



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112368418 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 07

(21) 申请号 201980036369.9

(22) 申请日 2019.03.29

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112368418 A

(43) 申请公布日 2021.02.12

(30) 优先权数据

62/649928 2018.03.29 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.11.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/024818 2019.03.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/191576 EN 2019.10.03

(73) 专利权人 北极星医疗放射性同位素有限责  
任公司

地址 美国威斯康辛州

(72) 发明人 D·卢斯特

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公  
司 72001

专利代理师 石宏宇 陈浩然

(51) Int.Cl.

C25B 1/13 (2006.01)

C25B 15/029 (2021.01)

C25B 15/08 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2008189969 A, 2008.08.21

US 6287431 B1, 2001.09.11

US 2003025909 A1, 2003.02.06

JP 2002005826 A, 2002.01.09

JP 2004324190 A, 2004.11.18

JP H11302887 A, 1999.11.02

US 2002070123 A1, 2002.06.13

US 2004055969 A1, 2004.03.25

US 2012080379 A1, 2012.04.05

US 2016347629 A1, 2016.12.01 (续)

审查员 周睿琪

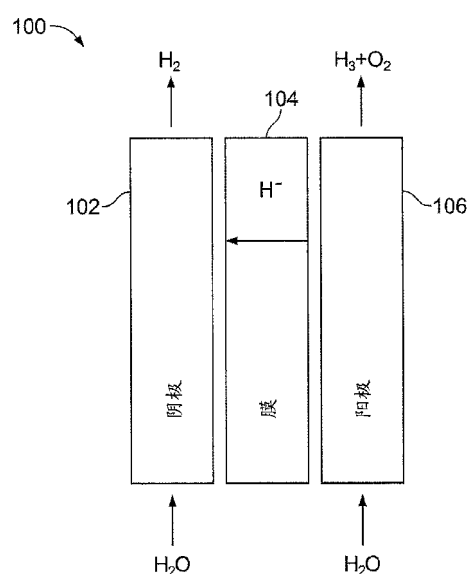
权利要求书2页 说明书10页 附图15页

(54) 发明名称

臭氧水生成系统

(57) 摘要

一种用于生成例如用于医疗设备的灭菌的臭氧化水的新颖系统。该系统包括臭氧生成单元,该臭氧生成单元包括分离包封在单元壳体内部的阳极和阴极的全氟磺酸膜。单元壳体具有通过膜分离的阴极壳体部分和阳极壳体部分。壳体还将包括气泡收集器的集成分光光度计并入。该系统包括用于接收来自阴极的水的氢气贮存器和用于接收来自阳极的生成的臭氧化水的臭氧水贮存器。控制电路控制成组的泵,并使用分光光度计在闭环中控制臭氧生成,以提供来自阳极的臭氧化水中的选择的臭氧浓度。联接到臭氧水贮存器的输出端口允许臭氧化水流出系统以用于外部使用。



[接上页]

**(56) 对比文件**

涂顺明等.《食品杀菌新技术》.中国轻工业

出版社,2014,第172-173页.

李莉等.《分析化学实验》.哈尔滨工业大学出版社,2016,第56页.

1. 一种用于生成臭氧化水的系统,包括:

臭氧生成单元,其具有通过聚合物膜分离的阳极和阴极,所述阳极和所述阴极各自具有孔的阵列,以允许水在所述膜上流动;

壳体,其具有通过所述膜分离的阴极壳体部分和阳极壳体部分,所述阴极壳体部分包封所述阴极并构造成允许水横跨所述阴极流动,并且所述阳极壳体部分包封所述阳极并构造成允许水横跨所述阳极流动,所述阳极壳体部分构造成引导水流的至少一部分通过集成在所述壳体内的分光光度计,所述分光光度计生成来自所述阳极的所述水流中的臭氧浓度的信号表示;以及

氢气贮存器,其用于接收来自所述阴极的水;

臭氧水贮存器,其用于接收来自所述阳极的生成的臭氧化水流;

控制电路,其用以在闭环中利用分光光度计信号来控制所述臭氧生成单元,以提供来自所述阳极的所述臭氧化水流中的选择的臭氧浓度;

在所述控制电路的控制下的泵系统,其用于将水泵送通过所述阴极和所述阳极,并且用于将臭氧化水的至少一部分从所述阳极通过所述分光光度计泵送到所述臭氧水贮存器;以及

输出端口,其联接到所述臭氧水贮存器,以允许臭氧化水流出所述系统以用于外部使用,

其中,所述用于生成臭氧化水的系统包括气泡收集器,所述气泡收集器与所述分光光度计集成在所述壳体内,以在来自所述阳极的所述臭氧化水流进入所述分光光度计之前从所述臭氧化水流移除气泡,

其中所述气泡收集器包括包含流动挡板的腔室,所述流动挡板使穿过所述腔室的所述臭氧化水的流减慢和变宽,

其中所述气泡收集器包括具有下端和上端的U形腔室,并且其中所述臭氧化水从所述阳极流动到U形通道的第一侧的所述下端中,上升至所述上端处的出口开口,在所述出口开口处,臭氧化水的部分沿着所述U形通道的第二侧流动至孔口,所述孔口将所述臭氧化水的部分指引至所述分光光度计的比色皿的第一端。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,进一步包括水冷却器,所述水冷却器联接到所述臭氧水贮存器,以控制所述臭氧水贮存器中的所述臭氧化水的温度。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述控制电路使用来自所述分光光度计的所述浓度信号利用闭环控制来保持预确定的臭氧浓度,以控制通过所述臭氧生成单元的电流。

4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述系统进一步包括转换阀,所述转换阀构造成允许来自所述臭氧水贮存器的臭氧化水被泵送到所述氢气贮存器中。

5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,进一步包括成组的循环阀,所述成组的循环阀构造成允许将水从两个贮存器泵出。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述分光光度计包括255nm光源光电二极管,其将光指引穿过容纳所述臭氧化水的石英比色皿至匹配的光电检测器,所述匹配的光电检测器检测穿过所述比色皿中的所述臭氧化水的光。

7. 根据权利要求4所述的系统,其特征在于,所述臭氧水贮存器包括温度传感器,以允

许监测和控制臭氧水温度。

8. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述氢气贮存器和所述臭氧水贮存器各自具有至少一个液位传感器。

9. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统进一步包括用于控制水向所述系统中的输入的入口阀。

10. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述臭氧水贮存器构造成在所述臭氧水贮存器的底部处接收生成的臭氧化水。

11. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述输出端口联接到所述臭氧水贮存器的底部用于将生成的臭氧化水提供至外部系统。

12. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统还包括连接到所述臭氧水贮存器的附加贮存器,以及用以控制所述水到所述臭氧水贮存器中的进入的、在所述附加贮存器与所述臭氧水贮存器之间的阀。

13. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统还包括联接所述臭氧水贮存器和所述氢气贮存器以使来自所述臭氧水贮存器的溢出水流动到所述氢气贮存器中。

14. 根据权利要求13所述的系统,其特征在于,所述系统还包括用于从联接的贮存器排出过量气体的排气口,以及用以破坏过量臭氧的、沿着所述排气口的脱臭氧过滤器。

15. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统还包括连接到臭氧水贮存器的顶部用于抽出无菌空气的路径。

16. 根据权利要求15所述的系统,其特征在于,所述路径连接到阀,所述阀连接到外路径。

## 臭氧水生成系统

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求2018年3月29日提交的申请号为62/649928的非临时申请的优先权。

### 技术领域

[0003] 本领域涉及液体臭氧生成系统,并且更特别地涉及一种用于高效、受控地生成臭氧化水的系统。

### 背景技术

[0004] 诸如臭氧化水的液体氧化剂广泛用于包括水处理、设备灭菌和食品灭菌的清洁和灭菌。臭氧是一种强氧化剂,因为它的第三个氧原子可容易地分离并与污染物结合(即氧化)。无菌药物处理标准的最新改变允许将这样的液相臭氧灭菌剂用作热和辐射的备选方案。这些清洁和灭菌过程经常需要受控水平的臭氧浓度。

[0005] 生成臭氧化水的已知方法使用直接电解,其中供给水与催化电极的电解表面直接接触,以被电解成臭氧化水。催化电极可包括阳离子交换膜,以及在相应表面上与阳离子交换膜压力接触的阳极和阴极。供给水供应路径供应与阳极和阳离子交换膜接触的水,并且然后所得的臭氧化水通过臭氧化水排放路径排放。这些清洁和灭菌过程经常需要受控水平的臭氧浓度。

[0006] 这些用于生成臭氧化水的已知设备是低效的,性能和臭氧浓度不一致,经常泄漏,并且制造和维护起来昂贵。因此,需要一种改进的臭氧化水生成系统。

### 附图说明

[0007] 图1是根据示例性实施例的示例性水臭氧化器单元的框图。

[0008] 图2A是根据示例性实施例的示例性臭氧化器单元设备的分解视图;

[0009] 图2B是图2A的示例性臭氧化器单元的侧视图。

[0010] 图2C是图2A的示例的横截面视图。

[0011] 图3是利用臭氧化器单元的示例性系统的功能图。

[0012] 图4是用于图3的系统的控制电路的示例性实施例的功能框图。

[0013] 图5A和图5B是具有集成的分光光度计和气泡收集器的示例性臭氧化器单元的分解视图。

[0014] 图5C是图5B的气泡收集器的实施例的图解图示。

[0015] 图6A和图6B是诸如图5A和图5B中所示出的组装的臭氧化器单元的示例的分解侧视图。

[0016] 图7是利用具有集成的分光光度计和气泡收集器的臭氧化器单元的示例性系统的功能图。

[0017] 图8A和图8B是用于利用具有集成的分光光度计和气泡收集器的臭氧化器单元的臭氧水生成系统的实施例的示例性流程的流程图。

[0018] 图9是示例性计算机系统的框图,在该计算机系统内可执行或存储用于使得机器执行本文中所讨论的方法论中的任何一种或多种的成组的指令。

### 具体实施方式

[0019] 本文中描述了用于水的受控臭氧化的示例性装置和方法。在本发明的示例性实施例的以下详细描述中,参考形成本发明的部分的附图,并且在附图中通过图示的方式示出可在其中实践本发明的具体示例性实施例。这些实施例被足够详细地描述,以使本领域技术人员能够实践本发明主题,并且将理解,可利用其它实施例,并且可在不脱离本发明主题的范围的情况下作出逻辑、机械、电气和其它改变。

[0020] 以下详细描述的一些部分是根据对计算机存储器内的数据位的操作的算法和符号表示来呈现的。这些算法描述和表示是计算机领域中的技术人员用来向本领域中的其它技术人员最有效地传达其工作的实质的方式。算法在这里并且通常被认为是导致期望结果的步骤的自治序列。这些步骤是需要对物理量进行物理操纵的步骤。通常,尽管不一定,但是这些量采用能够被存储、传送、组合、比较和以其它方式操纵的电信号或磁信号的形式。已证明,主要是出于通用的原因,有时将这些信号称为位、值、元素、符号、字符、用语、数字等是方便的。然而,应当牢记,所有这些和类似的用语将与适当的物理量相关联,并且仅仅是应用于这些量的方便的标签。除非具体陈述,否则从以下讨论中显而易见的是,诸如“处理”或“计算”或“运算”或“确定”或“显示”等的用语指代计算机系统或类似计算设备的动作和过程,该计算机系统或类似计算设备将表示为计算机系统的寄存器和存储器内的物理(例如,电子)量的数据操纵并转换成类似地表示为计算机系统存储器或寄存器或其它这样的信息存储、传输或显示设备内的物理量的其它数据。

[0021] 在附图中,相同的参考数字可用于指代出现在多个附图中的同样的构件。信号和连接可由相同的参考数字或标签指代,并且实际含义将从其在描述的上下文中的使用变得清楚。

[0022] 多种实施例的描述将仅被解释为示例,并且不描述本发明主题的每一个可能的实例。可使用当前或未来技术的组合来实施多种备选方案,这些备选方案仍将落入权利要求书的范围内。因此,以下详细描述将不被理解为限制性的,并且本发明主题的范围仅由所附权利要求书限定。

[0023] 图1是示例性水臭氧化单元100的框图。单元100是如下的示例:其中,如所示出的,阴极102(例如不锈钢)通过聚合物膜104(例如全氟磺酸(nafion)膜)与阳极106(例如镀金刚石的铌)分离。在操作中,单元100使用聚合物膜104通过直接电解将水分离成氢( $H_2$ )与呈 $O_2$ 和臭氧( $O_3$ )形式的氧。在该过程中,水被分离并独立地引入到电解单元的阳极侧和单元的阴极侧。引入阳极侧中的水被电解分解,部分被转换成臭氧,并混合到剩余的水中,从而在阳极侧上的水中建立 $O_3$ 浓度。在阴极侧上,已通过膜分离和输送的 $H_2$ 被释放到水中。

[0024] 利用这样的电解系统产生臭氧的优点是:1)没有离子污染,因为供给水是使用固体水合离子交换膜离解的;2)用于消毒的工艺用水是用于生成臭氧的氧的来源—因此,没有外部污染被引入到正在处理的系统中;以及3)一形成臭氧,臭氧就溶解在工艺用水中,而没有残留污染物。

[0025] 在图1的直接水电解单元100中,臭氧气体在高于1.511 V的电压下析出,伴随着氧

析出。通过将电压增加到高于2.075 V,  $O_2$  气体氧化以形成  $O_3$  也是预期的。由于  $O_2$  析出发生在比  $O_3$  析出更低的电位下, 所以  $O_2$  析出中的产生率和电功率消耗比  $O_3$  析出中的产生率和电功率消耗高得多。因此, 为了确保产生尽可能多的臭氧, 阳极应当具有高于分解和臭氧反应电位的过电位, 并且催化层应当抑制双原子氧的形成并促进臭氧的形成。当满足恰当的操作参数时, 该电解单元设计提供了高效的  $O_3$  生成方法。可利用参数反馈来确保在给定的单元100中产生恰当水平的臭氧。利用恒定电流源提供功率的单元将具有合成DC电压, 该电压与臭氧产生直接相关, 并且因此可被控制以提供一致的臭氧浓度。在一些实施例中, 可实现臭氧的16 ppm的期望浓度。

[0026] 单元的电流密度与臭氧生成的关系是表面积和施加电流的因素。电流效率和因此臭氧产生在受控水温下是稳定的。在一些实施例中, 约17°C和20°C之间的期望温度将提供稳定的臭氧浓度, 在该浓度下, 衰变速率与生成速率匹配。在单元100的情况下, 恒定的水流速、最高水温和生成时间将是稳定臭氧产生浓度中的因素。

[0027] 结合电流和电压, 存在影响臭氧产生的若干其它因素。这些因素是: 1) 通过单元的流体流; 2) 生成的时间; 3) 水的pH值和净化; 4) 总水体积; 以及5) 水温。单元100允许在稳定状态下监测和调节上文提到的五个因素, 以便显著减少对臭氧产生的可变影响。流体流可被监测和调节, 以确保其保持恒定的流速。用以生成臭氧的单元操作的时间可设定为限定的持续时间。水输入优选地是USP无菌水, 其控制pH值并消除任何污染物。输入水体积可被监测和控制, 以确保在臭氧生成周期期间维持可重复的液位。水温可被监测和调节, 以确保其不超过预确定阈值。

[0028] 图2A图示了新颖的臭氧化单元200的实施例的分解视图, 该臭氧化单元200是图1的单元100的具体示例性实施例。单元200包括阳极202, 阳极202在面向通过膜206分离的阴极204的侧面203上具有金刚石涂层。在图2A的图示实施例中, 阳极202和阴极204两者都具有延伸通过电极202、204的小孔201、205的阵列。在一个实施例中, 阳极202可由例如镀有掺杂的金刚石的薄层的铌构成, 并且阴极204可由例如镀有金的不锈钢构成。

[0029] 阳极202可为任何合适的导体, 并且优选地是涂覆有掺杂的金刚石的层的铌(或某种其它合适的材料)。在一个实施例中, 铌的纯度为约99%, 并且金刚石层为约2微米厚。阳极202中的孔201的阵列允许水在阳极侧上接触膜206, 而膜206的多孔性允许水在阵列的孔之间扩散开, 以润湿孔之间的膜206的表面。在一个实施例中, 阳极202的孔201的阵列覆盖暴露于水的阳极的表面区域(即, 0形环214内的区域)的至少75%。在一个实施例中, 孔201的直径为约千分之七十英寸, 并且孔201应当足够大以允许水充分接触膜206。

[0030] 在一些实施例中, 铌阳极表面首先被阳极化以产生孔隙来促进表面粘附, 并且然后施加掺杂的金刚石镀层。在其它实施例中, 铌表面可首先被喷砂处理, 并且然后被蚀刻以产生最佳的表面纹理, 从而增加金刚石镀层的表面粘附。在其它方法中, 使用掩模将铌溅射到基底材料上可用于产生表面纹理, 以改进粘附。在又一个实施例中, 阳极可由薄的铌网片制成, 以使表面积最大化, 然后可通过诸如上文所描述的方法的任何合适的方法来制备网片阳极表面, 然后利用掺杂的金刚石层涂覆该阳极表面。阳极的金刚石层优选地掺杂(即掺杂有硼)到足以使金刚石层导电的浓度。在一些实施例中, 金刚石层可为近似2微米厚。

[0031] 阴极204由不与流体过度相互作用的合适的导体(例如, 不锈钢、金、银等)构成, 优选地是金表面电极。在一些实施例中, 阴极204可为在两侧上镀有金的不锈钢, 以产生金表

面,从而消除水与铁的相互作用。阴极204还包括如所示出的孔阵列205。在一些实施例中,阵列205覆盖暴露于水的阴极的表面区域(即,包封在O形环212内的区域)的至少75%。孔允许水在阴极侧上接触膜206,而膜206的多孔性允许水在孔之间扩散开,以润湿在孔之间由孔阵列205覆盖的整个表面。在一个实施例中,孔205的直径为近似千分之七十英寸。

[0032] 在图示实施例中,阴极204和阳极202通过聚合物膜206(例如全氟磺酸膜)分离。如所示出的,膜可包含导电扩散器,其定向成使得扩散器侧208面向阴极。膜还可在面向阴极的侧面上包含铂催化剂。在图示实施例中,O形环212(例如硅树脂)位于阴极204和主体元件210之间,以与其形成密封,并且第二O形环214位于阳极202和第二单元主体元件216之间,以形成密封,从而使来自电极204和206的边缘周围的水的泄漏最小化。在一个实施例中,膜206为约千分之十英寸厚。膜206可吸收水,因此双面粘合剂边界209可粘附到膜206,以增强边缘周围的密封。凹槽211可形成在各个主体元件210、216中,以接纳O形环。

[0033] 在一个实施例中,主体元件210、216可由耐臭氧高密度聚乙烯或CPVC构成。四个螺栓220-223与螺母224-227和垫圈228、229一起将主体元件210、216保持在一起,以形成包封件,同时将阴极204、阳极202和膜206保持就位,并在包封件内恰当地对齐。水入口端口230、水出口端口232允许水进入到单元200和从单元200离开。水入口适配器240、水出口适配器242安装到端口230、232,以允许连接水管道。脊250可形成在各个主体元件210、216的内表面中,以增强水流型式,使得当水穿过单元时,水相对均匀地横跨阳极203和阴极204的整个面而经过。

[0034] 图2B图示了具有螺栓220-223和入口适配器240、出口适配器242的臭氧化单元200的端视图。图2C图示了沿着图2B的线AA的单元200的横截面视图,其示出了由螺栓222、223保持在一起的主体元件210、216。在两个主体元件210、216之间示出的是O形环212、214、膜206、阴极204和阳极202。在一些实施例中,螺栓220-223被施加扭矩到期望的水平,以控制电极上的压力。在一个实施例中,螺栓被施加扭矩到近似6英尺-磅,以提供足够的紧密度,同时允许水在接触全氟磺酸膜206的两个侧面上流动,并允许电流穿过单元。

[0035] 在单元200的操作期间,DC电压施加在单元两端,其中负极施加到阴极,并且正极侧施加到阳极。水被泵送通过单元200,从而通过入口端口232进入阴极侧,以横跨阴极204的面而流动,并且通过出口端口230流出单元200。水经由连接到出口适配器240的管道供应,并经由连接到出口适配器242的管道流出。类似地,水通过入口端口215从连接到入口适配器243的管道进入单元200的阳极侧,横跨阳极202的面而流动,并且经由出口端口和出口适配器241流出单元200。在各个侧面上流动的水通过孔201、205接触膜206。监测并控制水流速、水温、单元电压和电流,以控制离开单元200的臭氧浓度。

[0036] 图3图示了根据示例性实施例的示例性水臭氧化系统300的实施例的功能图。如所示出的系统300包括臭氧化单元200,其具有阴极侧304、阳极侧302和膜206。如所示出的,单元200联接到成对的水贮存器306、308。贮存器306、308可如需要那样定尺寸,例如,在一个实施例中,分别保持50 ml和200 ml。流体经由阴极路径310和阳极路径312流过单元200。流体由泵314驱动通过阴极路径310,泵314通过三通阀320经由管道路径318将具有氢的流体返回到氢侧贮存器306,三通阀320可将流体引导到过量流体接收器322中,如所示出的,以冲洗过量流体。如所示出的,流体由泵316通过阳极路径312经由管道路径324通过三通阀326泵送到臭氧贮存器308,三通阀326也可将流体经由路径328引导到贮存器306。并且,在

图示实施例中,流体还可从贮存器308的底部经由路径330通过三通阀332被导引至贮存器308的顶部。流体源经由路径336从贮存器334提供至贮存器308。贮存器334可定尺寸成保持合适量的流体,例如,在一个实施例中,保持250 ml的水。贮存器306、308中的液位由液位传感器340、342监测,并且臭氧贮存器308中的流体温度使用温度传感器344监测。冷却器350(例如珀耳帖(Peltier)冷却器)允许控制贮存器308中的流体温度。排气口352提供用于从贮存器306、308排出过量气体的路径。

[0037] 来自臭氧贮存器308的水循环,以在水被抽出以用于灭菌的同时在水中保持期望的臭氧水平。臭氧浓度通过控制单元200两端的电压和通过单元200的电流来控制。控制板400(参见图4)可监测单元200的电流和电压以及流体温度,以控制臭氧生成。

[0038] 图4图示了用以控制图3的示例性实施例的控制电路400的示例的功能框图。控制电路400包括经由总线420通信的存储器402、A/D转换器404、控制锁存器406、WDT 408、阀控制器410、冷却器电源412、单元电源414以及泵控制器和电源416。如所图示的,电路400联接到贮存器306、308(即,联接到传感器340、342、344)、冷却器350和单元200。控制电路400由经由总线420联接的控制器430控制。

[0039] 图5A和图5B图示了新颖的臭氧化单元500的实施例的分解视图,该单元500是图1的单元100的具体示例性实施例,其中添加了集成的分光光度计和气泡收集器。单元500包括两个主体元件510和516。单元500包括类似于图2A和图2B的臭氧化单元的臭氧化单元,并且包括阳极502,该阳极在面向通过膜506分离的阴极504的侧面503上具有金刚石涂层。在图5A和图5B的图示实施例中,阳极502和阴极504两者都具有延伸通过电极502、504的小孔501、505的阵列。在一个实施例中,阳极502可由例如镀有掺杂的金刚石的薄层的铌构成,并且阴极504可由例如镀有金的不锈钢构成。

[0040] 阳极502可为任何合适的导体,并且优选地是涂覆有掺杂的金刚石的层的铌(或某种其它合适的材料)。在一个实施例中,铌的纯度为约99%,并且金刚石层为约2微米厚。阳极502中的孔501的阵列允许水在阳极侧上接触膜506,而膜506的多孔性允许水在阵列的孔之间扩散开,以润湿孔之间的膜506的表面。在一个实施例中,阳极502的孔501的阵列覆盖暴露于水的阳极的表面区域(即,0形环514内的区域)的至少75%。在一个实施例中,孔501的直径为约千分之七十英寸,并且孔501应当足够大以允许水充分接触膜506。

[0041] 在一些实施例中,铌阳极表面首先被阳极化以产生孔隙来促进表面粘附,并且然后施加掺杂的金刚石镀层。在其它实施例中,铌表面可首先被喷砂处理,并且然后被蚀刻以产生最佳的表面纹理,从而增加金刚石镀层的表面粘附。在其它方法中,使用掩模将铌溅射到基底材料上可用于产生表面纹理,以改进粘附。在又一个实施例中,阳极可由薄的铌网片制成,以使表面积最大化,然后可通过诸如上文所描述的方法的任何合适的方法制备网片阳极表面,然后利用掺杂的金刚石层涂覆该阳极表面。阳极的金刚石层优选地掺杂(即掺杂有硼)到足以使金刚石层导电的浓度。在一些实施例中,金刚石层可为近似2微米厚。

[0042] 阴极504由不与流体过度相互作用的合适的导体(例如,不锈钢、金、银等)构成,优选地是金表面电极。在一些实施例中,阴极504可为在两侧上镀有金的不锈钢,以产生金表面,从而消除水与铁的相互作用。阴极504还包括如所示出的孔阵列505。在一些实施例中,阵列505覆盖暴露于水的阴极的表面区域(即,包封在0形环512内的区域)的至少75%。孔允许水在阴极侧上接触膜506,而膜506的多孔性允许水在孔之间扩散开,以润湿在孔之间由

孔阵列505覆盖的整个表面。在一个实施例中,孔505的直径为近似千分之七十英寸。

[0043] 在图示实施例中,阴极504和阳极502通过聚合物膜506(例如全氟磺酸膜)分离。如所示出的,膜可包含导电扩散器,其定向成使得扩散器侧508面向阴极。膜还可在面向阴极的侧面上包含铂催化剂。在图示实施例中,0形环512(例如硅树脂)位于阴极504和主体元件510之间,以与其形成密封,并且第二0形环514位于阳极502和第二单元主体元件516之间,以形成密封,从而使来自电极504和506的边缘周围的水的泄漏最小化。在一个实施例中,膜506为约千分之十英寸厚。膜506可吸收水,因此双面粘合剂边界509可粘附到膜506,以增强边缘周围的密封。如所示出的,凹槽511a、511b可形成在各个主体元件510、516中,以接纳0形环。

[0044] 在一个实施例中,主体元件510、516可由耐臭氧高密度聚乙烯或CPVC构成。如图6A中所示出的,螺栓520、521与螺母524、525和垫圈528、529一起将主体元件510、516保持在一起,以形成包封件,同时将阴极504、阳极502和膜506保持就位,并在包封件内恰当地对齐。该包封件还容纳集成在包封件内的分光光度计560和气泡收集器562。水入口端口530、532和水出口端口541和543允许水进入到单元500和从单元500离开。脊550可形成在各个主体元件510、516的内表面中,以增强水流型式,使得当水穿过单元时,水相对均匀地横跨阳极503和阴极504的整个面而经过。

[0045] 图5A至图5B的图示实施例包括集成分光光度计560和集成气泡收集器562。分光光度计560包括由板564和透明比色皿主体565形成的比色皿566。比色皿主体565对于在分光光度计560中使用的光来说是透明的。在一个实施例中,比色皿主体565由石英制成。气泡收集器562由主体516形成,主体516具有由板564覆盖的U形通道568。板564通过成组的螺钉572在通道568上方安装在主体元件516上。0形环574在气泡收集器通道568和板564周围形成密封。另一个0形环576在板564中的中心开口578和通过主体元件516的开口580周围提供密封。凹槽561可形成在主体元件516中,以接纳0形环574,从而使泄漏最小化。

[0046] 参考图5A和图5C描述气泡收集器562的功能。在集成单元500的操作期间,臭氧化水从阳极经由开口581通过主体元件516中的通道(未示出)流出开口592,进入气泡收集器562的通道568的下端582,在下端582处,从臭氧化水移除气泡,以防止气泡干扰分光光度计560的功能。图5A和图5B、图6A和图6B的图示实施例典型地安装在竖直位置,如图6A和图6B中所图示的。这将造成具有通道的下端582以及顶端593的竖直定向的气泡收集器。臭氧化水通过通道568朝向通道568的顶部593附近的开口587流动,并且部分流动到通道568的另一端584,并且然后通过孔口598和开口591流入比色皿566,并且通过开口587从比色皿566流出到主体元件516内的通道(未示出),以到达出口530。当臭氧化水流过比色皿564时,来自光电二极管594的光通过比色皿564中的水通过孔578、580照射并且照射到安装在孔590外部的光电检测器592上。光电二极管594生成具有被臭氧化水吸收的频率的光。在一个实施例中,发射255  $\mu\text{m}$ 的波长的窄带LED用作具有匹配光电检测器592的光电二极管594。流过比色皿的水的臭氧浓度由光电检测器592检测。

[0047] 为了使分光光度计760有效地起作用,气泡收集器是合乎期望的,因为分光光度计依赖于紫外光穿过的液体的已知体积。液体中的气泡引起体积波动,体积波动在所得的信号中产生噪声。气泡收集器562允许大部分水流(如由图5C中的箭头597示出的)沿着通道582向上直接传递到出口端口530,从而将气泡带出到臭氧贮存器,在臭氧贮存器处气泡上

升到表面并进入大气。收集器利用孔口598和流动挡板588、589来使用小侧流,孔口598和流动挡板588、589使得液体减慢。在一个实施例中,侧流为流体的约15%,并从约1.5英寸/秒减慢到0.3英寸/秒。这使得气泡上升到收集器的顶部593并停留在收集器的顶部593处,而不是克服重力向下流动到底部处的孔口598。挡板588、589使流变宽,并使其均匀,以减少将向下滑动气泡的高速区域,并且挡板588产生一些横跨收集器的顶部的反向流,以有助于将气泡带入开口587并带到出口端口530。没有气泡的水的部分穿过孔口598并从开口591出来以进入比色皿566,在比色皿566处,紫外光穿过水并由光电检测器592检测以测量臭氧浓度。当离开气泡收集器的液体产生文丘里管时,水被拉到顶部,该文丘里管有助于将液体从比色皿566中吸出,因此液体穿过比色皿566以到达开口587,如由图5C中的箭头599示出的,在开口587处,水与流向出口530的流体的其余部分汇合,并到达臭氧贮存器。

[0048] 图6A图示了具有螺栓520、521的臭氧化单元500的部分组装端视图,其示出了壳体元件510、516是如何组装的。图6B图示了单元500的组装视图,其示出了由螺栓520、521保持在一起的主体元件510、516。示出为安装到两个主体元件510、516的是控制电路,其控制单元500和系统的操作,并且包括电路板522和电路板523。电路板523如所示出的那样安装在主体元件516上,并且包括与孔580对齐以引导紫外光通过比色皿566的LED 594。电路板522安装在主体元件510上,并包括光电检测器592,光电检测器592与孔590对齐,以检测穿过比色皿的紫外光和比色皿内的臭氧化水,从而测量比色皿566中的水的臭氧浓度。臭氧浓度由穿过臭氧化水的紫外光的量确定,因为臭氧浓度越高,紫外光被吸收的越多。电路板连接器端子526、527将电路板523连接到阴极504和阳极502。在一个实施例中,螺栓520、521被施加扭矩到近似6英尺-磅,以提供足够的紧密度,同时允许水在接触全氟磺酸膜206的两个侧面上流动,并允许电流穿过单元。

[0049] 在单元500的操作期间,DC电压施加在单元两端,其中负极施加到阴极,并且正极侧施加到阳极。如在图2A的单元200中那样,水被泵送通过单元500,从而通过入口端口532进入阴极侧,以横跨阴极504的面而流动,并且通过出口端口530流出单元500。类似地,水通过入口端口541进入单元500的阳极侧,横跨阳极502的面而流动,并且经由出口端口543流出单元500。在各个侧面上流动的水通过孔501、505接触膜506。监测并控制水流速、水温、单元电压和电流,以控制离开单元500的臭氧浓度。

[0050] 图7图示了水臭氧化单元700的示例性实施例的功能图。如所示出的系统700包括臭氧化单元500(如图5A至图6B中所示出的),其具有阴极侧704、阳极侧702和膜706。如所示出的,单元500联接到成对的水贮存器706、708。流体经由阴极路径710和阳极路径712流过单元500。流体由泵714驱动通过阴极路径710,泵314通过三通阀720经由管道路径718将具有氢的流体返回到氢侧贮存器706,三通阀720可将流体引导到过量流体接收器722中,如所示出的,以冲洗过量流体。如所示出的,流体由泵716通过阳极路径712经由管道路径724泵送到气泡收集器762并且通过用于检测臭氧浓度的分光光度计760的比色皿764,并且然后通过三通阀726泵送到臭氧贮存器708,三通阀726也可将流体经由路径728引导到氢贮存器706。包含溶解臭氧的流体从臭氧贮存器708的底部经由路径730通过三通阀732并在路径731上出来而提供至外部系统以供使用。如果需要无菌空气作为输出,则无菌空气可从臭氧贮存器708的顶部通过上部路径707通过三通阀732抽吸并从路径731抽出。流体源经由路径736从贮存器734提供至贮存器708。贮存器734可定尺寸成保持合适量的流体,例如,在一个

实施例中,保持250 ml的水。贮存器706、708中的液位由液位传感器740、742监测,并且臭氧贮存器708中的流体温度使用温度传感器744监测。冷却器750(例如珀耳帖冷却器)允许控制贮存器708中的流体温度。排气口752提供了用于从贮存器706、708排出过量气体的路径。

[0051] 来自臭氧贮存器708的水循环,以在水被抽出以用于灭菌的同时在水中保持期望的臭氧水平。通过响应于由分光光度计760对臭氧浓度的检测而控制单元500两端的电压和通过单元500的电流来控制臭氧浓度。控制板400(参见图4)可控制单元500的电流和电压以及流体温度,以控制臭氧生成。

[0052] 图8A和图8B是用于由诸如图4和图9中所示出并包含在如图6B中所示出的电路板522和523上的控制电路控制的图7的臭氧生成系统的实施例的一定量的臭氧化水生成的一个复杂周期的示例性过程的流程图。该过程在框802处开始,并且如在框804处示出的那样开始系统的清洗,在此期间,循环阀720、726打开,并且泵运行预确定的时间段(例如,75秒),以将现有流体冲洗出系统。接下来,在框806处,运行罐温度传感器744和板温度传感器(未示出)的功能检查,以确定传感器是否在可接受的温差(例如, $\pm 12^{\circ}\text{C}$ )内恰当地操作,并且然后如在框808处示出的,在没有水的情况下检查罐温度,以确定罐温度是否超过期望的阈值(例如, $27^{\circ}\text{C}$ )。如在框807、809处图示的,如果任一测试失败,则可生成失败消息。如在框810处图示的,启动水冷却器750,并且设定目标温度(例如, $17.5^{\circ}\text{C}$ )。然后,通过打开阀736以开始填充贮存器706、708,允许水从水源734进入系统700。在等待水上升到臭氧水平传感器742之后,循环泵714和716被启动并运行预确定的时间(例如,75秒),如在框812处图示的。然后,检查水温以确定水温低于期望的最大值(例如, $20^{\circ}\text{C}$ ),并且如果超过最大值,则可生成失败消息,如由框814、815示出的。如果水温正常,则如由框816图示的,膜703被水合期望的最小时间段(例如,3分钟),并且检查液位传感器以确保没有泄漏。如果检测到泄漏或者没有检测到流体,则生成默认消息,如在框817处示出的。

[0053] 然后,通过以如由分光光度计760测量的预确定臭氧浓度(例如,20.5 ppm)为目标利用电流的闭环控制来激活单元500以生成臭氧,如由框820图示的。然后,如在框822处示出的,检查所有参数,以确定是否所有参数都在可接受的限度内,并且如果不在可接受的限度内,则在框823处生成故障消息。在一个实施例中,针对临界参数的可接受参数范围可为 $13\text{--}24^{\circ}\text{C}$ 的流体温度、 $13\text{--}40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度、0.1-1.5安培的单元电流、30-80 V的单元电压、16-24的单元ppm、200-500转/分的泵每分钟转数和0.03-0.25安培的泵电流。然后,如在框824处示出的,通过使用分光光度计760的臭氧浓度测量输出,利用单元电流的闭环控制,以20.5 ppm的臭氧浓度为目标,可保持臭氧生成。在此期间,阀732可打开,并且臭氧化水被抽出到输出管线731,从而提供臭氧化水的外部使用,诸如医疗设备的灭菌。如在框826处示出的,在操作期间继续进行上文所描述的系统的参数持续监测,如果在框827处任何参数超出期望范围(例如,流体温度 $13\text{--}24^{\circ}\text{C}$ 、单元电流0.1-1.5安培、单元电压3.0-8.0 V、单元ppm 16-24、泵每分钟转数200-500转/分、泵电流0.03-0.25安培),则生成故障消息。如在框828处示出的,检查下部臭氧罐液位传感器743,以确定罐不再具有液体,从而验证成功周期的结束(即,抽出了期望量的臭氧化水,例如250 ml),并且如在框829处指示的,如果没有抽出正确量的流体,则生成故障消息,以标记不成功周期。当周期完成时,转换阀726被激活,并且臭氧化水被泵送到氢罐中达预确定时间(例如30秒)以清洁氢罐,并且然后切换转换阀726以使水在系统中循环预确定时间(例如30秒)以净化系统,如在框830处示出的。然

后,系统在框802处返回以待机。

[0054] 图9示出了呈计算机系统900的形式的机器的示例性实施例的框图,在计算机系统900内可执行成组的指令,从而使得系统执行本文中所讨论的方法、过程、操作或方法论中的任何一个或多个。例如,控制器430可包括一个或多个计算机系统900的功能。

[0055] 图9的描述旨在提供合适的计算机硬件和合适的计算环境的简要总体描述,结合所述计算机硬件和所述计算环境可实施本发明的方面。在一些实施例中,在由计算机执行的计算机可执行指令的总体背景下描述本发明主题的方面。

[0056] 本领域技术人员将认识到,本公开的方面可利用包括下者的其它计算机系统配置来实践:手持设备、多处理器系统、基于微处理器或可编程的消费者电子产品、智能电话、网络个人计算机、小型计算机、大型计算机等。本公开的方面也可在分布式计算机环境中实践,其中任务由通过通信网络链接的I/O远程处理设备来执行。在分布式计算环境中,程序模块可位于本地和远程存储器存储设备两者中。

[0057] 在示例性实施例中,机器作为独立设备操作,或者可连接(例如,联网)到其它机器。在联网部署中,机器可在服务器-客户端网络环境中以服务器或客户端机器的身份操作,或者在对等(或分布式)网络环境中作为对等机器操作。机器可为服务器计算机、客户端计算机、个人计算机(PC)、平板PC、嵌入式控制器、蜂窝电话、网络路由器或能够执行成组的指令(顺序的或以其它方式)的任何机器,该指令指定将由该机器采取的动作。此外,虽然仅图示了单个机器,但是用语“机器”也应被理解为包括单独或共同执行成组的(或多组)指令以执行本文中所讨论的方法论中的任何一种或多种的机器的任何集合。

[0058] 示例性计算机系统900可包括处理器902(例如,中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)或两者)、主存储器904和静态存储器906,它们经由总线908彼此通信。计算机系统900进一步包括视频显示单元910(例如,液晶显示器(LCD)、等离子体或阴极射线管(CRT))。计算机系统900还包括字母数字输入设备912(例如,键盘)、光标控制设备914(例如,鼠标)、驱动单元916、信号生成设备918(例如,扬声器)和网络接口设备920。

[0059] 磁盘驱动单元916包括计算机可读介质922,其上存储有一组或多组指令(例如,软件924),这些指令体现本文中所描述的方法论或功能中的任何一种或多种。软件924也可在其由计算机系统900执行期间完全或至少部分地驻留在主存储器904内和/或处理器902内,主存储器904和处理器902也构成计算机可读介质。软件924可进一步经由网络接口设备920通过网络926发送或接收。

[0060] 虽然计算机可读介质922在示例性实施例中示出为单个介质,但是用语“计算机可读介质”应当被理解为包括存储一组或多组指令的单个介质或多个介质(例如,集中式或分布式数据库,和/或相关联的高速缓存和服务器的)。用语“计算机可读介质”还应被理解为包括能够存储或编码用于由机器执行并使得机器执行本发明的方法论中的任何一种或多种的成组的指令的任何介质。因此,用语“计算机可读介质”应被理解为包括但不限于暂时性和非暂时性介质。非暂时性介质的示例包括但不限于固态存储器、光学介质和磁介质。在一些实施例中,计算机可读介质是非暂时性计算机可读介质。

[0061] 如本文中所使用的,用语“基于”或“使用”反映了开放式用语,其可反映除了明确叙述的要素之外的其它要素。

[0062] 本文中将某些系统、装置、应用或过程描述为包括多个模块。模块可为可在软件、

硬件或其组合中呈现的不同功能的单元。当模块的功能通过软件在任何部分中执行时，模块包括计算机可读介质。模块可被认为是通信联接的。

[0063] 本发明主题可以以多种不同的实施例表示，存在不同的实施例的许多可能的排列。尽管已参考具体的示例性实施例描述了本发明的实施例，但是将显而易见的是，在不脱离本发明的实施例的更广泛精神和范围的情况下，可对这些实施例作出多种修改和改变。因此，说明书和附图将被认为是说明性的，而不是限制性的。

[0064] 本发明主题的这样的实施例在本文中可单独地或共同地由用语“发明”来指代，这仅仅是为了方便，并且如果实际上公开了多于一个的发明或发明构思，则不旨在将本申请的范围主动限制为任何单个发明或发明构思。

[0065] 如从前面的描述中显而易见的是，本发明主题的某些方面不受本文中所图示的示例的特定细节的限制，并且因此设想本领域技术人员将会想到其它修改和应用或者其等同体。因此，意图的是，权利要求书应当涵盖不脱离本发明主题的精神和范围的所有这样的修改和应用。因此，显然意图的是，本发明主题仅受以下权利要求书及其等同体的限制。

[0066] 本文中所描述的方法不必以所描述的顺序或以任何特定的顺序执行。此外，关于本文中所标识的方法而描述的多种活动可以以串行或并行方式执行。

[0067] 提供本公开的摘要以遵从《美国联邦法规汇编》第37编第1.72(b)条的规定，其要求将允许读者快速确定技术公开的本质的摘要。提交摘要基于如下的理解：摘要将不用于解释或限制权利要求书的范围或含义。另外，在前面的详细描述中，可看出，出于简化本公开的目的，在单个实施例中多种特征组合在一起。该公开方法将不被解释为反映要求保护的实施例需要比各个权利要求中明确叙述的特征更多的特征的意图。相反，如以下权利要求书所反映的，发明主题可在于单个公开的实施例的少于所有的特征。因此，以下权利要求书由此并入到详细描述中，其中各个权利要求独立地作为单独的实施例。

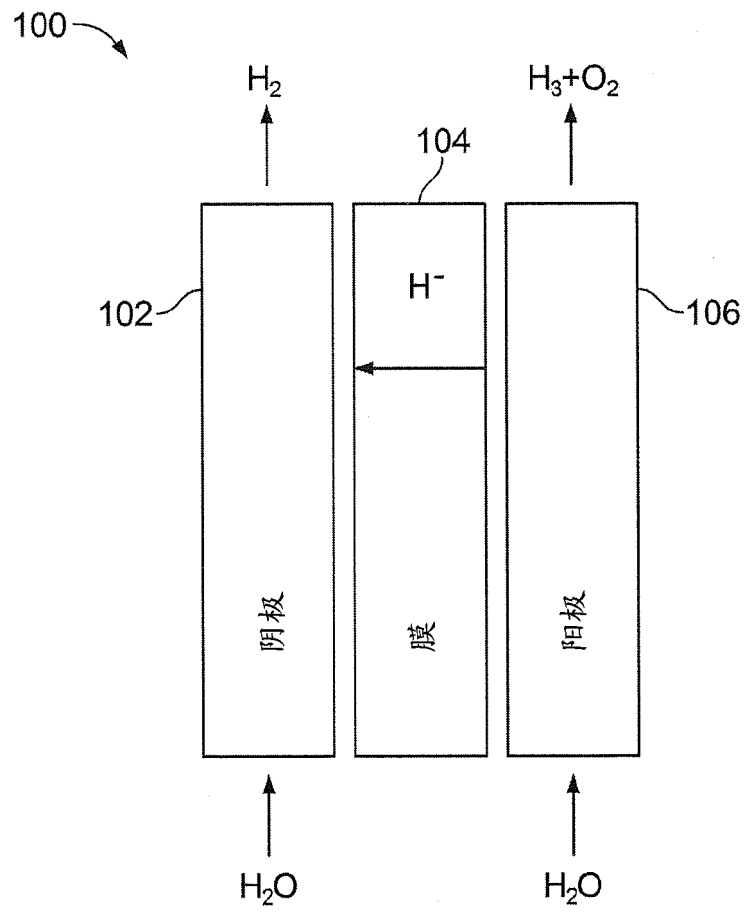


图 1

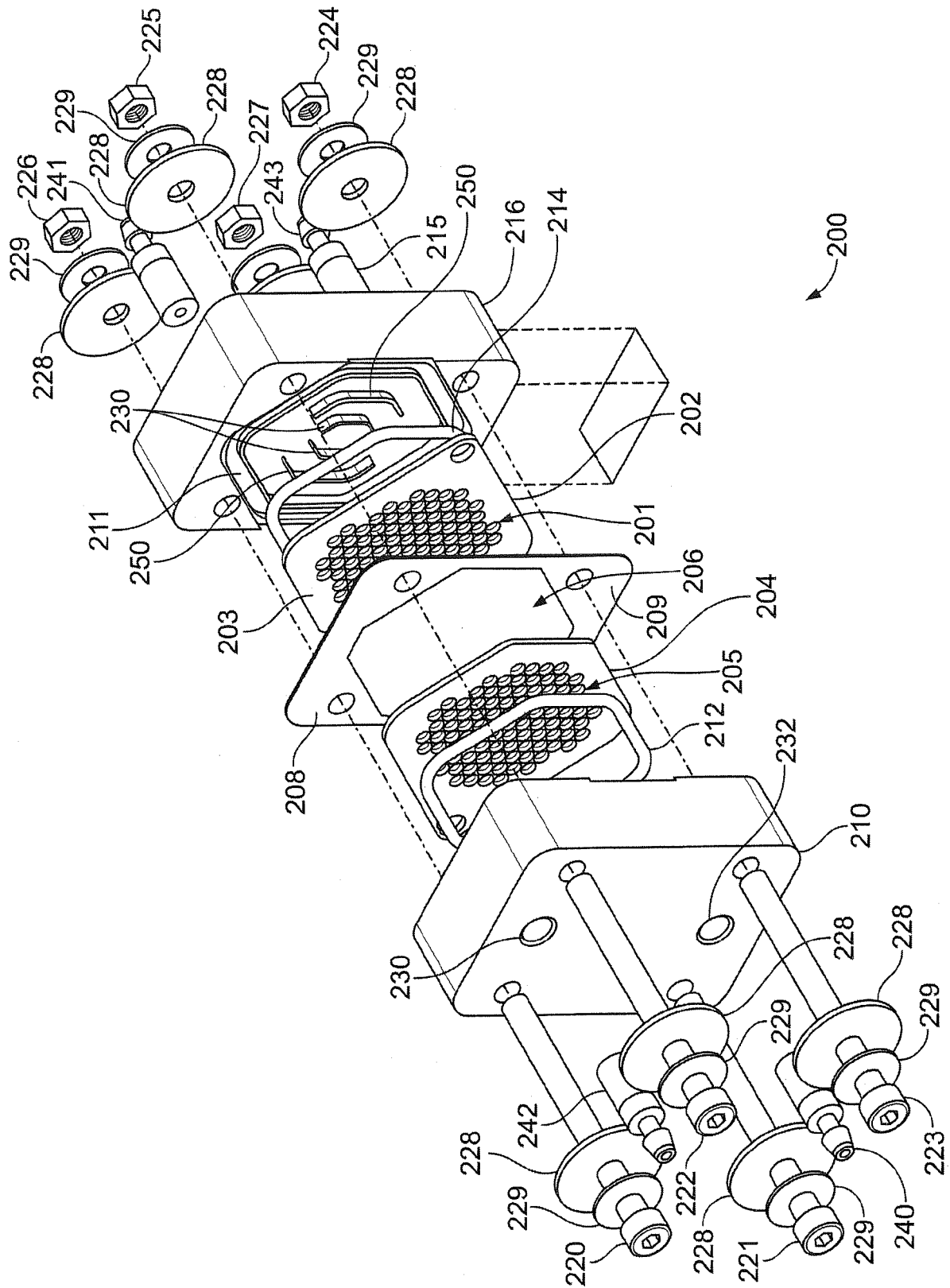


图 2A

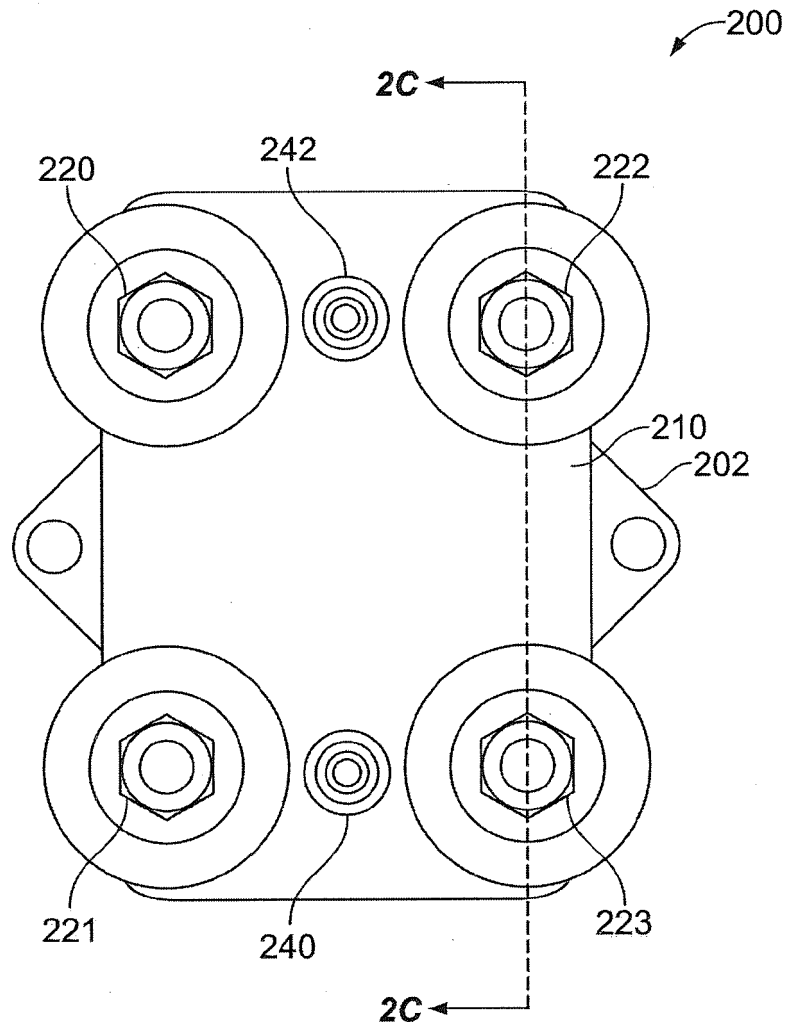


图 2B

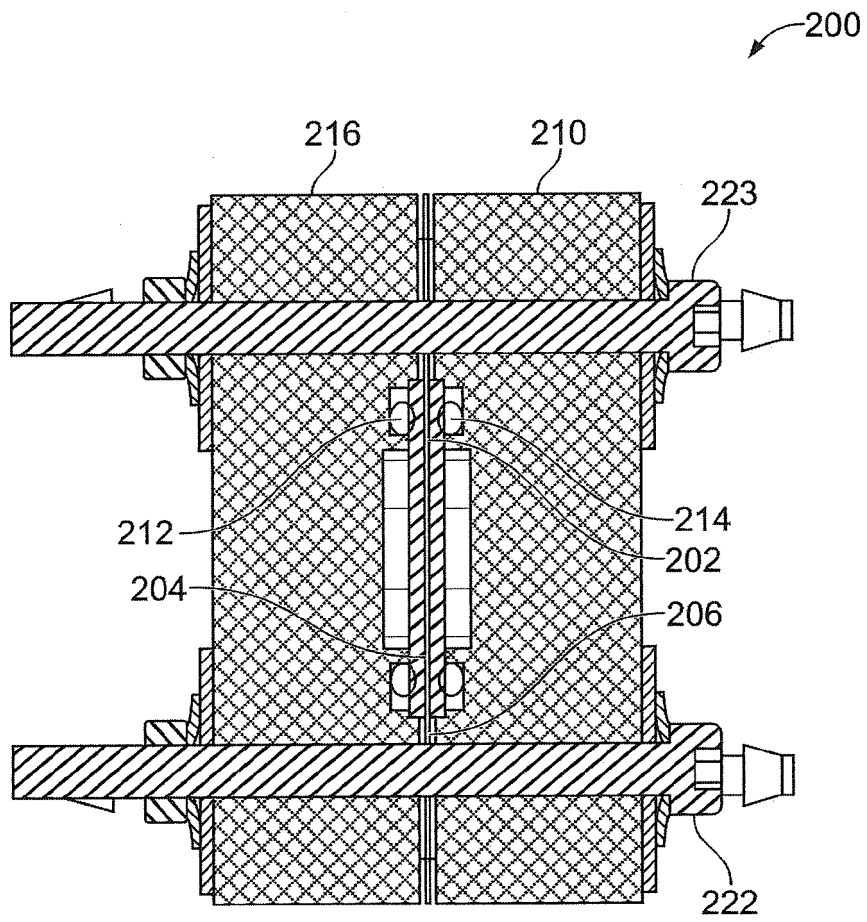


图 2C

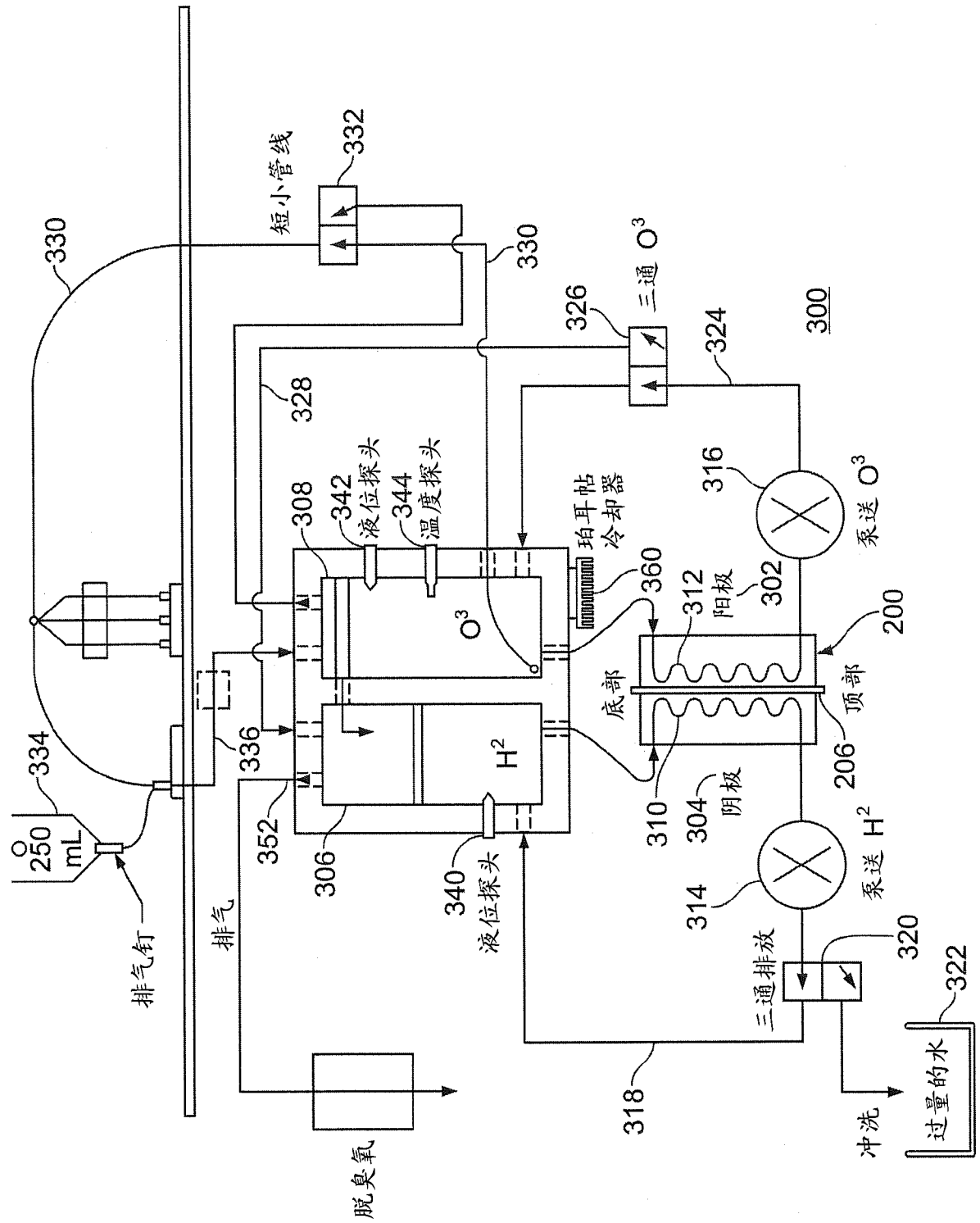


图 3

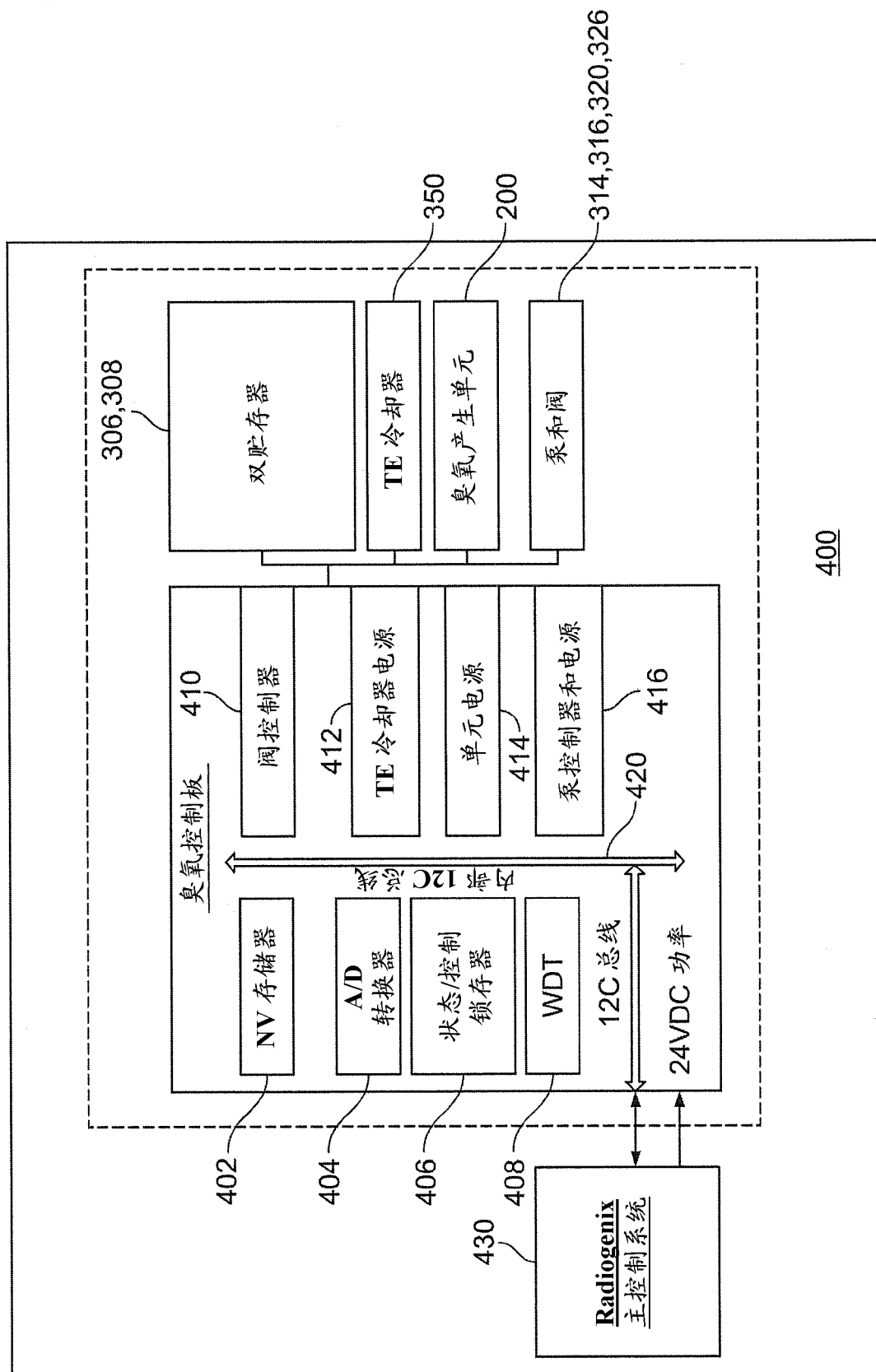


图 4

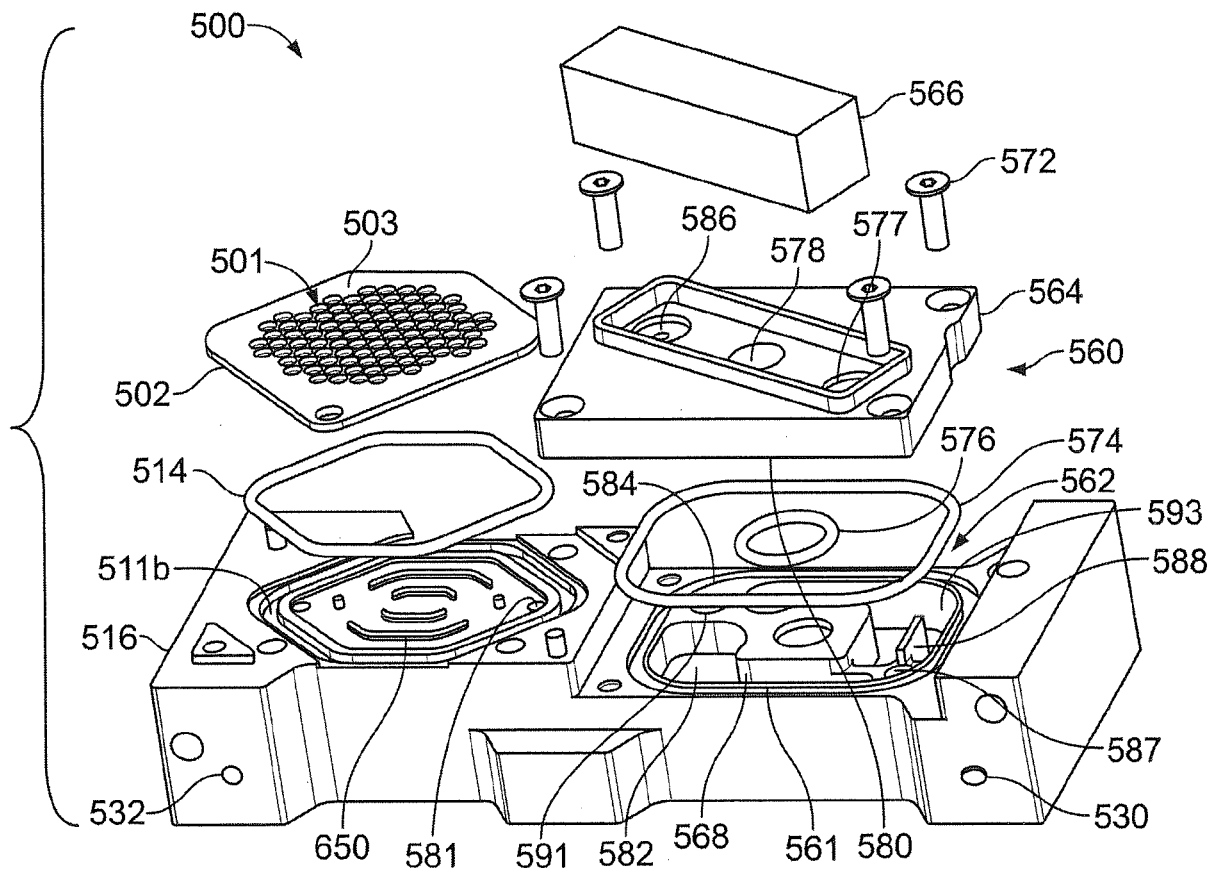


图 5A

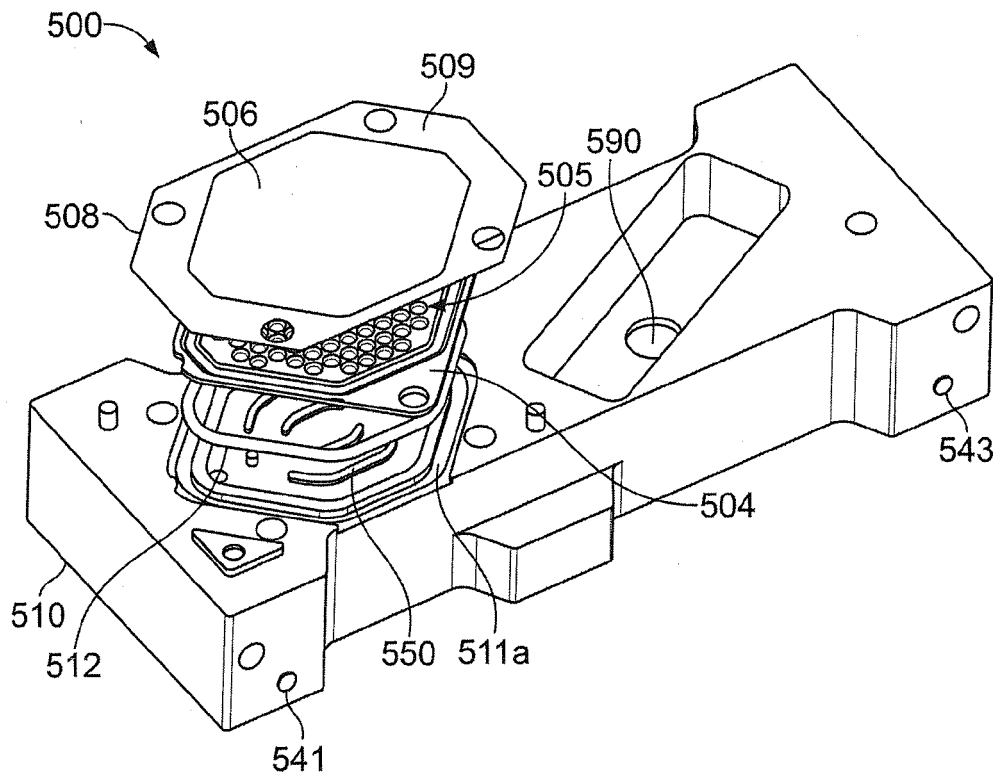


图 5B

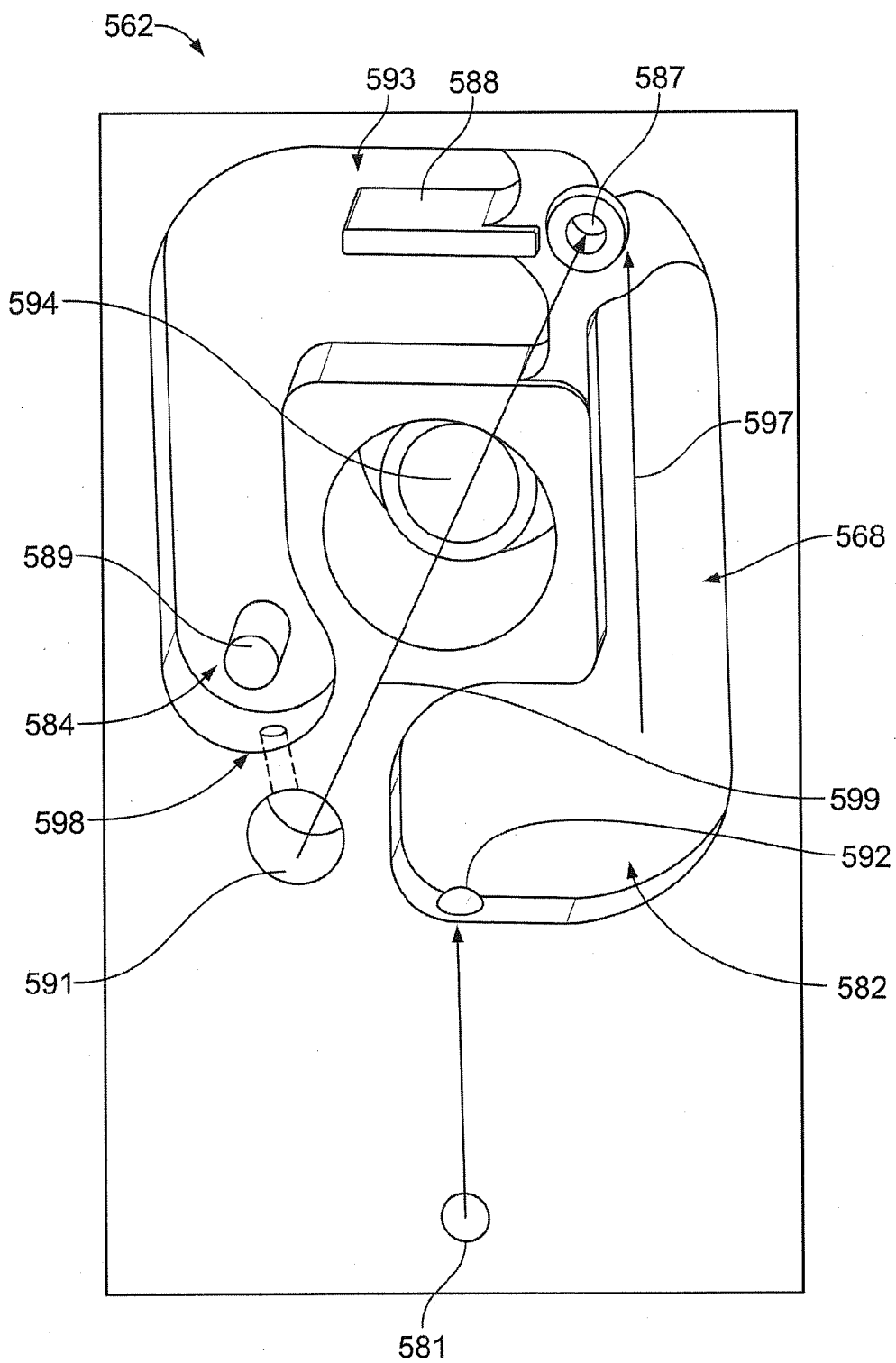


图 5C

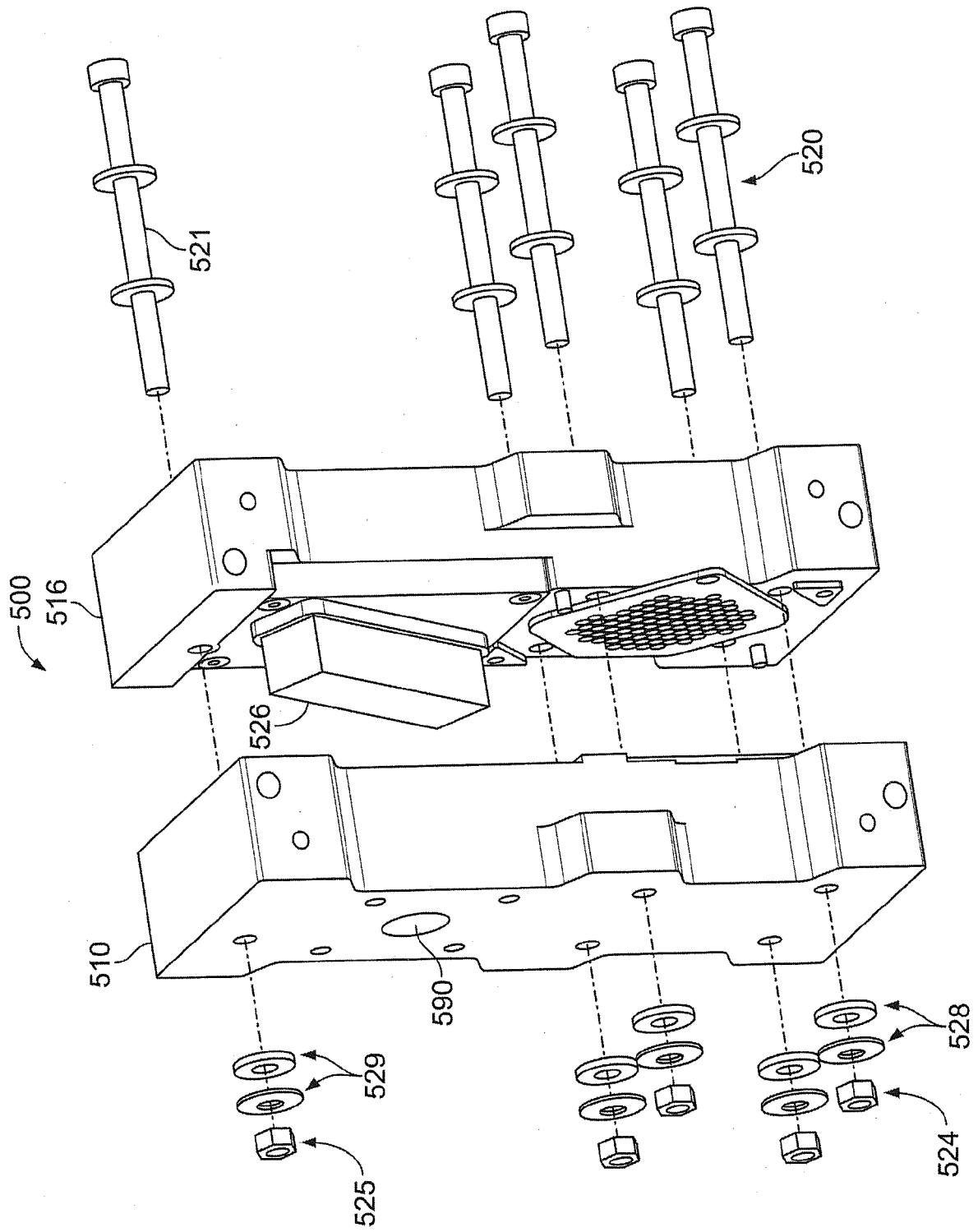


图 6A

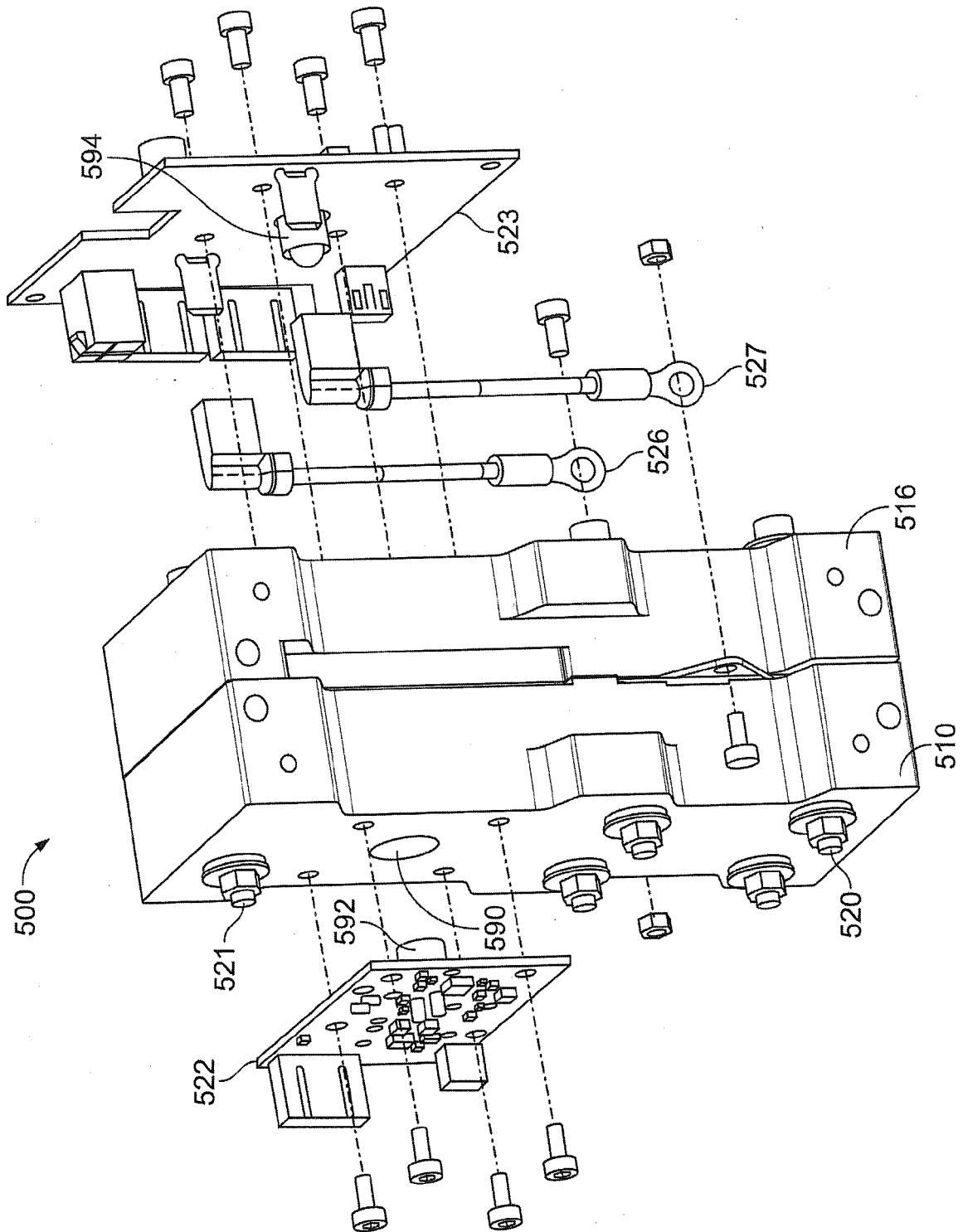


图 6B

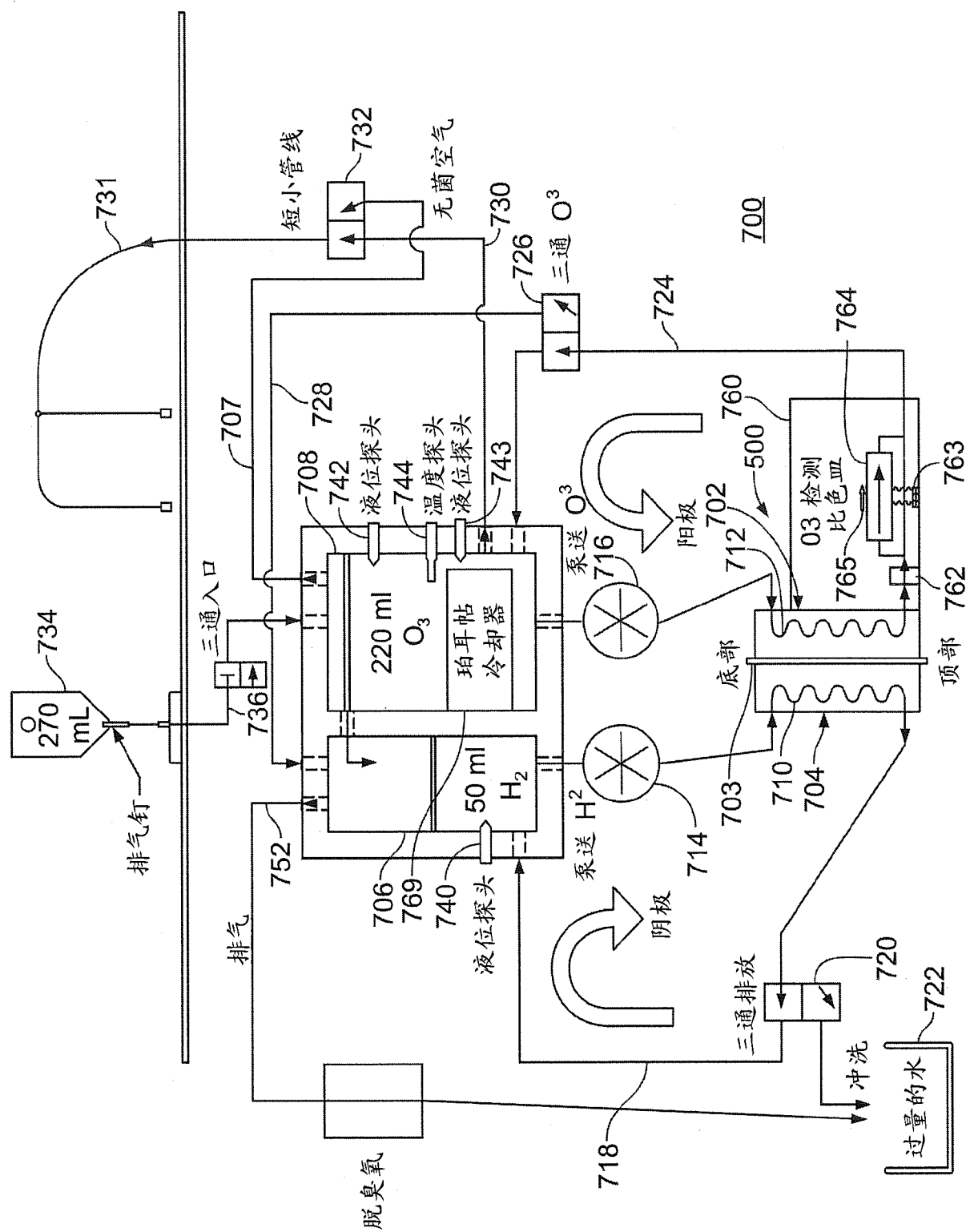


图 7

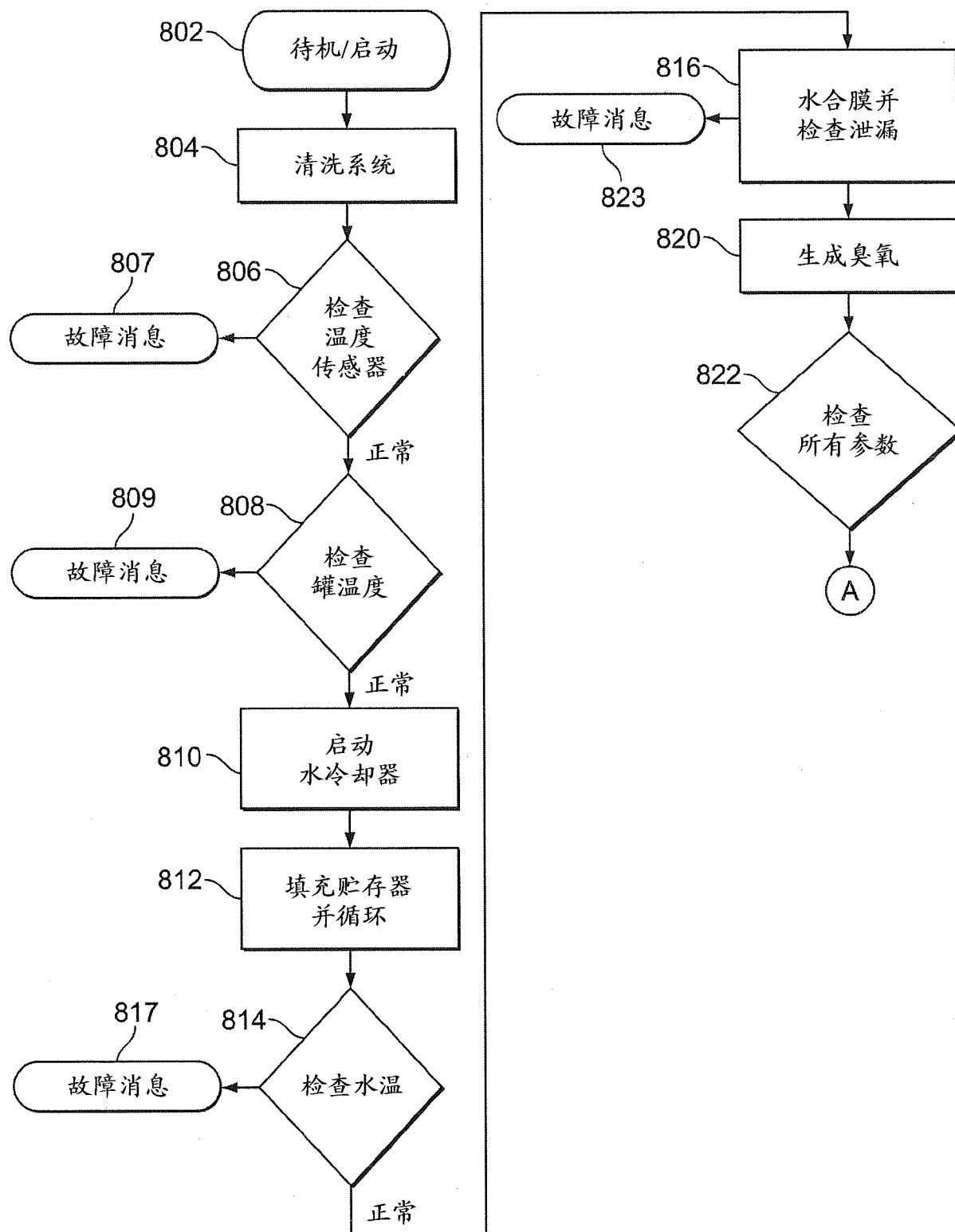


图 8A

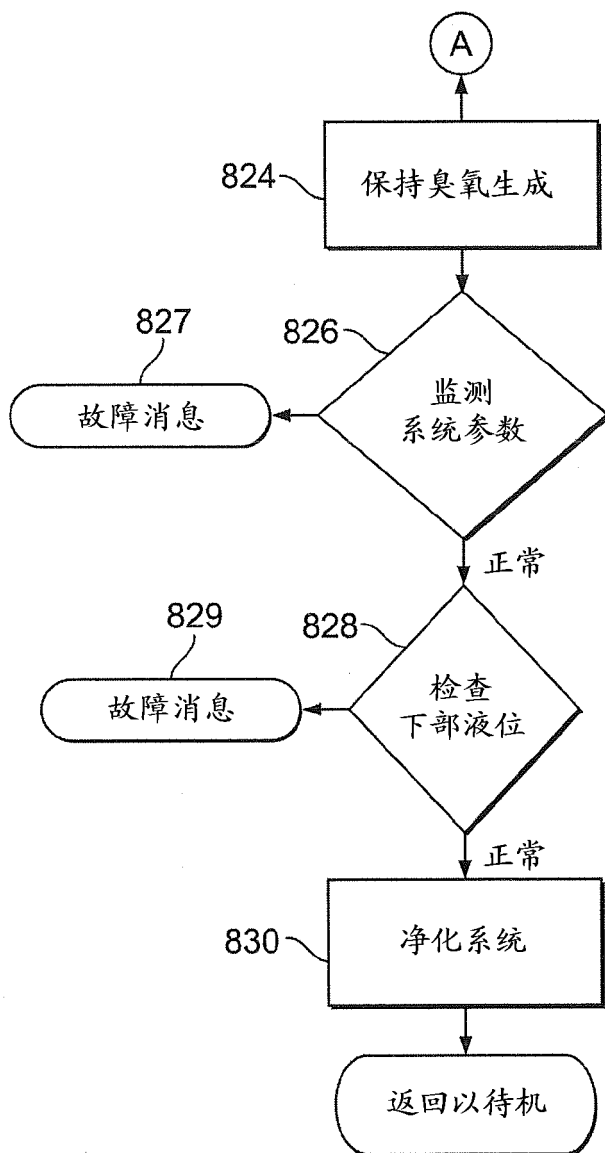


图 8B

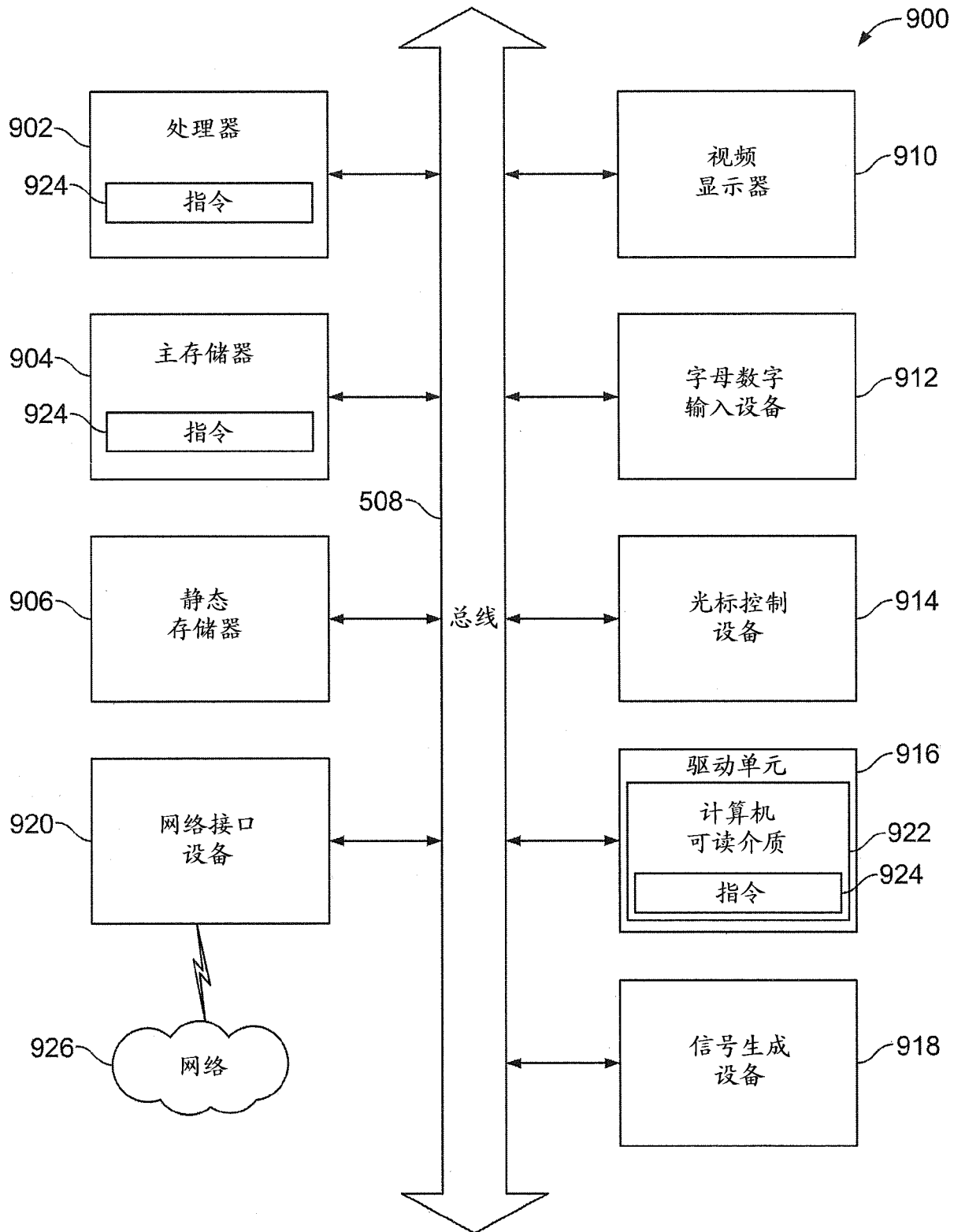


图 9