[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01M 8/16 (2006.01)
H01M 8/06 (2006.01)
C02F 3/34 (2006.01)

[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200720044221.4

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 201134469Y

[22] 申请日 2007.9.26

[21] 申请号 200720044221.4

[73] 专利权人 合肥工业大学

地址 230009 安徽省合肥市屯溪路 193 号

[72] 发明人 莫里斯 M·杰弗里 金 松 崔康平

[74] 专利代理机构 安徽省合肥新安专利代理有限责任公司

代理人 何梅生

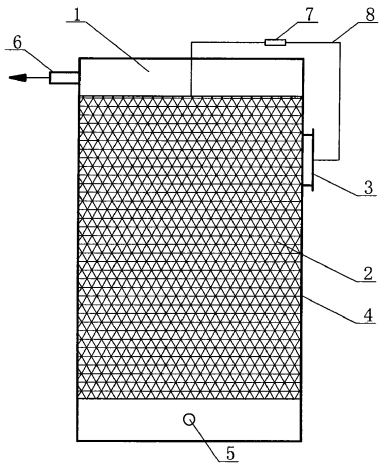
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

[54] 实用新型名称

从废水处理中回收电能的微生物燃料电池

[57] 摘要

一种从废水处理中回收电能的微生物燃料电池，其特征是由封闭的圆柱形或方形池体构成微生物燃料电池的阳极室，阳极悬挂于阳极室内，阴极固定于阳极室的侧壁，阴极的内表面与阳极室连通，外表面与空气接触，空气中的氧气自阴极外表面自由扩散至内表面，进水口位于池壁底部，出水口位于池壁上部，自阳极引出的导线在阳极室外部与阴极外表面连接构成外部电路，在外部电路中设置用于回收或电能利用的电气元件。 本实用新型结构简单，不受阳极与阴极间距离限制，可构建适合生产规模的装置，无需外加动力来提高阴极表面的氧含量，不使用质子交换膜，构建和运行成本低，可在从生物质中回收电能的同时净化废水。



1、一种从废水处理中回收电能的微生物燃料电池，其特征是由封闭的圆柱形或方形池体（4）构成微生物燃料电池的阳极室（1），阳极（2）悬挂于阳极室（1）内，阴极（3）固定于阳极室（1）的侧壁，阴极（3）的内表面与阳极室（1）连通，外表面与空气接触，空气中的氧气自阴极外表面自由扩散至内表面，进水口（5）位于池壁底部，出水口（6）位于池壁上部，自阳极（2）引出的导线（8）在阳极室外部与阴极外表面连接构成外部电路，在所述外部电路中设置用于回收或电能利用的电气元件（7）。

2、根据权利要求 1 所述的从废水处理中回收电能的微生物燃料电池，其特征是所述悬挂于阳极室（1）内的阳极（2）采用同时作为生物填料的海绵状不锈钢丝团簇，所述海绵状不锈钢丝团簇可充满或半充满阳极室（1）。

从废水处理中回收电能的微生物燃料电池

技术领域：

本实用新型涉及一种可以在去除废水中有机物的同时，获得电能的微生物燃料电池装置，属于生物质能源回收利用技术领域。

背景技术：

生物质是一种可再生能源，储量丰富，作为化石能源的替代能源利用，可实现 CO_2 零排放，且其中 S、N 含量低，可大大减轻温室效应和环境污染。可回收能源的生物质种类很多，有机废水就是其中一类。从有机废水中可回收的能源目前主要有甲烷、氢气和电能三种类型，都是在微生物降解有机物的过程中产生的。

有机物在厌氧条件下通过发酵转化为甲烷气体，是传统的高浓度有机废水处理和能源回收的技术方法，由于产甲烷细菌对环境条件极为敏感，很难控制适宜的条件达到厌氧生物处理系统的稳定，同时甲烷属于温室气体，非环境友好能源材料，因此，该方法的应用受到一定的限制。

氢气被认为是最具开发潜力的清洁能源之一，利用发酵微生物从废水中提取氢气是获得廉价氢气的有效途径。但目前这种方法氢气的转化率较低，总效率不到理论转化率的 30%，只能将 15%的废水中的有机质能量转化成氢气形式，尚不具备开发利用的经济价值，离实际应用还有很长的距离。

利用微生物直接将废水中的有机物质的化学能转变为电能的装置叫微生物燃料电池（Microbial Fuel Cell，简称 MFC）。由于 MFC 可以将废水中的各种有机质化学能直接转化为电能，不仅能量转化效率高、无污染，而且在获得电能的同时可以净化废水，削减或消除污染，因而日益受到人们的关注。

目前，MFC 的典型设计是采用双室结构，容纳微生物的阳极室通过质子交换膜与阴极室隔离，有机质在阳极室被厌氧微生物降解过程中产生的电子由阳极经外部电路传输到阴极室，与其同时，质子通过质子交换膜也由阳极室进入阴极室，从而构成电流回路，并通过外部电路连接电气元件回收或利用电能，氧分子、质子与电子在阴极室内化合生成水。由于使用质子交换膜和贵金属铂电极，并且需要不断给阴极室充入空气为阴极室供氧，因此，典型的 MFC 不仅构造复杂，造价与内电阻较高，而且还需要消耗许多外部动力，限制了其电能产出效率和推广应用。

中国专利授权公开号 CN1164509C，授权公开日为 2004 年 9 月 1 日，名称为“一种用于废水处理的使用废水和活性污泥的生物燃料电池”，公开了“一种使用废水作燃料的生物

燃料电池，其技术方案的要点是：采用双室微生物燃料电池，用质子交换膜分隔阳极室与阴极室，运行时不断向阳极室吹入氮气以维持厌氧条件，并不断向阴极室通入空气以获得较高的溶解氧浓度。”该实用新型虽然能利用微生物的作用，在降解有机废水的同时获得电能，但其构造复杂、构建成本高、内电阻高，且运行成本高，实用推广难。

近年来，研究构建空气阴极、有质子交换膜或无膜单室微生物燃料电池取得了一定成果，但仍然受电极材料和结构限制，只能构建尺寸在几厘米到十几厘米的小型实验装置，难以应用于实际废水处理过程。如中国专利授权公开号 CN1874040A，授权公开日为 2006 年 12 月 6 日，名称为“一种以有机废水为燃料的单池式微生物电池”，公开了“一种以有机废水为燃料的单池式微生物电池，其技术方案的要点是：采用单室微生物燃料电池，包括有机废水与厌氧微生物充填的阳极室，阳极位于阳极室封闭端，阴极位于阳极室开口端，并将阳极室封闭，质子交换膜热压于阴极内表面。有机物在阳极室被微生物降解产生的电子通过阳极经外部电路到达阴极，同时质子通过质子交换膜到达阴极，而空气中的氧气可直接通过阴极外表面扩散进入阴极内表面，氧分子、质子与电子结合生成水。”该实用新型简化了微生物燃料电池的构造和运行，并利用空气阴极，运行时无需通气供氧，运行成本大大降低。该实用新型也可以去掉质子交换膜，进一步降低成本。但该实用新型采用碳布、碳纸或其它材料作为阳极，存在以下不足：

1、阳极表面积很小，能容纳的微生物数量很少，降解有机物和产电的能力非常有限；

2、受阳极与阴极间距离的限制，该实用新型只能构建容积很小的微生物燃料电池，难以实际运用；

3、该实用新型虽然可以不使用质子交换膜，但由于装置规模太小，在不使用质子交换膜时，自阴极扩散进入阳极室的微量氧气必将对阳极室厌氧环境造成较大影响，从而影响电能产生和运行的稳定；

4、碳布或碳纸价格高、易脆裂，对安装要求高，难以大规模使用。

实用新型内容：

本实用新型的目的是克服现有利用微生物燃料电池处理有机废水并产生电能的技术和装置中不足之处，提供一种结构简单、生产成本低、操作方便、运行费用少、可构建大规模装置的从废水处理中回收电能的微生物燃料电池，能运用于生产实际，经济有效地去除废水中有机物并产生电能。

根据本实用新型，上述目的可以通过不锈钢丝阳极－空气阴极－无膜－单室微生物燃料电池来实现，本实用新型解决技术问题所采用的技术方案如下：

本实用新型的结构特点是由封闭的圆柱形或方形池体构成微生物燃料电池的阳极室，阳极悬挂于阳极室内，阴极固定于阳极室的侧壁，阴极内表面与阳极室连通，外表面与空气接触，空气中的氧气自阴极外表面自由扩散至内表面，进水口位于池壁底部，出水口位于池壁上部，自阳极引出的导线在阳极室外部与阴极外表面连接构成外部电路，在外部电路中设置用于回收或电能利用的电气元件。

本实用新型的结构特点也在于：

悬挂于阳极室内的阳极采用同时作为生物填料的海绵状不锈钢丝团簇，海绵状不锈钢丝团簇可充满或半充满阳极室。

阴极采用内表面含有5%～15%铂催化剂的碳布。。

本实用新型是以微生物燃料电池装置，同步实现有机废水净化和生物质能源回收利用。与已有技术相比，本实用新型的有益效果体现在：

1、本实用新型阴极与空气直接接触，获得充足氧气的同时，无需外加充气装置和动力，大大降低运行成本和构建费用；

2、本实用新型装置结构简单，并很容易与当前常用的污水生物处理工艺装备相结合，如可与升流式厌氧污泥床反应器（UASB）或厌氧生物接触氧化工艺结合，可以新建装置，也可以从现有装置改造，具有很强的工程实用性；

3、本实用新型采用不锈钢金属丝团簇构成阳极，完全摆脱了传统的碳布、碳纸或石墨棒阳极受材料性能、价格、使用寿命和安装方面的限制，降低了微生物燃料电池的构建难度和成本，并且装置不受规模的限制；

4、本实用新型由于采用不锈钢丝团簇阳极，阳极表面积远远大于传统装置，能容纳更多的微生物，并且运行中阳极表面与废水接触充分，表面废水不断更新，使阳极室内悬浮生长的微生物也能参与有机物降解和产生电能，废水净化效果和产电效率更高；

5、本实用新型由于采用不锈钢丝团簇阳极，摆脱了传统装置中装置规模受阳极与阴极间距离及阳极室有效容积的束缚，可构建适用于生产规模的装置，实现微生物燃料电池技术从实验室走向工程实际；

6、本实用新型由于装置规模可以增大，容纳的微生物总量和单位时间处理的废水量增多，自阴极扩散至阳极室的微量氧气可以很快被消耗掉，影响的区域相对整个阳极室容积可忽略不计，因此，可以完全不用价格昂贵、使用寿命短、安装难度大的质子交换膜，降低微生物燃料电池的构建成本和难度。

附图说明：

图 1（a）为本实用新型所述的微生物燃料电池实施例 1 结构示意图。

图 1（b）为本图 1（a）俯视结构示意图。

图 2（a）为本实用新型所述的微生物燃料电池实施例 2 结构示意图。

图 2（b）为本图 2（a）俯视结构示意图。

图 3（a）、图 3（b）为本实用新型实施例 1 处理葡萄糖自配有机废水的运行结果。

图中标号：1 阳极室、2 阳极、3 阴极、4 为 MFC 池体、5 进水口、6 出水口、7 电气元件、8 导线。

具体实施方式：

下面结合附图进一步说明本实用新型的各实施例及其工作过程。

实施例 1：

参见图 1（a）、图 1（b），本实施例不锈钢丝阳极－空气阴极－无膜－单室微生物燃料电池包括由 MFC 池体 4 构成的阳极室 1，阳极 2 悬挂于阳极室 1 内部，阴极 3 用法兰固定于阳极室 1 外侧，阴极 3 内表面与阳极室 1 内部连通，阴极 3 外表面与空气接触，空气中的氧气可以自由扩散至阴极 3 内表面，厌氧微生物附着于阳极 2 表面或在废水升流扰动下悬浮于阳极室 1 内，池体 4 侧壁设置进水口 5 和出水口 6，进水口 5 靠近池底，出水口 6 靠近池顶，自阳极 2 引出的导线 8 在阳极室 1 外部与阴极 3 外表面连接，导线 8 中间连接电气元件 7。

具体实施中，MFC 池体 4 可以建成圆柱形（如图 1（b）所示），也可以是方形（中图 2（b）所示），可使用内壁防腐绝缘处理的钢筋混凝土或钢结构，也可使用玻璃钢材料构建。阳极 2 由海绵状不锈钢丝团簇构成，悬挂于阳极室 1 内，可充满阳极室 1，也可半充满阳极室 1，阳极 2 也可由任何具有良好导电性能、耐腐蚀、不可生物降解的材料构成。阴极 3 可由碳布构成，内表面含 5%～15%铂催化剂。

本实施例中单室微生物燃料电池的工作过程为：

在阳极室 1 内加入厌氧微生物菌种，有机废水自池体 4 侧壁下部的进水口 5 流入阳极室 1 内，并缓慢升流至池体 4 侧壁上部的出水口 6 流出阳极室 1。附着于阳极 2 表面和悬浮于阳极室 1 内部的厌氧微生物在新陈代谢过程中，氧化降解废水中的有机物质，并产生电子和质子，电子经阳极 2 传输到连接的导线 8，通过外部电路到达阴极 3，同时生成的质子也到达阴极 3 内表面，空气中的氧气在氧分压差推动下，自阴极 3 外表面扩散至阴极 3 内表面，在铂催化剂作用下，氧气、质子和电子化合生成水。由于电子的不断传输，外部电路形成电流，通过连接于外部电路的电气元件 7 回收或利用电能。在获得电能的同时，由于厌氧微生物的分解和转化作用，使废水中的有机物浓度降低，废水得以净化，并且微生物自身获得养

分而不断增殖，可以处理更多的有机废水和产生更多的电能。

利用本实施例单室微生物燃料电池处理实验室自配葡萄糖废水，在进水 COD 浓度为 496mg/L 时，微生物燃料电池的开路电压为 461mV，外部电路 1000Ω电阻两端的最高电压值为 235mV，如图 3（a）所示，获得的最大功率密度为 137mW/m^2(阴极)，如图 3（b）所示，出水 COD 浓度降至 60mg/L，COD 去除率达 88%，库仑效率达 32.4%。利用该实用新型的单室无膜微生物燃料电池在回收生物质能源获得电能的同时，降解了废水中的有机物质，使废水得以净化。

实施例 2：

参见图 2（a）、图 2（b），本实施例不锈钢丝阳极－空气阴极－无膜－单室微生物燃料电池，其组成和工作方式与实施例 1 中所述的微生物燃料电池基本相同，不同之处在于：废水在阳极室 1 内呈水平推流状态，这一方式可以降低阳极室 1 高度，适用于规模较大或地埋式有机废水处理场合。

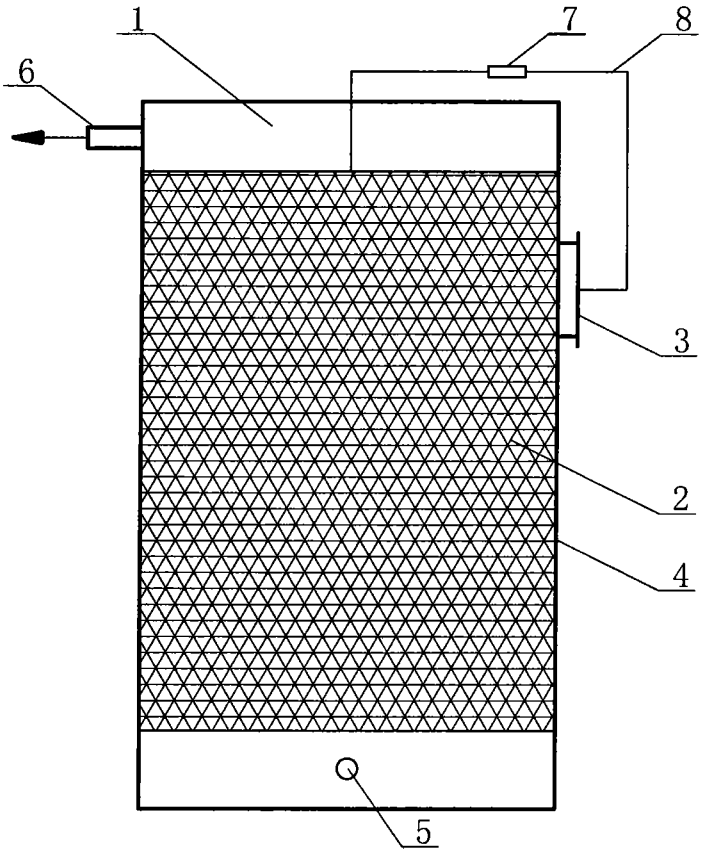


图1（a）

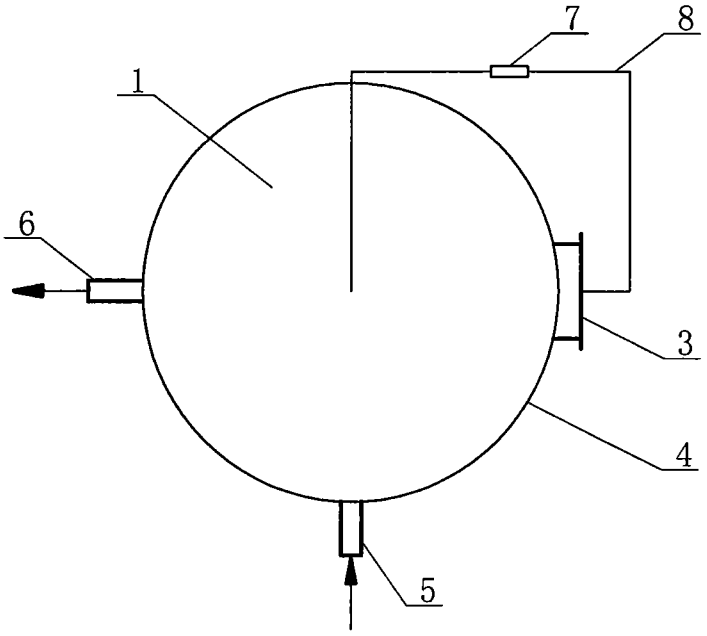


图1（b）

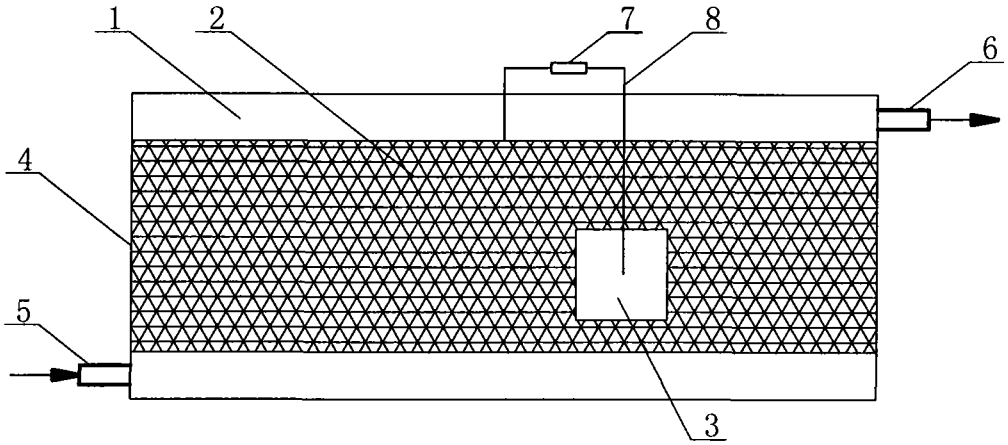


图2（a）

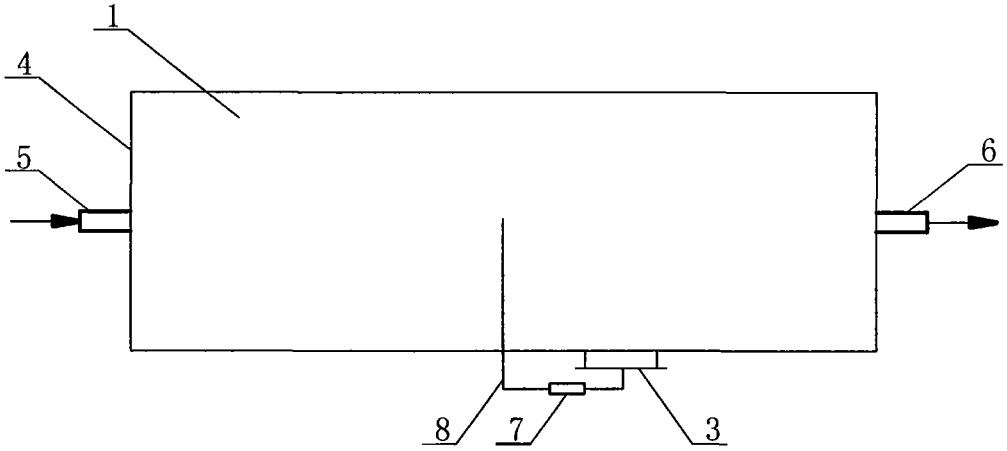


图2（b）

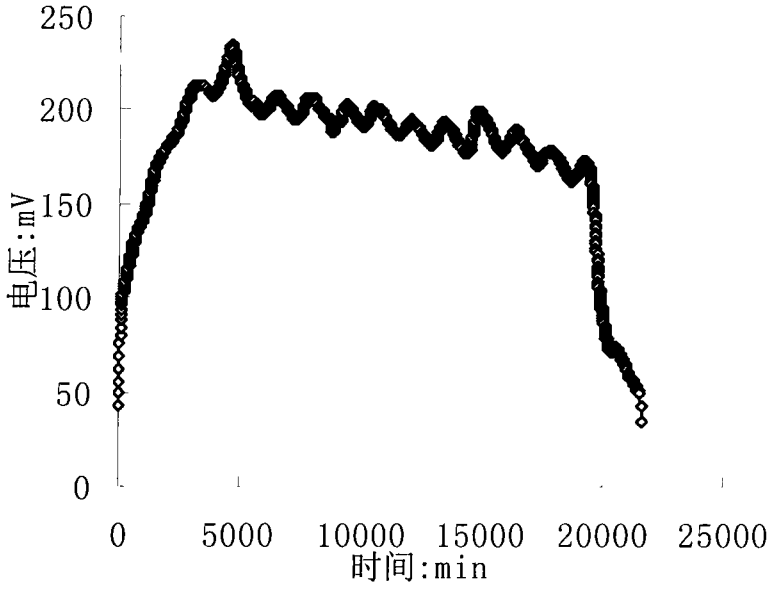

250
200
150
100
50
0
电压:mV
0
5000
10000
15000
20000
25000
时间:min

图3（a）

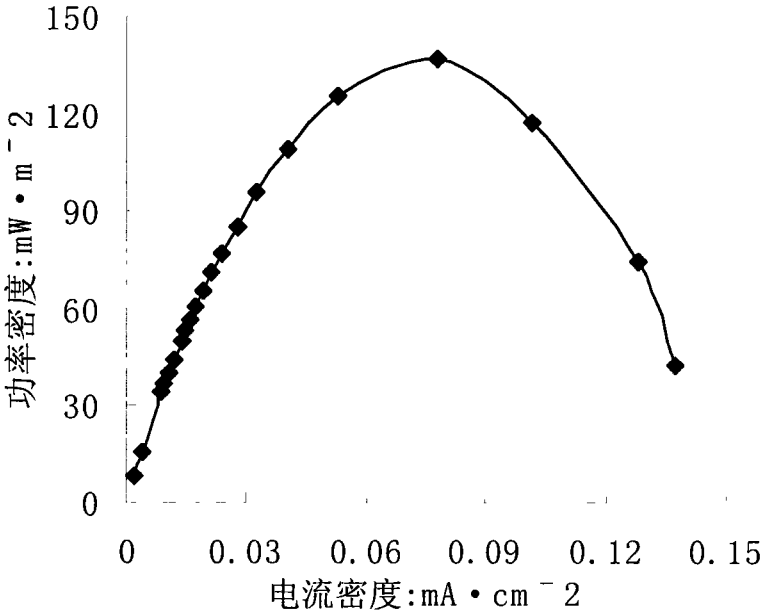

150
120
90
60
30
0
功率密度:mW·m⁻2
0
0.03
0.06
0.09
0.12
0.15
电流密度:mA·cm⁻2

图3（b）