



(21) 申请号 202510431134.7

(22) 申请日 2025.04.08

(71) 申请人 华东理工大学

地址 200237 上海市徐汇区梅陇路130号

申请人 中广核风电有限公司

(72) 发明人 杨化桂 李晓霞 王照亮 刘鹏飞

张馨予 毛芳欣 王增国 冷佳衡

(74) 专利代理机构 上海申浩律师事务所 31280

专利代理师 赵青

(51) Int. Cl.

C25B 11/091 (2021.01)

C25B 1/04 (2021.01)

C25B 11/061 (2021.01)

杨化桂

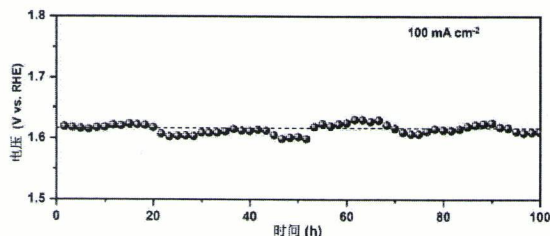
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

#### (54) 发明名称

自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料及其制备与应用

#### (57) 摘要

本发明公开了一种自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料及其制备与应用。采用氯化镍、氯化钴以及氯化铁分别作为镍源、钴源和铁源,以及尿素作为沉淀剂,通过水热和浸渍-腐蚀方法得到泡沫镍自支撑非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料 $\text{NiCo}_2\text{O}_4@\text{a-NiFeO}(\text{OH})$ 。该方法操作简便,原料易得,制备成本低廉,反应周期短,并且可重复性高。种材料在电催化分解水领域中表现出优异的析氧性能。在1 M KOH (pH=14) 电解质溶液中,电流密度为 $10 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的条件下,其仅需219.6 mV的过电位,并在 $100 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的电流密度下能够稳定地进行析氧反应长达100小时,且其性能未出现显著衰减,展现出良好的稳定性。



1. 一种自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料的制备方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

A、钴酸镍异质结制备

将0.7~2.3 重量份六水合氯化镍、0.3~1.2 重量份六水合氯化钴和0.3~1.0 重量份尿素均匀分散于去离子水中, 搅拌至形成澄清粉红色溶液; 接着, 将上述溶液转移至设置惰性内衬的不锈钢水热釜中, 并将支撑载体垂直放入釜中; 随后, 在120~160 °C的条件下保温5~12小时, 自然冷却至室温后, 使用去离子水和无水乙醇多次清洗支撑载体; 随后转移至真空干燥箱中过夜干燥, 并将干燥后的样品置于马弗炉中, 在300~450 °C下保温2~5小时;

B、非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结

将氯化铁和氯化镍按照1:1的摩尔比例混合, 配制成浓度为50 mM的混合溶液; 随后, 将步骤A制备好的负载有钴酸镍异质结的支撑载体放入该混合液中浸渍一定时间; 自然干燥后用去离子水和无水乙醇反复清洗, 随后将样品置于60~120 °C真空干燥箱中进行干燥, 得到自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料 $\text{NiCo}_2\text{O}_4@ \text{a-NiFeO}(\text{OH})$ 。

2. 根据权利要求1所述的制备方法, 其特征在于:

其中, 步骤A中, 六水合氯化镍的终浓度为0.023~0.038g/mL, 六水合氯化钴的终浓度为0.01~0.02g/mL, 尿素的终浓度为0.01~0.017g/mL。

3. 根据权利要求1所述的制备方法, 其特征在于:

其中, 溶液搅拌30~40 min形成澄清粉红色溶液; 所述惰性内衬选自聚四氟乙烯内衬; 所述支撑载体选自泡沫镍。

4. 根据权利要求1所述的制备方法, 其特征在于:

其中, 步骤B中, 负载有钴酸镍异质结的支撑载体在氯化铁和氯化镍混合液中的浸渍时间为10~30分钟; 之后将浸润后的泡沫镍静置于瓷舟上自然干燥。

5. 一种自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料, 其特征在于, 采用权利要求1~4任一所述的方法制备得到。

6. 根据权利要求5所述的电催化复合材料, 其特征在于, 材料中, 钴酸镍形成纳米针支架结构, 结构宽度为180~220 nm, 复合材料为均匀生长的二维纳米片包裹着钴酸镍。

7. 权利要求5或6所述自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料在制备水电解析氧电极中的应用。

8. 一种水电解析氧电极, 其特征在于, 包括载体以及负载在其上的催化剂材料, 其中, 所述催化剂材料为采用权利要求1~4任一项所述方法制备得到的自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料。

9. 一种电解水的方法, 其特征在于: 采用权利要求8所述的水电解析氧电极作为工作电极。

10. 根据权利要求9所述的电解水的方法, 其特征在于:

其中, 电解液为1M KOH溶液。

## 自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料及其制备与应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于电催化剂技术领域,涉及一种自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料的制备方法,还涉及其在制备析氧催化剂材料及析氧电极中的应用,在其他能源开发和环境保护等领域也具备潜在的应用价值。

### 背景技术

[0002] 随着社会的不断发展,社会人口始终处于持续增长的态势,而与此同时,人们对能源的需求也在不断持续提高。在这种情况下,人们普遍依赖化石燃料,如煤炭、石油和天然气等,将其作为主要能源来源。然而,这种过度依赖化石燃料的现状,给即将到来的能源危机和环境挑战带来了巨大风险。化石燃料是有限资源,其储量在不断减少,未来可能面临能源短缺的困境。而且化石燃料的使用会产生大量的污染物,对环境造成严重破坏,加剧气候变化等问题。

[0003] 氢燃料凭借其丰富的来源以及优异的热量特性,在众多能源中脱颖而出,成为了极为理想的零排放替代能源载体。在当下对环保和可持续发展要求日益提高的背景下,电催化水分裂作为一种高效、环保的生产高纯度氢气的方法备受瞩目。它能够充分发挥自身优势,通过析氢反应和析氧反应,将电能巧妙地转化为氢气和氧气。这种转化过程不仅高效,而且对环境友好,为解决能源问题和环境挑战提供了新的思路和途径,具有广阔的发展前景。然而,析氢反应和析氧反应都受到缓慢的质量和电荷转移动力学的阻碍,特别是析氧反应,作为一个四电子转移过程,会遇到巨大的能量障碍,从而成为整个水电解反应的关键瓶颈。因此,为应对这一挑战,合理设计高效、稳定的析氧反应催化剂对促进能源转换技术的发展越来越重要。

### 发明内容

[0004] 本发明针对上述问题进行,利用水热以及浸渍-腐蚀方法在泡沫镍上生成非晶羟基氧化镍铁包裹纳米针状钴酸镍作为析氧电催化剂。该方法操作简便,原料易得,制备成本低廉,反应周期短,并且可重复性高,产物析氧性能好,在1.0 M KOH电解质中,当其析氧过电位在219.6 mV时,电流密度为10 mA/cm<sup>2</sup>,并且能够在100 mA/cm<sup>2</sup>的电流密度下能够稳定析氧长达100小时,是一种性能良好且稳定的电催化析氧反应催化剂。

[0005] 为了实现上述目的,本发明具体所采用的技术方案如下:

[0006] 本发明第一方面,提供了一种自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料的制备方法,采用氯化镍,氯化钴以及氯化铁分别作为镍源,钴源和铁源,采用尿素作为沉淀剂,通过水热和浸渍-腐蚀方法得到泡沫镍自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>@a-NiFeO(OH)。

[0007] 具体包括如下步骤:

[0008] A、钴酸镍异质结制备

[0009] 将0.7~2.3 重量份六水合氯化镍、0.3~1.2 重量份六水合氯化钴和0.3~1.0 重量份尿素均匀分散于去离子水中,搅拌30~40min至形成澄清粉红色溶液;接着,将上述溶液转移至设置惰性内衬(如聚四氟乙烯)的不锈钢水热釜中,并将支撑载体(优选泡沫镍)垂直放入釜中;随后,在120~160 °C的条件下保温5~12小时,自然冷却至室温后,使用去离子水和无水乙醇多次清洗支撑载体;随后转移至真空干燥箱中过夜干燥,并将干燥后的样品置于马弗炉中,在300~450 °C下保温2~5小时;

[0010] B、非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结

[0011] 将氯化铁和氯化镍按照1:1的摩尔比例混合,配制成浓度为50 mM的混合溶液;随后,将步骤A制备好的负载有钴酸镍异质结的支撑载体放入该混合液中浸渍10~30 min;自然干燥后用去离子水和无水乙醇反复清洗,随后将样品置于60~120 °C真空干燥箱中进行干燥,得到自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料 $\text{NiCo}_2\text{O}_4/\text{a-NiFeO}(\text{OH})/\text{NF}$ 。

[0012] 本发明第二方面,提供了一种泡沫镍自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料,其采用上述方法制备得到。

[0013] 扫描电镜及投射电镜图显示,得到的泡沫镍自支撑非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍( $\text{NiCo}_2\text{O}_4/\text{a-NiFeO}(\text{OH})/\text{NF}$ )材料中,钴酸镍形成纳米针支架结构,结构宽度为180~220 nm;复合材料为均匀生长的二维纳米片包裹着钴酸镍,无定形的 $\text{NiFeO}(\text{OH})$ 纳米片成功沉积到了 $\text{NiCo}_2\text{O}_4$ 表面。

[0014] X射线衍射分析能够得到 $\text{NiCo}_2\text{O}_4$ 结构的特征峰;元素分析结果显示,其中Co主要分布在 $\text{NiCo}_2\text{O}_4$ 纳米锥形结构中,而Ni和Fe则均匀地分布在整个无定形的 $\text{NiFeO}(\text{OH})$ 纳米片中,从而证实了一种定义明确的异质结构的形成。

[0015] 电化学性能测试:以1.0 mol/L KOH溶液作为电解液,以非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极、银/氯化银电极作为参比电极、石墨棒作为对电极,测试温度为10~30 °C;在1.0 M KOH电解质中,当其析氧过电位在219.6 mV时,电流密度为 $10 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,并且能够在 $100 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的电流密度下能够稳定析氧长达100小时,是一种性能良好且稳定的电催化析氧反应催化剂。

[0016] 因此,本发明第三方面,提供了上述自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料在制备电解析氧电极中的应用。

[0017] 本发明第四方面,提供了一种电解析氧电极,包括载体以及负载在其上的催化剂材料,其中,催化剂材料为采用上述任一项所述方法制备得到的自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料。

[0018] 本发明第五方面,提供了一种电解水的方法,采用上述所述的电解析氧阳极电极作为工作电极。优选的,电解液为1M KOH溶液。

[0019] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0020] (1)采用简单的水热以及浸渍-腐蚀方法合成泡沫镍自支撑非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料 $\text{NiCo}_2\text{O}_4/\text{a-NiFeO}(\text{OH})/\text{NF}$ ,合成方法简单,操作便捷,条件温和,可重复性高,合成过程中不需要复杂的仪器,操作简单,可以大批量合成,有利于大规模的工业应用;

[0021] (2)将泡沫镍自支撑非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料



$\text{NiCo}_2\text{O}_4@ \alpha\text{-NiFeO(OH)}$  作为析氧催化剂,结果表明其具有较好的析氧性能且过电位较低。在碱性溶液中,当过电位为219.6 mV时,电流密度可达到 $8 \sim 12 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,并可保持稳定工作状态100个小时以上;

[0022] (3) 制备过程中,所有试剂均为商业产品,不需要进一步处理;

[0023] (4) 合成方法简单,得到的材料易于应用,有利于在工业化生产中推广应用,还可作为氯碱工业、电解水工艺、太阳能电解水以及电化学等体系中的析氧材料。

## 附图说明

[0024] 图1是实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍不同放大倍数的扫描电镜图,a,  $1 \mu\text{m}$ ;b, 500nm;

[0025] 图2是实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍不同放大倍数的透射电镜图,a, 200nm;b, 20nm;

[0026] 图3是实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍的X衍射图谱;

[0027] 图4是实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍的透射电镜图及相应的O、Co、Ni、Fe的元素分布图;

[0028] 图5是实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍的X射线光电子能谱图;

[0029] 图6是实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极在碱性电解质溶液中的析氧线性扫描曲线;

[0030] 图7是实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极在碱性电解质溶液中的Tafel斜率;

[0031] 图8是实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极在碱性电解质溶液中的电化学阻抗谱;

[0032] 图9是实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极在碱性电解质溶液中 $100 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 恒定电流密度下的计时电位曲线;

## 具体实施方式

[0033] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例的附图,对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于所描述的本发明的实施例,本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0034] 本文所公开的“范围”以下限和上限的形式。可以分别为一个或多个下限,和一个或多个上限。给定范围是通过选定一个下限和一个上限进行限定的。选定的下限和上限限定了特别范围的边界。所有可以这种方式进行限定的范围是包含和可组合的,即任何下限可以与任何上限组合形成一个范围。例如,针对特定参数列出了 $100 \sim 140$ 和 $500 \sim 900$ 的范围,理解为 $100 \sim 140$ 和 $500 \sim 900$ 的范围也是预料到的。此外,如果列出的最小范围值1和2,和如果列出了最大范围3,4和5,则下面的范围可全部预料到: $1 \sim 2$ 、 $1 \sim 4$ 、 $1 \sim 5$ 、 $2 \sim 3$ 、 $2 \sim 4$ 和 $2 \sim 5$ 。

[0035] 本发明中,除非有其他说明,数值范围“ $a \sim b$ ”表示a到b之间的任意实数组合的缩

略表示,其中a和b都是实数。例如数值范围“0 ~ 5”表示本文中已经全部列出了“0 ~ 5”之间的全部实数,“0 ~ 5”只是这些数值组合的缩略表示。

[0036] 在本发明中,如果没有特别的说明,本文所提到的所有实施方式以及优选实施方式可以互相组合形成新的技术方案。

[0037] 实施例1

[0038] 一、泡沫镍自支撑的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍异质结电催化复合材料的制备

[0039] 将1.3 g六水合氯化镍、0.6 g六水合氯化钴和0.5 g尿素均匀分散于32 mL的去离子水中,搅拌30 min至形成澄清溶液,溶液呈现粉红色。接着,将上述溶液转移至聚四氟乙烯内衬不锈钢水热釜中,并将泡沫镍垂直放入釜中。随后,在130 °C的条件下保温6个小时,自然冷却至室温后,使用去离子水和无水乙醇多次清洗泡沫镍。随后转移至真空干燥箱中过夜干燥。最后,将干燥后的样品置于马弗炉中,在350 °C下保温2个小时。

[0040] 将氯化铁和氯化镍按照1:1的比例混合,配制成浓度为50 mM的混合溶液。随后,将保温后的泡沫镍放入此混合液中浸渍,浸渍时间为10分钟。之后,将浸润后的泡沫镍静置于瓷方舟上自然干燥。待样品干燥后用去离子水和无水乙醇反复清洗。随后将样品置于60 °C真空干燥箱中进行干燥,即得到非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍。

[0041] 二、性能表征测试

[0042] 图1为实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍的扫描电镜图,通过观察样品形貌,证实材料为均匀生长的二维纳米片包裹着纳米针支架结构钴酸镍,结构宽度为180~220 nm。

[0043] 图2为实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍的透射电镜图,可以看出清楚地显示了无定形的NiFeO(OH)纳米片成功沉积到了NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>表面,证实了复合异质结构的形成。

[0044] 图3为实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍的X衍射图谱,扫描速度为2° · min<sup>-1</sup>,扫描范围为5° ~ 80°的X射线衍射图谱,经鉴定材料为尖晶石NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>结构的特征峰。

[0045] 图4为实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍的透射电镜图及相应的O、Co、Ni、Fe的元素分布图,验证了Ni、Fe、Co和O元素的均匀分布,其中Co主要分布在NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>纳米锥形结构中,而Ni和Fe则均匀地分布在整個无定形的NiFeO(OH)纳米片中,从而证实了一种定义明确的异质结构的形成。

[0046] 图5为实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍的X射线光电子能谱图,Ni 2p图谱证明镍主要是Ni<sup>3+</sup>和Ni-O键,镍氧化态的增加有助于析氧反应进行;O 1s图谱证明氧主要以晶格氧、金属氢氧化物和吸附氧的形式存在;Co 2p图谱显示钴主要是Co<sup>2+</sup>。

[0047] 三、电化学性能测试

[0048] 将所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍直接作为工作电极,进行电化学表征测试。通过CHI760电化学工作站,标准三电极体系,将所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍置于1.0 M KOH水溶液中,采用常规方法进行线性扫描测试及循环性能测试。

[0049] 具体的,在常规电解水制氢的环境下即1摩尔每升氢氧化钾(1.0 M KOH)水溶液作

为电解液溶液,以上述非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极,以银-氯化银电极为参比电极,石墨棒作为对电极,测试温度为25 °C。

[0050] 图6为实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极在碱性电解质溶液中的析氧线性扫描曲线。曲线是以实施例1所制备非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍为工作电极,银-氯化银电极为参比电极,石墨棒为对电极,1.0 M/L KOH为电解液,测试温度为室温,扫描速度为5 mV/s 测试条件下的线性扫描曲线。由曲线可知,在碱性电介质中,非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极在析氧过电位为219.6 mV时,电流密度为 $10 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,证明了非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍具有优秀的电催化析氧活性。

[0051] 图7为实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极在碱性电解质溶液中的塔菲尔斜率。数据显示,样品的塔菲尔斜率仅为 $46.96 \text{ mV dec}^{-1}$ 。

[0052] 图8为实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极在碱性电解质溶液中的电化学阻抗谱。数据显示非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍具有低的电荷转移电阻,进一步证实了其卓越电子转移能力。

[0053] 图9为实施例1所制备的非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍作为工作电极在碱性电解质溶液中 $100 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 恒定电流密度下的计时电位曲线,测试表明,非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍在 $100 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的电流密度下可保持稳定100小时,这表明其具有出色的电化学稳定性。

[0054] 与现有的电催化析氧材料制备方法相比,本发明具有以下优点:合成过程简单,原材料选择广泛,成本低廉,电催化析氧活性高,稳定性好。

#### [0055] 实施例2

[0056] 将0.7 g六水合氯化镍、0.3 g六水合氯化钴和0.3 g尿素均匀分散于30 mL的去离子水中,搅拌30 min至形成澄清溶液,溶液呈现粉红色。接着,将上述溶液转移至聚四氟乙烯内衬不锈钢水热釜中,并将泡沫镍垂直放入釜中。随后,在120 °C的条件下保温5个小时,自然冷却至室温后,使用去离子水和无水乙醇多次清洗泡沫镍。随后转移至真空干燥箱中过夜干燥。最后,将干燥后的样品置于马弗炉中,在300 °C下保温2个小时。

[0057] 将氯化铁和氯化镍按照1:1的比例混合,配制成浓度为50 mM的混合溶液。随后,将保温后的泡沫镍放入此混合液中浸渍,浸渍时间为10分钟。之后,将浸润后的泡沫镍静置于瓷方舟上自然干燥。待样品干燥后用去离子水和无水乙醇反复清洗。随后将样品置于60 °C真空干燥箱中进行干燥,即得到非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍。特征和性能与实施例1类似。

#### [0058] 实施例3

[0059] 将2.3 g六水合氯化镍、1.2 g六水合氯化钴和1.0 g尿素均匀分散于60 mL的去离子水中,搅拌30 min至形成澄清溶液,溶液呈现粉红色。接着,将上述溶液转移至聚四氟乙烯内衬不锈钢水热釜中,并将泡沫镍垂直放入釜中。随后,在160 °C的条件下保温12个小时,自然冷却至室温后,使用去离子水和无水乙醇多次清洗泡沫镍。随后转移至真空干燥箱中过夜干燥。最后,将干燥后的样品置于马弗炉中,在450 °C下保温5个小时。

[0060] 将氯化铁和氯化镍按照1:1的比例混合,配制成浓度为50 mM的混合溶液。随后,将保温后的泡沫镍放入此混合液中浸渍,浸渍时间为30分钟。之后,将浸润后的泡沫镍静置于

瓷方舟上自然干燥。待样品干燥后用去离子水和无水乙醇反复清洗。随后将样品置于120℃真空干燥箱中进行干燥,即得到非晶羟基氧化镍铁包裹钴酸镍的泡沫镍特征和性能与实施例1类似。

[0061] 以上已对本发明创造的较佳实施例进行了具体说明,但本发明创造并不限于所述实施例,熟悉本领域的技术人员在不违背本发明创造精神的前提下还可做出种种的等等的变型或替换,这些等等的变型或替换均包含在本申请权利要求所限定的范围内。

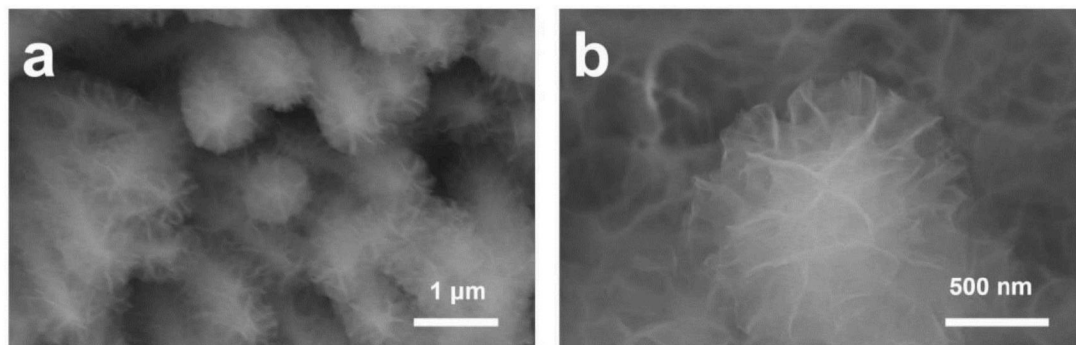


图1

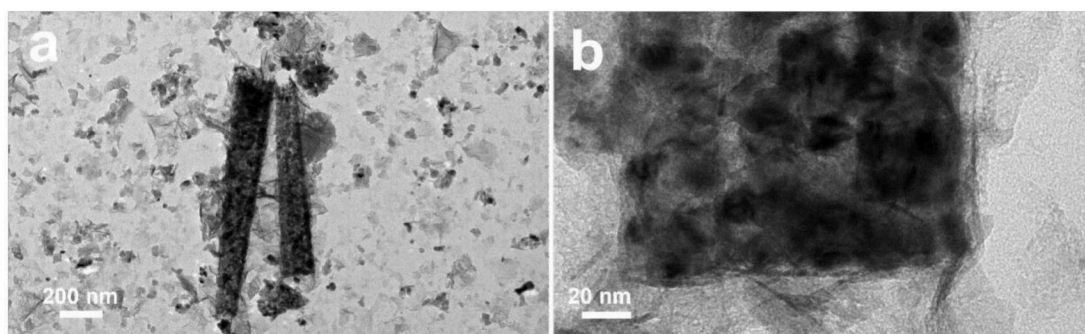


图2



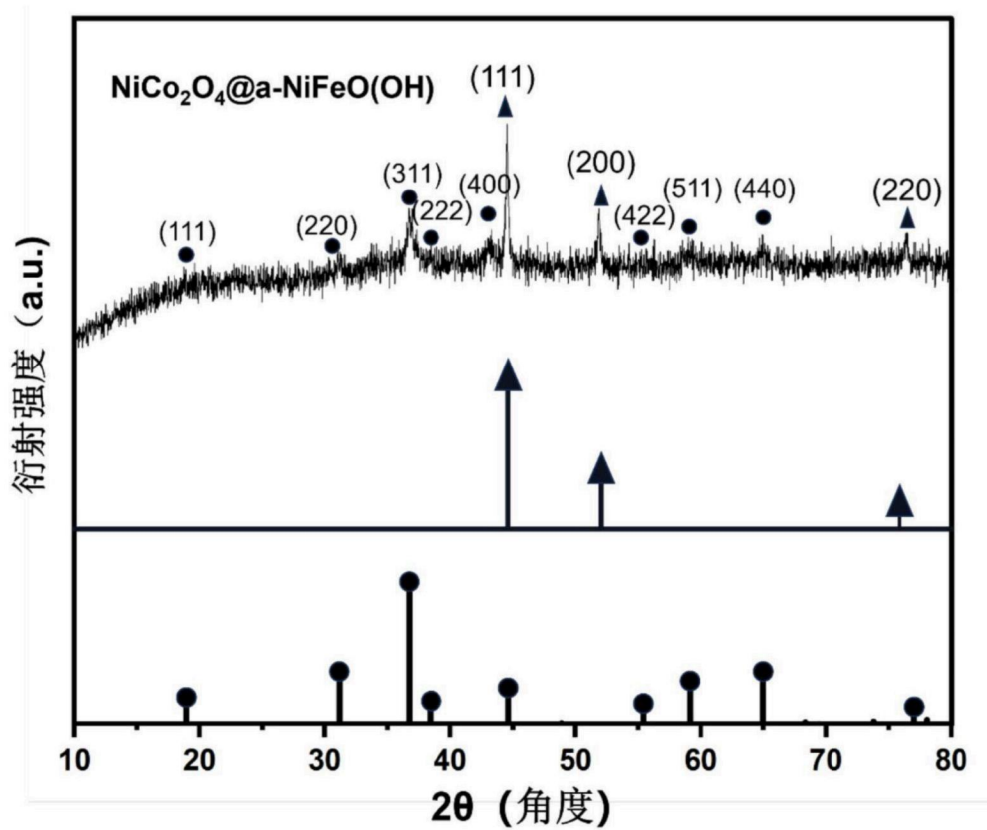


图3



图4

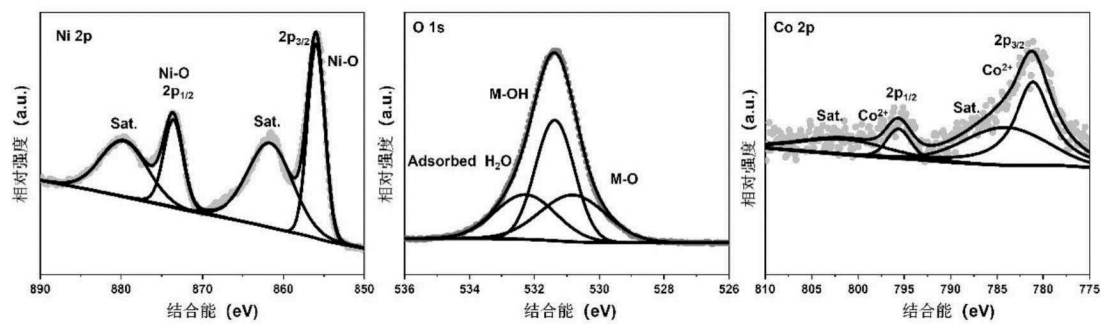


图5

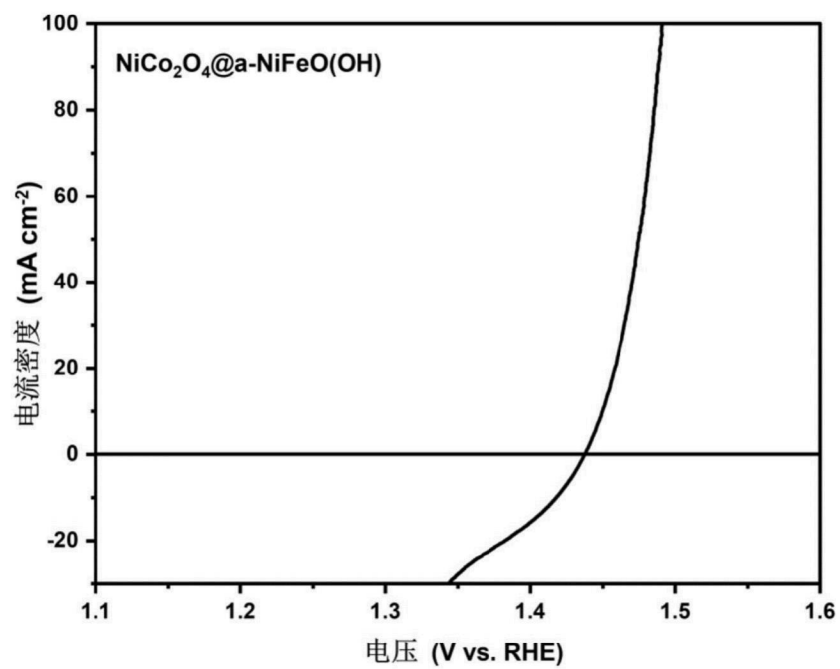


图6

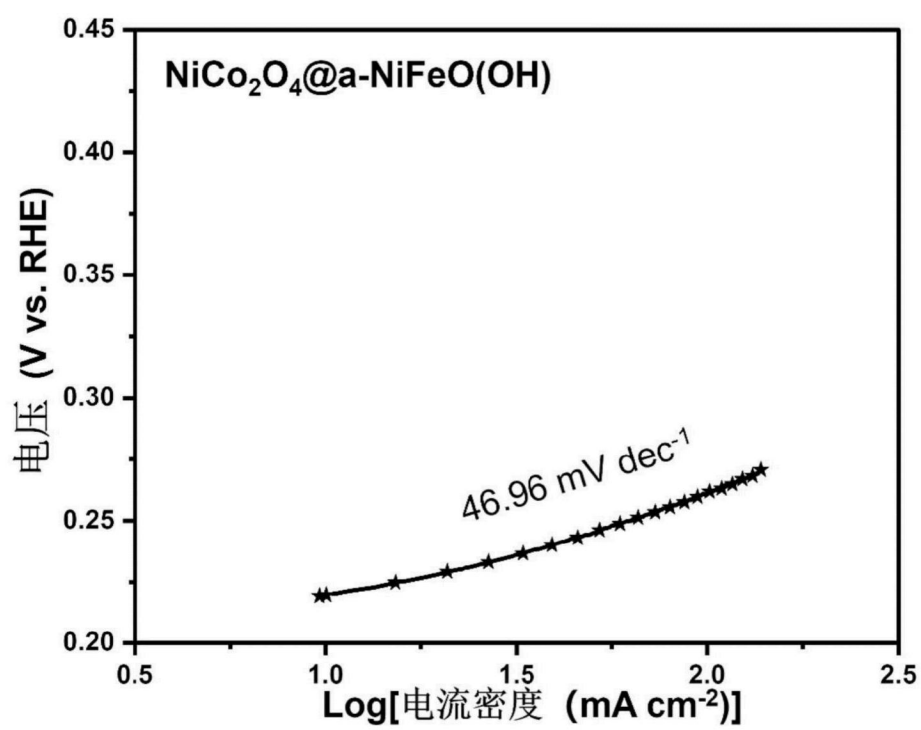


图7

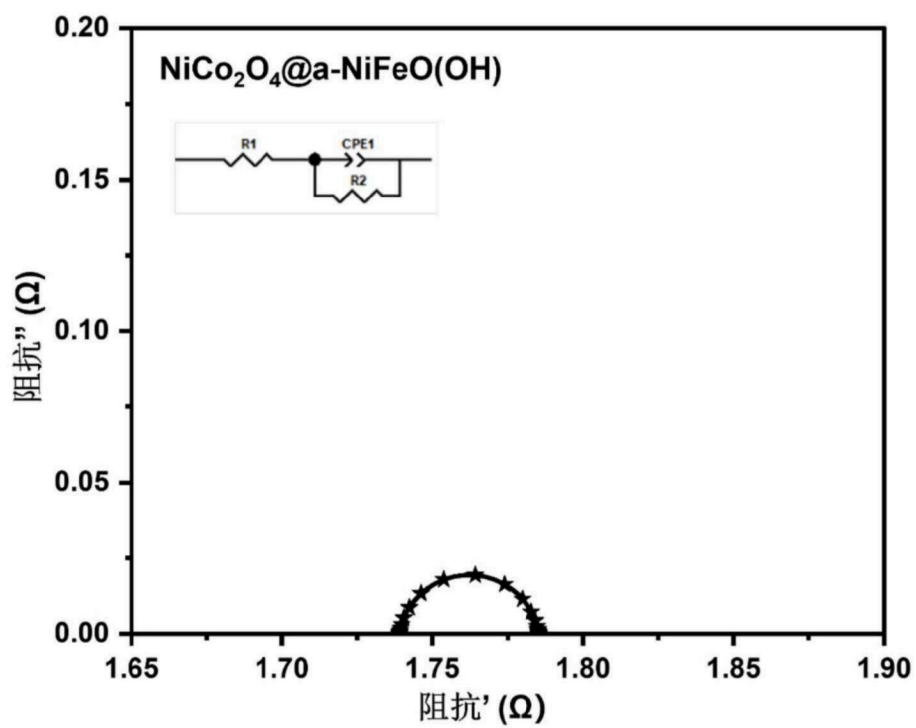


图8

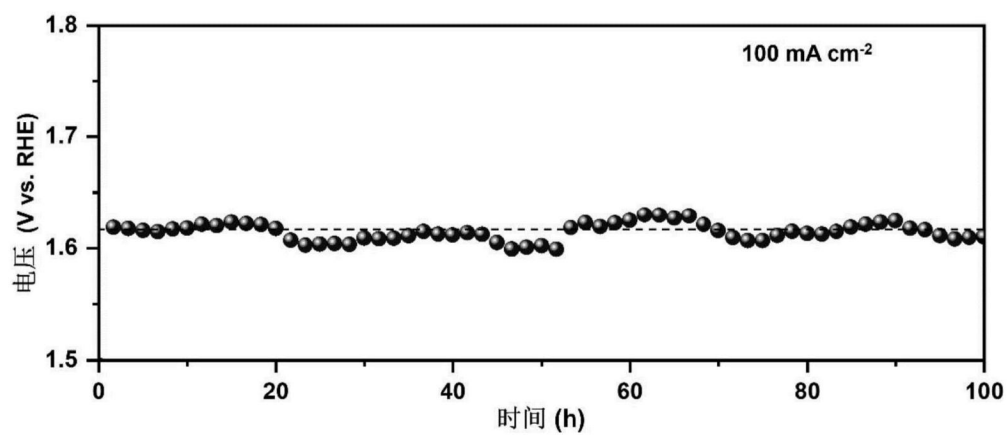


图9