



(21) 申请号 202310984419.4

(22) 申请日 2023.08.07

(71) 申请人 武汉科技大学

地址 430081 湖北省武汉市青山区和平大道947号

(72) 发明人 钱功明 童巧 叶青 熊苓雅
刘绍阳 陈仕贤

(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
专利代理师 张火春

(51) Int. Cl.

B01J 23/42 (2006.01)

B01J 35/00 (2006.01)

C01B 3/06 (2006.01)

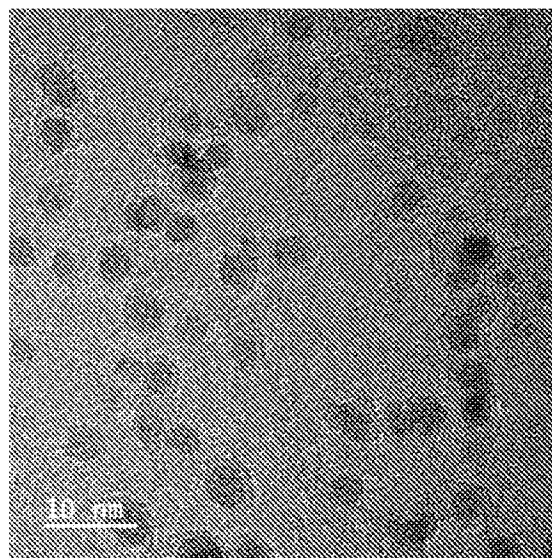
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种水解制氢用Pt/电气石催化剂及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种水解制氢用Pt/电气石催化剂及其制备方法。其技术方案是：按电气石悬浮液：抗坏血酸溶液的体积比为1：1进行混合，室温 and 常压条件下搅拌2～16h，得到混合液A。按氯亚铂酸钾溶液：所述混合液A的溶质质量比为1：(15～60)，将所述氯亚铂酸钾溶液加入所述混合液A中，室温和常压条件下搅拌10～32h，得到Pt/电气石复合催化剂悬浮液。将所述Pt/电气石复合催化剂悬浮液抽滤，洗涤，干燥，制得水解制氢用Pt/电气石催化剂。本发明具有制备工艺简单、能耗低、环境友好和制备成本低的特点，所制品的Pt纳米粒径小、分散度高、易于固液分离，在降低成本的同时能显著提高催化效率，产氢速率高，为制备高效产氢催化剂提供了一种有效的途径。



1. 一种水解制氢用Pt/电气石催化剂的制备方法,其特征在于所述制备方法的步骤是:
步骤1、按电气石悬浮液:抗坏血酸溶液的体积比为1:1进行混合,室温和常压条件下搅拌2~16h,得到混合液A;
步骤2、按氯亚铂酸钾溶液:所述混合液A的溶质质量比为1:(15~60),将所述氯亚铂酸钾溶液加入所述混合液A中,室温和常压条件下搅拌10~32h,得到Pt/电气石复合催化剂悬浮液;
步骤3、将所述Pt/电气石复合催化剂悬浮液抽滤,用蒸馏水洗涤3~5次,干燥,制得水解制氢用Pt/电气石催化剂。
2. 根据权利要求1所述水解制氢用Pt/电气石催化剂的制备方法,其特征在于,所述电气石悬浮液的浓度为0.005~0.05kg/L。
3. 根据权利要求1所述水解制氢用Pt/电气石催化剂的制备方法,其特征在于,所述抗坏血酸溶液的浓度为0.1~0.3mol/L。
4. 根据权利要求1所述水解制氢用Pt/电气石催化剂的制备方法,其特征在于,所述氯亚铂酸钾溶液浓度为0.002~0.01mol/L。
5. 根据权利要求1所述水解制氢用Pt/电气石催化剂的制备方法,其特征在于,所述干燥为真空干燥、冷冻干燥和常规干燥中的一种。
6. 一种水解制氢用Pt/电气石催化剂,其特征在于所述水解制氢用Pt/电气石催化剂是根据权利要求1-5项中任一项所述水解制氢用Pt/电气石催化剂的制备方法制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂。

一种水解制氢用Pt/电气石催化剂及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于水解制氢用催化剂的技术领域。具体涉及一种水解制氢用Pt/电气石催化剂及其制备方法。

背景技术

[0002] 在先进的能源技术中,氢是一种很有前途的清洁燃料。目前,普遍采用的制氢技术路线是通过储氢材料如 NaBH_4 、 KBH_4 、 LiBH_4 与催化剂进行接触发生水解反应。该技术路线容易调节制氢反应速率,具有良好的可操作性,得到广泛关注。其中硼氢化钠(NaBH_4)具有理论储氢密度高、反应容易控制等优势,非常适用于中小型燃料电池的供氢。在用于硼氢化钠(NaBH_4)水解制氢用催化剂中,贵金属Pt由于具有较强的吸附能力和活化能力,能够在较低的温度下实现高效催化,同时其对特定反应具有较高的选择性,能够在多种可能反应中优先促使目标反应进行,提高催化效率,受到广泛重视。

[0003] 文献1(郭荣贵,杨民力,蒋文全.无载体铂钨合金催化水解硼氢化钠的研究[J].稀有金属,2009,33(04):569-572.)采用溶胶凝胶法,将 $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 溶解在去离子水中,搅拌,加入一定量的dextran,形成粘稠的液体;再超声振荡15min使之进一步混合均匀,得到的溶胶在室温下静置24h以上,直至形成凝胶;然后将所述凝胶置于马弗炉中,于 600°C 下煅烧1h,最后在氢气气氛中处理0.5h,得到Pt催化剂。该制备方法能耗高,煅烧过程中产生 CO_2 ,污染环境。且制备的催化剂由于无载体,易出现团聚现象,在反应结束后不易进行固液分离,且产氢速率仅有 $0.05\text{L}/(\text{min} \cdot \text{g})$ 。

[0004] 文献2(Huff C,Biehler E,Quach Q,et al.Synthesis of highly dispersive platinum nanoparticles and their application in a hydrogen generation reaction[J].Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects,2020,610(10):125734.)以氯铂酸为前驱体溶液,在 β -环糊精存在下,硼氢化钠作为还原剂制备Pt纳米。在还原过程中, β -环糊精水溶液作为封盖剂。该方法制备的催化剂以悬浮液的形式存在,在反应过程中容易团聚,产氢速率仅 $1.3\text{mL}/(\text{min} \cdot \text{mL}_{\text{cat}})$ 。

[0005] 文献3(UzundurukanA,DevrimY.Hydrogen generation from sodium borohydride hydrolysis by multi-walled carbon nanotube supported platinum catalyst:A kinetic study[J].International Journal of Hydrogen Energy,2019,44(33):17586-17594.)采用微波-多元醇合成法制备了Pt/MWCNT催化剂,使用微波制备催化剂能耗高;且该催化剂铂含量较高(30wt.%Pt on MWCNT),成本昂贵。

[0006] 文献4(Dai P,Zhao X,Xu D,et al.Preparation,characterization,and properties of Pt/ Al_2O_3 /cordierite monolith catalyst for hydrogen generation from hydrolysis of sodium borohydride in a flow reactor[J].International journal of hydrogen energy,2019,44,28463-28470.)将单片基底浸入20%氧化铝溶胶($\text{pH}=14$)中30分钟,通过压缩空气流将过量溶液从通道中排出。然后将基材在炉子中在 100°C 条件下水平干燥2小时,并在 400°C 条件下煅烧2小时。该涂覆过程重复四次,以获得约

26wt.%的氧化铝负载量。然后使用浸渍法将活性相Pt掺入 Al_2O_3 涂层中,最后,将样品在110℃下干燥12小时,然后在 H_2/N_2 混合物(40mL/min)中在300℃下煅烧2小时制得催化剂。该Pt纳米粒子在 Al_2O_3 包覆层表面高度分散,将反应物(10wt% NaBH_4 +5wt% NaOH)以0.5~2.0mL/min的进料速率送入装有整体式催化剂的管式反应器中,可以连续稳定地产氢,其中Pt纳米颗粒平均粒径为5.2nm,该催化剂产氢速率为2.0mL/min,该催化剂铂纳米颗粒虽分散好,但产氢效率较低,工艺复杂,能耗高。

[0007] 总之,现有技术存在如下技术缺陷:制备工艺复杂,需要复杂的反应装置如:马弗炉、微波炉,污染环境,能耗高,生产成本低;同时,在未使用载体的情况下,铂纳米颗粒容易团聚,且为实现高效制氢需要高含量铂,价格昂贵,制备成本高;负载型催化剂也存在产氢速率低的问题。

发明内容

[0008] 本发明旨在解决现有技术问题,目的是提供一种制备工艺简单、能耗低、环境友好和生产成本低的水解制氢用Pt/电气石催化剂的制备方法;所制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂的Pt纳米粒径小、分散度高、易于固液分离,同时产氢速率高。

[0009] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0010] 步骤1、按电气石悬浮液:抗坏血酸溶液的体积比为1:1进行混合,室温和常压条件下搅拌2~16h,得到混合液A。

[0011] 步骤2、按氯亚铂酸钾溶液:所述混合液A的溶质质量比为1:(15~60),将所述氯亚铂酸钾溶液加入所述混合液A中,室温和常压条件下搅拌10~32h,得到Pt/电气石复合催化剂悬浮液。

[0012] 步骤3、将所述Pt/电气石复合催化剂悬浮液抽滤,用蒸馏水洗涤3~5次,干燥,制得水解制氢用Pt/电气石催化剂。

[0013] 所述电气石悬浮液的浓度为0.005~0.05kg/L。

[0014] 所述抗坏血酸溶液的浓度为0.1~0.3mol/L。

[0015] 所述氯亚铂酸钾溶液浓度为0.002~0.01mol/L。

[0016] 所述干燥为真空干燥、冷冻干燥和常规干燥中的一种。

[0017] 将本发明制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂与制氢原料置于氢气反应器中,在常温和常压条件下制得氢气。经测试:产氢速率为 $12.56 \sim 23.4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}_{\text{Pt}}^{-1}$ 。

[0018] 所述制氢原料为硼氢化钠水溶液和氢氧化钠水溶液的混合液,所述硼氢化钠水溶液的 NaBH_4 的质量含量为0.25~1.5%,氢氧化钠水溶液的 NaOH 的质量含量为0.25~1%。

[0019] 由于采用上述技术方案,本发明与现有技术相比具有如下有益效果:

[0020] 1、本发明制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂,不需要复杂的反应装置和高温煅烧,克服了通过高温焙烧还原的方式制备催化剂对设备要求高的问题。在常温常压下,通过化学反应就可便能实现析氢催化剂的制备。本发明采用原位还原法,以电气石作为载体,用抗坏血酸进行修饰改性,然后通过氯亚铂酸钾作为铂源制备得到催化性能好的水解制氢用催化剂,不仅工艺简单,且环境有好,同时降低了制备成本。

[0021] 2、Pt由于具有高表面能,在合成制备和催化反应过程中极易团聚,活性组分一旦团聚,其催化性能会大幅度下降,甚至失活。本发明在制备水解制氢用Pt/电气石催化剂

的过程中通过使用载体,实现了Pt在电气石表面分散均匀,克服了Pt纳米团聚的问题。同时由于载体的使用,也解决了纳米颗粒不易分离的问题;另外,在未使用载体的情况下,为达到高效催化,现有技术需要提高贵金属用量,这极大地增加了成本。本发明所制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂贵金属用量低,能显著降低制备成本。

[0022] 3、金属纳米粒子的催化活性具有明显的尺寸效应,可通过控制粒径暴露更多的反应活性位点,以提高催化剂的催化性能。本发明通过控制工艺参数,制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂的Pt纳米平均粒径能达到2.6~5.5nm,其催化制氢性能好。

[0023] 4、本发明制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂在硼氢化钠溶液的产氢速率高,通过控制工艺参数,在硼氢化钠水溶液的 NaBH_4 的质量含量为0.25~1.5%、氢氧化钠水溶液的NaOH的质量含量为0.25~1%和常温条件下,产氢速率为 $12.56 \sim 23.4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}_{\text{Pt}}^{-1}$ 。

[0024] 因此,本发明具有制备工艺简单、能耗低、环境友好和制备成本低的特点,制得的水解制氢用Pt/电气石催化剂的Pt纳米粒径小、分散度高、易于固液分离,在降低成本的同时能显著提高催化效率,产氢速率高,为制备高效产氢催化剂提供了一种有效的途径。

附图说明

[0025] 图1为本发明制备的一种水解制氢用Pt/电气石催化剂的X射线能谱图;

[0026] 图2为图1所示水解制氢用Pt/电气石催化剂的透射电镜图;

[0027] 图3为图1所示水解制氢用Pt/电气石催化剂的粒径分布图;

[0028] 图4为图1所示水解制氢用Pt/电气石催化剂的扫描电镜图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的描述,并非对本发明保护范围的限制。

[0030] 一种水解制氢用Pt/电气石催化剂及其制备方法。本具体实施方式所述制备方法是:

[0031] 步骤1、按电气石悬浮液:抗坏血酸溶液的体积比为1:1进行混合,室温和常压条件下搅拌2~16h,得到混合液A。

[0032] 步骤2、按氯亚铂酸钾溶液:所述混合液A的溶质质量比为1:(15~60),将所述氯亚铂酸钾溶液加入所述混合液A中,室温和常压条件下搅拌10~32h,得到Pt/电气石复合催化剂悬浮液。

[0033] 步骤3、将所述Pt/电气石复合催化剂悬浮液抽滤,用蒸馏水洗涤3~5次,干燥,制得水解制氢用Pt/电气石催化剂。

[0034] 所述电气石悬浮液的浓度为0.005~0.05kg/L。

[0035] 所述抗坏血酸溶液的浓度为0.1~0.3mol/L。

[0036] 所述氯亚铂酸钾溶液浓度为0.002~0.01mol/L。

[0037] 所述干燥为真空干燥、冷冻干燥和常规干燥中的一种。

[0038] 将本具体实施方式制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂与制氢原料置于氢气反应器中,在室温和常压条件下制得氢气。经测试:产氢速率为 $12.56 \sim 23.4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}_{\text{Pt}}^{-1}$ 。

[0039] 所述制氢原料为硼氢化钠水溶液和氢氧化钠水溶液的混合液,所述硼氢化钠水溶

液的 NaBH_4 的质量含量为0.25~1.5%,氢氧化钠水溶液的NaOH的质量含量为0.25~1%。

[0040] 实施例1

[0041] 一种水解制氢用Pt/电气石催化剂及其制备方法。本实施例所述制备方法是:

[0042] 步骤1、按电气石悬浮液:抗坏血酸溶液的体积比为1:1进行混合,室温和常压条件下搅拌2h,得到混合液A。

[0043] 步骤2、按氯亚铂酸钾溶液:所述混合液A的溶质质量比为1:15,将所述氯亚铂酸钾溶液加入所述混合液A中,室温和常压条件下搅拌10h,得到Pt/电气石复合催化剂悬浮液。

[0044] 步骤3、将所述Pt/电气石复合催化剂悬浮液抽滤,用蒸馏水洗涤3次,干燥,制得水解制氢用Pt/电气石催化剂。

[0045] 所述电气石悬浮液的浓度为0.05kg/L。

[0046] 所述抗坏血酸溶液的浓度为0.1mol/L。

[0047] 所述氯亚铂酸钾溶液浓度为0.01mol/L。

[0048] 所述干燥为真空干燥。

[0049] 本实施例制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂的Pt纳米平均粒径为5.5nm。

[0050] 将本实施例制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂与制氢原料置于氢气反应器中,在常温和常压条件下制得氢气。经测试:产氢速率为 $16.5\text{L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}_{\text{Pt}}^{-1}$ 。

[0051] 所述制氢原料为硼氢化钠水溶液和氢氧化钠水溶液的混合液,所述硼氢化钠水溶液的 NaBH_4 的质量含量为1.5%,氢氧化钠水溶液的NaOH的质量含量为0.5%。

[0052] 实施例2

[0053] 一种水解制氢用Pt/电气石催化剂及其制备方法。本实施例所述制备方法是:

[0054] 步骤1、按电气石悬浮液:抗坏血酸溶液的体积比为1:1进行混合,室温和常压条件下搅拌8h,得到混合液A。

[0055] 步骤2、按氯亚铂酸钾溶液:所述混合液A的溶质质量比为1:25,将所述氯亚铂酸钾溶液加入所述混合液A中,室温和常压条件下搅拌16h,得到Pt/电气石复合催化剂悬浮液。

[0056] 步骤3、将所述Pt/电气石复合催化剂悬浮液抽滤,用蒸馏水洗涤5次,干燥,制得水解制氢用Pt/电气石催化剂。

[0057] 所述电气石悬浮液的浓度为0.04kg/L。

[0058] 所述抗坏血酸溶液的浓度为0.2mol/L。

[0059] 所述氯亚铂酸钾溶液浓度为0.01mol/L。

[0060] 所述干燥为冷冻干燥。

[0061] 本实施例制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂的Pt纳米平均粒径为3.5nm。

[0062] 将本实施例制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂与制氢原料置于氢气反应器中,在常温和常压条件下制得氢气。经测试:产氢速率为 $23.4\text{L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}_{\text{Pt}}^{-1}$ 。

[0063] 所述制氢原料为硼氢化钠水溶液和氢氧化钠水溶液的混合液,所述硼氢化钠水溶液的 NaBH_4 的质量含量为1.5%,氢氧化钠水溶液的NaOH的质量含量为0.25%。

[0064] 实施例3

[0065] 一种水解制氢用Pt/电气石催化剂及其制备方法。本实施例所述制备方法是:

[0066] 步骤1、按电气石悬浮液:抗坏血酸溶液的体积比为1:1进行混合,室温和常压条件下搅拌10h,得到混合液A。

[0067] 步骤2、按氯亚铂酸钾溶液：所述混合液A的溶质质量比为1:30,将所述氯亚铂酸钾溶液加入所述混合液A中,室温和常压条件下搅拌24h,得到Pt/电气石复合催化剂悬浮液。

[0068] 步骤3、将所述Pt/电气石复合催化剂悬浮液抽滤,用蒸馏水洗涤4次,干燥,制得水解制氢用Pt/电气石催化剂。

[0069] 所述电气石悬浮液的浓度为0.03kg/L。

[0070] 所述抗坏血酸溶液的浓度为0.2mol/L。

[0071] 所述氯亚铂酸钾溶液浓度为0.008mol/L。

[0072] 所述干燥为冷冻干燥。

[0073] 本实施例制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂的Pt纳米平均粒径为2.8nm。

[0074] 将本实施例制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂与制氢原料置于氢气反应器中,在常温和常压条件下制得氢气。经测试:产氢速率为 $18.2\text{L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}_{\text{Pt}}^{-1}$ 。

[0075] 所述制氢原料为硼氢化钠水溶液和氢氧化钠水溶液的混合液,所述硼氢化钠水溶液的 NaBH_4 的质量含量为1%,氢氧化钠水溶液的 NaOH 的质量含量为1%。

[0076] 实施例4

[0077] 一种水解制氢用Pt/电气石催化剂及其制备方法。本实施例所述制备方法是:

[0078] 步骤1、按电气石悬浮液:抗坏血酸溶液的体积比为1:1进行混合,室温和常压条件下搅拌12h,得到混合液A。

[0079] 步骤2、按氯亚铂酸钾溶液:所述混合液A的溶质质量比为1:40,将所述氯亚铂酸钾溶液加入所述混合液A中,室温和常压条件下搅拌26h,得到Pt/电气石复合催化剂悬浮液。

[0080] 步骤3、将所述Pt/电气石复合催化剂悬浮液抽滤,用蒸馏水洗涤4次,干燥,制得水解制氢用Pt/电气石催化剂。

[0081] 所述电气石悬浮液的浓度为0.01kg/L。

[0082] 所述抗坏血酸溶液的浓度为0.2mol/L。

[0083] 所述氯亚铂酸钾溶液浓度为0.006mol/L。

[0084] 所述干燥为冷冻干燥。

[0085] 本实施例制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂的Pt纳米平均粒径为2.6nm。

[0086] 将本实施例制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂与制氢原料置于氢气反应器中,在常温和常压条件下制得氢气。经测试:产氢速率为 $14.1\text{L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}_{\text{Pt}}^{-1}$ 。

[0087] 所述制氢原料为硼氢化钠水溶液和氢氧化钠水溶液的混合液,所述硼氢化钠水溶液的 NaBH_4 的质量含量为0.5%,氢氧化钠水溶液的 NaOH 的质量含量为0.25%。

[0088] 实施例5

[0089] 一种水解制氢用Pt/电气石催化剂及其制备方法。本实施例所述制备方法是:

[0090] 步骤1、按电气石悬浮液:抗坏血酸溶液的体积比为1:1进行混合,室温和常压条件下搅拌16h,得到混合液A。

[0091] 步骤2、按氯亚铂酸钾溶液:所述混合液A的溶质质量比为1:60,将所述氯亚铂酸钾溶液加入所述混合液A中,室温和常压条件下搅拌32h,得到Pt/电气石复合催化剂悬浮液。

[0092] 步骤3、将所述Pt/电气石复合催化剂悬浮液抽滤,用蒸馏水洗涤5次,干燥,制得水解制氢用Pt/电气石催化剂。

[0093] 所述电气石悬浮液的浓度为0.005kg/L。

[0094] 所述抗坏血酸溶液的浓度为0.3mol/L。

[0095] 所述氯亚铂酸钾溶液浓度为0.002mol/L。

[0096] 所述干燥为常规干燥。

[0097] 本实施例制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂的Pt纳米平均粒径为3.5nm。

[0098] 将本实施例制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂与制氢原料置于氢气反应器中,在常温和常压条件下制得氢气。经测试:产氢速率为 $12.56\text{L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}_{\text{Pt}}^{-1}$ 。

[0099] 所述制氢原料为硼氢化钠水溶液和氢氧化钠水溶液的混合液,所述硼氢化钠水溶液的 NaBH_4 的质量含量为0.25%,氢氧化钠水溶液的 NaOH 的质量含量为0.25%。

[0100] 本具体实施方式与现有技术相比具有如下有益效果:

[0101] 1、本具体实施方式制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂,不需要复杂的反应装置和高温煅烧,克服了通过高温焙烧还原的方式制备催化剂对设备要求高的问题。在常温常压下,通过化学反应就可实现析氢催化剂的制备。本具体实施方式采用原位还原法,以电气石作为载体,用抗坏血酸进行修饰改性,然后通过氯亚铂酸钾作为铂源制备得到催化性能好的水解制氢用催化剂,不仅工艺简单,且环境有好,同时降低了制备成本。

[0102] 2、Pt由于具有高表面能,在合成制备和催化反应过程中极易团聚,活性组分一旦团聚,其催化性能会大幅度下降,甚至失活。本具体实施方式在制备水解制氢用Pt/电气石催化剂的过程中通过使用载体,实现了Pt在电气石表面分散均匀,克服了Pt纳米团聚的问题。同时由于载体的使用,也解决了纳米颗粒不易分离的问题;另外,在未使用载体的情况下,为达到高效催化,现有技术需要提高贵金属用量,这极大地增加了成本。本具体实施方式所制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂贵金属用量低,能显著降低制备成本。

[0103] 本具体实施方式利用抗坏血酸修饰电气石,引入还原位点,通过原位还原的方法将金属离子还原,制备贵金属催化剂。通过控制制备条件,成功实现制备小粒径纳米催化剂。此外,本具体实施方式在制备过程中加入了载体,能使纳米金属颗粒在载体上生长,提高了金属分散性,控制了纳米颗粒的团聚。

[0104] 3、本具体实施方式制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂及其性能如附图所示,图1为实施例2制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂的X射线能谱图;图2为图1所示水解制氢用Pt/电气石催化剂的透射电镜图;图3为图1所示水解制氢用Pt/电气石催化剂的粒径分布图;图4为图1所示水解制氢用Pt/电气石催化剂的扫描电镜图。从图1可以看出,Pt4f峰含有0价Pt,表明电气石表面成功负载上金属铂,负载型金属催化剂成功制备;从图2可以看出,Pt在电气石表面分散均匀,没有出现团聚现象;根据透射电镜图对电气石表面的Pt进行粒径分析,得到图3所示的粒径分布图,从图3可以看出,Pt纳米颗粒粒径小,平均纳米粒径为3.5nm;从图4可以看出,所制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂表面粗糙,表面形貌能影响催化剂表面的质量和化学反应的速率,高比表面积提供了更多的活性位点,促进了反应物分子的扩散和吸附,从而提高了水解制氢用Pt/电气石催化剂的活性。

[0105] 4、金属纳米粒子的催化活性具有明显的尺寸效应,可通过控制粒径暴露更多的反应活性位点,以提高催化剂的催化性能。本具体实施方式通过控制工艺参数,制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂的Pt纳米平均粒径能达到2.6~5.5nm,其催化制氢性能好。

[0106] 5、本具体实施方式制备的水解制氢用Pt/电气石催化剂在硼氢化钠溶液的产氢速率高,通过控制工艺参数,在硼氢化钠水溶液的 NaBH_4 的质量含量为0.25~1.5%、氢氧化钠

水溶液的NaOH的质量含量为0.25~1%和常温条件下,产氢速率为 $12.56 \sim 23.4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}_{\text{Pt}}^{-1}$ 。

[0107] 因此,本具体实施方式具有制备工艺简单、能耗低、环境友好和制备成本低的特点,制得的水解制氢用Pt/电气石催化剂的Pt纳米粒径小、分散度高、易于固液分离,在降低成本的同时能显著提高催化效率,产氢速率高,为制备高效产氢催化剂提供了一种有效的途径。

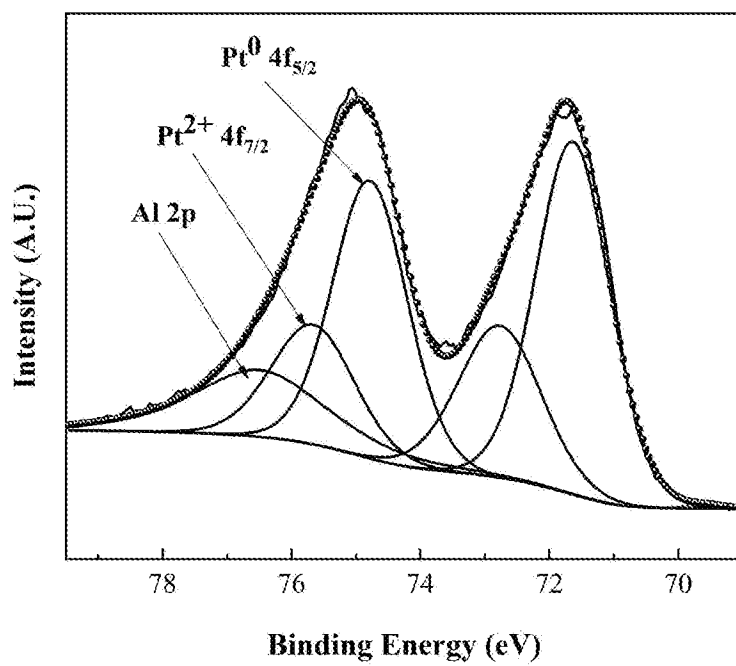


图1

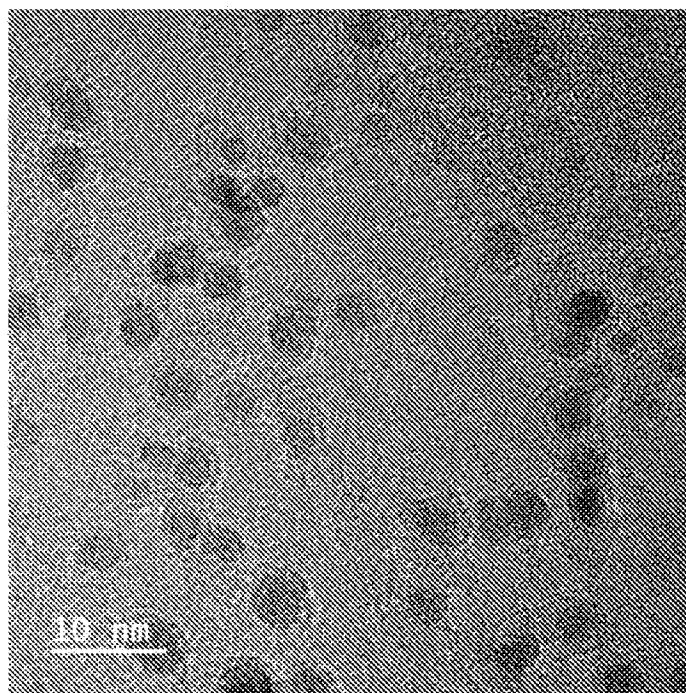


图2

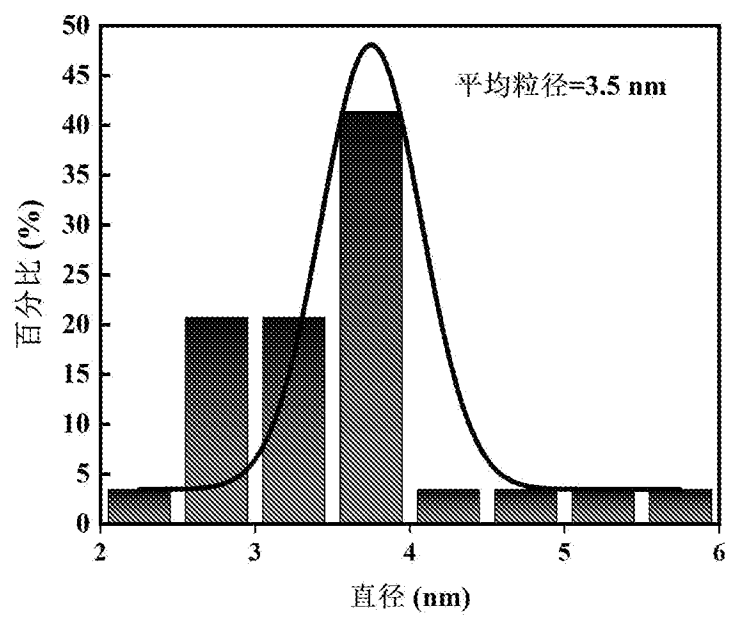


图3

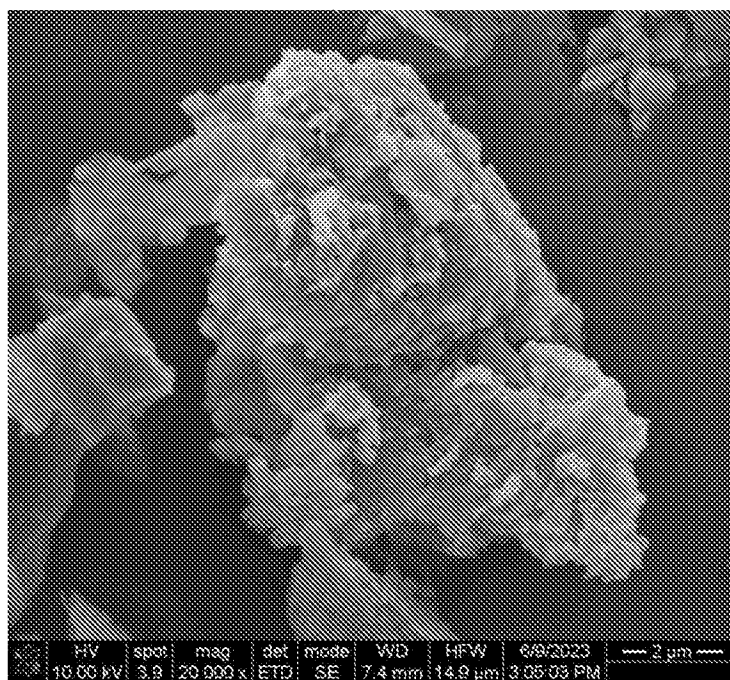


图4