



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102459561 B

(45) 授权公告日 2013. 09. 25

(21) 申请号 201080032281. 9

(22) 申请日 2010. 06. 09

(30) 优先权数据

0902781 2009. 06. 09 FR

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 01. 18

(86) PCT申请的申请数据

PCT/FR2010/000420 2010. 06. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02010/142870 FR 2010. 12. 16

(73) 专利权人 爱德华·卡巴基昂

地址 法国加亚克

(72) 发明人 爱德华·卡巴基昂

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 李丽

(51) Int. Cl.

C12M 1/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007/155006 A1, 2007. 07. 05,

WO 99/61577 A1, 1999. 12. 02,

WO 2009/037683 A1, 2009. 03. 26,

DE 29707043 U1, 1997. 12. 11,

WO 2004/074423 A2, 2004. 09. 02,

审查员 赵九永

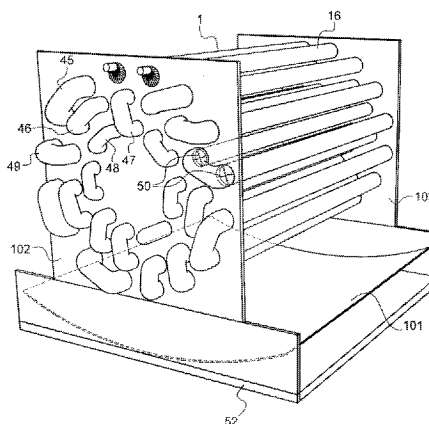
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

特别用于光合异养微生物的生长和培养的光生物反应器

(57) 摘要

本发明涉及光生物反应器,特别是用于光合微生物如微藻或蓝细菌的生长和培育。光生物反应器包括至少一反射器(101)和管道,反射器布置在光生物反应器的一侧,和管道根据多层布置,多层沿在反射器中心区域所取的反射器法线方向(N) 接续,每层包括多个管道。优选地,管道(1, 16,) 是直线形的和沿正交于法线方向(N) 的方向延伸,反射器是柱形的,呈圆形或椭圆形截面,和层是柱形的,呈圆形或椭圆形截面以及是同心的。



1. 光生物反应器,所述光生物反应器包括多个反应管道,其特征在于,所述光生物反应器包括布置在该光生物反应器一侧的至少一反射器(101);并且,所述反应管道按多个层(104-106)布置,所述多个层沿在所述反射器的中心区域中所取的反射器法线方向(N)相接续,每个层(104,105,106)均包括多个反应管道(1-16,17-31,32-44)。

2. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所有反应管道(1-44)都是直线形的并沿正交于所述反射器法线方向(N)的方向延伸。

3. 根据权利要求1或2所述的光生物反应器,其特征在于,所述反射器(101)是呈圆弧形或椭圆形截面的柱形状的;并且,所述反应管道(1-44)平行于所述反射器的母线延伸。

4. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所述层(104-106)是呈圆形或椭圆形截面的柱形状的并且是同心的。

5. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,同一层(104,105,106)的所述反应管道(1-16,17-31,32-44)具有相同的直径;并且,所述反应管道的直径从所述光生物反应器的周沿向中心从一层到下一层减小。

6. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,对于每层(104-106)的所述反应管道(1-16,17-31,32-44)的直径和数目被选择成所述反应管道占据所述层的面积的35%到50%之间。

7. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,对于每个反应管道(1-44),所述光生物反应器都具有至少一导流器(50)。

8. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所有反应管道(1-44)彼此串联连接。

9. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,连接弯管(45-49)布置在所述反应管道之间和使得同一层的至多三个反应管道是接连的。

10. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所述光生物反应器包括:

- 外层(104),所述外层是呈圆形截面的柱形状的,所述外层的半径(R1)大约为182cm,该外层包括十六个反应管道(1-16),这十六个反应管道全部都具有大约为34cm的内径;

- 中间层(105),所述中间层是呈圆形截面的柱形状的,所述中间层的半径(R2)大约为142cm,该中间层包括十五个反应管道(17-31),这十五个反应管道全部都具有大约为28cm的内径;

- 内层(106),所述内层是呈圆形截面的柱形状的,所述内层的半径(R3)大约为92cm,该内层包括十三个反应管道(32-44),这十三个反应管道全部都具有大约为22cm的内径。

11. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,至少某些反应管道每个都配有允许将物质输入所述光生物反应器的反应管道内的至少一扩散器。

12. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所述光生物反应器包括允许照射所述反应管道的至少一人工光源(51)。

13. 根据权利要求12所述的光生物反应器,其特征在于,所述层(104-106)是呈圆形或椭圆形截面的柱形状的并且是同心的;并且,所述光生物反应器包括布置在所述层的中心的人工光源(51)。

14. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所述反射器(101)是选择性波长反射器,即其反射在一波长范围内的光线而任由在所述波长范围外的光线通过;并且,所

述光生物反应器此外包括布置在所述反射器(101)下的至少一光伏式传感器(52)。

15. 根据权利要求 14 所述的光生物反应器,其特征在于,所述光生物反应器包括允许照射所述反应管道的至少一人工光源(51);并且,所述光伏式传感器(52)被使用于对所述人工光源(51)供能。

16. 根据权利要求 1 所述的光生物反应器,其特征在于,所述光生物反应器此外包括保护遮篷。

特别用于光合异养微生物的生长和培养的光生物反应器

技术领域

[0001] 本发明涉及光生物反应器,光生物反应器特别是用于光合异养微生物如微藻或蓝细菌的生长和培育。

背景技术

[0002] 微藻和蓝细菌是这样的水生生物:其尺寸大小从一微米到百来微米变化和其使用光作为能量源来固定二氧化碳(CO₂)。如同陆生植物,微藻和蓝细菌能以脂质的形式蓄积所吸收的碳,这允许设想对之进行使用来产生生物燃料。由于微藻和蓝细菌所具有的光合效率和细胞生长率非常高(是陆生油料作物如油菜、葵花等的一到数十倍)和由于直接可使用的生物量部分最大(相反地,陆生植物将一部分吸收的碳引向更难甚至无法再利用的木质纤维素分子),这类使用更加是大有希望的。

[0003] 为使可使用脂质(基本是甘油三酯)的生成最大化,合适的是:使微藻和蓝细菌经受使生长和油质生成交替的周期。在较低的平均光照强度下,通过给微藻供给二氧化碳和氮获得生长;油质生成通过由缺氮和/或光照强度的突然增强所产生的应激压力来激发。当条件优化时,微藻和蓝细菌可蓄积的脂质量直达到其净重的80%。

[0004] 现今存在生产微藻和蓝细菌的两种方式:在“赛场”类型的池塘中露天培育,和在称为光生物反应器的透明封闭壳体中进行培育。开放式培育所提供的效率较小,要求大量供水以对蒸发进行补偿和对污染敏感。借助于对获取营养资源、光线照射和使CO₂从气态向液态转化的条件的更大掌控,光生物反应器可通过高生产率来补偿高成本。

[0005] 存在两大类光生物反应器:平板光生物反应器和管道光生物反应器。

[0006] 平板光生物反应器基本由平行的两透明板组成,一培养基薄层在这两板之间按照挡板路径流动。由于其所遇到的泄露、其污垢癖性(源于挡板)和为考虑工业和商业运营而需要实施的大量单元的问题,现今平板光生物反应器遭到舍弃。

[0007] 管道光生物反应器包括一个或多个具有不同的长度和直径(或宽度)的透明管道。可区分以下类型:

[0008] - 柱式光生物反应器,其由直径通常在30cm到60cm之间变化的垂直竖立的宽柱体形成;

[0009] - 平面式光生物反应器,其包括多个通常直径较小(不足15cm)的刚性管道,这些管道并排布置和以蛇形的方式相连接,这些管道全部在同一水平、倾斜或竖直的平面中延伸;

[0010] - 三角式光生物反应器,其包括并排布置的多个三角形管道,光生物反应器因此呈具有三角形底的棱柱形式;

[0011] - 螺旋式光生物反应器,其借助单一管道构成,该单一管道具有大长度,围绕一竖直结构呈螺旋形卷绕;

[0012] - 其管道在一双壁挤压刚性板中形成的光生物反应器。

[0013] 光线对微生物的照射取决于光生物反应器的几何形状。管道光生物反应器允许在

尺寸大小和容积方面具有大灵活性,和可容易地根据所培育的微藻或蓝细菌,配有多种类型的搅动和循环装置。

[0014] 但是,已知的管道光生物反应器具有占地尺寸大的弊端,这限制了所获得的每单位面积 (hectare) 效率。

发明内容

[0015] 本发明旨在通过提出一种具有创新型几何形状的管道光生物反应器来消除该弊端,对于与由已知的相同培育容积的光生物反应器所提供的效率等同或比其高的效率,其占地尺寸被减小。

[0016] 为此,本发明提出一种光生物反应器,这种光生物反应器包括多个反应管道,其特征在于,所述光生物反应器包括至少一反射器,所述至少一反射器布置在光生物反应器的一侧;并且,管道按多个层布置,所述多个层沿在反射器中心区域中所取的反射器法线方向相接续,每层均包括多个管道。

[0017] 优选地,管道布置在光生物反应器中,以使沿法线方向每个管道不会被另一管道完全遮蔽。

[0018] 根据本发明的光生物反应器用于安装在外部,以使得反射器在管道下方延伸和将太阳光线向管道反射。优选地,光生物反应器被安装以使得:前面所确定的法线方向与天顶方向基本重合。因此,本发明在于反射器的使用和管道层的竖直叠置的结合。根据本发明的光生物反应器具有的体积尺寸相对于已知的(三角式或平面式)管道光生物反应器减小。

[0019] 优选地,根据本发明的光生物反应器的所有管道相互串联连接。作为变型,所有管道并联连接。作为变型,光生物反应器包括多组管道,同一组的管道串联连接,而管道组并联连接。

[0020] 有利地,根据本发明的光生物反应器的所有管道是直线形的和沿正交于反射器法线方向的相同方向延伸。当光生物反应器被安装以使得反射器法线方向基本与天顶方向重合时,管道因而水平地延伸。

[0021] 有利地,反射器是呈圆弧形或椭圆形截面(例如抛物线形或半椭圆形)的柱形状的,管道平行于反射器的母线延伸。因此,当光生物反应器被安装以使得管道沿南北方向或在南北平面中延伸时,每个管道在其整个长度上基本接收相同的光照强度。

[0022] 根据一优选布置,全部层都是圆形或椭圆形截面的柱形状的和是同心的。层因此“随循着”日光行程。

[0023] 有利地,根据本发明的光生物反应器具有至少两个相互间连接的不同直径的管道。培养基的循环流量在光生物反应器内部从一管道到另一管道是恒定的,循环速度在小直径管道中加快。培养基的这种加速避免微生物的沉淀和絮凝。

[0024] 优选地,同一层的管道具有相同的直径和管道的直径自光生物反应器的周沿向中心从一层到下一层减小。需要注意的是,术语“直径”这里一般表示每个管道的最大横向尺寸(仅仅当管道具有圆形的直截面时,这涉及该术语的通常含义的直径,但需要明确的是,本发明并不局限于圆形截面的管道)。这类布置不仅允许在延伸在光生物反应器中心部分的管道中使培养基加速,而且还优化管道受光。实际上,对于在一个管道中的每个微生物实际可用的光线数量及质量不仅取决于照在管道上的入射光流量,还取决于所述管道的直

径：辐照度根据培养基的深度（对于给定的细胞浓度）在管道内部持续快速地减弱，这是由于以自遮蔽的名称已知的现象，该现象源自微生物对光线的吸收和散射。在根据本发明的光生物反应器中，位于光生物反应器中心部分的管道能够根据入射光线的方向，被位于光生物反应器的周边部分的管道局部地遮掩。这些管道因此接纳一入射光线流量，该入射光线流量根据白昼时间会小于照在周边管道上的入射光线流量。为对这种较弱的照射进行补偿，有利地，中心管道具有较小的直径，这限制在管道内部由于自遮蔽造成的能量损耗。优选地，在周边管道和中心管道之间的直径差被选择成不完全地补偿管道的光照差，以产生辐照度较弱的区域和辐照度较强的区域。辐照度的突然增强实际上会刺激微生物上的脂质的生成。但是并不排除这种情况：选择调整周边管道和中心管道的直径，以获得在整个光生物反应器中（沿着管道）线性地基本均匀的辐照度。

[0025] 有利地，对于每层的管道的直径和数目被选择以使得管道占据层的面积的 35% 到 50% 之间（所述层经过管道的中心轴线）。换句话说，50% 到 65% 的入射光线自光生物反应器的周边向中心从一层到下一层过渡。这类布置允许同时优化光生物反应器的体积尺寸和位于光生物反应器中心部分的管道的太阳照射。

[0026] 有利地，根据本发明的光生物反应器包括至少一装置，优选泵或如有需要气体喷射器，用以培养基在每个管道内部的轴向流动。此外，对于每个管道，光生物反应器包括至少一导流器，优选地是螺旋形的导流器，这些导流器方便培养基的混合和均匀化。在多个管道或每个管道中，可用桨叶、涡轮机等类型的搅动部件来替代（固定的）导流器和泵，因为这些部件不会损伤微生物。导流器的使用具有保持细胞完整性的优点。

[0027] 优选地，管道通过布置在光生物反应器的相对的两端面上的连接弯管串联连接。有利地，连接弯管被布置以使得同一层的至多三个管道（或如有需要四个）是接连的。换句话说，在一个完整周期的过程中，培养基数次从一层到另一层通过；培养基因此以不同的循环速度等经受不同日照，而这是以交替的方式进行的。

[0028] 还是优选地，当光生物反应器被安装成使得反射器法线方向基本与天顶方向重合和 / 或使得管道水平地延伸时，连接弯管被布置以使得由流动中的培养基所经过的路线尽可能是水平的。

[0029] 为更好地控制在根据本发明的光生物反应器的管道中实施的合成，在一实施变型中提出：至少某些管道每个都配有至少一扩散器，其允许将物质输入光生物反应器的管道内部。因此作为示例，可在光生物反应器中输入 CO_2 、 NO_x ，营养物、有机碳等。

[0030] 依旧为更好地控制在光生物反应器中的合成，有利地设置允许对反应管道进行照射的至少一人工光源。当没有阳光或白光不足时，这因而还允许对光生物反应器的管道进行照射。

[0031] 在管道呈同心层布置的有利实施方式中，人工光源优选地被布置在层的中心，以获得更好的效率。

[0032] 一优选实施变型提出：反射器是选择性波长反射器，即其反射在一波长范围内的光线而让在所述波长范围外的光线经过。在这种情形中，穿过反射器的光能有利地通过布置在反射器下的至少一光伏式传感器回收。这样在光伏式传感器处被回收的能量因而可被使用于对人工光源进行供能。

[0033] 最后，可设置光生物反应器此外包括保护遮篷，保护遮篷可例如被使用于保证夜

间的热保护。

附图说明

[0034] 本发明的其它的细节和优点将通过对下文描述的阅读得到展示,所述描述参照附图和针对一些优选的实施方式,这些实施方式作为非限定的示例提供。在附图中:

[0035] - 图 1 是根据本发明的光生物反应器的主要部分的示意图,

[0036] - 图 2 是图 1 的光生物反应器的管道和反射器的示意性横剖视图。

具体实施方式

[0037] 在图 1 和图 2 上示出的根据本发明的光生物反应器在对应其使用位置的位置中进行观察。“竖直的”、“水平的”、“在……上方”、“在……下方”、“下”、“上”等术语参照该位置。

[0038] 示出的光生物反应器包括下反射器 101,下反射器用于朝太阳方向取向。该反射器是呈抛物形或圆弧形的截面的柱形状的。多个柱形的管道 1 到 44 在该反射器的上方延伸。所有管道平行于反射器 101 的母线。每个管道 1 到 44 有大约 6 米长,管道彼此相对地横向延伸。每个管道 1 到 44 在其各个端部通过一支撑板 102、103 支承。仅这两个支撑板用于所有管道的固定和支撑。每个管道 1 到 44 具有一圆形直截面,这是以限制可能在管道内壁形成的沉积物。每个管道 1 到 44 以合成材料制成,合成材料如聚碳酸酯,优选地是防粘附的或配有防粘内涂层,以避免或限制在管道的内壁上形成沉积物。

[0039] 标记 N 指示包含在该反射器的纵向中平面内的反射器 101 的法线方向(术语“中”表示该平面将反射器分割成两个相等部分)。根据本发明,管道呈层布置,这些层在反射器 101 上方按该法线方向相接续。作为示例,光生物反应器包括呈圆形截面的柱形状的三个层。此外这些层是同心的,它们的公共中心处在距地面约 3 米的高处。

[0040] 这类构型允许每单位占地面积容置最大数目的管道,同时对于每个管道保证最优的辐照度。

[0041] 更为确切的说,示出的光生物反应器包括:

[0042] - 半径 R1 大约为 182cm 的外层 104(圆形截面的柱形状),该层 104 包括标记为 1 到 16 的 16 个管道,所有这些管道的内径大约为 34cm;

[0043] - 半径 R2 大约为 142cm 的中间层 105(圆形截面的柱形状),该层 105 包括标记为 17 到 31 的 15 个管道,所有这些管道的内径大约为 28cm;

[0044] - 半径 R3 大约为 92cm 的内层 106(圆形截面的柱形状),该层 106 包括标记为 32 到 44 的 13 个管道,所有这些管道的内径大约为 22cm。

[0045] 中间层 105 的管道根据一安装角相对于外层 104 的管道成角度固定,该安装角被选择成以最大化到达中间层的管道的光线量。为此,管道 17 优选地相对于管道 1 和 16 成角度地定中心。同样地,内层 106 的管道根据一安装角相对于外层 104 和中间层 105 的管道成角度地固定,该安装角被选择成以最大化到达内层的管道的光线量。作为示例,管道 33 相对于管道 18 和 19 呈角度地被定中心。此外,所有管道的布置被选择成入射光线的一大部分穿过所有层和到达反射器 101,以将所述光线向管道反射。

[0046] 在示出的构型中,根据本发明的光生物反应器具有大约为 235m² 的阳光照射面积

和占据 35m² 的占地面积,即为 6.7 的倍增系数。此外其可接纳为 17210 升的培养基量。

[0047] 在每个圆形层上,管道间隔开一段圆弧,圆弧的长度等于该层的管道的直径加上介于 1.01 到 1.15 之间的倍增系数。

[0048] 借助于连接弯管 45-49,这些管道串联连接,所述连接弯管从支撑板 102、103 凸伸出地(向光生物反应器外部)延伸。出于清晰的考量,仅示出位于支撑板 102 侧的弯管。

[0049] 连接弯管被布置成允许培养基按以下的路线流通:管道 1、管道 2、管道 3、管道 19、管道 18、管道 17、管道 32、管道 33、管道 34、管道 20、管道 4、管道 5、管道 6、管道 22、管道 21、管道 35、管道 36、管道 37、管道 23、管道 7、管道 8、管道 9、管道 25、管道 24、管道 38、管道 39、管道 40、管道 26、管道 10、管道 11、管道 12、管道 28、管道 27、管道 41、管道 42、管道 29、管道 13、管道 14、管道 30、管道 43、管道 44、管道 31、管道 15、管道 16。有利地,该路线被确定成限制培养基的竖直流动。培养基进入光生物反应器中是通过管道 1 在光生物反应器的顶上部分进行;同样地,培养基通过管道 16 在顶上部分离开,以进行过滤、或重输入管道 1 中,以进行一附加循环。

[0050] 因此,在支撑板 102 侧设置有以下弯管:连接管道 2 和 3 的弯管 45、连接管道 19 和 18 的弯管、连接管道 17 和 32 的弯管、连接管道 33 和 34 的弯管、连接管道 20 和 4 的弯管、连接管道 5 和 6 的弯管、连接管道 22 和 21 的弯管、连接管道 35 和 36 的弯管、连接管道 37 和 23 的弯管、连接管道 7 和 8 的弯管、连接管道 9 和 25 的弯管、连接管道 24 和 38 的弯管、连接管道 39 和 40 的弯管、连接管道 26 和 10 的弯管、连接管道 11 和 12 的弯管、连接管道 28 和 27 的弯管、连接管道 41 和 42 的弯管、连接管道 29 和 13 的弯管、连接管道 14 和 30 的弯管、连接管道 43 和 44 的弯管、连接管道 31 和 15 的弯管。

[0051] 因此在支撑板 103 侧设置有以下弯管:连接管道 3 和 19 的弯管、连接管道 18 和 17 的弯管、连接管道 32 和 33 的弯管、连接管道 34 和 20 的弯管、连接管道 4 和 5 的弯管、连接管道 6 和 22 的弯管、连接管道 21 和 35 的弯管、连接管道 36 和 37 的弯管、连接管道 23 和 7 的弯管、连接管道 8 和 9 的弯管、连接管道 25 和 24 的弯管、连接管道 38 和 39 的弯管、连接管道 40 和 26 的弯管、连接管道 10 和 11 的弯管、连接管道 12 和 28 的弯管、连接管道 27 和 41 的弯管、连接管道 42 和 29 的弯管、连接管道 13 和 14 的弯管、连接管道 30 和 43 的弯管、连接管道 44 和 31 的弯管、连接管道 15 和 16 的弯管。

[0052] 作为实施变型,在管道中的行进顺序也可如下:管道 1,继而 6、7、5、2、41、40、3、4、8、12、13、14、15、11、9、10、16、17、18、19、24、23、20、21、22、27、26、25、30、31、32、29、28、33、34、35、36、37、38、39、42、43 和最后在出口的管道 44。弯管因此被布置以允许生物量按该走向在光生物反应器中流通。

[0053] 每个管道配有至少三个可变流量扩散器(未显示),这些扩散器在所述管道入口(在培养基的流通方向上)布置在支撑板 102、103 处,即:第一扩散器,其能够在管道中释放 CO₂;第二扩散器,其能够在管道中释放氮氧化物(NO_x),以暂时性地和适时地引起含氮压力;第三扩散器,用于释放营养物(特别是微量元素和二氧化硅)。每个管道还可配有第四扩散器,如果培养基含有碳异养微生物,则第四扩散器用于释放有机碳。作为变型,仅仅某些管道配有一个或多个扩散器(CO₂, NO_x, 营养物或有机碳)。还可设置一特定扩散器,用以光生物反应器以异养模式运行。这类扩散器例如配有一杆,该杆的长度可大约为 25cm(示意的而非限制性的值),以将营养物引到每个管道的中心入口。

[0054] 光生物反应器此外包括可变流量泵（未显示），用于培养基的循环。示出的光生物反应器的容积大约为 17m^3 ，泵有利地被选择成以能保证在 $17\text{m}^3/\text{h}$ 到 $105\text{m}^3/\text{h}$ 之间的流量，即在每小时一到六个完整循环之间。培养基的流通速度在外层 104 的管道 1 到 16 与内层 106 的管道 32 到 44 之间变化一到两倍。需要注意的是，如有需要，光生物反应器可必要时包括多个泵。

[0055] 每个管道具有两个螺旋式导流器 50（其呈叶片螺旋桨形式，或根据未显示的一变型呈螺栓形），其中一个导流器位于管道入口而另一个导流器位于管道出口。作为变型，导流器可容纳在连接弯管中。导流器的形状（迎角、间距、长度、直径、圆形边缘等）和构成材料被选择成不会损伤微生物。这些导流器有利于培养基的搅拌混合。

[0056] 优选地，光生物反应器还包括出口缓冲储存器，该缓冲储存器被布置以接纳从管道 16 离开的培养基。该缓冲储存器的容积可为约 1000 升。该缓冲储存器优选地与管道 16 的出口处于相同高度，以避免与高差相关的各种载荷损失。该缓冲储存器还可用作旁路储存器，用于使两个光生物反应器相互间串联地或并联地连接。在顶上部分中，缓冲储存器有利地配有一隔膜，该隔膜透氧气而不透二氧化碳。必要时，如有需要，还可设置一泵或作为选择可设置一泵，用以保证缓冲储存器中的局部真空，以排出由微生物释出的氧。

[0057] 这类光生物反应器用于被安装成法线方向 N 与天顶方向基本重合和管道 1 到 44 按南北（水平）方向延伸，以沿着太阳行程引受最大光能。还可使光生物反应器略微倾斜，以使得在正午时（在太阳最高时）入射光线与管道的轴线正交。

[0058] 根据本发明的光生物反应器特别地用于生物燃料工业（用于富脂质微藻的开发利用）以及用于农产食品加工业和美容业与制药业。

[0059] 在某些条件中，可设置人工光源 51（图 2）。在图上示出的优选实施方式中，即在管道层是同心的圆形层的情形下，人工光源有利地就位于在这些管道层的中心。该人工光源 51 优选地平行于光生物反应器的管道延伸，以更好地照射所述管道。

[0060] 该人工光源 51 在此情形下是离心光源，其主要照射被照射得最差的区域。该人工光源 51 也（或作为选择）允许在其它区域上产生光线集中，因而刺激光合微生物。

[0061] 为培育异养藻，即依靠有机物质来进行其生长和其供给的藻，人工光源 51 也可被使用于中断夜间循环和在异养模式改善有机物质的固定。

[0062] 这里还提出对该人工光源 51 进行供能。在一实施变型中，反射器 101 是一选择性反射器，其反射在微生物所使用的波长范围内的光线来实施光合作用和其任由在该波长范围外的光线通过。因而有利的是，这样穿过反射器 101 的光线通过布置在反射器 101 下的光伏式传感器板 52 接收。

[0063] 一般性地，利于微生物的光线的波长在 400nm 到 700nm (10^{-9}m) 之间，这对应太阳发射的光线的约 45%。如果反射器对于在该波长范围外的光波因而是通透的，则因此正是 55% 的太阳能对于板 52 和因此发电是潜在可用的。

[0064] 这样被回收的能量可被人工光源 51 直接地使用和因而以一角度照射管道，其中该角度与从阳光的直接照射角或通过反射器 101 反射的角度是不同的。一实施变型还可设置将通过板 52 回收的能量存储在储能器（未显示）中和因而可被任意使用于对管道进行照射。

[0065] 为更好地掌控在光生物反应器中的温度，提出将光生物反应器与一个、优选地多

个遮篷进行配合。

[0066] 例如可能夜间温度、或甚至冬天某些白天的白昼温度对于微生物而言过低。在此情形下,所使用的遮篷例如以一种透明合成材料制成,其使得对光合作用有用的光线通过和此外具有产生热量和隔离的能力。

[0067] 为限制在凉夜或冷夜时温度的流失,可设计厚的和暗的遮篷。

[0068] 也可给光生物反应器覆盖两个遮篷。例如在冬天,光生物反应器可在白天由以(温室型)透明薄膜制成的遮篷覆盖,以保持系统内部的温度,和在晚上,可给该遮篷再加上一更厚的遮篷。

[0069] 此外,对于温度过高的日子,可使用通风系统来对温度进行调节。在具有光伏式传感器板 52 的实施变型中,通风系统也可通过储能器或通过板 52 被直接供给电能。

[0070] 优选地,也可保护光生物反应器防御 UV(紫外线)。第一保护可通过对实施管道的材料的选择来获得。这里提出的第二保护在于通过 UV 防反射透明遮篷来保护光生物反应器,例如,该遮篷随循着太阳的转动呈圆弧形地布置在光生物反应器上。

[0071] 本发明可相对于所示出的实施方式实现多种变型,只要这些变型进入由权利要求所界定的范围内。

[0072] 例如,外层 104 可包括 17 个管道(直径 34cm)和具有为 192cm 的半径。

[0073] 作为变型,光生物反应器可具有以下特征:

[0074] - 半径大约为 200cm 和呈圆形截面的柱形状的第一层,该层包括 25 个内径为 22cm 的管道;

[0075] - 半径大约为 160cm 和呈圆形截面的柱形状的第二层,该层包括 25 个内径为 18cm 的管道;

[0076] - 半径大约为 124cm 和呈圆形截面的柱形状的第三层,该层包括 25 个内径为 14cm 的管道;

[0077] - 半径大约为 92cm 和呈圆形截面的柱形状的第四层,该层包括 21 个内径为 12cm 的管道。

[0078] 对于 13250 升的培养基量(如果管道的长度为 6m),该实施方式提供 301m² 的照射面积和占据 35m² 的占地面积,即倍增系数为 8.62。

[0079] 在强日照区域中,合适的是设置半径从 92cm 到 225cm 的五个同心层,管道的直径从 11cm 到 24cm。

[0080] 一般性地,本发明不受限于所描述和示出的管道层的数目、管道层的半径、管道的数目、管道的直径及长度。

[0081] 特别是应根据光生物反应器的安装地点的日照和所培育的微生物的多样性,来选择光生物反应器的各种特征尺寸。

[0082] 本发明也不受限于圆形截面的管道层。例如本发明涵盖平坦的管道层。

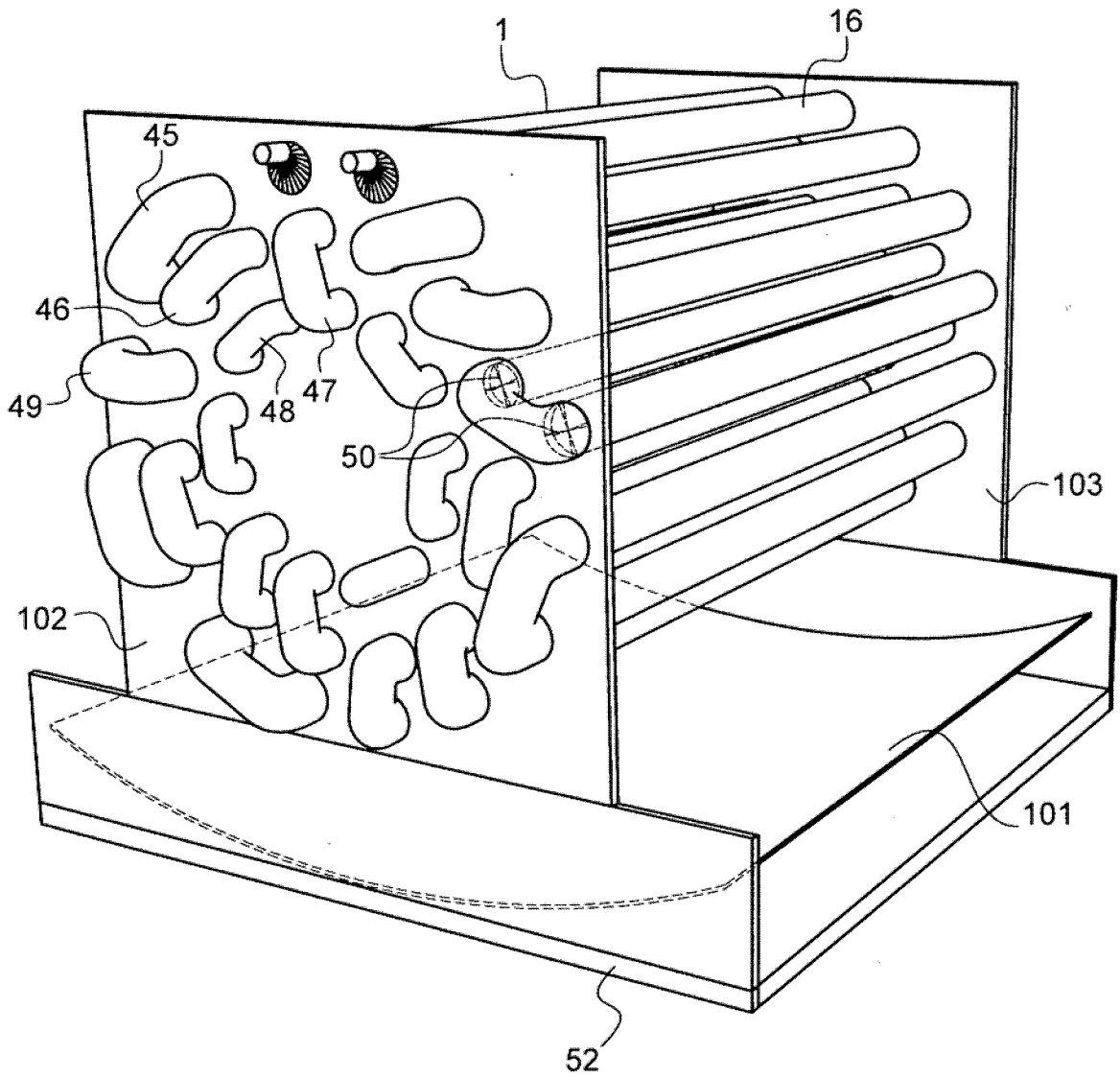


图 1

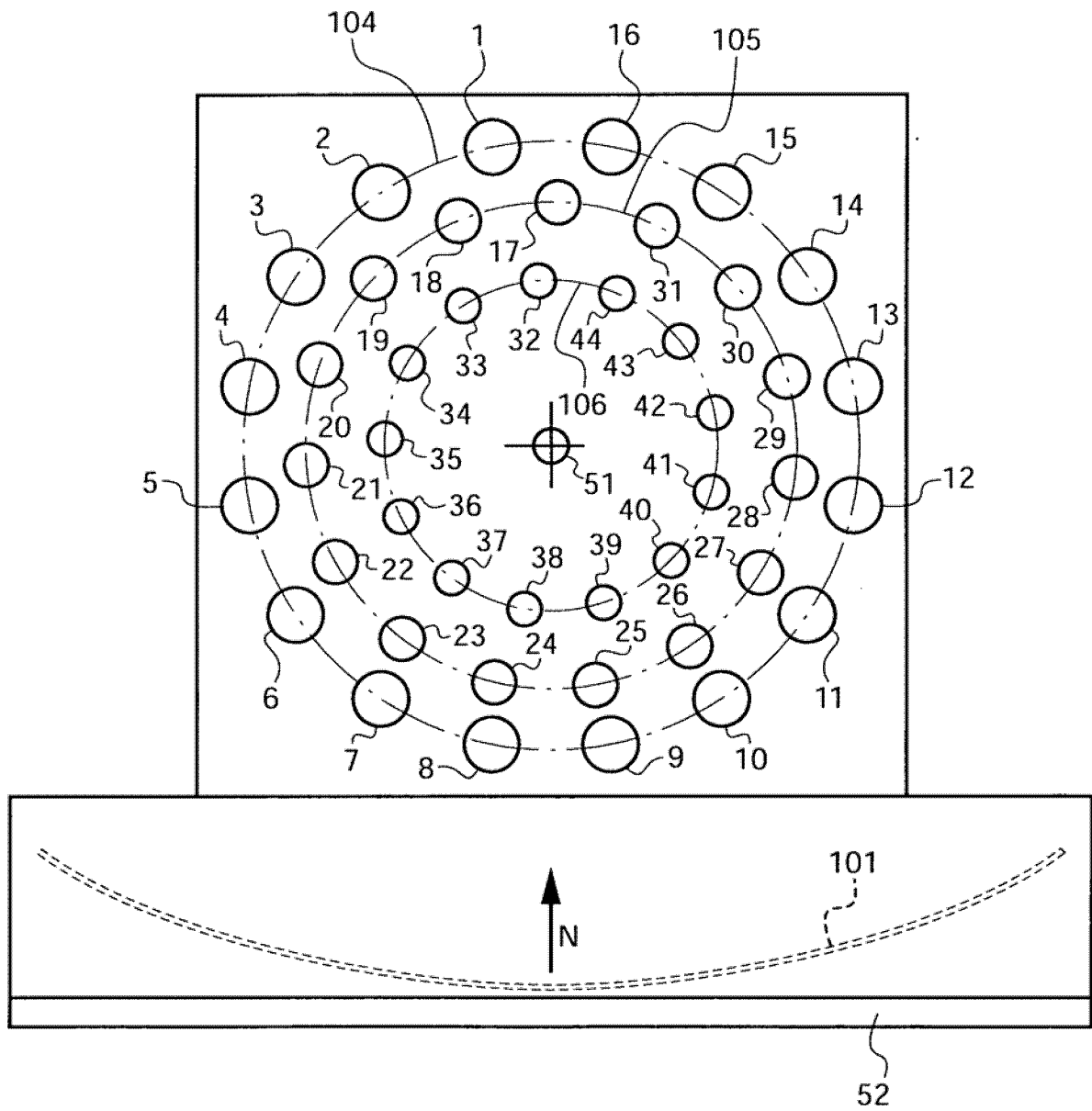


图 2