

(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
2017 年 11 月 9 日 (09.11.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/190504 A1

- (51) 国际专利分类号:
C12M 1/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/109354
- (22) 国际申请日: 2016 年 12 月 11 日 (11.12.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610294331.X 2016 年 5 月 5 日 (05.05.2016) CN
- (71) 申请人: 中国科学院广州能源研究所 (GUANGZHOU INSTITUTE OF ENERGY CONVERSION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省广州市天河区五山能源路 2 号, Guangdong 510640 (CN)。
- (72) 发明人: 袁振宏 (YUAN, Zhenhong); 中国广东省广州市天河区五山能源路 2 号, Guangdong 510640 (CN)。 朱顺妮 (ZHU, Shunni); 中国广东省广州市天河区五山能源路 2 号, Guangdong 510640 (CN)。

(CN)。 秦磊 (QIN, Lei); 中国广东省广州市天河区五山能源路 2 号, Guangdong 510640 (CN)。 王忠铭 (WANG, Zhongming); 中国广东省广州市天河区五山能源路 2 号, Guangdong 510640 (CN)。 丰平仲 (FENG, Pingzhong); 中国广东省广州市天河区五山能源路 2 号, Guangdong 510640 (CN)。 尚常花 (SHANG, Changhua); 中国广东省广州市天河区五山能源路 2 号, Guangdong 510640 (CN)。 徐忠斌 (XU, Zhongbin); 中国广东省广州市天河区五山能源路 2 号, Guangdong 510640 (CN)。 许瑾 (XU, Jin); 中国广东省广州市天河区五山能源路 2 号, Guangdong 510640 (CN)。

(74) 代理人: 广州科粤专利商标代理有限公司 (GUANGZHOU KEYUE I.P. LAW OFFICE); 中国广东省广州市越秀区先烈中路 100 号大院 23-1 栋 616 室, Guangdong 510070 (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,

(54) Title: ROTATING DISC TYPE PHOTOBIOREACTOR FOR MICROALGAE LARGE-SCALE CULTIVATION

(54) 发明名称: 一种用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器

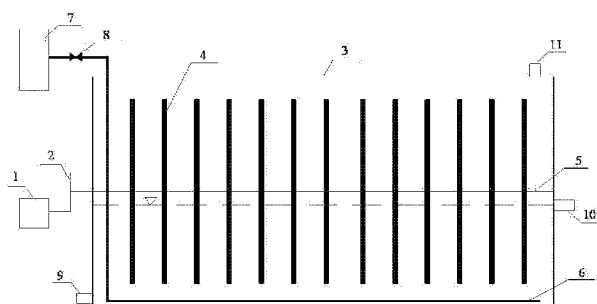


图 1

(57) Abstract: Provided is a rotating disc type photobioreactor for microalgae large-scale cultivation, comprising a reactor main body, a rotating shaft (5) throughout the entire reactor main body, rotating discs (4) vertically fixed on the rotating shaft (5) at intervals, a driving motor (1), a transmission system (2), an air pipe (6) provided at the bottom of the reactor, a carbon dioxide inlet valve (8), a carbon dioxide source (7), a water inlet (9), and a water outlet (10). The rotating discs (4) are partially submerged in a culture solution and partially exposed to the air. The driving motor (1) drives the rotating discs (4) to rotate slowly via the transmission system (2), so that microalgae cells adhered to and grown on the rotating discs (4) are alternatively fed into a liquid phase and a gas phase. The air pipe (6) is in communication with the carbon dioxide source (7) outside the reactor via the carbon dioxide inlet valve (8). The reactor is simple in structure and is convenient for operations such as inoculation, harvesting and the like. It takes a small area, has a modular design, is easy to amplify, and is suitable for the large-scale production of microalgae biomass and microalgae secondary metabolites. It is also suitable for removal of nutrient substances such as nitrogen and phosphorus in sewage.

CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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: 提供一种用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器, 包括反应器主体、贯穿整个反应器主体的转动轴(5)、间隔垂直固定在转动轴(5)上的旋转盘(4)、驱动电机(1)、传动系统(2)、反应器底部设置的通气管(6)、二氧化碳进气阀(8)、二氧化碳气源(7)、进水口(9)、出水口(10); 所述旋转盘(4)部分浸没在培养液中, 部分暴露在空气中; 驱动电机(1)经传动系统(2)带动旋转盘(4)缓慢旋转, 使旋转盘(4)上附着生长的微藻细胞交替进入液相和气相; 所述通气管(6)经二氧化碳进气阀(8)与反应器外部的二氧化碳气源(7)连通。反应器结构简单, 便于接种和采收等操作, 占地面积小, 模块化设计, 易于放大, 适用于大规模生产微藻生物质及微藻次生代谢产物, 也适用于去除污水中氮磷等营养物质。

一种用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器

技术领域：

本发明涉及微藻培养生物技术领域，具体涉及一种用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器。

背景技术：

微藻吸收二氧化碳和水进行光合作用可合成大量蛋白质、脂肪、多糖、维生素、色素等丰富的生物质资源，在医药、食品、保健品、水产饵料、动物饲料、水质净化、生物燃料等方面有广泛应用，具有重要的经济价值和社会效益。例如，在食品领域，微藻可为人类提供大量单细胞蛋白质、植物油脂、类胡萝卜素、EPA、DHA 等食品或食品添加剂；在医药卫生领域，微藻可以生产抗生素、抗氧化剂、抗癌和抗病毒药物。由于微藻具有光合作用效率高、含油量高、生长周期短、单位面积产率高、不占用耕地等特点，近年来成为生物能源生产原料的研究热点，用于生物柴油、生物乙醇、生物燃气、生物油等的研究开发。根据微藻组成，每生产 1 吨微藻生物质，大约可吸收约 1.8 吨二氧化碳，因此微藻生物能源的规模化生产，不仅可以有效缓解能源短缺问题，还有助于温室气体的减排。此外，与传统污水处理方法相比，微藻可以快速吸收污水中的氮磷等元素并转化为生物质，可进一步进行生物炼制。

低成本规模化培养是实现微藻产业化的关键，也是当前限制微藻产业化的瓶颈。目前微藻培养主要是采用开放池或密闭光生物反应器，且基本都是悬浮培养模式，藻细胞分散于大量培养基水体中。悬浮培养模式藻细胞密度较低，比如开放池细胞浓度一般为 0.5~1 g/L，光生物反应器细胞浓度为 2~6 g/L。悬浮培养的微藻在进行下游处理时必须进行浓缩和脱水等步骤以去除 90% 以上的水。一般采用两步法，首先用沉淀、絮凝、气浮等方法浓缩到固形物为 1% 左右，接着离心到固形物为 20% 左右。这一过程存在设备投入大、耗能、耗时等缺点，一般悬浮培养的微藻收获费用约占总投资和运行成本的 20~30%。此外，悬浮培养由于细胞的相互遮蔽，光在水体中衰减严重，限制了光合作用效率的提高。由于需要较大比表面积，使得反应器占地面积增大，制约了微藻产业化发展。

微藻附着培养作为另一种培养模式近年来受到研究者的关注，其特征在于微藻细胞附着在固体或半固体材料表面上生长。相对于悬浮培养，附着培养的优势在于收获简单，可以大大减少微藻采收的成本。此外，微藻的附着培养还能提高光利用率、增强 CO₂ 传质、增加细胞停留时间等。最具代表性的微藻附着培养是 Algae Turf Scrubber-ATS 系统，该系统中微藻附着于水平放置稍微倾斜的附着材料上，培养液间歇地冲刷其表面。除了 ATS 系统，人们还发明出喷淋式固定化微藻培养系统，该系统中微藻细胞固定在支撑材料表面，通过间歇或连续喷洒的方式提供给细胞所需的培养液并保持细胞湿润。

发明内容：

本发明的目的是克服现有技术中的不足，提供一种用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器。该反应器结构简单，接种和采收方便，能实现光能高效利用，提高微藻产量和产率。该反应器是模块化设计，易于工业放大，适用于大规模生产微藻生物质及微藻次生代谢产物，也适用于去除污水中氮磷等营养物质，同时该反应器实现了微藻细胞附着生长，解决了微藻悬浮培养光合作用效率低、占地面积大、耗水量大、采收困难等问题。

本发明是通过以下技术方案予以实现的：

一种用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器，包括反应器主体、贯穿整个反应器主体的转动轴、以一定间隔垂直固定在转动轴上的旋转盘、驱动电机、传动系统、反应器底部设置的通气管、二氧化碳进气阀、二氧化碳气源、进水口、出水口；所述旋转盘部分浸没在培养液中，部分暴露在空气中；驱动电机经传动系统带动旋转盘缓慢旋转，使旋转盘上附着生长的微藻细胞交替进入液相和气相；所述通气管经二氧化碳进气阀与反应器外部的二氧化碳气源连通，所述反应器主体至少液面以上部分为透光材料制备。

所述反应器主体为透光材料，为了降低成本也可以只在液面以上部分使用可透光材料。

所述透光材料选自玻璃、有机玻璃、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯中的一种。

所述旋转盘为刚性骨架上面固定柔性附着材料或者直接为刚性附着材料制成；所述的刚性骨架指利用钢、铁等坚固材料制成的骨架；所述附着材料（包括

刚性和柔性)指薄钢板、铝板、聚氨酯塑料、聚碳酸酯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、棉布、滤布、帆布、无纺布、尼龙、纤维织物等。微藻在所述附着材料表面上挂膜并快速生长,形成生物膜。

进一步的,旋转盘表面可以是平面的,也可以是曲面的。为了便于采收,优选平面设计。

进一步的,旋转盘的浸没率在 20%-40%之间,优选的浸没率为 40%。

进一步的,旋转盘之间的间距可根据需要调整为任意值,优选的间距为 30-150 毫米。

进一步的,所述旋转盘上设有生物质收获装置,实现培养过程中的原位收获,收获的生物质呈高度浓缩状态。生物质收获装置可以为各种机械刮板、刮刀或真空抽吸装置。

所述转动轴与转动轴之间或转动轴与驱动电机之间通过传动系统连接。

进一步的,所述传动系统为链条-齿轮传动或皮带-皮带轮传动,所述驱动电机的输出轴上连接有齿轮或皮带轮,每个转动轴上连接有齿轮或皮带轮,驱动电机的输出轴和每个转动轴上的齿轮或皮带轮通过链条或皮带相连。当有多个反应器组合或者一个反应器中含多个转动轴时,可以用一个驱动电机带动多个转动轴也可以用一个驱动电机带动一个转动轴,视具体情况而定。

为了给反应器培养基提供充足的 CO_2 ,在反应器底部布置的通气管上设有小孔或喷嘴,所述通气管选自市售的曝气软管或可变孔曝气软管。

通气管可以是 1 条或多条,视具体情况而定。

进一步的,在光照培养条件下通气管可保持连续通气或间歇式通气状态。间歇式通气可通过监测培养液的 pH 值来控制。由于 CO_2 的消耗会使培养液 pH 上升,当培养液 pH 值超过预设 pH 范围,可开启进气阀开关,向反应器内通气。

所述反应器底部可以设计为平底、半圆形、锥形或梯形的任意一种。

本发明还保护所述的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器的应用,所述反应器置于开放环境或密闭环境;在开放环境可以直接将反应系统放置于所需水体中,所述水体包括但不限于湖泊、河流、跑道池、沟渠、氧化塘等;在密闭环境,反应器上部可以加密封盖,或者整个反应器主体放置在一个密闭的容器或温室中,密闭式反应器需设排气口。

所述二氧化碳气源选自混合 CO₂ 的空气、纯 CO₂ 气体、工业 CO₂ 气体、烟道气中的一种或多种或液态 CO₂。

所述反应器放置在人造光源下，或直接暴露在自然光下。光源的位置要充分考虑到盘面的方位，使盘面最大化接受光照。

- 5 本发明反应器可以根据实际情况进行序批式、半连续流或连续流操作。补充的培养液可以是各种类型的微藻培养基，或是含有各种胁迫或诱导因子的溶液，或是各种类型的污水、海水等。

所述微藻培养基可以是本领域熟知的任意适合微藻生长的培养基，如 BG-11 培养基、SM 培养基、BBM 培养基、SE 培养基等，也可以是含有各种胁迫或诱导因子的溶液，如缺氮培养基、高盐培养基等，或者是海水、城市污水、工业废水、禽畜废水和其他任何含氮磷的天然水。

本发明中所述微藻包括但不限于栅藻、小球藻、雨生红球藻、杜氏藻、微拟球藻、螺旋藻等，微藻次生代谢产物包括但不限于甘油三脂、虾青素、叶黄素、类胡萝卜素等。

- 15 本发明反应器还适用于城市污水、工业废水、禽畜废水等富含氮磷的污水的二级处理或三级处理，接种培养物为混合培养物，包括微藻、光合细菌、异氧细菌、硝化细菌、真菌等任意组合。

本发明具有如下有益效果：

- 20 1) 反应器结构简单，便于接种和采收等操作，占地面积小，模块化设计，易于放大，适用于大规模生产微藻生物质及微藻次生代谢产物，也适用于去除污水中氮磷等营养物质；

2) 本申请实现了微藻附着培养，不需要保持悬浮状态，因此不需要很大的搅拌功率或通气量，降低了能耗；也不存在悬浮培养细胞之间相互遮蔽的问题，由于本发明培养液中几乎没有悬浮的微藻，也不存在微藻细胞和培养液分离的问题，因此可以方便的进行诱导条件的切换，如诱导微藻产油，只需排出富氮培养基，再注入缺氮培养基进行培养即可；解决了微藻悬浮培养光合作用效率低、占地面积大、耗水量大、采收困难等问题。

3) 本发明可以很方便地在现有跑道池或高效藻类塘上进行改进，可有效提高现有系统的微藻培养效率；与传统方法相比，本发明微藻细胞生长呈附着的生

物膜状态，可直接采收获得浓缩的藻泥，解决了传统悬浮培养面临的采收困难以及脱水能耗高的问题，此外，固体停留时间与水力停留时间可以不一致，更利于藻的生长且易于进行连续流培养，解决了微藻技术的产业化瓶颈。

- 4) 本申请驱动电机经传动系统带动旋转盘缓慢旋转，使旋转盘上附着生长的微藻细胞交替进入液相和气相，微藻细胞易于与营养物质（如气相中的 CO_2 、液相中的氮磷）充分接触，大大提高了光合作用效率和营养的利用效率；由于盘面只有部分浸没水中，减少了培养过程中总的需水量和供生长所需的化学试剂的用量，节约了培养成本。

附图说明：

图 1 是实施例 1 的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器的结构示意图；

图 2 是实施例 2 的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器的结构示意图；

- 其中，1，驱动电机；2，传动系统；3，密封盖；4，旋转盘；5，转动轴；6，通气管；7， CO_2 气源；8，进气阀；9，进水口；10，出水口；11，排气口；12，桨轮；13，隔板；14，导流板。

具体实施方式：

- 以下是对本发明的进一步说明，而不是对本发明的限制。

实施例 1：置于密闭环境的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器

- 本实施例的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器，结构如图 1 所示，包括反应器主体、反应器顶部的可拆卸的密封盖 3、贯穿整个反应器主体的转动轴 5、垂直固定在转动轴 5 上的旋转盘 4、驱动电机 1、传动系统 2、反应器底部设置的通气管 6、二氧化碳进气阀 8、二氧化碳气源 7、进水口 9、出水口 10 和密封盖 3 上设有的排气口 11；所述旋转盘 4 部分浸没在培养液中，部分暴露在空气中；驱动电机 1 经传动系统 2 带动旋转盘 4 缓慢旋转，使旋转盘 4 上附着生长的微藻细胞交替进入液相和气相；所述通气管经二氧化碳进气阀与反应器外部的二氧化碳气源连通，所述反应器主体至少液面以上部分为透光材料制备。

所述传动系统 2 为链条-齿轮传动或皮带-皮带轮传动，所述驱动电机 1 的输出轴上连接有齿轮或皮带轮，每个转动轴上连接有齿轮或皮带轮，驱动电机的输出轴和每个转动轴上的齿轮或皮带轮通过链条或皮带相连。

所述透光材料选自玻璃、有机玻璃、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯中的一种。

5 转动轴上每隔 30~150 毫米固定一个旋转盘；所述旋转盘为刚性骨架上面固定柔性附着材料或者直接为刚性附着材料制成；所述的刚性骨架指利用钢、铁等坚固材料制成的骨架；所述附着材料（包括刚性和柔性）选自薄钢板、铝板、聚氨酯塑料、聚碳酸酯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、棉布、滤布、帆布、无纺布、尼龙、纤维织物等。微藻在所述附着材料表面上挂膜并快速生长，形成生物膜。

10 反应器液面位于转动轴中心以下，旋转盘约 40%浸没于培养液中，转盘转速为 1-20 转/分之间。

进一步的，所述旋转盘上设有生物质收获装置，实现培养过程中的原位收获，收获的生物质呈高度浓缩状态。生物质收获装置可以为各种机械刮板、刮刀或真空抽吸装置。

15 为了给反应器培养基提供充足的 CO_2 ，在反应器底部布置的通气管上设有小孔，所述通气管选自市售的曝气软管或可变孔曝气软管。

二氧化碳的供应可采用自动控制系统。通过 pH 传感器监测培养液的 pH 值控制进气阀 8 实现自动开启和关闭。如培养小球藻时，当培养液 pH 值大于 8，进气阀自动开启， CO_2 气体通过通气管上的小孔缓慢释放到反应器中，当 pH 值
20 小于 7.5，进气阀自动关闭，不再通入 CO_2 气体。

CO_2 气源为混合 CO_2 的空气、纯 CO_2 气体、工业 CO_2 气体、烟道气中的一种或多种或液态 CO_2 。由于曝气只是为了提供碳源，不需要保持藻液悬浮，因此通气管 6 开孔大小和气体流量都可以很小，有利于增大气液接触面积和时间，大大提高 CO_2 的吸收率。

25 反应器顶部设有一个可拆卸的密封盖 3，方便接种、补料、收获等操作。密封盖 3 上设有排气口 11，便于 O_2 的排出。

在本实施例中，采收过程可以是手动或电动采收，对于采收方式不做具体限定。

具体使用方法如下：

向图 1 所示的转盘式光生物反应器中加入培养基,向新鲜培养基中接种体积分数为 10%微藻种子液,盖上密封盖 3。反应器置于光照条件下,开启进气阀 8 通入 CO₂ 气体,同时启动驱动电机 1 使旋转盘 4 缓慢转动,曝气 7~14 天,培养基中的微藻逐渐附着于旋转盘 4 的附着材料上,并在附着材料上生长,液体中的微藻生物量逐渐减少,液体变澄清,完成微藻挂膜。用橡胶刮板把旋转盘 4 附着材料表面上的微藻刮掉,残留的微藻作为下一轮生长的种子,同时更换新鲜培养基或补充营养元素,进行正式循环生长。每隔 5~10 天收获一次藻泥,直接收获的藻泥质量浓度为 10~20%,与悬浮培养离心后的效果相当。

实施例 2: 置于开放环境的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器

10 本实施例是在现有跑道池基础上进行改建而成的转盘式光生物反应器,所述反应器示意图如图 2 所示,包括反应器主体、驱动电机 1、传动系统 2、反应器底部设置的通气管、二氧化碳进气阀、二氧化碳气源、进水口、出水口; 贯穿整个反应器主体的转动轴 5、垂直固定在转动轴 5 上的旋转盘 4、桨轮 12、隔板 13、导流板 14。其中驱动电机 1 通过传动系统 2 同时带动桨轮 12 和旋转盘 4 转动。所述旋转盘部分浸没在培养液中,部分暴露在空气中;所述通气管经二氧化碳进气阀与反应器外部的二氧化碳气源连通,所述反应器主体至少液面以上部分为透光材料制备。所述传动系统 2 为链条-齿轮传动或皮带-皮带轮传动,所述驱动电机 1 的输出轴和每个传动轴上都连接有齿轮或皮带轮,驱动电机 1 的输出轴和每个转动轴上的齿轮或皮带轮通过链条或皮带相连。所述反应器中含多个转动轴 5,用一个驱动电机 1 带动多个转动轴 5。

由于微藻主要附着在旋转盘 4 上生长,液体中的微藻极少,因此桨轮 12 的转速可以很低,桨轮 12 的作用只在于培养液的循环流动,不需要保持微藻的悬浮状态。

25 传统跑道池由于微藻悬浮生长,液体中的微藻相互遮蔽,光在水体中的穿透性极差,因此传统跑道池均为浅池,水深不能超过 30 厘米。本发明中微藻主要附着在旋转盘 4 上生长,液体中的微藻极少,不存在光在水体中急剧衰减的问题,因此反应器的水深可以不受限制。

转动轴 5 上每隔 30~150 毫米固定一个旋转盘 4,旋转盘 4 为刚性骨架上面固定柔性附着材料或者直接为刚性附着材料制成,所述的刚性骨架指利用钢、铁

等坚固材料制成的骨架；附着材料（包括刚性和柔性）包括但不限于薄钢板、铝板、聚氨酯塑料、聚碳酸酯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、棉布、滤布、帆布、无纺布、尼龙、纤维织物等。

具体使用方法如下：

- 5 向跑道池中加入一定量的培养基，向新鲜培养基中接种体积分数为 10% 微藻种子液，启动驱动电机 1 使桨轮 12 和旋转盘 4 缓慢转动，培养 7~14 天后，悬浮液中的微藻大量附着于旋转盘 4 盘面上，液体变澄清，完成微藻挂膜。用橡胶刮板把旋转盘 4 盘面附着材料表面上的微藻刮掉，残留的微藻作为下一轮生长的种子，同时更换新鲜培养基或补充营养元素，进行正式循环生长，每隔 5~10
- 10 天收获一次藻泥，直接收获的藻泥质量浓度为 10~20%，与悬浮培养离心后的效果相当。

权利要求书

- 1、一种用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器，其特征在于，包括反应器主体、贯穿整个反应器主体的转动轴、间隔垂直固定在转动轴上的旋转盘、
5 驱动电机、传动系统、反应器底部设置的通气管、二氧化碳进气阀、二氧化碳气源、进水口、出水口；所述旋转盘部分浸没在培养液中，部分暴露在空气中；驱动电机经传动系统带动旋转盘缓慢旋转，使旋转盘上附着生长的微藻细胞交替进入液相和气相；所述通气管经二氧化碳进气阀与反应器外部的二氧化碳气源连通，所述反应器主体至少液面以上部分为透光材料制备。
- 10 2、根据权利要求 1 所述的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器，其特征在于，所述旋转盘为刚性骨架上面固定柔性附着材料或者直接为刚性附着材料制成；所述附着材料选自薄钢板、铝板、聚氨酯塑料、聚碳酸酯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、棉布、滤布、帆布、无纺布、尼龙、纤维织物。
- 15 3、根据权利要求 1 或 2 所述的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器，其特征在于，所述旋转盘表面是平面的，旋转盘的浸没率在 20%-40%；旋转盘之间的间距为 30-150 毫米。
- 4、根据权利要求 1 或 2 所述的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器，其特征在于，所述旋转盘上设有生物质收获装置，所属生物质收获装置为机械刮板、刮刀或真空抽吸装置。
- 20 5、根据权利要求 1 或 2 所述的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器，其特征在于，所述转动轴与转动轴之间或转动轴与驱动电机之间通过传动系统连接。
- 25 6、根据权利要求 1 或 2 所述的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器，其特征在于，所述传动系统为链条-齿轮传动或皮带-皮带轮传动，所述驱动电机的输出轴上连接有齿轮或皮带轮，每个转动轴上连接有齿轮或皮带轮，驱动电机的输出轴和每个转动轴上的齿轮或皮带轮通过链条或皮带相连；当有多个反应器组合或者一个反应器中含多个转动轴时，一个驱动电机带动多个转动轴或一个驱动电机带动一个转动轴。
- 7、根据权利要求 1 或 2 所述的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器，

其特征在于，所述通气管上设有小孔或喷嘴，所述通气管选自曝气软管或可变孔曝气软管。

- 8、权利要求 1 所述的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器的应用，其特征在于，所述反应器置于开放环境或密闭环境；在开放环境直接将反应器放
- 5 置于所需水体中，所述水体选自湖泊、河流、跑道池、沟渠或氧化塘；在密闭环境，反应器上部加密封盖，或者整个反应器主体放置在一个密闭的容器或温室中，密闭式反应器设排气口。

- 9、根据权利要求 8 所述的用于微藻规模化培养的转盘式光生物反应器的应用，其特征在于，所述二氧化碳气源选自混合 CO_2 的空气、纯 CO_2 气体、工业
- 10 CO_2 气体、烟道气中的一种或多种或液态 CO_2 。

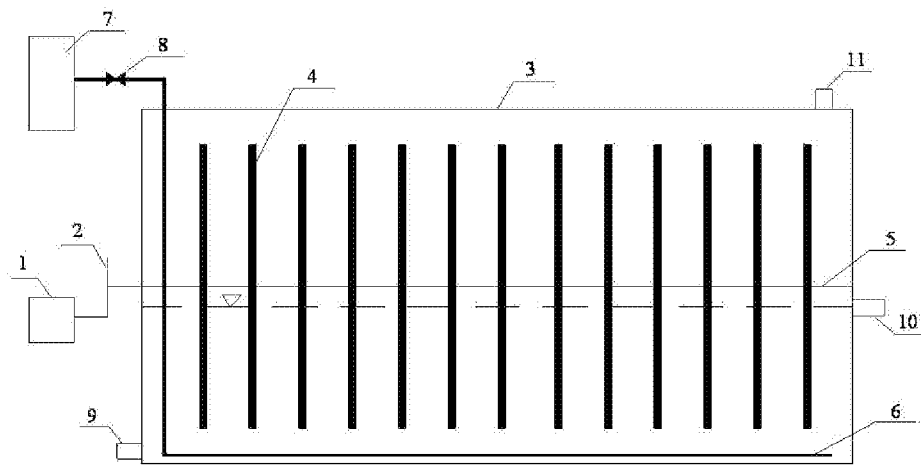


图 1

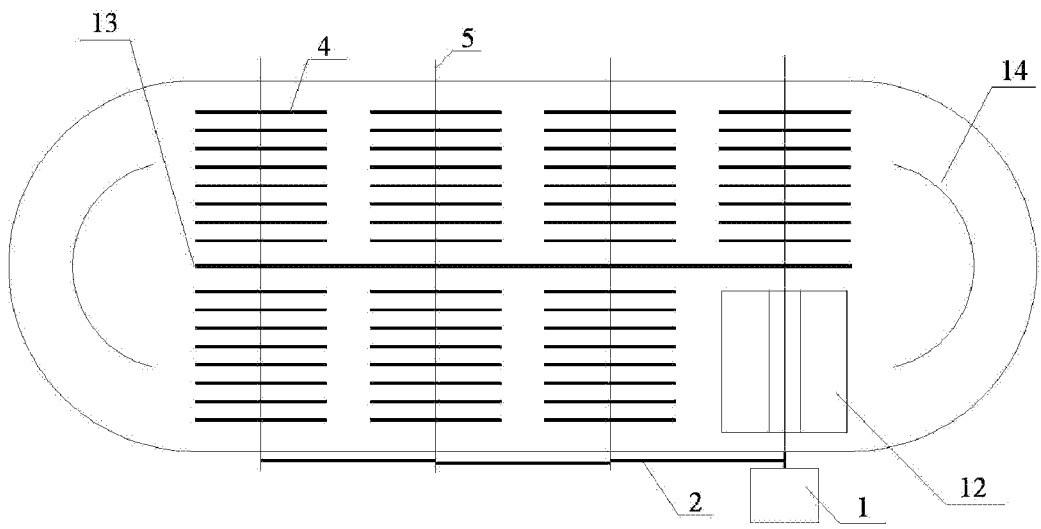


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/109354

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C12M 1/00(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)

C12M 1/-

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)

DWPI, SIPOABS, CNTXT, WOTXT, VEN, CNABS, CNKI, PubMed, ISI Web of Knowledge:rotating disc type, culture, drive, carbon dioxide, CO₂, rotating disc, photobioreactor, microalgae, rotating shaft, driving motor, gas introduc+, media, carbon dioxide source

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105733930 A (GUANGZHOU INSTITUTE OF ENERGY CONVERSION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 06 July 2016 (06.07.2016), claims 1-9	1-9
X	CN 103221346 A (BIOPROCESSH20 LLC), 24 July 2013 (24.07.2013), claims 1-19, description, paragraphs [0460], [0577], [0542] and[0578], and figures 151-152	1-9
A	CN 201648392 U (GUANGZHOU INSTITUTE OF ENERGY CONVERSION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 24 November 2010 (24.11.2010), the whole document	1-9
A	CN 105316217 A (SHANGHAI XIMING BIOTECHNOLOGY CO., LTD.), 10 February 2016 (10.02.2016), the whole document	1-9
A	CN 103952286 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 30 July 2014 (30.07.2014), the whole document	1-9
A	US 2012288917 A1 (ALGAE TECHUKLTD.), 15 November 2012 (15.11.2012), the whole document	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&"document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 22February 2017 (22.02.2017)	Date of mailing of the international search report 06March 2017 (06.03.2017)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LAO, Fang Telephone No.:(86-10) 61648326

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/109354

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015147661 A1 (UNIWERSYTETVARMINSKOMAZURSKI W OLSZTYNIE), 01 October 2015 (01.10.2015), the whole document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/109354

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105733930 A	06 July 2016	None	
CN 103221346 A	24 July 2013	EP 2619145 A4	02 November 2016
		BR 112013006726 A2	14 June 2016
		CA 2812403 A1	29 March 2012
		AU 2011305307 A8	27 June 2013
		EP 2619145 A2	31 July 2013
		CN 103221346 B	20 January 2016
		WO 2012040519 A2	29 March 2012
		WO 2012040519 A3	07 June 2012
		US 2011068057 A1	24 March 2011
		AU 2011305307 A1	23 May 2013
		US 8809037 B2	19 August 2014
		MX 2013003320 A	31 October 2013
CN 201648392 U	24 November 2010	None	
CN 105316217 A	10 February 2016	WO 2016165659 A1	20 October 2016
CN 103952286 A	30 July 2014	CN 103952286 B	13 January 2016
US 2012288917 A1	15 November 2012	MX 2011001260 A	11 October 2011
		EP 2318504 A2	11 May 2011
		CN 102203233 B	12 October 2016
		CN 102203233 A	28 September 2011
		WO 2010014010 A2	04 February 2010
		CA 2732867 A1	04 February 2010
		WO 2010014010 A3	01 July 2010
		US 2012288917 A1	15 November 2012
		MX 328519 B	13 March 2015
WO 2015147661 A1	01 October 2015	US 2016115431 A1	28 April 2016
		CN 105209591 A	30 December 2015
		PL 407694 A1	12 October 2015
		EP 2981604 A1	10 February 2016

A. 主题的分类 C12M 1/00 (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) C12M 1/- 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)) DWPI, SIPOABS, CNTXT, WOTXT, VEN, CNABS, CNKI, PubMed, ISI Web of Knowledge, 微藻, 转盘式, 光生物反应器, 培养, 旋转轴, 旋转盘, 驱动, 培养基, 通气, 二氧化碳, CO ₂ , rotating disc, photobioreactor, microalgae, rotating shaft, driving motor, gas introduc+, media, carbon dioxide source		
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 105733930 A (中国科学院广州能源研究所) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 权利要求1-9	1-9
X	CN 103221346 A (生物进程H2O有限责任公司) 2013年 7月 24日 (2013 - 07 - 24) 权利要求1-19, 说明书第[0460]、[0577]、[0542]、[0578]段, 附图151-152	1-9
A	CN 201648392 U (中国科学院广州能源研究所) 2010年 11月 24日 (2010 - 11 - 24) 全文	1-9
A	CN 105316217 A (上海希明生物科技有限公司) 2016年 2月 10日 (2016 - 02 - 10) 全文	1-9
A	CN 103952286 A (浙江大学) 2014年 7月 30日 (2014 - 07 - 30) 全文	1-9
A	US 2012288917 A1 (ALGAE TECHUK LTD.) 2012年 11月 15日 (2012 - 11 - 15) 全文	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 “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 2017年 2月 22日		国际检索报告邮寄日期 2017年 3月 6日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		受权官员 劳芳 电话号码 (86-10) 61648326

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 2015147661 A1 (UNIWERSYTET VARMINSKO MAZURSKI W OLSZTYNIE) 2015年 10月 1日 (2015 - 10 - 01) 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/CN2016/109354

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	105733930	A	2016年 7月 6日	无			
CN	103221346	A	2013年 7月 24日	EP	2619145	A4	2016年 11月 2日
				BR	112013006726	A2	2016年 6月 14日
				CA	2812403	A1	2012年 3月 29日
				AU	2011305307	A8	2013年 6月 27日
				EP	2619145	A2	2013年 7月 31日
				CN	103221346	B	2016年 1月 20日
				WO	2012040519	A2	2012年 3月 29日
				WO	2012040519	A3	2012年 6月 7日
				US	2011068057	A1	2011年 3月 24日
				AU	2011305307	A1	2013年 5月 23日
				US	8809037	B2	2014年 8月 19日
				MX	2013003320	A	2013年 10月 31日
CN	201648392	U	2010年 11月 24日	无			
CN	105316217	A	2016年 2月 10日	WO	2016165659	A1	2016年 10月 20日
CN	103952286	A	2014年 7月 30日	CN	103952286	B	2016年 1月 13日
US	2012288917	A1	2012年 11月 15日	MX	2011001260	A	2011年 10月 11日
				EP	2318504	A2	2011年 5月 11日
				CN	102203233	B	2016年 10月 12日
				CN	102203233	A	2011年 9月 28日
				WO	2010014010	A2	2010年 2月 4日
				CA	2732867	A1	2010年 2月 4日
				WO	2010014010	A3	2010年 7月 1日
				US	2012288917	A1	2012年 11月 15日
				MX	328519	B	2015年 3月 13日
WO	2015147661	A1	2015年 10月 1日	US	2016115431	A1	2016年 4月 28日
				CN	105209591	A	2015年 12月 30日
				PL	407694	A1	2015年 10月 12日
				EP	2981604	A1	2016年 2月 10日