



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102246338 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 16

(21) 申请号 200980149507. 0

(22) 申请日 2009. 10. 09

(30) 优先权数据

61/104, 614 2008. 10. 10 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 06. 10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/060276 2009. 10. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02010/042895 EN 2010. 04. 15

(71) 申请人 迪亚能源股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 萨罗杰 .K. 萨胡

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 李芳华

(51) Int. Cl.

H01M 8/04 (2006. 01)

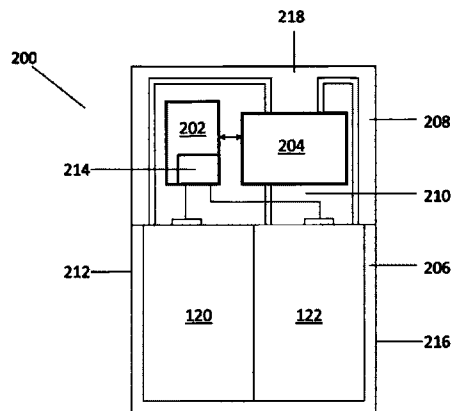
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 9 页

(54) 发明名称

液流电池元电池的热控制

(57) 摘要

提出了一种具有热管理的液流电池。该液流电池安置于外壳中, 其中环绕电解液的保持罐来均匀地循环流体, 以控制该外壳内部的温度。



1. 一种液流电池元电池,包括:
至少一个罐,用于保持电解液溶液;
外壳,围绕该至少一个罐,该外壳具有内部和外部,其中具有第一流体;以及
总管,在热学上耦接在该外壳和该至少一个罐之间,该总管允许环绕该至少一个罐的流体的循环。
2. 根据权利要求1的液流电池元电池,其中该流体是空气。
3. 根据权利要求1的液流电池元电池,其中该外壳进一步包含液流电池元堆。
4. 根据权利要求1的液流电池元电池,其中该外壳包含温度控制器,该温度控制器指示通过该总管的流体的流动。
5. 根据权利要求1的液流电池元电池,其中该外壳进一步包含相变材料(PCM),该PCM增加该液流电池元电池的特定热。
6. 根据权利要求1的液流电池元电池,其中该外壳进一步包含加热器,该加热器能够升高该液流电池元电池的温度。
7. 根据权利要求1的液流电池元电池,进一步包括:
第一温度传感器,用于测量该至少一个罐内部的电解液溶液的温度;以及
第二温度传感器,耦接到该外壳,并且测量该外壳外部的温度。
8. 根据权利要求1的液流电池元电池,其中该总管包括在具有通路的肋材之间的垂直自由空间。
9. 根据权利要求1的液流电池元电池,其中该外壳具有上部和下部,该上部包含电池元堆,并且该下部包含该至少一个罐。
10. 根据权利要求1的液流电池元电池,其中该外壳包括:下部,其包含该至少一个罐;以及上部,其包含电池元堆和热控制电子设备,该液流电池元电池进一步包括:
至少一个鼓风机,耦接到该总管,用于使该流体循环通过该总管;
至少一个风扇,位于该上部中,用于使该流体循环到该外壳之中或之外;
第一温度传感器,用于监视该下部的温度;以及
第二温度传感器,用于监视该上部的温度,
其中该温度控制器响应于该第一温度传感器和该第二温度传感器来控制该至少一个鼓风机和该至少一个风扇的操作。
11. 根据权利要求1的液流电池元电池,其中该温度控制器进一步响应于所预期的热事件来控制该至少一个鼓风机和该至少一个风扇的操作。
12. 一种用于液流电池元电池的热控制方法,该方法包括:
当在罐附近的温度大于第一预定值时,促使流体环绕该罐流动;以及
当该温度小于第二预定值时,阻止该流体流动。
13. 根据权利要求12的用于液流电池元电池的热控制方法,该方法进一步包括:
响应于该外壳外部的外界温度,促使流体环绕该罐流动。
14. 一种用于液流电池元电池的热控制方法,该方法包括:
基于所预报的气候来促使第一流动和/或第二流动,使得:
当预报了第一预定值之上的高温时,降低外壳内部的温度,以及
当预报了第二预定值之下的低温时,升高该外壳内部的温度。

15. 根据权利要求 13 的用于液流电池元电池的热控制方法,进一步包括:
当该外壳内部的温度小于第三预定值或大于第四预定值时,阻止该第一流动和 / 或第二流动。
16. 根据权利要求 14 的用于液流电池元电池的热控制方法,其中所预报的气候基于过去的气候数据和目前的气候数据中的至少一个。
17. 根据权利要求 14 的用于液流电池元电池的热控制方法,进一步包括:
接收所预报的气候。

液流电池元电池的热控制

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请基于 35U. S. C. § 119(e) 而要求在 2008 年 10 月 10 日提交的、标题为“Thermal Control Of A Flow Cell Battery”的美国临时申请第 61/104, 614 号的权益, 通过引用而将其内容全部合并于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及对液流电池元电池 (flow cell battery) 进行控制, 且更具体地, 涉及液流电池元电池的热控制。

背景技术

[0004] 还原氧化 (氧化还原) 液流电池按照化学形式来存储电能, 并随后经由自发的反向氧化还原反应、按照电学形式来分发所存储的能量。氧化还原液流电池是电气化学的存储装置, 其中包含一个或多个溶解的电活化粒种的电解液流经反应堆栅元 (reactor cell), 在该反应堆栅元中将化学能转换为电能。相反地, 放电的电解液可以流经反应堆栅元, 使得将电能转换为化学能。例如, 电解液外部地存储在罐中, 并且流经其中发生电气化学反应的电池元组。外部存储的电解液可以通过泵送、重力供给、或通过用于使流体流经电池系统的任何其他方法来流经该系统。液流电池中的反应是可逆的; 可以对电解液进行再充电, 而无需更换电活化材料。因此, 氧化还原液流电池的能量与总电解液容积 (即, 存储罐的尺寸) 相关。全功率的氧化还原液流电池的放电时间也取决于电解液容积, 并且可以从几分钟到许多天之间变化。

[0005] 无论在液流电池、燃料电池元、还是蓄电池的情况下, 一般都将用于执行电气化学能量转换的最小单位称为“电池元”。一般将以下装置称为“电池”, 该装置集成了串联和/或并联地电耦接以取得更高电流、电压或两者的许多这种电池元。然而, 通常将包括独自使用的单一电池元的耦接电池元的任何集合称作电池。照这样, 可以将单一电池元互换地称作“电池元”或“电池”。

[0006] 可以在需要存储电能的许多技术中利用氧化还原液流电池。例如, 可以利用氧化还原液流电池来存储生产廉价的夜间电, 并且随后在生产电更为昂贵、或需求超出当前生产能力的峰值需求期间提供电。还可以利用这种电池来存储绿色能量 (即, 从诸如风、太阳、波浪或其他非传统资源之类的可再生资源所生成的能量)。可以利用液流氧化还原电池作为不间断电源, 来代替更为昂贵的备用发电机。电力存储的高效方法可以用于构造具有内建备用设备的装置, 该备用设备用于缓解电力切断或突然电力故障的影响。电力存储装置还可以减少发电站中故障的影响。

[0007] 其中不间断电源可以重要的其他情形包括但不限于: 诸如医院之类的建筑物, 其中不间断电力是关键。还可以利用这种电池来在发展中国家提供不间断电源, 许多发展中国家并不具有可靠的电功率源, 这导致了间断的电力可用性。

[0008] 在液流电池中, 电解液典型地是多盐溶液。在存在其他盐的情况下每种盐的可溶

性取决于每种盐的相对浓度和温度。通常,所有盐在某一温度范围内都是可溶的,并且在该范围之外析出 (precipitate),这导致了对于液流电池系统的损坏和液流电池系统的降低效率。

[0009] 液流电池的内部电阻取决于电解液溶液温度。典型地,随着电解液温度增加,内部电阻降低,并故此,该系统的效率增加。因此,为了高效地操作电池系统,可以在高温处操作液流电池系统。然而,在某些化学性质中,一种或多种电解液盐可能在高温处在溶液中分解,这导致了对于该系统的永久破坏或该系统中的效率临时降低。而且,在更高的温度处,寄生反应(例如, H_2 或 O_2 生成)可能出现,其可以抵消上面提及的效率增益。

[0010] 因此,当电解液温度维持在某一范围(即,高效操作范围)内时,液流电池元电池的操作是最优的。氧化还原液流电池在温度范围内(例如,在大约 30°C 和大约 50°C 之间)高效地操作。然而,液流电池可经历随时间而广泛变化的热环境。例如,温度可在白天炎热而在夜晚寒冷,其在二十四小时时段的过程中变化几十度。传统的液流电池采用加热器和制冷器来控制电解液的温度。然而,这些技术导致了附加的装备成本和更高的操作成本。故此,期望具有一种消耗最小数量的能量并且不使用加热器和/或制冷器的用于维持电解液温度的热控制技术。

发明内容

[0011] 与本发明的实施例相符地,一种液流电池元电池可以包括:至少一个罐,用于保持电解液溶液;外壳,围绕该至少一个罐,该外壳具有内部和外部,其中具有第一流体;以及总管(manifold),在热学上(thermally)耦接在该外壳和该至少一个罐之间,该总管允许流体环绕该至少一个罐而循环。

[0012] 下面,参考以下附图来进一步描述本发明的这些和其他实施例。

附图说明

[0013] 为了更加全面地理解本发明,在理解这些附图不意欲限制本发明的范围的情况下,对这些附图进行参考。

[0014] 图 1 图示了还原氧化电池元。

[0015] 图 2 图示了符合本发明实施例的外壳布局(enclosure layout)。

[0016] 图 3 图示了符合本发明实施例的热管理系统的框图。

[0017] 图 4 图示了符合本发明实施例的外壳。

[0018] 图 5A 和 5B 图示了符合本发明实施例的外壳的底部方框。

[0019] 图 6 图示了符合本发明实施例的热控制器的框图。

[0020] 图 7A 和 7B 图示了可以利用符合本发明的一些实施例而获得的用于夏天温度的热循环。

[0021] 图 8A 和 8B 图示了可以利用符合本发明的一些实施例而获得的用于冬天温度的热循环。

[0022] 在附图中,具有相同附图标记的元件具有相同的或实质上相似的功能。所述附图仅仅是说明性的。在附图中描绘的相对尺寸和距离仅仅是为了便于说明,并不具有进一步的含义。

具体实施方式

[0023] 在以下描述中,为了解释的目的,阐释了特定细节,以便提供对本发明实施例的彻底理解。然而,将明显的是,可以在没有这些特定细节的情况下实践本发明。

[0024] 还原氧化(氧化还原)液流电池元是氧化还原电池的最小组件。可以对多个液流电池元进行耦接(例如,“堆叠”),以形成多电池元电池。电池元由通过隔膜分开的两个半电池元组成,在氧化还原反应期间,离子转移通过该隔膜。一个半电池元包含阳极电解液,而另一半电池元包含阴极电解液,将该阳极电解液和阴极电解液统称为电解液。经常利用外部泵送系统来使电解液(阳极电解液和阴极电解液)流经半电池元。每个半电池元中的至少一个电极提供了表面,氧化还原反应在该表面上发生,并且电荷从该表面转移。

[0025] 氧化还原液流电池元通过在充电或放电期间改变其构件的氧化状态来工作。通过导电电解液来串联地连接基本氧化还原液流电池元的两个半电池元,一个用于阳极反应而另一个用于阴极反应。每个半电池元中的电极包括所定义的表面区域,氧化还原反应在该表面区域上发生。当氧化还原反应发生时,电解液流经该半电池元。离子交换隔膜(IEM)分开所述两个半电池元,其中正离子或负离子穿过该隔膜。可以串联地电耦接(例如,“堆叠”)多个这种电池元以实现更高的电压,可以并联地电耦接(例如,“堆叠”)多个这种电池元以便实现更高的电流,或可以实现两者。反应物电解液存储在单独的罐中,并且当必要时按照受控方式分发到电池元中,以向负载供应电功率。

[0026] 图1图示了符合本发明一些实施例的氧化还原液流电池元100。氧化还原液流电池元100包括通过离子交换隔膜(IEM)106分开的两个半电池元102和104。半电池元102和104分别包括分别与电解液130或132接触的电极108和110,使得阳极反应在电极108或110之一的表面处出现,而阴极反应在电极108或110中的另一个的表面处出现。当氧化还原反应发生时,电解液130或132流经半电池元102和104中的每一个。

[0027] 如图1所示,泵116可以将半电池元102中的电解液130通过导管112泵送到保持罐(holding tank)120。相似地,泵118可以将半电池元104中的电解液132通过导管114泵送到保持罐122。在一些实施例中,保持罐120和122可以将已流经电池元100的电解液与尚未流经电池元100的电解液隔离。然而,还可以执行放电或部分放电的电解液的混合。

[0028] 可以对电极108和110进行耦接,以供应电能或从负载/源124接收电能。在负载/源124中包括的其他监视和控制电子设备可以控制电解液经过半电池元102和104的流动。可以串联地电耦接(“堆叠”)多个电池元100以实现更高的电压,可以并联地电耦接(例如,“堆叠”)多个电池元100以便实现更高的电流,或可以实现两者。

[0029] 图2图示了符合本发明一些实施例的外壳布局200。如图2所示,液流电池系统210安置(house)于外壳212中。液流电池系统210包括电池元堆204,该电池元堆204耦接到保持罐120和122,使得电解液(未示出)流经电池元堆204中的每一个电池元,如结合图1所描述的。电子设备202监视并控制堆204的充电和放电。与本发明的实施例相符地,电子设备202还可以包括热控制器214,该热控制器214监视并控制液流电池系统210的温度。

[0030] 如图2所示,外壳212包括下部206和上部208。下部206可以安置例如保持罐

120 和 122。上部 208 可以安置例如堆 204、电子设备 202、以及液流电池系统 210 的所有其他布线、管件 (plumbing)、和其他组件 (未示出)。

[0031] 与本发明相符地,外壳 212 是液流电池系统 210 的热管理的整体部件。如图 2 所示,环绕下部 206 中的保持罐 120 和 122 并且环绕堆 204 来创建流体包层 (blanket) 216, 并且环绕上部 208 中的电子设备 202 来创建流体包层 218。流体包层 216 和 218 可以是被利用来对温度进行热控制的空气包层。然而,在一些实施例中,流体包层 216 和 218 可以是水、油、或可以被利用来对外壳 212 的内部进行热调节的其他流体。在一些实施例中,流体包层 216 和 218 可以流体性地耦接,使得环绕下部 206 的罐 120 和 122 的流体流动和环绕上部 208 的电子设备 202 的流体流动耦接。

[0032] 由于液流电池系统 210 可以具有任何尺寸,所以外壳 212 可以具有可安置液流电池系统 210 的任何维度或形状。

[0033] 液流电池在 (例如,在大约 30°C 和大约 50°C 之间的) 温度范围内高效地操作。然而,液流电池可能经历随时间而广泛变化的热环境。例如,温度可能在白天炎热而在夜晚寒冷,其在 24 小时时段的过程中变化数十度。不过,应该将保持罐 120 和 122 中电解液的温度以及电子设备 202 和堆 204 的温度维持在液流电池系统 210 的高效操作范围内。

[0034] 图 3 图示了液流电池元电池系统 210 的热考虑因素 300。如图 3 所示,在液流电池系统 210 的充电和放电期间,堆 204 和电子设备 202 生成热。在操作期间,例如液流电池由于能量转换中的低效而生成热。当电解质流体流经堆 204 时,热被罐 120 和 122 保留并发射。此外,热从外界 308 并且从直接太阳能加热 306 转移到液流电池系统 210 之中和之外。典型地,太阳能加热 306 具有在正午时达到峰值的正弦曲线分布图 (profile)。外界 308 由于温度在整个一天之中上升并且下降而典型地具有三角形分布图。外壳 212 可以是热障,该热障在外部可以是反射性的,并且在外壳 212 的内部和外部两者都可以包括隔热材料,所述隔热材料有助于在外界 308 的温度低于液流电池系统 210 的操作范围时保留热、并且在外界 308 的温度高于液流电池系统 210 的操作范围时防止来自外界 308 的加热。罐 120 和 122 中的电解液通过堆 204 中的电阻损耗、由于再化合 (recombination) 而产生的热损耗、以及由于泵送而产生的加热而加热。罐 120 和 122 典型地是热的首要辐射体和外壳 212 内部的最大散热器。

[0035] 如图 3 所图示,流体包层 216 和 218 将热传导到外壳 212 之中和之外。电子设备 202 中的热控制器 214 对流体包层 216 和 218 中的流体流动进行控制。

[0036] 本发明的一些实施例可以包括相变材料 (PCM) 302,以增加液流电池系统 210 的特定热容量。在温度变化在二十四小时时段中很大的环境中,PCM302 可以在温度可以较高的日间期间存储热能,并且在温度可以较低的夜间期间消散 (dissipate) 热能。因而,PCM 302 可以促使在夜晚将液流电池系统 210 维持在其高效操作范围内,而无需不必要地使用能量来操作单独的加热系统。

[0037] PCM 302 可以依靠某一温度处的相位转变的潜热来存储每单位质量的大量的热能。PCM 302 可以是在吸收或发射热时经历相变 (例如典型地,液态到固态或者固态到液态) 的任何材料。PCM 302 可以经历包括液流电池系统 210 的高效操作范围内的温度的、任何温度处的转变。PCM 302 的示例包括基于有机物和脂肪酸的材料、盐、或其他材料。磷酸氢二钠 (Na_2HPO_4) 例如具有大约 48°C 的转变温度,并且可以利用它来在转变温度之处或之

上的温度处吸收热、并在转变温度之下的温度处发射热。PCM 302 的某些实施例在 10°C 和 40°C 之间改变状态,例如磷酸二氢钾 (KH_2PO_4)。

[0038] 如图 2 和 3 所图示,通过使流体流经流体包层 216 和 218 来环绕外壳 212 传导热。符合本发明的一些实施例利用流体包层 216 和 218 中的空气。在这些实施例中,鼓风机或风扇使流体包层 216 和 218 中的空气移动。在利用除了空气之外的流体的系统中,可以利用适当的泵送系统和热交换系统。如上所述,包层 216 和 218 可以彼此进行流体传递。

[0039] 图 4 图示了符合本发明实施例的外壳布局 212。如图 4 所示,外壳 212 的顶部 208 包括具有风扇 406 和 410 的通风口 408 和 412。在一些实施例中,风扇 406 和 410 可以是可变速风扇。此外,在一些实施例中,风扇 406 和 410 可以使空气流动到外壳 212 之中和之外两者。照这样,空气的流动可以将热从外界 308 运送到外壳 212 之中或者从外壳 212 向外运送到外界 308。

[0040] 图 5A 沿着图 4 所图示的方向 A-A' 而示出了外壳 212 的视图。因此,图 5A 图示了外壳 212 的底部 206 的自顶向下的视图。照这样,利用允许环绕罐 120 和 122 的气流的空气包层 216 来定位罐 120 和 122。肋材 (rib) 506 位于外壳 212 的各边与罐 120 和 122 之间。例如,可以将肋材 506 焊接到外壳 212 的各边,并且肋材 506 可以包括与罐 120 和 122 接触的衬垫类型材料,以便形成密封。如图 5B 所示,肋材 506 被拉长、被定位使得长维度在底部 206 中垂直地定向,并且肋材 506 包括通路 508,空气 (或在一些实施例中,另一流体) 可以流经该通路 508。如图 5A 所示,沿着矩形外壳 212 的每一边来定位三个肋材 506,然而,可以在外壳 212 的每一边上利用任何数目的肋材 506。一般地,外壳 212 可以具有适于安置液流电池系统 210 的任何几何形状。

[0041] 如图 5A 所示,鼓风机 502 和 504 环绕下部 206 沿着相反方向吹动空气。位于鼓风机 502 和 504 的夹角以及对角的阻止器 (stopper) 510 防止鼓风机 502 所驱动的空气干扰鼓风机 504 所驱动的空气,并且反之亦然。在一些实施例中,使底部 206 与顶部 208 之间密封,使得防止环绕底部 206 而循环的空气在出口孔 512 之外处进入上部 208。位于鼓风机 502 和 504 对面的出口孔 512 允许空气从下部 206 排出到上部 208 中。在一些实施例中,从流体包层 218 抽入到鼓风机 502 和 504 的流体用作流体包层 216,并且通过出口孔 512 而从流体包层 216 排出的流体进入流体包层 218。

[0042] 具有空气通路 508 的肋材 506 和垂直自由空间 518 允许空气环绕罐 122 和 124 的均匀流动。肋材 506 操作为阻流器,使得对于肋材 506 之间的垂直自由空间 518 中的流体流动的阻力比对于通过肋材 506 中的通路 508 的流动的阻力低得多,这导致了均匀的流动分布。在一些实施例中,肋材 506 可以是空心的,并且具有多个通路 508。在一些实施例中,可能存在沿着每一个肋材 506 均匀间隔的十五个通路 508。在肋材 506 之间是用于传播该流体的垂直自由空间 518。尽管肋材 506 阻碍了水平方向中的气流,但是垂直自由空间 518 允许流体在垂直方向中均化 (homogenize)。肋材和垂直自由空间 518 形成用于提供环绕罐 120 和 122 的均匀流体流动的总管 (manifold)。

[0043] 在上述外壳的一些实施例中,利用沿着肋材 506 均匀间隔的 5mm 直径的十五个通路 508,利用外壳 212 每一边的五个肋材 506、以及其每一个以 15 立方英尺每分钟 (CFM) 而操作的鼓风机 502 和 504,在鼓风机 502 和 504 与出口孔 512 之间的压降大约为 4 毫巴 (mbar)。对通路 508 的数目和直径进行设计,以避免创建在罐 120 和 122 与外壳 212 之间

的滞留 (stagnant) 空气间隙, 该滞留空气间隙可能导致这个区域中的热加热。可以通过肋材 506 来使罐 120 和 122 与外壳 212 之间接触。

[0044] 现在参考图 5B(空气包层 216 的剖面图), 鼓风机 502 或 504 首先将流体 514(例如, 空气) 推入到垂直自由空间 518 中, 该垂直自由空间 518 比通路 508 具有更低的阻力。然后, 气柱 (air column) 交替地通过肋材 506 中的通路 508 和垂直自由空间 518 而环绕罐 120 和 122 移动。

[0045] 本发明的一些实施例高效地将热能或热从罐 120 和 122 移动到外壳 212 的外部 (即, 外界)。空气或其他流体以高速在罐 120 和 122 的外表面上移动。更高的速度导致了更大的转移比。参考图 5A-B, 本发明的实施例包括总管结构 (即, 肋材 506 和垂直自由空间 518), 该总管结构在大量罐 120 和 122 表面上分布流体。通过改变流体包层的速度, 可以有效地控制热转移的速率。这被称为“活化流体包层”。返回参考图 3, 可以将罐 120 和 122 中的电解液 130 和 132 的温度维持在从显著高于外壳 212 外面的温度到刚刚在该外壳 212 外面的温度之上的温度范围内的温度处。

[0046] 图 6 图示了热控制器 214 的实施例。如图 6 所图示, 可以遍布外壳 212 来定位温度传感器, 以便监视温度。例如, 温度传感器可以是温度计、热电偶、热敏电阻器、电阻式温度检测器等。在图 6 所示的实施例中, 温度传感器 602 监视罐 120 中的电解液的温度, 温度传感器 604 监视罐 122 中的电解液的温度, 温度传感器 606 监视上部外壳 208 内部的温度, 而温度传感器 608 监视外界 308 的温度。此外, 可以从控制电子设备 202 的剩余部分接收输入信号 610。例如, 输入信号 610 可以向热控制器 214 警告待处理的充电和放电事件, 以便可以预测热事件。

[0047] 继而, 基于输入信号 610 以及来自温度传感器 602、604、606 和 608 的信号, 热控制器 214 操作风扇 406 和 410、鼓风机 502 和 504、以及加热器 612。在一些实施例中, 在外壳外部的温度使得不能以别的方式维持最小的期望电解液温度时, 加热器 612 可以维持电解液温度。在一些实施例中, 热控制器 214 可以是用于执行软件 (例如, 代码、程序和指令) 的微控制器、硬件或其组合。该软件可以存储在计算机可读介质上。

[0048] 在一些实施例中, 一旦温度传感器 602 和 604 达到预定电平, 控制器 214 就接通鼓风机 502 和 504, 并且一旦温度传感器 602 和 604 低于另一预定电平, 控制器 214 就关断鼓风机 502 和 504, 这创建了滞后效应。相似地, 当温度传感器 606 达到第一预定电平时, 控制器 214 接通风扇 406 和 410, 并且当温度传感器 606 减少到第二预定电平时, 控制器 214 关断风扇 406 和 410, 这创建了滞后效应。在一些实施例中, 可以将电解液温度维持在 35°C 和 55°C 之间, 并且将上部 208 中的温度维持在 25°C 和 45°C 之间。照这样, 例如当温度传感器 606 检测到大约 40°C 的温度时, 控制器 214 可以接通风扇 406 和 410, 并且当温度传感器 602 和 604 检测到大约 50°C 的电解液温度时, 控制器 214 可以接通鼓风机 502 和 504。相似地, 当上部 208 中的温度下降到所设置的温度之下时, 可以切断风扇 406 和 410, 并且当下部 206 的温度下降到另一所设置的温度之下时, 可以切断鼓风机 502 和 504。

[0049] 于是, 控制器 214 可以作为如温度传感器 602、604 和 606 所测量的温度的函数来控制风扇 406 和 410 以及鼓风机 502 和 504。图 7A 和 7B 图示了在包括每天几个充电 / 放电循环的几天的操作中的温度控制器 214。图 7A 图示了炎热气候的夏天状况, 其中通过曲线 702 来图示外界温度 308。通过曲线 704 来图示电解液的温度。图 7B 图示了风扇 406 和

410 的操作。图 8A-B 图示了在冬天状况期间热控制器 214 的操作。

[0050] 在温度控制器 214 的一些实施例中,温度控制器 214 可以预期外壳 212 中的温度改变,并且相应地进行动作。温度控制器 214 可以基于来自过去趋势、过去测量、当前测量、卫星图像等的气候数据,使用预报来预期温度状况。温度控制器可以访问本地存储的气候数据或者通过有线和 / 或无线通信来访问气候数据。例如,温度控制器 214 可以预期日均外界温度改变,并且例如在预期到特别寒冷的夜间温度的情况下,允许稍微提升的温度。相反地,在预期到白天期间的升温的情况下,温度控制器 214 可以在夜晚期间使温度下降。另外,温度控制器 214 可以预期充电和放电事件所生成的热,并相应地进行动作。在一些实施例中,温度控制器 214 可以响应于温度传感器 602、604、606 和 606 并且响应于信号 610 来适应性地控制风扇 406 和 410 以及鼓风机 502 和 504,使得可以更加准确地预测外壳 212 的热响应。

[0051] 对于本领域技术人员将明显的是,可以对于用于测量流体的多种属性的传感器做出各种修改和变化。在考虑到在这里公开的本发明的说明书和实践的情况下,符合本发明的其他实施例对于本领域技术人员而言将是明显的。仅仅意欲将说明书和示例看作示范性的。相应地,本发明应该仅仅通过以下权利要求来限定。

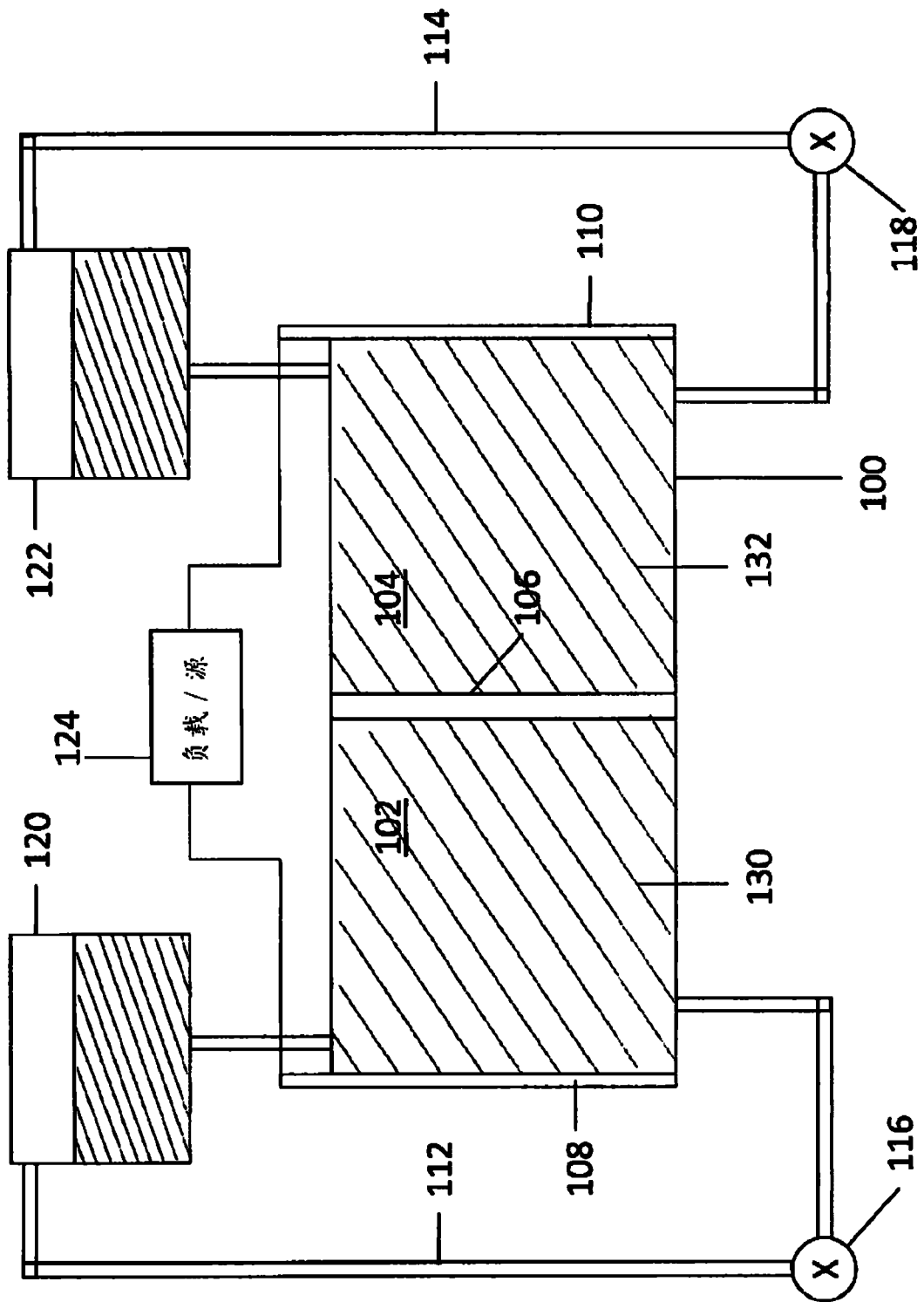


图 1

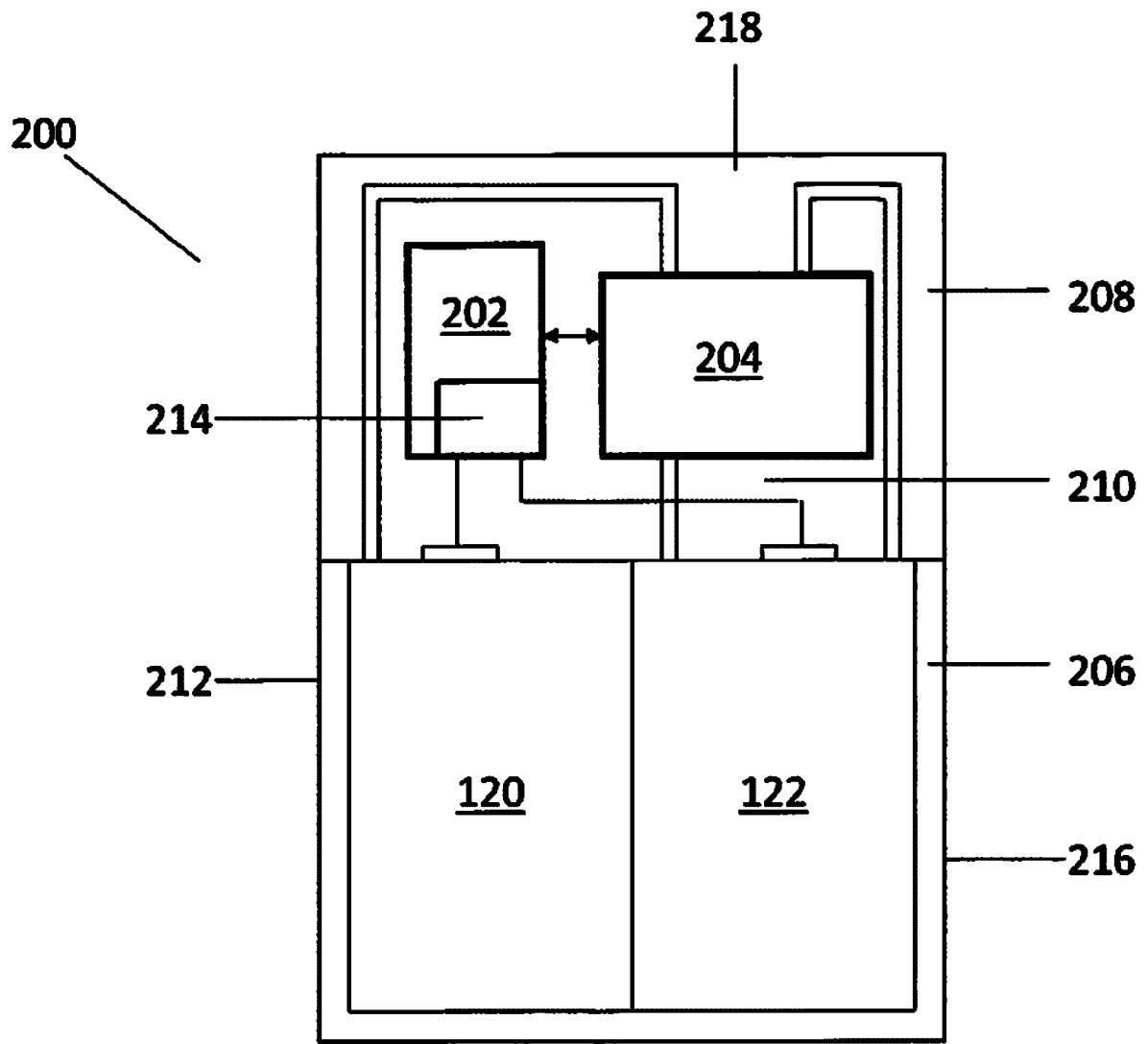


图 2

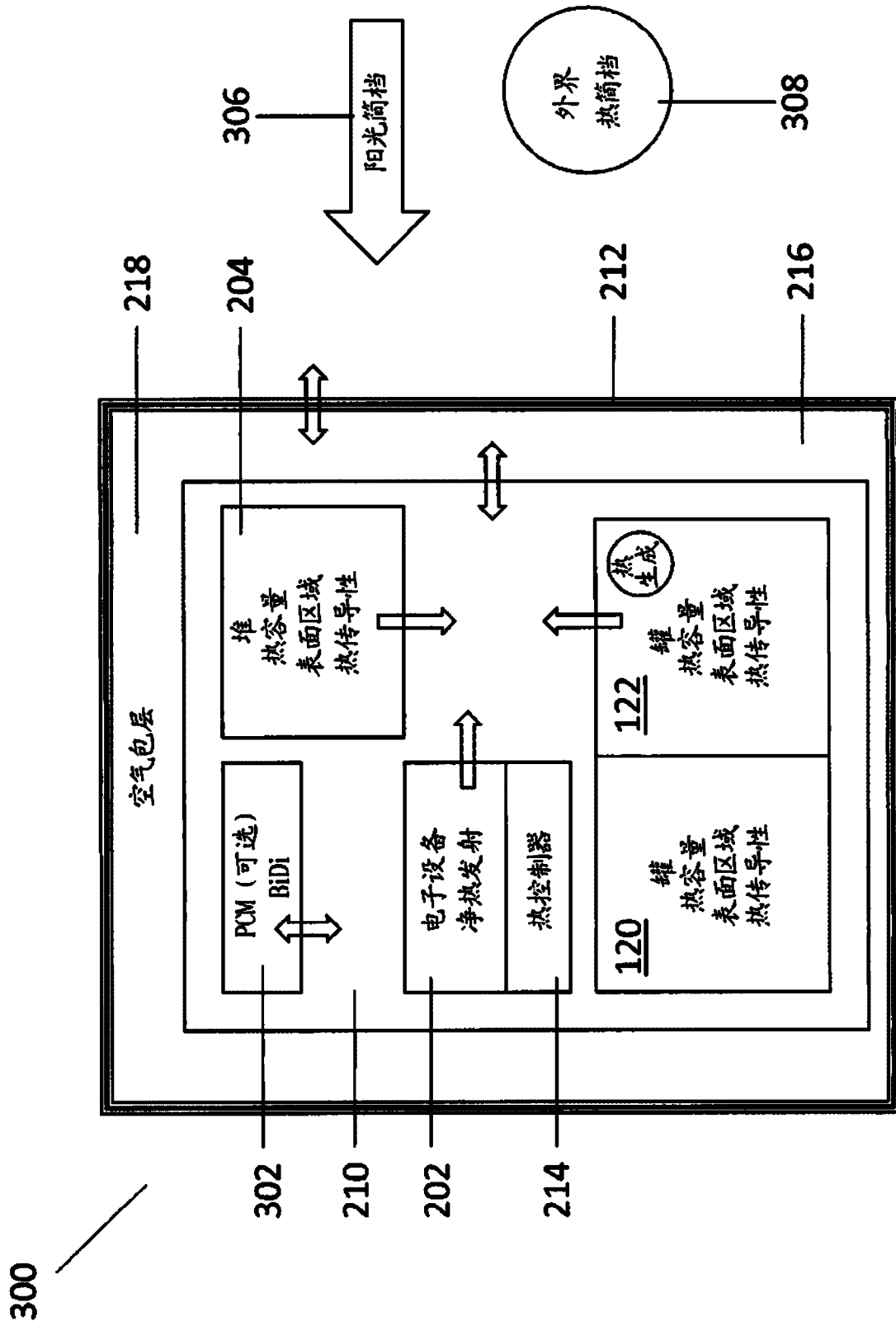


图 3

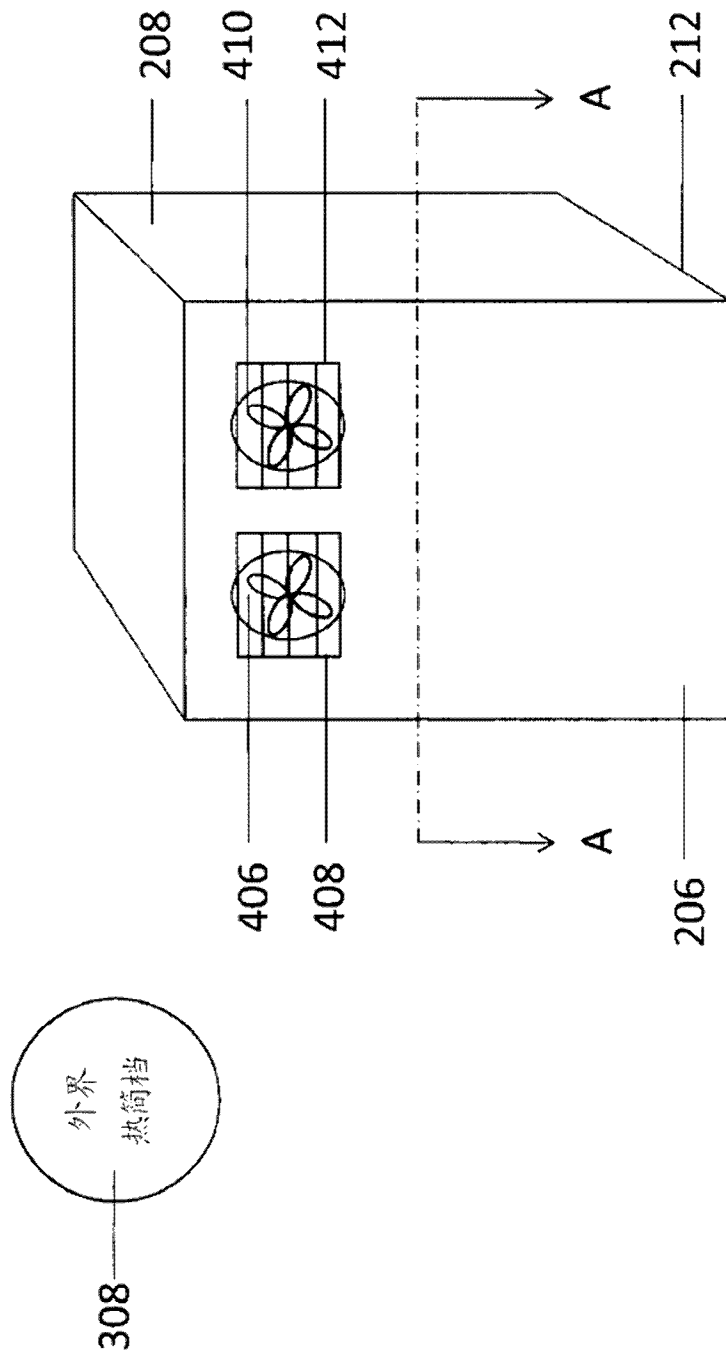


图 4

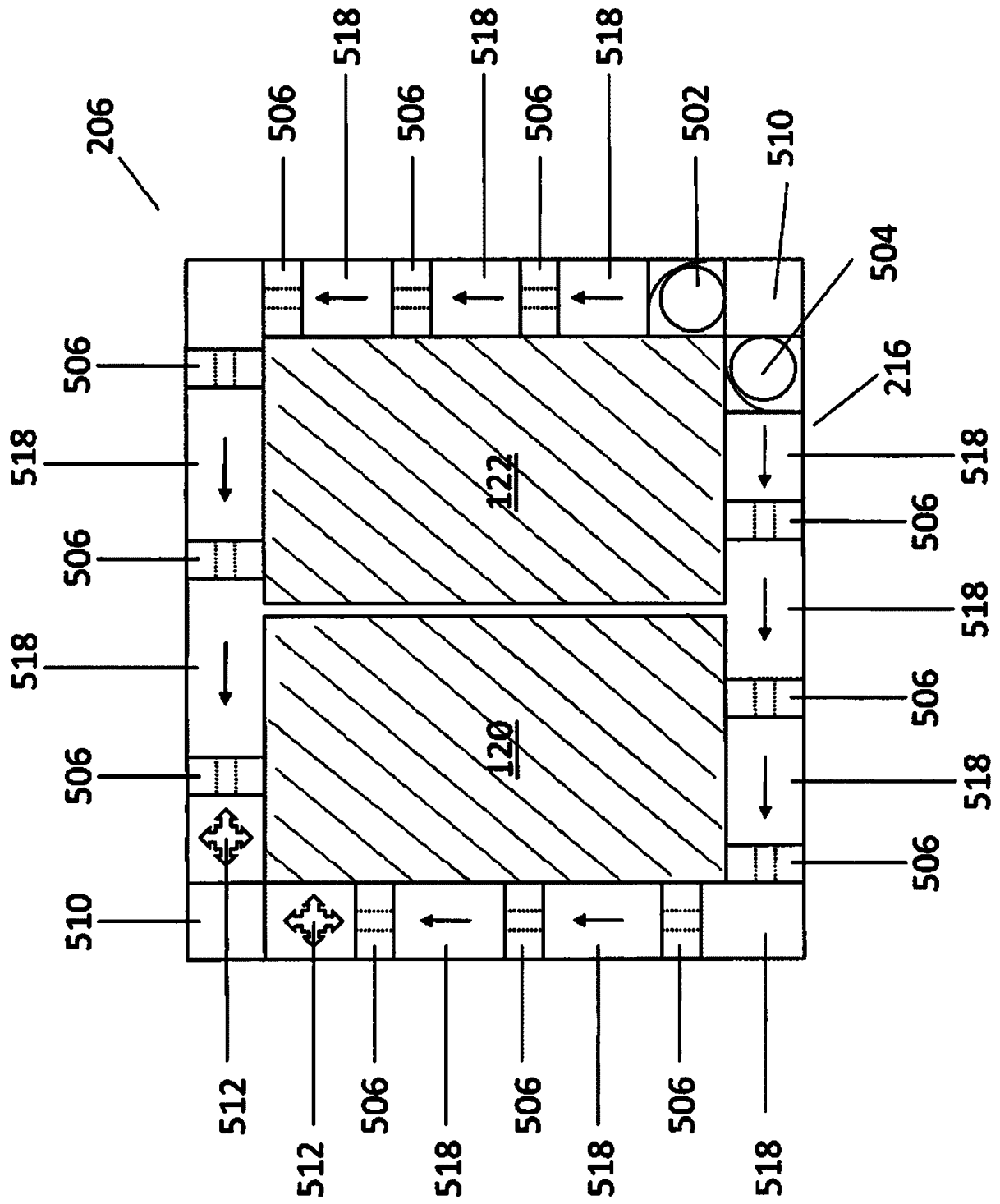


图 5A

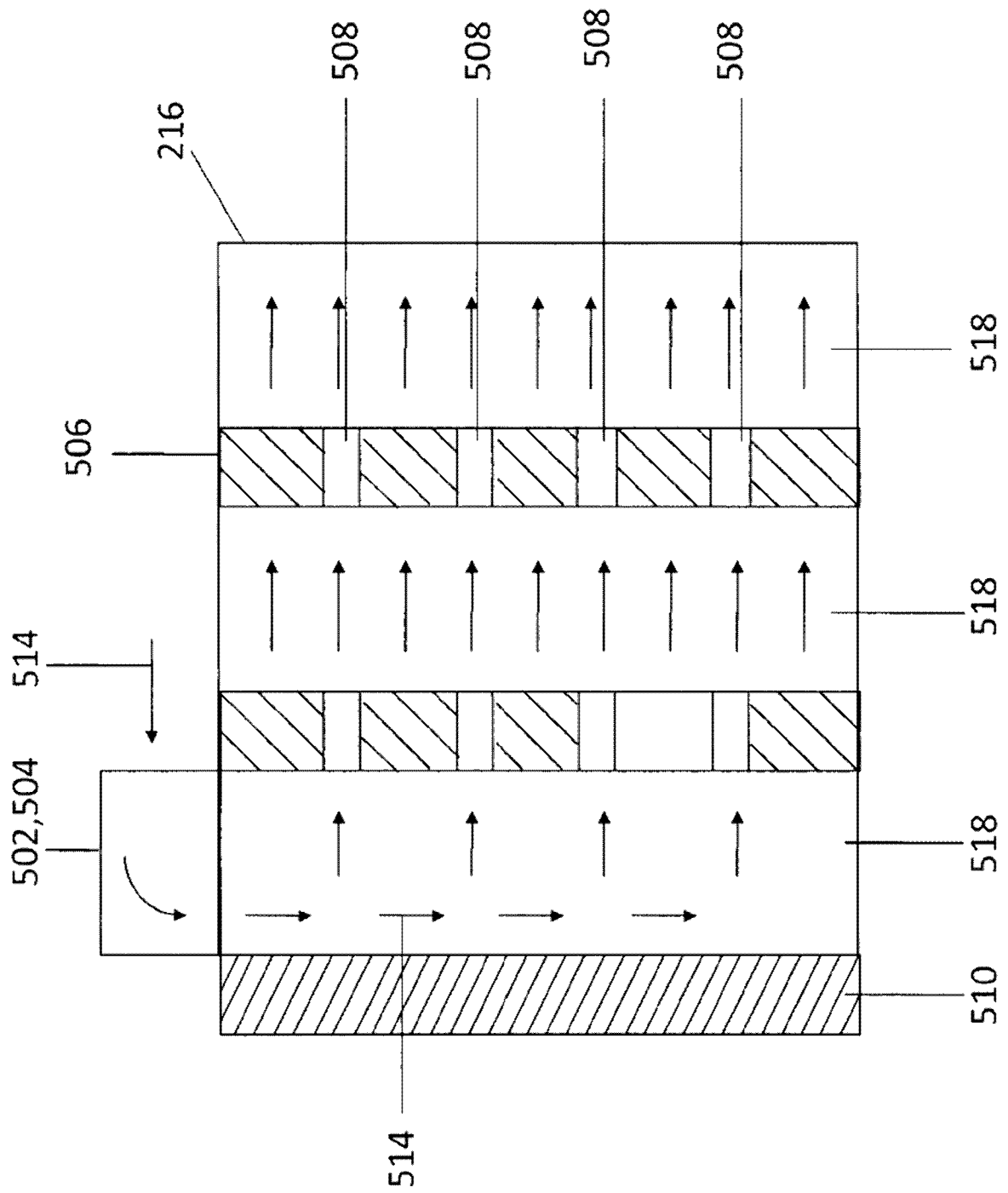


图 5B

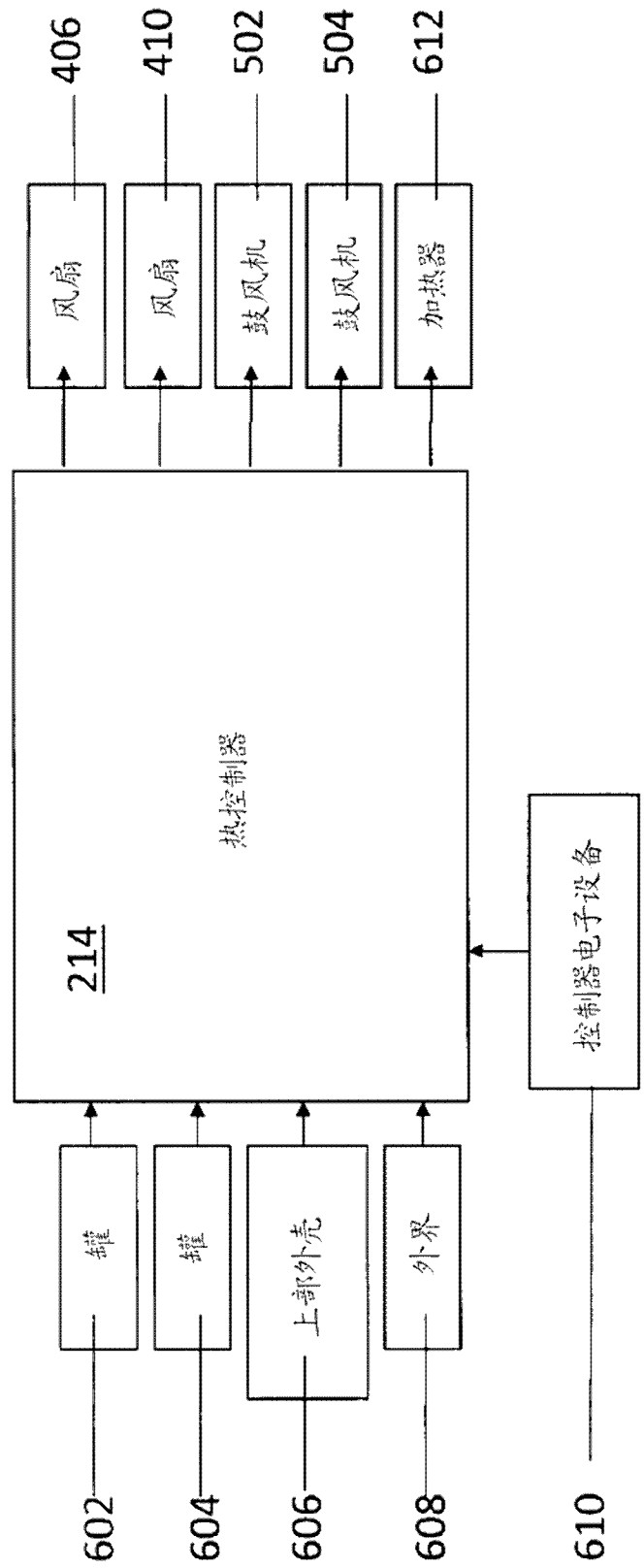


图 6

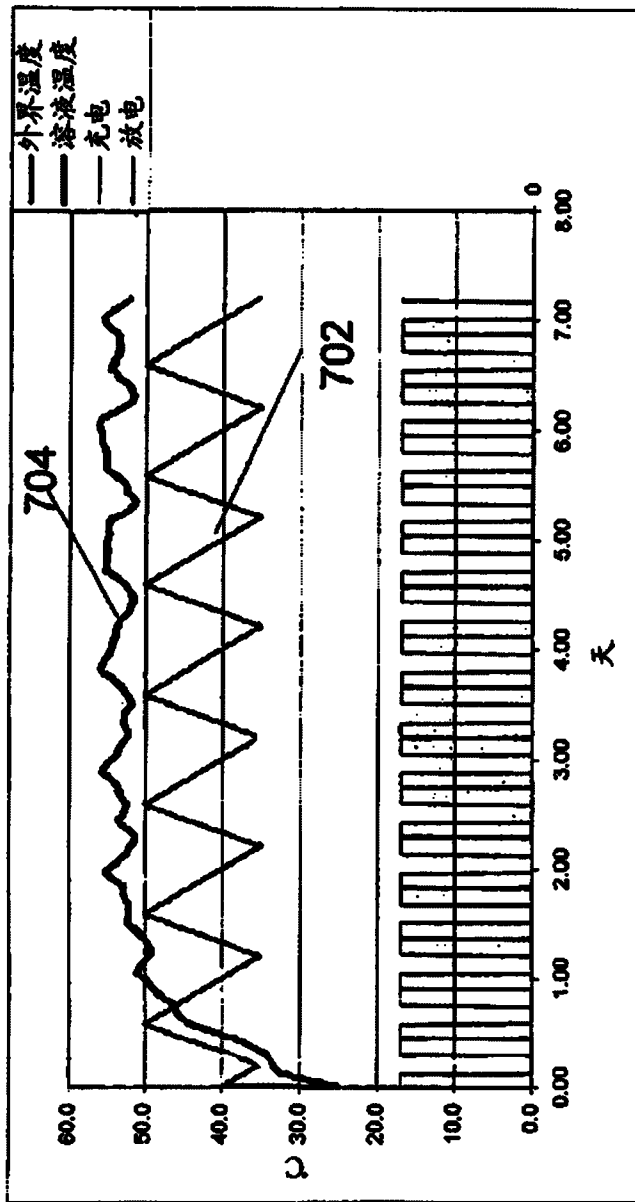


图 7A

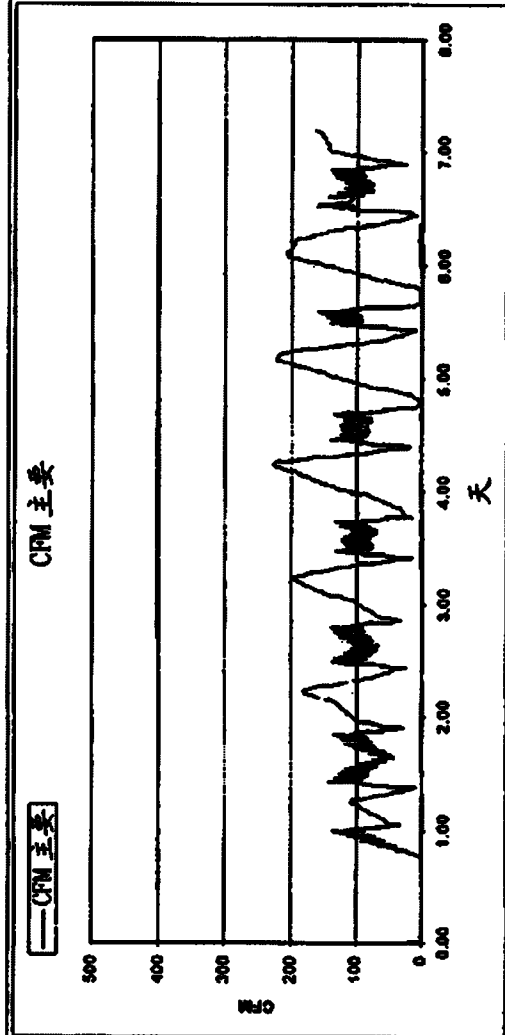


图 7B

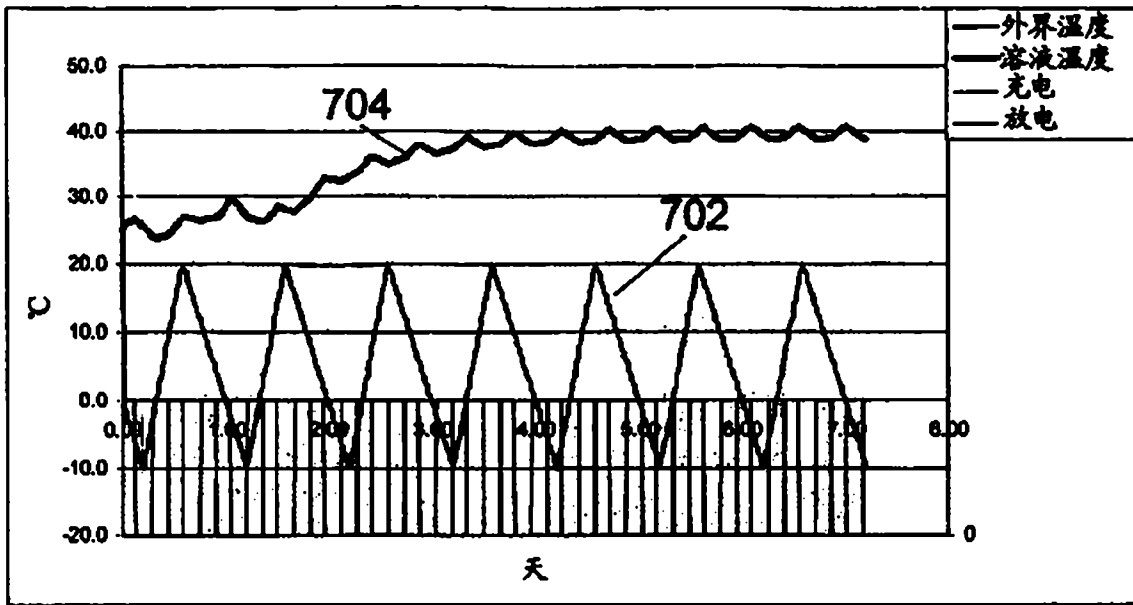


图 8A

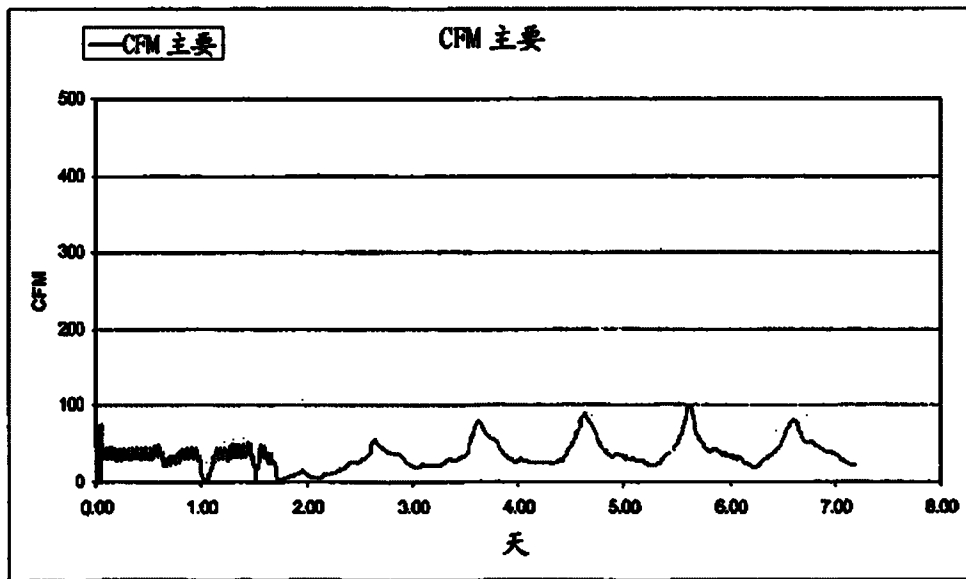


图 8B