



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115928139 A

(43) 申请公布日 2023.04.07

(21) 申请号 202310157407.4

B01J 23/02 (2006.01)

(22) 申请日 2023.02.23

B01J 23/46 (2006.01)

(71) 申请人 淮阴工学院

地址 223003 江苏省淮安市经济技术开发区  
枚乘东路1号

(72) 发明人 南峰 邱新智 周雷 李忠文  
刘昊

(74) 专利代理机构 淮安市科文知识产权事务所  
32223

专利代理师 廖娜

(51) Int. Cl.

G25B 11/091 (2021.01)

G25B 1/04 (2021.01)

G25B 1/55 (2021.01)

B01J 21/06 (2006.01)

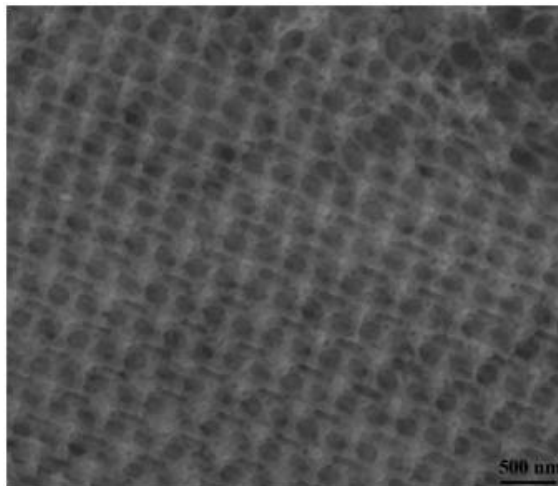
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的  
制备方法

(57) 摘要

本发明涉及光电化学技术领域,公开了一种铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,包括以下步骤:步骤一、在导电基底的表面通过垂直沉积自组装方法制备蛋白石结构的聚苯乙烯微球胶体晶体模板;步骤二、通过浸滞灌入二氧化钛前驱液的方法制备反蛋白石结构TiO<sub>2</sub>光电极;步骤三、水热法制备铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极。本发明通过胶体晶体自组装模板与浸滞提拉的方法制备了反蛋白石结构二氧化钛骨架,并在此基础上通过水热法制备了铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极。本发明制备出的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极保证了其光电化学性能的同时,增强了对光的利用效率,可以作为光阴极电极材料使用。



1. 一种铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、在导电基底的表面通过垂直沉积自组装方法制备蛋白石结构的聚苯乙烯微球胶体晶体模板:

步骤二、通过浸滞灌入二氧化钛( $\text{TiO}_2$ )前驱液的方法制备反蛋白石结构 $\text{TiO}_2$ 光电极:

将盐酸、去离子水和无水乙醇混合得混合溶液,向所述混合溶液中缓慢滴加钛酸四丁酯并持续搅拌,得 $\text{TiO}_2$ 前驱液;对所述聚苯乙烯微球胶体晶体模板进行热处理,并对热处理后的聚苯乙烯微球胶体晶体模板进行钛源材料灌入,然后置于马弗炉中高温退火,得反蛋白石结构 $\text{TiO}_2$ 光电极;

步骤三、水热法制备铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极:

在去离子水中加入氢氧化锶和氢氧化钾,搅拌,得混合溶液;在所述混合溶液中滴加三氯化铈溶液,得前驱液;将所述反蛋白石结构 $\text{TiO}_2$ 光电极置于所述前驱液中进行水热反应,将反应结束后的材料冷却、清洗、干燥,得铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极。

2. 根据权利要求1所述的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,其特征在于,步骤三中,所述氢氧化锶、氢氧化钾、三氯化铈和去离子水的用量比为 $0.1 \text{ g}:1.26 \text{ g}:1 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3} \text{ g}:25 \text{ mL}$ 。

3. 根据权利要求1所述的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,其特征在于,步骤二中,所述盐酸、去离子水、无水乙醇和钛酸四丁酯的用量比为4:2:10:5。

4. 根据权利要求1所述的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,其特征在于,步骤二中,所述钛源材料灌入具体步骤为将热处理后的聚苯乙烯微球胶体晶体模板置于二氧化钛前驱液中浸滞10-12分钟后 $80^\circ\text{C}$ 烘干,重复浸滞烘干操作3-4次。

5. 根据权利要求1所述的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,其特征在于,步骤三中,所述搅拌时间为25-35分钟;

和/或,步骤三中,所述水热反应条件为在 $160^\circ\text{C}$ 下反应10小时。

6. 根据权利要求1所述的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,其特征在于,步骤三中,所述冷却、清洗、干燥的具体步骤为将反应结束后的材料用稀盐酸溶液、去离子水和乙醇分别清洗多次,然后置于干燥箱内 $60-70^\circ\text{C}$ 干燥11-13小时。

7. 根据权利要求1所述的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,其特征在于,所述步骤一的具体步骤为将导电基底清洗并进行加热处理;将聚苯乙烯微球与去离子水混合,并对其超声处理,得聚苯乙烯微球悬浮液;将加热处理后的导电基底置于所述聚苯乙烯微球悬浮液中,真空干燥,得蛋白石结构的聚苯乙烯微球胶体晶体模板。

8. 根据权利要求7所述的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,其特征在于,所述聚苯乙烯微球悬浮液中,聚苯乙烯微球的质量百分比为0.5%。

9. 根据权利要求7所述的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,其特征在于,所述真空干燥的具体条件为65-75%真空度 $35-45^\circ\text{C}$ 下干燥23-24小时;

和/或,对导电基底清洗的具体步骤为将导电基底依次置于丙酮、无水乙醇、去离子水中分别进行超声清洗25-35分钟;

和/或,所述加热处理为将导电基底置于过氧化氢溶液中加热1-1.5小时;

和/或,所述导电基底为ITO导电玻璃、AZO导电玻璃或硅片。

10. 根据权利要求1所述的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,其特征在

于,步骤二中,所述热处理为100-120℃下热处理4-6分钟;  
和/或,步骤二中,所述搅拌时间为2-3小时;  
和/或,所述高温退火的具体条件为在空气气氛中400℃退火1小时。

## 一种铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光电化学技术领域,特别涉及一种铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法。

### 背景技术

[0002] 半导体光电化学技术能够将丰富的太阳能转换清洁的电化学能或者化学能等,在解决能源短缺和环境污染等领域具有潜在性的应用。钛酸锶( $\text{SrTiO}_3$ )具有高稳定性、耐酸碱性好、光照后不发生阳极光腐蚀、来源丰富、安全无毒、低成本等优点,同时它也拥有优异的铁电、压电、光电等性能,因而被广泛研究。钛酸锶作为一种重要的宽禁带半导体材料,能够实现光催化的完全水分解,在光电化学中是一种重要的光电极材料。但是,钛酸锶材料本身只能吸收紫外光,限制了其在光电转换效率的进一步提高。按照相关科学研究的最新成果显示,制备同时具有可见光响应和微纳结构的半导体光电极材料,不仅能够增强光电极材料的光学吸收性能,而且能够增加材料与电解液之间的接触面积,提高更多的活性位点。因此,寻找到一种合适的复合型半导体光电极材料是我们需要解决的课题。

### 发明内容

[0003] 发明目的:针对现有技术中存在的问题,本发明提供一种铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,通过胶体晶体自组装模板与浸滞提拉的方法制备了反蛋白石结构 $\text{TiO}_2$ 骨架,并在此基础上通过水热法制备了铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极。本发明制备出的铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极保证了其光电化学性能的同时,增强了对光的利用效率,可以作为光阴极电极材料使用。

[0004] 技术方案:本发明提供了一种铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,包括以下步骤:

步骤一、在导电基底的表面通过垂直沉积自组装方法制备蛋白石结构的聚苯乙烯微球胶体晶体模板:

步骤二、通过浸滞灌入二氧化钛前驱液的方法制备反蛋白石结构 $\text{TiO}_2$ 光电极:

将盐酸、去离子水和无水乙醇混合得混合溶液,向所述混合溶液中缓慢滴加钛酸四丁酯并持续搅拌,得二氧化钛前驱液;对所述聚苯乙烯微球胶体晶体模板进行热处理,并对热处理后的聚苯乙烯微球胶体晶体模板进行钛源材料灌入,然后置于马弗炉中高温退火,得反蛋白石结构 $\text{TiO}_2$ 光电极;

步骤三、水热法制备铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极:

在去离子水中加入氢氧化锶和氢氧化钾,搅拌,得混合溶液;在所述混合溶液中滴加三氯化铈溶液,得前驱液;将所述反蛋白石结构 $\text{TiO}_2$ 光电极置于所述前驱液中进行水热反应,将反应结束后的材料冷却、清洗、干燥,得铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极。

[0005] 进一步地,步骤三中,所述氢氧化锶、氢氧化钾、三氯化铈和去离子水的用量比为 $0.1 \text{ g}:1.26 \text{ g}:1 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3} \text{ g}:25 \text{ mL}$ 。

[0006] 进一步地,步骤二中,所述盐酸、去离子水、无水乙醇和钛酸四丁酯的用量比为4:2:10:5。

[0007] 进一步地,步骤二中,所述钛源材料灌入具体步骤为将热处理后的聚苯乙烯微球胶体晶体模板置于二氧化钛前驱液中浸滞10-12分钟后80℃烘干,重复浸滞烘干操作3-4次;

优选地,步骤三中,所述搅拌时间为25-35分钟;

和/或,步骤三中,所述水热反应条件为在160℃下反应10小时。

[0008] 优选地,步骤三中,所述冷却、清洗、干燥的具体步骤为将反应结束后的材料用稀盐酸溶液、去离子水和乙醇分别清洗多次,然后置于干燥箱内60-70℃干燥11-13小时。

[0009] 进一步地,所述步骤一的具体步骤为将导电基底清洗并进行加热处理;将聚苯乙烯微球与去离子水混合,并对其超声处理,得聚苯乙烯微球悬浮液;将加热处理后的导电基底置于所述PS微球悬浮液中,真空干燥,得蛋白石结构的聚苯乙烯微球胶体晶体模板。

[0010] 进一步地,所述聚苯乙烯微球悬浮液中,聚苯乙烯微球的质量百分比为0.5%。

[0011] 进一步地,所述真空干燥的具体条件为65-75%真空度35-45℃下干燥23-24小时;

和/或,对导电基底清洗的具体步骤为将导电基底依次置于丙酮、无水乙醇、去离子水中分别进行超声清洗25-35分钟;

和/或,所述加热处理为将导电基底置于过氧化氢溶液中加热1-1.5小时;

和/或,所述导电基底为ITO导电玻璃、AZO导电玻璃或硅片。

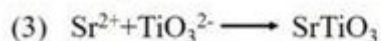
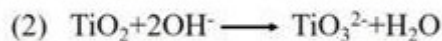
[0012] 优选地,步骤二中,所述热处理为100-120℃下热处理4-6分钟;

和/或,步骤二中,所述搅拌时间为2-3小时;

和/或,所述高温退火的具体条件为在空气气氛中400℃退火1小时。

[0013] 本发明制备铯掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的合成原理如下:

本发明中制备SrTiO<sub>3</sub>时的水热反应公式如下:



[0014] 具体反应步骤为:氢氧化锶晶体在溶液中分解为Sr<sup>2+</sup>与2OH<sup>-</sup>,而2OH<sup>-</sup>又与TiO<sub>2</sub>材料反应形成TiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>以及一个H<sub>2</sub>O分子;并Sr<sup>2+</sup>离子与TiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>离子反应形成SrTiO<sub>3</sub>材料。而在水热制备Rh掺杂SrTiO<sub>3</sub>时候,会有Rh离子存在取代部分Ti离子,形成如下物质分子式SrTi<sub>(1-x)</sub>Rh<sub>x</sub>O<sub>3</sub>,其中x代表Rh掺杂量。该水热反应过程只需要低温(本发明中设定160℃)即可,在160℃下水热反应10h,能够在不破坏反蛋白石结构骨架的基础上,将反蛋白石结构TiO<sub>2</sub>骨架转化为SrTiO<sub>3</sub>骨架,完成SrTiO<sub>3</sub>材料的生长。该水热制备方法能够大大降低SrTiO<sub>3</sub>材料的合成温度(固相反应法制备SrTiO<sub>3</sub>温度一般为1000℃以上,溶胶凝胶法制备SrTiO<sub>3</sub>温度一般为600℃以上)。

[0015] 有益效果:本发明的具体有益效果如下:

1、本发明通过胶体晶体自组装模板与浸滞提拉的方法制备了TiO<sub>2</sub>反蛋白石结构骨架,并在此基础上通过水热法制备了铯掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极。该光电极的光学吸收边被拓展至400-500 nm的可见光区域,对光的利用效率明显增强;制备的光电极具

有多孔结构,能够提升电极/电解液接触面,保证样品的光电化学性能,同时该光电极显示出了p型半导体特性,可以作为光阴极电极材料使用。光学吸收边的拓展和半导体特性的改变主要是由于Rh-d轨道能级贡献并作为新的价带能级而产生的。在纯 $\text{SrTiO}_3$ 中,导带和价带分别由Ti-d轨道能级和O-p轨道能级所构成,而在Rh掺杂 $\text{SrTiO}_3$ 材料中,由于Rh-d轨道能级在Ti-d和O-p轨道能级的两者之间,Rh-d轨道能级取代O-p轨道能级作为新的价带能级,不仅能够缩小材料的光学带隙,而且能够丰富材料价带附近的电子浓度,使其费米能级发生下移,显示出p型半导体特性。

[0016] 2、本发明制备的水热反应过程中, $\text{SrTiO}_3$ 材料是沿着 $\text{TiO}_2$ 骨架表面生长,能够保证光电极材料的骨架厚度,也就保证了单位面积的反蛋白石结构光电极包含的光催化材料含量,避免了过细的骨架导致光催化剂材料对光能利用效率的不足的情况。同时本发明制备过程中需要的温度较低,能大大降低制备过程中能耗,提升制备效率。本发明制备方法简单、设备成本较低,有利于规模化的工业生产应用。

### 附图说明

[0017] 图1为本发明实施方式1中反蛋白石结构 $\text{TiO}_2$ 光电极表面的SEM图;

图2为本发明实施方式1中铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极(Rh: $\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构)表面的SEM图;

图3为本发明实施方式1中Rh: $\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构光电极的TEM图;

图4为本发明实施方式1制备的Rh: $\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构光电极与对比例制备的钛酸锶反蛋白石结构光电极(纯 $\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构)的吸收光谱图谱;

图5为本发明实施方式1制备的Rh: $\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构与对比例制备的钛酸锶反蛋白石结构光电极(纯 $\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构)的光电化学性能图。

### 具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本发明进行详细的介绍。

[0019] 实施方式1:

本实施方式提供一种铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极的制备方法,具体步骤如下:

步骤一、在FTO导电玻璃的表面通过垂直沉积自组装方法制备蛋白石结构的聚苯乙烯微球胶体晶体模板。

[0020] 1. 将FTO玻璃依次放置于丙酮、无水乙醇、去离子水中分别进行超声清洗30分钟去除表面污染物,然后再将FTO导电玻璃放进过氧化氢溶液中加热处理1小时提升其表面亲水性。

[0021] 2. 配制0.5%质量比含量的PS微球与去离子水的溶液,并对其进行超声分散处理至少30分钟,使得聚苯乙烯微球能够均匀悬浮在水溶液之中。

[0022] 3. 将配制好的聚苯乙烯微球悬浮液转移至称量瓶之中,并将FTO导电玻璃垂直放置于PS微球溶液之中。放进真空干燥箱之中,真空度为70%,设置温度为 $40^\circ\text{C}$ ,约为24小时,即可在FTO导电玻璃表面获得蛋白石结构的聚苯乙烯微球胶体晶体模板。

[0023] 步骤二,通过浸滞灌入二氧化钛前驱液的方法制备反蛋白石结构 $\text{TiO}_2$ 光电极。

[0024] 1. 配制TiO<sub>2</sub>前驱液:取4 mL 盐酸+2 mL去离子水+10 mL的无水乙醇混合溶液,保持该溶液的持续搅拌,并使用移液器吸取5 mL的钛酸四丁酯缓慢滴加进混合溶液中,并保持至少2小时的搅拌,得到透明的TiO<sub>2</sub>前驱液。

[0025] 2. 将前面获得的聚苯乙烯微球胶体晶体模板放置于110℃下的烘箱中进行热处理5分钟,待聚苯乙烯微球玻璃化后放入配制好的TiO<sub>2</sub>前驱液之中,保持10分钟。然后取出放进80℃烘箱之中烘干,并循环浸滞以及烘干3次,以便在聚苯乙烯微球的孔隙之间能够灌入更多的Ti源材料。

[0026] 3. 将灌入TiO<sub>2</sub>前驱液的聚苯乙烯微球胶体晶体模板放进马弗炉之中进行高温退火处理,退火温度400℃,设置的退火时间1小时,退火气氛为空气,退火之后可以得到反蛋白石结构TiO<sub>2</sub>光电极。

[0027] 步骤三、水热法制备铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极。

[0028] 1. 配制水热反应的前驱液。用量筒量取25 mL去离子水,并使用电子天平称量0.1 g的氢氧化锶以及1.26 g氢氧化钾,持续搅拌半小时。最后再称量 $1 \times 10^{-3}$  g的三氯化铈转移至该混合溶液中。

[0029] 2. 水热反应制备铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极。将前面制备好的反蛋白石结构TiO<sub>2</sub>光电极样品转移到50 mL的水热反应釜之中,倒入配制好的的水热反应前驱液。设置水热反应温度160℃和时间10小时,在该水热反应过程中TiO<sub>2</sub>能够转化为Rh掺杂SrTiO<sub>3</sub>材料,反应完成之后关闭烘箱,待冷却至室温状态可以取出样品。将样品用稀盐酸溶液清洗3次,去除多余的Sr(OH)<sub>2</sub>等材料,然后再用去离子水合乙醇分别冲洗3次,去除光电极样品表面残留的HCl等物质,最后将样品放进干燥箱中在60℃下干燥处理12小时,得铈掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极。

### 实施方式2:

[0030] 本实施方式与实施方式1大致相同,主要区别在于三氯化铈称取量为 $3 \times 10^{-3}$  g。

[0031] 除此之外,本实施方式与实施方式1完全相同,此处不做赘述。

### 实施方式3:

[0032] 本实施方式与实施方式1大致相同,主要区别在于三氯化铈称取量为 $5 \times 10^{-3}$  g。

[0033] 除此之外,本实施方式与实施方式1完全相同,此处不做赘述。

### 对比例:

[0034] 本对比例提供一种钛酸锶反蛋白石结构光电极,具体步骤如下:

步骤一、在FTO导电玻璃的表面通过垂直沉积自组装方法制备蛋白石结构的聚苯乙烯微球胶体晶体模板。

[0035] 1. 将FTO玻璃依次放置于丙酮、无水乙醇、去离子水中分别进行超声清洗30分钟去除表面污染物,然后再将FTO导电玻璃放进过氧化氢溶液中加热处理1小时提升其表面亲水性。

[0036] 2. 配制0.5%质量比含量的PS微球与去离子水的溶液,并对其进行超声分散处理至少30分钟,使得聚苯乙烯微球能够均匀悬浮在水溶液之中。

[0037] 3. 将配制好的聚苯乙烯微球悬浮液转移至称量瓶之中,并将FTO导电玻璃垂直放置于PS微球溶液之中。放进真空干燥箱之中,真空度为70%,设置温度为40℃,约为24小时,即可在FTO导电玻璃表面获得蛋白石结构的聚苯乙烯微球胶体晶体模板。

[0038] 步骤二,通过浸滞灌入二氧化钛前驱液的方法制备反蛋白石结构TiO<sub>2</sub>光电极。

[0039] 1. 配制TiO<sub>2</sub>前驱液:取4 mL 盐酸+2 mL去离子水+10 mL的无水乙醇混合溶液,保持该溶液的持续搅拌,并使用移液器吸取5 mL的钛酸四丁酯缓慢滴加进混合溶液中,并保持至少2小时的搅拌,得到透明的TiO<sub>2</sub>前驱液。

[0040] 2. 将前面获得的聚苯乙烯微球胶体晶体模板放置于110℃下的烘箱中进行热处理5分钟,待聚苯乙烯微球玻璃化后放入配制好的TiO<sub>2</sub>前驱液之中,保持10分钟。然后取出放进80℃烘箱之中烘干,并循环浸滞以及烘干3次,以便在聚苯乙烯微球的孔隙之间能够灌入更多的Ti源材料。

[0041] 3. 将灌入TiO<sub>2</sub>前驱液的聚苯乙烯微球胶体晶体模板放进马弗炉之中进行高温退火处理,退火温度400℃,设置的退火时间1小时,退火气氛为空气,退火之后可以得到反蛋白石结构TiO<sub>2</sub>光电极。

[0042] 步骤三、水热法制备钛酸锶反蛋白石结构光电极。

[0043] 1. 配制水热反应的前驱液。用量筒量取25 mL去离子水,并使用电子天平称量0.1 g的氢氧化锶以及1.26 g氢氧化钾,持续搅拌半小时。

[0044] 2. 水热反应制备钛酸锶反蛋白石结构光电极。将前面制备好的反蛋白石结构TiO<sub>2</sub>光电极样品转移到50 mL的水热反应釜之中,倒入配制好的的水热反应前驱液。设置水热反应温度160℃和时间10小时,反应完成之后关闭烘箱,待冷却至室温状态可以取出样品。将样品用稀盐酸溶液清洗3次,然后再用去离子水合乙醇分别冲洗3次,去除光电极样品表面残留的HCl等物质,最后将样品放进干燥箱中在60℃下干燥处理12小时,得钛酸锶反蛋白石结构光电极。

[0045] 对实施方式1 制备的铑掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极(Rh:SrTiO<sub>3</sub>反蛋白石结构)与反蛋白石结构TiO<sub>2</sub>光电极进行对比,分析其表征结构,结果如图1-3所示:

图1 为反蛋白石结构TiO<sub>2</sub>光电极表面的SEM图。可以看到多孔有序结构的TiO<sub>2</sub>骨架的存在。图2 为通过水热法制备的Rh:SrTiO<sub>3</sub>反蛋白石结构光电极样品表面的SEM图。可以看到多孔有序结构的存在,但是同时需要注意的是,相比图1中纯TiO<sub>2</sub>骨架,Rh:SrTiO<sub>3</sub>样品的骨架出现变粗的现象,这正说明水热反应制备Rh:SrTiO<sub>3</sub>的成功。(SEM图清晰度较差的原因:Rh掺杂SrTiO<sub>3</sub>样品中往往会出现Rh<sup>4+</sup>状态存在,该种状态的样品会体现出磁性,导致SEM图谱略模糊)。图3为通过水热法制备的Rh:SrTiO<sub>3</sub>反蛋白石结构光电极的TEM图。同样可以看到多孔骨架的存在。以上结果都证明了本发明制备的光电极具有多孔结构且具有一定的骨架厚度,能够提升电极/电解液接触面,保证了样品的光电化学性能,也保证了单位面积的反蛋白石结构光电极包含的光电催化材料含量。

[0046] 对实施方式1 制备的铑掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极(Rh:SrTiO<sub>3</sub>反蛋白石结构)与对比例制备的钛酸锶反蛋白石结构光电极(纯SrTiO<sub>3</sub>反蛋白石结构)进行对比,分析其性能,结果如图4-5所示:

图4 为实施方式1制备的铑掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极(Rh:SrTiO<sub>3</sub>反蛋白石结构)与对比例制备的钛酸锶反蛋白石结构光电极(SrTiO<sub>3</sub>反蛋白石结构)的吸收光谱图



谱。从中可以看出,纯 $\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构样品只能吸收光波波长小于400 nm的紫外光,而制备的 $\text{Rh}:\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构样品的吸收边出现了红移现象,能够吸收光波波长在400-500 nm范围内的可见光。说明Rh掺杂可以增强提升样品的光学吸收性能。

[0047] 图5为实施方式1 制备的铑掺杂钛酸锶反蛋白石结构光电极( $\text{Rh}:\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构)与对比例制备的钛酸锶反蛋白石结构光电极( $\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构)的光电化学性能。从图中可以看出,在全光谱照射下,纯 $\text{SrTiO}_3$ 样品是n型半导体材料,光电流为正;而 $\text{Rh}:\text{SrTiO}_3$ 样品为p型半导体材料,光电流为负。当只有可见光作用时,纯 $\text{SrTiO}_3$ 样品仍然是n型半导体材料,但是其光电流接近于零,这是由纯 $\text{SrTiO}_3$ 作为宽禁带半导体材料的光学特性所导致的,只能吸收紫外光,不能吸收可见光。而 $\text{Rh}:\text{SrTiO}_3$ 样品依然为p型半导体特性,光电流数值略微降低,但仍然具有较为明显的光电响应。

[0048] 综上,本发明通过水热法制备的 $\text{Rh}:\text{SrTiO}_3$ 反蛋白石结构光电极不仅能够拓展光电极吸收可见光的效率,而且能够改变光电极的半导体特性,在光电化学系统中作为光阴极器件使用。

[0049] 上述实施方式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做的等效变换或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

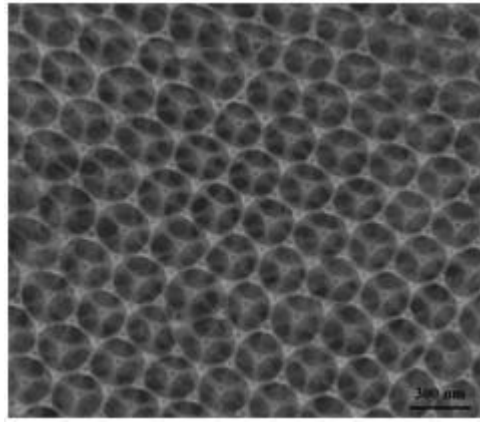


图 1

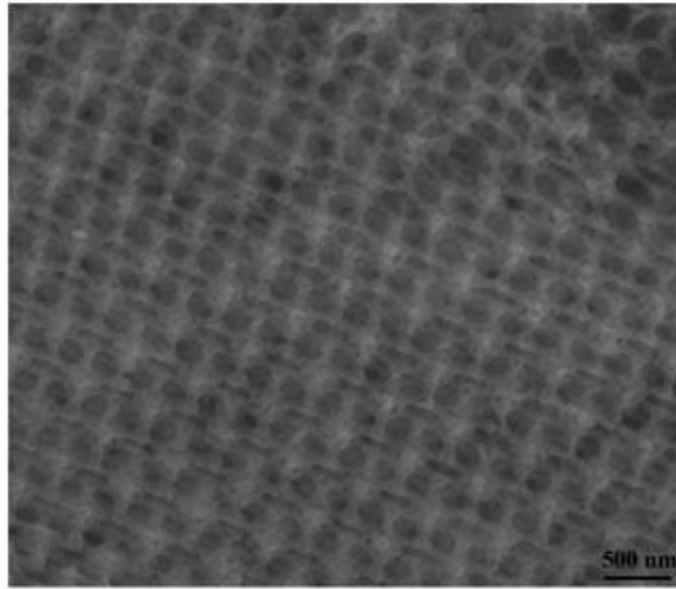


图 2

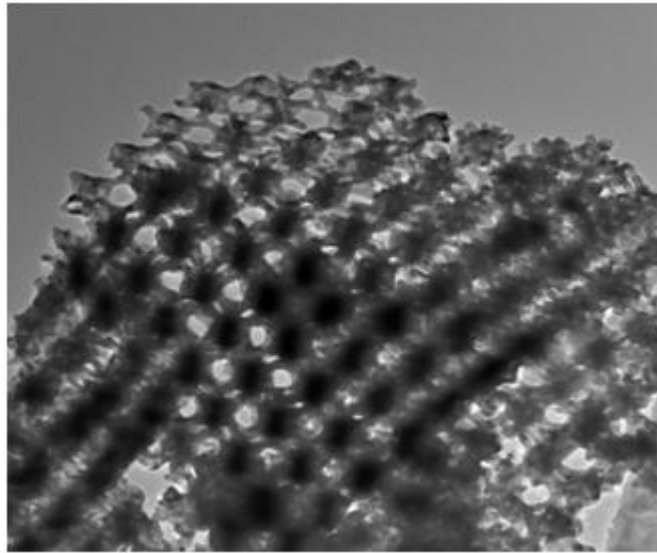


图 3

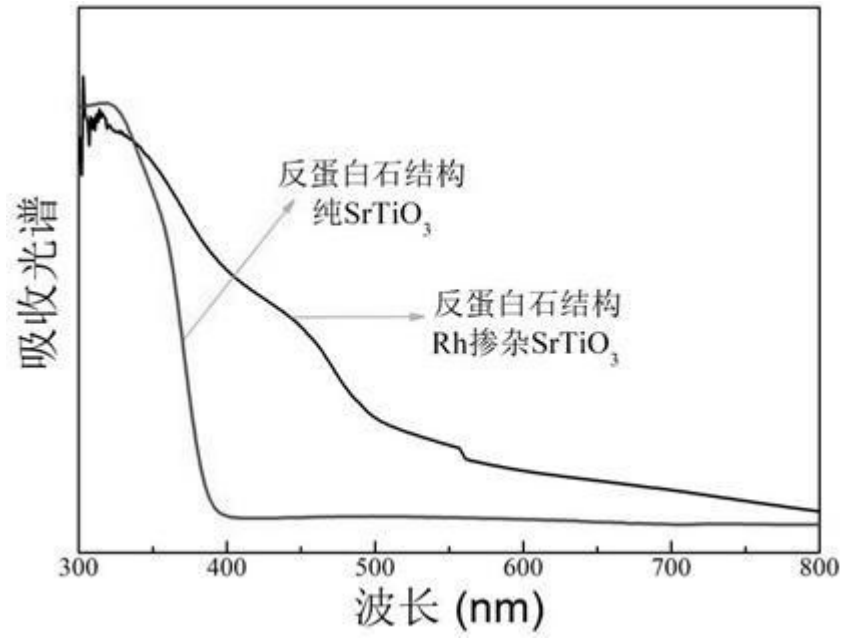


图 4

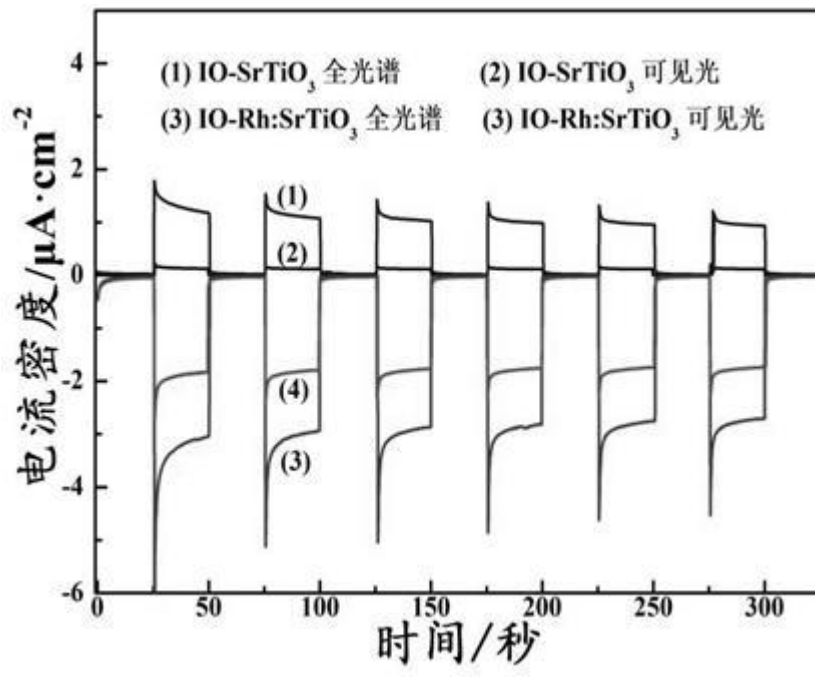


图 5