



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104781981 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 15

(21) 申请号 201480002689. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 08. 19

H01M 12/06(2006. 01)

(30) 优先权数据

H01M 8/18(2006. 01)

61/870, 104 2013. 08. 26 US

H01M 8/20(2006. 01)

14/462, 019 2014. 08. 18 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 04. 13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2014/002144 2014. 08. 19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/028887 EN 2015. 03. 05

(71) 申请人 锌能公司

地址 加拿大安大略省多伦多市

(72) 发明人 小鸽·格雷戈瑞·章

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

31002

代理人 邓琪

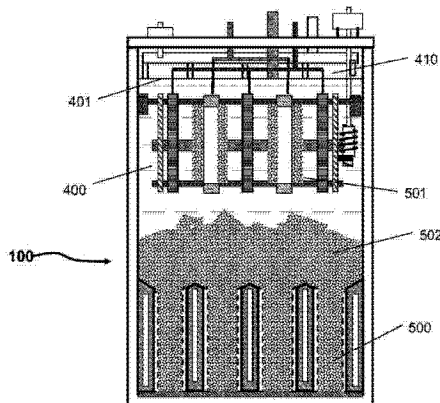
权利要求书2页 说明书12页 附图30页

(54) 发明名称

用金属储存电能电化学系统

(57) 摘要

本发明提供一种将电能储存在金属材料中的电化学系统,包括一个有一个以上的阴极和阳极对的用来金属沉积的充电装置,和一个有一个以上的阴极和在阴极之间的用以存放金属阳极的空间的放电装置。充电装置和放电装置在物理上是分开的,使充电装置和放电装置可以独立地运行以及可以独立地改变系统的功率和容量。本技术还可以将阳极金属材料与充电和放电装置分开地存储在简单的箱罐里,从而可以经济地进行能量储存。



1. 一种电化学系统,其特征在于,包括:
 - 一壳子,
 - 一放在壳子内的电解液,
 - 一放电装置, (a) 浸没在电解液里, (b) 有一个或更多的放电阴极和挨着阴极的第一空间,
 - 一金属材料,此金属材料在装入第一空间时形成一个或更多的放电极,和
 - 一第二空间, (a) 位于放电装置上方, (b) 在第一空间满了后存积多出的金属材料。
2. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,该系统是一金属燃料电池,
 - (a) 燃料以金属材料和电解液的形式输入第一空间和第二空间,和
 - (b) 在放完电后,通过 (i) 从壳里取出放了电的金属材料和电解液,和 (ii) 在第一空间和第二空间输入新的金属材料和电解液,对电池输入燃料。
3. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,放电阴极包括用于还原氧的氧阴极。
4. 根据权利要求 1 所述的放电装置,其特征在于,金属材料包括用电沉积、凝聚、雾化、机加工、喷洒或凝铸方法形成的颗粒材料。
5. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,金属材料包括锌,铝,镁,铅,铁或它们的合金中的一种金属。
6. 根据权利要求 3 所述的电化学系统,其特征在于,氧阴极包括用一个被至少一片氧膜电极覆盖的框子使内部形成一个空腔,一个进口和一个出口,以使氧气或含氧气的气体能进入空腔和从空腔里面出来。
7. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,进一步包括一个在第一空间里搅拌金属材料的机制。
8. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,还包括一个用来使电解液流经第一空间的泵。
9. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,进一步包括至少一个位于放电装置附近的腔室,此腔室中的电解液与第一空间和第二空间中是相通的。
10. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,进一步包括安放在壳子内第二空间里的放电装置,放电装置有至少一片放电极和一片放电阴极,放电装置通过电沉积产生金属材料。
11. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,进一步包括一个与壳子可分离的容器,用以盛放除壳子里装的电解液之外的电解液,壳子内和容器内的电解液通过液泵流通。
12. 根据权利要求 10 所述的电化学系统,其特征在于,充电装置位于放电装置的上方。
13. 根据权利要求 10 所述的电化学系统,其特征在于,在充电装置里生成的金属材料从充电阴极上剥离后靠重力作用下落。
14. 根据权利要求 10 所述的电化学系统,其特征在于,在充电装置的充电阴极上生成的金属材料用包括刮刷,摇晃,震动和它们的组合的方法从阴极上剥离。
15. 根据权利要求 10 所述的电化学系统,其特征在于,充电阴极进一步包括许多分隔开的用以沉积金属材料的活性表面。

16. 根据权利要求 10 所述的电化学系统,其特征在于,进一步包括在充电装置和放电装置的正极上进行电化学反应的化学物品,此化学物品选自氧,溴,氯,铁盐,钒盐,铬盐,钛盐或铈盐。

17. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,充电和放电装置里的正极涉及氧的反应。

18. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,电解液包括至少一种从一组化合物里选出的化合物,这组化合物包括氢氧化钾,氢氧化钠,氢氧化锂,氢氧化铝和氢氧化钙。

19. 根据权利要求 10 所述的电化学系统,其特征在于,电解液包括至少一种从一组化合物里选出的化合物,这组化合物包括氢氧化物,氯化物,溴化物,硫酸盐,硫酸和盐酸。

20. 根据权利要求 10 所述的电化学系统,其特征在于,该系统用于同步地充电和放电。

21. 根据权利要求 1 所述的电化学系统,其特征在于,进一步包括一个充电电池,此充电电池有:(a) 一个壳子,(b) 放在壳子里的电解液,(c) 一个浸在电解液里的用以通过电沉积产生金属材料的充电装置。

22. 根据权利要求 21 所述的电化学系统,其特征在于,放电电池在一个地方作为电源使用,充电电池在另一地方用于储存电能。

23. 一种用于产生和储存电能的方法,其特征在于,包括:

用一充电装置通过电沉积生成金属材料进行电能储存,充电装置有至少一片充电阴极和至少一片充电阳极;

将金属材料输入放电装置里的第一空间,放电装置有至少一片放电阴极和由在第一空间里的金属材料形成的至少一个放电极;

将在第一空间满了后多出的金属材料存放在位于放电装置上方的第二空间;和
通过对放电装置里的金属材料进行放电产生电能。

24. 根据权利要求 23 所述的方法,其特征在于,放电装置和充电装置安放在同一个壳子里,放电装置安放在 (a) 充电装置的下方,或 (b) 充电装置的旁边。

25. 根据权利要求 23 所述的方法,其特征在于,进一步包括对安放在一个壳子里的放电装置中的金属材料放电,并在安放在另一个分开的壳子里的充电装置里产生金属材料。

26. 根据权利要求 23 所述的方法,其特征在于,充电和放电同步地进行。

用金属储存电能的电化学系统

[0001] 优先权要求

[0002] 此申请要求的优先权是 2013 年 8 月 26 日提交的美国临时专利申请, 申请号 61/870104。

技术领域

[0003] 本发明有关于储存电能的电化学技术, 特别有关于金属空气电池, 燃料电池和流体电池。

背景技术

[0004] 电能储存是有效利用像太阳能和风能等可再生能源的关键技术。基于储存时间, 可以有两大类电能储存的应用: 从小于一秒到一小时左右的短时间储能, 和从几小时到几十, 上百小时的长时间储能。短时间的储能一般用于电力支撑以保证电力的可靠性和质量, 这类储能技术已经有一些早期的商业应用。长时间储能可以低成本地把产电和用电的时间分开, 目前除了抽水储能外还没有商业上可行的长时间储能技术, 但是, 抽水储能受地理和环境的限制。

[0005] 金属空气特别是锌空气电化学系统一直被认为是希望用来低成本地进行大规模储能的技术, 过去一直不断有人在尝试开发基于锌空气化学原理的储能系统, 包括可充电电池, 机械法和水力法可再生燃料电池 (见回顾综述文章: X. G. Zhang 的“锌电池电极”; S. Smedley 和 X. G. Zhang 的“锌-空气燃料电池: 水力法可再生”, in *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources*, Eds. Jungen Garcke etc., Amsterdam: Elsevier, 2009)

[0006] 可充电的锌空气电池有很大的能量密度, 其主要的技术问题是在充放电过程中双功能空气电极的快速退化和锌阳极形貌的有害变化。一直有很多人在努力寻求解决这些问题的办法, 从美国专利申请中可以看到一些最近的发展, 比如 US2010/0021303 和 US2010/0316935。

[0007] 在锌空气燃料电池中, 锌阳极材料像一种燃料, 而且可以通过电沉积产生和再生。锌材料通过电沉积生成起储电功能, 沉积的金属材料和电解液一起输入燃料电池内, 通过放电实现释放储存在金属锌中的能量。可再生锌燃料电池是经济地长时间储能的理想技术, 有三个基本原因: 1) 电力的产生和电能的存放是分开的, 因此能量可以独立地, 低成本地储存, 2) 锌有高的能量密度, 是在可以从水相电解液里还原的常用金属中最高的, 3) 锌很便宜, 是市场上最便宜的金属之一。

[0008] 可再生锌空气电池系统和可充电电池相比有许多的优点, 如可以独立地放大和缩小功率和容量, 和可以连续进行放电, 不需停下来充电。从专利文献里可以了解到开发锌燃料电池技术的许多努力, 如美国专利 5434020, 5849427, 6,706,433 和美国专利申请 US2010/330437。可再生锌燃料电池的主要问题是输送锌材料进出电池过程中出现堵塞, 和锌材料在每个电池内及在不同电池之间的不均匀分布。要实现可靠和高效功能的锌燃料电池技术, 必须解决这些技术问题。

[0009] 金属-氧化还原对液流电池,特别是锌-氧化还原对液流电池被认为是有潜力进行低成本储能的另一技术系统,溴,铈和铁的氧化还原对已被用来开发锌-氧化还原对流通电池技术,见回顾文献:流体电池研究和开发(M. Skyllas-Kazacos et al in Journal of The Electrochemical Society, Vol. 158(8) R55-R79, 2011),美国专利US 2013/0252062 A1, US8293390, 和 US5607788。类似地,铁-氧化还原对液流电池也有人尝试,见美国专利申请 US20140065460 A1。但是,已有的金属-还原对液流电池技术的容量受金属阳极厚度的限制。如果金属液流电池的容量不受阳极厚度的限制,电能量将可以独立于电力变化,会有明显的优势。

发明内容

[0010] 本发明提供用以将电储存在金属中的电化学系统,设备和方法。根据本发明的一个基本方面,这个电化学电池包含一个进行金属沉积的充电装置,一个进行金属溶解的放电装置和存放金属的方法。此电化学系统进一步包括充电装置,放电装置,电解液和金属材料的安放方式。充电和放电装置可以通过若干种不同的方式安放,实现涉及储能的各种充电和放电功能。

[0011] 根据本发明的另一个基本方面,是提供一种储电和产电的方法,包括用充电装置电沉积产生金属材料,用以存储金属材料的设施,和用放电装置溶解金属材料产生电。本方法进一步包括传输或移动金属材料和电解液的方式,和存放充电装置,放电装置,电解液和金属材料的方式。

[0012] 根据本发明的一个方面,本电化学系统的放电装置包括至少一个阴极,和与阴极挨着的用以存放作为阳极的金属材料的空间。放电通过由阴极和阳极形成的电极对进行。用以存放阳极的空间也可以描述为位于至少一个放电阴极旁边的空间,或如果有多于一个阴极,也可以描述为位于电池壳体的内表面和阴极之间的空间或者位于阴极之间的空间。

[0013] 根据本发明的另一个方面,本电化学电池的充电装置有至少一个阴极和阳极对(阴极表面上进行金属电沉积),和剥离阴极上沉积的金属材料的机制。

[0014] 根据本发明的另一方面,本电化学系统包含两组氧化还原反应,一组涉及一种金属,另一组涉及一种液态或气态反应物。金属的氧化和还原反应在负极上进行,在充电装置里负极是阴极,在放电装置里负极是阳极;液态或气态反应物的氧化和还原反应在正极上进行,在充电装置里正极是阳极,在放电装置中正极是阴极。

[0015] 作为一个实施方案,充电装置和放电装置安放在一个壳子里同一电解液中,形成一个电池,放电装置可以在充电装置下面或在充电装置旁边。如果充电装置在放电装置上面,则在充电装置里产生的金属材料通过重力输送到放电装置的阳极空间或阳极腔里;如果充电装置在放电装置旁边,则通过机械方式,比如泵,进行金属材料的传送。金属材料通过放电溶于电解液里,通过扩散和对流以浓度均匀的方式传输回到充电装置,在放电装置上面的空间存放当放电装置里的阳极空间堆满了后多出的金属材料。

[0016] 本系统还进一步包含其它方面,例如,在放电装置附近有一腔体或在阳极腔下方有一管子用以供电解液流经氧阴极之间的阳极腔,在阳极腔内有一搅拌机制以提高阳极材料的堆积密度和均匀度,在阳极腔里有一导向体将金属材料引向氧阴极的表面。

[0017] 作为另一个实施方案,一个壳子里有多个隔开的箱,每个箱内有一个充电装置和

一个放电装置,在一个壳内形成多个电池。

[0018] 在另一个实施方案中,充电装置和放电装置安放在分开的壳子里,形成独立的放电电池和充电电池,通过泵或其它机械方法使金属材料 and 电解液在充电电池和放电电池之间传送。充电电池可以安放在放电电池附近,通过管道连接。不同地,充电电池和放电电池也可以不连接,安放在不同的地方,独立的放电电池可作为动力或备用电源应用,而独立的充电电池可以安放在风能和太阳能等一次能源附近,在充电电池里沉积的金属材料可以放在储罐里运到不同地方。

[0019] 作为进一步的实施方案,除了分开的充电和放电电池外,金属材料 and 电解液也可装在分开的箱子里,因为没有电极和其它元件,可以进行低成本的能量存储和运输。

[0020] 作为本发明的一个优选的实施方案,在负极上进行反应的金属是锌,在正极上反应的反应物是氧。这一实施方案的功能已经通过实验得以证实,结果在本文件中报告。

[0021] 作为优选的实施方案的一个方面,氧阴极是这样—个结构,在其内部有一空腔可以让空气或含氧气体通过,电极的外表与电解液接触。氧阴极可以独立地从放电装置中分离取出。氧阴极在结构上可以是在—个框架上覆盖氧膜电极使得在膜电极和框架之间形成—个空腔,在框架上有一可以让空气或氧气通过的入口和出口。氧气阴极的形状可以是平板形,圆形,三角形,椭圆形等。

[0022] 作为优选的实施方案的另—方面,参与在正极上的氧化还原反应的反应物可以是铁,铈,溴,氯,铬,钒及其他—些元素的化合物,它们的氧化还原反应具有比锌正的电位。

[0023] 作为本发明的另—个方面,此电化学系统是一个可再生的金属燃料电池,作为燃料的金属材料在充电装置中通过电沉积产生,然后输入(或喂进,移入)到放电装置的正极(放电阴极)之间的空间,放完电的金属溶解在电解液里通过扩散和对流带出放电装置。

[0024] 作为本发明的另—方面,此电化学系统像流体电池,以液态或气态的形式参与正极反应的氧化还原反应物从放电装置和充电装置的正极表面流过。

[0025] 作为—个进一步的方面,本电化学系统像—个放电器或反应器或发电厂,能够根据需要通过输入含能材料连续地产生电,放完电的材料在同一系统再生而实现能量储存。

[0026] 本发明本质上是关于将电能存储在金属材料中,而不像可充电电池固定在电极结构上,其中的活性材料是永久性地固定在电极结构里的。本发明的基本原理具有一般性的应用性,可以根据不同的化学反应,电池机构和运行方式设计电化学储能系统。因此本发明在许多潜在的应用里相比其它储能技术有许多优势。

[0027] 本发明的电化学系统,由于采用金属材料储存电能的内在优势,可以用在—些不适合使用可充电电池的储能应用中。与传统电池的—个特别的区别是,本系统可以同时—进行储电和供电,因而可以提供无间断的稳定电力。因为本电化学系统的电池可以在电极结构外存放活性材料,系统储能的容量可以方便地,低成本地改变。还有,充电装置和放电装置分开的实施方案可以作为分布式电源应用。进一步,只是将金属材料而不将电极和其它元件储存在简单的塑料壳里可以使经济地长期电能储存成为可能。

附图说明

[0028] 下面是具体说明中将引用的图示,后面的具体说明会使这些图中的特征和本发明的一些优选实施方案的其他特征更清楚:

[0029] 图 1a 根据本发明的一个实施方案的电化学电池的基本元件和结构的概要图示, 充电装置和放电装置在同一壳子里, 充电装置在放电装置的上面。

[0030] 图 1b 在充电装置里用以转动刮刷的齿轮机制的概要图示。

[0031] 图 1c 放电装置中的氧阴极的结构的概要的透视和截面图示。

[0032] 图 1d 放电装置中的氧阴极的一些可能的结构的概要的透视和截面图示。

[0033] 图 2a 包括了沉积的金属材料和电解液的电化学电池的基本结构和元件的概要图示, (和图 1a 一致, 但为了简单省略了一些元件)。

[0034] 图 2b 电化学电池系统的概要图示, 在充电装置中的阴极上有许多分隔开的用以沉积金属的活性表面。

[0035] 图 2c 有许多分开的用以沉积金属的活性表面的充电阴极的概要图示。

[0036] 图 2d 从图 2c 上沿 A-A 线的截面的概要图示。

[0037] 图 2e 充电装置的概要图示, 其中的电极呈现圆柱状。

[0038] 图 2f 放电装置的阳极腔中有一搅拌机制的电化学系统的概要图示。

[0039] 图 2g 放电装置中的氧阴极间有一导向件的电化学系统的概要图示。

[0040] 图 3a 从图 1a 里的 C-C 截面看的电化学电池的基本元件和结构的概要图示。

[0041] 图 3b 放电装置的电端和导线及位于电池壳侧边上的氧阴极的空气入口和出口的概要图示。

[0042] 图 4 从图 1a 里的 B-B 截面看的电化学电池的元件和结构的概要图示。

[0043] 图 5 从图 1a 里的 A-A 截面看的电化学电池的元件和结构的概要图示。

[0044] 图 6 在同一壳子中, 充电装置位于放电装置旁边的在电化学电池的概要图示。

[0045] 图 7 同一壳子放有多个电池的电化学系统; 每个电池具有图 1a 中显示的元件和结构 (没有全部显示)。

[0046] 图 8a 和 b 具有和图 1a 相同结构的但在放电装置下面有一腔室的电化学电池的概况图示, (a) 从一方向看的样子, (b) 从与 (a) 图中的成 90 度方向看的样子。

[0047] 图 8c 氧阴极之间有一导向件的实施方案的概况图示。

[0048] 图 8d 一有多个使电解液通过氧阴极之间的金属材料进行流动的腔室的电化学电池实施方案的概况图示。

[0049] 图 8e 一在氧阴极之间有一管子的实施方案概况图示; 管子上沿长度方向有多个孔让电解液流通。

[0050] 图 9a 放电装置旁边有一腔体的电化学电池的概况图示。

[0051] 图 9b 放电装置底下的和旁边的腔体连在一起的电化学电池的概况图示。

[0052] 图 10 图 8 中显示的电池连有一分开的用以盛放额外电解液的箱子的概况图示。

[0053] 图 11 在同一壳子内装有多个底下有腔体的电池的概况图示; 每个电池中只有一个充电阴极和一个氧阴极 (为了简明, 没有显示在其它图 (如图 1a 和图 8) 中的管子, 导电体, 马达等元件)。

[0054] 图 12a 和 b 在一个壳子内只有一个氧阴极和一对充电电极的电池的概况图示 (a); 壳子的边面上安有一对氧阴极和一对充电电极的电池的概况图示 (b)。

[0055] 图 13 有多个电池可以储能和释能的电化学系统的实施方案的概况图示。

[0056] 图 14a 和 b 充电和放电曲线的概况图示, (a) 同时充电和放电, (b) 交替充电和放

电。

[0057] 图 15 同时充电和放电的电力曲线概况图示, 充电的输入电是变化的而放电产生的电是稳定的。

[0058] 图 16a 和 b 只有充电装置的电池的概况图示 (a) 和只有放电装置的电池的概况图示 (b)。

[0059] 图 16c 放电装置底下有一用以电解液流通的腔体的放电电池的概况图示, 放电装置中的氧阴极呈三角状。

[0060] 图 17a 和 b 一实施方案的概况图示: (a) 一组放电电池与一个充电电池组合, (b) 多组放电电池与一充电系统组合。

[0061] 图 18a 和 b 电化学系统的一种运作方式的概况图示, 金属沉积材料在充电电池 (a) 中产生, 存储在储罐 (b) 内, 储罐可以运送到位于不同地点的放电电池 (c) 处。

[0062] 图 19 本发明的一种实施方案的电化学电池的元件和结构概况图示, 这里作为正极反应的氧化剂是液态, 如溴。

[0063] 图 20 从图 19 中 E-E 方向看的电池的基本元件和结构的概况图示。

[0064] 图 21 图 19 中显示的电化学系统的一种实施方案的概况图示, 此系统外部有一个储存液态反应物的储罐, 储罐中的液态反应物通过泵输入和输出电池。

[0065] 图 22 正极采用液态反应物的电化学电池的一种实施方案的概况图示, 电池内有一储存反应物的隔室。

[0066] 图 23 原型电池放电和充电试验测得的电流和电压曲线。

具体实施方式

[0067] 根据本发明原理的一个有代表性的实施方案采用金属和空气中的氧作为电化学反应, 图 1 到图 5 显示了此方案的基本元件和结构。图 1a 是没有电解液和金属的电化学电池的概况图示, 图 2a 是装有电解液和金属材料的电化学电池的概况图示。图 3a, 4 和 5 是根据图 1a 上标示的截面和方向看的概况图示。

[0068] 图 1a 和图 2a 上显示的电化学电池 100 包含一充电装置 200 (大致是虚线框围的部分), 一放电装置 300 (大致是虚线框围的部分), 电解液 400, 壳子 110, 和一些将在下面段落里说明的辅助元件。

[0069] 充电装置 200 位于壳子的上部, 在放电装置上面的空间 102 (第二空间) 内。充电装置包含至少一片或多片充电阴极 230 和阳极 220 (图中只显示了两片阴极和三片阳极的情况)。充电阴极和阳极适当的分开, 和将在下面描述的放电装置 300 的布置匹配。充电装置的阴极和阳极被固定在水平杆 271 和 272 上, 杆 271 通过连接件 270 (不限于螺丝和孔) 固定在壳子 110 上, 阴极和阳极也可以直接地安置在壳子 110 上。充电阴极包括导电的基体材料 231, 例如但不限于镁, 镁在碱性电解液中稳定且和电沉积的金属材料的粘接力很小。阴极的边缘用绝缘材料 232 (例如但不限于有机聚合材料) 覆盖以防止金属沉积在边缘上。作为一种变化, 阴极可以包括许多个分隔开的活性表面 (如图 2b 所示) 以生成分离的金属沉积材料。图 2c 和 d 显示了具有分隔开的沉积区域 231 和隔离绝缘材料 232 的这种阴极的一个例子。

[0070] 在图 1a 显示的实施方案中, 充电装置的电极与放电装置的电极是平行的, 不同

地,充电装置中的电极也可以设计成和放电装置中的电极垂直或成一角度。

[0071] 用于剥离金属沉积材料的机制包括安在轴 250 上的刮刷 260,从充电装置中间穿过、水平放置的轴 250 通过两块边板 210 和 210a 定位。轴 250 通过电动机 280 和一由螺纹齿轮 240,齿轮 241,齿轮杆 242 和连固件 243 组成的机制转动,(如图 1b 所示)。齿轮 241 装在轴 250 上,齿轮 240 通过连固件 243 装在边板 210 上。轴 250 最好与阴极和阳极没有任何接触以减少摩擦阻力;阴极和阳极中间的孔的直径比轴径大。不同地,也可以不用转动的方式,刮刷可以横向移动或垂直移动来将金属沉积材料从阴极表面上剥离。阴极也可以相对于固定的刮刷移动。进一步的实施方案变化包括一些其它的机制,如通过摇动或震动阴极将金属沉积材料从阴极上分离。

[0072] 作为一个不同的实施方案,充电装置的阴极和阳极对也可以是圆柱状的(见图 2e),在电极对 1000 中,带有导线 1014 的圆柱状阳极 1011 在带有导线 1013 的圆柱状阴极 1012 的外面。运行时,金属沉积可以定期地通过刮子 1015 剥离。和平板状的充电阴极一样,圆柱状阴极也可以有分隔开的活性表面区域,用于沉积金属。

[0073] 在充电过程中,电解液里的金属在阴极表面上还原,形成的金属沉积材料 501 如图 2a 所示,沉积的金属材料通过刮刷 260 定期地从阴极表面上剥离,然后在重力作用下往下移动进入充电装置下面的放电装置 300 的氧阴极之间的第一空间 101(阳极腔),第一空间 101 装满后,金属沉积材料可以在放电装置上面的第二空间 102 到堆积到不同的高度。第一空间也可以描述成是低于氧阴极顶边的空间,或是氧阴极之间和阴极与壳子的内表面之间的空间,如果氧阴极是非平板形状的(见图 1d)。

[0074] 充电装置的阴极的电流经过导线 291 和总线 292 通到终端 290。阳极的电流经过导线 296 和总线 297 通到终端 295。导线浸没在电解液里的部分被绝缘聚合物涂层或膜 291a 覆盖(见图 2c 和 d)以防止金属在导线上沉积。

[0075] 图 1a 显示的实施方案中的位于充电装置下的放电装置 300 包括一片或多片氧阴极 301(放电阴极)和存放由从充电装置上落下的金属沉积材料 501 形成的阳极 500(放电阳极)的第一空间 101(如图 1a 和 2b 显示)。在第二空间里的位于阳极 500 上面的金属材料堆 502 是超出阳极腔(第一空间)内的金属材料 500 的部分。阳极的电流经过位于电池 100 底部的集流件 330(见图 1a)和在阳极腔边上的集流件 331(见图 3),通过总线 332 和导线 333 通到在电池外的顶上的终端 334(见图 1a 和图 3)。阳极集流件可以用铜或其他金属合金制成,也可以有不同的尺寸和形状以及可以安放在阳极空间内的不同位置。氧阴极的电流经过每块阴极的导线 321,总线 320 和导线 322 通到位于电池壳外顶上的终端 323。所有浸没在电解液中的为阴极导电的元件,即 320,312,322,的表面都包有绝缘材料以防止阴极与金属材料接触。不同地,放电装置的导线也可以接到位于电池壳边上的终端(如图 3b 所示)。

[0076] 对于图 1a,2a 和 2b 显示的实施方案,当在第一空间的阳极腔内的金属材料是一连续体时,所有的放电装置的阳极(负极)可以被认为是一个阳极;当各个阳极腔只是部分地装有金属材料时,则可认为有多个阳极。

[0077] 本电化学系统的放电装置也可以包括一个如杆子或棍子似的搅拌机制 601,此机制插在放电阳极内,以获得更高的金属材料的装填密度和在阳极腔里更均匀的分布(如图 2f 显示)。搅拌机制可以通过用于制动剥离机制的同一电动机 280 经一延伸件 602 制动,

或不同地,可以采用如独立的电动机,压缩空气或受压液体来制动。按具体的设计,搅拌机制可以产生线性的,非线性的,旋转性的,或震动性的移动。图 2g 显示的可在放电装置的氧阴极之间进一步包括一导向件 603,在放电过程中将往下移动的金属材料引向阴极的表面。导向件可以是塑料材料也可以是金属这样的导电材料;如果是导电材料,导向件也可以成为放电极的集电体。

[0078] 图 1a 显示的实施方案的放电装置中的氧阴极 301 是一平面结构,里面有一空腔 302(见图 1c)。氧阴极包括框子 306,框子的两面盖了能通过空气但不能透过水的氧膜电极 303。氧阴极的面上包了一层隔膜 304,以防止阴极和金属阳极有任何接触。氧阴极也可以是非平面状结构,图 1d 显示了一些非平面状结构的例子。阴极里面的空腔 302 用以装存空气或含氧气体,使氧能在阴极上进行还原反应,除了让气体进出的进口和出口外,整个空腔是全部密封的。空气通过位于电池外的空气泵(没有在各个图上显示)输入阴极的空腔,空气经入口 312,分流器 311,管道 310 进入空腔,经过管道 310a,分流器 311,和位于壳子 110 顶上的出口 312a 流出电池。管道 310,310a,阴极导线 321(见图 1c)可以捆在一起或制成一个集成元件以简化结构。不同地,空气或氧气可以从电池壳的边上经入口和出口 313 和 313a 输入和输出氧阴极(如图 3b 所示)。氧气膜电极可以用一波状板 305 来撑托,以防止膜电极在周围的电解液的压力下发生屈服变形。

[0079] 这样的氧阴极的设计有可以从放电装置里独立地取出单个的氧阴极而不影响其它的阴极的优点,因此可以在需要时方便地替换阴极或清洗电池壳子。还有一个优点是当一个氧阴极发生泄漏时,具有多片氧阴极的系统的放电功能仍能保持放电功能。

[0080] 电池壳(或箱)110 可以用塑料制作。最好地,整个壳子在电解液面 401(见图 2a, 2b 和 6)以下是一个连续的塑料材料体,没有任何如孔和缝隙这样不连续的地方,因此电解液没有漏到电池的外面的可能。传统的在金属空气电池壳的两边是空气膜电极,电解液容易从接缝处漏出,相对于这种电池设计,这是一个特别的优点。在电池壳盖 120 上有一经过过滤器 420(见图 1a)的气体出口,使在系统运行中产生的主要含氧气的雾气中带有的电解液留在电池内。在过滤器 420 里还可以包含催化材料,使运行中可能的副反应产生的少量的氢气重新复合成水。在壳盖 120 上还可以有一些其它元件,如导电的终端,气体的进出口,电机和空气泵。壳子 110 的大小和形状可以根据充电装置和放电装置的实际设计而决定。空间 102(第二空间)可以通过改变电池壳的高度而变化,但不影响电池的充电装置和放电装置的结构。这种通过灵活地改变第二空间的尺寸来改变充电装置和放电装置之间的体积,可以使储能容积变化但对电池的生产成本的影响非常有限。由于金属材料可以在放电装置上面的第二空间里堆积成堆 502(见图 2a),电池可以有大的容积或长的运行时间。

[0081] 在电池放电运行时,阳极 500 随着金属材料的溶解而消耗,溶在电解液里的金属通过扩散和对流被输出阳极腔和回到充电装置,随着固体阳极材料的消耗,堆 502 里的金属材料下移进入空出的阳极腔,从而保持阳极的电化学反应能力。

[0082] 一个不同的实施方案是将充电装置和放电装置平放在一个壳子里,如图 6 所示,充电装置部分和放电装置部分之间有一液体能通过但固态金属不能通过的隔板 111,使两部分可以在同一电解液里。在充电装置里形成的金属沉积通过泵 1201 和管道 1202,1203 输送到放电装置里。在图 6 显示的实施方案中,充电装置的电极和放电装置的电极是平行的,不同地,两装置中的电极也可以互相垂直或成一角度。

[0083] 另一不同的实施方案是在同一壳子里装有一个以上的电池,图 7 中显示了一个电池壳子里装有三个电池,电池 1,2,和 3 每个都有一充电装置和一放电装置,每个电池之间有一电解液不能通过的壁板 112 使电池之间互相没有电化学影响。此实施方案中的电池可以串联,使在壳里的系统有更高的电压。此实施方案的好处是可以通过传动件 281 和杠 282 使用共同的用于剥离充电装置的阴极上的金属沉积的运动机制。此运动机制也可用于具有多个由电解液可通过的隔板分开的部分的单个电池的实施方案中。

[0084] 不同的实施方案还可包括一个让电解液在电池系统里流通的机制。一种流通机制是在第一空间附近,接近或挨着第一空间处,加一腔体,图 8a 和 b 显示在放电装置下有一腔体 103 的这样的电化学系统的实施方案,此腔体通过一隔膜或过滤材料 1101 与放电装置的第一空间 (101) 分开,过滤材料 1101 可用一穿孔的板件 1102 支撑。运行时,通过管子 1104 和 1106 和泵 1105,电解液可以在第一空间、第二空间和腔体之间朝任一方向流通(图 8a 中 1007 和 1007a 标示的流通方向是从第二空间流经第一空间再到腔体 103)。不同地,如图 8d 中显示,也可以在每对阴极间的阳极腔下各有一腔体,之间由一壁 606 隔开,使电解液可以通过分流器 607,管子 608 和泵 1005 流经每一阳极区。作为进一步的变化,每一阳极区里的电解液流通也可以通过沿长度方向有一些孔口 610 的管子 609 来进行(如图 8e 所示)。

[0085] 强化的电解液的流通可以促进在电池内不同区域的电解液的浓度均匀化,因此可以增进电化学系统的性能,特别是在大电流时。在大电流的情况下,在充电装置的阴极附近的电解液的金属浓度会很低,而在放电装置的氧电极之间的阳极区里的电解液中的金属浓度会很高。电解液的流通能帮助增加充电阴极附近的金属浓度,和能将放电装置里的溶解的金属输送出去。

[0086] 作为进一步的变化,如图 8c 显示,在氧阴极之间有一将第一空间和腔体 103 隔开的导向件 604,电解液可以通过导向件底部的空隙 605 在第一空间和腔体之间流通,这样可以使电解液流道靠近放电阴极的表面,那里的溶解的金属浓度更高。

[0087] 如图 9a 所示,腔体 103 也可在第一和第二空间的边上,腔体 103 通过一隔墙 112 与第一和第二空间分开,只有与放电装置挨着部分可以让电解液通过。不同地,腔体也可从底下延扩到电池边上(见图 9b);相对大的腔体可以有因存放更多的电解液而有更大的容量的好处。

[0088] 图 10 显示此实施方案另一变化,一个独立的可以分离的箱子 110a 与电池壳 110 通过管子 1008 连接件 1009 和 1010 连接,可以存储更多的电解液以提供附加的储能容量。箱子 110a 和电池壳 100 里电解液可以通过泵 1105 经管子 1104 和 1106 进行流通。

[0089] 电解液流通的实施方案也可用在图 11 显示的在同一壳子里有多个电池的系统。图 11 的方案里的充电站装置只有一片充电阴极,发电装置里只有一片氧阴极。

[0090] 如图 12a 所示的系统,电池壳里也可以只有一片充电阴极,一片充电阳极和一片放电氧阴极(为了简明,没有显示包括泵,管子,放电阳极集流体等其它元件)作为进一步的变化,单个电池也可以只有两片安在电池壳 110 边壁开口 119 上的氧阴极 303(图 12b),此方案使电池可以直接接触周围的空气中的氧而不需要泵入空气。

[0091] 在本电化学电池系统里进行反应的活性金属可以是锌,铝,镁,铅,铁和它们的合金。这些金属或合金可以进一步与其它元素形成合金,如镧,铋,锡,镓,铟,钙,和镉,以控制析氢副反应和沉积金属的形貌。电解液可以是一些化合物的水溶液,化合物包括但不限于

氯化物,硫酸盐,磷酸盐,硫酸,盐酸,氢氧化钠,氢氧化钾,和氢氧化锂。

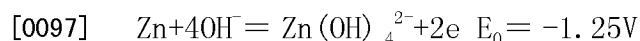
[0092] 取决于金属和电解液,充电装置阴极的基体导体材料 231 可以是石墨,碳,镁,铝,不锈钢,钛和锆。绝缘材料 232 可以是塑料或陶瓷。充电装置的阳极 220 可用碳,石墨,不锈钢,钢,钛合金,锆合金和镍合金。

[0093] 作为一优选的实施方案,金属材料是锌。充电装置中的用以沉积锌的阴极基体材料 231 包括但不限于镁,钛,锆,钽,石墨和铬。充电装置中的阳极 220 可用包括但不限于钢,碳,石墨,不锈钢,钛和镍合金等金属和合金。电解液可以是氢氧化钾,氢氧化钠,和氢氧化锂但最好是氢氧化钾的水溶液。氢氧化钾的溶液浓度在 10-45% 之间。锌在氢氧化钾溶液中有高的溶解度,在 35% 的 KOH 中的溶解度大约是 1 摩尔左右,锌还可以在 KOH 里形成高于溶解度 2 到 3 倍的过饱和溶液,因此可以在溶液里储存很高的能量。锌金属材料还可以是与其它元素的合金,这些元素包括但不限于铝,镁,锡,铋,铟,镓,铅,铈和镉。

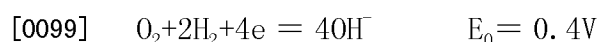
[0094] 作为优选的活性金属,锌具有一套独特的技术和经济属性,包括低的平衡电位,良好的电化学可逆性,快速的反应动力学性能,高的析氢反应的过电位,良好的导电性,低的当量重量,高的比能量,高的能量密度,地球上储量丰富,低毒性和容易处理 (X. G. Zhang, Corrosion and Electrochemistry of Zinc, Springer 和 Zinc Electrodes, Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, Elsevier)。这些属性使锌自从两百年前电池发明以来一直是一种被选用的电化学电源的阳极材料。

[0095] 良好的电化学可逆性和快的反应动力学意味着锌可以在平衡点位附近容易地溶解和沉积。高的析氢反应过电位意味着锌在水溶液稳定和有高的沉积效率。

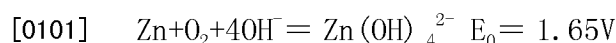
[0096] 在锌-氧电池中,根据下面的反应式,锌在放电时溶解为锌酸盐离子,锌酸盐离子在充电时还原成锌金属:



[0098] 同时,氧在放电时被还原成氢氧根离子,氢氧根离子在充电时被氧化成氧,根据下面的反应式:



[0100] 电池的总的反应式是



[0102] 在本发明的各个实施方案中,锌在充电装置中的阴极上被沉积成金属。沉积的锌金属材料通过如刮刷似的机械方法定时地从阴极表面上剥离。用于沉积锌的阴极基体可以是镁,钛,锆,钽和它们的合金,或是表面是涂有这些金属或合金的导电基体,在这些金属上沉积的锌金属材料可以容易地用刮子剥离。作为优选的一实施方案,用于锌沉积的阴极用镁或其合金制作。

[0103] 作为一个特殊的实施方案,用于锌沉积的阴极 230 包括许多个分隔开的导体材料 231 的活性表面。这些沉积金属的活性表面被绝缘材料 232 分隔开,如图 2c 和 2d 所示。用这样的电极获得的金属沉积材料可以更均匀地被分布到放电装置里的各个阳极空间里。

[0104] 本发明的电化学系统可以作为电能储存和电源应用,通过把单个电池连起来而具有可变的储量和功率的大小,如图 13 所示的一组串联的电池。根据设计对电流和电压等要求,单只电池和成组的电池也可以以并联形式连接。本发明的技术的一个特别的新特点是可以同时进行能量储存和作为电源使用,也就是电池可以在充电的同时进行放电,这是传

统的电池所不可能做的。图 14a 和 b 显示了两种充电和放电曲线,图 14a 中的充电和放电曲线随时间是连续的,而图 14b 中的充电和放电随时间的变化是交替的,本发明的技术按两种方式都可运行,而传统电池只能按充电和放电交替的方式运行。

[0105] 同步充电和放电可以有許多传统电池不可能有的潜在的应用,比如,本发明的系统能连续将不稳定的电,如太阳电或风电,转换成稳定的电,如图 15 所示。还有,此技术可以没有间断地充分使用像太阳能和风能这样的电源,不像传统电池那样充满电了必须先放电才能再充电。

[0106] 作为本发明的一个变化,此电化学系统也可以设计成将充电装置和放电装置安放在分开的壳子而成为独立的充电电池和放电电池,如图 16a 和 b 所示。独立的放电电池和充电电池可以提供一些实际的应用,这些应用对充电装置和放电装置在同一壳子里的实施方案是不实际的。作为一个变化的实施方案,如图 16c 所示,只放电的电池(没有充电装置)可以在放电装置的附近有一腔体用来流通电解液。还有,在这种实施方案里,采用三角状的氧阴极 301a 可以更容易地取出放完电的材料,只需将电池壳往边上翻或倒过来就可将壳子里的东西倒出来。

[0107] 在一实施方案里,一组或多组放电单元(每单元可是一组电池)可以和一个充电单元组合,(此充电单元可以看成是集中或中心化电沉积),充电单元可以有一个或多个充电电池,如图 17a 所示。充电单元 110b 里的金属材料 and 电解液和放电电池 100a 里的放完电的材料可以用储罐 100c 经管道 710,711,720,721,730 和 731 进行传送。还有,如图 17b 所示,充电单元 100B 可以由多个充电电池,在里面充了电的材料可以泵到许多组放电单元的电池里。集中电沉积对大规模系统有运行的优势,类似于金属冶炼行业里的电解厂,这些电解厂可以看成是大型的储能厂。

[0108] 作为另一实施方案,充电单元和放电单元在一些应用中可以位于不同的地方,图 18a,c(途径 1)中概念性地显示这种应用,放电单元在发完电后可以运到充电单元的地方,取出放完电的材料,再装上新的金属材料。为了更容易地取出放完电的材料,放电电池里的氧阴极可以做成如图 1d 和图 16c 中显示的顶部窄下部宽的形状,如三角状。不同地,放电单元不需来回运输,而只通过使用储罐 100c 在充电的地方和放电的地方之间运输充了电的和放了电的材料(图 18a,b 和 c)。只用储罐运输活性材料而不是电极和其他的电池元件可以大大减少运输的复杂程度和成本。

[0109] 采用简单的储罐存放活性材料还可以进行经济地长期储能,即储能数天,数周,甚至数月。明显地,只用廉价的储罐(如塑料罐)存放低成本的材料(如锌和 KOH 溶液)与其它储能方式相比,如结构复杂的电池,有很大的成本优势。这一潜在的应用可能对可再生能源的未来发展有实际的意义,当社会里有相当比例的电是来自受天气影响的,如太阳能和风能,这样的能源时,长时间(几天,几周,几月)的大规模低成本储能将是不可缺少的。

[0110] 只有放电装置的电池还可以选择用非电沉积生成的材料,即通过冶金或机械方法生成的材料。对于锌,通过热喷或冷铸制成的颗粒可以作为活性材料用在只放电的电池里,可以通过机械的方式将新的金属阳极材料和电解液装入电池,把放完电的材料和电解液取出电池(泵出或倒出)。采用三角状的氧阴极(图 1d 中所示)的放电电池的实施方案,可以有效地装入和取出材料。还有,只放电的电池可以用那些不能在水溶液里电化学还原的金属,特别地,可以用铝和镁,它们有比锌高的多的能量密度但不能在水溶液里有效地还

原。运行中,以颗粒形式的阳极材料可以和电解液一起或分开装入放电电池,放完电的电解液和材料可以泵出或倒出电池,然后再装入新的材料和电解液。采用铝和镁的实施方案在那些对能量密度要求高的应用里有优势。

[0111] 图 19 和 20 概括地显示了本发明的另一种实施方案,此方案可以用液态的反应物,而不是像氧这样的气态物。适合用于这种实施方案的氧化还原对包括 $\text{Br}_2/\text{Br}^{2-}$, $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$, $\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$, $\text{VO}^{2+}/\text{VO}_2^+$, 和其它电位高于锌的氧化还原对。含有这些氧化还原对的化合物能在合适的电解液里有足够的溶解度和可以以液体方式传输。

[0112] 作为一个具体的实施方案的例子,在正极上的氧化还原物是溴,参与负极反应的金属材料是锌,也就是锌-溴化学原理。这个实施方案的反应可以用下面的式子表达 (P. C. Butler et al, Zinc/Bromine Batteries in Handbook of Batteries, McGraw Hill):

[0113] 负极 $\text{Zn} - 2\text{e} = \text{Zn}^{2+}$ $E^0 = 0.763\text{V}$

[0114] 正极 $\text{Br}_2 + 2\text{e} = \text{Br}^-$ $E^0 = 1.087\text{V}$

[0115] 总反应 $\text{Zn} + \text{Br}_2 = \text{ZnBr}_2$ $E^0 = 1.85\text{V}$

[0116] 采用锌溴反应的电化学系统有两个电解液,含 ZnBr 的负极电解液和含 Br_2/Br^- 的正极电解液。两个电解液是分开的以避免锌和溴直接发生反应。如图 21 所示,负极电解液存在电池壳 110 内,正极电解液存在储罐 900 内,通过泵 912 和 922 将电解液输入和输出电池。正极电解液的储罐的体积可根据与其相连的电池的数量和每个电池的容量变化。

[0117] 图 19 和 20 中显示的实施方案里,充电时锌沉积在充电装置的阴极上,而流经阳极腔室 363 的电解液中的溴离子在阳极 361 上氧化。放电时锌在放电装置里被氧化成锌离子,而流经放电装置中的阴极腔室 353 的正极电解液中的溴在电极 351 上还原。在充电装置里的阳极和放电装置里的阴极上覆有一隔膜 352 和 362,为了隔离负极电解液与正极电解液。正极电解液通过入口 378,出口 378a 和分流器 375 和 375a 流经充电装置的阳极,通过入口 373,出口 373a 和分流器 371 和 371a 流经放电装置的阴极。两组入口和出口通过管道 931, 931a, 932, 932a, 泵 912 和 922 与电解液罐 900 连接。实施方案的一个变化是在每个电池上加上一隔室 104 使正极电解液(即含溴的电解液)保留在每个电池中,如图 22 所示。对于锌-溴系统,虽然没有特别例举具体的不同的实施方案,所有描述和显示锌-氧系统的实施方案和可能的变化也同样适用于锌-溴系统。

[0118] 用溴的氧化还原反应作为正极反应的实施方案比目前的锌-溴液流电池有很大的优越性,因为锌溴液流电池的容量受锌电极的厚度限制。本发明的电化学系统的容量不受充电装置中阴极上金属沉积的厚度限制,也不受放电装置中的阳极的厚度限制。本发明的另一优势是运行对金属沉积的形貌不敏感,允许在充电时形成不均匀的锌金属材料;锌在电极上不均匀的沉积对目前的锌-溴液流电池是有害的。

[0119] 本发明比现有的金属燃料电池技术有显著的优势,至少包括:1) 解决了无堵塞地将金属材料输入和输出每一电池的艰难问题;2) 可以将氧阴极制成完整的部件,像一个让空气通过的空气盒,可以独立地从放电装置里取出,因此在维护和维修时可以方便的取出单个空气阴极而不影响电池的完整性;3) 可以将电池壳用一连续的塑料材料做成,将所有与电解液有接触的元部件都装在壳里,从而避免了电解液漏出电池的可能。与传统的电池相比,本发明的电化学系统有如下的优势:1) 具有同时充电和放电的功能;2) 可以有很大的容量和灵活和低成本地改变容量;3) 充电和放电可以在不同的地方进行;4) 可以廉价地

长时间地储存电能,因为只需把活性材料(没有电极)储放在简单的塑料箱里;本发明的技术可以有很大的潜在的应用范围,包括但不限于:1)经济地储存太阳能和风能这样的可再生能源;2)提高电网的稳定性和效率;3)作为离网或微电网的分布式能源的储能设备;4)作为备用或不间断电源;5)作为动力电源;和6)为紧急情况 and 由于天气导致的断电的而备用的长期电能储存。

[0120] 本发明的原理和功能已通过下面的实例得以验证。这个例子和提到的具体细节只是作为一种说明和显示,而不应该成为本发明的各项权利要求的限制。

[0121] 实例

[0122] 本例中的电池按图 2b 里显示的实施方案制成,电池壳用有机玻璃制作。其内部尺寸是:24cm 长,13cm 宽,50cm 高。充电装置有一片阴极和两片阳极。阳极是 1mm 厚的不锈钢板,阴极用纯镁制成,表面上有许多分隔开的尺寸是 5mm x 5mm 活性表面(裸露的金属镁),这些小的活性表面之间有 5mm 宽的非活性区,非活性区和阴极的边缘用环氧树脂覆盖。阴极的尺寸是 21cm×21cm,阴极的两面共有 632 个分开的活性面,总面积是 158 平方厘米。阴极和阳极间的距离是 1cm,放电装置通过用缩醛塑料杆安装在电池壳上,充电装置的上边缘离电池壳的顶部是 6cm。用于剥离的刮刷用塑料材料 Dalrin(聚甲醛)制成。刮刷按在不锈钢横轴上,横轴与一组螺旋齿轮相连,齿轮与安装在电池壳顶上的电动机连接。

[0123] 放电装置有三块空气阴极,阴极之间的距离是 2.5cm,此空间成为阳极腔。中间的一块阴极的两面都有氧膜电极,两边的每块阴极只有一面有氧膜电极。阴极长 22cm、宽 12cm、厚 1cm,里面的密封空腔长 20cm、宽 10cm、厚 0.9cm。阴极的每面的活性面积是 200 平方厘米。阴极用有机玻璃的框子将氧膜电极粘接在上面制成。氧膜电极从美国纽约州的 Reveo 公司获得。氧膜电极与一作为导电体的不锈钢条机械连接,不锈钢条延伸到电池外,氧阴极和不锈钢条的表面用隔离材料覆盖,隔膜材料的型号是 FS2227E,从美国北卡罗来纳州的 Freudenberg Norwovens 公司获得。在阴极的两头各有一个开口,接着乙烯基塑料管,通过空气泵使空气流经阴极内部空腔。锌阳极的集电体用的是铜条,一部分安放在每一阳极腔的底部。电解液是溶有 0.5 摩尔氧化锌的 34% KOH 溶液,放电装置的阳极腔装满了锌金属沉积材料。

[0124] 这个电池通过一电池测试设备进行试验。图 23 显示了两个 10 小时的充电和放电循环。这个例子证实了本发明的电化学系统可以实施。

[0125] 上述的说明和图示的这些实施方案描述了本发明的基本结构和工作原理,不能解释为是限制性的。明显地,对熟悉本技术领域的人,审阅了本文件后,在本发明的原则和范围内,将会从结构,部件,材料,组装,功能,运行等方面想到各种不同的可能的变化,改进,和组合。相应地,任何因为本文件的说明和显示而想到的改变方案和类似的方案都应该被认为是本文的权利要求所界定的范围之内。

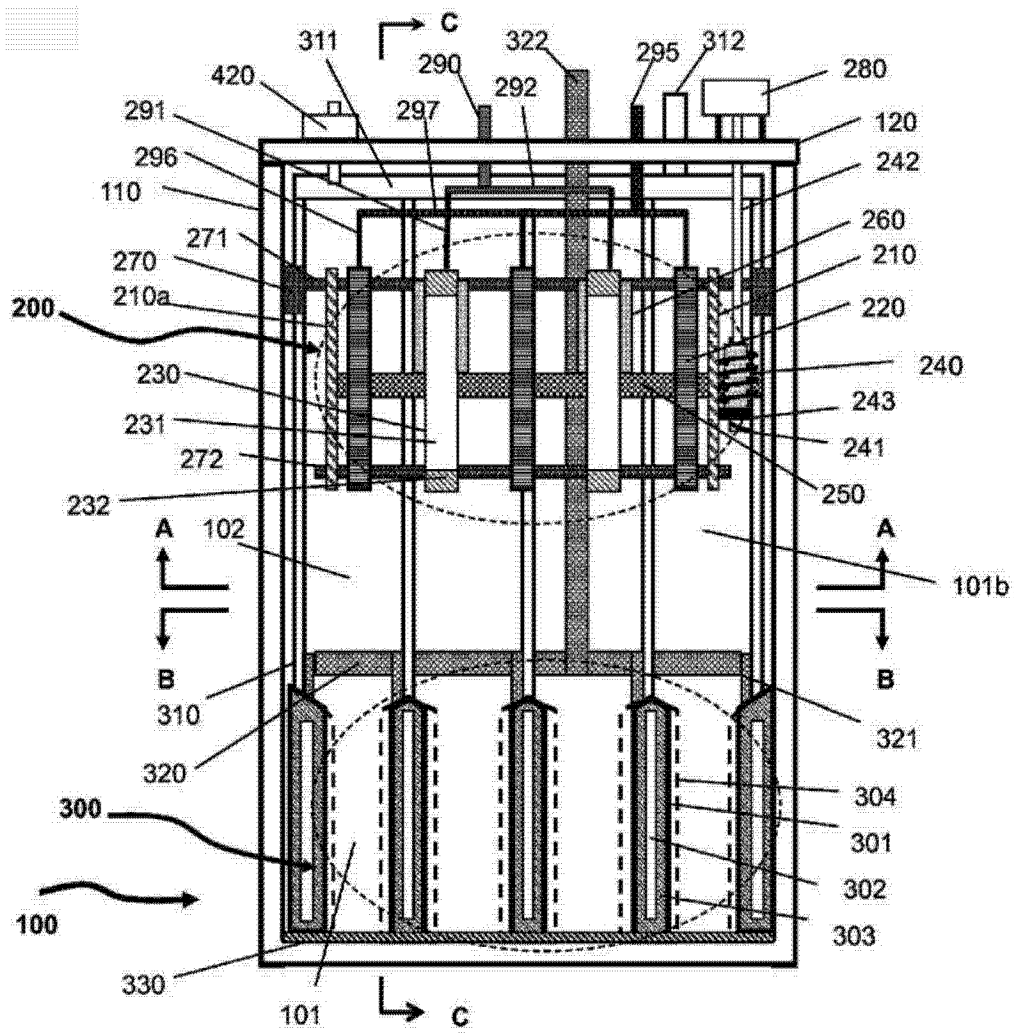


图 1a

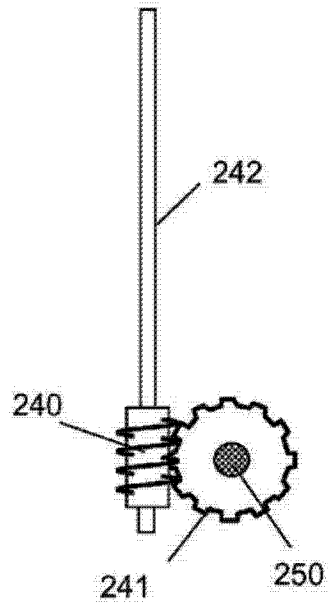


图 1b

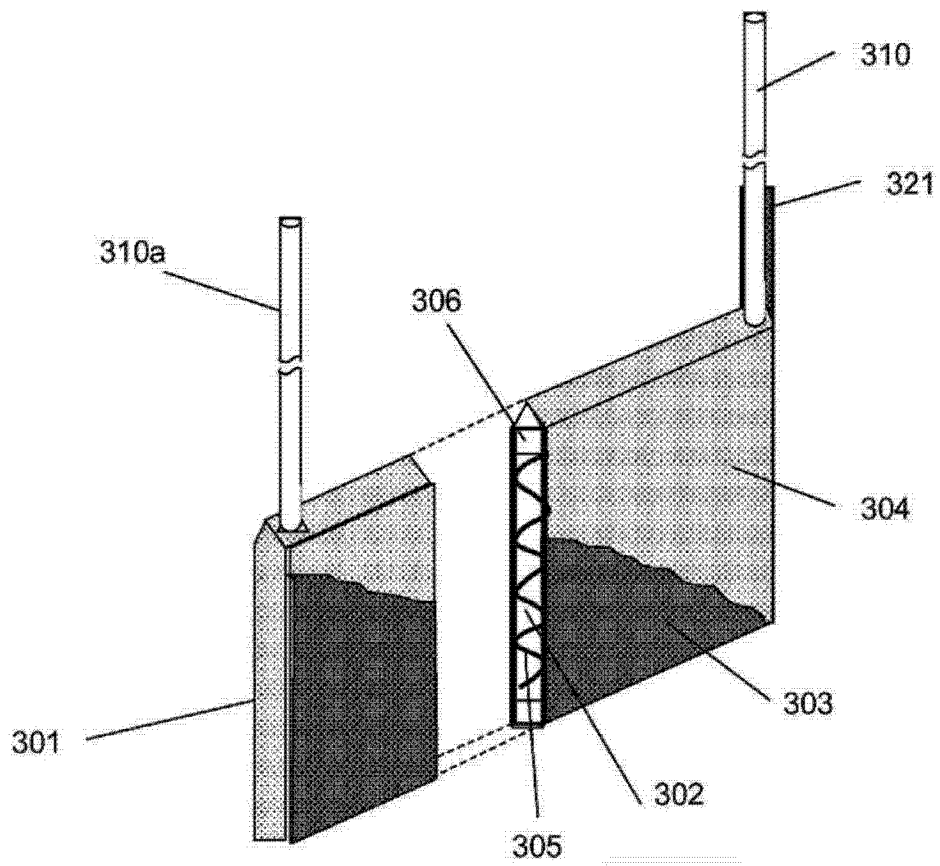


图 1c

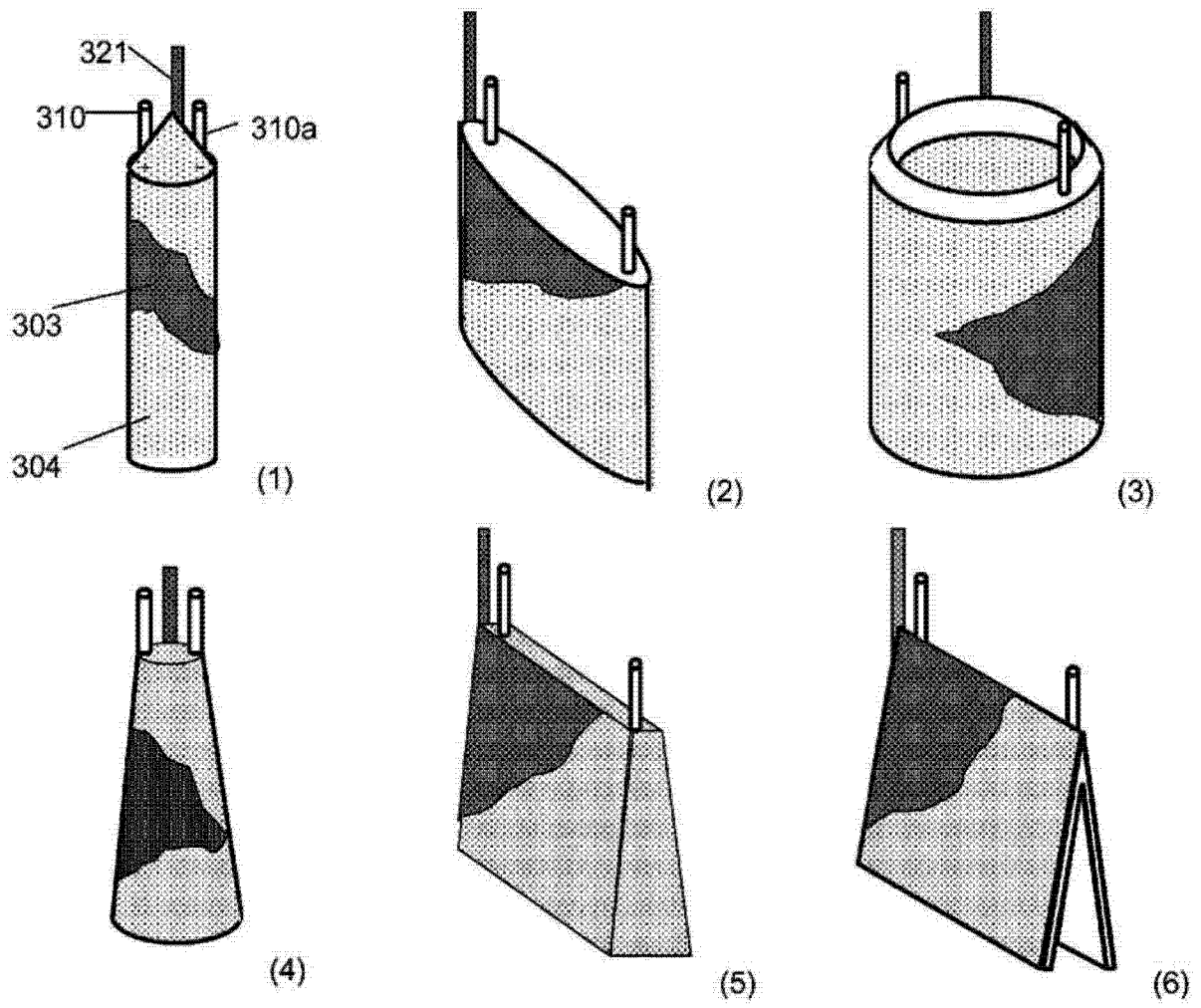


图 1d

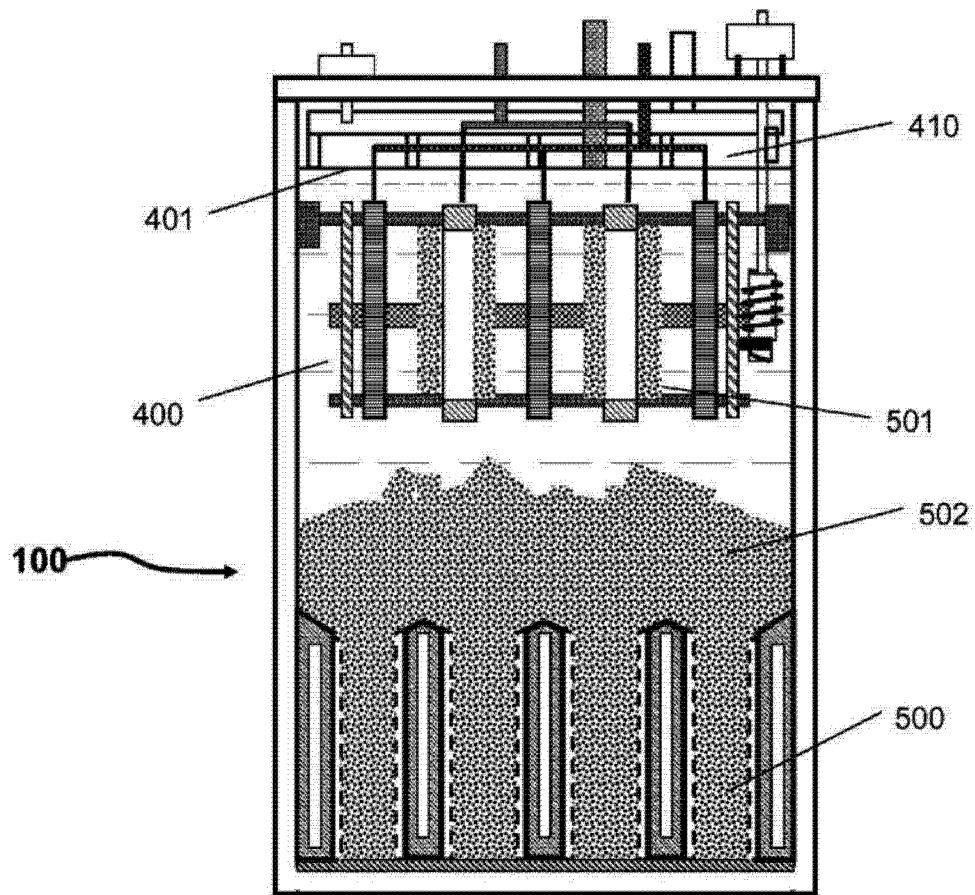


图 2a

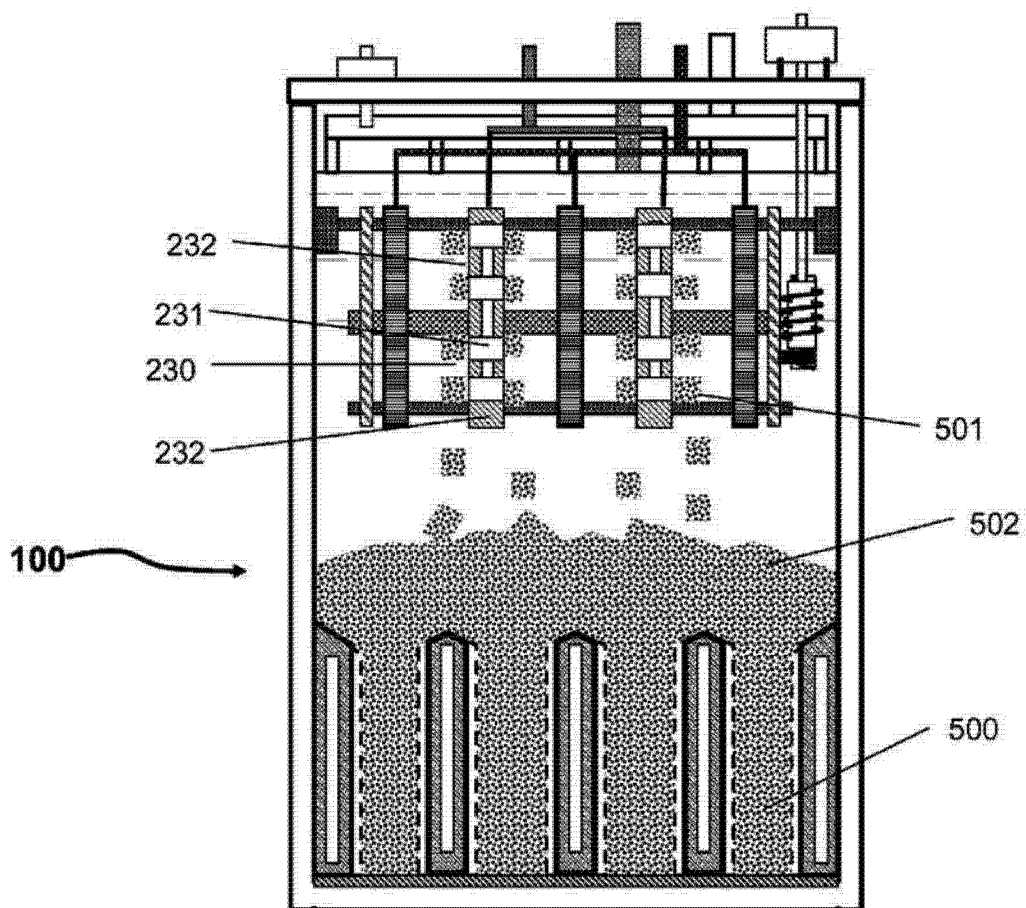


图 2b

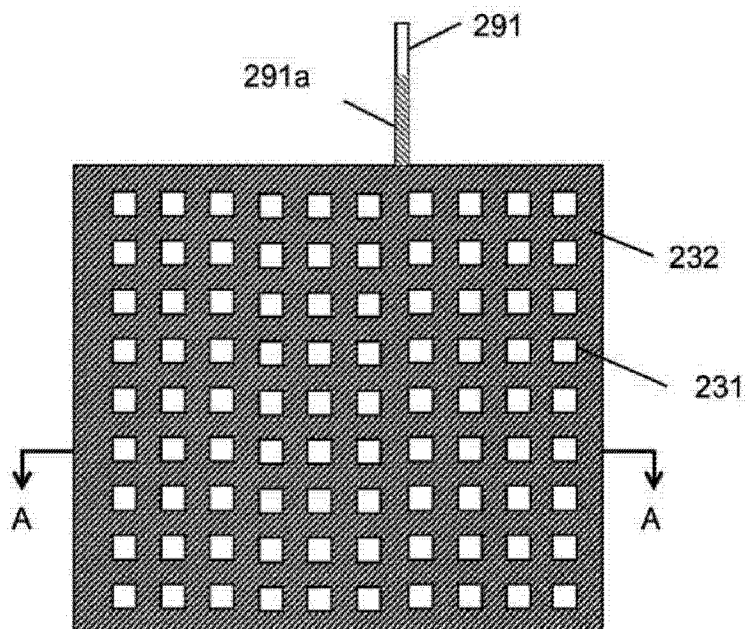


图 2c

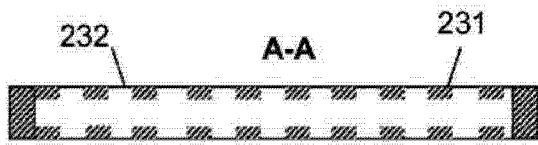


图 2d

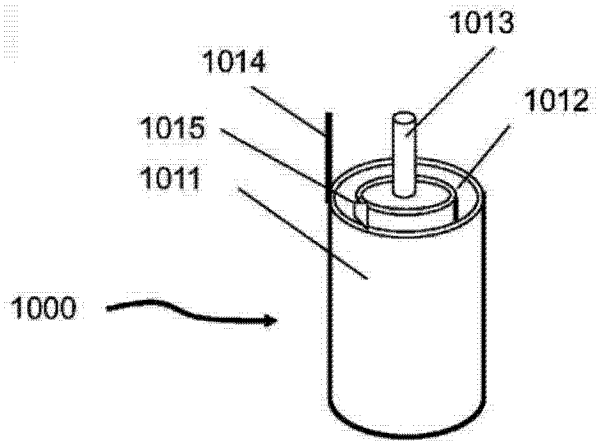


图 2e

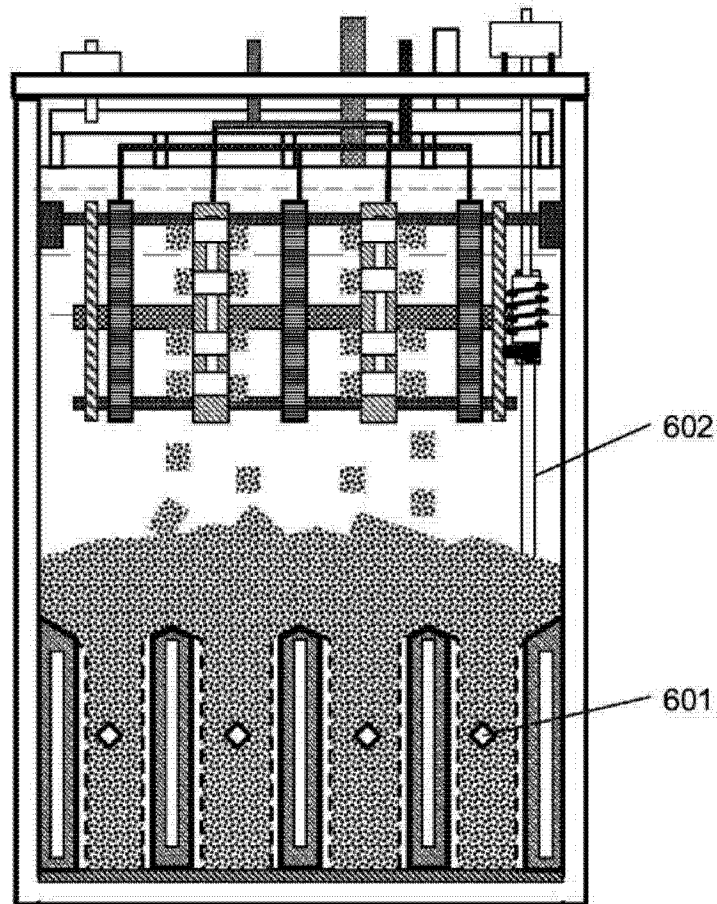


图 2f

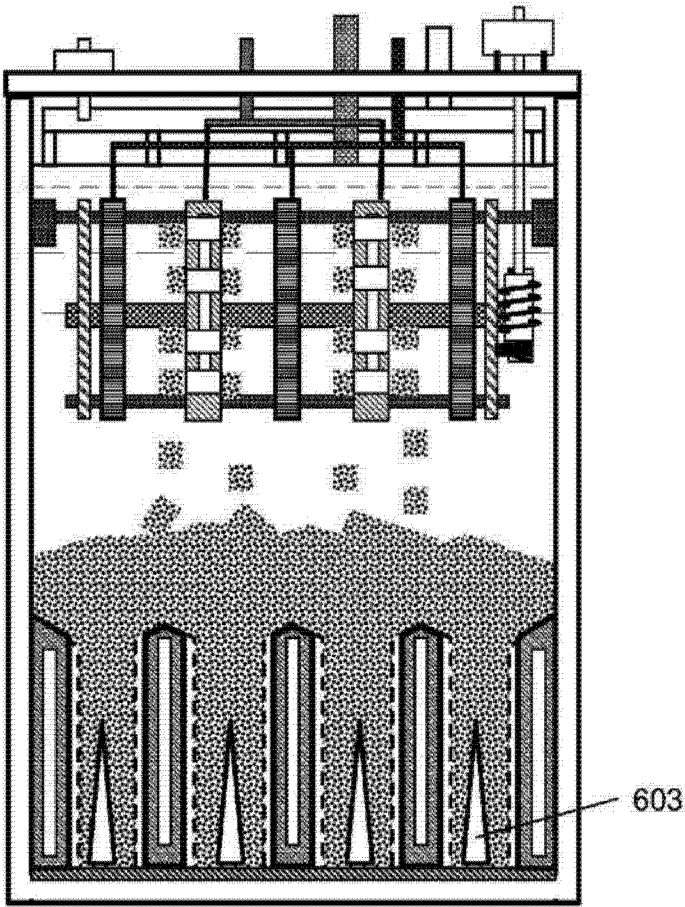


图 2g

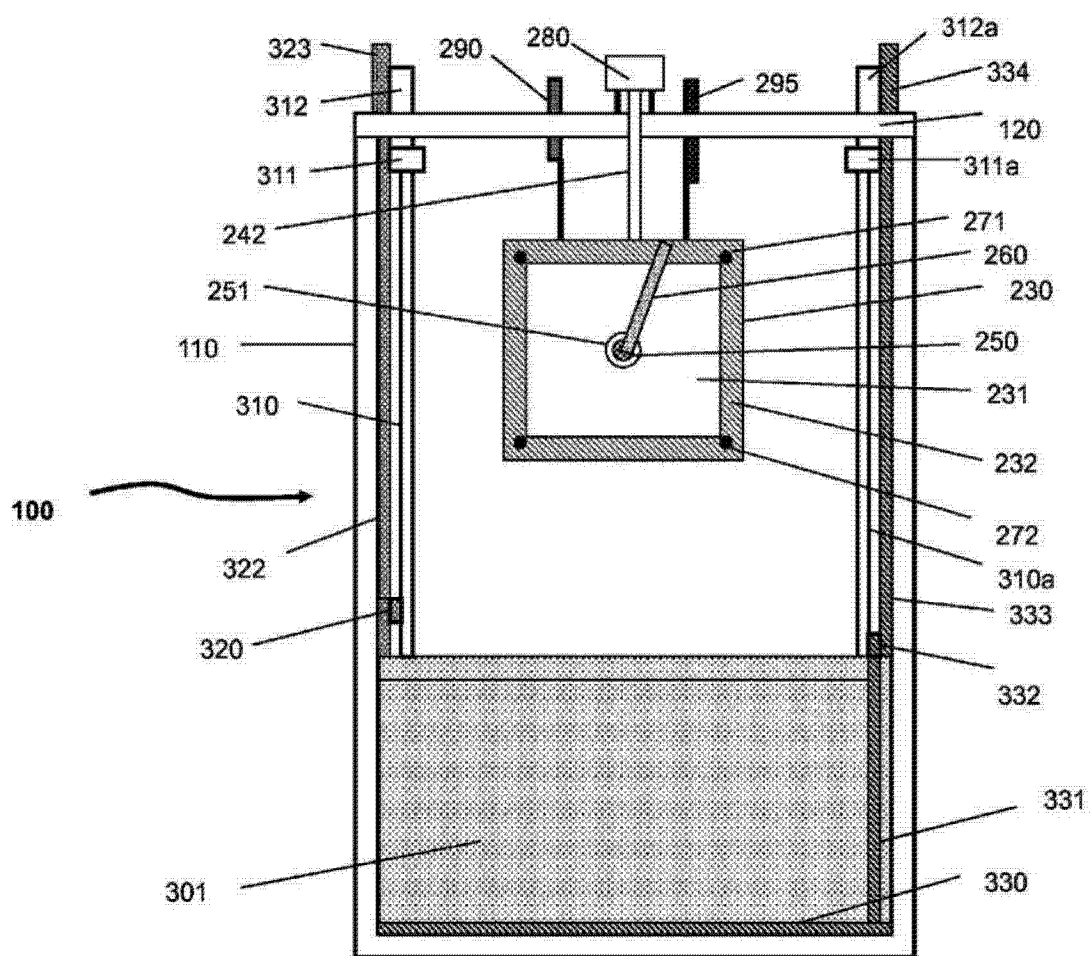


图 3a

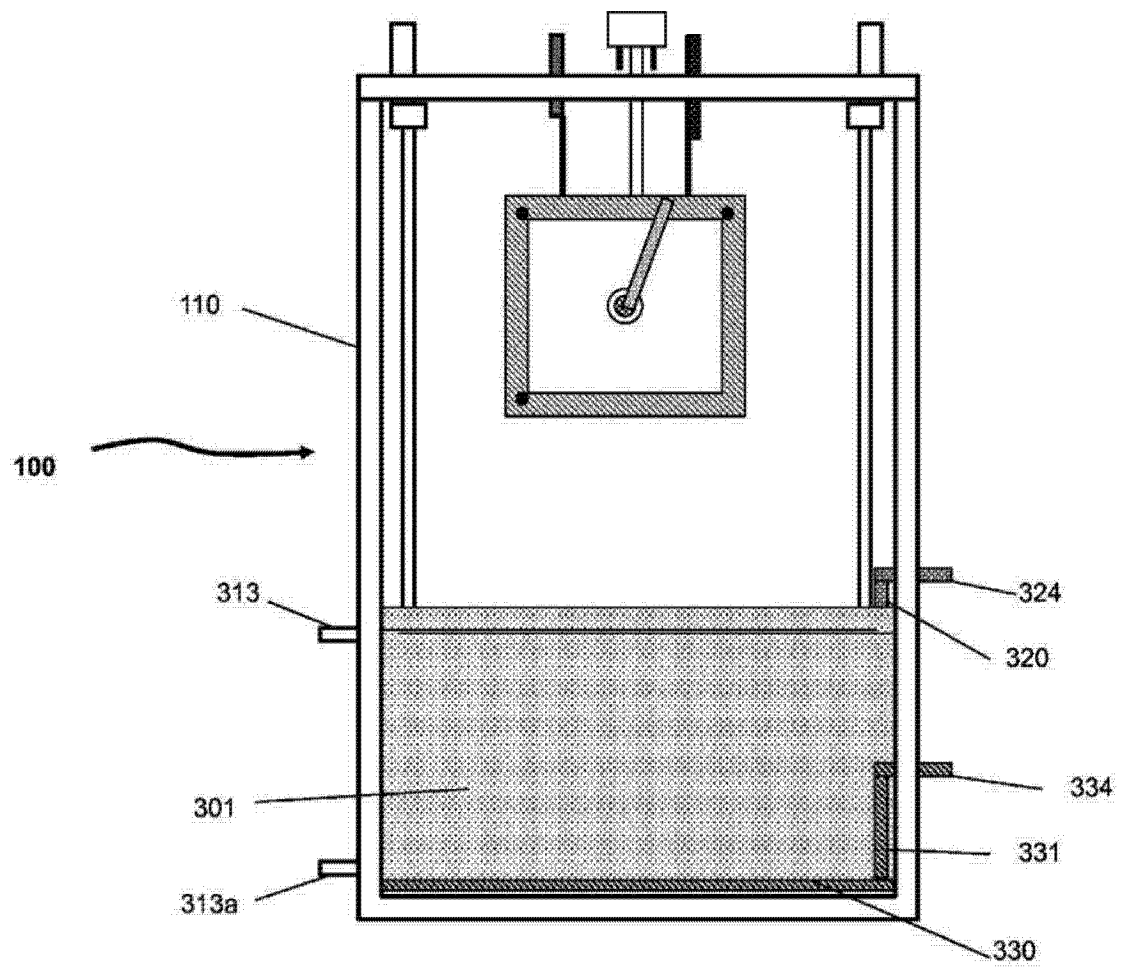


图 3b

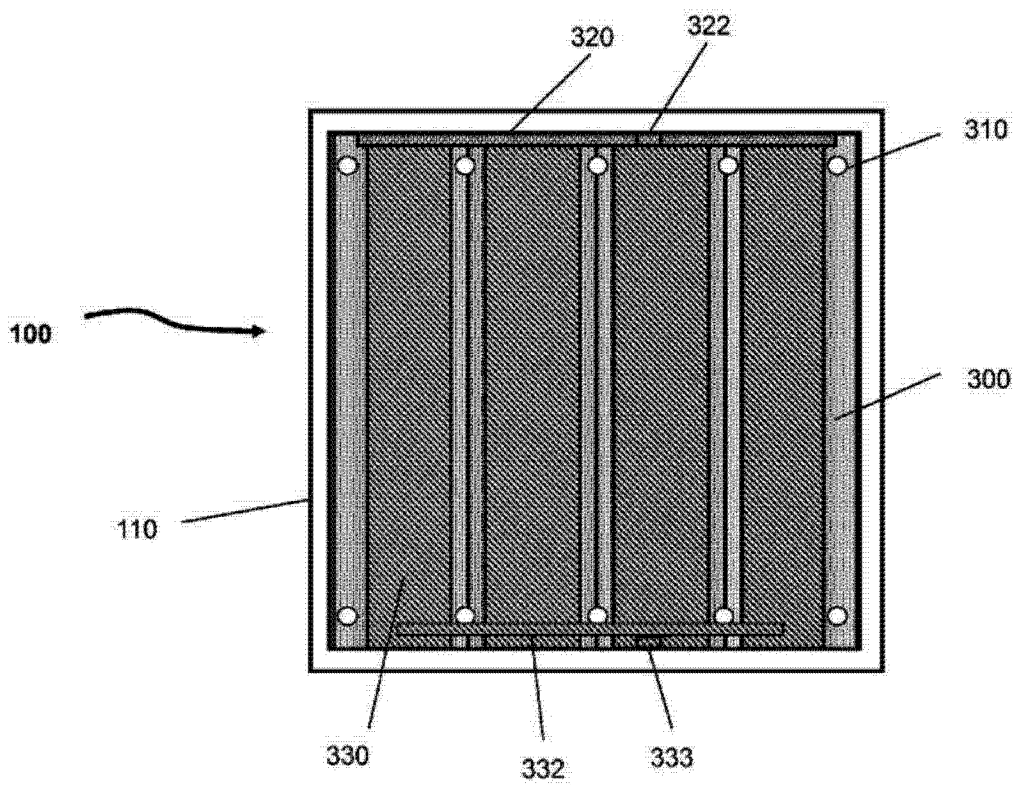


图 4

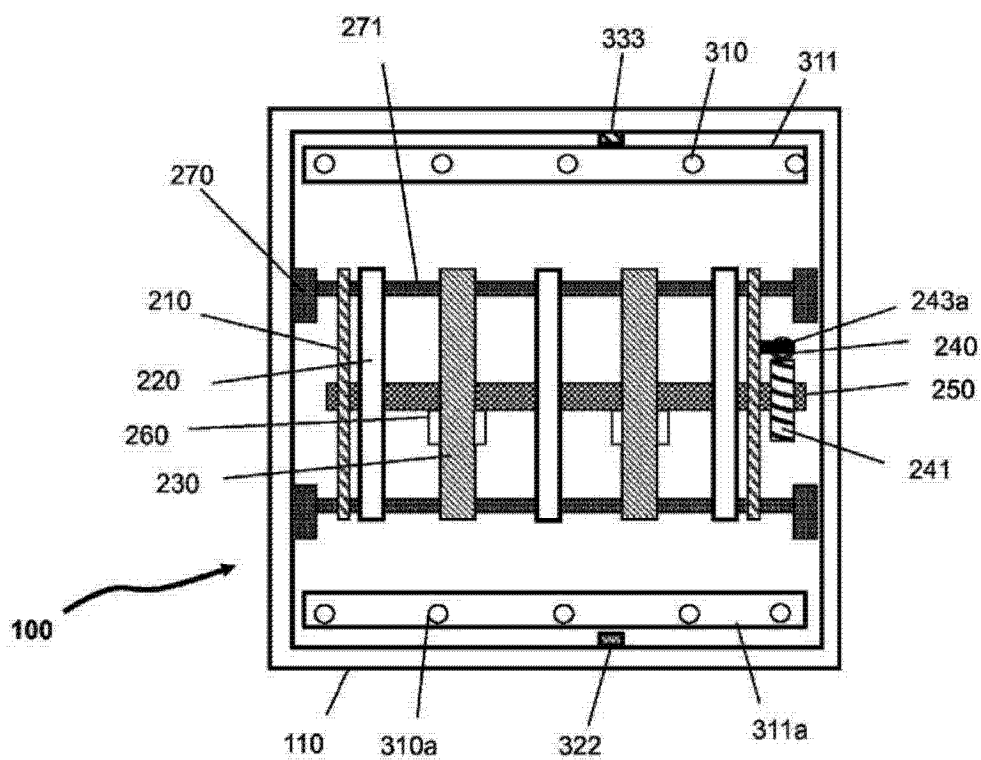


图 5

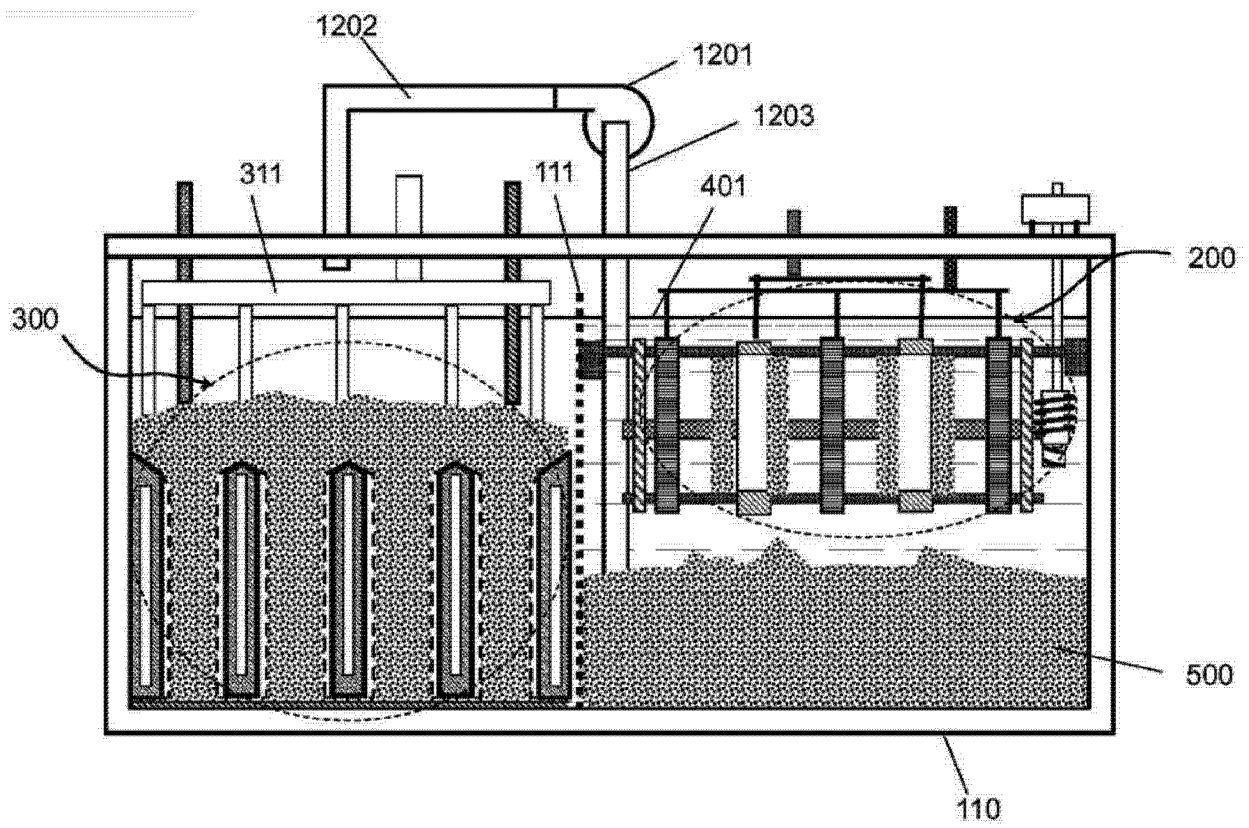


图 6

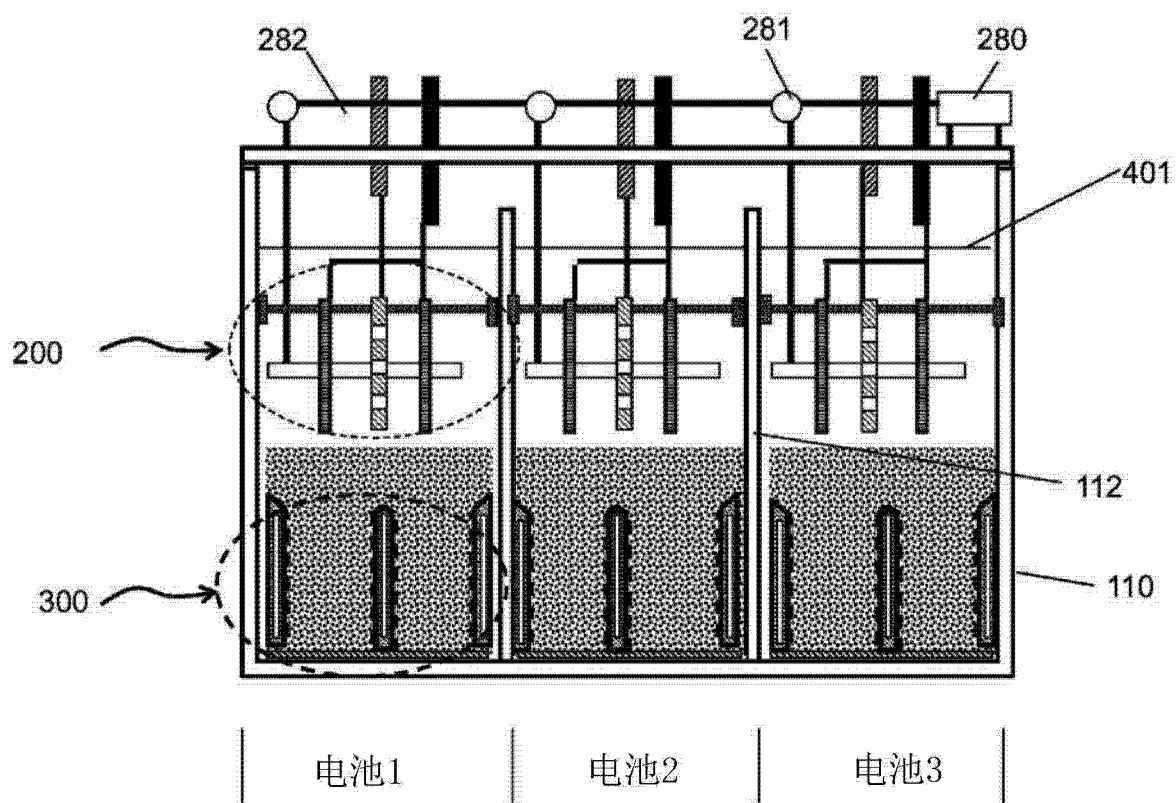


图 7

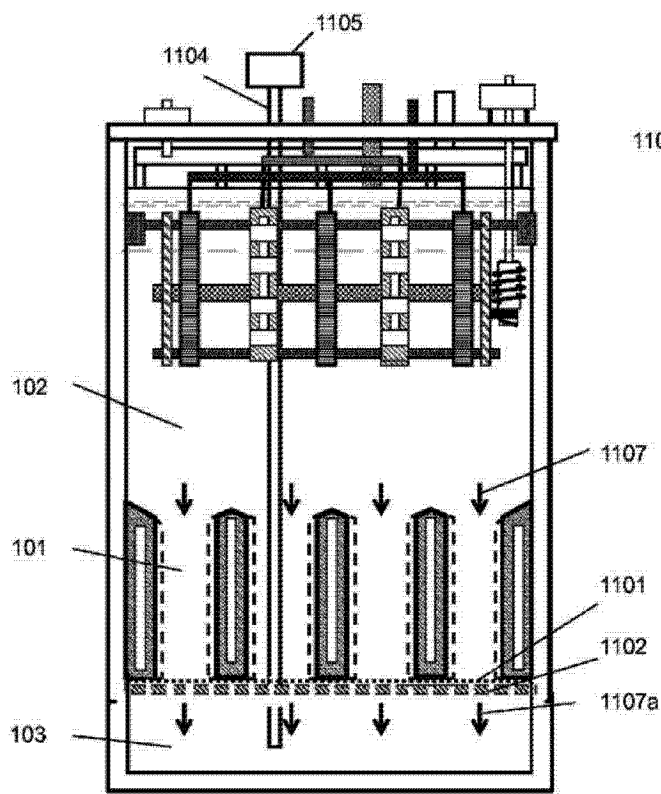


图8a

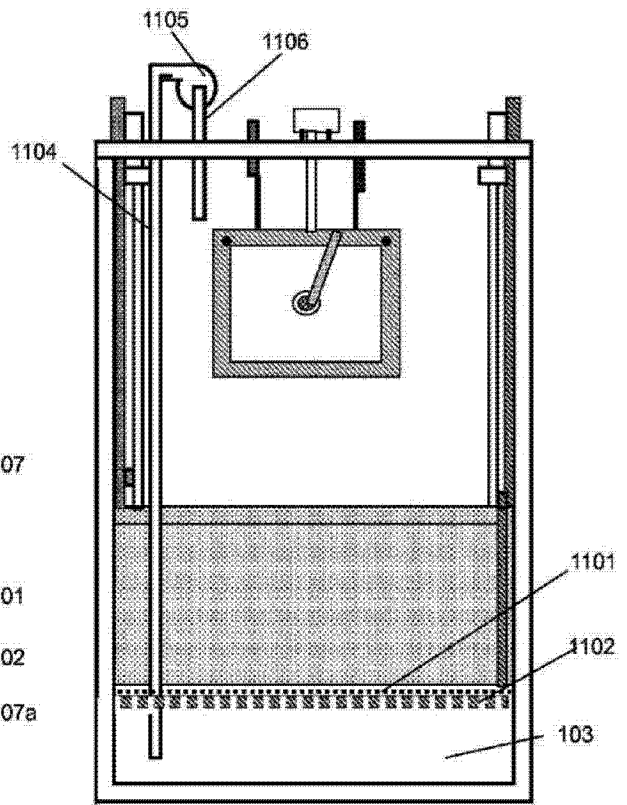


图8b

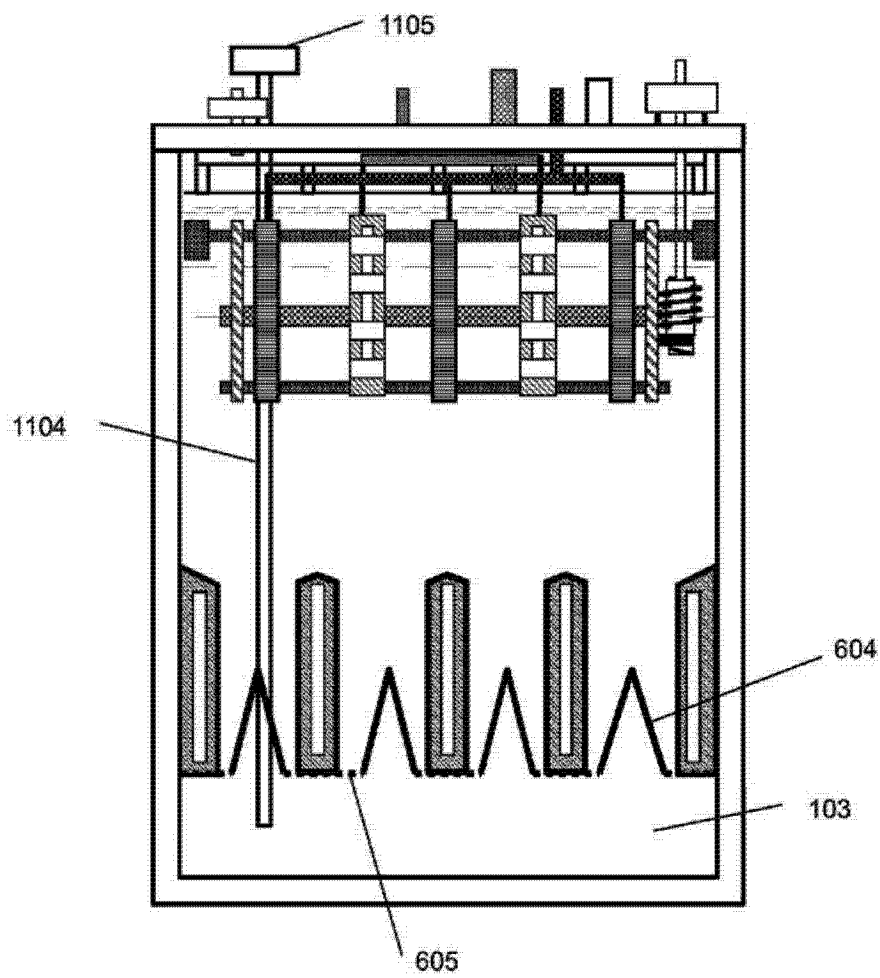


图 8c

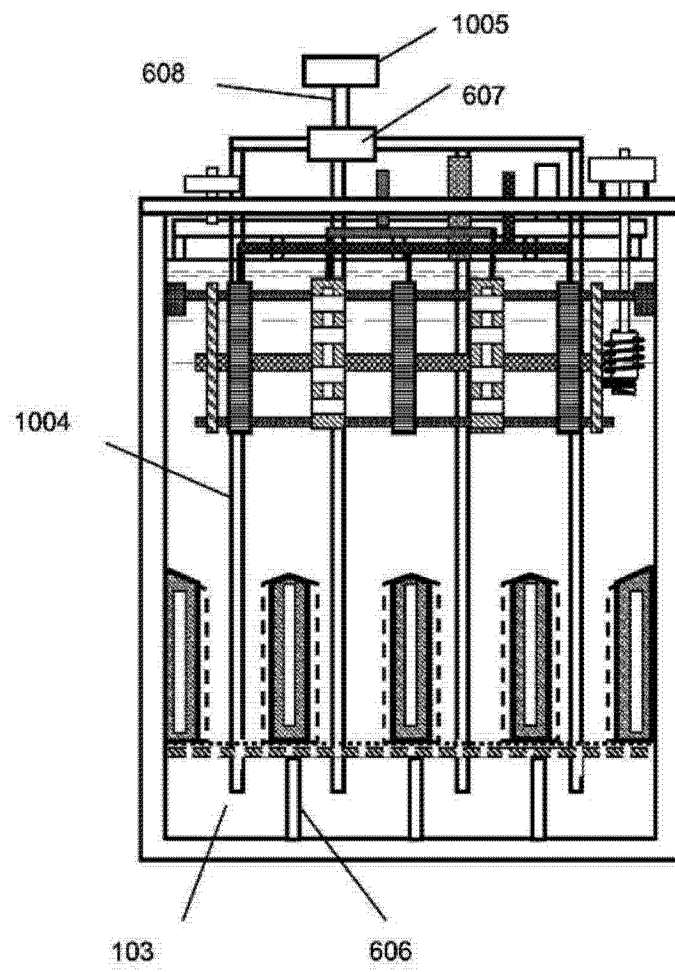


图 8d

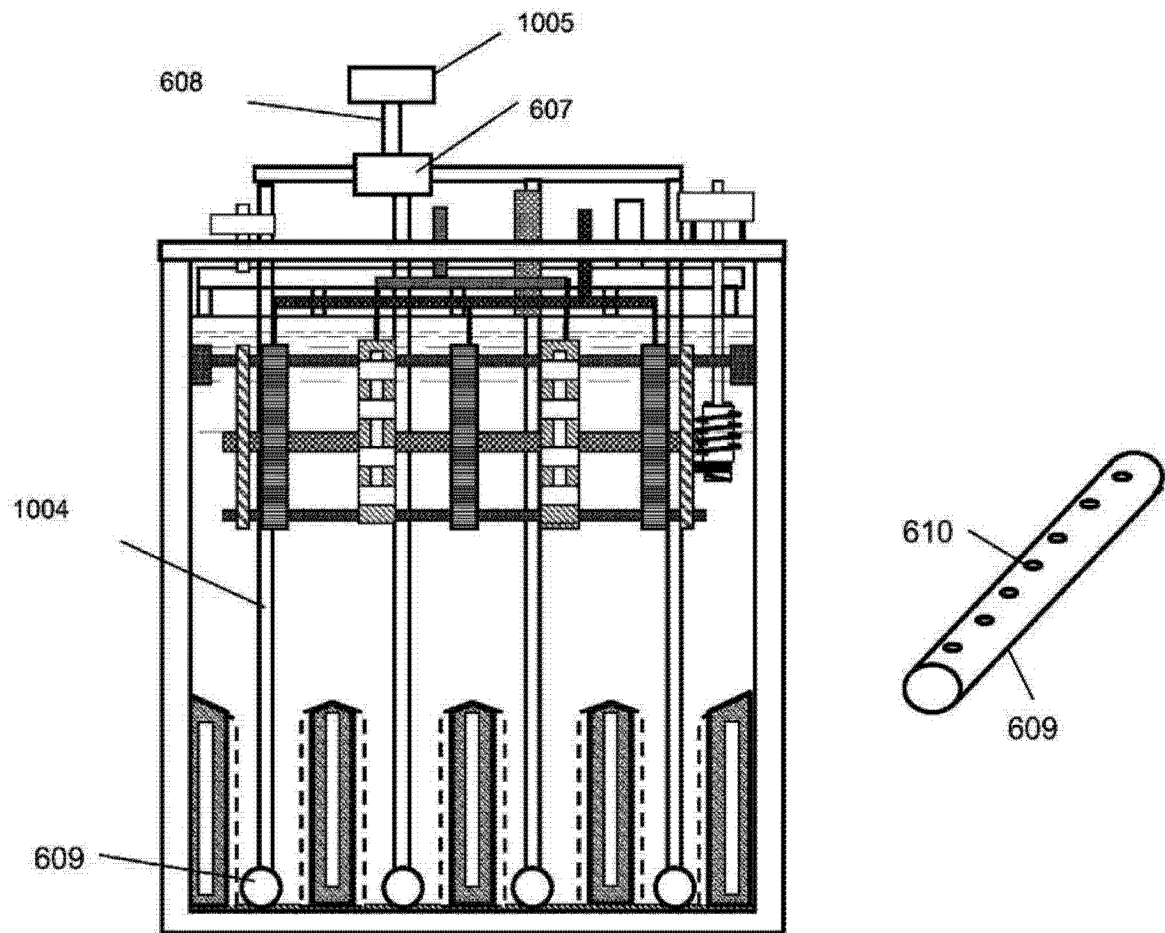


图 8e

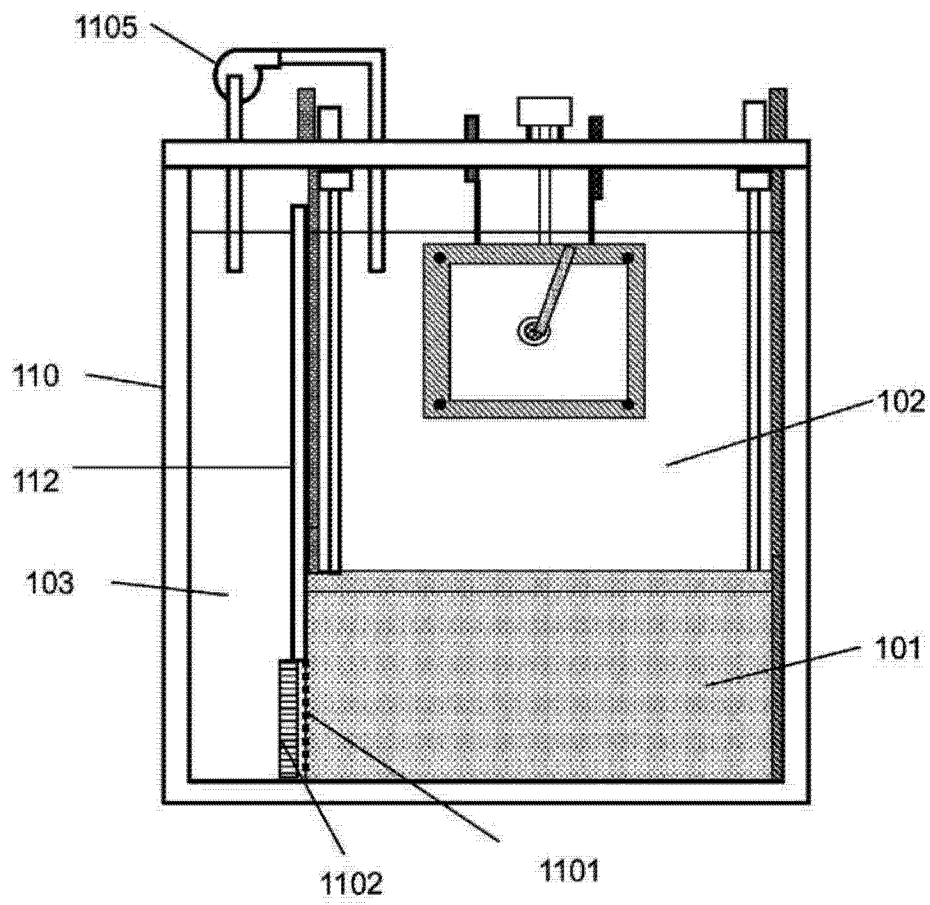


图 9a

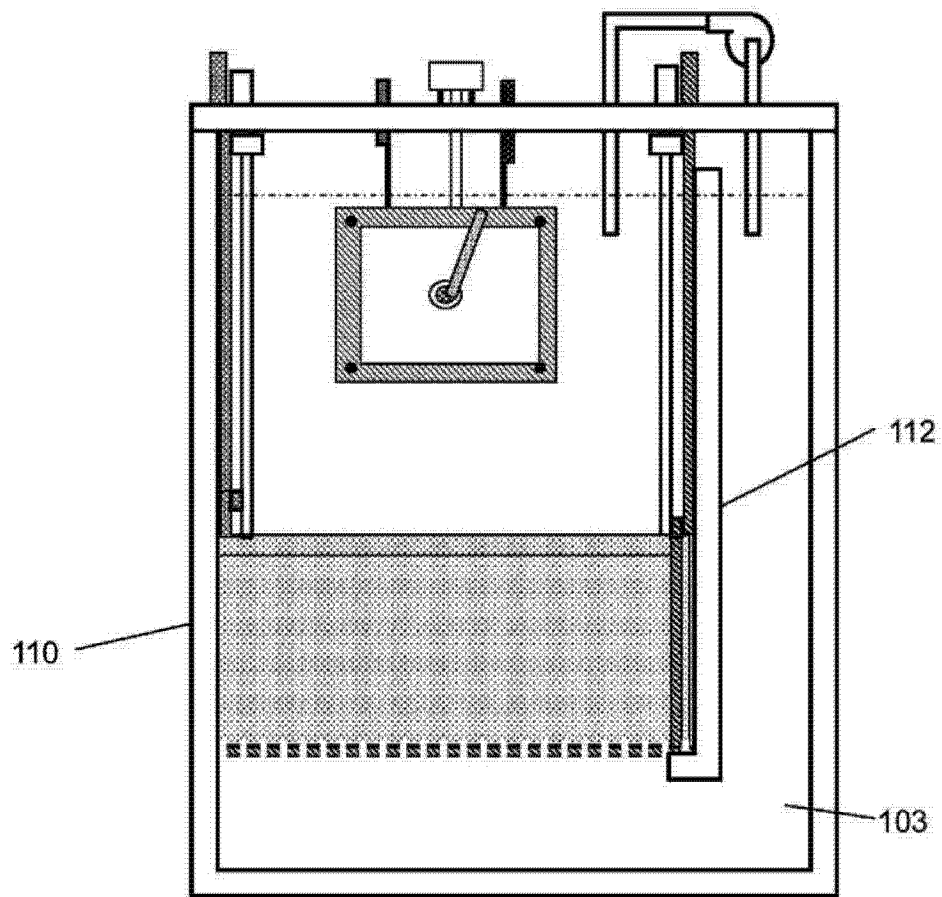


图 9b

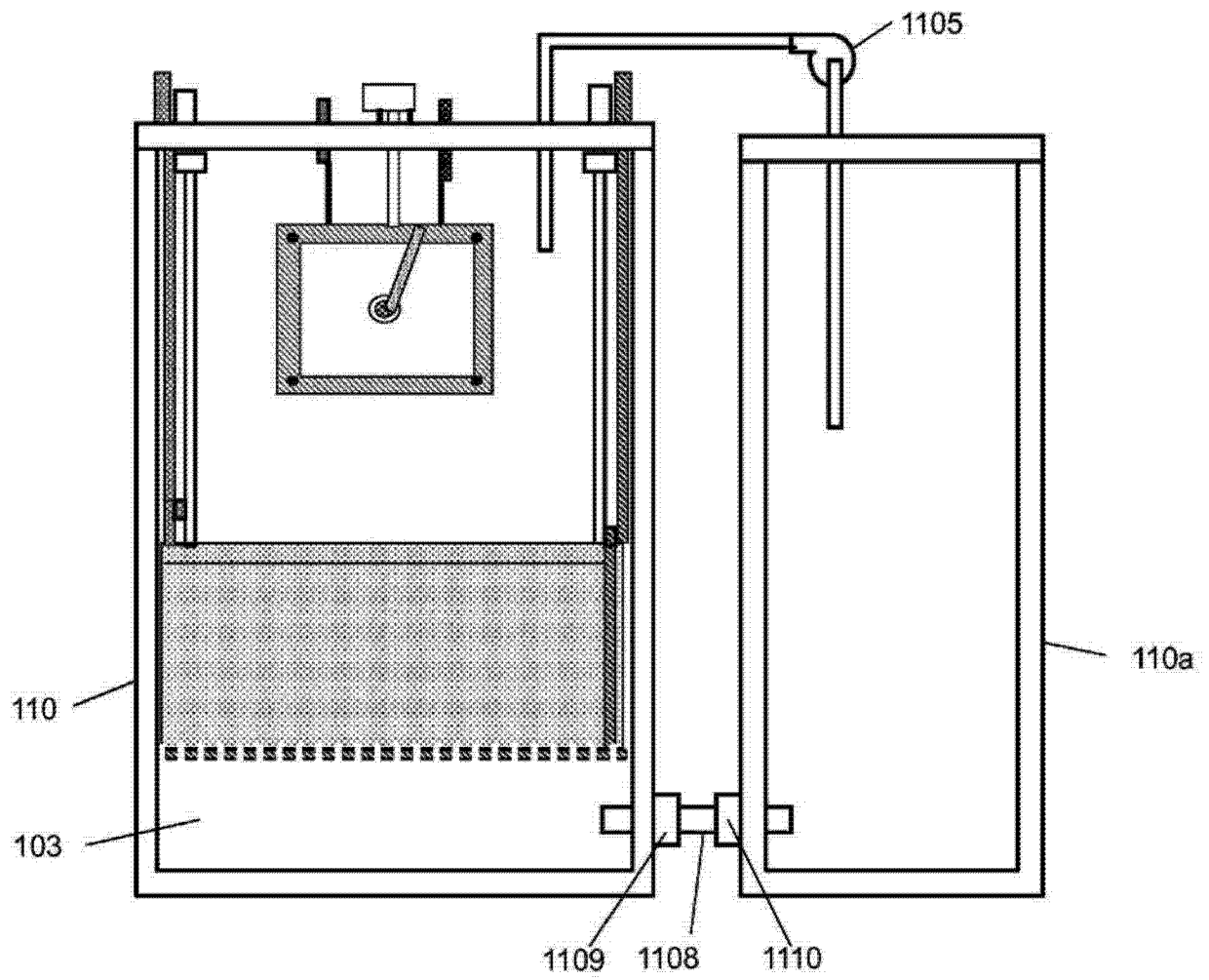


图 10

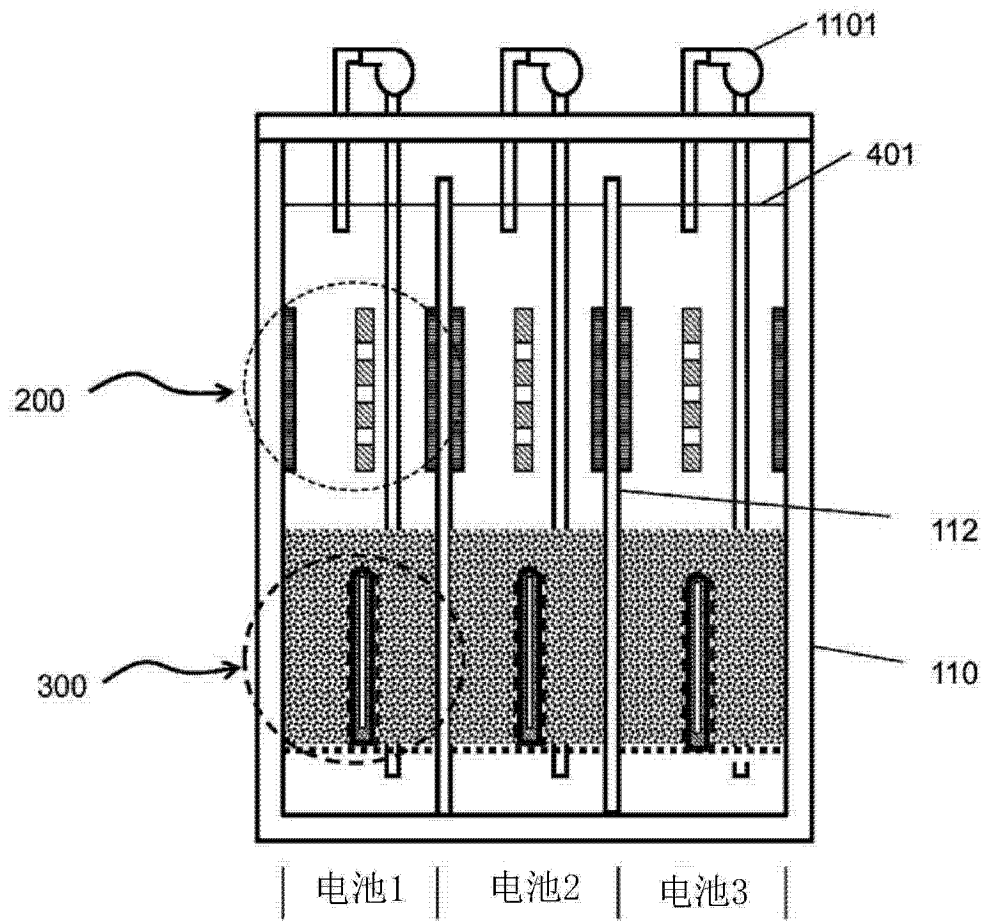


图 11

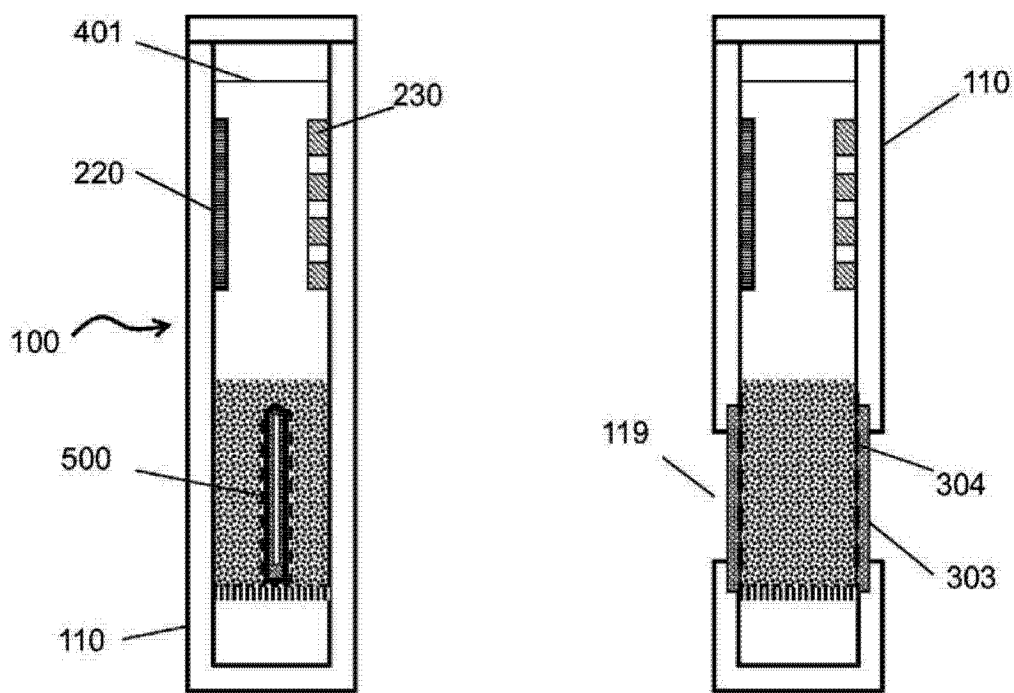


图 12a

图 12b

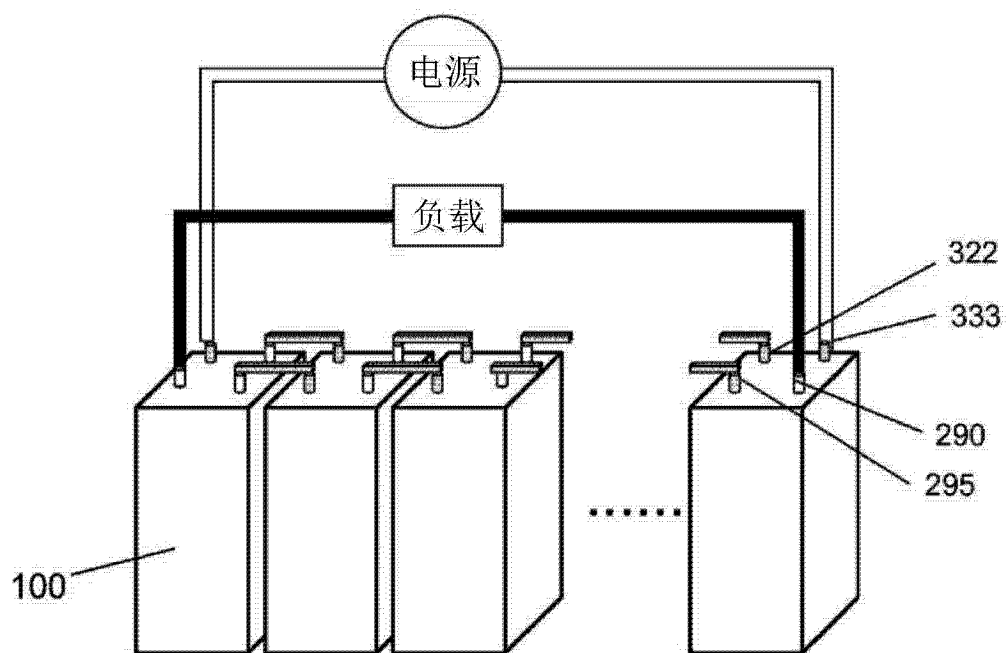


图 13

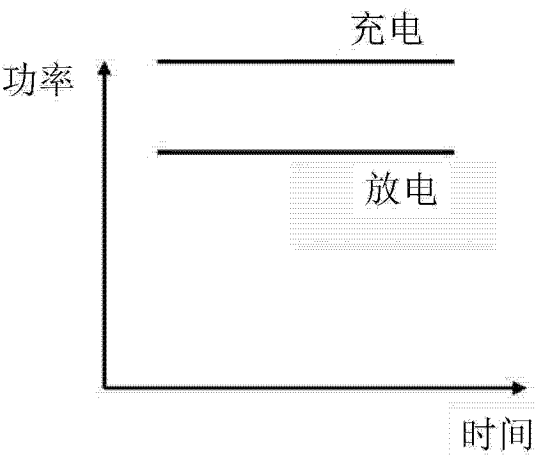


图 14a

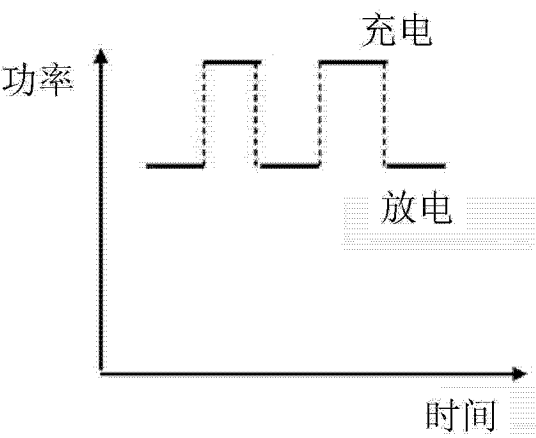


图 14b

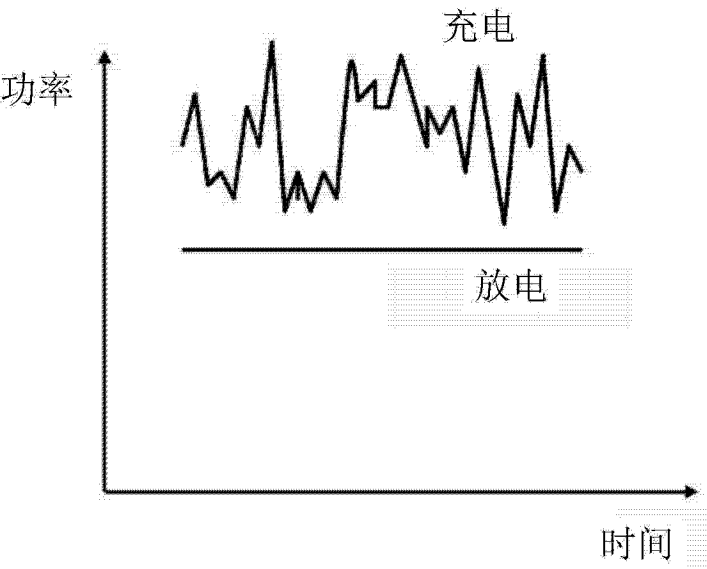


图 15

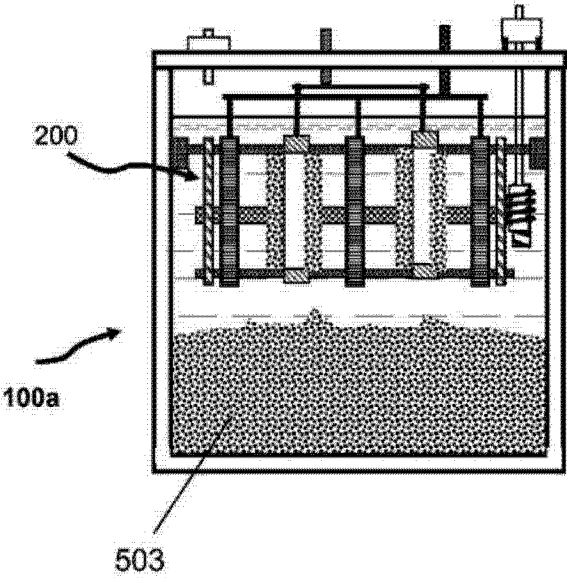


图 16a

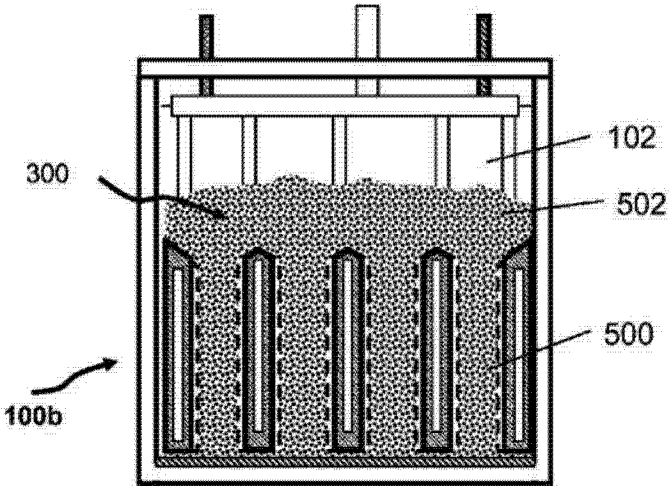


图 16b

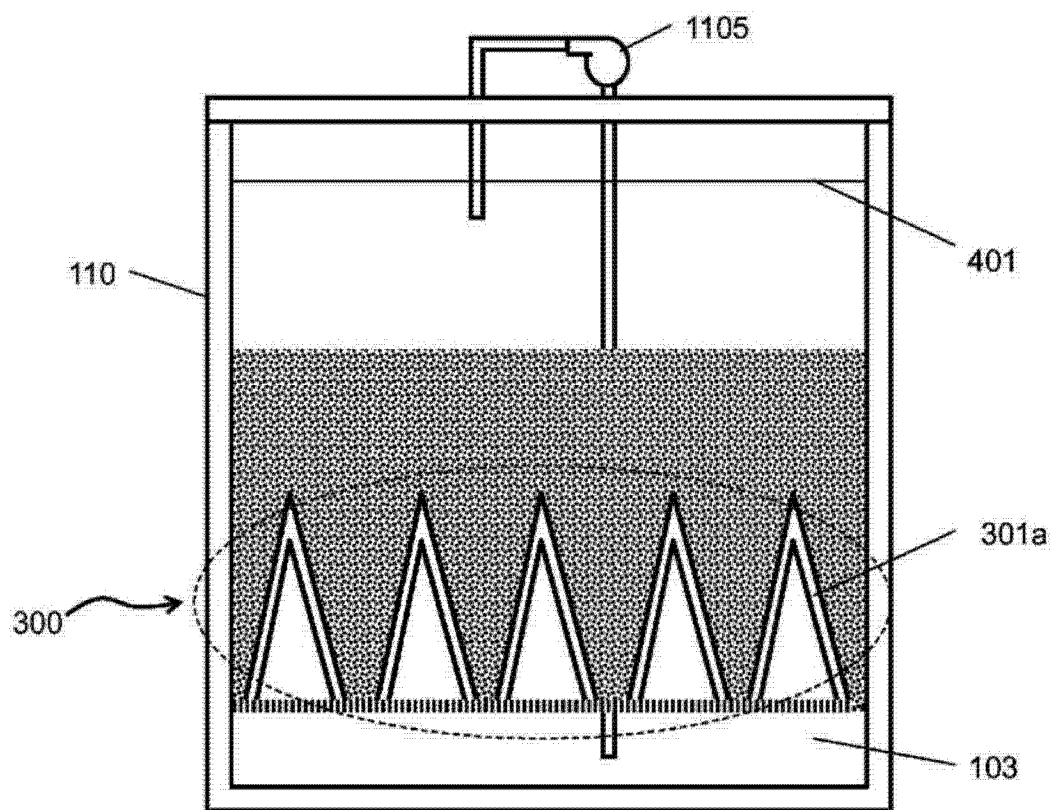


图 16c

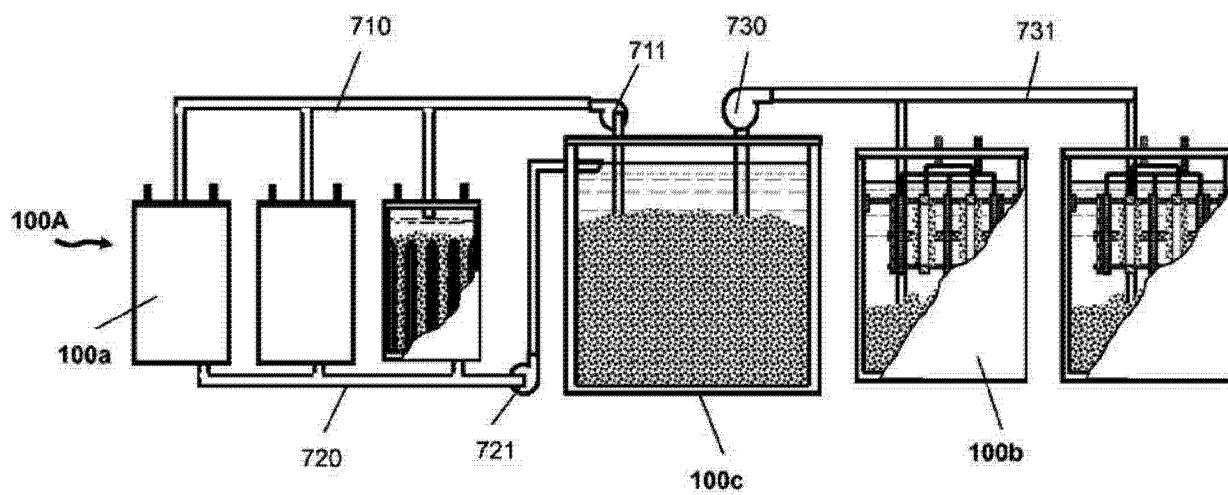
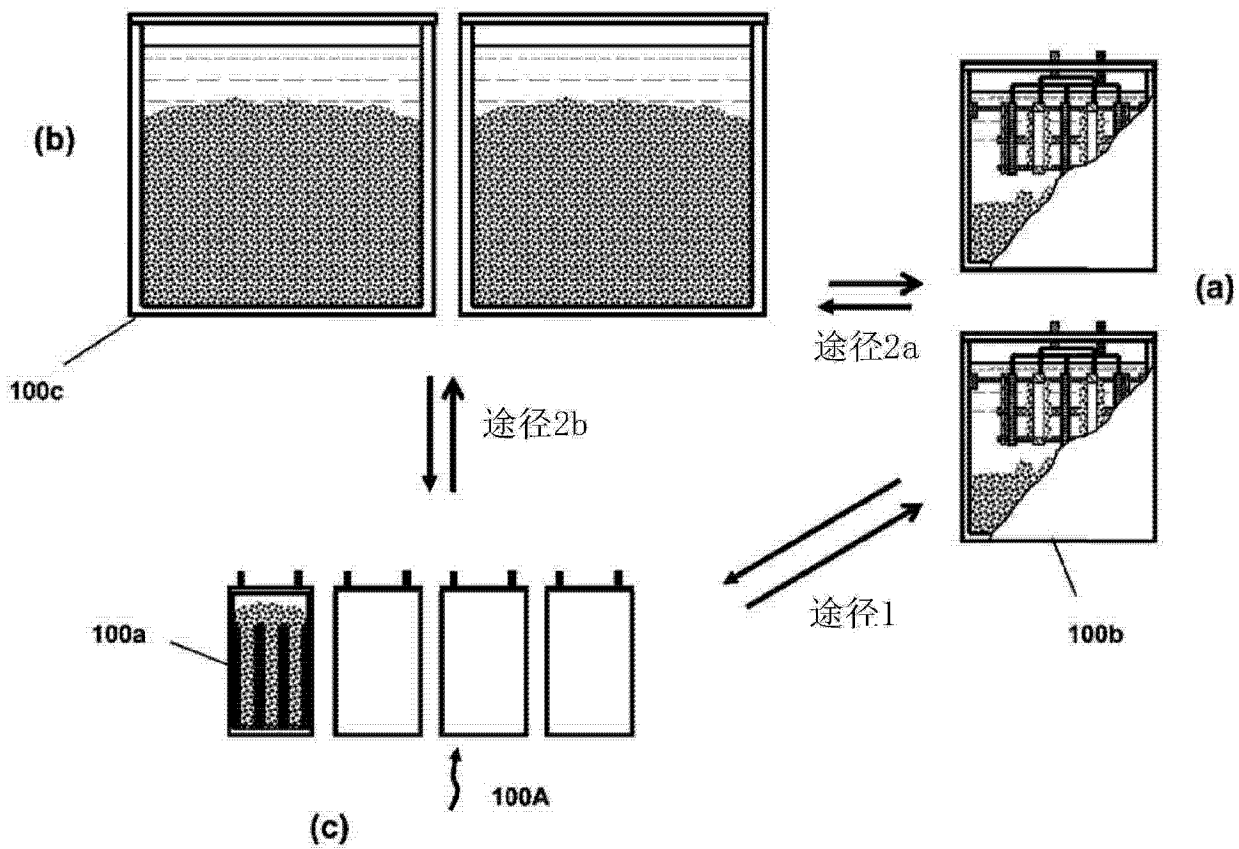
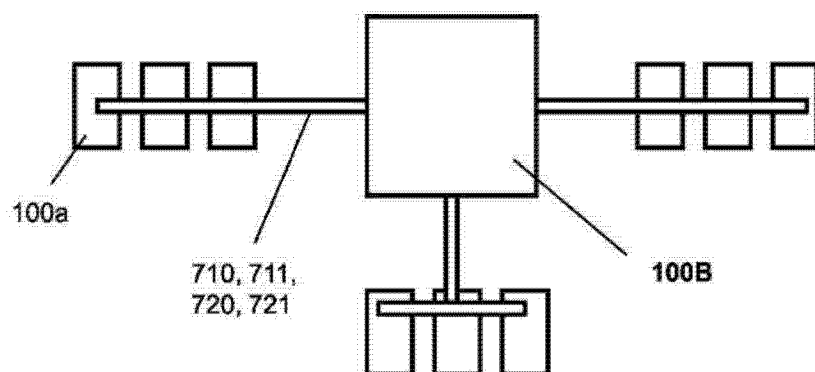


图 17a



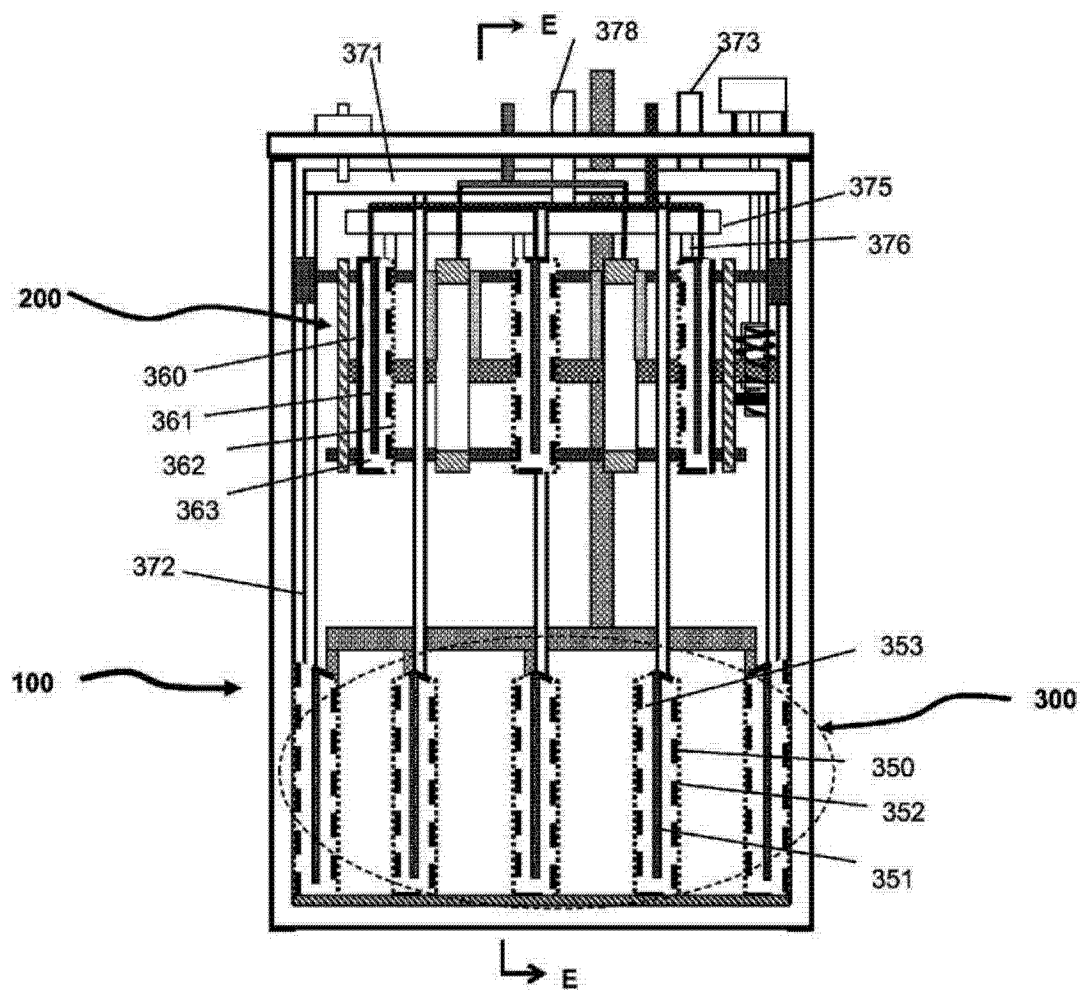


图 19

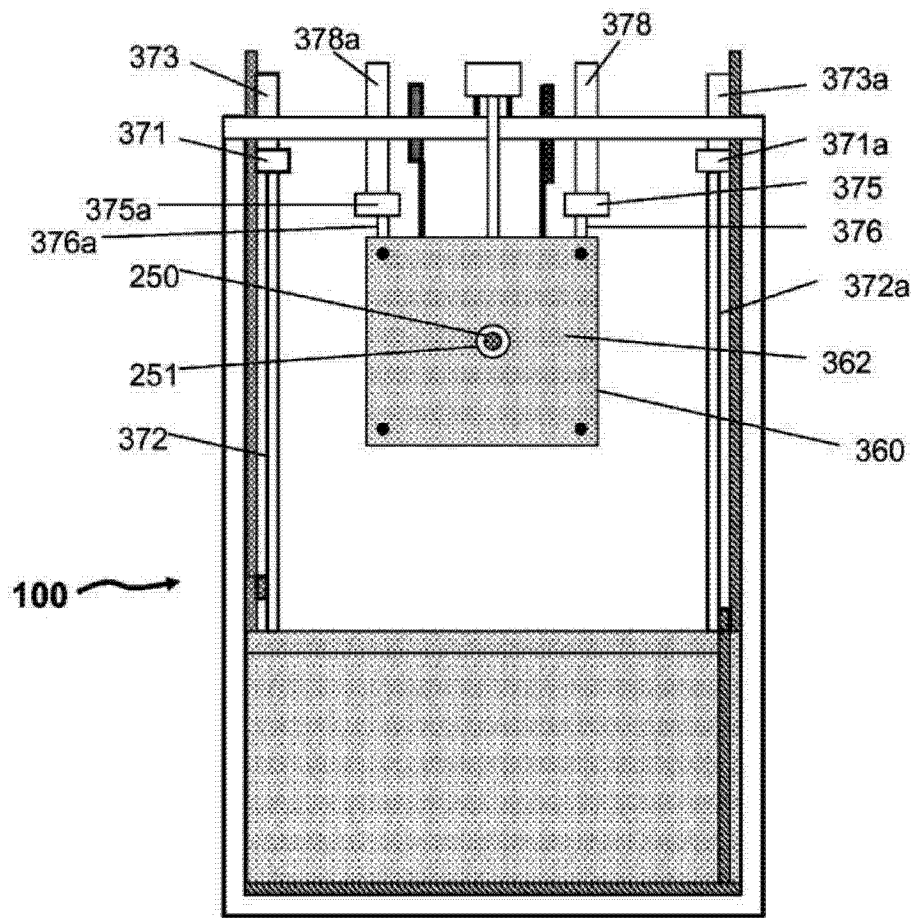


图 20

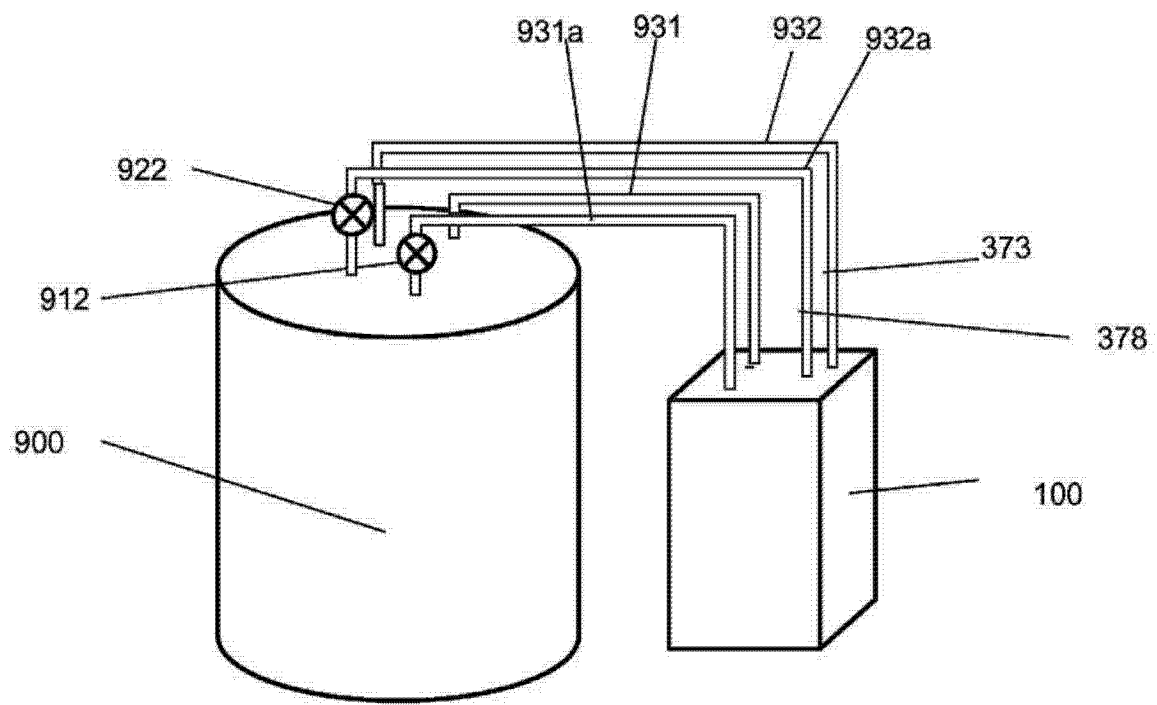


图 21

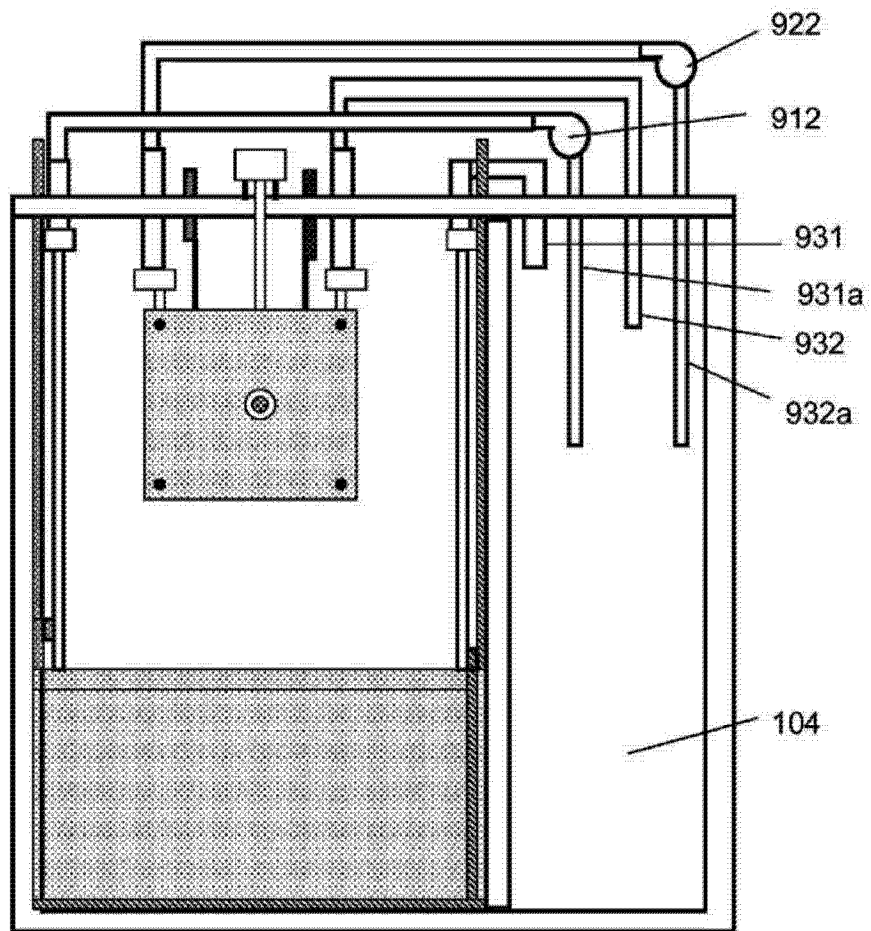


图 22

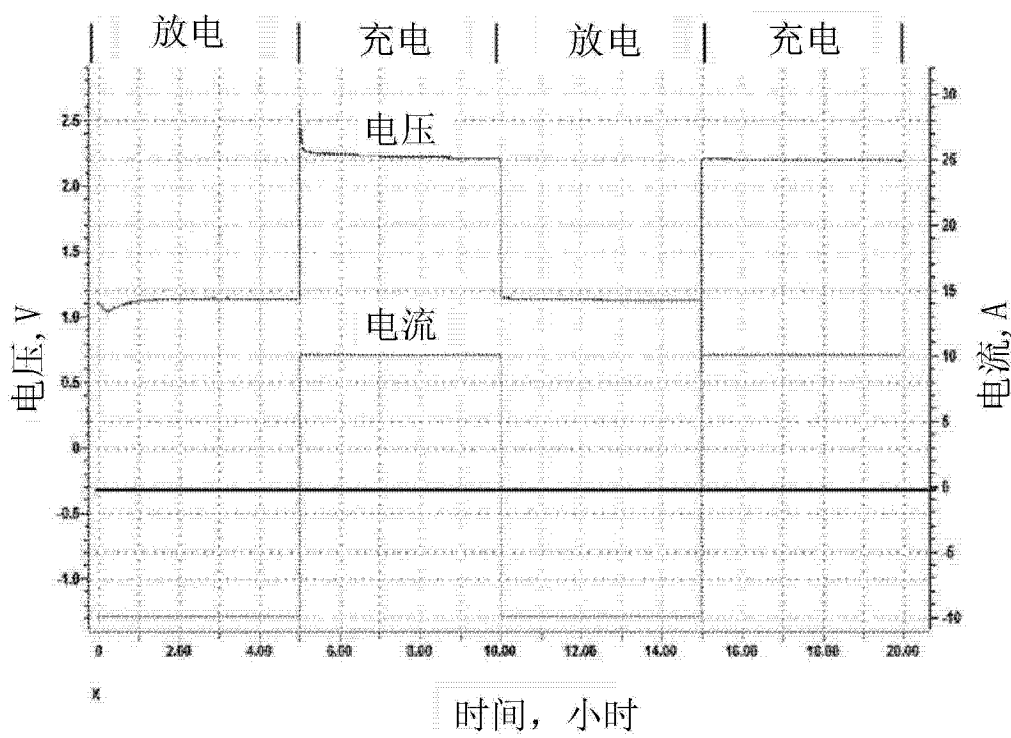


图 23