



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102714290 B

(45) 授权公告日 2015.06.17

(21) 申请号 201080043330.9

维多利亚·Y·H·伍德

(22) 申请日 2010.07.26

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

(30) 优先权数据

代理人 武晶晶 郑霞

12/462,205 2009.07.29 US

12/658,943 2010.02.16 US

(51) Int. Cl.

H01M 2/14(2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012.03.28

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/002101 2010.07.26

US 2008044725 A1, 2008.02.21,

US 2003022040 A1, 2003.01.30,

US 4833046 A, 1989.05.23,

CN 1398438 A, 2003.02.19,

US RE40218 E1, 2008.04.08,

US 2008115930 A1, 2008.05.22,

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/014243 EN 2011.02.03

审查员 廖菊蓉

(73) 专利权人 发明科学基金 I 有限责任公司

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 杰弗里·F·迪恩 B·弗伦

威廉·盖茨 W·丹尼尔·希利斯

罗德里克·A·海德

穆里尔·Y·伊什克瓦

爱德华·K·Y·荣格

乔丁·T·卡勒 内森·P·米佛德

克拉伦斯·T·特格林

大卫·B·塔克曼 托马斯·A·韦弗

查尔斯·惠特默

小洛厄尔·L·伍德

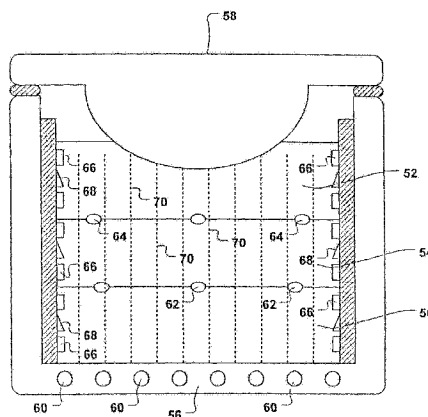
权利要求书2页 说明书20页 附图6页

(54) 发明名称

仪表化的表面经流体处理的电极

(57) 摘要

电化学装置(例如电池)包括至少一个具有流体表面的电极以及一个或多个被配置为检测所述装置的操作条件的传感器。流体引导结构可以响应于所述传感器来调节流动或保持流体。在所述装置内的电解质还可以包括离子传输流体,例如渗入多孔固体支持物中的离子传输流体。



CN 102714290 B

1. 一种电化学装置,包括:
两个电极;
电解质,其被布置为将离子电流从与所述电极中的一个接触的第一电解质表面传导至与
与所述电极中的另一个接触的第二电解质表面,
其中所述电极中的至少一个包括电化学活性的流体层,所述电化学活性的流体层布置在包括流体引导结构的固体支持物上,所述电化学活性的流体层的表面与所述电解质接触;以及
其中所述流体引导结构被配置为调整所述电化学活性的流体层的流动参数;以及
第一传感器,其被配置为检测所述电化学装置的接近所述电化学活性的流体层的与
所述电解质接触的表面处的操作条件。
2. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,还包括控制器,所述控制器被配置为通过修改
所述电化学装置的操作参数来响应于来自所述第一传感器的信号。
3. 根据权利要求 2 所述的电化学装置,其中所述控制器包括存储器。
4. 根据权利要求 2 所述的电化学装置,其中所述控制器包括发射器。
5. 根据权利要求 2 所述的电化学装置,其中所述控制器被配置为通过修改所述电化学
装置的所述操作参数来响应于来自所述第一传感器的信号的历史。
6. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,还包括第二传感器,所述第二传感器被配置为
检测所述电化学装置的操作条件。
7. 根据权利要求 6 所述的电化学装置,其中所述第一传感器和所述第二传感器被配置
为检测不同的操作条件。
8. 根据权利要求 6 所述的电化学装置,其中所述第一传感器和所述第二传感器被配置
为检测相同的操作条件。
9. 根据权利要求 8 所述的电化学装置,其中所述第一传感器和所述第二传感器被配置
为检测在所述电化学装置内的不同位置处的操作条件。
10. 根据权利要求 6 所述的电化学装置,其中所述第二传感器被配置为检测在接近所
述电化学活性的流体层的与所述电解质接触的表面处的操作条件。
11. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述操作条件是所述电化学活性的流体
层的选自由化学组成、化学活性、离子密度、密度、温度、流速、流动方向、粘度和表面张力组
成的组的条件。
12. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述操作条件选自由温度、磁场大小、磁
场方向、电化学势、电流、电流密度和所述电化学装置的两个表面之间的距离组成的组。
13. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述操作条件是所述电化学活性的流体
层的表面的一部分的位置。
14. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述操作条件是所述电化学活性的流体
层的选自由化学组成、离子密度、密度、温度、流速、流动方向、粘度和表面张力组成的组的
条件的梯度。
15. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述操作条件是选自由温度、磁场大小、
磁场方向、电化学势、电流和所述电化学装置的两个表面之间的距离组成的组的条件的梯
度。

16. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述电化学活性的流体层被配置为通过表面能效应附着于所述固体支持物。

17. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述流体引导结构被配置为响应于被所述第一传感器检测的操作条件来调整所述电化学活性的流体层的所述流动参数。

18. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述电解质还被布置为将离子电流从所述第二电解质表面传导至所述第一电解质表面。

19. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述电解质包括不渗透所述电化学活性的流体的固体表面。

20. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述电解质包括离子传输流体,离子能够通过移动通过所述离子传输流体而产生所述离子电流。

21. 根据权利要求 20 所述的电化学装置,其中所述电解质还包括固体结构。

22. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述电化学活性的流体层包括液体金属、离子流体、细分散的金属、细分散的半金属、细分散的半导体或细分散的电介质。

23. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述电极中的一个包含选自自由锂、钠、汞、锡、铯、铷、钙、镁、镉、铝和钾组成的组的至少一种元素。

24. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述电极中的一个包含选自自由镓、铁、汞、锡、硫、氧、氟和氯组成的组的至少一种元素。

25. 根据权利要求 1 所述的电化学装置,其中所述电解质包含选自自由高氯酸盐、醚、四氢呋喃、石墨烯、聚酰亚胺、丁二腈、聚丙烯腈、聚环氧乙烷、聚乙二醇、碳酸亚乙酯、 β -氧化铝、离子导电玻璃和离子导电陶瓷组成的组的至少一种材料。

26. 一种供应电化学能的方法,包括:

将电负载连接于被电解质分隔的第一电极和第二电极,所述电解质被布置为将离子电流从与所述第一电极接触的第一电解质表面传导至与所述第二电极接触的第二电解质表面;

监测被配置为检测电化学装置的接近所述第一电解质表面或所述第二电解质表面处的操作条件的传感器,

其中所述第一电极和所述第二电极中的至少一个包括电化学活性的流体层,所述电化学活性的流体层布置在包括流体引导结构的固体支持物上,所述电化学活性的流体层与所述电解质接触;以及

使用所述流体引导结构来调整所述电化学活性的流体层的流动参数。

27. 根据权利要求 26 所述的方法,其中监测所述传感器包括响应于来自所述传感器的信号来调整所述电化学装置的操作参数。

28. 根据权利要求 27 所述的方法,其中所述传感器被配置为检测在所述传感器局部的操作条件,并且其中调整所述操作参数包括调整在所述传感器局部的所述操作参数。

29. 根据权利要求 27 所述的方法,其中调整所述操作参数包括调整流体流动参数。

仪表化的表面经流体处理的电极

[0001] 发明人:杰弗里·F·迪恩、B·弗伦、威廉·盖茨、W·丹尼尔·希利斯、罗德里克·A·海德、穆里尔·Y·伊什克瓦、爱德华·K·Y·荣格、乔丁·T·卡勒、内森·P·米福德、克拉伦斯·T·特格林、大卫·B·塔克曼、托马斯·A·韦弗、查尔斯·惠特默、小洛厄尔·L·伍德、维多利亚·Y·H·伍德

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请涉及并且要求保护从以下列出的申请(“相关申请”)的最早可获得的实际申请日的权益(例如,要求保护非临时专利申请的最早可获得的优先权日或请求保护根据35USC § 119(e)的对临时专利申请、对相关申请的任何和全部母申请、母申请的母申请、母申请的母申请的母申请等等的权益)。相关申请的以及相关申请的任何和所有的母申请、母申请的母申请、母申请的母申请的母申请等申请的所有的主题都通过引用到这样的主题并不与本文不一致的程度来并入本文。

[0004] 相关申请:

[0005] 为了USPTO法外要求的目的,本申请构成于2009年7月29日提交的以Geoffrey F. Deane、Bran Ferren、William Gates、W. Daniel Hillis、Roderick A. Hyde、Muriel Y. Ishikawa、Edward K. Y. Jung、Jordin T. Kare、Nathan P. Myhrvold、Clarence T. Tegreene、David B. Tuckerman、Thomas A. Weaver、Charles Whitmer、Lowell L. Wood, Jr.、Victoria Y. H. Wood为发明人的名称为FLUID-SURFACEELECTRODE(表面经流体处理的电极)的美国专利申请第12/462,205号的部分继续申请,该部分继续申请是目前共同待审的或是目前共同待审的申请有资格要求其申请日的权益的申请。

[0006] 美国专利局(USPTO)已经公布了实施通知,USPTO计算机程序要求专利申请人提出序号并且指示申请是继续申请还是部分继续申请。Stephen G. Kunin,在先提交的申请的权益,可从下述网址获得<http://www.uspto.gov/web/offices/com/sol/og/2003/week11/patchbene.htm>,USPTO官方公报2003年3月18日。本申请人实体(以下称为“申请人”)已经在上文提供对源自受到法规所述内容保护的优先权的申请进行特别引用。申请人理解,法规在其具体引用语言方面是明确的,并且不需要序号或用于要求美国专利申请的优先权的任何特征化,例如“继续申请”或“部分继续申请”。尽管有以上内容,但是申请人理解,USPTO的计算机程序具有某些数据输入要求,并且因此申请人指定本申请为其如上文提出的母申请的部分继续申请,但是明确地指出,这样的指定不以任何方式被解释为是关于本申请是否含有除了其母申请的内容之外的任何新内容的任何类型的解释和/或承认。

技术领域

[0007] 本申请涉及一种电化学装置,更具体的,涉及一种包括至少一个具有流体表面的电极以及一个或多个被配置为检测所述装置的操作条件的传感器的电化学装置。

背景技术

[0008] 最近关于“绿色”地产生能量的关注已经产生多种新工艺和对现有的用于提供电

力的方法的改进。然而,许多可再生能源(例如太阳能和风能)仅可以是可间歇可用的,从而可能需要大的储存容量以在有需求时提供电。甚至可连续获得的动力源(例如核能)可以受益于允许超出连续可用的平均容量的间歇的峰值负荷的电能储存。现有的名义上适合于这些目的的电池可能是操作上高成本的,尤其是基于总单位能量成本时(考虑到资金成本和有限的循环寿命,尤其是深循环寿命)。

[0009] 此外,现有的电池可能具有实质上低于化石燃料的能量密度的能量密度,从而刺激继续主要使用烃类燃料来进行人员运输,尽管已知基于此目的使用烃的不利影响。改进的电池技术可以使电动交通工具更广泛地使用以及实现“绿色”发电。

发明内容

[0010] 在一个方面,电化学装置包括两个电极、电解质以及传感器。所述电解质被布置为将离子电流从与所述电极中的一个接触的第一电解质表面传导至与所述电极中的另一个接触的第二电解质表面。所述电极中的至少一个包括电化学活性的流体层,所述电化学活性的流体层的表面与所述电解质接触。所述传感器被配置为检测所述电化学装置的接近所述电化学活性的流体层的与所述电解质接触的表面处的操作条件。所述装置可以还包括控制器,所述控制器可以被配置为通过修改所述电化学装置的操作参数来响应于来自所述传感器的信号。所述控制器可以包括存储器或发射器,并且可以被配置为响应于来自所述传感器的信号的历史。所述装置可以包括多传感器,多传感器可以被配置为检测在所述装置内的相同的或不同的位置处的相同的或不同的操作条件(例如所述电化学活性的流体层的化学组成、化学活性、离子密度、密度、温度、流速、流动方向、粘度或表面张力、或温度、磁场大小、磁场方向、电化学势、电流、电流密度、所述装置的两个表面之间的距离、所述电子装置的一部分表面的位置、或以上中的任何的梯度)。所述电极中的至少一个可以包括固体支持物,所述电化学活性的流体层可以通过表面能效应附着于所述固体支持物。该固体支持物可以包括流体引导结构,流体引导结构可以被配置为响应于被所述传感器检测到的操作条件来调整所述电化学活性的流体层的流动参数。所述电解质可以还被布置为将离子电流从所述第二电解质表面传导至所述第一电解质表面(即反向地移动)。所述电解质可以包括固体表面(例如不渗透所述电化学活性的流体)或离子传输流体,离子能够移动通过所述离子传输流体而产生所述离子电流。所述电化学活性的流体可以包括液体金属、离子流体、细分散的金属、细分散的半金属、细分散的半导体或细分散的电介质。至少一个电极可以包含元素锂、钠、汞、锡、铯、铷、钙、镁、锶、铝、钾、镓、铁、汞、锡、硫、氧、氟或氯中的一种或多种,并且所述电解质可以包含高氯酸盐、醚、四氢呋喃、石墨烯、聚酰亚胺、丁二腈、聚丙烯腈、聚环氧乙烷、聚乙二醇、碳酸亚乙酯、 β -氧化铝、离子导电玻璃或离子导电陶瓷。

[0011] 在另一个方面,供应电化学能的方法包括将电负载连接于被电解质分隔的第一电极和第二电极,所述电解质被布置为将离子电流从与所述第一电极接触的第一电解质表面传导至与所述第二电极接触的第二电解质表面;以及监测被配置为检测所述电化学装置的接近所述第一电解质表面或所述第二电解质表面处的操作条件的传感器。所述第一电极和所述第二电极中的至少一个包括与所述电解质接触的电化学活性的流体层。监测所述传感器可以包括响应于来自所述传感器的信号调整所述电化学装置的操作参数(例如流体流动参数),例如监测所述传感器局部的条件以及在响应时调整所述传感器局部的参数。

[0012] 在另一个方面,电化学装置包括两个电极、电解质以及被配置为检测所述电化学装置的操作条件的多个局部传感器。所述电解质被布置为将离子电流从与所述电极中的一个接触的第一电解质表面传导至与所述电极中的另一个接触的第二电解质表面。所述电极中的至少一个包括电化学活性的流体层,所述电化学活性的流体层的表面与所述电解质接触。每个局部传感器被配置为检测在所述装置内的预定位置处(例如在所述装置内的多个位置处)的操作条件。所述装置还可以包括控制器,所述控制器被配置为使用来自所述多个局部传感器中的一个或多个的数据指导所述电化学装置的操作参数的调整。

[0013] 在另一个方面,电化学装置包括两个电极、电解质以及被配置为检测所述电化学装置的操作条件的第一传感器。所述电解质被布置为将离子电流从与所述电极中的一个接触的第一电解质表面传导至与所述电极中的另一个接触的第二电解质表面。所述电极中的至少一个是包括电化学活性的流体层和固体支持物的表面经流体处理的电极,所述固体支持物包括分隔两个电学上不同的区域的电控制区域,所述电化学活性的流体层的表面与所述电解质接触。所述电控制区域可以包括无源元件或有源元件,或可以包括电阻器、电容器、电感器、二极管、晶体管、集成电路、开关或存储器。

[0014] 在另一个方面,提供维护电化学装置的方法,所述电化学装置包括电化学活性的流体层,所述方法包括:监测被配置为检测所述电化学装置的操作条件的传感器,以及响应于来自所述传感器的信号调整所述电化学活性的流体层(例如电极层或电解质层)的流动参数。调整所述流动参数可以包括例如引发或终止所述电化学活性的流体层内的流动,或调整所述电化学活性的流体层的流量、流动方向或流体特性(例如粘度、温度、化学组成、化学活性、离子密度、密度或表面张力)。

[0015] 在另一个方面,提供操作电化学装置的方法,所述电化学装置包括电化学活性的流体层,所述方法包括接收来自多个传感器的每个成员的信号,所述多个传感器各自被配置为检测所述电化学装置的操作条件;使用所接收到的信号来确定所述装置的性能参数;以及将与所述电化学装置的所确定的性能参数有关的数据传输、显示或存储在有形的存储介质中。

[0016] 在另一个方面,提供操作电化学装置的方法,所述电化学装置包括电化学活性的流体层,所述方法包括接收来自被配置为检测所述电化学装置的至少一个操作条件的传感器组的第一信号;以及重复地调整所述电化学装置的操作参数和接收来自所述传感器组的第二信号,所述第二信号反映了在调整所述操作参数之后的所述至少一个操作条件的任何改变,直到所述至少一个操作条件匹配期望的值或值的范围。

[0017] 上文的概述仅是例证性的并且不意图以任何方式作为限制。除了上文描述的例证性的方面、实施方案和特征,另外的方面、实施方案和特征将通过参照附图和以下的详细描述变得明显。

附图说明

[0018] 图 1 是包括表面经流体处理的两个电极的电化学装置的示意图。

[0019] 图 2 是包括三个以密度分层的流体层的电化学装置的示意图。

[0020] 图 3 是包括并排的流体电极的电化学装置的示意图。

[0021] 图 4 是包括表面经流体处理的两个电极和流体电解质的电化学装置的示意图。

[0022] 图 5 是可以与电化学装置共同使用的直流-直流变换器 (DC-DC converter) 的图。

[0023] 图 6 是包括多个直流-直流变换器的电化学装置的示意图。

具体实施方式

[0024] 在以下的详细描述中,参照了附图,附图形成详细描述的一部分。在附图中,相似的符号通常标识相似的部件,除非上下文另外指示。在详细描述、附图和权利要求中描述的例证性的实施方案不意图作为限制。可以利用其他的实施方案,并且可以作出其他的变化,而不偏离本文提出的主题内容的精神或范围。

[0025] 如本文所使用的,术语“流体”包括不具有大的剪切强度的任何凝聚相,包括液体、糊剂、凝胶、乳液和超临界流体。除非上下文另外指示,否则在电化学装置内被描述为“流体”的材料具有在装置的工作温度和压力下的流体特征,装置的工作温度和压力可以是室温或另一个温度(例如 0°C、25°C、50°C、75°C、100°C、200°C、400°C、800°C 或任何其他合适的温度)以及环境压力或另一个合适的工作压力。

[0026] 如本文所使用的,术语“平滑”,当被用于描述被流体层润湿的表面时,包括在测量曲率半径的位置处具有显著大于流体层厚度的局部曲率半径的表面。

[0027] 如本文所使用的,术语“附着”,当被用于描述与固体接触的流体时,包括润湿或以其他方式实质上依附于(例如具有足以与重力相反地在某种程度上保持与固体接触的力)所述固体的流体。

[0028] 如本文所使用的,术语“离子电流”包括由离子的总体扩散或流动产生的任何电荷的运动。“离子电流”被认为是从正电势向负电势流动,即使其部分地或完全地由(带负电荷的)离子在相反方向的运动产生。材料“传导”离子电流,如果其允许离子经过其以产生电荷的净流动的话。这些离子可以已经在所述材料中存在或可以经过界面进入。

[0029] 如本文所使用的,术语“被微图案化的”包括展示近似亚毫米尺寸的结构(包括微米尺度结构和纳米尺度结构)的表面,其中这些结构形成预定的形状或对邻近它们的流体厚度或流体流产生预定的影响。被微图案化的表面可以,但是不必,包括特征的重复阵列,并且可以被例如通过微机械加工、光刻、模塑(包括挤出)、印刷、冲压、复制印刷或其他工艺构建。

[0030] 如本文所使用的,术语“被微特征化的”包括展示近似亚毫米尺寸的结构(包括微米尺度结构和纳米尺度结构)的表面,其中所述结构的形状或流动特性可以(但是不必)具有随机的、偶然的或非周期性的组成部分。

[0031] 如本文所使用的,术语“不渗透的”包括抵抗特定的流体流动或侵入的物质。如果物质随时间推移而逐渐地被流体降解的话,那么物质可以仍然被称为对流体“不渗透的”。

[0032] 如本文所使用的,除非上下文另外指示,否则术语“导体”包括电子导体、离子导体或半导体。

[0033] 图 1 是包括被电解质 16 分隔的两个流体面的电极,即正极 12 和负极 14,的仪表化的电化学装置 10 的示意图。在图示的实施方案中,电解质 16 包括被离子传输流体渗入的多孔支持物,但是其他的实施方案可以包括其他电解质,例如固体电解质或完全流体的电解质,或电解质层可以包括具有不同的特征的多个区域,例如不混合的两种流体或被离子导电膜分隔的两种流体。两个电极中的每个包括附着于固体支持物 22、24 的电化学活性的

流体层 18、20。在某些实施方案中,固体支持物 22、24 可以是与它们相应的电化学活性的流体层 18、20 在化学上相似的或相同的,而在其他的实施方案中,这些结构可以在化学上不相似的。在图示的实施方案中,在使用期间,电化学活性的流体层 18、20 沿着固体支持物 22、24 的表面流动。在其他的实施方案中,电化学活性的流体 18、20 可以在操作期间不流动,或可以仅在操作的被选择的时段期间(例如在高功率提取的间隔期间)流动。在某些实施方案(未示出)中,电化学活性的流体层 18、20 不是主要沿着固体支持物 22、24 的表面流动,而是可以流过(至少部分地)支持物,或流过支持物和沿着表面流动的组合。例如,一个或两个电极可以包括相似于所图示的电解质 16 的电化学活性的流体渗入的多孔支持物,或包括穿过或沿着支持物的表面的微通道或其他流体引导结构的支持物。流体引导结构可以是被动的(例如微通道)或主动的(例如泵或其他流体移动装置)。

[0034] 电化学装置 10 还包括被定位在电极 12、14 和电解质 16 之间的界面处的传感器 26、28。虽然传感器 26、28 在图示的实施方案中被定位在这些界面处,但是传感器可以还被定位在或可选择地被定位在装置中的其他位置(例如,在电化学活性的流体层和其固体支持物之间的界面处、在流体层内、在固体支持物内、在电解质内或在装置内的可以发现适合检测或测量装置的操作条件或操作参数的其他位置处)。所图示的传感器 26、28 检测与在装置 10 内进行的电化学反应有关的化学物质(例如载体离子、反应物或反应产物)的局部化学活性。在其他的实施方案中,被合适地放置的传感器可以检测化学组成、离子密度、材料密度、流速、流动方向、粘度、温度、压力、磁场大小、磁场方向、电化学势、界面位置、表面张力或以上的性质中的任何性质的梯度。

[0035] 电极 12、14 还包括流体引导结构 30、32。这些结构被布置为修改邻近于结构 30、32 的流体流(例如通过调整流量或方向,通过局部地改变流体性质例如表面张力、粘度或温度,或通过调整流入装置中的流体的组成,例如通过将差不多的掺杂剂混合入流体中)。流体引导结构 30、32 可以是可移动的(例如被配置为改变流量或方向的 MEMS)或固定的(例如被配置为施加电场或磁场的网或线圈,或用于施加或除去热的加热器或冷却器,以调整局部的流体性质或操作参数)。在使用中,装置 10 可以使用流体引导结构 30、32 响应于被传感器 26、28 检测的化学活性局部地调整流体流动参数。例如,如果正极流体 18 的一个区域被发现耗尽反应物物质,那么流向该区域的流体可以被增加以补充被耗尽的反应物。在其他的实施方案中,流体流可以响应于其他感测到的条件被改性,如上文详细描述,或多个不同类型的传感器可以被使用,在这种情况下流动可以响应于被不同类型的传感器中的任何传感器检测的性质或响应于其组合而被调整。例如,除了通过传感器 26、28 监测组成外,另外的传感器(未示出)可以监测输出电压(或局部内电压),并且可以调整参数,例如局部流体组成,以在空间或时间上保持期望的电压变化曲线(例如恒定电压)。在某些实施方案中,控制器 34(例如反馈控制器或部分地作用于外部输入的控制)可以接收来自传感器 26 或 28 的输入,并且可以向流体引导结构 30 或 32 输出控制信号以局部地调整流体流或位置(例如通过改变流体流动方向、速度、体积、流动路径或流体的性质)。在某些实施方案中,控制器 34 可以,与瞬时的数据共同地或代替瞬时的数据,使用来自传感器 26、28 中的一个或多个的历史数据。在某些实施方案中,流体引导结构(未示出)还可以被提供以调整离子转移流体流过电解质 16。

[0036] 电化学装置 10 可以被用作电池,在这种情况下电负载可以被连接横跨正极 12 和

负极 14。当装置被以这种方式使用时,电化学活性的流体层 16、18、20 中的至少一个可以耗尽参与电化学反应的物质,或富含电化学反应的产物物质。在某些实施方案中,该物质可以通过电化学活性的流体层 16、18、20 的流动被补充或除去,使用新鲜的流体代替被耗尽的或富含的流体。然而,在许多实施方案中,将期望的是,在装置 10 中或在外部再生被耗尽的或富含的流体。根据一个实施方案,通过使用外加电动势驱动物质回到被耗尽的流体中,由此逆转电池反应并且将电能转化为化学形式来“逆转”电池,可以在装置 10 内再生被耗尽的流体。相似地,通过此次使用外加电动势将产物物质从富含的流体除去,由此逆转电池反应并且将电能转化为化学形式来逆转电池,可以在装置 10 内再生富含的流体。在其中装置被以这些方式中的一种或两种使用的实施方案中,传感器 26、28(或其他被合适地放置的传感器)可以被用于监测逆反应的进程,并且流动参数、电流或电压可以响应于被监测的进程来调整。在某些实施方案中,不同的电极流体(例如含有相同的电化学活性的物质)可以在充电期间和在放电期间被采用,并且这两种不同的流体可以被采用在电极的相同的或不同的部分上。

[0037] 化学组成、密度、温度、压力、粘度、取决于速率的剪切性质以及向量速度可以全部被用于表征电池或其他电化学装置的流体组分的状态,例如以确定其相对于给定的化学反应的能量储存容量;是胶体、乳液或浆料的流体组分可以具有另外的表征参数。这些参数中的空间梯度还可以被用于定位被不适当隔开的电极区域或与更理想的化学组成的局部偏离。通常,沿着电极表面的梯度被预期具有最小的量级,以使不可逆性最小,至少在远离电极边缘的区域中(例如,距离电极边缘比距离电极之间的局部间距或其小的倍数更远)。化学组成可以例如通过物理手段(例如,颗粒或光子反向散射、透射例如单线或多线 x 射线透射、声学的或超声的传感)或化学手段(例如相对于基准的电化学势、质量密度、一个或多个传输性质例如导热率或导电率的测量、粘度或声速)来推断。界面的位置(例如电极流体层的厚度或其表面的空间坐标)也可以被用于推断局部反应特征。

[0038] 电解质层中的势场地图和相关联的离子密度地图可以被用于计算内部不可逆性以及由加热而导致的能量损失。在某些实施方案中,这些计算可以补充由测温学进行的能量损失的绘图。这样的空间地图可以被确定,例如通过在以其他方式绝缘的导体的暴露的末端和某些电势基准之间的电压测量。该暴露的末端可以被定位在单一位置中,或在已知的位置集合中移动(例如通过致动的动臂(actuated boom)),并且电化学装置可以包括一个或多个这样的传感器(例如传感器的阵列),其中的某些或全部可以是可分别寻址的。这样的装置可以是被动的(仅测量基准电势)或主动的(例如施加电压波形并且观察接着发生的反应和局部电化学系统的松弛,例如通过分析所得到的极谱信号测量邻近介质的组成)。电流测量装置(例如,具有已知的尺寸、形状和取向的导体的绝缘环路、霍尔效应电流传感器、或电场测量装置)或这样的装置的阵列可以用于被动地或主动地测量局部电流密度。所测量的电流密度的集合可以被用于,例如推断在整个电池中的电流分布,例如通过使用所测量的电流密度(以及任选地,其他可得到的信息,例如在装置的该部分中流动的总电流)估计电池内的三维磁场。可选择地,霍尔效应或其他磁场传感器可以被设置成测量局部磁场,局部磁场可以被用于计算局部电流密度。

[0039] 上文描述的测量中的任何测量可以被用于推断电化学装置的瞬时的和/或局部的热力学效率。这种效率,例如,可以被用于指示可能需要更换电化学活性的流体中的一种

或多种（或改变用于更新流体的并行的工艺），例如由电化学活性的组分的消耗导致的，或对改变电池的电操作条件的。

[0040] 上文描述的传感器中的任何传感器可以是有线的（例如通过绝缘的导线）或无线的（例如，无线地或通过不定期的直接联系传输其数据以进行信息的下载）。

[0041] 可以在电化学装置中使用的电化学活性的流体包括液体金属（特别是在环境温度或适当高温的金属液体），例如汞、镓、钠、钾或金属合金（例如 GALINSTAN™，其是镓、铟和锡的近共晶合金，或钠-钾合金），其可以作为其他金属例如锂、镁或钙的载体；多种有机溶剂和无机溶剂（例如乙醚、四氢呋喃或碳氟化合物）；足够导电的材料在电介质流体中的浆料或悬浮液；和离子液体（例如，在 Armand 等人，“Ionic-liquid materials for the electrochemical challenges of the future（用于将来的电化学挑战的离子液体材料）”，Nature Materials 8:621-629(2009) 中描述的那些，其通过引用并入本文）。这些中的任何可以包括溶解盐类或其他化合物，或参与对装置供能或支持离子电流流动的电化学反应的其他物质（例如金属、非金属、半导体或电介质的颗粒在被极化的电介质流体中的悬浮液）。在某些实施方案中，载体流体（例如 GALINSTAN）在包含电化学物质（例如锂金属）的“盐渍（salt lick）”储器（例如固体表面、蜂巢或其他高的表面积体积比的结构或流体表面）上流动，溶解其一部分并且将被溶解的材料携带入装置中。在这样的实施方案中，储器可以在某些情况下通过将装置以电逆向运行并且将电化学物质沉积回到储器中（例如回入其内部部件中的某些内部或其上）来更新。在任一种操作模式中，可以通过高低移动被溶解的/被悬浮的和被沉淀的/被沉积的状态的材料的化学势将材料加载或卸载到经过储器的流体上，例如使用温度或压力变化、使用离心或重力驱动的分选，或通过过滤。在其他的实施方案中，载体流体可以然后被参与电化学反应的溶解气体（例如氧气）加载，或可以被与合适的气体反应，典型地但是不必要地在流体进入反应室或到达电极表面之前。

[0042] 根据一个实施方案，被耗尽的或被部分地耗尽的流体（电极或电解质流体或二者）可以从装置除去，例如进入至少一个容纳罐或储器（未示出）中。（在本文中，流体可以被认为是“被耗尽的”，如果反应产物的浓度已经被增加的话，以及如果反应物的浓度被减小的话。）如果其活性组分不被完全地消耗，那么可以期望的是，在某些实施方案中，再次将这种流体再循环经过装置，任选地在某一程度地加热、冷却或化学重整之后。流体还可以被储存在储器中以用于之后的再生，在如上文描述的装置 10 中或在另一个装置（可以在另一个位置处）中。例如，装置 10 可以被用作向固定的（例如建筑物）或可移动的（例如交通工具）电力消耗者提供动力的电池，并且可以通过从储器除去被耗尽的或被部分地耗尽的流体并且使用新鲜的流体更换其来“再充电”。被耗尽的流体可以然后例如被携带至（可能地远程的）用于再充电的再充电设施，由此可用于再使用。在某些实施方案中，电力消耗者可以对新鲜的流体支付费用，这可以部分地取决于被耗尽的或被部分地耗尽的流体、新鲜的流体、或二者中的电活性物质的浓度。（可以被计算入更换流体的单价中的其他的参数可以包括一天内的时间、一周的天数、或现行的关于电或劳动力的价格）。在某些实施方案中，电力消耗者和流体提供者可以商议更换流体的相互可接受的价格和性质（例如电活性物质的组成或浓度），并且这种商议（以及任选地，付款）可以部分地或完全地通过消费者方、提供者方或二者的预定的（例如软件）算法来进行。

[0043] 在某些实施方案中,一种或多种流体的除去(例如排水)可以起到电化学装置的温度调节系统的作用,在这种情况下可以是期望的是在再循环入装置中之前加热或冷却被除去的流体(被动地或主动地)。

[0044] 在某些实施方案中,传感器 26、28(或其他的被合适地放置的传感器)可以被用于为了潜在的安全问题监测一个或多个电化学装置 10(例如,可能导致一种或多种流体相对于它们的设计位置的误定位、化学反应的或流体移动的过量的速率、超压力、过度的温度、火灾或爆炸的条件),以及用于迅速地使这些装置中的一个或多个停用或失效来保持安全性。例如,控制电路可以被提供,使得如果检测到在这样的电池阵列中的一个电化学电池出现过热,那么该故障的电池被从阵列中替换出来,并且其电化学活性的流体中的至少一种在其能够(进一步)破坏其自身的结构或其附近的结构、污染流体或以其他方式劣化总体系统之前被迅速地除去(例如通过重力排水、通过泵的作用、由于外加应力例如压力差或通过洛伦兹力)。可选择地,电池可以通过使用物理阻挡物将流体彼此部分地或完全地隔离而被迅速地弃用,例如通过将非导电性层插入流体之间,或通过“百叶窗帘(venetian blind)”风格的阻挡物的组旋转入位置中。(在某些实施方案中,这样的阻挡物可以起到双重作用,在装置的操作期间作为挡板。这样的挡板在本文的其他部分描述,例如关于图 2。)可以被监测以触发某些装置或装置的区域的可能停机的条件包括电流、电压、磁场、压力、温度、流体高度、流体位置、流体构型、流体移动、声异常或光异常。这些条件中的一个或多个可以被监测以在检测到的故障的情况下引发或引导或控制限制破坏的或减小风险的子系统。

[0045] 在某些实施方案中,装置 10 可以包括温度调节系统(在图 1 中未示出),其可以例如通过将流体或气体移动经过装置的一部分,通过改变装置的电化学活性的流体中的一种或多种的温度(例如通过使部分或全部流体循环经过热交换器),或通过被动地或主动地将流体或气体(例如空气)围绕其外表面的至少一部分移动,例如通过自然对流、受控对流或强制对流来控制温度。该外表面可以至少部分地被具有绝缘功能的材料或结构覆盖,从而辅助调节热流入装置或流出装置。装置的加热或冷却还可以或可以可选择地被以电方式实现,例如通过电阻加热或使用热电效应(例如 Peltier-Seebeck 效应)。在某些实施方案中,控制器 34 可以操作或指导热控制,热控制可以响应于装置操作条件,例如响应于传感器 26、28 或其他的被合适地放置的传感器。在某些实施方案中,装置 10 的内部或外部的不同的部分可以被保持在不同的温度。

[0046] 图 2 是包括两个流体电极,即正极 50 和负极 52,以及流体电解质 54 的电化学装置的示意图。包括三个以密度分层的流体层的电池在例如美国公布专利申请第 2008/0044725 号,“High-Amperage Energy Storage Device and Method(高安培能量储存装置和方法)”中示出,其通过引用并入本文。导电性容器 56 和盖子 58 作为用于装置的电触点。加热元件 60 起到将电池保持在合适的操作温度的作用。

[0047] 在图示的实施方案中,防晃动挡板 70 是任选的惰性支持物,其起到防止电活性流体 50、52、54 过度移动的作用。在某些实施方案中,电活性流体可以趋于在使用期间移动,例如因为整个装置经受加速或因为装置内的热机械力或电动力。在某些情况下,在这些电活性流体之间的电池流体或界面可以产生循环、振荡或“波”。例如,当负极流体和正极流体靠近彼此时,它们之间的局部电流密度增加,并且由增加的电流密度的相互作用导致的洛

伦兹力以及由总体的负极 - 正极电流流动导致的磁场将趋于不稳定地增强变化, 尤其是当毗邻的流体之间的密度差是最小时。挡板 70 可以阻尼这样的振荡 (或来自其他的源的振荡) 以最小化过度的变化。虽然所图示的挡板 70 是竖直的, 但是在其他的实施方案中, 挡板可以被水平地或倾斜地放置。挡板可以形成蜂巢或网状, 例如开孔泡沫体, 并且可以被穿孔或以其他方式布置以允许某个横贯流动, 同时仍然阻止过度流体移动, 例如可以导致晃动的那些流体移动。可选择地, 流体移动可以通过选择性地偏置 (短暂地或连续地) 一个或多个导电网格 (在图 2 中未示出) 被阻止, 以抑制局部电流密度, 或主动地阻止被电动力激发的流体移动, 如本文其它地方关于图 4 描述的, 或电活性流体 50 和 54 (或 52 和 54) 可以被布置为对离子传输可透过的但是对整体流体传输不可透过的膜分隔, 其在某些实施方案中可以被绷紧或以其他方式布置以提供某个程度的机械支持。在某些实施方案中, 这样的膜可以被用于允许使用其中较重的流体被定位在较轻的流体上方的流体布置, 或用于允许流体竖直的 (或倾斜的) 布置, 而不是水平的布置。

[0048] 传感器 62、64 被分别定位在正极 / 电解质界面和负极 / 电解质界面处。在图示的实施方案中, 这些界面是可移动的, 因为电解质层的厚度在电池放电时增加并且在其充电时减小。在其他的实施方案 (未示出) 中, 这些传感器可以被放置在相对于导电性容器 56 的固定的位置处, 例如通过使用多孔网状物固定它们或通过将它们附接于防晃动挡板 70, 或它们可以是可移动的, 例如被固定于致动的动臂。在图示的实施方案中, 传感器 62、64 被配置为保持在它们各自的界面处, 例如使用表面能效应或密度梯度。(将理解, 虽然为了清楚的目的, 相对少数量的传感器被图示, 但是在某些实施方案中, 更大数量的传感器可以被使用。) 这些传感器起到检测关心的一个或多个界面操作参数的作用, 例如关心的物质的局部浓度或化学活性。不同的传感器可以检测相同的或不同的操作参数。

[0049] 在图示的实施方案中, 传感器 66 被定位在装置的内壁处。这些传感器还起到检测一个或多个关心的操作参数的作用。在某些实施方案中, 传感器 66 可以被用于检测正极 / 电解质界面或负极 / 电解质界面的位置。流体引导结构 68 (可选择的) 在图示的实施方案中也被定位在装置壁上。在某些实施方案 (未图示) 中, 流体引导结构还可以被定位在装置内。在某些实施方案中, 流体引导结构可以响应于在传感器 62、64、66 中的任何一个处检测到的操作条件。

[0050] 在某些实施方案中, 可以期望的是, 在操作期间从图 2 的装置引入或除去液体。例如, 在上文引用的美国公布专利申请第 2008/0044725 号中描述的电池中, 在放电期间, 电解质层 54 的厚度增加而正极层 50 和负极层 52 收缩。如果期望的是将电极 - 电解质界面保持在已知的位置处, 那么可以期望的是在电池的操作期间引入另外的正极流体和负极流体并且除去电解质流体。流体的引入和除去可以由使用关于从任何一个传感器 62、64、66 中获得的界面位置的信息的控制器来控制。在某些实施方案中, 被除去的流体 (例如电解质流体) 的组成或量可以被在装置的外部监测, 以进行关于电极 - 电解质界面的位置的推断。

[0051] 图 3 是图示了包括并排的流体电极的电化学装置的示意图。正极流体 71 和负极流体 72 被容纳在不渗透的容器 73 中, 不渗透的容器 73 被浸没在容器 75 内的电解质流体 74 中。固体棒 76 用作电化学活性的流体电极 71、72 的触点。防晃动挡板 77 起到防止装置内的流体过度移动的作用, 如上文关于图 2 描述的。在其他的实施方案 (未示出) 中, 流体

移动可以通过选择性地偏置（短暂地或连续地）一个或多个导电网格或其部分（在图 3 中未示出）来阻止以抑制局部电流密度，如本文其它地方关于图 4 描述的。

[0052] 在图示的实施方案中，传感器 78 被定位在容器 73、75 上的接近预期的流体界面位置处，但是传感器可以被定位在装置中或装置周围期望测量操作条件的任何位置，如上文关于图 1 和图 2 描述的。任选的流体引导结构 79 在图示的实施方案中也被定位在容器 73、75 壁上，但是可以被放置在装置中的将要控制流体流动的任何位置处。在某些实施方案中，流体引导结构 79 可以响应于传感器 78、80。在图示的实施方案中，传感器 80 被定位在电极流体 71、72 和电解质流体 74 之间的界面处，但是在其他的实施方案（未示出）中，这些传感器可以被放置在相对于容器 73 的固定的位置处，例如通过使用多孔网状物固定它们或通过将它们附接于防晃动挡板 77，或它们可以是可移动的，例如被固定于致动的动臂。

[0053] 图 4 是图示了相似于图 1 的装置但是具有液体电解质 82 并且具有流体阻止能力的仪表化的电化学装置 81 的示意图。液体电解质 82、正极流体 18 和负极流体 20 沿着正极固体支持物 22 和负极固体支持物 24 流动。在图示的实施方案中，电解质 82 与正极流体 18 和负极流体 20 之间的界面不是完全平坦的；界面的变化已经为了描述的清楚而被放大。受控的导电网格 84、86 已经被分别沿着固体支持物 22、24 的表面定位。沿着装置的长度的电流变化被传感器（未示出）监测，传感器可以被定位在固体支持物 22、24 上，在电解质 82 和电活性流体 18、20 之间的界面处，或在电路中的其他位置，例如在图 5 和图 6 中图示的直流 - 直流变换器处。如果在一个区域中的电流被测量为与毗邻的区域相比是增加的，那么正极层 18 和负极层 20 可能由于流体界面变化而靠近彼此，如在位置 88 处图示的。在某些情况下，这样的变化可以是亚稳态的或不稳定的并且可以有产生正极流体 18 和负极流体 20 之间接触的风险，这可以然后开始过度迅速地反应或加热，以及开始电短路电池。为了避免这样的接触的风险，导电网格 90、92 可以被偏置（例如短暂地）以抑制局部电流密度，由此减小可能以其他方式起到将负极流体和正极流体移动在一起的作用的力。防止负极和正极之间局部接触的其他手段可以包括将力施加于负极流体和 / 或正极流体（例如使用磁场线圈）、局部地加入或除去流体（例如通过电极支持物中的口）、通过引入不导电的流体或气体（例如气泡）来减小局部电导率或通过固体阻挡物插入电极之间（例如将板插入电极之间、闭合现有的多孔阻挡物中的气孔或展开关于图 1 描述的“百叶窗帘”）。在某些实施方案中，还可以期望的是，极化网格的所选择的部分以最小化流体层的化学组成的空间不均匀性的影响，例如通过减小装置中的局部电极或电解质的流体组成、温度或电压指示它们已经是异常高的区域中的局部反应速率。在某些实施方案（未示出）中，导体的网格可以被定位在电解质内，并且可以被选择性地偏置以调节电解质内的电势或离子电流。

[0054] 图 5 是可以与一个或多个电化学电池共同使用的直流 - 直流变换器 100 的电子图。图 6 图示了包括多个直流 - 直流变换器 100 的电化学装置，多个直流 - 直流变换器 100 可以是图 5 中示出的类型或另一种合适的变换器，例如开关 - 电容器电压变换器、被隔离的（反馈类型或与变压器耦合的）变换器（可以被串联地或并联地连接）、或多级变换器。多种潜在的变换器在“Switching Regulators(开关调节器)”，National Semiconductor, Linear and Switching Voltage Regulator Fundamentals, 可从 <http://www.national.com/appinfo/power/files/f5.pdf>, Horowitz&Hill 获得, The Art of Electronics, Cambridge University Press, 1989, 355-365 页, 以及 Lenk, Simplified Design of

Switching Power Supplies Newnes, 1995, (全部, 但特别在 1-23 页) 中示出, 其中的每个通过引用并入本文。在图 6 中示出的实施方案中, 正极 102 和负极 104 每个包括固体支持物和电化学活性的流体层 (未示出)。正极 102 和负极 104 被电解质 (未示出) 分隔, 电解质可以是例如流体、固体或混合相。在图示的实施方案中, 正极 102 和负极 104 的多个相应的区域 (例如, 横跨电解质的彼此相对的区域) 每个被连接于直流 - 直流变换器 100。直流 - 直流变换器 100 然后被连接以产生输出电压。在某些实施方案中, 这种配置允许电化学电池产生比相应于其瞬时电动势的给定功率输出的电压高的 (低的) 电压。直流 - 直流变换器 100 可以被连接于正极 102 和负极 104 内的固体支持物, 或被连接于它们的流体层。在某些实施方案中, 变换器电子器件 100 可以是受温度调节的, 例如通过电化学活性的流体的流动, 通过流动其他的流体或气体, 或通过空气对流 (例如强制对流、受控对流或自然对流)。

[0055] 在图示的实施方案中, 负极 104 包括在被连接的区域之间的任意的控制区域 106。在某些实施方案中, 这些区域可以是绝缘体, 而在其他的实施方案中, 它们可以包括有源元件例如二极管。控制区域 106 可以被提供在负极、正极、二者上或不提供。

[0056] 许多开关变换器 (例如在图 5 中图示的变换器) 从电源提取随时间变化的电流。在期望保持电化学电池上 (或其小部分上) 的相对稳定的电负载的实施方案中, 多个电压转换器可以被并联地布置以随不同的相对阶段切换, 使得在任何给定的时间, 一些电压转换器正在提取增加的电流, 而一些正在提取减小的电流。这种类型的操作可以在与公用设施电力网或网格 (典型地但是不必要地是多阶段的) 界面连接时是特别方便的, 但是可以在其他的条件中也是有用的。在优选以脉冲模式操作电化学电池 (例如由于扩散效应或为了抑制装置内的树枝状晶体的形成、生长或持续) 的实施方案中, 变换器可以代替地被布置为使得电极的特定部分传送脉冲电流, 但是整个组件传送近似恒定的平均电流。

[0057] 在某些实施方案中, 变换器可以被用于产生交流电压输出, 例如通过切换一对相对于彼此异相位的随时间循环的直流电压, 将它们中的一个或另一个交替地连接于负载 (未示出)。以这种方式, 装置可以是交流电的源。以相似的方式, 交流电可以被直接地施加于装置的外部终端并且被转换为合适的直流电压 (包括电压电平提升, 如合适的) 以用于在装置充电中使用 (未示出)。在某些这样的实施方案中, 向电路提供电的交流电电路可以具有与由电池系统提供电的交流电电路不同的相位, 使得电池系统可以作为电化学同步电容器, 同时可控地相移动交流电并且源化或淹没其某些方面 (例如, 取决于输入电压相位和振幅或期望的电压相位和振幅)。这样的实施方案可以被用于支持所述装置是其电部件的电力设施网或系统的操作稳定性以及其他方面。

[0058] 在某些实施方案中, 电池系统可以被使用这些方法设计以便以比其放电时的电网电压略低的电网电压来充电, 使得在与电网接口处的聚集的双向的电压降被部分地或完全地自动补偿。在这样的实施方案中, 电池系统可以被制造为看上去是电网的理想的电能储存器, 独立于其在网格内的物理位置和电位置。

[0059] 多种化学反应可以被在本文描述的电化学装置中使用。原则上, 在标准半电池电势表中描述的任何半反应对都可以在正极和负极使用, 虽然在 EMF 排序的表上被实质上分离的反应是对于某些实施方案优选的, 因为它们将获得较高的装置电压。(示例性的标准半电池电势表作为附录 A; 然而附录 A 中未列出的许多电化学半反应中的任何一个也可

以被在本文描述的装置中使用。)在某些实施方案中,在装置操作温度是液体(例如液体金属和液体金属合金)的反应物可以是优选的。示例性的负极材料包括锂、钠、汞、锡、铯、铷、钾、钙、锶、铝和含有这些中的任何的化合物,而示例性的正极材料包括镓、铁、汞、硫、锡、氯、氧、氟和含有这些中的任何的化合物。合适的电解质材料将通常包括与所选择的负极材料和正极材料相容的盐或其他化合物,以及任选地,不与电极流体中的任一种显著反应的其他材料。在某些实施方案中,电解质可以包括被排除不可接受的混合程度而允许至少一种电化学活性的物质经过的阻挡物(或被它们自身的不混合性)而彼此分离的两种或更多种不同的材料。上文的材料中的任何材料可以包含溶解的气体(例如氧气),其可以在某些实施方案中参与总体的电化学反应。

[0060] 本文描述的实施方案中的许多已经指代单一的装置或电池。在某些实施方案中,这些装置中的任何装置都可以被以阵列、堆或其他合适的布置提供,并且可以被串联地、并联地或以串联和并联的组合电连接。

[0061] 电化学装置和方法的各个实施方案已经在本文中描述。通常,已经被关于一个具体的实施方案描述的特征可以被在其他的实施方案中使用,除非上下文另外指示。例如,关于图 1 描述的再充电设施可以被在关于图 2 描述的装置中采用,或与本文描述的实施方案中的任何共同采用。为了简洁的目的,这样的特征的描述尚未被重复,但是将被理解为被包括在本文描述的不同的方面和实施方案中。

[0062] 将理解,通常,在本文并且特别是在所附的权利要求中使用的术语通常意指“开放式”术语(例如术语“包括(including)”应该被解释为“包括但不限于”,术语“具有”应该被解释为“具有至少”,术语“包括(includes)”应该被解释为“包括但不限于”等等)。将进一步理解,如果意图有特定数量的引入的权利要求陈述,那么这样的意图将在权利要求中被明确地陈述,并且在不存在这样的陈述时这样的意图不存在。例如,为了帮助理解,以下的所附权利要求可以含有引导性的短语例如“至少一个”或“一个或多个”的用法,以引入权利要求陈述。然而,这样的短语的使用不应该被解释为意味着权利要求陈述通过不定冠词“一(a)”或“一(an)”的引入将含有这样引入的权利要求陈述的任何具体的权利要求限制为含有仅仅一个这样的陈述的发明,即使当同一个权利要求包括引导性的短语“一个或多个”或“至少一个”和诸如“一(a)”或“一(an)”的不定冠词(例如“一个电极”应当典型地被解释与意指“至少一个电极”)时;这也适用于用于引入权利要求陈述的定冠词的使用。此外,即使明确地陈述了特定数量的引入的权利要求陈述,将意识到,这样的陈述应通常被解释为意指至少所陈述的数量(例如,没有其他修饰语的“两个流体引导结构”或“多个流体引导结构”的无修饰陈述典型地意指至少两个流体引导结构)。此外,在其中使用诸如“A、B 和 C 中的至少一个”、“A、B 或 C 中的至少一个”或“选自由 A、B 和 C 组成的组的 [项]”的那些情况下,通常这样的结构意图是可分的(例如,这些短语中的任何短语将包括但不限于具有单独的 A、单独的 B、单独的 C、A 和 B 一起、A 和 C 一起、B 和 C 一起或 A、B 和 C 一起等的系统,并且可以还包括多于 A、B 或 C 中的一个,例如 A₁、A₂ 和 C 一起、A、B₁、B₂、C₁ 和 C₂ 一起、或 B₁ 和 B₂ 一起)。将进一步理解,实际上任何表示两个或更多个可选择的术语的分离的词语或短语无论在说明书、权利要求还是附图中都应该被理解为设想包括术语中的一个、术语中的任一个或两个术语的可能性。例如,短语“A 或 B”将被理解为包括“A”或“B”或“A 和 B”的可能性。此外,“可以”和“可选择地”和其他的许可的术语在本文中被用

于描述各个实施方案的可选择的特征。这些术语大体上相似地描述可选择的或可配置的特征,除非内容指示不是这样。

[0063] 本文描述的方面描绘了包含在不同的其他部件内或与不同的其他部件相连接的不同部件。应当理解,这样描绘的构造仅仅是示例性的,并且事实上,可以实施实现相同的功能的许多其他的构造。在概念意义上,实现相同的功能的部件的任何布置都是有效地“相关联的”,使得期望的功能得以实现。因此,本文中被组合以实现特定的功能的任何两个部件都可以被视为彼此“相关联”,使得期望的功能得以实现,而无论构造或中间部件如何。同样地,如此相关联的任何两个部件也可以被视为是彼此“可操作地连接的”或“可操作地耦合的”以实现期望的功能。任何能够如此相关联的两个部件也可以被视为是彼此“可操作地可耦合的”以实现期望的功能。可操作地可耦合的具体的例子包括但不限于物理地可配对的或相互作用的部件或无线地相互作用的部件。

[0064] 本领域的技术人员将意识到,电路设计的现有技术水平已经进步至在系统的方面的硬件实施和软件实施之间典型地几乎没有区别的程度。硬件或软件的使用通常是代表了在成本、效率、灵活性和其他的实施考虑之间的权衡的设计选择。本领域的技术人员将意识到,具有涉及逻辑或电路的使用的过程、系统或其他的技术可以被其影响的各种载体(例如硬件、软件或固件),并且优选的载体将随过程、系统或其他的技术在其中被采用的环境变化。例如,如果实施者确定速度是最重要的,那么实施者可以选择主要是硬件或固件的载体。可选择地,如果灵活性是最重要的,那么实施者可以选择主要是软件的实施。在这些或其他的情况下,实施者还可以选择硬件、软件或固件的某种组合。因此,具有涉及本文描述的逻辑或电路的使用的过程、装置或其他的技术可以被其影响的多种可能的载体,其中没有一个是固有地优于其他的。本领域的技术人员将意识到,实施的光学的方面可以需要光导向的硬件、软件和/或固件。

[0065] 虽然已经示出和描述了本文所描述的发明主题的具体的方面,但是对于本领域的技术人员来说很明显,基于本文的教导,可以做出变化和修改,而不偏离本文所描述的本主题内容和其更宽的方面,并且因此所附的权利要求在它们的范围内包括所有这样的变化和修改,如在本文所描述的本主题内容的真实精神和范围内的一样。

[0066] 虽然本文已经公开了各种方面和实施方案,但是其他的方面和实施方案对于本领域的技术人员将是明显的。本文公开的各种方面和实施方案是为了例证的目的并且不意图作为限制,真正的范围和精神由下面的权利要求指示。

[0067] 附录 A

[0068]

半反应 \square	E° (V) \square
$\frac{3}{2}\text{N}_2(\text{g}) + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{HN}_3(\text{aq})$	-3.09
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}(\text{s})$	-3.0401
$\text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{NH}_2\text{OH}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-$	-3.04
$\text{Cs}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cs}(\text{s})$	-3.026
$\text{Rb}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Rb}(\text{s})$	-2.98
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}(\text{s})$	-2.931
$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ba}(\text{s})$	-2.912
$\text{La}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{La}(\text{s}) + 3\text{OH}^-$	-2.90
$\text{Sr}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sr}(\text{s})$	-2.899
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{s})$	-2.868
$\text{Eu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Eu}(\text{s})$	-2.812
$\text{Ra}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ra}(\text{s})$	-2.8
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}(\text{s})$	-2.71
$\text{La}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{La}(\text{s})$	-2.379
$\text{Y}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Y}(\text{s})$	-2.372
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s})$	-2.372
$\text{ZrO}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zr}(\text{s}) + 4\text{OH}^-$	-2.36
$\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s}) + 4\text{OH}^-$	-2.33
$\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s}) + 3\text{OH}^-$	-2.31
$\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}^-$	-2.25
$\text{Ac}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ac}(\text{s})$	-2.20
$\text{Be}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Be}(\text{s})$	-1.85
$\text{U}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{U}(\text{s})$	-1.66
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1.66
$\text{Ti}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ti}(\text{s})$	-1.63
$\text{ZrO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zr}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}$	-1.553
$\text{Zr}^{4+} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zr}(\text{s})$	-1.45
$\text{TiO}(\text{s}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ti}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}$	-1.31

[0069]

半反应 ☒	E° (V) ☒
$\text{Ti}_2\text{O}_3(s) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{TiO}(s) + \text{H}_2\text{O}$	-1.23
$\text{Ti}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Ti}(s)$	-1.21
$\text{Mn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn}(s)$	-1.185
$\text{Te}(s) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Te}^{2-}$	-1.143
$\text{V}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{V}(s)$	-1.13
$\text{Nb}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Nb}(s)$	-1.099
$\text{Sn}(s) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{SnH}_4(g)$	-1.07
$\text{SiO}_2(s) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{Si}(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.91
$\text{B}(\text{OH})_3(aq) + 3\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{B}(s) + 3\text{H}_2\text{O}$	-0.89
$\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{Ti}(s) + \text{H}_2\text{O}$	-0.86
$\text{Bi}(s) + 3\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{BiH}_3$	-0.8
$\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-$	-0.8277
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{Hg})$	-0.7628
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s)$	-0.7618
$\text{Ta}_2\text{O}_5(s) + 10\text{H}^+ + 10e^- \rightleftharpoons 2\text{Ta}(s) + 5\text{H}_2\text{O}$	-0.75
$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr}(s)$	-0.74
$[\text{Au}(\text{CN})_2]^- + e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s) + 2\text{CN}^-$	-0.60
$\text{Ta}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Ta}(s)$	-0.6
$\text{PbO}(s) + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s) + 2\text{OH}^-$	-0.58
$2\text{TiO}_2(s) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ti}_2\text{O}_3(s) + \text{H}_2\text{O}$	-0.56
$\text{Ga}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Ga}(s)$	-0.53
$\text{AgI}(s) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{I}^-$	-0.15224
$\text{U}^{4+} + e^- \rightleftharpoons \text{U}^{3+}$	-0.52
$\text{H}_3\text{PO}_2(aq) + \text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{P}(\text{白}) + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.508
$\text{H}_3\text{PO}_3(aq) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}$	-0.499
$\text{H}_3\text{PO}_3(aq) + 3\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{P}(\text{红}) + 3\text{H}_2\text{O}$	-0.454
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(s)$	-0.44
$2\text{CO}_2(g) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{HOCCOOH}(aq)$	-0.43
$\text{Cr}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$	-0.42

[0070]

半反应 ☒	E° (V) ☒
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(s)$	-0.40
$\text{GeO}_2(s) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{GeO}(s) + \text{H}_2\text{O}$	-0.37
$\text{Cu}_2\text{O}(s) + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cu}(s) + 2\text{OH}^-$	-0.360
$\text{PbSO}_4(s) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s) + \text{SO}_4^{2-}$	-0.3588
$\text{PbSO}_4(s) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(Hg) + \text{SO}_4^{2-}$	-0.3505
$\text{Eu}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Eu}^{2+}$	-0.35
$\text{In}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{In}(s)$	-0.34
$\text{Tl}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Tl}(s)$	-0.34
$\text{Ge}(s) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{GeH}_4(g)$	-0.29
$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Co}(s)$	-0.28
$\text{H}_3\text{PO}_4(aq) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}$	-0.276
$\text{V}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{V}^{2+}$	-0.26
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}(s)$	-0.25
$\text{As}(s) + 3\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{AsH}_3(g)$	-0.23
$\text{MoO}_2(s) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{Mo}(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.15
$\text{Si}(s) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{SiH}_4(g)$	-0.14
$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(s)$	-0.13
$\text{O}_2(g) + \text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{HO}_2^*(aq)$	-0.13
$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s)$	-0.13
$\text{WO}_2(s) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{W}(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.12
$\text{P}(\text{红}) + 3\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{PH}_3(g)$	-0.111
$\text{CO}_2(g) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{HCOOH}(aq)$	-0.11
$\text{Se}(s) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{Se}(g)$	-0.11
$\text{CO}_2(g) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}$	-0.11
$\text{SnO}(s) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(s) + \text{H}_2\text{O}$	-0.10
$\text{SnO}_2(s) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{SnO}(s) + \text{H}_2\text{O}$	-0.09
$\text{WO}_3(aq) + 6\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons \text{W}(s) + 3\text{H}_2\text{O}$	-0.09
$\text{P}(\text{白}) + 3\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{PH}_3(g)$	-0.063
$\text{HCOOH}(aq) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{HCHO}(aq) + \text{H}_2\text{O}$	-0.03

[0071]

半反应 \square	E° (V) \square
$2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0.0000
$\text{AgBr}(\text{s}) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s}) + \text{Br}^-$	+0.07133
$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+0.08
$\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 8\text{H}^+ + 8e^- \rightleftharpoons 3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}$	+0.085
$\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq})$	+0.092
$\text{HgO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\text{l}) + 2\text{OH}^-$	+0.0977
$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + 2\text{NH}_3$	+0.10
$\text{Ru}(\text{NH}_3)_6^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Ru}(\text{NH}_3)_6^{2+}$	+0.10
$\text{N}_2\text{H}_4(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{NH}_4^+ + 4\text{OH}^-$	+0.11
$\text{H}_2\text{MoO}_4(\text{aq}) + 6\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons \text{Mo}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}$	+0.11
$\text{Ge}^{4+} + 4e^- \rightleftharpoons \text{Ge}(\text{s})$	+0.12
$\text{C}(\text{s}) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g})$	+0.13
$\text{HCHO}(\text{aq}) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{aq})$	+0.13
$\text{S}(\text{s}) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(\text{g})$	+0.14
$\text{Sn}^{4+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	+0.15
$\text{Cu}^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+$	+0.159
$\text{HSO}_4^- + 3\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.16
$\text{UO}_2^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{UO}_2^+$	+0.163
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.17
$\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	+0.19
$\text{Bi}^{3+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Bi}^+$	+0.2
$\text{SbO}^+ + 2\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{Sb}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}$	+0.20
$\text{AgCl}(\text{s}) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^-$	+0.22233
$\text{H}_3\text{AsO}_3(\text{aq}) + 3\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{As}(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}$	+0.24
$\text{GeO}(\text{s}) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ge}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}$	+0.26
$\text{UO}_2^+ + 4\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.273
$\text{Re}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Re}(\text{s})$	+0.300
$\text{Bi}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Bi}(\text{s})$	+0.32
$\text{VO}^{2+} + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	+0.34

[0072]

半反应	E° (V)
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	+0.340
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + e^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	+0.36
$\text{O}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-(aq)$	+0.40
$\text{H}_2\text{MoO}_4 + 6\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{Mo}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.43
$\text{Bi}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Bi}(s)$	+0.50
$\text{CH}_3\text{OH}(aq) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{CH}_4(g) + \text{H}_2\text{O}$	+0.50
$\text{SO}_2(aq) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{S}(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.50
$\text{Cu}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	+0.520
$\text{CO}(g) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{C}(s) + \text{H}_2\text{O}$	+0.52
$\text{I}_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	+0.54
$\text{I}_3^- + 2e^- \rightleftharpoons 3\text{I}^-$	+0.53
$[\text{AuI}_4]^- + 3e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s) + 4\text{I}^-$	+0.56
$\text{H}_3\text{AsO}_4(aq) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_3\text{AsO}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}$	+0.56
$[\text{AuI}_2]^- + e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s) + 2\text{I}^-$	+0.58
$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2(s) + 4\text{OH}^-$	+0.59
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{S}(s) + 3\text{H}_2\text{O}$	+0.60
$\text{H}_2\text{MoO}_4(aq) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{MoO}_2(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.65
$\text{O}_2(g) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2(aq)$	+0.70
$\text{Tl}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Tl}(s)$	+0.72
$\text{PtCl}_6^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons \text{PtCl}_4^{2-} + 2\text{Cl}^-$	+0.726
$\text{H}_2\text{SeO}_3(aq) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{Se}(s) + 3\text{H}_2\text{O}$	+0.74
$\text{PtCl}_4^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pt}(s) + 4\text{Cl}^-$	+0.758
$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0.77
$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s)$	+0.7996
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l)$	+0.80
$\text{NO}_3^-(aq) + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{NO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}$	+0.80
$[\text{AuBr}_4]^- + 3e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s) + 4\text{Br}^-$	+0.85
$\text{Hg}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}(l)$	+0.85
$\text{MnO}_4^- + \text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{HMnO}_4^-$	+0.90

[0073]

半反应 \boxtimes	$E^\circ(\text{V})$ \boxtimes
$2\text{Hg}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$	+0.91
$\text{Pd}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pd}(s)$	+0.915
$[\text{AuCl}_4]^- + 3e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s) + 4\text{Cl}^-$	+0.93
$\text{MnO}_2(s) + 4\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.95
$[\text{AuBr}_2]^- + e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s) + 2\text{Br}^-$	+0.96
$\text{Br}_2(l) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	+1.066
$\text{Br}_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	+1.0873
$\text{IO}_3^- + 5\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{HIO}(aq) + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.13
$[\text{AuCl}_2]^- + e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s) + 2\text{Cl}^-$	+1.15
$\text{HSeO}_4^- + 3\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SeO}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}$	+1.15
$\text{Ag}_2\text{O}(s) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Ag}(s) + \text{H}_2\text{O}$	+1.17
$\text{ClO}_3^- + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{ClO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}$	+1.18
$\text{Pt}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pt}(s)$	+1.188
$\text{ClO}_2(g) + \text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{HClO}_2(aq)$	+1.19
$2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e^- \rightleftharpoons \text{I}_2(s) + 6\text{H}_2\text{O}$	+1.20
$\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	+1.20
$\text{O}_2(g) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1.23
$\text{MnO}_2(s) + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.23
$\text{Tl}^{3+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Tl}^+$	+1.25
$\text{Cl}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+1.36
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1.33
$\text{CoO}_2(s) + 4\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.42
$2\text{NH}_3\text{OH}^+ + \text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_5^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.42
$2\text{HIO}(aq) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{I}_2(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.44
$\text{Ce}^{4+} + e^- \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$	+1.44
$\text{BrO}_3^- + 5\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{HBrO}(aq) + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.45
$\beta\text{-PbO}_2(s) + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.460
$\alpha\text{-PbO}_2(s) + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.468
$2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e^- \rightleftharpoons \text{Br}_2(l) + 6\text{H}_2\text{O}$	+1.48

[0074]

半反应	$E^{\circ}(\text{V})$
$2\text{ClO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}$	+1.49
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1.51
$\text{HO}_2^{\cdot} + \text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	+1.51
$\text{Au}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Au}(\text{s})$	+1.52
$\text{NiO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 2\text{OH}^-$	+1.59
$2\text{HClO}(\text{aq}) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.63
$\text{Ag}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+1.67
$\text{HClO}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{HClO}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$	+1.67
$\text{Pb}^{4+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}$	+1.69
$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.70
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1.78
$\text{AgO}(\text{s}) + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O}$	+1.77
$\text{Co}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	+1.82
$\text{Au}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Au}(\text{s})$	+1.83
$\text{BrO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{BrO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	+1.85
$\text{Ag}^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}^+$	+1.98
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}$	+2.010
$\text{O}_3(\text{g}) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$	+2.075
$\text{HMnO}_4^- + 3\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+2.09
$\text{F}_2(\text{g}) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	+2.87
$\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{HF}(\text{aq})$	+3.05

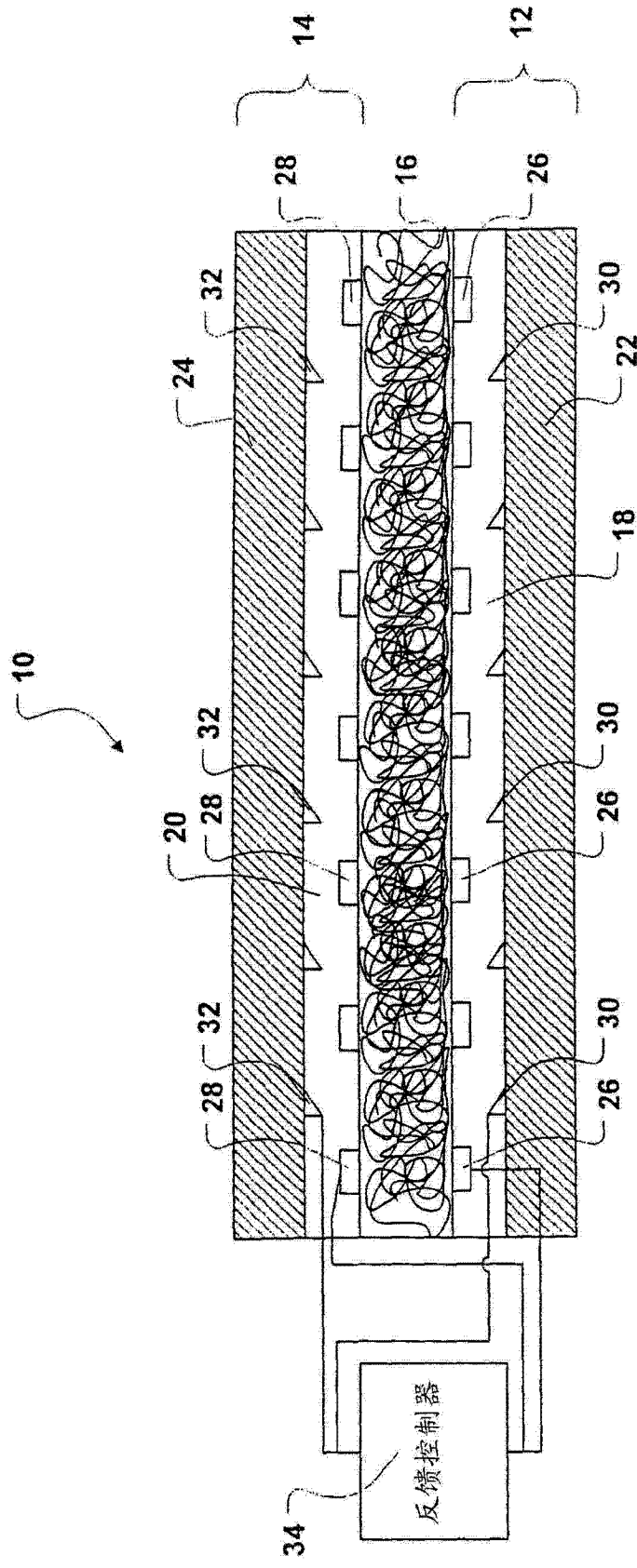


图 1

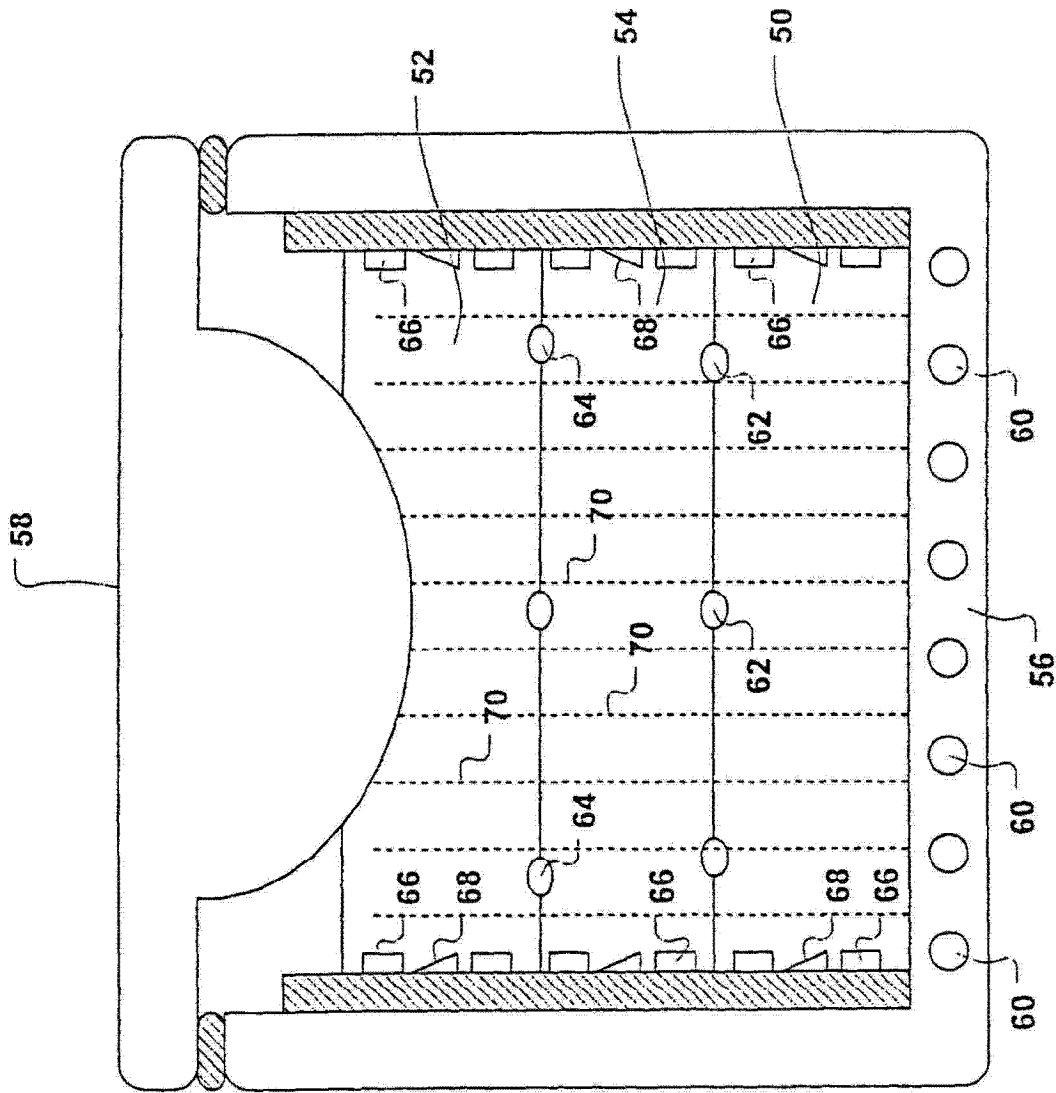


图 2

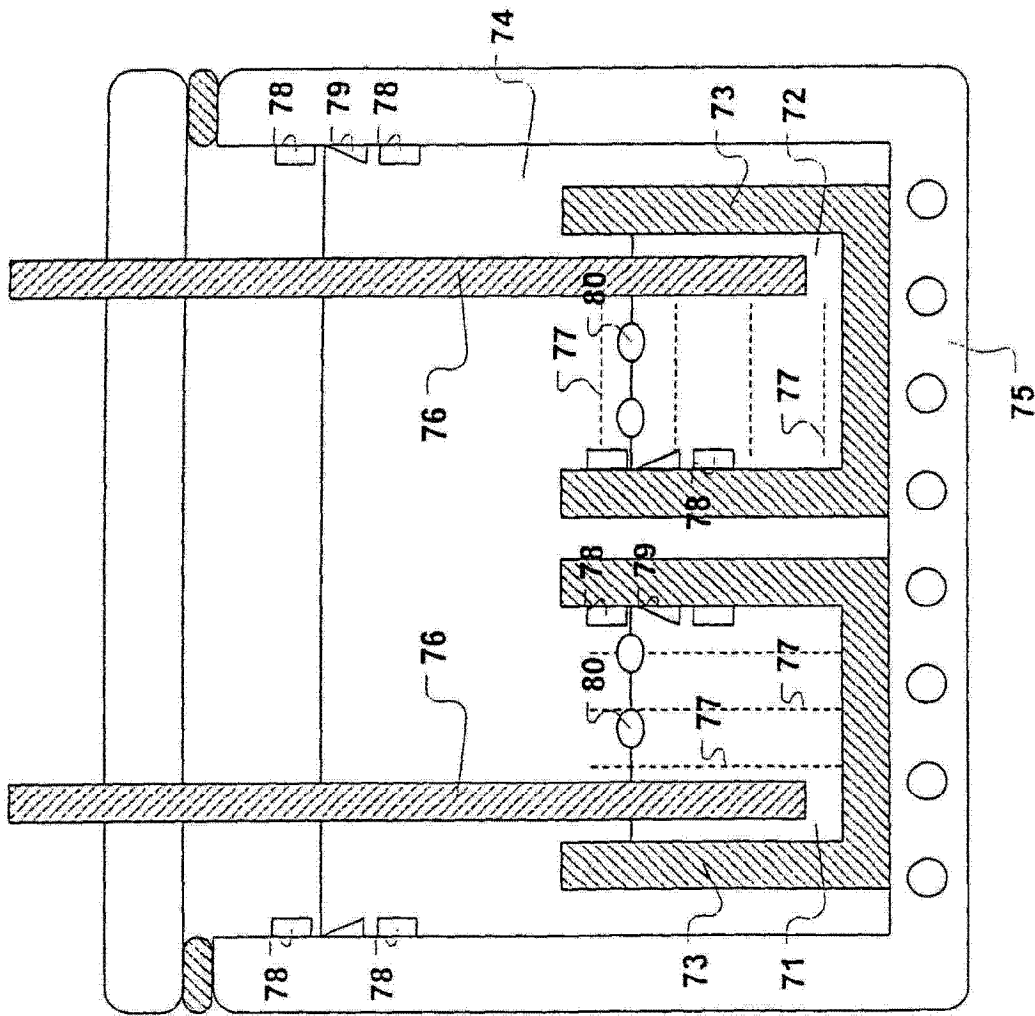


图 3

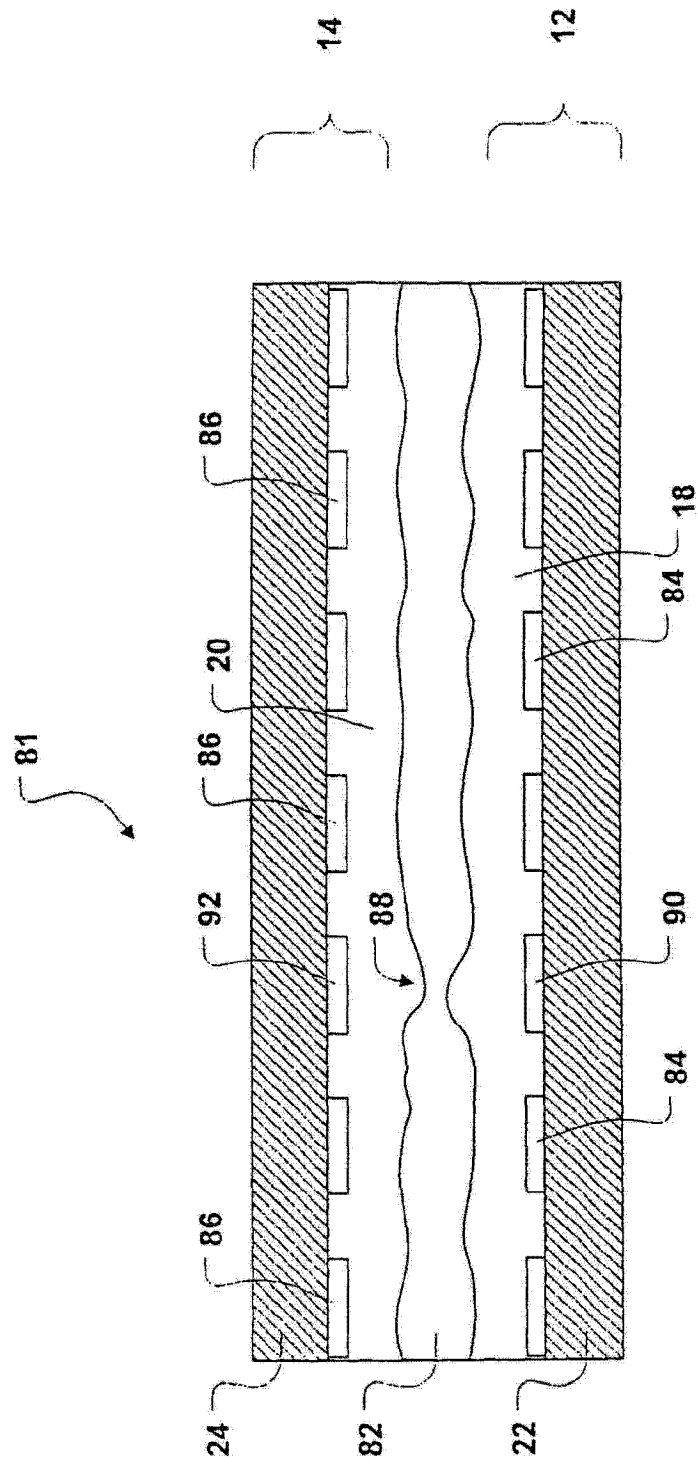


图 4

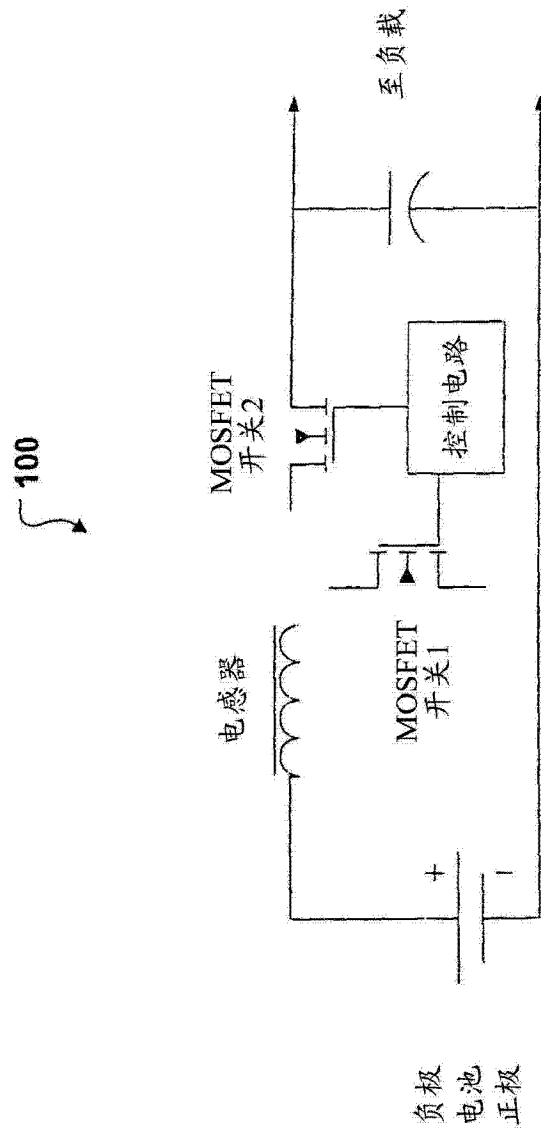


图 5

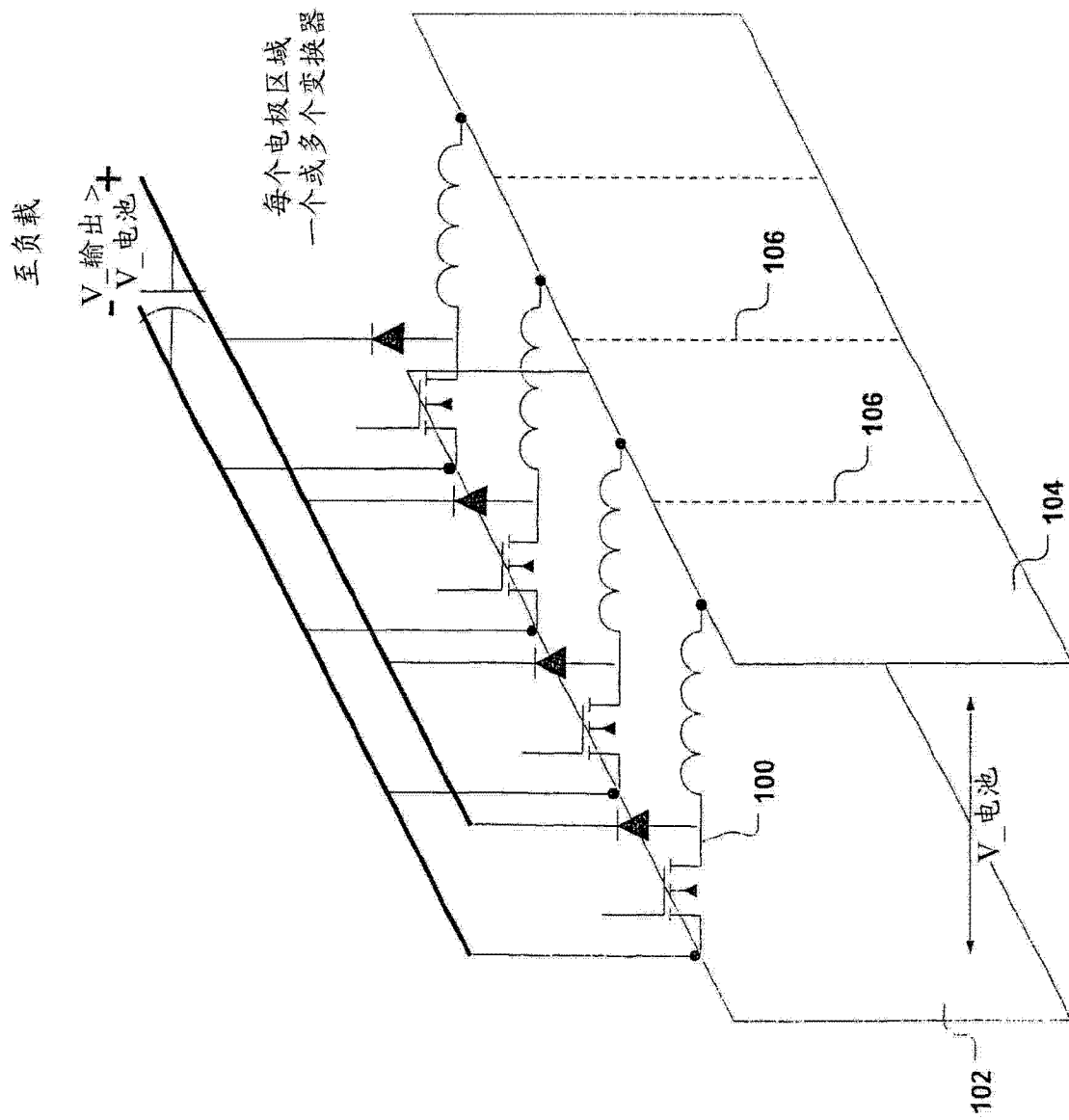


图 6