



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105324875 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 10

(21) 申请号 201480032562. 2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 06. 06

H01M 8/18(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/832236 2013. 06. 07 US

61/832221 2013. 06. 07 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 12. 07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/041374 2014. 06. 06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/197842 EN 2014. 12. 11

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 G·L·索罗维基克

S·克尼亚简斯基 G·D·扎皮

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 周李军 林森

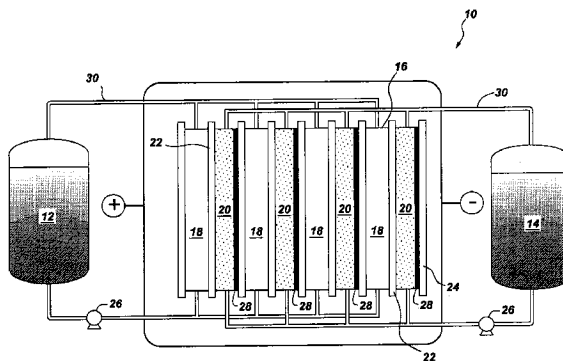
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

能在电化学反应中操作的阴极和相关的电  
池、装置以及方法

(57) 摘要

本发明描述液流电池,所述液流电池包括卤  
素含氧酸化合物的至少一种盐的水性溶液形式的  
阴极电解液;和包括能够参与阴极电解液盐的  
还原-氧化(氧化还原)反应的电化-活性材  
料的阳极电解液;和介于之间的离子-渗透膜。还  
描述了用于电池或用于其它目的独特阴极和使用  
液流电池向装置、系统或车辆提供电能的方法。



1. 液流电池,其包括:
  - (a) 第一室(阴极电解液),其包含卤素含氧酸的至少一种盐的水性溶液;
  - (b) 第二室(阳极电解液),其包含能够参加与组分(a)的盐的还原-氧化(氧化还原)反应的电化学活性材料的水性溶液;
  - (c) 至少一种离子-渗透膜,其分离所述第一室和所述第二室;和
  - (d) 用于使水性溶液流动通过电池的装置。
2. 权利要求1的电池,其中所述卤素含氧酸具有式 $HXO_3$ (卤酸盐),其中X为氯(Cl)、溴(Br)或碘(I)。
3. 权利要求2的电池,所述电池设置成促进可逆氧化还原(氧化-还原)反应,所述反应将含氧卤化离子( $XO_3$ )转化为卤化物离子(X),其中X为氯(Cl)、溴(Br)或碘(I)。
4. 权利要求2的电池,其中所述酸为氯酸, $HClO_3$ ,且相应的盐为氯酸盐。
5. 权利要求4的电池,其中所述氯酸盐选自氯酸钠、氯酸钾、氯酸锂、氯酸钙、氯酸镁、氯酸锌和它们的组合。
6. 权利要求1的电池,其中所述第二室(阳极电解液)含有电沉积的金属阳极。
7. 权利要求6的电池,其中电沉积的金属为锌。
8. 权利要求1的电池,其中所述阳极电解液进一步包括缓冲剂,所述缓冲剂包含弱酸和其共轭碱的混合物。
9. 权利要求8的电池,其中所述共轭碱选自乙酸根阴离子、柠檬酸根阴离子、琥珀酸根阴离子、磷酸二氢根阴离子、N-环己基-2-氨基乙硫酸根阴离子、硼酸根阴离子、氨、通式为 $NR_3$ 的三烷基胺,其中R为含有约1-4个碳原子的烷基、三(羟甲基)甲胺、N,N-双(2-羟乙基)甘氨酸和它们的组合。
10. 根据权利要求1的电池,其中所述离子-渗透膜为质子交换膜。
11. 权利要求10的电池,其中质子交换膜为磺化含氟聚合物-共聚物。
12. 权利要求1的电池,其中第二室(阳极电解液)进一步包含有机氢载体。
13. 权利要求12的电池,其中所述有机氢载体在脱氢时能够产生芳族化合物或羰基化合物。
14. 权利要求13的电池,其中所述有机氢载体选自环烃、杂环化合物、醇和它们的组合。
15. 权利要求1的电池,其中液流电池包括双极性电池组,所述电池组包含各自通过离子-渗透膜之一分离的一系列电导双极性电极(板)。
16. 权利要求15的电池,其中提供所述板的电导特征的材料为金属或碳的电导形式。
17. 能在电化学反应中操作的阴极,其包含卤素含氧酸的至少一种盐的水性溶液,所述卤素含氧酸具有式 $HXO_3$ (卤酸盐),其中X为氯(Cl)、溴(Br)或碘(I)。
18. 权利要求17的阴极,所述阴极并入选自电池、燃料电池和传感器中的至少一种电化学装置中。
19. 包括至少一种液流电池的电动车辆或电网系统,所述液流电池包含:
  - (a) 第一室(阴极电解液),其包含卤素含氧酸的至少一种盐的水性溶液;
  - (b) 第二室(阳极电解液),其包含能够参加与组分(a)的盐的还原-氧化(氧化还原)反应的电化学活性材料的水性溶液;

- (c) 至少一种离子 - 渗透膜, 其分离所述第一室和所述第二室 ; 和
- (d) 用于使水性溶液流动通过所述电池的装置。

20. 向装置、系统或车辆提供电能的方法, 其包含将至少一种液流电池电子连接至所述装置、系统或车辆, 以使电化学产生的能量由电池选择性地向所述装置、系统或车辆供能的步骤, 其中所述液流电池包含 :

- (a) 第一室 ( 阴极电解液 ), 其包含卤素含氧酸的至少一种盐的水性溶液 ;
- (b) 第二室 ( 阳极电解液 ), 其包含能够参加与组分 (a) 的盐的还原 - 氧化 ( 氧化还原 ) 反应的电化学活性材料的水性溶液 ;
- (c) 至少一种离子 - 渗透膜, 其分离所述第一室和所述第二室 ; 和
- (d) 用于使水性溶液流动通过所述电池的装置。

## 能在电化学反应中操作的阴极和相关的电池、装置以及方法

[0001] 相关专利申请

[0002] 本申请要求于 2013 年 6 月 7 日提交的美国临时申请 S. N. 61/832, 236 (G. Soloveichik 等人); 和 2013 年 6 月 7 日提交的 S. N. 61/832, 221 (G. Soloveichik) 的权益。这两个申请的内容均通过引用并入本文。

[0003] 背景

[0004] 电网规模的电能储存 (EES) 指的是大规模地将电力储存在电力网中的方法。简言之, 在当发电厂的产量超过消耗量的时间期间储存电能。当消耗量超过产量时, 使用储存的电力。以该方式可将电力的生产保持在更稳定的水平。由此, 可更有效和容易地操作燃料基发电厂 (即煤、油、气)。此外, 关于电网连接的“间断性能量源”的效果, 例如太阳能 (光电的) 和风能涡轮, 存在更多的可预测性和更大的灵活性。由此, 电网规模的 EES 是和可再生能源的使用有关的一个重要方面。然而, 现行可用的 EES 技术常常以高成本操作和 / 或并非实际可缩放。

[0005] 氧化还原 (氧化还原) 液流电池 (RFB) 被认为是用于 EES 的强有力的候选物, 这归因于它们分离电力和能量的能力、它们的灵活布置和它们潜在的低成本。然而, 当前使用的电极材料 (例如钒或溴) 的低能量密度 (20-50Wh/kg) 和高材料成本抑制 RFB 对市场的广泛渗透。除了昂贵的全钒装置外, 大多数其它 RFB 化学物质包括可对交叉污染敏感的阴极电解液 - 阳极电解液系统。该污染不可通过使用离子交换膜来防止, 并由此成为可需要活性材料再加工的主要问题。像这样的另外的加工步骤可增加维护成本和停工时间, 并减少 RFB 装置的寿命。通常, 对于降低或消除像那些使用 RFB 的 EES 技术中的两个主要缺点: 低能量密度和高材料成本, 存在相当的兴趣。

[0006] 储能装置 (像液流电池) 的另一个重要的用途是机动车辆 (EV)。对于现代 EV, 已放弃使用不实用的重铅酸电池。尽管高度进步的电池化学物质 (像锂离子) 显示出应用于现代 EV 的巨大前景, 但仍留有严重缺点。例如, 在 EV 中, 电池系统仍通常代表最昂贵和最重的组件。此外, 出于安全考虑, 电池系统周围常常需要金属或“装甲”外覆。外覆可向 EV 增加另外的重量。这可继而对电池提出更大的要求; 并可在必须再充电之前减少操作时间。不像锂离子和其它电池系统类型, 液流电池可方便地在物理意义上分离阴极和阳极组件, 并且这可降低在电池的电极组件彼此紧靠放置时可出现的危险。

[0007] 由上述考虑而应明显的是, 新型液流电池和电池内的组件将为本领域所期望。例如, 具有增加能量密度的潜力的液流电池对于多种终端用途将显示出可观的进步。结合通过液流电池设计 (例如, 阴极和阳极的选择性位置) 容许的灵活性, 电池化学成分的相对低成本将代表另一个期望的属性。此外, 形成电池的一部分的新型电极 (例如阴极) 可极好地用于其它电化学应用和相关系统, 例如燃料电池和传感器。

[0008] 简述

[0009] 本发明的一个实施方案涉及液流电池 (有时称为“液流 - 辅助电池”), 其包含:

[0010] (a) 第一室 (阴极电解液), 其包含卤素含氧酸化合物的至少一种盐的水性溶液;

[0011] (b) 第二室 (阳极电解液), 其包含能够参加与组分 (a) 的盐的还原 - 氧化 (氧化还原) 反应的电化学 - 活性材料的水性溶液;

[0012] (c) 至少一种离子 - 渗透膜, 其分离第一室和第二室; 和

[0013] (d) 用于使水性溶液流动通过电池的装置。

[0014] 另一个实施方案涉及能够在电化学反应中操作的阴极。该阴极包含卤素含氧酸的至少一种盐的水性溶液。

[0015] 另一个实施方案涉及向装置、系统或车辆提供电能的方法。该方法包含将至少一种如本文所述的液流电池电连接至装置、系统或车辆的步骤。

[0016] 本发明实施方案的另外的方面和 / 或优点将阐述于以下描述中。

[0017] 附图简述

[0018] 图 1 为根据本发明一个方面的液流电池的简化示意图。

[0019] 图 2 为根据本发明另一方面的液流电池的简化示意图。

[0020] 详述

[0021] 本发明的一个实施方案涉及含有至少一个电化学电池的液流电池。一个或多个电化学电池包含卤素含氧酸盐和阳极。阳极可包含液体有机氢载体或金属。通常, 含氧酸化合物遵循通式  $HXO_3$ , 其中 X 为氯、溴或碘。相应的盐分别为氯酸盐、溴酸盐和碘酸盐。

[0022] 关于氯, 相应的氯酸的盐 (即氯酸盐) 经常选自: 氯酸钠、氯酸钾、氯酸锂、氯酸钙、氯酸镁、氯酸锌; 和它们的组合。关于溴, 相应的溴酸的盐 (即溴酸盐) 经常选自: 溴酸钠、溴酸钾、溴酸锂、溴酸钙、溴酸镁、氯酸锌; 和它们的组合。关于碘, 相应的盐 (即碘酸盐) 经常选自碘酸钾、碘酸钠或它们的组合。

[0023] 通常, 阴极和阳极分别包含通过离子渗透膜分离的阴极电解液和阳极电解液。通常, 系统还包括集流器和外壳。通常将阴极电解液和阳极电解液贮槽布置为与阴极和阳极连通 (例如液体连通)。另外的组件包括泵和管道以及控制设备。

[0024] 阴极化学基于可逆的氧化还原 (还原 - 氧化) 反应, 所述氧化还原反应将氧化卤化离子 ( $XO_3$ ) 转化为卤化物离子 (X), 其中 X 可以为 Cl、Br 或 I。关于氯, 该反应的标准半电池电势  $E^\circ$  为 1.45V; 对于溴为 1.42V; 而对于碘为 1.085V。该反应允许每个卤素原子中 6 个电子的转移, 结合由金属卤酸盐和卤化物呈现出来的高溶解度, 可向阴极提供相对高的能量密度 - 尤其是在氯酸盐 / 氯化物的情况下。(为了简化起见, 经常将氯用于说明。然而应理解, 溴或碘可替代使用。在一些情况中, 术语 “卤酸盐” 将用于描述氯酸盐、溴酸盐或碘酸盐中的任一)。由此, 关于氯, 阴极电解液通常包含带电形式的金属氯酸盐和放电形式的金属氯化物。

[0025] 根据以下讨论的本发明的实施方案, 用于电池的阳极电解液包含能够可逆脱氢的有机氢载体 (通常以液体形式) 和任选地溶剂以及盐。脱氢反应可导致稳定的脱氢化合物或氢化和脱氢形式的化合物的混合物的形成。

[0026] 如前所述, 阴极化学基于可逆的还原氧化反应, 其包括将卤酸盐转化为相应的卤化物离子。在放电下, 卤酸根离子 (例如氯酸根) 消耗 6 个电子和 6 个质子以产生卤化物离子 (例如氯化物) 和 3 个水分子。在电池充电期间, 反应逆向进行 (关于氯酸盐 / 氯化物,  $E^\circ = 1.45V$ )。

[0027]  $(ClO_3) + 6H^+ + 6e \rightleftharpoons Cl + 3H_2O$  (等式 1)

[0028] Cl 到 ClO<sub>3</sub> 的氧化为本领域所已知并在当前用于工业过程,例如生产 NaClO<sub>3</sub>。氯酸钠产生于未分隔的电解池,始于 NaCl 盐水。在受控 pH 下(在一些情况中为 6-7,并优选约 6.3-6.6),阳极反应产生 ClO 和 HClO,它们在过程温度(60-90℃)下可快速歧化为 NaClO<sub>3</sub> 和 NaCl,同时在阴极侧离析出氢气(H<sub>2</sub>)。

[0029] 除歧化外,还通过直接电化学方式产生卤酸盐,例如氯酸盐。过渡金属盐可用于抑制阳极 O<sub>2</sub>析出并降低超电势。氯酸盐到氯化物离子的电化学还原为本领域所已知,并且可通过钴盐催化。一般,在这类电池的阳极处出现的化学反应是根据以下等式的有机氢载体的可逆脱氢:

[0030]  $LH_n < == > L + nH^+ + ne$  (等式 2),

[0031] 其中 L 为含有一个或多个不饱和键,例如 C=C、C=O、C=N、C≡N 或一个或多个芳族环的有机化合物。

[0032] 如前所述,将至少一种有机氢载体用于本发明的实施方案。在一些实施方案中,有机氢载体是在脱氢时能产生芳族化合物或羰基化合物的一种。一些合适的有机氢载体的实例为环烃、杂环化合物、醇和它们的组合。醇的非限制性实例为 2-丙醇、1,3,5-三羟基环己烷、2,3-丁二醇、1,4-丁二醇、1,4-戊二醇、1,5-戊二醇和它们的组合。可使用两种或更多种载体的低熔点混合物。可加入溶剂和盐,用于提高电导率。

[0033] 通常需要电催化剂来降低有机载体的电化学脱氢和氢化的超电势。可将电催化剂沉积在多孔导电材料上,结合离聚物形成液体扩散层。适用于本发明实施方案的电催化剂的非限制性实例为多金属氧酸盐基材料、铂、钨、镍和这件金属的多种合金。

[0034] 对于大多数实施方案(再次将氯用作说明),总电池反应可描述为等式 3:

[0035]  $M(ClO_3)_m + LH_n < == > L + MCl_m + H_2O$  (等式 3),

[0036] 其中“M”通常为 Li、Na、Ca 或 Zn 中的至少一种。

[0037] 部分取决于有机氢载体的同一性,所提出的液流电池的标准开路电势将为约 1.25-1.40V。金属氯酸盐(和碘酸盐以及溴酸盐)通常高度可溶。尤其能量稠密的物类是基于 LiClO<sub>3</sub>的水性溶液的阴极。在其它情况中,Ca(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>或 NaClO<sub>3</sub>可以为合适的替代物,这部分归因于它们的低成本。

[0038] 对 pH 的控制是保持高效率的基本要素,这归因于选择性氯酸盐形成和防止阳极溶解。在一些实施方案中,可通过将缓冲剂加入至阳极电解液来支持卤酸盐阴极电解液的最佳 pH 值。如等式 3 所示的反应不改变 pH,并可轻易实现阴极电解液 pH 的维持。此外,所选离子渗透膜的使用应防止燃料和氧化剂的交叉或使之最小化,以使副反应和效率损失最小化。

[0039] 在一些优选的实施方案中,缓冲剂包含弱酸和其共轭碱的混合物。可使用许多合适的共轭碱。实例包括乙酸根阴离子、柠檬酸根阴离子、琥珀酸根阴离子、磷酸二氢根阴离子、N-环己基-2-氨基乙硫酸根阴离子、硼酸根阴离子、氨、通式为 NR<sub>3</sub>的三烷基胺,其中 R 为通常含有约 1-4 个碳原子的烷基、三(羟甲基)甲胺、N,N-双(2-羟乙基)甘氨酸和它们的组合。

[0040] 使用具有卤酸盐阴极(有时结合如下所述的电沉积金属阳极)的液流电池提供至少多个益处。例如,相较于常规液流电池系统,系统的总能量密度可显著增加,这部分归因于活性材料非常高的溶解度。更高的能量密度可继而增加系统的经济可行性。在放电电池

状态中,可使用金属卤化物(例如氯化物)引发总的电化学反应。在一些情况中,本文所述活性材料相对低的成本将进一步增进该系统的经济效益。此外,有机氢载体的使用提供本文提到的另外的优点。

[0041] 相较于使用其它能量-稠密的阴极(例如溴),使用卤酸盐阴极(例如基于氯酸盐的一种)还可引起更少的安全问题。活性材料溶于水,并从环境视角来看,通常不采用重金属的事实也将是有益的。

[0042] 一般,液体阴极通常阻碍降解,并因此可经历相对长的使用寿命。此外,因为阳极电解液和阴极电解液在一些实施方案中含有基本上相同的材料,电池内的交叉污染应通常不会出现,不过,如果卤酸根或卤化物离子穿过膜分离器,则可出现相对小的能量损失。在一些实施方案中,当低成本和能量密度代表主要目标时,可优选使用氯酸钙阴极的可逆液流电池。

[0043] 一般,多种金属(例如钠、锂、钙、锌、镍或铜)的卤酸盐的水性溶液可用作阴极。通常通过金属卤酸盐和金属卤化物盐的溶解度来测定阴极的能量密度。

[0044] 图1为根据本发明一些实施方案的液流辅助电池10的示意图。当电池为充电状态时,阴极电解液12通常包含至少一种氯化物盐(例如氯酸锌或氯酸铜)的溶液。阳极电解液14通常包含锌或铜盐。阳极电解液可任选地包括缓冲剂。如下所述,锌可按从阳极表面分离的材料的浆料或细粉或薄片的形式存在于液流电池的阳极电解液中。

[0045] 电池的中心结构16,即双极性电池组,包括通过离子渗透膜22分离的一系列交替的正极板18和负极板20。各个正负电极可包括电导基材,例如碳(以电导形式)或金属。

[0046] 如前所述,该离子渗透膜用于分离阳极电解液和阴极电解液,并在多数情况下提供质子迁移。可使用许多不同种类的膜。一个实例为质子交换膜,其经常并入质子交换膜(PEM)燃料电池。可将许多材料用于这类膜;且它们通常为本领域所公知。对于许多实施方案,优选的实例为磺化含氟聚合物-共聚物,例如Nafion<sup>®</sup>-型材料。这些类型的膜氧化稳定并通常为氯碱工业所依赖。

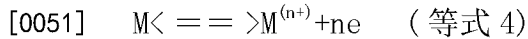
[0047] 在操作中,电池的阳极电解液区域在充电状态中将由金属或金属合金形成。在氧化还原反应期间,金属/金属合金能溶于盐中,例如金属氯化物。在阴极电解液侧,金属氯酸盐在放电期间转化为相应的金属氯化物。该反应在充电循环期间逆转。由此,对于本发明的一些主要的实施方案,氯酸盐物类在放电时转化为氯离子,同时在充电时出现氯化物到氯酸盐的反应。在阳极侧,金属离子在充电期间各自转化为金属自身;同时金属在放电期间溶解为相应的盐,例如氯化物盐。

[0048] 本领域技术人员理解,电池10也可包括多种其它的特征和装置。如上所述,非限制性实例包括集流器(未具体显示)和另外的电极。(由此,电极和单独的阴极电解液贮槽可与阴极电解液室相关联;而另一个电极和单独的阳极电解液贮槽可与阳极电解液室相关联)。液流电池系统的其它特征可包括泵26,用于通过管/导管30将阴极电解液和阳极电解液溶液循环通过系统10。可使用常规的泵。用于循环该溶液的其它方法也是可能的,例如重力基系统。许多文献描述液流电池的多个特征,例如美国专利申请2014/0132238(Zaffou等人),所述专利申请通过引用并入本文。此外,在一些实施方案中,可将液流电池设计为多个具有共同阳极电解液和阴极电解液贮槽的单一电池(电化学电池)。

[0049] 该电池的特征和装置的其它实例包括用于测压和控制以及用于气流、温度等的

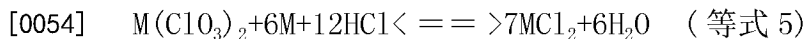
传感器。这类电池系统也将包括相关电路和装置,例如外部电源和必要时用于递送电池输出的终端。关于液流电池的其它总的考虑可见于许多文献中,例如 Y. Ito 等人的“锌-镍液流辅助电池中的锌形态和对性能的影响 (Zinc Morphology in Zinc-Nickel Flow Assisted Batteries and Impact on Performance)”;Journal of Power Sources 196(2011)2340-2345。

[0050] 在一些具体实施方案中,阳极处的电化学活性按选自 Zn、Cu、Ni、Sn、Bi、Sb 的金属 (“M”) 的可逆电沉积 / 溶解来进行,并通过下述等式 2 描述:

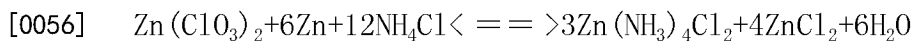


[0052] 具有由锌、镍、铜和锡制成的阳极的电池的理论开路电势分别为 2.21、1.71、1.11 和 1.59V。

[0053] 当将金属如均匀的沉积物电镀在阳极上时,动力学反应可相对快速。然而,可例如通过金属层厚度来限制电池容量,并且该过程因此需要精确控制。当电镀金属形成从阳极分离的粉末时,电池容量由循环浆料中金属颗粒的实际含量来限制。本发明实施方案的方法拓宽了工艺条件(包括 pH) 的范围,这简化了耦合阳极和阴极反应的工作。然而,需要处理(例如泵抽)浆料组合物。总的电池反应可通过等式 5 表示,其中“M”为锌或本文所述金属中的另一种。



[0055] 由于金属氯酸盐和氯化物的高溶解度,可在阳极和阴极两者中使用相同的金属阳离子。通过促进选择性氯酸盐形成并防止或最小化阳极溶解,控制 pH 常常为保持高效率的一个重要因素。MCl<sub>2</sub> 还原为金属伴随有 2 摩尔 HCl 的形成,并且一些金属,例如锌 (Zn),可在酸中不稳定。该问题可通过缓冲剂存在下驱动电化学过程来缓和。在一个实施方案中,缓冲剂可包含 NH<sub>4</sub>Cl。在电池充电时,以可溶性 (Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>)<sup>2+</sup> 的形式存在的氨将吸收 HCl 以形成可溶性 NH<sub>4</sub>Cl,如等式 6 所表示,从而保持期望的 pH。



[0057] (等式 6)

[0058] 图 2 为证实这些原理的液流-辅助电池 10 的示意图。与图 1 的系统公用的附图标记表示类似或相同要素。再次,当电池为充电状态时,阴极电解液 12 通常包含至少一种卤化物盐的溶液,例如氯酸锌。该实施方案中的阳极电解液 14 通常包含锌盐,还也可采取缓冲化合物的形式,例如离子缓冲剂,类似氨化合物或磷酸盐。像图 1 的实施方案,电池的中心结构,即双极性电池组,包括通过离子交换膜 22 分离的一系列交替的正极板 18 和负极板 20。各个正负电极可包括电导基材,例如碳(以电导形式)或金属。

[0059] 在该实施方案中,在充电状态,该电池的阳极电解液区域将包括电镀的锌沉积物 28,其随后溶解为盐,例如氯化锌。在阴极电解液一侧,在放电期间,氯酸锌(或另一种卤酸锌)转化为相应的氯化物(例如氯化锌)。该反应在充电循环期间逆转。由此,对于本发明的一些主要的实施方案,氯酸盐物类在放电时转化为氯化物离子,同时在充电期间出现氯化物到氯酸盐的反应。在阳极一侧,锌离子在充电期间转化为锌金属(或分别为另一种金属);同时锌金属在放电期间溶解为锌盐,例如氯化物盐。这些含有锌沉积的阳极的电池类型的显著优点产生于锌材料相对高的电势和溶解度;且这将期望地产生相对高的能量密度。



[0060] 如上所述,本发明的液流电池可用作电网系统的一部分,即用于将电从供应者递送至消费者的互连网络。例如,多个液流电池(经常为大量的液流电池)可通过已知技术互联,以容许大规模地将电储存在电网内。涉及商用规模发电的那些人员熟知电网的多个其它特征,例如发电站、传输线路以及至少一种类型的电力控制和分配设备。本文所述液流电池可提供提高的能量密度,连同降低的电池成本,这使它们成为用于其它类型电网储存单元或系统(或除此以外)的吸引人的替代品。

[0061] 本文所述液流电池还可用于机动车辆、卡车、船和火车和其它应用,例如潜水艇和飞机。EV 包括电动汽车和混合动力汽车。液流电池可作为电动传动系的一部分、单独或支持内燃系统而并入。还可将液流电池用作车辆的独立电源,例如用于照明、音响、空调、窗等。

[0062] 本领域技术人员熟知适用于给定类型 EV 的电池组设计;和用于将该电池并入车辆的传动系或其它系统的技术。如前所述,液流电池的灵活性,包括将阴极电解液和阳极电解液来源置于车辆不同部分的能力,可代表可观的设计优势。提高能量密度的益处(来自于卤素含氧酸盐的使用)还可增强机动车辆或其它装置的电池曲线(battery profile)。

[0063] 本发明的另一个实施方案涉及基于上述卤素含氧酸盐的阴极。该阴极可用于其它类型的电化学装置,即,除了它在电池中的用途外。非限制性实例包括燃料电池和传感器。对于可通过本发明实施方案增强的电化学传感器的说明可见于美国专利 8,608,923(Zhou 等人),“手持电化学传感器(Handheld Electrochemical sensor)”,所述专利通过引用并入本文。多种类型的燃料电池也可结合本文描述的阴极,例如质子交换膜燃料电池和碱性燃料电池。

[0064] 另一个实施方案涉及向装置、系统(例如电力网)或车辆提供电能的方法。该方法包含将至少一种液流电池电连接至装置或其它对象的步骤。该连接设置成容许由电池电化学产生的能量选择性地向装置供能或向已包括主能量供给的装置或系统提供另外(例如备用)的能量。液流电池包括上述卤素含氧酸的至少一种盐的水性溶液和其它电池组件。

[0065] 虽然本文仅说明和描述了本发明的某些特征,但本领域技术人员将想到许多改变和修改。因此,应理解,附加权利要求旨在覆盖所有这些落入本发明真实精神的修改和改变。

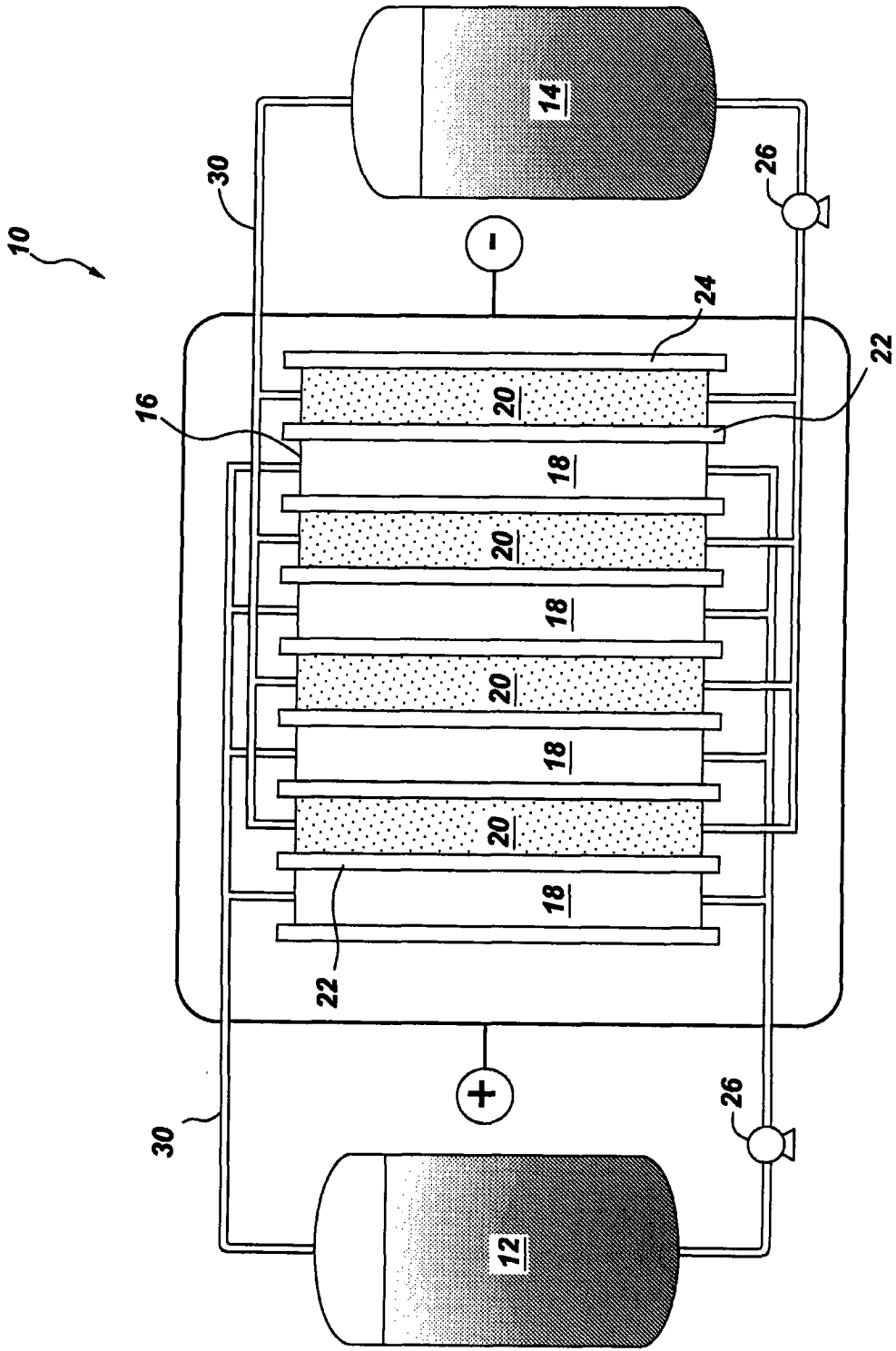


图 1

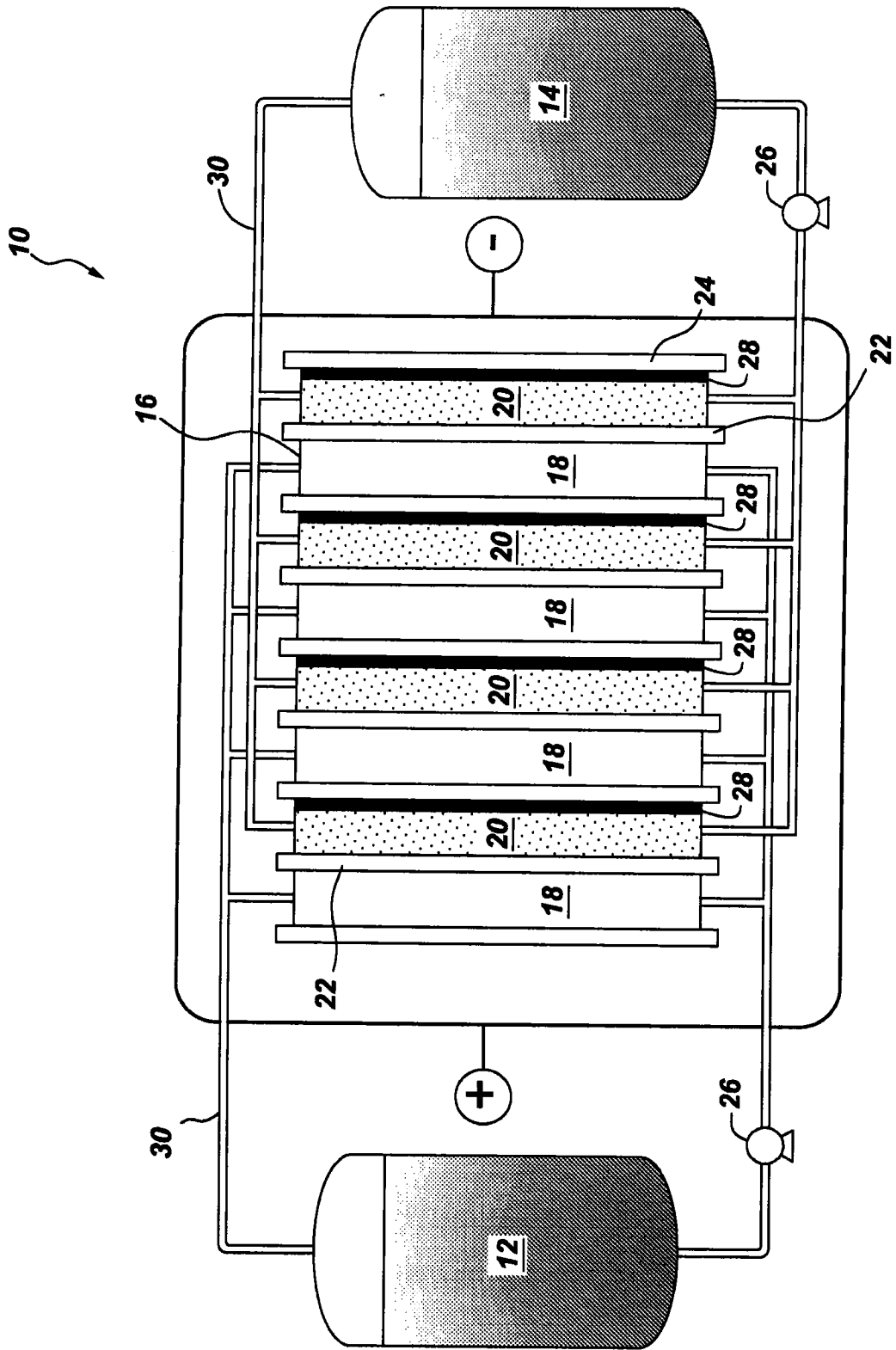


图 2