



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102858435 A

(43) 申请公布日 2013.01.02

(21) 申请号 201080059651.8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010.11.19

B01D 53/85 (2006.01)

B01D 71/02 (2006.01)

(30) 优先权数据

61/263,168 2009.11.20 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012.06.28

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/057424 2010.11.19

(87) PCT申请的公布数据

W02011/063230 EN 2011.05.26

(71) 申请人 海鲁德门蒂亚股份有限公司

地址 美国佛罗里达

(72) 发明人 W·H·阿迪 E·T·阿迪

(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 柳冀

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

用于注入 CO₂ 或烟道气以增加藻类生物质生
产的方法和装置

(57) 摘要

采用 CO₂ 注入以促进藻类生长的藻类生产系
统。所述系统包括在用于引水的流道之内的藻类
生长培养基。流体扩散器同样位于流道中邻近藻
类生长培养基。所述流体扩散器将 CO₂ 注入流道
中的水中。所述系统进一步包括用于监测水的 pH
水平的检测器和控制器，所述控制器基于测量的
pH 水平确定何时和多少 CO₂ 注入水中。

1. 藻类生产系统,包括:
用于引水的流道;
在流道之内的藻类生长培养基;和
设置在流道内并且邻近藻类生长培养基的流体扩散器,所述流体扩散器配置为将流体扩散到水中。
2. 权利要求 1 的系统,进一步包括连接至流体扩散器的流体源,所述流体源将流体提供给流体扩散器。
3. 权利要求 2 的系统,其中,通过流体源提供的流体是碳酸化的流体。
4. 权利要求 3 的系统,其中,通过流体源提供的流体是二氧化碳气体。
5. 权利要求 4 的系统,其中,流体扩散器是具有孔的膜。
6. 权利要求 5 的系统,其中,所述孔小于或等于 0.1 微米。
7. 权利要求 2 的系统,进一步包括用于控制通过流体源供应的流体的控制器。
8. 权利要求 7 的系统,进一步包括用于将水提供给流道的水源,所述水源受控制器控制。
9. 权利要求 7 的系统,进一步包括连接至控制器的检测器,所述检测器测量水的 pH 水平并将测量值发送到控制器。
10. 权利要求 9 的系统,其中所述控制器使用 pH 水平测量值以确定由水源提供的水量。
11. 权利要求 9 的系统,其中所述控制器使用 pH 水平测量值以确定由流体源提供的流体量。
12. 权利要求 1 的系统,其中,所述流体扩散器包括管。
13. 权利要求 12 的系统,其中,所述流体扩散器包括多根管。
14. 权利要求 13 的系统,其中,将所述的多根管连接成席。
15. 权利要求 13 的系统,其中,所述流道具有多道沿着一个表面平行设置的垄,每道垄之间具有空间,其中多根管中的至少一根管位于每个空间内。
16. 权利要求 1 的系统,其中,所述流体扩散器位于流道中的凹陷之内。
17. 权利要求 16 的系统,其中,所述凹陷平行于流道的长度延伸。
18. 权利要求 16 的系统,其中,所述凹陷垂直于流道的长度延伸。
19. 权利要求 16 的系统,其中,所述流道包括多个连接在一起的托槽片段,其中,所述凹陷位于一个片段到另一个片段的连接处。
20. 权利要求 1 的系统,其中所述流体扩散器包括席。
21. 权利要求 1 的系统,其中所述流体扩散器包括膜。
22. 权利要求 1 的系统,其中所述流体扩散器包括气石。
23. 生产藻类的方法,包括以下步骤:
提供具有设置在流道内的藻类生长培养基的流道,
沿着流道引水,和
通过使用设置在藻类生长培养基附近的流体扩散器将流体扩散到流道的水中。
24. 权利要求 23 的方法,进一步包括通过使用控制器控制流体流入水中的步骤。
25. 权利要求 23 的方法,进一步包括通过使用控制器控制水流入流道中的步骤。

26. 权利要求 23 的方法, 进一步包括采用检测器测量水的 pH 水平和将测量值提供给控制器的步骤。

27. 权利要求 24 的方法, 进一步包括采用 pH 水平测量值确定供给至流道的水量或供给至水的流体量的步骤。

28. 权利要求 23 的方法, 其中, 所述流体扩散器包括多根管。

29. 权利要求 23 的方法, 其中, 提供流道的步骤包括将多个托槽片段连接在一起以创建流道。

30. 权利要求 23 的方法, 其中所述流体扩散器包括席。

31. 权利要求 23 的方法, 其中所述流体扩散器包括膜。

32. 权利要求 31 的方法, 其中所述膜具有小于或等于 0.1 微米的孔。

33. 权利要求 23 的方法, 其中所述流体扩散器包括气石。

34. 权利要求 23 的方法, 其中扩散到水中的流体是碳酸化的流体。

35. 权利要求 23 的方法, 其中扩散到水中的流体是气态二氧化碳。

36. 权利要求 23 的方法, 其中扩散到水中的流体增加了水中可利用的碳。

37. 权利要求 23 的方法, 其中扩散到水中的流体影响水的 pH 水平。

用于注入 CO₂ 或烟道气以增加藻类生物质生产的方法和装置

背景技术

[0001] 下文描述的方法和装置涉及藻类生产技术,所述技术构思和发展了超过约 30 年的时间并取得以下专利权:美国专利 4,333,263,1982 年 6 月 8 日发布;4,966,096,1990 年 10 月 30 日发布;5,097,795,1992 年 3 月 24 日公布;5,851,398,1998 年 12 月 22 日公布和 5,715,774,1998 年 2 月 10 日公布;其公开内容通过参考并入本文。以 Algal Turf Scrubber® 的商标出售的现有的大规模藻类生产系统或者 ATS 系统包括地槽或“流道 (floways)”。许多小规模的藻类生产系统经上文参考的现有专利的授权应用于研究和水族馆。

[0002] 与在大多数光合系统中一样,藻类需要碳以完成生产有机物的光合作用的化学过程。碳从环境水中的二氧化碳 (CO₂) 和碳酸氢盐 (HC₀₃) 中获取并且有效地是浓度将影响生产率或生物质构成的营养物质。

[0003] 在关注气候变化和过量 CO₂ 释放到大气中的现代,存在处理或回收利用作为工业运行,尤其是由于燃烧煤和油发电厂发电而产生的 CO₂ 的需求。

[0004] 简述

[0005] 本文描述的这种方法和装置提供了藻类生产的系统。所述系统可以包括用于生产 CO₂ 的方法和装置以影响藻类生物质的生产。所述系统可以利用来自工业运行的二氧化碳 (CO₂) 以降低进入大气的释放。

[0006] 在一方面,所述系统包括用于从水源引水的流道,设置在流道内的藻类生长培养基,和设置在接近藻类生长培养基中的流体扩散器。将流体扩散器配置为将流体从流体源扩散到水中以促进藻类在藻类生长培养基上生长。所述流体源包括气源或流体源,诸如溶解于液体,如水中的气体。流体可以包括营养物质,其可以是 CO₂ 气体。

[0007] 在另一方面,所述系统包括用于控制由流体源提供的流体和由水源提供的水的控制器。将检测器连接至控制器,所述控制器测量水的 pH 水平并将测量值发送到控制器。控制器使用所述 pH 水平测量值以确定经水源供给的水的量和经气源供给的流体的量。对于某些藻类和生长条件而言,pH 通常应当保持在约 7.5 至约 8.5 之间。

[0008] 在另一方面,所述系统的流体扩散器包括多个连接成席的管。所述流道具有多道沿着一个表面平行设置的垄,每道垄之间具有空间,和多根管中的至少一根管位于每个空间内。

[0009] 在另一方面,所述系统的流体扩散器位于流道中的凹陷之内。所述凹陷平行于流道的长度延伸或者可以以某个角度延伸,诸如垂直于流道的长度。

[0010] 在另一方面,所述系统的流道包括多个连接在一起的片段。所述凹陷可以位于一个片段到另一个的连接处。

[0011] 在另一方面,生产藻类的方法包括以下步骤:提供具有设置在流道内的藻类生长培养基的流道,沿着流道引水,和通过使用设置在藻类生长培养基上表面上的流体扩散器将流体扩散到流道的水中,所述流体扩散器配置为将气体,诸如 CO₂ 从流体源扩散到水中

以促进藻类在藻类生长培养基上的生长。

[0012] 在另一方面,生产藻类的方法包括以下步骤:提供具有设置在流道内的藻类生长培养基的流道,沿着流道引水,和通过在沿着流道的一个或多个点添加碳酸化的流体将气体扩散到流道的水中以促进藻类在藻类生长培养基上的生长。碳酸化的水可以在所述系统外部通过将来自流体源的 CO₂ 或烟道气注入容器或管道系统中的水中来生产,然后经由管道系统引导至流道。

[0013] 在另一方面,所述方法包括如下步骤:通过使用控制器控制水流入流道和流体流入水中。测量所述水的 pH 水平并提供给控制器。所述控制器使用所述 pH 水平测量以确定供给到流道的水的量或供给到水的流体的量。

[0014] 附图简述

[0015] 图 1 是根据优选实施方式的系统的示意图,所述系统包括用于将气体引入藻类生产系统的靠近藻类生长的水中的管席。

[0016] 图 2 是图 1 的管席 (tube mat) 的底部端视图。

[0017] 图 3 是图 1 的管席的多支管端视图。

[0018] 图 4 是设置在流道中的图 1 的管席的横截面正视图。

[0019] 图 5 是根据另一优选实施方式,设置在藻类生产系统的流道的凹陷内的气体管道的侧视图。

[0020] 图 6 是根据另一优选实施方式,设置在的藻类生产系统的两个流道之间的汇合处之内的气体管道的平面图。

[0021] 图 7 是沿着图 6 的剖面线 VII-VII 取得的视图。

[0022] 优选实施方式的详述

[0023] 现参考附图,其中同样的参考数字指定给同样的元件,图 1 中显示了根据优选的实施方式的藻类生产系统 110。系统 110 提供了通过位于邻近于藻类生产系统(诸如 Algal Turf Scrubber® 系统)的藻类生长筛网的膜系统将气体(说明性实施方式中 CO₂ 是首要感兴趣的)引入邻近藻丝细胞壁的水中的方法和装置。引入其它物质也可以是合适的,例如也可以用膜实现诸如气态或液态磷或氮离子的引入。这些膜现今在市场上由于科学和工业的用途可容易地获得,并且存在与用途相关的多种构造。

[0024] 将 CO₂ 和 / 或烟道气注入水(将通过藻类修复进行处理)中满足处置 CO₂ 的需要,与此同时存在增加藻类生物质生产的机会。

[0025] 可以利用经由鼓泡器系统和气石而进行简单注入经过的水流,条件是限制损失到大气中。气泡壁不以有效的方式将气体给予藻类细胞,当水流经时减少被细胞摄取。当气泡尺寸增加时,相对于体积的表面积降低,提示在将 CO₂ 扩散到溶液方面,较小的气泡将更加有效。产生极细微的气泡的鼓泡器可以用于将 CO₂ 和其它气体引入藻类生长培养基,条件是气泡是足够长度和足够小尺寸的,以保持在紧邻藻类细胞处而不使 CO₂ 过度损失到大气中。

[0026] 膜技术允许在原子或分子水平上引入所选定的原料,在气体鼓泡的情况下避免穿过气 / 水边界的扩散过程。采用浸没的膜的直接扩散将使得气体到大气的损失最小化,并且使得藻类细胞对它的可利用性最大化。膜在市场上以多种物理构造存在并具有针对用途(诸如反渗透和肾脏透析)而设计的化学组成,并且可以允许或阻止在从原子到大的配合物

分子的尺寸范围内的气体或液体的通过。适合于选择性扩散 CO₂ 的膜可以以管状构造、以适合于藻类生长培养基的尺寸范围应用到藻类细胞。可以将薄片膜安装在藻类生长培养基之下，通过穿过藻类生长单元底部的压力连接来供料，但是将可能难于维持。测试显示采用膜技术容易地将气体，诸如 CO₂ 和烟道气引入水中。当以大孔尺寸将气体扩散到水中时，可能由于气泡的形成存在到大气中的某些损失。优选的孔尺寸小于 1 微米。对于藻类对扩散到水中的 CO₂ 气体的理想摄取而言，孔尺寸要小于十分之一微米。对于液体，诸如碳酸化的水或营养液，诸如氮或磷溶液而言，孔尺寸要更大。

[0027] 因为 CO₂ 和 HCO₃ 是水性环境中碳酸盐体系的一部分，可以将 pH 测量用于控制 CO₂ 和 / 或水的流量以控制将碳添加至藻类光合 / 生产过程的速率。

[0028] 附图中示出了优选的构造，包括许多小的空心膜管 120，其由 CO₂ 的专属膜材料制造并铺设在围网 130 中，从而使它们形成大约 42 英寸宽和 10 英尺长的片席 112。气体供应多支管 140 将所有的膜管 120 在一端汇合，并具有压力软管连接 142，其在恰当的位置进入多支管 140 以适合于应用。将 CO₂ 气体供入多支管 140 并遍布空心膜管 120 的内部分布。管内的气体分子通过压力差迁移、驱动，穿过管壁至管外部以进入邻近在藻类生长筛网 19 上的藻丝的水中。该膜管 120 的片 112 将被铺置在流道 12 内的藻类生长培养基 19 之下或附近(图 4)，并且经由管道 143 从 CO₂ 源 144 供给至连接处。源 144 以气体形式提供 CO₂。藻类生长培养基可以是可从网供应商获得的塑料网。取决于所涉及的藻类，塑料网应当具有大约从约 1 毫米至约 1 厘米的尺寸范围。

[0029] 在可选的实施方式中，源 144 应当提供含有 CO₂ 的碳酸化的水。在该实施方式中，流体流入膜管 120 中并通过膜管 120 分布到邻近藻类生长培养基 19 上的藻丝的水中。碳酸化的水与所述的水混合以将 CO₂ 提供给藻类生长。

[0030] 该系统可以应用于任何藻类生产系统，包括 ATS 系统。藻类生产系统可以包括沟槽或流道 12，其具有流道底部 15 和流道侧壁 14。可以将流道 12 支撑在用于使水留下斜坡的斜坡上。水可以来自水桶(未示出)以激流方式提供，所述水桶起类似美国专利 4,966,096 中描述的倾卸桶的作用。流道 12 可以由首尾相连地布置的模块化的部件或流道“托槽”或“片段”20 建造并通过合适的支承件 220 支撑。如图 6 的说明性实施方式中所示，每个流道片段 20 具有上片段端 24 和下片段端 22。在流道 12 内，在流道底部 15 上有对于构成流道 12 的玻璃纤维所需的若干垄 114 并且以纵向延伸。所述的垄 114 优选具有高于托槽底部 15 的顶面 115 大约四分之一至半英寸的高度 116。用于 CO₂ 注入的片席 112 安装在这些垄 114 上，从而使得膜管 120 揭置在垄 114 之间的较低区域，并且围网 130 将膜管 120 支撑在垄 114 之间彼此相对的位置，并且定位于藻类生长培养基 19 之下。可以将或可以不将膜管 120 连接至网 130。在另一种实施方式中，可以将膜管 120 织造成网 130 以形成片 112。在另一种实施方式中，可以将膜管 120 整合到藻类生长基体本身中，诸如通过胶合、熔接或织造。

[0031] 多支管 140 上的气压配件 142 以九十度的角度设置于多支管 140 上并且穿透流道 12 的底部 15，从而使得可以在流道 12 之下完成到气体源的连接。在说明性实施方式中，每个膜片 112 具有与玻璃纤维流道 12 的每个流道托槽片段 20 大约相同的长度。因此，将有等于流道片段 20 的数量的最大数量的片 112。并非所有流道片段 20 都必需具有安装好的膜片，并且可以调节流向每块片的气体以实现最大的藻类生长提高，允许适应于特定需要

的水和藻类生长要求。将使用 pH 测量来控制水的流量或 CO₂ 输入压力或者二者,以使得藻类生产率和关于典型地在 ATS 流道末端附近需要使得 pH 升高的营养物去除最大化,在所述末端将发生磷、重金属和其它矿物质的带状沉淀(参见美国专利 5,851,398)。

[0032] pH 检测器 150 从流道 12 中或沿着流道 12 的下游的一个或多个位置检测到水的 pH 水平。pH 信息从 155 传递给控制器 160 (所述控制器 160 处理 pH 信息) 从 165 传递以经由源 144 控制 CO₂ 气压,并从 167 传递以经由水源 170 控制水流量。信息传递可以是有线的或无线的或者其它媒介并且可以使用计算机以实现信息传递。

[0033] 图 5 显示了具有放置于流道 12 中的一个或多个凹陷 17 中的膜管 120 的系统 110 的另一种实施方式。凹陷 17 是沿着流道底部 12 整体制造的井。凹陷 17 可以平行于流道 12 的侧壁 14 沿着流道 12 的长度延伸。可选地,凹陷 17 可以垂直于流道 12 的侧壁 14 沿着流道 12 的宽度延伸。凹陷 17 具有足够的深度,从而使得膜管 120 在放置于凹陷 17 之内时基本上或完全地位于流道底部 15 的顶面 115 之下并浸没在流道 12 之内的藻类生长培养基 19 之下。在另一种实施方式中,凹陷 17 之内的膜管 120 可以不完全地在流道底部 15 的顶面 115 之下,但是仍然位于藻类生长培养基 19 之下。将膜管 120 设置在凹陷 17 之内使得膜管 120 基本上保持在流道底部 15 的顶面 115 的平面之下,以便在维护、移除生长培养基 19 或通过收割装置收获藻类生长物时减少任何与生长培养基 19 的接触或干扰。

[0034] 图 6 和 7 显示了具有铺置于形成流道 12 的邻近片段 20 之间的坡

[0035] 18 的膜管 120 的系统 110 的另一种实施方式。每个片段 20 在一端具有凸缘 16,该凸缘将片段 20 连接至邻近片段 20 的非凸缘端。坡口 18 形成于流道 12 的底部 15 中,在此两个片段 20 通过凸缘 16 连接。膜管 120 放置在坡口 18 之内以基本上完全地位于流道底部 15 的顶面 115 之下和藻类生长膜 19 之下。坡口 18 之内的膜管 120 垂直于流道 12 的侧壁 14 和水流 172 的方向。将膜管 120 连接至供水线 145,所述供水线 145 连接至管道 143 和 CO₂ 源 144 (图 1)。说明性实施方式的供水线 145 在流道侧壁 14 由凸缘 16 形成的垂直坡口内延伸,然后沿着流道侧壁 14 的顶部或侧面向气体的源 144 延伸。供水线 145 还可以充当通向可能位于流道 12 中的另外的膜管 120 的供水线。例如,可以将在流道 12 之内纵向延伸的多重膜管 120 连接至供水线 145。

[0036] 将膜管 120 放置于任意数量的沿着流道 12 的凸缘坡口 18 或凹陷 17 中以将 CO₂ 注入流道 12 中的水中以适合于实际应用和水化学。单独的膜管 120 可以用于沿着流道 12 的单独的位置或多个位置。可选地,多重膜管 120 可以用于沿着流道 12 的单独的位置或多个位置。此外,可以将膜管 120 设置在流道 12 的一个或多个选定的区域。流道 12 可以具有设置在如图 6 和 7 所示的坡口 18 中的膜管 120,以及具有如图 5 中所示的在凹陷 17 之内的膜管 120。

[0037] CO₂ 的注入影响 pH 水平和 / 或增加水中可利用的碳。图 5-7 所示的从管 120 将 CO₂ 注入水中如上文所述通过控制器 160 基于由检测器 150 提供的信息控制。控制器 160 能够使沿着流道 12 的期望的 pH 水平保持在适合于规定的水、藻类的种类和生产需要的范围内。可以调节 pH 水平以控制将在流道 12 之内生长的藻类的类型。例如,在 Chesapeake Bay 的微咸水中,对于包括 Berkeleya 和 Melosira 属的那些藻类生长,所期望的 pH 水平优选在约 7.0 至约 8.5 的范围内。pH 水平的期望范围将取决于藻类的特定种类和水的组成,诸如海水的盐度、微咸水和淡水。

[0038] 此外,可以控制 pH 水平和 / 或水中可利用的碳以获得藻类生长的某些特性。例如,多于一种藻类可以在生长培养基 19 上生长。可以控制 pH 水平以改变藻类种类的相对比例。此外,可以控制 pH 和 / 或水中可利用的碳以改变在生长培养基 19 上生长的特定藻类的特性。

[0039] 应当理解的是,可以做出如上文详尽地解释的优选实施方式的许多修改和变型而不偏离本发明的精神和范围。仅通过实施例的方式给出所描述的具体实施方式。本发明仅通过随附的权利要求的方式加以限定。

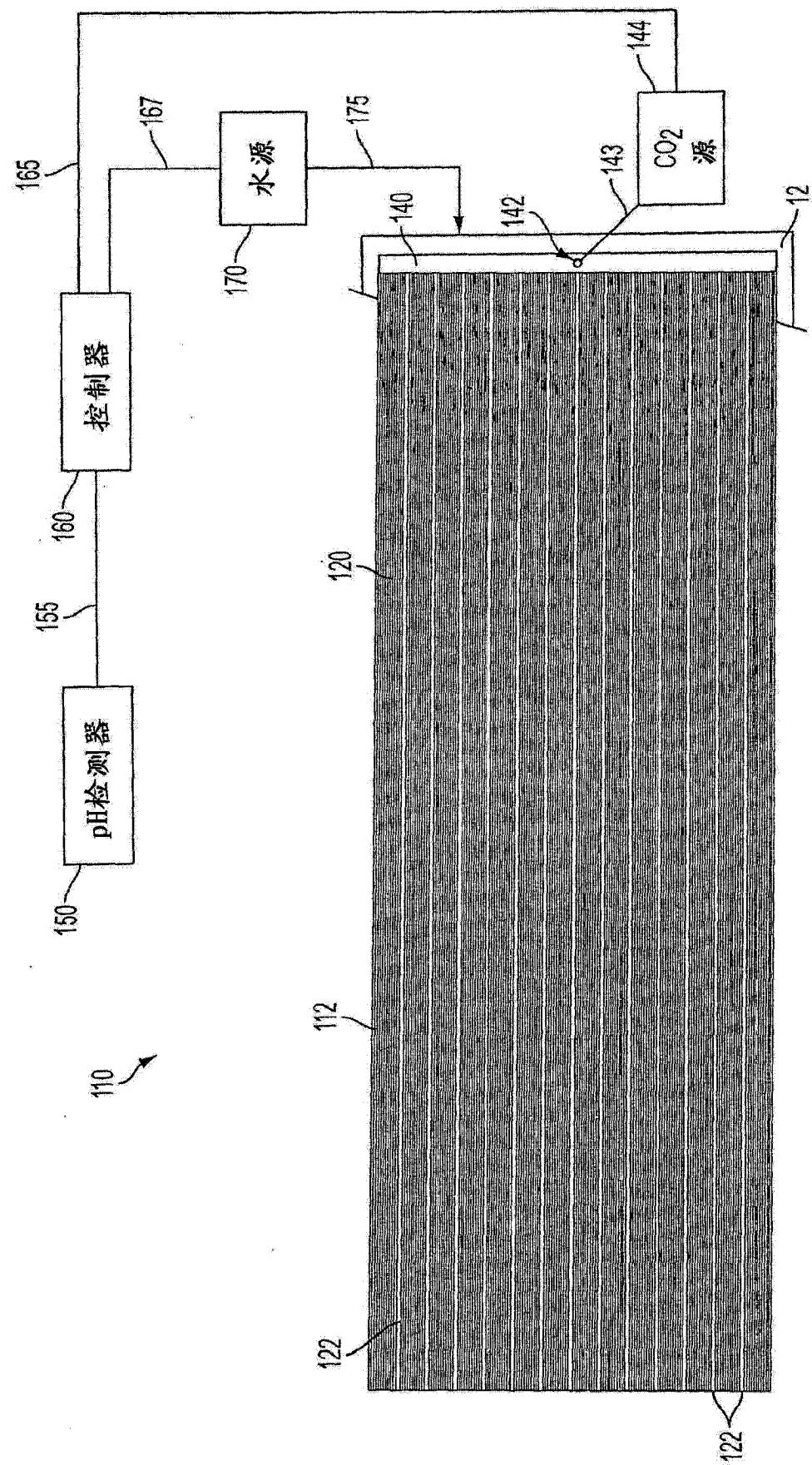


图 1

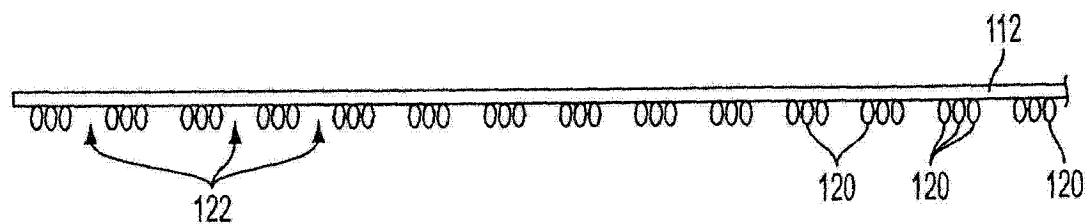


图 2

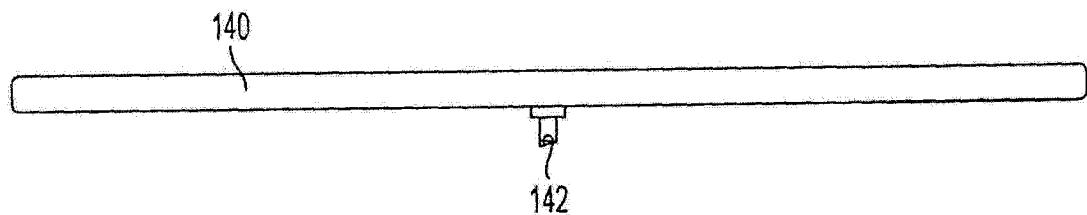


图 3

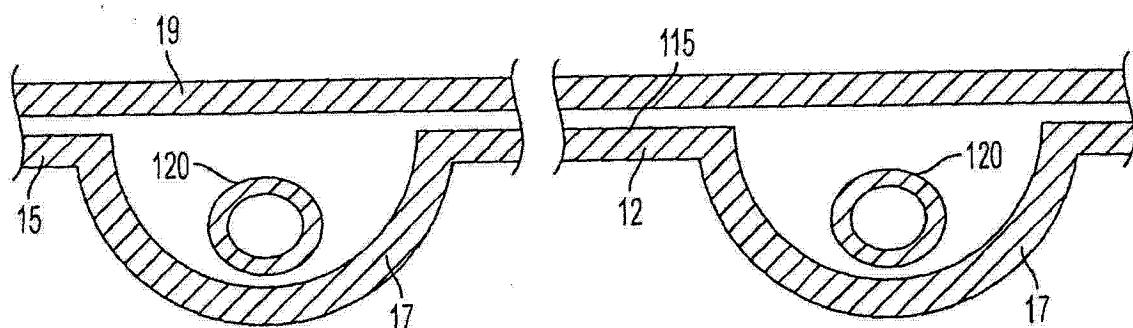


图 5

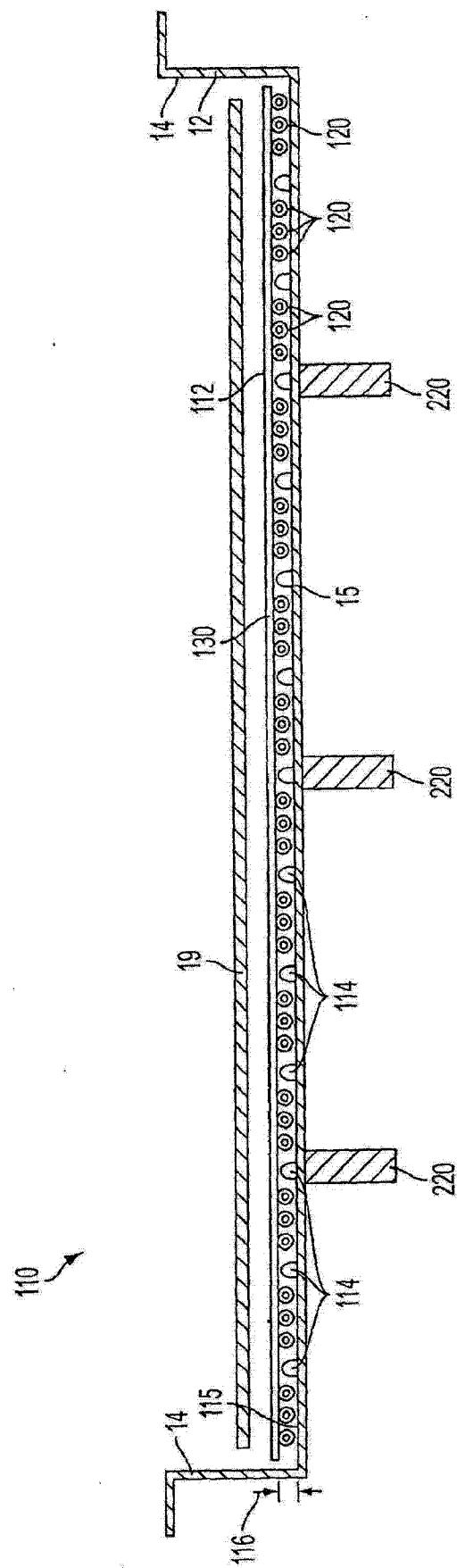


图 4

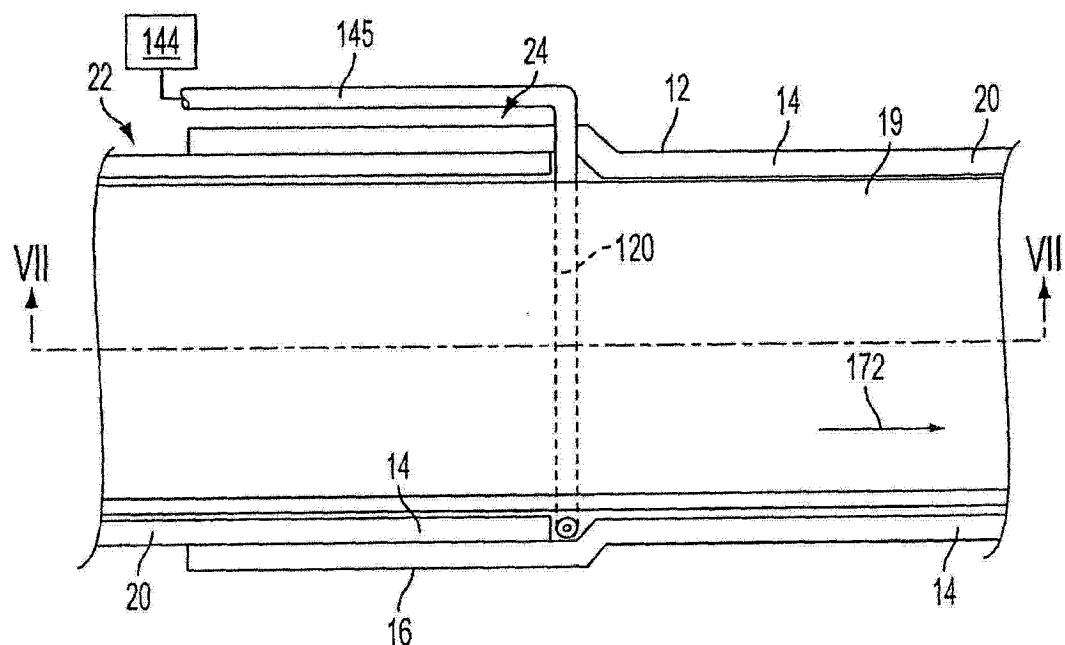


图 6

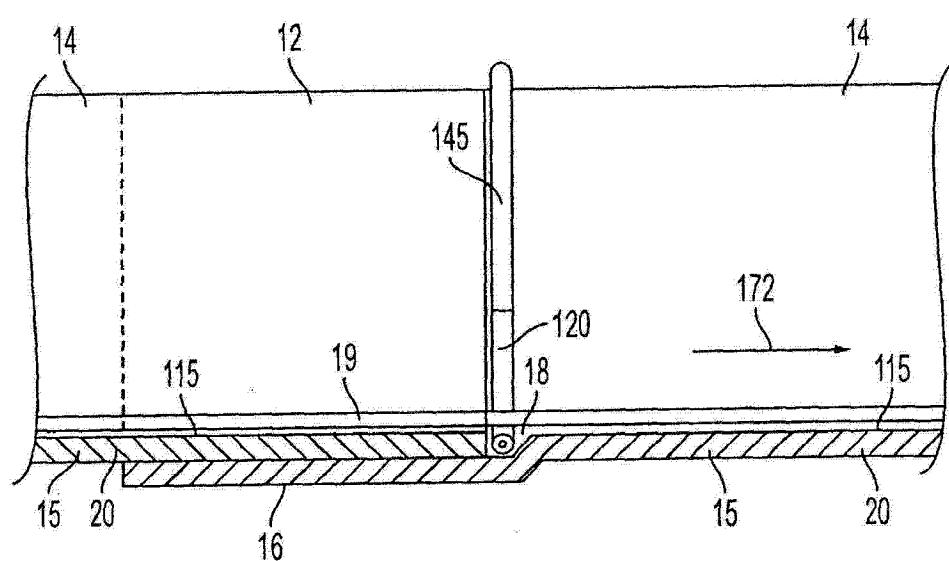


图 7