔刻蚀的形貌,比表面积高达 $1800\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ,同时具备微孔和介孔性质,从而显著提高电催化活性。

## 附图说明

[0016] 图1 为本发明实施例1中的由甲壳素炭化所得多孔炭的扫描电镜照片。

[0017] 图2为本发明实施例1中的由甲壳素炭化所得多孔炭经空气等离子体处理120s之后的扫描电镜照片。

[0018] 图3为本发明实施例1中的由甲壳素炭化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的循环伏安曲线图。

[0019] 图4为本发明实施例1中的由甲壳素炭化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的线性扫描曲线图。

[0020] 图5为本发明实施例2中的由荷叶炭化所得多孔炭的扫描电镜照片。

[0021] 图6为本发明实施例2中的由荷叶炭化所得多孔炭经空气等离子体处理120s之后的扫描电镜照片。

[0022] 图7为本发明实施例2中的由荷叶炭化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的循环伏安曲线图。

[0023] 图8为本发明实施例2中的由荷叶炭化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的线性扫描曲线图。

## 具体实施方式

[0024] 本发明提供一种碳基氧还原催化剂及其制备方法与应用,为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确,以下对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0025] 本发明针对目前碳材料的催化活性仍然不高,提出一种先将生物质进行活化与石墨化的协同作用,之后再分别进行不同程度空气等离子体处理的方法。该方法可有效增加碳材料的活性位点,从而增强碳材料非贵金属催化剂的氧还原性能。

[0026] 具体地,本发明提供一种碳基氧还原催化剂的制备方法较佳实施例,其中,包括:

步骤A、将生物质在空气中进行预氧化,预氧化所得产物与造孔剂、催化剂均匀混合,得到混合物;

所述步骤A中,预氧化的条件为:温度在200~300℃(如250℃),时间在1~5h(如3h)。所述造孔剂可以为氯化锌、氢氧化钾中一种;所述催化剂可以为氯化铁、硝酸铁中一种。预氧化所得产物与造孔剂、催化剂均匀混合的质量比为1:1:1~1:5:5,这是因为在该质量比下,制得的生物质基活性炭具有更高的比表面积,同时具有更好的微孔和介孔性质。

[0027] 步骤B、在惰性气体保护条件下将上述混合物进行炭化,炭化后冷却至室温,然后用酸除去炭化产物中的造孔剂产物与催化剂产物,再洗涤数次,干燥,得到生物质基活性炭;

所述步骤B具体为,将上述混合物放到瓷舟内,在管式炉中,在惰性气体保护条件下,进行高温炭化,炭化后冷却至室温,然后用酸除去炭化产物中的造孔剂产物与催化剂产物,再洗涤数次,鼓风干燥,得到生物质基活性炭。

[0028] 其中,所述惰性气体为氮气、氩气中一种,所述炭化的条件为:温度为600~900℃(如800℃),时间为1~3h(如2h),升温速率为2~5℃/min。所述酸可以为硫酸溶液、盐酸溶液等中的一种,酸溶液的浓度为0.5~3 mol/L。所述鼓风干燥的条件为:温度为50~100℃(如80℃),时间为6~24h(如15h)。

[0029] 步骤C、对生物质基活性炭进行等离子体处理,即得到碳基氧还原催化剂。

[0030] 等离子体处理技术是稀薄空气在低压下通过射频电源发辉光放电而产生等离子体的技术,属于冷等离子体范畴,具有以下基本特点:(1)可以获得高纯度的反应物质;(2)反应粒子活性高于热等离子体,薄膜沉积温度低于高温气相化学沉积;(3)通过非热平衡化学反应和离子能量的控制可以获得其他方法难以得到的高能亚稳态物质;(4)电离率高、粒子运动自由程长,可以完成亚微米、深亚微米材料的沟槽及孔的刻蚀;(5)等离子体持续时间短,仅能持续几十小时甚至几分钟。利用空气等离子体处理碳材料,有望在材料表面引入亲水性的含氧基团,提高碳材料在电解质中的润湿性,更重要的是,等离子体刻蚀将在材料中制造出大量的缺陷,这些缺陷将成为催化活性中心,从而显著提高电催化活性。

[0031] 上述步骤C具体为,在一定真空条件下,选择合适的射频,产生空气等离子体,对生物质基活性炭进行不同程度的等离子体处理,即可得到高效的碳基氧还原催化剂。其中,选择的真空度可以为50~200Pa;射频可以为低频、中频、高频中的一种;所述等离子体处理的时间为0~500s,时间不取0。本发明利用等离子体处理生物质基活性炭,使得制成的碳基氧还原催化剂具有沟槽及孔刻蚀的形貌,比表面积高达1800m<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>,同时具备微孔和介孔性质,从而显著提高电催化活性。

[0032] 本发明通过先将生物质进行预氧化,然后与所选的合适造孔剂、催化剂混合均匀,之后再分别进行炭化、空气等离子体处理制备碳基氧还原催化剂,以有效提高碳基氧还原催化剂的阴极性能。与现有技术相比,本发明具有以下优点:本发明所制备得到的碳基氧还原催化剂具有沟槽及孔刻蚀的形貌,比表面积高达1800m<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>,同时具备微孔和介孔性质。

所制备的碳基氧还原催化剂的氧还原性能符合四电子途径,具有更好的初始电位和极限电流密度,是一种高效碳基氧还原催化剂。本发明制备条件比较温和,安全,环保,便利和廉价。

[0033] 基于上述方法,本发明还提供一种碳基氧还原催化剂,其中,采用如上任一所述的碳基氧还原催化剂的制备方法制备而成。本发明所制备得到的碳基氧还原催化剂具有沟槽及孔刻蚀的形貌,比表面积高达 $1800\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ,同时具备微孔和介孔性质,从而显著提高氧还原能力。

[0034] 本发明还提供一种碳基氧还原催化剂的应用,其特征在于,将如上所述的碳基氧还原催化剂用作燃料电池或金属-空气电池的氧还原催化剂材料。

[0035] 具体应用方法为:将所述碳基氧还原催化剂与分散剂、成膜剂均匀混合,均匀混合后即可直接用作燃料电池或金属-空气电池的氧还原催化剂材料;其中,碳基氧还原催化剂占分散剂的质量比为 $1\text{mg}/\text{ml}$ ,成膜剂的用量为少量。

[0036] 本发明还提供一种燃料电池、金属-空气电池阴极催化剂的制备方法具体实施例:按照上述配比,在 $10\text{ml}$ 菌种瓶内先将碳基氧还原催化剂、无水乙醇分散剂混合后超声 $30\text{min}$ ,再加入 $50\text{ul}$  Nafion成膜剂超声 $20\text{min}$ ,得到燃料电池、金属-空气电池阴极催化剂悬浮液。

[0037] 先用移液枪量取 $5\text{ul}$ 成膜剂Nafion,均匀滴在旋转圆盘玻碳电极圆心上,再用红外灯烤 $1\sim 2\text{min}$ 。再用移液枪量取 $10\text{ul}$ 按比例配好的燃料电池、金属-空气电池阴极催化剂悬浮液,仍然均匀滴在旋转圆盘玻碳电极圆心上,再用红外灯烤 $1\sim 2\text{min}$ 。使用 $0.1\text{M}$  KOH作为电解液,制备成三电极体系。在电位窗口为 $0.2\sim -0.8\text{V}$ ,转速为 $0\text{ rpm}$ ,扫描速度为 $10\text{mV}/\text{s}$ 条件下测试循环伏安曲线;在同样的电位窗口及扫描速度下,依次测试转速为 $1600\text{rpm}$ 的线性扫描曲线。结果表明:采用本发明制备的高效碳基氧还原催化剂遵循四电子途径,具有高效的氧还原能力。

[0038] 下面通过具体实施例对本发明进行详细说明。

#### [0039] 实施例1

甲壳素基多孔炭(PCZF-800)的制备:取 $3\text{g}$ 甲壳素,放在瓷舟内,在 $250^\circ\text{C}$ 空气氛围下预氧化 $2\text{h}$ ,待反应结束后,反应体系温度降至室温后,便得到预氧化后的甲壳素基碳材料。按照 $\text{ZnCl}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$ 和预氧化后的甲壳素基碳材料以质量比 $1:3:1$ 的比例混合,在 $\text{N}_2$ 氛围下以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 加热速率加热到 $800^\circ\text{C}$ 恒温 $2\text{h}$ ,得到含有杂质的甲壳素基多孔炭。冷却到室温时,用 $2\text{M}$  HCl 溶液除去甲壳素基多孔炭中的Fe、Zn金属化合物,并且使用去离子水清洗 $5$ 次,干燥得到甲壳素基多孔炭。其中,图1为本发明实施例1中的由甲壳素碳化所得多孔炭的扫描电镜照片。

[0040] 高效甲壳素基多孔炭氧还原催化剂(PCZF-800-120s)的制备:取 $3\text{g}$ 甲壳素,放在瓷舟内,在 $250^\circ\text{C}$ 空气氛围下预氧化 $2\text{h}$ ,待反应结束后,反应体系温度降至室温后,便得到预氧化后的甲壳素基碳材料。按照 $\text{ZnCl}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$ 和预氧化后的甲壳素基碳材料以质量比 $1:3:1$ 的比例混合,在 $\text{N}_2$ 氛围下以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 加热速率加热到 $800^\circ\text{C}$ 恒温 $2\text{h}$ ,得到含有杂质的甲壳素基多孔炭。冷却到室温时,用 $2\text{M}$  HCl溶液除去甲壳素基多孔炭中的Fe、Zn金属化合物,并且使用去离子水清洗 $5$ 次,干燥得到甲壳素基多孔炭。再将甲壳素基多孔炭置于 $80\text{Pa}$ 真空度下,调节射频为高频,产生的空气等离子体经过 $120\text{s}$ 处理甲壳素基多孔炭,即得到高效甲壳

素基多孔炭氧还原催化剂。其中,图2为本发明实施例1中的由甲壳素碳化所得多孔炭经空气等离子体处理120s之后的扫描电镜照片。

[0041] 图3为本发明实施例1中的由甲壳素碳化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的循环伏安曲线图。其制样过程及性能测试:在10ml菌种瓶内分别取4mg甲壳素碳化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的炭,再量取无水乙醇4ml,使得分散密度为1mg/ml,超声30min,再加入50ul成膜剂Nafion超声20min。先用移液枪量取5ul成膜剂Nafion,均匀滴在旋转圆盘玻碳电极圆心上,再用红外灯烤1~2min。再用移液枪量取10ul按比例配好的催化剂悬浮液,仍然均匀滴在旋转圆盘玻碳电极圆心上,再用红外灯烤1~2min。使用0.1M KOH作为电解液,制备成三电极体系。在电位窗口为0.2~-0.8V,转速为0 rpm,扫描速度为10mV/s条件下测试循环伏安曲线。结果表明:在相同催化剂负载量条件下,经空气等离子体处理120s之后的甲壳素基多孔炭具有更加正向、更加明显的氧还原峰(氧还原峰电位由-0.229V正移至-0.161V)。

[0042] 图4为本发明实施例1中的由甲壳素碳化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的线性扫描曲线图。其制样过程及性能测试:在10ml菌种瓶内分别取4mg甲壳素碳化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的,再量取无水乙醇4ml,使得分散密度为1mg/ml,超声30min,再加入50ul成膜剂Nafion超声20min。先用移液枪量取5ul成膜剂Nafion,均匀滴在旋转圆盘玻碳电极圆心上,再用红外灯烤1~2min。再用移液枪量取10ul按比例配好的催化剂悬浮液,仍然均匀滴在旋转圆盘玻碳电极圆心上,再用红外灯烤1~2min。使用0.1M KOH作为电解液,制备成三电极体系。在电位窗口为0.2~-0.8V,转速为1600 rpm,扫描速度为10mV/s条件下测试线性扫描曲线。结果表明:在相同催化剂负载量条件下,经空气等离子体处理120s之后的甲壳素基多孔炭具有更正向的初始电位(由-0.006V正移至-0.002V)及更大的极限电流密度(由 $2.72\text{mAcm}^{-2}$ 增至 $4.08\text{mAcm}^{-2}$ )。

#### [0043] 实施例2

荷叶基多孔炭(CK)的制备:取3g荷叶样品,洗净切碎,转移到瓷舟中,并按照KOH和干燥好的荷叶以质量比3:1的比例混合,在 $\text{N}_2$ 氛围下以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 加热速率加热到 $400^\circ\text{C}$ 恒温1h,再到 $800^\circ\text{C}$ 恒温2h,得到含有杂质的荷叶基多孔炭。冷却到室温时,用1M HCl 溶液除去荷叶基多孔炭中的KOH粉末,并且使用去离子水清洗5次,干燥得到无杂质的荷叶基多孔炭。其中,图5为本发明实施例2中的由荷叶碳化所得多孔炭的扫描电镜照片。

[0044] 高效荷叶基多孔炭电催化剂(CK-120s)的制备:取3g荷叶样品,洗净切碎,转移到瓷舟中,并按照KOH和干燥好的荷叶以质量比3:1的比例混合,在 $\text{N}_2$ 氛围下以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 加热速率加热到 $400^\circ\text{C}$ 恒温1h,再到 $800^\circ\text{C}$ 恒温2h,得到含有杂质的荷叶基多孔炭。冷却到室温时,用1M HCl 溶液除去荷叶基多孔炭中的KOH粉末,并且使用去离子水清洗5次,干燥得到无杂质的荷叶基多孔炭。再将荷叶基多孔炭置于80Pa真空度下,调节射频为高频,产生的空气等离子体经过120s处理荷叶基多孔炭,即得到高效荷叶基多孔炭电催化剂。其中,图6为本发明实施例2中的由荷叶碳化所得多孔炭经空气等离子体处理120s之后的扫描电镜照片。

[0045] 图7为本发明实施例2中的由荷叶碳化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的循环伏安曲线图。其制样过程及性能测试:在10ml菌种瓶内分别取4mg荷叶碳化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的炭,再量取无水乙醇4ml,使得分散密度为1mg/

ml, 超声30min, 再加入50ul成膜剂Nafion超声20min。先用移液枪量取5ul成膜剂Nafion, 均匀滴在旋转圆盘玻碳电极圆心上, 再用红外灯烤1~2min。再用移液枪量取10ul按比例配好的催化剂悬浮液, 仍然均匀滴在旋转圆盘玻碳电极圆心上, 再用红外灯烤1~2min。使用0.1M KOH作为电解液, 制备成三电极体系。在电位窗口为0.2~-0.8V, 转速为0 rpm, 扫描速度为10mV/s条件下测试循环伏安曲线。结果表明: 在相同催化剂负载量条件下, 经空气等离子体处理120s之后的荷叶基多孔炭具有更加正向、更加明显的氧还原峰(氧还原峰电位由-0.286V正移至-0.174V)。

[0046] 图8为本发明实施例2中的由荷叶碳化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的线性扫描曲线图。其制样过程及性能测试: 在10ml菌种瓶内分别取4mg荷叶碳化所得多孔炭及其经空气等离子体处理120s之后的, 再量取无水乙醇4ml, 使得分散密度为1mg/ml, 超声30min, 再加入50ul成膜剂Nafion超声20min。先用移液枪量取5ul成膜剂Nafion, 均匀滴在旋转圆盘玻碳电极圆心上, 再用红外灯烤1~2min。再用移液枪量取10ul按比例配好的催化剂悬浮液, 仍然均匀滴在旋转圆盘玻碳电极圆心上, 再用红外灯烤1~2min。使用0.1M KOH作为电解液, 制备成三电极体系。在电位窗口为0.2~-0.8V, 转速为1600 rpm, 扫描速度为10mV/s条件下测试线性扫描曲。结果表明: 在相同催化剂负载量条件下, 经空气等离子体处理120s之后的荷叶基多孔炭具有更正向的初始电位(由-0.134V正移至-0.056V)及更大的极限电流密度(由2.10 mAcm<sup>-2</sup>增至3.74 mAcm<sup>-2</sup>)。

[0047] 综上所述, 本发明的一种碳基氧还原催化剂及其制备方法与应用, 本发明通过先将生物质进行预氧化, 然后与所选的合适造孔剂、催化剂混合均匀, 之后再分别进行碳化、等离子体处理制备碳基氧还原催化剂, 以有效提高碳基氧还原催化剂的阴极性能。与现有技术相比, 本发明具有以下优点: 本发明所制备得到的碳基氧还原催化剂具有沟槽及孔刻蚀的形貌, 比表面积高达1800m<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>, 同时具备微孔和介孔性质。所制备的碳基氧还原催化剂的氧还原性能符合四电子途径, 具有更好的初始电位和极限电流密度, 是一种高效碳基氧还原催化剂。本发明制备条件比较温和, 安全, 环保, 便利和廉价。

[0048] 应当理解的是, 本发明的应用不限于上述的举例, 对本领域普通技术人员来说, 可以根据上述说明加以改进或变换, 所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。



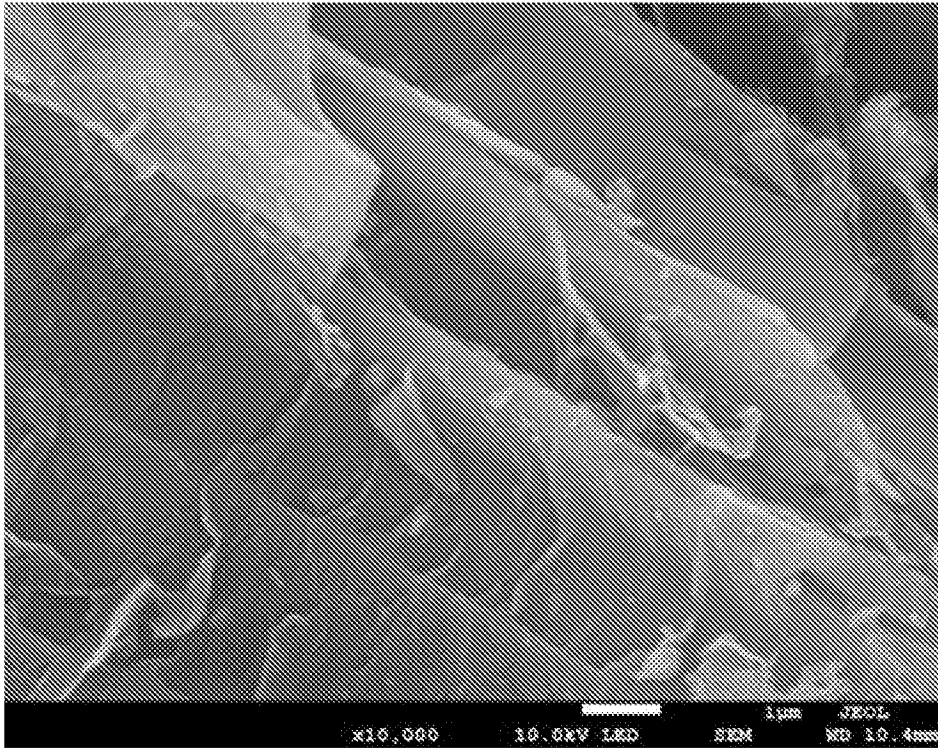


图1

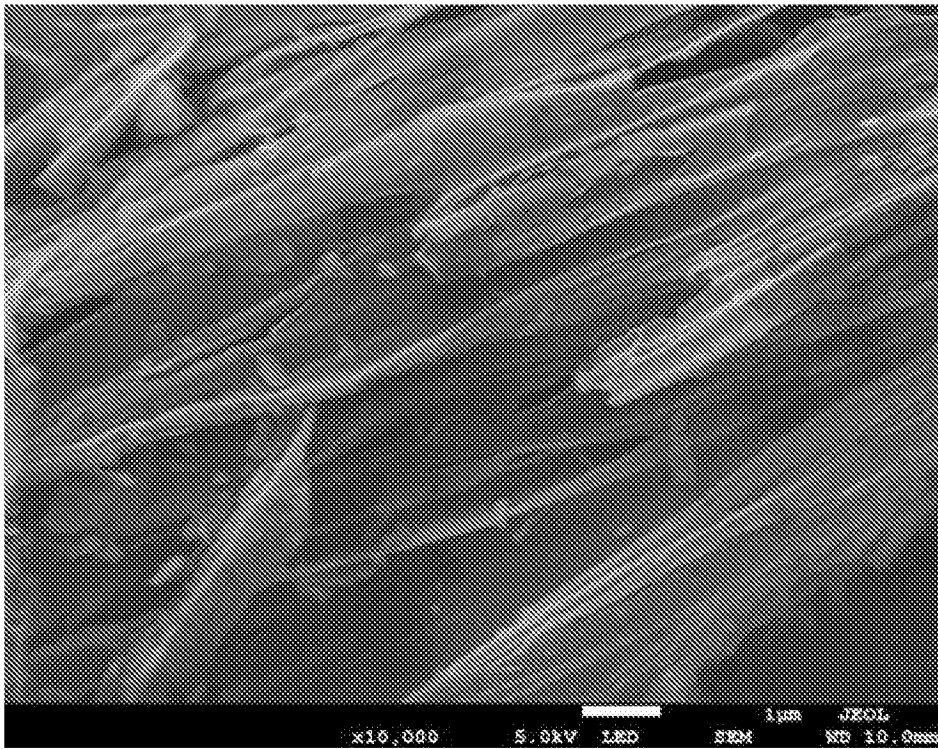


图2

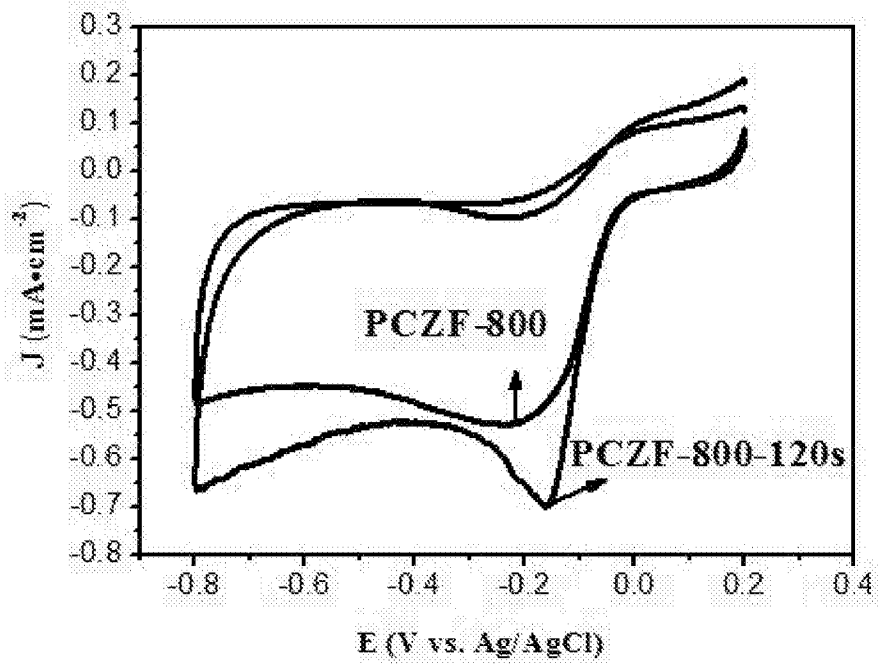


图3

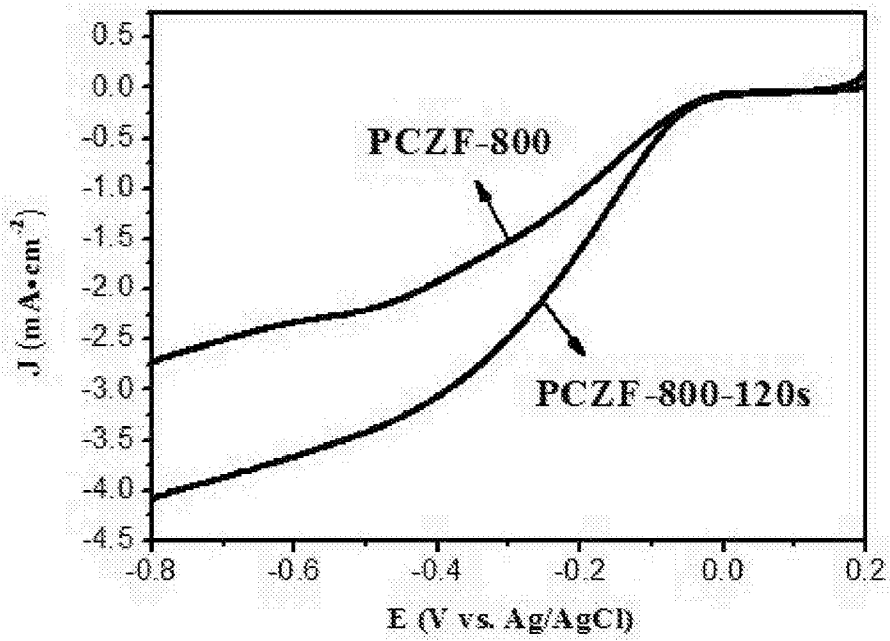


图4

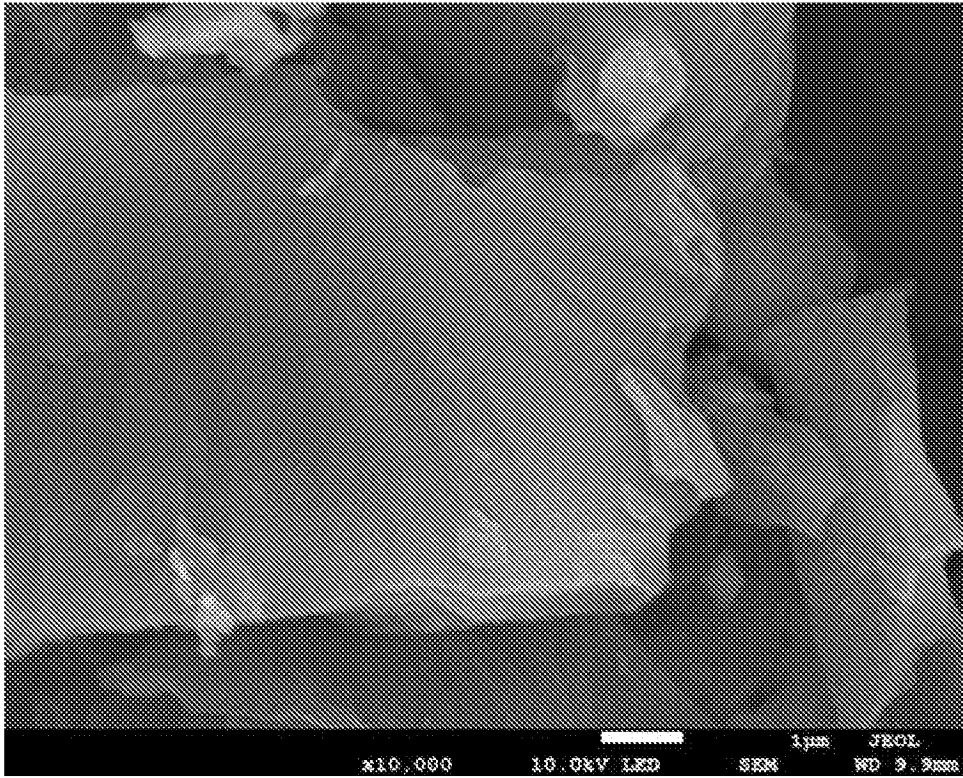


图5

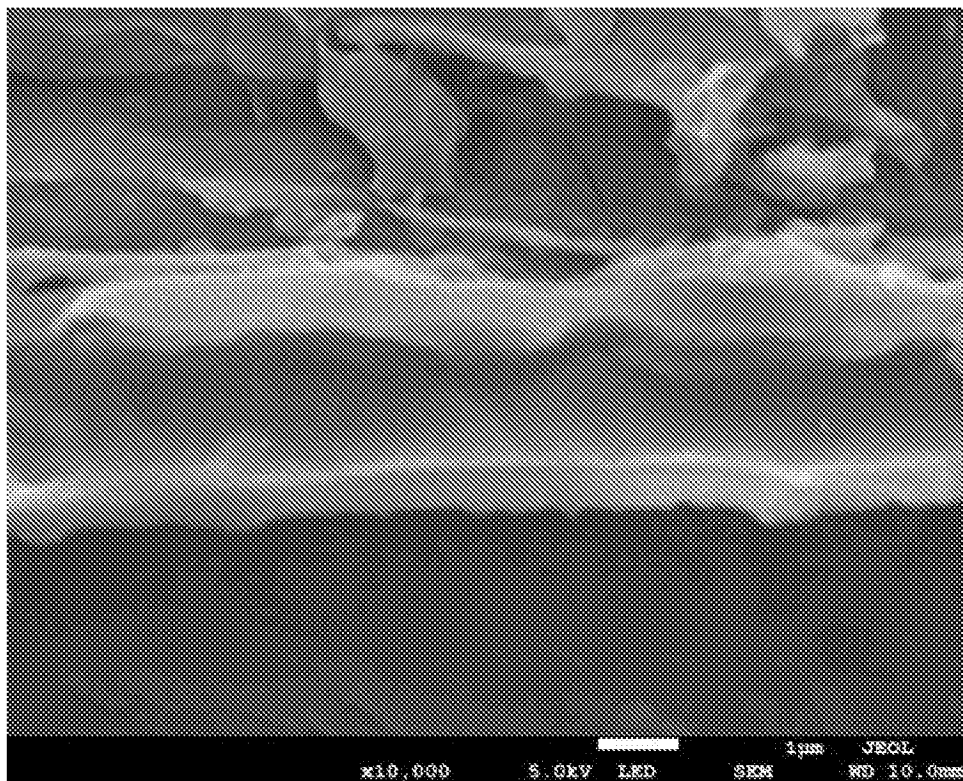


图6

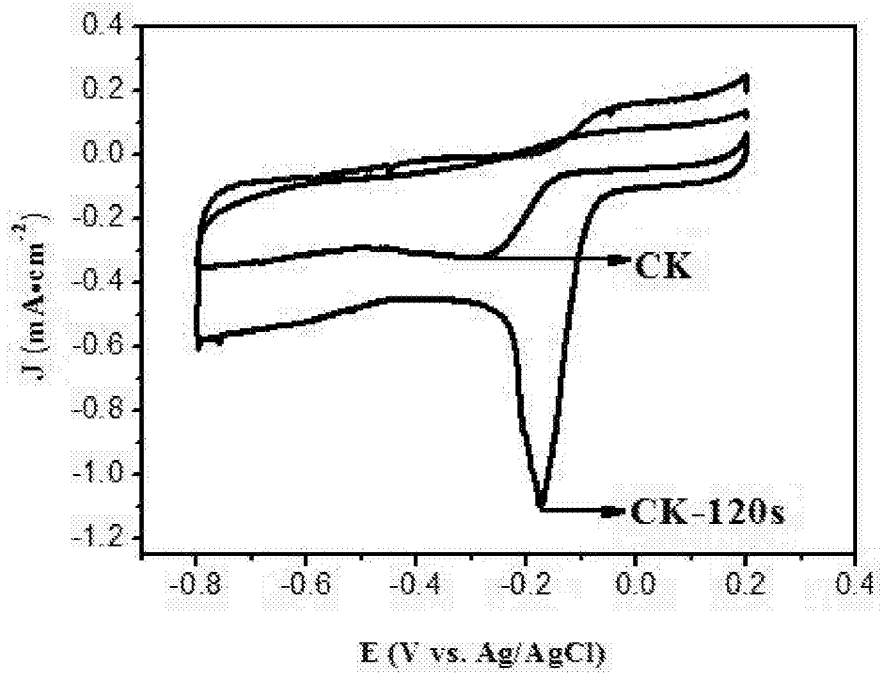


图7

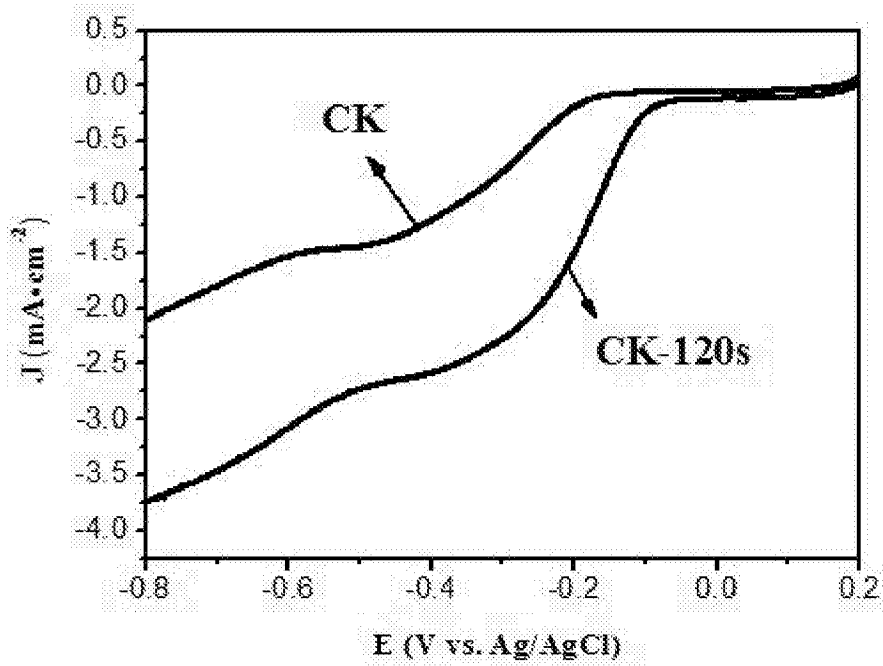


图8