(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2023 年 11 月 9 日 (09.11.2023)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2023/213268 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 8/16 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/092020

(22) 国际申请日: 2023 年 5 月 4 日 (04.05.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202210479745.5 2022年5月5日 (05.05.2022) CN

(71) 申请人: 集美大学 (**JIMEI UNIVERSITY**) [CN/CN]; 中国福建省厦门市集美银江路185号, Fujian 361021 (CN)。 中交上航（福建）交通建设工程有限公司 (**CCCC SDC (FUJIAN) COMMUNICATION CONSTRUCTION ENGINEERING CO., LTD**) [CN/CN]; 中国福建省厦门市海沧区霞阳南路9号1301, Fujian 361028 (CN)。 天津大学 (**TIANJIN UNIVERSITY**) [CN/CN]; 中国天津市南开区卫津路92号, Tianjin 300073 (CN)。

(72) 发明人: 祁佳睿 (**QI, Jiarui**); 中国福建省厦门市集美区银江路183号, Fujian 361021 (CN)。 王晓华 (**WANG, Xiaohua**); 中国福建省厦门市集美区银江路183号, Fujian 361021 (CN)。 张金凤 (**ZHANG, Jinfeng**); 中国福建省厦门市集美区银江路183号, Fujian 361021 (CN)。 李潇 (**LI, Xiao**); 中国福建省厦门市集美区银江路183号, Fujian 361021 (CN)。 陈嘉禹 (**CHEN, Jiayu**); 中国福建省厦门市集美区银江路183号, Fujian 361021 (CN)。 徐玲玲 (**XU, Lingling**); 中国福建省厦门市集美区银江路183号, Fujian 361021 (CN)。 庄福来 (**ZHUANG, Fulai**); 中国福建省厦门市集美区银江路183号, Fujian 361021 (CN)。 吴成宏 (**WU, Chenghong**); 中国福建省厦门市集美区银江路183号, Fujian 361021 (CN)。 叶晨 (**YE, Chen**); 中国福建省厦门市集美区银江路183号, Fujian 361021 (CN)。 林琦琛 (**LIN, Qichen**); 中国福建省厦门市集美区银江路183号, Fujian 361021 (CN)。

(54) **Title:** PLANT ELECTROCHEMICAL APPARATUS FOR ECOLOGICAL RESTORATION REGARDING RIVER AND LAKE POLLUTION, AND METHOD FOR USING SAME

(54) 发明名称: 一种用于河湖污染生态修复的植物电化学装置及其方法

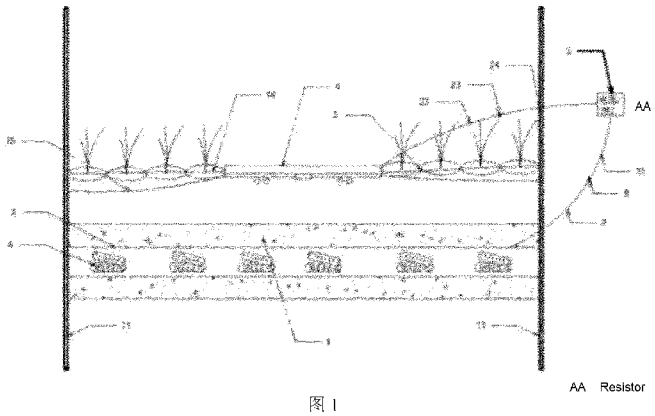


图 1

(57) **Abstract:** A plant electrochemical apparatus for ecological restoration regarding river and lake pollution. The apparatus comprises a sediment (1), wherein several first electrodes (2) are arranged in the sediment (1); each first electrode (2) comprises several columns (6), which are arranged in a staggered manner; a conductive layer (7) is arranged on the outer sides of the columns (6), and the conductive layer (7) is electrically connected to an external power source (5); several stand columns (11) are symmetrically fixedly connected in the sediment (1), and second electrodes (4) are fixedly connected among the several stand columns (11) by means of fixing mechanisms; the second electrodes (4) are located on a water surface (3), and the second electrodes (4) are electrically connected to the external power source (5); and several ecological landscape floating islands (14) are arranged on the water surface (3).

WO 2023/213268 A1

[见续页]

(74) 代理人: 北京睿智保诚专利代理事务所（普通合伙） (RZBC PATENT AGENCY (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国北京市丰台区广安路9号院国投财富广场3号楼308室, Beijing 100071 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，包括沉积物（1），沉积物（1）内设有若干第一电极（2），第一电极（2）包括若干交错设置的柱体（6），柱体（6）外侧设有导电层（7），导电层（7）电性连接有外部电源（5），沉积物（1）内对称固接有若干立柱（11），若干立柱（11）之间通过固定机构固接有第二电极（4），第二电极（4）位于水体表面（3），第二电极（4）与外部电源（5）电性连接，水体表面（3）上设有若干生态景观浮岛（14）。

一种用于河湖污染生态修复的植物电化学装置及其方法

技术领域

本发明涉及污染治理技术领域，特别是涉及一种用于河湖污染生态修复的植物电化学装置及其方法。

背景技术

工业废水及居民生活污水通常含有大量的污染物，这些污染物大量通过污水排放、冲刷以及降雨等方式进入河流湖泊，从而造成了河湖水体污染，水体中大量的污染物又会逐渐沉积到河床或湖泊底部的淤泥之中。当河道两侧进行截污纳管工程治理后，河湖底泥中的污染物仍会向上覆水体中扩散，形成二次污染，因此河湖污染整治必须对富含污染物的底泥进行处理。

传统的淤泥处置方式往往采用异位处理法，将河湖底泥进行机械清淤，淤泥疏浚出水体后进行脱水、固化填土处理，水分经投药絮凝沉降等处理后排回原位。该方式见效快但会对水体环境产生剧烈扰动，底泥污染物被迅速释放加剧二次污染，同时对河底生态结构具有强烈的破坏性。因而更加环保、彻底而行之有效的底泥处理方式的研究就十分必要。

有部分研究人员提出，可以利用微生物细菌作为催化剂，氧化分解污染物的同时输出电能，构建沉积物微生物燃料电池 SMFC。所述沉积物微生物燃料电池阳极插入沉积物中，阴极置于上覆水体表面，通过导线连接阴阳极并接入电阻，电极材料一般选择石墨、碳毡、碳布等导电材料。上述装置因材料强度不足、成本较高、效率不足等问题存在，投入现场施工使用的难度较大，且在水面捆绑悬吊阴极材料会造成亲水景观的不和谐。

发明内容

本发明的目的是提供一种用于河湖污染生态修复的植物电化学装置及其方法，以解决上述现有技术存在的问题。

为实现上述目的，本发明提供了如下方案：本发明提供一种用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，包括沉积物，所述沉积物内设有若干第一电极，所述第一电极包括若干交错设置的柱体，所述柱体外侧设有导电层，所述导电层电性连接有外部电源，所述沉积物内分别对称固接有若干立柱，若干所述立柱之间通过固定机构固接有第二电极，所述第二电极位于水体表面，所述第二电极与所述外部电源电性连接，所述水体表面上设有若干生态景观浮岛。

优选的，所述柱体外侧中空，所述柱体的外表面设有若干第一圆孔，所述第一圆孔内嵌设有所述导电层。

优选的，所述导电层为碳纳米管、石墨烯和导电石墨中的一种。

优选的，所述第二电极包括电极片，所述电极片与所述外部电源电性连接，所述电极片的底部与所述固定机构固定连接。

优选的，所述电极片包括钛网，所述钛网的两侧分别固接有石墨 毡，所述石墨毡远离所述钛网的一侧固接有尼龙网，位于所述钛网底 部的所述尼龙网的底部固接有所述固定机构。

优选的，所述固定机构包括固接在所述电极片底面中心的接头，所述接头设有若干接口，所述接口内通过锁紧部固接并连通有连接管，所述连接管与所述电极片的底面固接，所述接头内穿设有缆绳，所述缆绳穿过所述连接管并与所述立柱固接。

优选的，任意所述连接管的两侧分别固接有两个浮球。

优选的，所述锁紧部包括锁紧管，所述锁紧管的一端与所述连接管固接并连通，所述锁紧管的另一端通过弹性件与所述接口固接并连通。

优选的，所述接口内对称设有第一凹槽，所述第一凹槽内固接有第一弹簧的一端，所述第一弹簧的另一端固接有限位座，所述限位座与所述第一凹槽滑动连接，所述锁紧管的外壁上设有两个限位环，两个所述限位环与所述锁紧管抵接，所述限位环的外壁与所述接口的内壁抵接。

一种用于河湖污染生态修复的植物电化学装置的使用方法，包括以下步骤：

a、安装第一电极，将第一电极放置在沉积物内；

b、制作第二电极，将第二电极通过固定机构与立柱连接；

c、步骤 a 中的第一电极和步骤 b 中的第二电极通电；与生态景观浮岛共同作用。

本发明公开了以下技术效果：将位于沉积物内的第一电极设为阳极，位于水体表面的第二电极设为阴极，柱体采用易导电的金属材料，柱体内中空，易于压入底泥，通过在将若干柱体交错设置，并在柱体外侧设置导电层，增大了第一电极沉积物接触的面积，有助于沉积物中的微生物富集，增强微生物附着和增值，增大燃料电池功率，提高污染物分解效率，生态景观浮岛在通过根系泌氧、影响氧化还原电位、提高装置发电功率和沉积物有机污染物处理效率的同时，针对富营养化的水体起到降解 COD、去磷和固氮的作用，抑制藻类生长，削减水体中的污染负荷，亦可减少水体污染物向底泥中的沉积，改善动植物生长环境，再造自然生态平衡，同时具有强烈的环境景观功能。本发明通过外部电源使第一电极和第二电极形成闭合回路，当使用外电阻运行时，装置具有处理沉积物有机污染的作用，当使用电源管理系统时，在分解处理污染物的同时可以经升压、储电和放电系统供给低功率用电器使用，符合可持续发展的理念。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中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性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明中用于河湖污染生态修复的植物电化学装置的结构示意图；

图 2 电极片的底部视图；

图 3 为锁紧件的结构示意图；

图 4 为电极片的结构示意图；

图 5 为柱体的结构示意图；

其中：1、沉积物；2、第一电极；3、水体表面；4、第二电极； 5、外部电源；6、柱体；7、导电层；8、第一钛丝；9、第一接线端 子；10、第一铜线；11、立柱；12、电极片；14、生态景观浮岛；15、尼龙网；16、石墨毡；17、钛网；18、连接管；19、接头；20、浮球；22、第二钛丝；23、第二接线端子；24、第二铜线；25、缆绳；26、锁紧管；27、第一凹槽；28、第一弹簧；29、限位座；30、限位环。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图和具体实

施方式对本发明作进一步详细的说明。

参照图 1-5，本发明提供一种用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，包括沉积物 1，沉积物 1 内设有若干第一电极 2，第一电极 2 包括若干交错设置的柱体 6，柱体外侧设有导电层 7，导电层 7 电性连接有外部电源 5，沉积物 1 内分别对称固接有若干立柱 11，若干立柱 11 之间通过固定机构固接有第二电极 4，第二电极 4 位于水体表面 3，第二电极 4 与外部电源 5 电性连接，水体表面 3 上设有若干生态景观浮岛 14。

将位于沉积物 1 内的第一电极 2 设为阳极，位于水体表面 3 的第二电极 4 设为阴极，柱体 6 采用易导电的金属材料，柱体 6 内中空，易于压入底泥，通过在将若干柱体 6 交错设置，并在柱体 6 外侧设置导电层，增大了第一电极 2 沉积物 1 接触的面积，有助于沉积物 1 中的微生物富集，增强微生物附着和增值，增大燃料电池功率，提高污染物分解效率，生态景观浮岛 14 在通过根系泌氧、影响氧化还原电位、提高装置发电功率和沉积物有机污染物处理效率的同时，针对富营养化的水体起到降解 COD、去磷和固氮的作用，抑制藻类生长，削减水体中的污染负荷，亦可减少水体污染物向底泥中的沉积，改善动植物生长环境，再造自然生态平衡，同时具有强烈的环境景观功能。

进一步优化方案，柱体 6 内中空，柱体 6 的外表面设有若干第一圆孔，第一圆孔内嵌设有导电层 7。将直径 1.5mm 的第一钛丝 8 一端沿侧壁穿插入柱体 6 中，一端引至岸上，通过第一接线端子 9 连接第一铜线 10 形成钛-铜导线，作为电池负极接入外部电源 5 一端。

进一步优化方案，导电层 7 为碳纳米管、石墨烯和导电石墨中的一种。

进一步优化方案，第二电极 4 包括电极片 12，电极片 12 与外部电源 5 电性连接，电极片 12 的底部与固定机构固定连接。

第二电极 4 固接有第二钛丝 22，第二通过第二接线端子 23 和第二铜线 24 与外部电源 5 电性连接。

进一步优化方案，电极片 12 包括钛网 17，钛网 17 的两侧分别固接有石墨毡 16，石墨毡 16 远离钛网 17 的一侧固接有尼龙网 15，位于钛网 17 底部的尼龙网 15 的底部固接有固定机构。

使用钛丝编织网状结构形成钛网 17，节点用细钛丝固定，钛网 17 两侧覆石墨毡 16，用细钛丝穿插缝合后两侧覆 4 目尼龙网 15，使 用鱼线缝合固定。钛网预留一条边为长第二钛丝 22，引至岸上，通 过第二接线端子 23 连接第二铜线 24 形成钛-铜导线，作为电池正极接入外部电源 5 一端。钛网 17 可以增强电极导电性，维持电极片 12 的形态，易于引出第二钛丝 22 形成闭合回路；石墨毡 16 作为空气阴极的主体，可以增大 O 2 供给，增大反应面积；尼龙网 15 覆于最外侧弥补石墨毡 16 物理强度的不足，为固定机构提供牢固的受力点。电极片 12 下的固定机构为空气阴极中心区域提供固定和浮力支撑，确使电极片 12 表面接触空气，漂浮位置居中且相对稳定。

进一步优化方案，固定机构包括固接在电极片 12 底面中心的接头 19，接头 19 设有若干接口，接口内通过锁紧部固接并连通有连接管 18，连接管 18 与电极片 12 的底面固接，接头 19 内穿设有缆绳 25，缆绳 25 穿过连接管 18 并与立柱 11 固接。

进一步优化方案，任意连接管 18 的两侧分别固接有两个浮球 20。

接头 19 与通过锁紧部与连接管 18 进行固定，将两条缆绳 25 中点打结固定为十字状，放置在接头 19 内，将缆绳 25 穿过连接管 18 并与立柱 11 进行固接。

进一步优化方案，锁紧部包括锁紧管 26，锁紧管 26 的一端与连接管 18 固接并连通，锁紧管 26 的另一端通过弹性件与接口固接并连通。

进一步优化方案，接口内对称设有第一凹槽 27，第一凹槽 27 内固接有第一弹簧 28 的一端，第一弹簧 28 的另一端固接有限位座 29，限位座 29 与第一凹槽 27 滑动连

接，锁紧管 26 的外壁上设有两个限位环 30，两个限位环 30 与锁紧管 26 抵接，限位环 30 的外壁与接口的内壁抵接。

将连接管 18 与锁紧管 26 进行插接，并将锁紧管 26 插入接口内，在锁紧管 26 的限位环 30 滑动至限位座 29 的内侧后，在第一弹簧 28 的作用下使限位座 29 沿第一凹槽 27 向下滑动，并与锁紧管 26 的外壁抵接，对锁紧管 26 进行固定。

一种用于河湖污染生态修复的植物电化学装置的使用方法，包括以下步骤：

a、安装第一电极 2，将第一电极 2 放置在沉积物 1 内；

通过在将若干柱体 6 交错设置在沉积物 1 内，并在柱体 6 外侧设置导电层，增大了第一电极 2 沉积物 1 接触的面积，有助于沉积物 1 中的微生物富集，增强微生物附着和增值，增大燃料电池功率，提高污染物分解效率；

b、制作第二电极 4，将第二电极 4 通过固定机构与立柱 11 连接；

使用钛丝编织网状结构形成钛网 17，节点用细钛丝固定，钛网 17 两侧覆石墨毡 16，用细钛丝穿插缝合后两侧覆 4 目尼龙网 15，使用鱼线缝合固定。钛网预留一条边为长第二钛丝 22，引至岸上，通过第二接线端子 23 连接第二铜线 24 形成钛-铜导线，作为电池正极接入外部电源 5 一端；接头 19 与通过锁紧部与连接管 18 进行固定，将两条缆绳 25 中点打结固定为十字状，放置在接头 19 内，将缆绳 25 穿过连接管 18 并与立柱 11 进行固接；

c、步骤 a 中的第一电极 2 和步骤 b 中的第二电极 4 通电；与生态景观浮岛 14 共同作用。

通过外部电源 5 使第一电极 2 和第二电极 4 形成闭合回路，当使用外电阻运行时，装置具有处理沉积物有机污染的作用，当使用电源管理系统时，在分解处理污染物的同时可以经升压、储电和放电系统供给低功率用电器使用，符合可持续发展的理念。

在本发明的描述中，需要理解的是，术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、 “内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置 关系，仅是为了便于描述本发明，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为 对本发明的限制。

以上所述的实施例仅是对本发明的优选方式进行描述，并非对本发明的范围进行限定，在不脱离本发明设计精神的前提下，本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进，均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

权利要求书

1.一种用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，包括沉积物(1)，其特征在于：所述沉积物(1)内设有若干第一电极(2)，所述第一电极(2)包括若干交错设置的柱体(6)，所述柱体(6)外侧设有导电层(7)，所述导电层(7)电性连接有外部电源(5)，所述沉积物(1)内分别对称固接有若干立柱(11)，若干所述立柱(11)之间通过固定机构固接有第二电极(4)，所述第二电极(4)位于水体表面(3)，所述第二电极(4)与所述外部电源(5)电性连接，所述水体表面(3)上设有若干生态景观浮岛(14)。

2.根据权利要求1所述的用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，其特征在于：所述柱体(6)内中空，所述柱体(6)的外表面设有若干第一圆孔，所述第一圆孔内嵌设有所述导电层(7)。

3.根据权利要求2所述的用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，其特征在于：所述导电层(7)为碳纳米管、石墨烯和导电石墨中的一种。

4.根据权利要求1所述的用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，其特征在于：所述第二电极(4)包括电极片(12)，所述电极片(12)与所述外部电源(5)电性连接，所述电极片(12)的底部与所述固定机构固定连接。

5.根据权利要求4所述的用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，其特征在于：所述电极片(12)包括钛网(17)，所述钛网(17)的两侧分别固接有石墨毡(16)，所述石墨毡(16)远离所述钛网(17)的一侧固接有尼龙网(15)，位于所述钛网(17)底部的所述尼龙网(15)的底部固接有所述固定机构。

6.根据权利要求5所述的用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，其特征在于：所述固定机构包括固接在所述电极片(12)底面中心的接头(19)，所述接头(19)设有若干接口，所述接口内通过锁紧部固接并连通有连接管(18)，所述连接管(18)与所述电极片(12)的底面固接，所述接头(19)内穿设有缆绳(25)，所述缆绳(25)穿过所述连接管(18)并与所述立柱(11)固接。

7.根据权利要求6所述的用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，其特征在于：任意所述连接管(18)的两侧分别固接有两个浮球(20)。

8.根据权利要求7所述的用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，其特征在于：所述锁紧部包括锁紧管(26)，所述锁紧管(26)的一端与所述连接管(18)固接并连通，所述锁紧管(26)的另一端通过弹性件与所述接口固接并连通。

9.根据权利要求8所述的用于河湖污染生态修复的植物电化学装置，其特征在于：所述接口内对称设有第一凹槽(27)，所述第一凹槽(27)内固接有第一弹簧(28)的一端，所述第一弹簧(28)的另一端固接有限位座(29)，所述限位座(29)与所述第一凹槽(27)滑动连接，所述锁紧管(26)的外壁上设有两个限位环(30)，两个所述限位环(30)与所述锁紧管(26)抵接，所述限位环(30)的外壁与所述接口的内壁抵接。

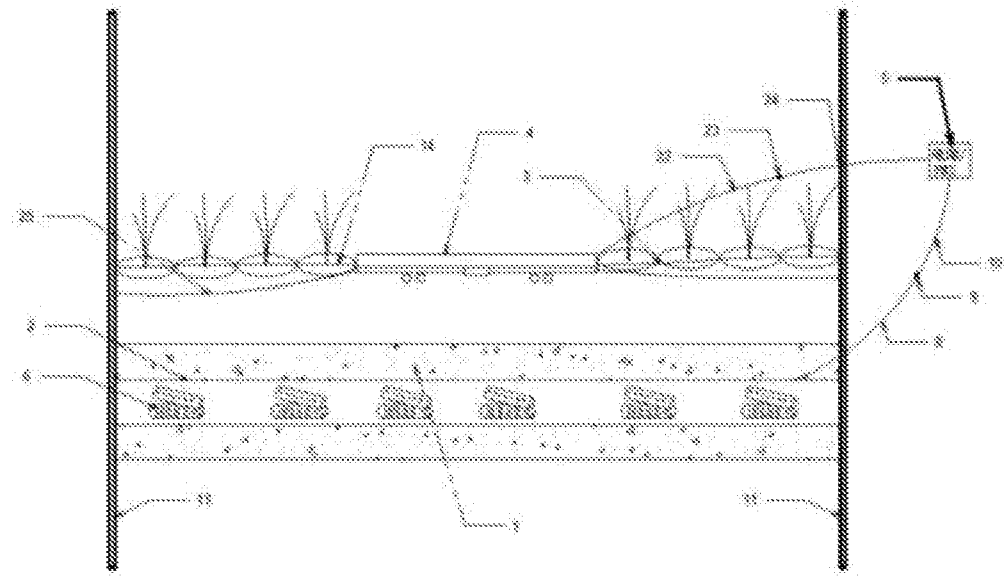


图 1

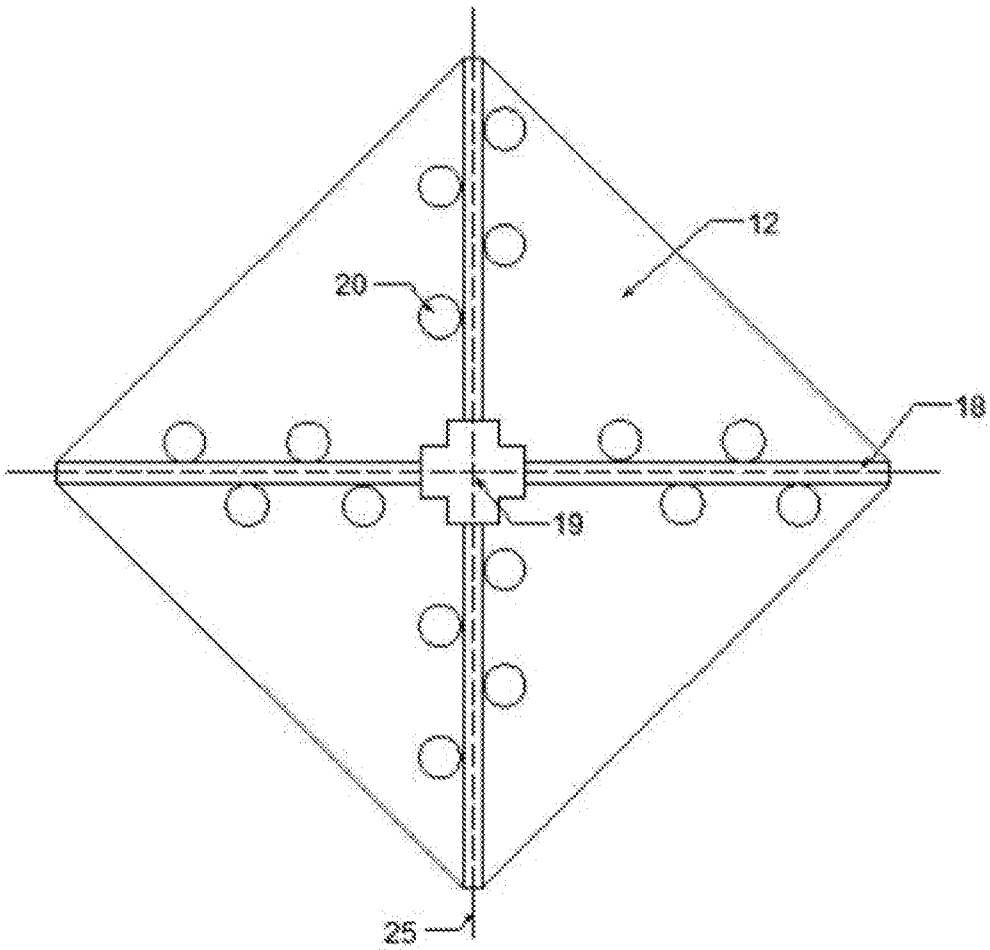


图 2

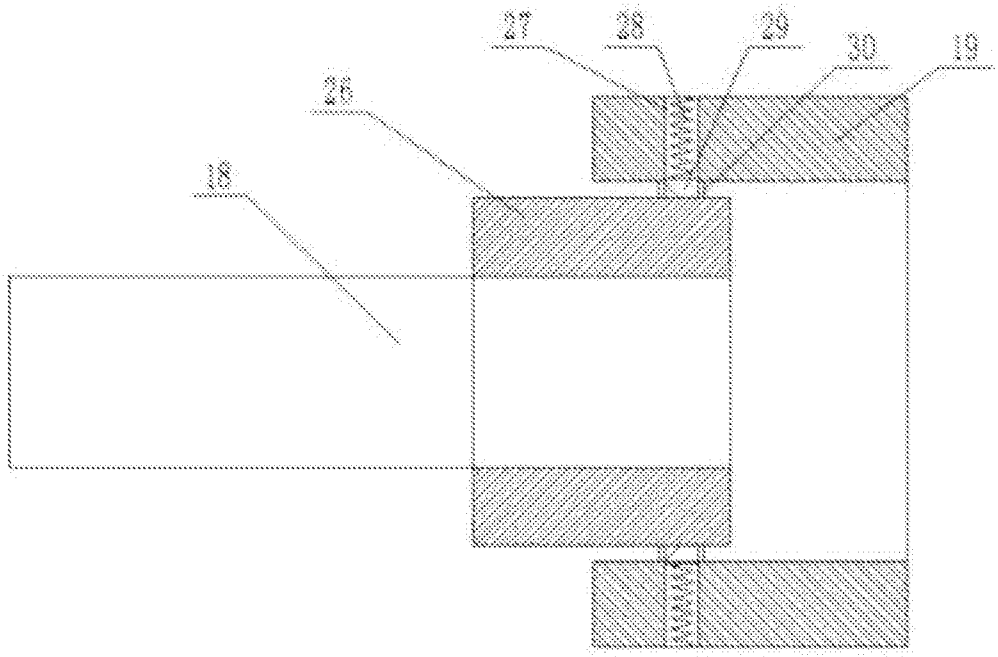


图 3

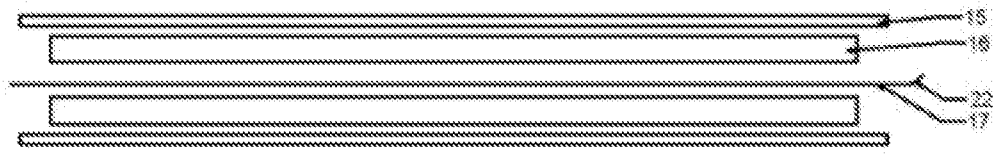


图 4

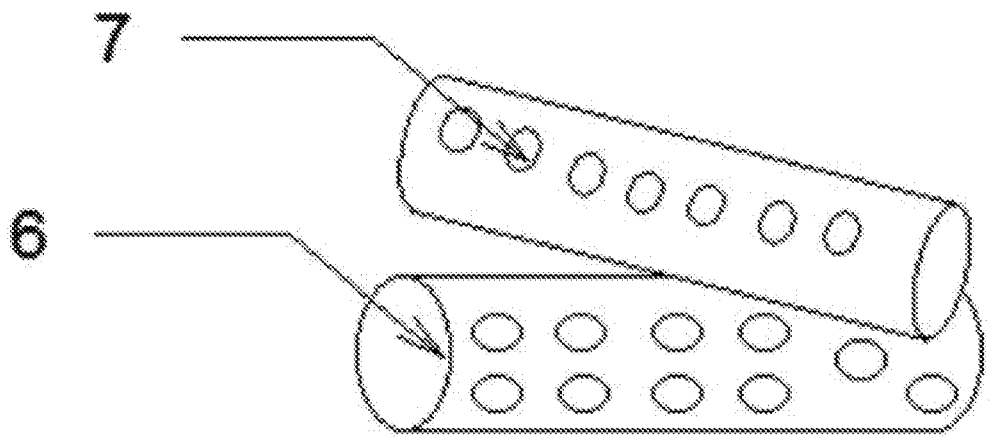


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2023/092020

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M8/16(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; WPABS; DWPI; USTXT; EPTXT; WOTXT; ISI; CNKI: 生物, 污染, 生态, 植物, 燃料电池, 电化学, 阳极, 阴极, 电极, 电源, biological, fuel cell, biofuel cell, ecological, contaminate, pollution, contamination, electrochemistry, anode, cathode, power

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114824397 A (JIMEI UNIVERSITY et al.) 29 July 2022 (2022-07-29) claims 1-9, description, paragraphs [0006]-[0042], and figures 1-5	1-9
Y	CN 105236576 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 13 January 2016 (2016-01-13) description, paragraphs [0009]-[0020], and figure 1	1-9
Y	CN 112094009 A (TIANJIN UNIVERSITY et al.) 18 December 2020 (2020-12-18) description, paragraphs [0006]-[0024], and figures 1-5	1-9
Y	CN 109205767 A (TIANJIN UNIVERSITY) 15 January 2019 (2019-01-15) description, paragraphs [0005]-[0039], and figure 1	1-9
Y	CN 104176836 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 03 December 2014 (2014-12-03) description, paragraphs [0006]-[0039], and figure 1	1-9
Y	CN 208429939 U (XMEM ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY (SHANGHAI) CO., LTD.) 25 January 2019 (2019-01-25) description, paragraphs [0006]-[0042], and figures 1-4	1-9

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 June 2023	**06 July 2023**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 215712495 U (TIANJIN UNIVERSITY) 01 February 2022 (2022-02-01) description, paragraphs [0003]-[0020], and figures 1-4	1-9
A	WO 2019003248 A1 (INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY MADRAS) 03 January 2019 (2019-01-03) entire document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2023/092020

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114824397	A	29 July 2022	None			
CN	105236576	A	13 January 2016	None			
CN	112094009	A	18 December 2020	None			
CN	109205767	A	15 January 2019	CN	209210461	U	06 August 2019
CN	104176836	A	03 December 2014	CN	104176836	B	19 August 2015
CN	208429939	U	25 January 2019	None			
CN	215712495	U	01 February 2022	None			
WO	2019003248	A1	03 January 2019	IN	201741023125	A	04 January 2019
				IN	201841004785	A	09 August 2019
				IN	354452	B	01 January 2021
				IN	422969	B	03 March 2023

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2023/092020

A. 主题的分类

H01M8/16(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC：H01M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNABS;CNTXT;WPABS;DWPI;USTXT;EPTXT;WOTXT;ISI;CNKI：生物，污染，生态，植物，燃料电池，电化学，阳极，阴极，电极，电源，biological，fuel cell，biofuel cell，ecological，contaminate，pollution，contamination，electrochemistry，anode，cathode，power

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 114824397 A (集美大学 等) 2022年7月29日 (2022-07-29) 权利要求1-9项，说明书第[0006]-[0042]段及附图1-5	1-9
Y	CN 105236576 A (华南理工大学) 2016年1月13日 (2016-01-13) 说明书第[0009]-[0020]段及附图1	1-9
Y	CN 112094009 A (天津大学 等) 2020年12月18日 (2020-12-18) 说明书第[0006]-[0024]段及附图1-5	1-9
Y	CN 109205767 A (天津大学) 2019年1月15日 (2019-01-15) 说明书第[0005]-[0039]段及附图1	1-9
Y	CN 104176836 A (哈尔滨工业大学) 2014年12月3日 (2014-12-03) 说明书第[0006]-[0039]段及附图1	1-9
Y	CN 208429939 U (极膜环境科技（上海）有限公司) 2019年1月25日 (2019-01-25) 说明书第[0006]-[0042]段及附图1-4	1-9
Y	CN 215712495 U (天津大学) 2022年2月1日 (2022-02-01) 说明书第[0003]-[0020]段及附图1-4	1-9

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。　　☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2023年6月13日	2023年7月6日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	受权官员 余志敏 电话号码 (+86) 0512-88995716

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2023/092020

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	WO 2019003248 A1 (INDIAN INST TECH MADRAS) 2019年1月3日 (2019-01-03) 全文	1-9

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/092020

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	114824397	A	2022年7月29日	无			
CN	105236576	A	2016年1月13日	无			
CN	112094009	A	2020年12月18日	无			
CN	109205767	A	2019年1月15日	CN	209210461	U	2019年8月6日
CN	104176836	A	2014年12月3日	CN	104176836	B	2015年8月19日
CN	208429939	U	2019年1月25日	无			
CN	215712495	U	2022年2月1日	无			
WO	2019003248	A1	2019年1月3日	IN	201741023125	A	2019年1月4日
				IN	201841004785	A	2019年8月9日
				IN	354452	B	2021年1月1日
				IN	422969	B	2023年3月3日