



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115043463 A

(43) 申请公布日 2022.09.13

(21) 申请号 202210700080.6

(22) 申请日 2022.06.20

(71) 申请人 南通科顺建筑新材料有限公司

地址 226407 江苏省南通市如东县洋口化工聚集区

(72) 发明人 刘春杰 李维为 何庆健 陈建荣

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司 11258

专利代理师 李剑

(51) Int. Cl.

C02F 1/461 (2006.01)

C02F 101/30 (2006.01)

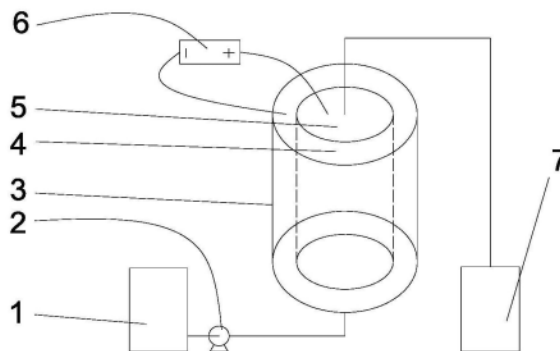
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

双金属-石墨烯复合电极、制备方法及水处理装置

(57) 摘要

本申请提供了一种双金属-石墨烯复合电极、制备方法及水处理装置。本申请提供的双金属-石墨烯复合电极的制备方法包括：将两种金属源化合物与溶剂混合，得到第一混合液；将所述第一混合液、石墨烯及支持物粉末搅拌混合，得到第二混合液；对所述第二混合液水热进行反应，得到活性材料混合物；将所述活性材料混合物置于集流体表面，得到双金属-石墨烯复合电极。本申请通过采用一步水热法制备含有两种金属源的双金属-石墨烯复合电极，可以协同对废水中的有机物进行催化降解，具有工艺简单、对生产设备及工艺要求低、操作步骤少、可操作性强，并易于实现大规模工业化生产的特点。



1. 一种双金属-石墨烯复合电极的制备方法,其特征在于,所述制备方法包括:
将两种金属源化合物与溶剂混合,得到第一混合液;
将所述第一混合液、石墨烯及支持物粉末搅拌混合,得到第二混合液;
对所述第二混合液水热进行反应,得到活性材料混合物;
将所述活性材料混合物置于集流体表面,得到双金属-石墨烯复合电极。
2. 根据权利要求1所述的双金属-石墨烯复合电极的制备方法,其特征在于,所述金属源化合物包括铈源化合物、镍源化合物、钴源化合物、钪源化合物、铈源化合物和钪源化合物中的两种。
3. 根据权利要求1所述的双金属-石墨烯复合电极的制备方法,其特征在于,所述溶剂包括由聚乙烯醇、乙二醇、丙三醇、聚乙二醇、聚丙二醇、聚乙烯基吡咯烷酮、聚丙烯酸酯、聚丙烯酰胺和聚丙烯酰马来酸酯中的一种或几种形成的有机物水溶液;和/或
所述支持物粉末包括矿物棉、海泡石、硅酸铝棉及聚氨酯中的至少一者。
4. 根据权利要求1~3任一项所述的双金属-石墨烯复合电极的制备方法,其特征在于,所述将两种金属源化合物与溶剂混合,得到第一混合液的步骤中,以有机物水溶液作为溶剂,两种所述金属源化合物的物质的量浓度分别为0.01mol/L~1mol/L,所述有机物水溶液的体积分数为30%~70%。
5. 根据权利要求4所述的双金属-石墨烯复合电极的制备方法,其特征在于,两种所述金属源化合物包括硝酸镍和硝酸铈。
6. 根据权利要求1所述的双金属-石墨烯复合电极的制备方法,其特征在于,所述得到第二混合液的步骤中,在所述第一混合液中加入2g/L~10g/L量的石墨烯和1g/L~3g/L量的支持物粉末。
7. 根据权利要求1所述的双金属-石墨烯复合电极的制备方法,其特征在于,所述对所述第二混合液进行水热反应的步骤中,水热反应温度为160℃~200℃,反应时间为12h~36h。
8. 根据权利要求1所述的双金属-石墨烯复合电极的制备方法,其特征在于,所述得到双金属-石墨烯复合电极的步骤中,将所述活性材料混合物通过粘结剂粘接于极片表面,所述粘结剂包括聚丙烯腈、聚偏氟乙烯、纤维素醚及聚丙烯酸中的至少一者。
9. 一种双金属-石墨烯复合电极,其特征在于,包括:
集流体;
置于所述集流体表面的活性材料混合物,包括海绵状支撑体及嵌入体,所述海绵状支撑体包括石墨烯和支持物粉末,所述嵌入体包括双金属氧化物颗粒;
其中,所述双金属-石墨烯复合电极根据权利要求1-8任一项所述的方法制备得到。
10. 一种水处理装置,其特征在于,包括水处理箱,所述水处理箱包括
阳极室,所述阳极室包含如权利要求9所述的双金属-石墨烯复合电极,所述双金属-石墨烯复合电极作为阳极;
阴极室,所述阴极室包含阴极电极,所述阴极室通过交换膜与所述阳极室分开。

双金属-石墨烯复合电极、制备方法及水处理装置

技术领域

[0001] 本申请涉及含有有机化合物的废水处理相关的技术领域,尤其涉及一种双金属-石墨烯复合电极、制备方法及一种水处理装置。

背景技术

[0002] 工业快速发展所带来的环境污染问题一直是社会关注的重点。印染、电镀、涂料等行业所产生的废水成分复杂,该废水具有有机化合物的含量高、可生化性差和处理难度大等特点。因此,有效、廉价、快速的废水处理方法成为一大研究热点。

[0003] 目前,常规的废水处理方法主要有混凝沉降法、化学氧化法、生物法等,但这些方法各自存在一些问题,譬如,处理效率低、工艺复杂、成本高等。

[0004] 因此,急需寻找一种较好的处理方法来降解涂料废水中的COD、色度及悬浮物等难以降解的物体。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本申请提供一种双金属-石墨烯复合电极及其制备方法、一种水处理装置。

[0006] 第一方面,本申请提供了一种双金属-石墨烯复合电极的制备方法,包括:将两种金属源化合物与溶剂混合,得到第一混合液;在第一混合液中加入石墨烯及支持物粉末搅拌混合,得到第二混合液;对第二混合液进行水热反应,得到活性材料混合物;将活性材料混合物置于集流体表面,得到双金属-石墨烯复合电极。

[0007] 可选地,金属源化合物包括铈源化合物、镍源化合物、钴源化合物、钆源化合物、镧源化合物和钪源化合物中的两种。

[0008] 可选地,溶剂包括由聚乙烯醇、乙二醇、丙三醇、聚乙二醇、聚丙二醇、聚乙烯基吡咯烷酮、聚丙烯酸酯、聚丙烯酰胺和聚丙烯酰马来酸酯中的一种或几种形成的有机物水溶液。

[0009] 可选地,支持物粉末包括矿物棉、海泡石、硅酸铝棉及聚氨酯中的至少一者。

[0010] 可选地,将两种金属源化合物与溶剂混合,得到第一混合液的步骤中,以有机物水溶液作为溶剂,两种金属源化合物的物质的量浓度分别为0.01mol/L~1mol/L,所述有机物水溶液的体积分数为30%~70%。

[0011] 可选地,两种金属源化合物包括硝酸镍和硝酸铈。

[0012] 可选地,得到第二混合液的步骤中,在第一混合液中加入2g/L~10g/L量的石墨烯和1g/L~3g/L量的支持物粉末。

[0013] 可选地,对第二混合液进行水热反应的步骤中,水热反应温度为160℃~200℃,反应时间为12h~36h。

[0014] 可选地,得到双金属-石墨烯复合电极的步骤中,将活性材料混合物通过粘结剂粘接于极片表面,粘结剂包括聚丙烯腈、聚偏氟乙烯、纤维素基及聚丙烯酸中的至少一者。

[0015] 第二方面,本申请提供了一种双金属-石墨烯复合电极,包括:集流体;置于所述集流体表面的活性材料混合物,包括海绵状支撑体及嵌入体,海绵状支撑体包括石墨烯和支持物粉末,嵌入体包括双金属氧化物颗粒;双金属-石墨烯复合电极上述任一项提供的方法制备得到。

[0016] 第三方面,本申请提供了一种水处理装置,包括水处理箱,包括阳极室,阳极室包含如前所述的双金属-石墨烯复合电极,双金属-石墨烯复合电极作为阳极;阴极室,阴极室包含阴极电极,阴极室通过交换膜与阳极室分开。

[0017] 与现有技术相比,本申请至少具有以下有益效果:

[0018] 本申请提供的双金属-石墨烯复合电极的制备方法,通过采用两种金属源在反应后形成活性材料混合物中的活性成分,可以协同对废水中的有机物进行催化降解。加入石墨烯可以提高活性催化剂组分的分散性,提供更多的活性比表面积,有机物分子可以被大量的吸附在石墨烯的表面,使得催化降解反应能够更加有效快速的进行,从而更好地提高了复合催化剂的催化效率。在活性材料混合物中添加支持物粉末作为支撑模板,不仅增大了活性物质的比表面积,还表现出优异的稳定性。

[0019] 本申请通过采用一步水热法制备含有两种金属源的双金属-石墨烯复合电极,可以协同对废水中的有机物进行催化降解,具有工艺简单、对生产设备及工艺要求低、操作步骤少、可操作性强,并易于实现大规模工业化生产的特点。

附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对本发明实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面所描述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,还可以根据附图获得其他的附图。

[0021] 图1为本申请实施例提供的废水处理装置图。

[0022] 附图标记为:

[0023] 1、废水箱;2、水泵;3、双层圆柱箱体;4、阴极室;5、阳极室;6、直流电源;7、出水箱。

具体实施方式

[0024] 为了使本申请的申请目的、技术方案和有益技术效果更加清晰,以下结合实施例对本申请进行进一步详细说明。应当理解的是,本说明书中描述的实施例仅仅是为了解释本申请,并非为了限定本申请。

[0025] 为了简便,本文仅明确地公开了一些数值范围。然而,任意下限可以与任何上限组合形成未明确记载的范围;以及任意下限可以与其它下限组合形成未明确记载的范围,同样任意上限可以与任意其它上限组合形成未明确记载的范围。此外,尽管未明确记载,但是范围端点间的每个点或单个数值都包含在该范围内。因而,每个点或单个数值可以作为自身的下限或上限与任意其它点或单个数值组合或与其它下限或上限组合形成未明确记载的范围。

[0026] 在本文的描述中,需要说明的是,除非另有说明,“以上”、“以下”为包含本数,“一种或多种”中的“多种”的含义是两种以上。

[0027] 除非另有明确说明,术语“包括”、“包含”、“含有”、“具有”的使用通常应该解释为开放式的且非限制性的。

[0028] 本申请的上述申请内容并不意欲描述本申请中的每个公开的实施方式或每种实现方式。如下描述更具体地举例说明示例性实施方式。在整篇申请中的多处,通过一系列实施例提供了指导,这些实施例可以以各种组合形式使用。在各个实例中,列举仅作为代表性组,不应解释为穷举。

[0029] 双金属-石墨烯复合电极的制备方法

[0030] 与常规的方法相比,电化学氧化法具有高效性、操作简单、环境友好等特点,在处理高浓度废水的过程中具有较大的优势。

[0031] 有鉴于此,第一方面,本申请提供了一种双金属-石墨烯复合电极的制备方法,包括:

[0032] 将两种金属源化合物与溶剂混合,得到第一混合液;

[0033] 在第一混合液中加入石墨烯及支持物粉末搅拌混合,得到第二混合液;

[0034] 对第二混合液进行水热反应,得到活性材料混合物;

[0035] 将活性材料混合物置于集流体表面,得到双金属-石墨烯复合电极。

[0036] 金属源作为活性材料混合物前体,通过反应生成活性材料混合物,在催化过程中起主要催化作用,本申请采用两种金属源在反应后形成活性材料混合物中的活性成分,可以协同对废水中的有机物进行催化降解。

[0037] 石墨烯是碳的二维同素异形体,集众多优良特性于一身,如具有极大的比表面积、很强的吸附能力、高载流子迁移率、高机械强度及高的电化学稳定性,本申请加入石墨烯一方面可以利于电子传递,另一方面可以提高活性催化剂组分的分散性,提供更多的活性比表面积,有机物分子可以被大量的吸附在石墨烯的表面,使得催化降解反应能够更加有效快速的进行,从而更好地提高了复合催化剂的催化效率。

[0038] 支持物粉末的加入可以降低石墨烯的团聚,进一步改善活性催化剂组分的分散性,具有更大的比表面积,从而使其与电解液充分接触,大大提高了电化学性能。

[0039] 本申请的集流体作为活性材料混合物的载体,其材质可以是铂、钛、氧化陶瓷、石墨等。

[0040] 本申请提供的双金属-石墨烯复合电极的制备方法,对废水中的有机物电化学降解表现出高去除率。此外,采用一步水热法制备,工艺简单、对生产设备及工艺要求低、操作步骤少、可操作性强、条件温和可控、成本低、易合成、再生性好,易于实现大规模工业化生产。

[0041] 在一些实施例中,金属源化合物包括铈源化合物、镍源化合物、钴源化合物、钆源化合物、铈源化合物和钇源化合物中的两种。

[0042] 本申请的金属源化合物是金属的可溶性盐,可以是硝酸盐及其水合物、硫酸盐及其水合物、卤化盐及其水合物、乙酸盐及其水合物中的一种或多种。例如,铈源化合物具体可以是选自硝酸铈或硝酸铈(III)六水合物($\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、硫酸铈或硫酸铈(IV)四水合物($\text{Ce}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)和氯化铈或氯化铈(III)七水合物($\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)中的至少一种,其他金属源同理。

[0043] 由钆源化合物、铈源化合物和钇源化合物生成活性催化剂组分,起到在催化过程

中提供金属元素的作用,在电极的耐久性和过电压方面可以表现出更好的效果。

[0044] 铈属于稀土元素,具有独特的4f轨道电子、较大的原子磁矩、较大的自旋和轨道效应,易与大多数元素和多价态化合物形成不同的配位形式。通过在合成过程中添加 Ce^{3+} 作为辅助试剂,可能增多材料表面氧空位的数目,进而可有效降低相邻金属催化位点的配位数,并调节催化剂的电子结构,提高电催化剂的固有氧化活性。

[0045] 过渡金属化合物类催化剂如镍、钴化合物,具有较高的催化活性,且其储量多、价格便宜、制备简便。

[0046] 在一些实施例中,溶剂包括由聚乙烯醇、乙二醇、丙三醇、聚乙二醇、聚丙二醇、聚乙烯基吡咯烷酮、聚丙烯酸酯、聚丙烯酰胺和聚丙烯酰马来酸酯中的一种或几种形成的有机物水溶液,可以根据需要进行选择。

[0047] 在一些实施例中,支持物粉末包括矿物棉、海泡石、硅酸铝棉及聚氨酯中的至少一者,优选地,聚氨酯为发泡聚氨酯。

[0048] 在一些实施例中,将金属源化合物与溶剂混合,得到第一混合液的步骤中,以有机物水溶液作为溶剂,两种金属源化合物的物质的量浓度分别为 $0.01\text{mol/L}\sim 1\text{mol/L}$,所述有机物水溶液的体积分数为 $30\%\sim 70\%$ 。

[0049] 根据本申请的实施例,两种金属源化合物的浓度独立地选自 0.01mol/L 、 0.02mol/L 、 0.03mol/L 、 0.04mol/L 、 0.05mol/L 、 0.06mol/L 、 0.07mol/L 、 0.08mol/L 、 0.09mol/L 、 0.1mol/L 、 0.2mol/L 、 0.3mol/L 、 0.4mol/L 、 0.5mol/L 、 0.6mol/L 、 0.7mol/L 、 0.8mol/L 、 0.9mol/L 和 1mol/L 中的一个。当然,两种金属源化合物的浓度也可以是以上数值的任意组合范围。

[0050] 在一些实施例中,金属源化合物包括硝酸镍和硝酸铈。

[0051] 根据本申请的实施例,合适浓度的活性材料混合物有利于协同提高电极的催化性能。在一些实施例中,得到第二混合液的步骤中,在第一混合液中加入 $2\text{g/L}\sim 10\text{g/L}$ 量的石墨烯和 $1\text{g/L}\sim 3\text{g/L}$ 量的支持物粉末。

[0052] 根据本申请的实施例,石墨烯的浓度可以为 2g/L 、 3g/L 、 4g/L 、 5g/L 、 6g/L 、 7g/L 、 8g/L 、 9g/L 或 10g/L 。当然,石墨烯的浓度也可以是以上数值的任意组合范围。

[0053] 根据本申请的实施例,支持物粉末的浓度可以为 1g/L 、 1.2g/L 、 1.5g/L 、 1.8g/L 、 2g/L 、 2.2g/L 、 2.5g/L 、 2.8g/L 或 3g/L 。当然,支持物粉末的浓度也可以是以上数值的任意组合范围。

[0054] 活性材料混合物的制备原料的种类和用量适当,尤其是,发明人控制金属源化合物、石墨烯、支持物粉末的用量比例在合适的范围内,能够活性比表面积,从而更好地提高了双金属-石墨烯复合电极的电催化效率。

[0055] 在一些实施例中,对第二混合液进行水热反应的步骤中,水热反应温度为 $160^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$,反应时间为 $12\text{h}\sim 36\text{h}$ 。

[0056] 在一些实施例中,得到双金属-石墨烯复合电极的步骤中,将活性材料混合物通过粘结剂粘接于极片表面,粘结剂包括聚丙烯腈、聚偏氟乙烯、纤维素基及聚丙烯酸中的至少一者。

[0057] 双金属-石墨烯复合电极

[0058] 第二方面,本申请提供了一种双金属-石墨烯复合电极,包括:集流体;活性材料混

合物,包括海绵状支撑体及嵌入体,海绵状支撑体包括石墨烯和支持物粉末,嵌入体包括金属氧化物颗粒,由上述任一项所述的方法制备得到,各组分的实施例如上所述,在此不再重复。

[0059] 本申请提供一种双金属-石墨烯复合电极,可以有效去除污水中大量的难降解性有机污染物及色度,以及可通过电吸附过程去除废水中的悬浮物,大大提高了污水的可生化性及排放于城市污水处理厂进行后续处理的可能,从而降低了企业污水处理成本,此外,引入石墨烯和支持物粉末作为支撑模板,该电极还表现出优异的稳定性。

[0060] 水处理装置

[0061] 第三方面,本申请提供了一种水处理装置,包括水处理箱,其中水处理箱包括阳极室,阳极室包含如前所述的双金属-石墨烯复合电极,双金属-石墨烯复合电极作为阳极;阴极室,阴极室包含阴极电极,阴极室通过交换膜与阳极室分开。

[0062] 本申请对水处理箱的形状不做限定,示例性地,水处理箱为双层圆柱箱体,如图1所示。

[0063] 本申请提供的水处理装置中的阴极电极其材质可以是石墨、钛、铂、或他金属电极等。

[0064] 本申请提供的水处理装置还可以包括与水处理箱配套的其他装置,示例性地,水处理装置还包括废水箱,废水箱用于储存废水;泵,连接于废水箱和水处理箱之间,用于将废水箱中的水抽送至水处理箱;出水箱,连接于水处理箱,用于储存经水处理箱处理过的水,如图1所示。

[0065] 实施例

[0066] 下述实施例更具体地描述了本申请公开的内容,这些实施例仅仅用于阐述性说明,因为在本申请公开内容的范围内进行各种修改和变化对本领域技术人员来说是明显的。除非另有声明,以下实施例中所报道的所有份、百分比、和比值都是基于重量计,而且实施例中使用的所有试剂都可商购获得或是按照常规方法进行合成获得,并且可直接使用而无需进一步处理,以及实施例中使用的仪器均可商购获得。

[0067] 实施例1

[0068] 称取混合物A(29.08g的六水合硝酸镍和21.71g的六水合硝酸铈),配制溶液B(300ml的乙二醇和700ml的去离子水),随后将A和B混合并搅拌使A完全溶解,得到第一混合液;

[0069] 在第一混合液中加入7g的石墨烯及2g的海泡石,混合搅拌均匀后,得到第二混合液,将其置于反应釜中在180℃下水热反应24h,得到活性材料混合物,将活性材料混合物用去离子水洗涤2~3次;

[0070] 将洗涤后的活性材料混合物在40℃下烘干,随后与聚偏氟乙烯粘合剂均匀涂覆于氧化陶瓷表面并40℃下烘干,得到双金属-石墨烯复合电极。

[0071] 实施例2

[0072] 称取混合物A(145.5g的六水合硝酸钴和21.71g的六水合硝酸铈),配制溶液B(300ml的丙三醇和700ml的去离子水),随后将A和B混合并搅拌使A完全溶解,得到第一混合液;

[0073] 在第一混合液中加入6g的石墨烯及2g的矿物棉,混合搅拌均匀后,得到第二混合

液,将其置于反应釜中在180℃下水热反应24h,得到活性材料混合物,将活性材料混合物用去离子水洗涤2~3次;

[0074] 将洗涤后的活性材料混合物在40℃下烘干,随后与聚丙烯腈粘合剂均匀涂覆于氧化陶瓷表面并40℃下烘干,得到双金属-石墨烯复合电极。

[0075] 实施例3

[0076] 称取混合物A(29.01g的六水合硝酸钴和29.08g的六水合硝酸镍),配制溶液B(300ml的丙三醇和700ml的去离子水),随后将A和B混合并搅拌使A完全溶解,得到第一混合液;

[0077] 在第一混合液中加入6g的石墨烯及2g的硅酸铝棉,混合搅拌均匀后,得到第二混合液,将其置于反应釜中在180℃下水热反应24h,得到活性材料混合物,将活性材料混合物用去离子水洗涤2~3次;

[0078] 将洗涤后的活性材料混合物在40℃下烘干,随后与聚偏氟乙烯粘合剂均匀涂覆于氧化陶瓷表面并40℃下烘干,得到双金属-石墨烯复合电极。

[0079] 实施例4

[0080] 称取混合物A(21.71g的六水合硝酸铈和10.37g的三水合氯化钆),配制溶液B(300ml的丙三醇和700ml的去离子水),随后将A和B混合并搅拌使A完全溶解,得到第一混合液;

[0081] 在第一混合液中加入6g的石墨烯及2g的矿物棉,混合搅拌均匀后,得到第二混合液,将其置于反应釜中在180℃下水热反应24h,得到活性材料混合物,将活性材料混合物用去离子水洗涤2~3次;

[0082] 将洗涤后的活性材料混合物在40℃下烘干,随后与聚偏氟乙烯粘合剂均匀涂覆于氧化陶瓷表面并40℃下烘干,得到双金属-石墨烯复合电极。

[0083] 对比例1

[0084] 将7g的石墨烯及2g的海泡石加入到由300ml的乙二醇和700ml的去离子水形成的混合液中,混合搅拌均匀后,将其置于反应釜中在180℃下水热反应24h,得到产物材料混合物,将产物材料混合物用去离子水洗涤2~3次;

[0085] 将洗涤后的活性材料混合物在40℃下烘干,随后与聚偏氟乙烯粘合剂均匀涂覆于氧化陶瓷表面并40℃下烘干,得到复合电极。

[0086] 对比例2

[0087] 将50g的六水合硝酸镍入到由300ml的乙二醇和700ml的去离子水形成的混合液中,混合搅拌均匀后,得到第一混合液;

[0088] 在第一混合液中加入7g的石墨烯及2g的海泡石,混合搅拌均匀后,得到第二混合液,将其置于反应釜中在180℃下水热反应24h,得到活性材料混合物,将活性材料混合物用去离子水洗涤2~3次;

[0089] 将洗涤后的活性材料混合物在40℃下烘干,随后与聚偏氟乙烯粘合剂均匀涂覆于氧化陶瓷表面并40℃下烘干,得到双金属-石墨烯复合电极。

[0090] 测试部分

[0091] 将上述实施例1~4和对比例1~2中制备的电极填充于双层圆柱箱体中的阳极室,铂棒则填充于阴极室,分别连接直流电源的正极和负极。

[0092] 废水箱装有相应的废水,启动水泵以2m/h的流速自下而上流入水处理箱进行反应,反应过程中电流密度保持 $20\text{A}/\text{m}^2$ 的恒定条件,反应后的出水由出水箱收集。

[0093] 废水的处理效果如表1所示。

[0094] 表1实施例1~4和对比例1~2测试结果

项目	COD去除率	色度去除率	悬浮物去除率
实施例1	89.7%	97.6%	76.9%
实施例2	92.2%	95.2%	74.8%
实施例3	91.4%	98.7%	74.4%
实施例4	88.2%	98.9%	78.1%
对比例1	61.2%	60.3%	48%
对比例2	77.2%	81.3%	63.5%

[0096] COD测试方法:GB/T 11914-1989《水质化学需氧量的测定重铬酸盐法》;

[0097] 悬浮物测试方法:GB/T 11901-1989《水质悬浮物的测定重量法》;

[0098] 色度测试方法:GB/T 11903-1989《色度的测定》;

[0099] 结果显示,本申请提供的双金属-石墨烯复合电极对上述的废水的COD去除率达到85%以上,脱色率达到95%以上,悬浮物去除率可达70%,脱色效果较佳。

[0100] 本申请提供一种双金属-石墨烯复合电极,可以有效去除污水中大量的难降解性有机污染物及色度,以及可通过电吸附过程去除废水中的悬浮物,大大提高了污水的可生化性及排放于城市污水处理厂进行后续处理的可能,从而降低了企业污水处理成本,此外,引入石墨烯和支持物粉末作为支撑模板,该电极还表现出优异的稳定性。

[0101] 以上所述,仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到各种等效的修改或替换,这些修改或替换都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应以权利要求要求的保护范围为准。

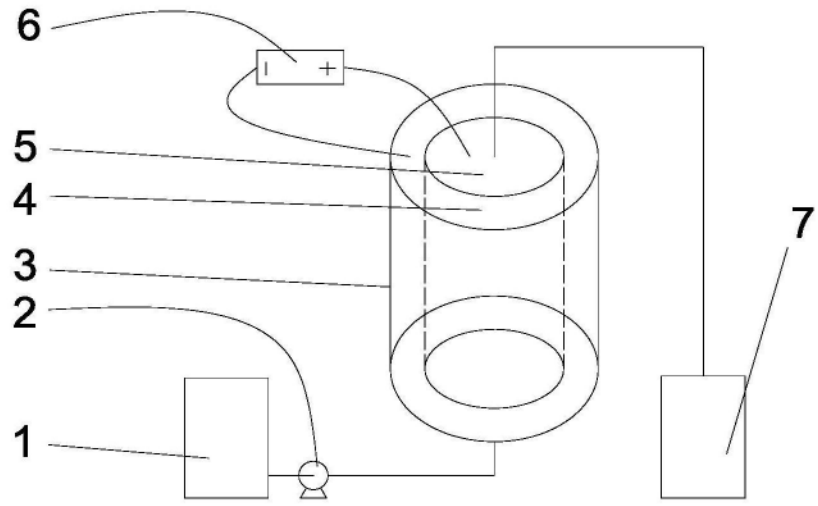


图1