



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203218408 U

(45) 授权公告日 2013. 09. 25

(21) 申请号 201220336003. 9

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2012. 07. 10

(30) 优先权数据

61/555, 982 2011. 11. 04 US

13/532, 374 2012. 06. 25 US

(73) 专利权人 流体公司

地址 美国亚利桑纳州

(72) 发明人 C·A·弗里森 R·克里希南

G·弗里森 J·海耶斯

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华

(51) Int. Cl.

H01M 12/08(2006. 01)

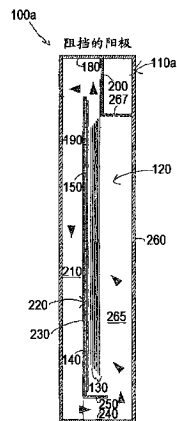
权利要求书3页 说明书22页 附图14页

(54) 实用新型名称

电化学电池

(57) 摘要

本实用新型提供了一种电化学电池。该电化学电池包括：可渗透燃料电极，其被配置用以支撑其上的金属燃料；以及氧化剂还原电极，其与燃料电极隔开。离子传导介质被提供用于在燃料电极和氧化剂还原电极之间传导离子以支持所述燃料电极和氧化剂还原电极处的电化学反应。还包括充电电极，其选自下列各项组成的组：(a) 氧化剂还原电极，(b) 与燃料电极和氧化剂还原电极隔开的独立充电电极，以及 (c) 可渗透燃料电极的一部分。充电电极被配置用以析出产生离子传导介质的流的气泡。一个或多个流转向体也提供在电化学电池中，并且被配置用以导引离子传导介质的流至少部分地通过可渗透燃料电极。



1. 一种电化学电池,其特征在于,包括:
可渗透燃料电极,其被配置用以支撑其上的金属燃料;
氧化剂还原电极,其与所述燃料电极隔开;
离子传导介质,其用于在所述燃料电极和氧化剂还原电极之间传导离子以支持所述燃料电极和氧化剂还原电极处的电化学反应;
充电电极,其选自下列各项组成的组:(a) 所述氧化剂还原电极,(b) 与所述可渗透燃料电极和所述氧化剂还原电极隔开的独立充电电极,以及(c) 所述可渗透燃料电极的一部分;
- 气泡流产生器,其选自下列各项组成的组:(a) 所述充电电极,以及(b) 与所述充电电极隔开的起泡装置,所述气泡流产生器被配置用以析出气态氧气泡,所述气态氧气泡在充电操作期间产生所述离子传导介质的流;以及
一个或多个流转向表面,其被配置用以建立循环路径,所述循环路径导引所述离子传导介质的流至少部分地通过所述可渗透燃料电极。
2. 根据权利要求1所述的电化学电池,其特征在于,进一步包括排气区域,所述排气区域被配置用以允许在所述离子传导介质的流中所述气态氧气泡与所述离子传导介质分离。
3. 根据权利要求2所述的电化学电池,其特征在于,所述排气区域包括柱。
4. 根据权利要求2所述的电化学电池,其特征在于,所述氧化剂还原电极浸入所述离子传导介质中,具有与其相关联的空气空间以对其提供气态氧化剂,其中所述一个或多个流转向表面包括被配置用以导引所述离子传导介质的流越过所述氧化剂还原电极和所述空气空间上到其与所述燃料电极相反的一侧的流转向表面。
5. 根据权利要求4所述的电化学电池,其特征在于,所述氧化剂还原电极装配到被配置用以在其中维持所述空气空间的氧化剂还原电极模块,并且其中所述氧化剂还原电极模块约束其与所述燃料电极相反的所述侧上的所述排气区域的至少一部分。
6. 根据权利要求2所述的电化学电池,其特征在于,所述一个或多个流转向表面包括被配置用以将所述离子传导介质的流从所述排气区域导引至所述燃料电极的远离所述氧化剂还原电极和所述充电电极的区域的流转向表面。
7. 根据权利要求6所述的电化学电池,其特征在于,所述一个或多个流转向表面包括:散布器,其用于将所述离子传导介质的流大体上垂直地导引至所述燃料电极的一面。
8. 根据权利要求2所述的电化学电池,其特征在于,所述排气区域包括一个或多个气泡聚结结构。
9. 根据权利要求8所述的电化学电池,其特征在于,所述一个或多个气泡聚结结构包括疏水编席。
10. 根据权利要求1所述的电化学电池,其特征在于,所述燃料电极包括以隔开关系布置的一系列可渗透电极。
11. 根据权利要求10所述的电化学电池,其特征在于,所述一个或多个流转向表面包括被配置用以防止所述流的至少一部分经过所述燃料电极的所述一系列可渗透电极体的少于全部的流转向表面。
12. 根据权利要求11所述的电化学电池,其特征在于,所述一个或多个流转向表面包括被配置用以防止所述流的至少一部分经过所述一系列可渗透电极体的少于全部的流转向表面。

向表面,其包括跨所述燃料电极的顶部延伸的壁。

13. 根据权利要求 10 所述的电化学电池,其特征在于,所述一个或多个流转向表面包括被配置用以导引所述离子传导介质的流至少部分地通过所述可渗透燃料电极的流转向表面,其被配置用以大体上平行并且在所述一系列可渗透电极体之间导引所述流。

14. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,所述一个或多个流转向表面包括被配置用以防止所述流在远离所述充电电极 的一侧上上升超出所述燃料电极的顶部的流转向表面。

15. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,所述气泡流产生器包括所述充电电极和所述起泡装置两者。

16. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,所述起泡装置包括气泵,所述气泵被配置用以放出气泡到所述离子传导介质中。

17. 根据权利要求 16 所述的电化学电池,其特征在于,所述起泡装置进一步包括:一个或多个微管,其被配置用以在所述电化学电池中产生所述气泡。

18. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,由所述起泡装置放出的所述气泡中的至少一些的直径近似小于 1mm。

19. 根据权利要求 18 所述的电化学电池,其特征在于,由所述起泡装置产生的所述气泡中的大多数的直径近似小于 100 μm 。

20. 根据权利要求 19 所述的电化学电池,其特征在于,由起泡装置产生的所述气泡中的大多数的直径近似在 1 μm 和 100 μm 之间。

21. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,所述燃料电极和所述氧化剂还原电极被配置用以在放电期间将在所述燃料电极处的所述金属燃料氧化并且将在所述氧化剂还原电极处的氧化剂还原,以在其之间产生用于对负载施加的放电电位差。

22. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,所述燃料电极和所述充电电极被配置用以在再充电期间通过在其之间施加来自电源的再充电电位差,将所述金属燃料的可还原种类还原以将所述金属燃料电沉积到所述燃料电极上并且将所述氧化剂的可氧化种类氧化。

23. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,所述离子传导介质包括水电解质溶液。

24. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,进一步包括在所述离子传导介质中的气泡尺寸限制器,被配置用以最小化由所述气泡产生器所产生的气泡的尺寸。

25. 根据权利要求 24 所述的电化学电池,其特征在于,所述气泡尺寸限制器包括表面活性剂。

26. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,进一步包括第二氧化剂还原电极,所述第二氧化剂还原电极与所述氧化剂还原电极隔开并且与其相对,其中所述可渗透燃料电极定位在所述氧化剂还原电极和所述第二氧化剂还原电极之间。

27. 根据权利要求 26 所述的电化学电池,其特征在于,所述可渗透燃料电池是与所述氧化剂还原电极和所述第二氧化剂还原电极两者相关联的公共燃料电极,使得在放电期间,所述公共燃料电极上的金属燃料被氧化,而所述氧化剂还原电极和所述第二氧化剂还原电极中的每一个处的氧化剂被还原。

28. 根据权利要求 26 所述的电化学电池,其特征在于,所述可渗透燃料电极包括:第一可渗透燃料电极,其与所述第一氧化剂还原电极相关联;以及第二可渗透燃料电极,其与所述第二氧化剂还原电极相关联。

29. 根据权利要求 26 所述的电化学电池,其特征在于,所述一个或多个流转向表面被配置用以建立一对循环路径,所述一对循环路径在至少部分地流经所述可渗透燃料电极之前在所述氧化剂还原电极和所述第二氧化剂还原电极中的每一个周围导引所述离子传导介质的流。

30. 根据权利要求 29 所述的电化学电池,其特征在于,所述一个或多个流转向表面将所述一对循环路径建立为所述电池内的闭合回路。

31. 根据权利要求 29 所述的电化学电池,其特征在于,所述气泡流产生器仅是所述充电电极。

32. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,所述气泡流产生器仅是所述充电电极。

33. 根据权利要求 1 所述的电化学电池,其特征在于,所述一个或多个流转向表面建立将所述循环路径建立为所述电池内的闭合回路。

电化学电池

[0001] 本申请要求于 2011 年 11 月 4 日提交的美国临时专利申请 No. 61/555, 982 的优先权, 整个该专利在此通过引用方式并入此处。

技术领域

[0002] 本实用新型一般地涉及电化学电池, 并且更具体地, 涉及利用液体离子传导介质的电化学电池。

背景技术

[0003] 许多类型的电化学电池利用液体离子传导介质来支持电池内的电化学反应。例如, 金属-空气电化学电池系统可包括多个电池, 每个电池具有充当阳极的燃料电极和空气呼吸式氧化剂还原电极, 在所述阳极处金属燃料被氧化, 并且在所述空气呼吸式氧化剂还原电极处来自周围空气的氧被还原。在这样的电池中的液体离子传导介质可在电极之间传送已氧化的 / 已还原的离子。

[0004] 在一些利用液体离子传导介质的电化学电池系统中, 流泵被提供用以使离子传导介质在单个电池内或在多个电池之间循环, 从而允许可还原的燃料种类在离子传导介质中移动经过位于燃料电极上的还原地点, 使得可还原的燃料种类在充电期间可作为金属燃料被镀覆在燃料电极上。离子传导介质的移动的其他益处也是可能的, 包括但不限于已氧化种类在放电期间移动远离阳极, 从而改进放电动力学; 在充电期间从所谓的三电极金属-空气电池除去氧气; 以及防止离子传导介质的分层。在一些电化学电池系统中, 利用这样的流泵大大增加系统的复杂性和尺寸。例如, 使用流泵可以使得必须或使得期望在公共流动路径中流体地连结多个电池。相应地, 在一些这样的电池系统中, 利用流泵不仅增加了流泵本身的尺寸和成本, 还可能需要歧管 (manifold)、管道和贮存器用以将多个电池连接到离子传导介质的流中。在一些电池系统中, 提供快速断开件以有利于单独的电池或电池组与电池系统的快速断开和重新连接, 诸如用于修理或更换, 其中快速断开件被利用以形成足够强的密封以防止离子传导介质通过连接点的损耗。另外, 因为离子传导介质在多个电池之间的共享可能导致通过离子传导介质的分流电流, 一些电池系统 (诸如以其整体通过引用并入此处的美国专利申请 No. 13/362, 775 中所描述的那些) 可包括将电池之间的流中的离子传导介质物理地分离的流分散喷头以防止从一个电池通过离子传导介质到另一个电池的导电。

[0005] 有利于电池中离子传导介质的流动的一个方法是通过气体通过电池的冒泡, 从而气体在液体离子传导介质中的上升产生提升作用。在美国专利 5, 011, 747 中公开了这样的方法的一个实例。

[0006] 出于诸如但不限于在上述电化学电池系统中消除对附属结构的包括或使其冗余的原因, 可以理解的是, 利用自持电池配置的电池系统可以更小、更轻、具有更少的可能的故障点, 并且可以比先前的配置更便宜。除了其它改进之外, 本申请努力提供进一步有利于利用上升气体的提升作用来建立改进的离子传导介质的流动的这样的有效且改进的电化

学电池。

实用新型内容

[0007] 根据本实用新型的一个方面,提供了一种电化学电池,其包括:可渗透燃料电极,其被配置用以支撑其上的金属燃料;以及氧化剂还原电极,其与该燃料电极隔开。该电化学电池还包括:离子传导介质,其用于在燃料电极和氧化剂还原电极之间传导离子以支持燃料电极和氧化剂还原电极处的电化学反应;以及充电电极。该充电电极选自下列各项组成的组:(a) 氧化剂还原电极,(b) 与可渗透燃料电极和氧化剂还原电极隔开的独立充电电极,以及(c) 可渗透燃料电极的一部分。另外,该电化学电池包括:气泡流产生器,其选自下列各项组成的组:(a) 充电电极,以及(b) 与该充电电极隔开的起泡装置。气泡流产生器被配置用以析出在充电操作期间产生离子传导介质的流的气态氧气泡。该电化学电池进一步包括:一个或多个流转向表面,其被配置用以建立导引离子传导介质的流至少部分地通过可渗透燃料电极的循环路径。

[0008] 在一个实施例中,所述电化学电池进一步包括排气区域,所述排气区域被配置用以允许在所述离子传导介质的流中所述气态氧气泡与所述离子传导介质分离。

[0009] 在一个实施例中,所述排气区域包括柱。

[0010] 在一个实施例中,所述氧化剂还原电极浸入所述离子传导介质中,具有与其相关联的空气空间以对其提供气态氧化剂,其中所述一个或多个流转向表面包括被配置用以导引所述离子传导介质的流越过所述氧化剂还原电极和所述空气空间上到其与所述燃料电极相反的一侧的流转向表面。

[0011] 在一个实施例中,所述氧化剂还原电极装配到被配置用以在其中维持所述空气空间的氧化剂还原电极模块,并且其中所述氧化剂还原电极模块约束其与所述燃料电极相反的所述侧上的所述排气区域的至少一部分。

[0012] 在一个实施例中,所述一个或多个流转向表面包括被配置用以将所述离子传导介质的流从所述排气区域导引至所述燃料电极的远离所述氧化剂还原电极和所述充电电极的区域的流转向表面。

[0013] 在一个实施例中,所述一个或多个流转向表面包括:散布器,其用于将所述离子传导介质的流大体上垂直地导引至所述燃料电极的一面。

[0014] 在一个实施例中,所述排气区域包括一个或多个气泡聚结结构。

[0015] 在一个实施例中,所述一个或多个气泡聚结结构包括疏水编席。

[0016] 在一个实施例中,所述燃料电极包括以隔开关关系布置的一系列可渗透电极。

[0017] 在一个实施例中,所述一个或多个流转向表面包括被配置用以防止所述流的至少一部分经过所述燃料电极的所述一系列可渗透电极体的少于全部的流转向表面。

[0018] 在一个实施例中,所述一个或多个流转向表面包括被配置用以防止所述流的至少一部分经过所述一系列可渗透电极体的少于全部的流转向表面,其包括跨所述燃料电极的顶部延伸的壁。

[0019] 在一个实施例中,所述一个或多个流转向表面包括被配置用以导引所述离子传导介质的流至少部分地通过所述可渗透燃料电极的流转向表面,其被配置用以大体上平行并且在所述一系列可渗透电极体之间导引所述流。

[0020] 在一个实施例中,所述一个或多个流转向表面包括被配置用以防止所述流在远离所述充电电极的一侧上上升超出所述燃料电极的顶部的流转向表面。

[0021] 在一个实施例中,所述气泡流产生器包括所述充电电极和所述起泡装置两者。

[0022] 在一个实施例中,所述起泡装置包括气泵,所述气泵被配置用以放出气泡到所述离子传导介质中。

[0023] 在一个实施例中,所述起泡装置进一步包括:一个或多个微管,其被配置用以在所述电化学电池中产生所述气泡。

[0024] 在一个实施例中,由所述起泡装置放出的所述气泡中的至少一些的直径近似小于1mm。

[0025] 在一个实施例中,由所述起泡装置产生的所述气泡中的大多数的直径近似小于100 μ m。

[0026] 在一个实施例中,由起泡装置产生的所述气泡中的大多数的直径近似在1 μ m和100 μ m之间。

[0027] 在一个实施例中,所述燃料电极和所述氧化剂还原电极被配置用以在放电期间将在所述燃料电极处的所述金属燃料氧化并且将在所述氧化剂还原电极处的氧化剂还原,以在其之间产生用于对负载施加的放电电位差。

[0028] 在一个实施例中,所述燃料电极和所述充电电极被配置用以在再充电期间通过在其之间施加来自电源的再充电电位差,将所述金属燃料的可还原种类还原以将所述金属燃料电沉积到所述燃料电极上并且将所述氧化剂的可氧化种类氧化。

[0029] 在一个实施例中,所述离子传导介质包括水电解质溶液。

[0030] 在一个实施例中,所述水电解质溶液包括硫酸、磷酸、三氟甲磺酸、硝酸、氢氧化钾、氢氧化钠、氯化钠、硝酸钾、氯化锂、有机溶剂、或离子液体。

[0031] 在一个实施例中,所述电化学电池进一步包括在所述离子传导介质中的气泡尺寸限制器,被配置用以最小化由所述气泡产生器所产生的气泡的尺寸。

[0032] 在一个实施例中,所述气泡尺寸限制器包括表面活性剂。

[0033] 在一个实施例中,所述电化学电池进一步包括第二氧化剂还原电极,所述第二氧化剂还原电极与所述氧化剂还原电极隔开并且与其相对,其中所述可渗透燃料电极定位在所述氧化剂还原电极和所述第二氧化剂还原电极之间。

[0034] 在一个实施例中,所述可渗透燃料电池是与所述氧化剂还原电极和所述第二氧化剂还原电极两者相关联的公共燃料电极,使得在放电期间,所述公共燃料电极上的金属燃料被氧化,而所述氧化剂还原电极和所述第二氧化剂还原电极中的每一个处的氧化剂被还原。

[0035] 在一个实施例中,所述可渗透燃料电极包括:第一可渗透燃料电极,其与所述第一氧化剂还原电极相关联;以及第二可渗透燃料电极,其与所述第二氧化剂还原电极相关联。

[0036] 在一个实施例中,所述一个或多个流转向表面被配置用以建立一对循环路径,所述一对循环路径在至少部分地流经所述可渗透燃料电极之前在所述氧化剂还原电极和所述第二氧化剂还原电极中的每一个周围导引所述离子传导介质的流。

[0037] 在一个实施例中,所述一个或多个流转向表面将所述一对循环路径建立为所述电池内的闭合回路。

[0038] 在一个实施例中,所述气泡流产生器仅是所述充电电极。

[0039] 在一个实施例中,所述一个或多个流转向表面建立将所述循环路径建立为所述电池内的闭合回路。

[0040] 本实用新型的其它方面将根据下列详细的描述、附图、和所附权利要求变得清楚。

附图说明

[0041] 现将仅通过举例参考随附的示意附图来描述本实用新型实施例,在示意附图中,相应的参考符号表示相应的部分,并且其中:

[0042] 图 1 描绘出具有浸入氧化剂还原电极的电化学电池的示意图;

[0043] 图 2 描绘出具有限定电化学电池的边界壁的氧化剂还原电极的电化学电池的示意图;

[0044] 图 3 描绘出根据实施例的图 1 的配置的电化学电池的示意图,该电化学电池被配置用于离子传导介质在其中的对流流动;

[0045] 图 4 描绘出浸入的氧化剂还原电极的透视图,描绘出在其空气通道周围的离子传导介质的流动;

[0046] 图 5 描绘出根据另一个实施例的图 1 的配置的电化学电池的示意图,该电化学电池被配置用于离子传导介质在其中的对流流动;

[0047] 图 6 描绘出根据另一个实施例的图 1 的配置的电化学电池的示意图,该电化学电池被配置用于离子传导介质在其中的对流流动;

[0048] 图 7 描绘出根据另一个实施例的图 1 的配置的电化学电池的示意图,该电化学电池被配置用于离子传导介质在其中的对流流动;

[0049] 图 8 描绘出具有图 1 的配置的双电池的示意图,其中两个电池浸入公共壳体中;

[0050] 图 9 描绘出通过公共对流流动耦合的一系列电池的示意图;

[0051] 图 10 描绘出根据实施例的图 2 的配置的电化学电池的示意图,该电化学电池被配置用于离子传导介质在其中的对流流动;

[0052] 图 11 描绘出根据一些实施例的气态氧的气泡和离子传导介质之间的相对速度对比气泡的直径的图表;

[0053] 图 12 示意性地描绘出由电化学电池的实施例的充电电极放出气泡所产生的速度分布;

[0054] 图 13A-13B 描绘出类似于图 3 中所描绘的电化学电池的基准模型;

[0055] 图 14 描绘出示出了与图 13A-13B 的基线模型相比边界壁的间距如何影响各种位置中的体积流率的图表;以及

[0056] 图 15A-15B 描绘出示出了相对于电化学电池的燃料电极和 / 或氧化剂还原电极升高氧气泡析出充电电极如何影响体积流率和流动均匀性的图表。

具体实施方式

[0057] 图 1 示出电化学电池 100 的示意截面图。如所示出的,电化学电池 100 的部件可至少部分地被包含在相关联的壳体 110 中。电池 100 利用包含在壳体 110 内并且被配置用以在壳体 110 中循环的液体离子传导介质以传导电池 100 内的离子。虽然有时离子传导介

质在壳体 110 内（诸如在滞留区中或离子传导介质的其它量）可以是大体上静止的，但是可以理解的是，电池 100 可被配置用以形成离子传导介质的对流流动。用于在电池 100 中形成离子传导介质的流动的机制是本公开的特征并且在下面更详细地描述。

[0058] 电化学电池 100 的各个部分可具有任何适当的结构或组成，包括但不限于由塑料、金属、树脂、或其组合形成。相应地，电池 100 可以任何方式装配，包括由多个元件形成、一体化地模制等。在各种实施例中，电池 100 和 / 或壳体 110 可包括美国专利申请 No. 12/385, 217、No. 12/385, 489、No. 12/549, 617、No. 12/631, 484、No. 12/776, 962、No. 12/885, 268、No. 13/028, 496、No. 13/083, 929、No. 13/167, 930、No. 13/185, 658、No. 13/230, 549、No. 13/299, 167、No. 61/515, 749、No. 61/555, 952、和 No. 61/556, 011 中的一个或多个的元件或布置，所述美国专利申请中的每一个以其整体通过引用并入此处。

[0059] 随后的图示出了电池 100 的对流流动，而图 1 示意性地描绘出其实施例的各种其它部件和特征。相应地，被限定在电池 100 的壳体 110 内的是电池腔 120，该电池腔 120 被配置用以容纳离子传导介质并且可以限定在其中的流动。电池 100 的燃料电极 130 可被支撑在电池腔 120 中从而被离子传导介质接触。在一个实施例中，燃料电极 130 是金属燃料电极，该金属燃料电极当电池 100 在如下面进一步讨论的放电、或电产生模式下操作时用作阳极。如所示出的，在一些实施例中，燃料电极 130 可包括多个可渗透电极体 130a-130e。虽然在示出的实施例中使用了五个可渗透电极体 130a-130e，但是在其它实施例中，任何数量是可能的。每个可渗透电极体 130a-130e 可包括以任何结构制成的屏，该结构能够通过电沉积或以其它方式从流经或以其他方式存在于电池腔 120 内的离子传导介质捕获和保留金属燃料的颗粒或离子。在一个实施例中，电极体 130 可以是端子电极体，被配置使得当充电时，金属燃料可大体上沿从电极体 130a 朝电极体 130e 所限定的方向在电极体 130a-e 上生长。虽然在示出的实施例中，可渗透电极体 130a-130e 可具有不同的尺寸，使得可以使用如在上文中通过引用并入的美国专利申请 No. 13/167, 930 中所描述的阶梯支架配置，但是在其它实施例中，可渗透电极体 130a-130e 可具有基本上相同的尺寸。

[0060] 在一些实施例中，多个间隔体可以分离可渗透电极体 130a-130e 以便在燃料电极 130 中建立流道 (flow lane)。虽然在一些实施例中多个间隔体可以连接到壳体 110 使得燃料电极 130 可以相对于壳体 110 被保持在适当的位置，但是在其它实施例中，间隔体被模制在可渗透电极体 130a-130e 之间，并且可能在燃料电极 130 和充电电极 140 之间，使得可渗透电极体 130a-e (以及可能充电电极 140) 为组合的电极模块的一部分。在以美国专利申请公开 No. 2011/0086278 所公布的在上文中以其整体通过引用并入的美国专利申请 No. 12/901, 410 中描述了这样的配置。在各种实施例中，间隔体可以是非导电且在电化学方面惰性的，因此它们对于电池 100 中的电化学反应而言是不活泼的。在一些实施例中，间隔体可以由适当的塑料材料制造，所述适当的塑料材料诸如聚丙烯、聚乙烯、聚酯、改性聚苯醚、ABS、含氟聚合物、环氧树脂等。燃料电极 130 中的流道可以是三维的，并且具有大致等于间隔体的高度。虽然大体上间隔体竖直地定向以便建立平行于产生气泡的充电电极的流道，但是在诸如但不限于如下所述的燃料电极 130 的顶部被阻挡的其它实施例中，间隔体可以被定向以便建立被定向成通过可渗透电极体 130a-e 的流道。然而，应理解，间隔体和 / 或流道是可选的，并且在一些实施例中可以省略。

[0061] 在诸如示出的电池 100 的一些实施例中，充电电极 140 可以定位成与燃料电极 130

隔开、远离端子电极体 130a(即,接近电极体 130e)。在一些实施例中,充电电极 140 可以是燃料电极 130 的一部分(例如包括作为可渗透电极体 130b-130e 中的一个或多个)。与燃料电极 130 一样,充电电极 140 可定位在电池腔 120 内,以便与离子传导介质相接触。在示出的实施例中,充电电极 140 是类似于可渗透电极体 130a-e 的阶梯配置。然而,在其它实施例中,当那些电极体 130a-e 为阶梯支架配置时或以其他方式尺寸不同时,充电电极 140 可延伸至少远至可渗透电极体 130a-e 中最长的一个。如下文更详细地描述的,充电电极 140 可被配置用以参与存在于液体离子传导介质中的可氧化的氧化剂种类的氧化,以便在电池 100 的充电期间促进已氧化的金属燃料种类的还原和燃料电极 130 上金属燃料的生长。相应地,在一些实施例中,如下文更详细地描述的,由于在电化学电池 100 充电期间氧气从充电电极 140 以气泡冒出,所以充电电极 140 可被表征为氧析出电极。

[0062] 在图 1 中进一步示出了氧化剂还原电极 150,其与燃料电极 130 和充电电极 140 隔开、远离端子电极体 130a。如所示出的,氧化剂还原电极 150 可以密封或以其它方式装配到浸入电池腔 120 中离子传导介质中的氧化剂还原电极模块 160 中。至少一个空气通道 165 延伸到氧化剂还原电极模块 160 中,以便对形成在氧化剂还原电极模块 160 的壳体和氧化剂还原电极 150 之间的空气空间 170 提供空气或另一其它氧化剂。可以理解的是,空气空间 170 中的空气或其它氧化剂对氧化剂还原电极 150 供应氧化剂。2011 年 11 月 4 日提交的标题为“Immersible Gaseous Oxidant Cathode for Electrochemical Cell System”并且在上文中以其整体通过引用并入的美国临时专利申请 61/555,952 中描述了这样的配置的另外的细节。如所示出的,在包含独立充电电极 140 的实施例中,独立充电电极 140 可定位在氧化剂还原电极 150 和燃料电极 130 之间。在缺少独立充电电极 140 的电池 100 的实施例中,在电池 100 的充电和放电期间均可以利用氧化剂还原电极 150(即在充电期间作为阳极并且在放电期间作为阴极)。

[0063] 包括例如燃料电极 130、其可渗透电极体 130a-e、独立充电电极 140、和氧化剂还原电极 150 的电池 100 的部件可具有任何适当的结构或配置,所述结构或配置包括例如由镍或镍合金(包括镍钴、镍铁、镍铜(即 Monel)、或超合金)、铜或铜合金、黄铜、青铜、碳、铂、银、银钯、或任何其它适当的金属或合金中的一种或多种构成。在一些实施例中,电池 100 的诸如燃料电极 130、独立充电电极 140、和氧化剂还原电极 150 的一个或多个部件,可包括镀有更耐劣化的材料的高导电材料。例如,在一些实施例中,电池的一个或多个部件可包括镀有镍的铜。如上所指出的,在一些实施例中,燃料电极 130 可由可渗透金属屏(即,可渗透电极体 130a-e)形成,该可渗透金属屏可被配置以捕获、保留金属燃料以及为金属燃料提供生长平台。同样地,在一些实施例中,独立充电电极 140 可具有与可渗透电极体 130a-e 之一类似的配置。在其它实施例中,充电电极 140 可具有另一配置,该配置可被配置用以建立与燃料电极 130 的电位差从而在电化学电池 100 的充电期间促进燃料在燃料电极上生长。由如下面更详细地讨论的,充电电极 140 可被配置用以在充电过程期间析出气态氧的气泡,所述气态氧的气泡由于它们在离子传导介质中的浮性而可在电池 100 中向上上升,这可以驱动离子传导介质的对流流动。

[0064] 像燃料电极 130 和充电电极 140 一样,氧化剂还原电极 150 也可具有任何适当的结构或配置。例如,氧化剂还原电极 150 可以大体上被配置用以提供电化学电池 100 中的氧还原,以在电池 100 的放电期间建立与燃料电极 130 的电位差。在一个实施例中,氧化剂还

原电极 150 可包含具有可被表征为有利于电化学反应的“活性材料”的网状物或涂层的活性层。相应地,在一个实施例中,氧化剂还原电极 150 被放置在电池壳体 110 中,使得活性材料接触离子传导介质,因而离子可通过其传导到燃料电极 130 和 / 或从燃料电极 130 传导。在一些实施例中,活性材料可由被烧结成形成复合材料或以其它方式在层叠一起的催化剂颗粒或材料、导电基质和疏水材料的混合物形成。在各种实施例中,活性材料可由诸如但不限于上面列出的那些的一种或多种金属构成。在一些实施例中,活性材料可包括催化剂膜,所述催化剂膜在各种实施例中可通过如下技术形成:所述技术包括但不限于热喷涂、等离子喷涂、电沉积、或任何其它颗粒涂覆方法。

[0065] 电耦合到活性材料的可以是电流收集器,其可被配置用以当电池 100 处于放电模式下时从负载接收电子供氧化剂还原反应消耗。同样地,电流收集器可被配置用以当电池 100 处于充电模式时从活性材料处的氧化反应收集电子(即,如果氧化剂还原电极 150 充当充电电极)用于输送到电源 PS,以参与活性材料处的电化学反应。电流收集器可具有任何适当的结构或配置,包括但不限于其中可具有间隙的金属屏。在各种实施例中,电流收集器可由诸如但不限于上述那些用于活性层的金属或合金构成。

[0066] 另外被包括在氧化剂还原电极 150 中的可以是一个或多种疏水材料,其可以是大体上气体可渗透但液体不可渗透的任何材料,用以将离子传导介质包含在电池壳体 110 内,或以其它方式维持与氧化剂还原电极 150 相关联(即,在氧化剂还原电极模块 160 中)的空气空间。虽然疏水在某些语境下可被理解为“憎水”,但是应理解,如在此处所使用,疏水意味着它总体上阻止离子传导介质的渗透或排斥离子传导介质,并且不一定仅阻止离子传导介质中的水的渗透的排斥耐离子传导介质中的水。因此,疏水材料也可被视为“疏水”或“憎液体”材料。因此,氧化剂还原电极 150 整体可以是液体不可渗透的对气态氧化剂可渗透,使得气态氧化剂可以接触氧化剂还原电极 150 的活性材料,以便在电池 100 的放电期间在电化学反应发生期间充当氧化剂。在各种实施例中,疏水材料可具有有利于支撑其上的活性材料的任何适当的结构或配置,大体上对气态氧化剂可渗透,并且大体上对离子传导介质不可渗透。

[0067] 在一些实施例中,一种或多种疏水材料充当活性材料和 / 或电流收集器的支承材料。虽然在实施例中疏水材料可以变化,但是在一些实施例中,疏水材料可由含氟聚合物构成或包括含氟聚合物。作为一个例子,在各种实施例中,疏水材料可包括聚四氟乙烯(也称为 PTFE,或 Teflon[®]),其在一些实施例中可以是热机械膨胀的(也称为 ePTFE,或 Gore-Tex[®])。在其它实施例中,疏水材料可包括氟化乙丙烯(也被称为 FEP),或任何其它含氟聚合物。在一些实施例中,疏水材料可具有诸如但不限于小于 1 微米的量级的微孔尺寸,或在更特殊的例子中,可以是大约 50 纳米至 200 纳米的量级。可以理解的是,在一些实施例中,疏水材料氧化剂可以遍及还原电极 150 的厚度具有有限的抗张强度。相应地,在一些实施例中,疏水材料可通过诸如在 2011 年 11 月 4 日提交的标题为“External PTFE Layer Reinforcement for Oxidant Electrode”并且在上文中以其整体通过引用并入的美国临时专利申请 61/556,011 中所公开的氧化剂可渗透加强层来加强。

[0068] 在电池 100 中使用的燃料可以是诸如铁、锌、铝、镁、或锂的金属。术语金属意味着包括被视为周期表上的金属的所有元素,包括但不限于当在电极体上被收集时为原子、分子(包括金属氢化物)、或合金形式的碱金属、碱土金属、镧系元素、铜系元素、和过渡金

属。然而,本实用新型并不旨在限制于任何特定燃料,并且可以使用其它燃料。当颗粒悬浮在离子传导介质中时,可对电池 100 提供燃料。

[0069] 离子传导介质可以是水溶液。适当的介质的例子包括包含硫酸、磷酸、三氟甲磺酸、硝酸、氢氧化钾、氢氧化钠、氯化钠、硝酸钾、或氯化锂的水溶液。例如,在一个实施例中,离子传导介质可包括诸如碳酸乙烯、碳酸二甲酯或其它适当的有机溶剂的有机溶剂。在一些实施例中,离子传导介质是氢氧化钾水溶液。在一个实施例中,离子传导介质可包括电解质。例如,可以使用常规液体电解质溶液,或可以使用室温离子液体,如先前在上文中通过引用并入的美国专利申请 No. 12/776,962 中所提及的。在一些实施例中,添加剂可被添加到离子传导介质,包括但不限于增强燃料电极 130 上的金属燃料的电沉积工艺的添加剂,诸如先前在上文中通过引用并入的美国专利申请 No. 13/028,496 中所描述的。例如,这样的添加剂可以减少燃料颗粒的松散的枝状生长,从而减少这样的燃料颗粒与燃料电极 130 分离的可能性。

[0070] 在电池 100 的操作中,当燃料电极 130 作为阳极操作时,燃料可在燃料电极 130 处被氧化,并且当氧化剂还原电极 150 作为阴极操作时(即如在下面进一步详细讨论的当电池 100 连接到负载并且电池 100 处于放电或电产生模式下时),诸如气态氧、气态 Cl_2 、或任何其它适当的氧化剂的氧化剂可在氧化剂还原电极 150 处被还原。在放电模式期间发生的反应可在离子传导介质中产生例如可还原燃料种类的副产品沉淀物。例如,在燃料是锌的实施例中,氧化锌可作为副产品沉淀物/可还原燃料种类被产生。已氧化的锌或其它金属也可通过被电解质溶液氧化或在电解质溶液中成为溶剂化物而被支持,而不形成沉淀物(例如锌酸盐可以是燃料中剩余的溶解的可还原燃料种类)。在如在下面进一步详细讨论的再充电模式期间,例如氧化锌或锌酸盐离子的可还原燃料种类可被可逆地还原并且作为例如锌的燃料沉积到用作阴极的燃料电极 130 的至少一部分上。同时,氧化剂还原电极 150 或独立充电电极 140,和/或燃料电极 130 的另一部分用作阳极,并且氧化离子传导介质中的可氧化氧种类(例如, OH^- 离子)以析出气态氧。在一个实施例中,可氧化的氧种类可以在电池 100 中在其放电期间生成的还原后的氧化剂种类。

[0071] 虽然在一些实施例中氧化剂可通过被动系统被输送至氧化剂还原电极 150,该被动系统足以允许例如氧气从空气扩散或渗透到氧化剂还原电极 150 中,在其它实施例中,可利用用于将气态氧化剂带到氧化剂还原电极的不同的氧化剂源或机制。例如,在一个实施例中,诸如气泵 AP 的泵可用来将氧化剂在压力下输送到氧化剂还原电极 150。气泵 AP 可具有任何适当的结构或配置,包括但不限于作为风扇或其它被配置用以产生恒定或脉冲的空气或其它氧化剂的流的空气移动装置。氧化剂源可以是包含在内的氧化剂的源。在一个实施例中,可从诸如在先前在上文中通过引用并入的美国专利申请 12/549,617 中所公开的电化学电池模块 100 回收氧。同样地,当氧化剂是来自周围空气的氧时,氧化剂源可被广义地视为输送机制(例如,泵、鼓风机等),无论它是被动还是主动的,空气被允许通过该输送机制流向氧化剂还原电极 150。因此,术语“氧化剂源”预期包括包含在内的氧化剂和/或用于被动地或主动地将来自周围空气的氧输送到氧化剂还原电极 150 的布置。

[0072] 在各种实施例中,可渗透电极体 130a-e、独立充电电极 140、和氧化剂还原电极 150 可以通过开关系统连接,该开关系统可被配置用以将电池 100 连接到电源 PS、负载、或串联的其它电池 100。在放电期间,燃料电极 130 连接到负载,并且作为阳极操作使得当燃

料在燃料电极 130 处被氧化时,由金属燃料放出的电子流向外部负载。氧化剂还原电极 150 在放电期间用作阴极,并且被配置用以从外部负载接收电子并且将接触氧化剂还原电极 150 的氧化剂(具体是在电池 100 周围的空气中的氧、供给至电池 100 的氧、或从电池 100 回收的氧)还原。

[0073] 不同实施例的开关系统的操作可以不同,并且在一些实施例中,操作可以类似于如在上文中通过引用并入的美国专利申请 No. 13/299,167 中描述的那些。作为另一实例,在一个实施例中,外部负载可耦合到如在上文中通过引用并入的美国专利申请 No. 12/385,489 中详细描述的可渗透电极体 130a-130e 中的一些。在其它实施例中,外部负载可以仅耦合到端子可渗透电极体 130,远离氧化剂还原电极 150,使得燃料消耗可在可渗透电极体 130a-130e 中的每一个之间串联地发生。在一些实施例中,电池 100 可被配置用于如先前在上文中通过引用并入的 2010 年 9 月 17 日提交的美国专利申请 No. 12/885,268 中所描述的充电/放电模式切换。

[0074] 在一些实施例中,电极体 130a-e、氧化剂还原电极 150 和/或充电电极 140 中的一个或多个可通过开关系统或任何其它回路互连,以便选择性地有利于电池 100 的充电和放电的控制。与开关系统相关联的开关可受到控制器的控制,该控制器可具有任何适当的结构和配置,包括但不限于在一些实施例中大体上符合在上文中通过引用并入的美国申请 No. 13/083,929、13/230,549 和 13/299,167 中所公开的那些。在各种实施例中,开关系统的开关的控制可基于用户选择、传感器读数、或通过任何其它输入来确定。在一些实施例中,控制器也可起到管理负载和电源 PS 以及多个电池 100 之间的连通性的作用。在一些实施例中,控制器可包括适当的逻辑或回路,所述逻辑或回路用于响应于检测到达到预定阈值的电压(诸如下降到预定阈值之下),启动与每个电池 100 相关联的旁路开关。

[0075] 虽然在图 1 的示出的实施例中电池壳体被配置成使得氧化剂还原电极 150 连同氧化剂还原电极模块 160 浸入到电池腔 120 中,但是可以理解的是,在各种实施例中,电池 100 的其它配置或布置也是可能的。例如,在图 2 中,展示了电池 100(具体地,电池 100*) 的另一个实施例,其中氧化剂还原电极 150* 限定电池腔 120 的边界壁,并且被密封到壳体 110* 的一部分以便防止离子传导介质在其之间渗漏。虽然这样的配置不是最优的,由于氧化剂还原电极 150* 的失效将导致离子传导介质从电池 100* 泄漏出来的担忧,在一些实施例中,在下面更详细地描述的电池腔 120 中的离子传导介质的对流流动可以在向上方向上并且远离氧化剂还原电极 150*,跨越燃料电极 130 的顶部。

[0076] 如上所指出的,用以有利于离子传导介质在其中的对流流动的电池 100 的实施例的配置是本申请的主题。如上所指出的,在电池 100 的操作期间,氧气泡在充电期间可形成在氧析出电极处。在示出的实施例中,氧析出电极是充电电极 140,但是在一些实施例中,它可以是燃料电极 130 和/或氧化剂还原电极 150 的一部分。因此,在此处对氧析出电极的任何提及适用于这些实施例中的任一个,并且对示出的实施例中的充电电极 140 的提及类似地可以应用于所有类型的氧析出电极。可以理解的是,在充电期间在充电电极 140 的表面产生氧气泡的浮性可被利用以使电池 100 的离子传导介质循环。如下文更详细地描述的,虽然气泡本身产生升力,但是如果气泡尺寸是足够小的尺寸,那么它们可以拖曳大量的离子传导介质随同它们以开始在电池 100 中流动离子传导介质。可以理解的是,离子传导介质的流也可以被在充电电极 140 处产生的气泡之外的其它流动产生机制辅助,所述其它

流动产生机制包括但不限于如下文更详细地描述的另外的气体起泡器。

[0077] 因此, 在一些实施例中, 在壳体 110 中可包括提供流转向表面的流转向体, 所述流转向体包括但不限于挡壁、挡板、和 / 或穿孔的通道, 其可被用来控制因气泡的上浮力所产生的离子传导介质的流动的大小和方向, 并且在电池 100 中建立对流。在一些实施例中, 流转向体可被一体化地模制到电池壳体 110, 或可完全由电池壳体 110 的形状 (诸如由其壁的内表面) 限定。在其它实施例中, 流转向体可以是安装到或以其它方式连结到壳体 110 中的独立体。在一个实施例中, 燃料电极 130、充电电极 140、和 / 或氧化剂还原电极 150、或与之相关联的体中的部分可被成形为或以其它方式定位成充当流转向体并且提供一个或多个流转向表面。在图 3 中示意性地示出了被配置用于产生对流的电化学电池 100a 的一个实施例 (大体上以粗箭头指示)。如所示出的, 电化学电池 100a 具有燃料电极 130、充电电极 140、和氧化剂还原电极 150。可以理解的是, 在示出的实施例中, 氧化剂还原电极 150 被配置为浸入到电化学电池 100a 的电池腔 120 中, 并且在其中与具有空气空间 170 (为了强调离子传导介质的流, 在示出的实施例中省略) 的氧化剂还原电极模块 160 相关联。

[0078] 在示出的图 3 的实施例中, 在氧析出充电电极 140 处产生的氧气泡由于它们的浮性向上上升到壳体 110a 的顶部 180。虽然诸如燃料电极 130、充电电极 140、和氧化剂还原电极 150 的体可以影响方向和速率, 但是可以理解的是, 流转向体也可以引导和导引因气泡的移动而产生的离子传导介质的流。这种移动将大体上被约束在燃料电极 130 和氧化剂还原电极 150 之间的充电电极 140 的周围。在诸如电池 100a 的实施例的一个实施例中, 在充电电极 140 和燃料电极 130 的垂直正上方的区域可以相对未阻挡以使氧气泡朝顶部 180 向上流动。如所示出的, 在一些实施例中, 氧气泡的移动最初可能受到燃料电极 130 和氧化剂还原电极 150 的束缚。然而, 当氧气泡流过燃料电极 130 和氧化剂还原电极 150 时, 它们随后可被允许向外 (即, 横向地) 流动到壳体 110a 的侧面 190, 越过浸入的氧化剂还原电极 150 (和在图 3 中未示出的氧化剂还原电极模块 160) 上。如从图 4 可以理解的是, 允许空气流入到空气空间 170 中的空气通道 165 被配置用以不完全地挡住离子传导介质, 使得离子传导介质的流和最初挟带其中的气泡可以大体上在空气通道 165 周围和 / 或之间经过, 并且可以如由描绘的箭头大体上所示的向下流到氧化剂还原电极模块 160 的后面 (即, 在其之间存在一个或多个用于允许流横向地行进越过模块 160 之上的空间)。

[0079] 在电池 100a 的实施例中, 提供挡壁 200 用以防止气泡朝侧面 190 和远离侧面 190 扩展。一旦气泡离开氧化剂还原电极 150、充电电极 140 和 / 或燃料电极 130, 挡壁 200 就可以朝顶部 180 延伸, 使得离子传导介质被导引至电池腔 120 的排气区域 210 中。如所示出的, 排气区域 210 可以是电池壳体 110a 的受侧面 190 和对流挡板 220 约束的区域, 其具有在电池腔 120 中大体上平行于气泡从充电电极 140 向上的流动的伸长部分 230, 并且从顶部 180 朝电池壳体 110a 的底部 240 导引离子传导介质。排气区域 210 因为其竖直定向也可被称为排气柱。在一些实施例中, 对流挡板 220 可以至少部分地由浸入离子传导介质中的氧化剂还原电极模块 160 的一部分形成。在一些实施例中, 在排气区域 210 中可包含诸如但不限于疏水编席 (matting) 的一个或多个气泡聚结结构, 所述气泡聚结结构可被配置用以在离子传导介质的流经过其中时增加离子传导介质保持处于排气区域 210 中的时间。疏水材料可被挑选成具有高弯曲度的高孔隙度从而在不妨碍流体流动的同时提高气体分离的效率。气泡聚结结构的其它例子包括毡、膜或泡沫体的形状的疏水材料。

[0080] 可以理解的是,排气区域 210 大体上与电池 100 的电极分离,使得挟带于离子传导介质的流中的气泡可以聚结在一起和 / 或通过其与离子传导介质的流分离,使得气泡在排气区域 210 中朝顶部 180 上升,而离子传导介质的流继续流经排气区域 210。特别地,当离子传导介质在排气区域 210 上偏转时,更多氧气泡从充电电极 140 升起远离排气区域 210,浮力较小的离子传导介质自由地与气泡分离,并且开始朝电池壳体 110a 的底部 230 下降。另外,如下文更详细地描述的,较大体积(即气泡尺寸)的气泡产生较小的粘滞拖曳力。因此,因为气泡在最初产生时较小,所以它们拖曳的流体比排气区域 210 中的通过聚结较小的气泡形成的较大的气泡更多。气泡尺寸上的这种差别,以及随后在流体拖曳力上的差别,可被理解为建立产生离子传导介质的流的对流流动的流体运动方向。因此,可以理解的是,在一些实施例中,在离子传导介质中可包含可以被配置用以最小化在其中产生的气泡的尺寸的附加气泡尺寸限制器。例如,在一个实施例中,气泡尺寸限制器可包括表面活性剂,所述表面活性剂诸如但不限于包含硫酸盐、磺酸盐、磷酸盐或羧酸盐阴离子的被归类阴离子类型的离子表面活性剂,或包含两性离子、叔胺或季铵离子的阳离子类型的离子表面活性剂。表面活性剂也可以是包含醇类、醚类或酯类的非离子物质。

[0081] 可以理解的是,挟带于离子传导介质的流中的任何微粒或其它材料也可与排气区域 210 中的流分离,并且取决于微粒的浮性,可以沉淀在排气区域 210 的底部处,或可以漂浮在排气区域 210 的顶部处。

[0082] 如所示出的,对流挡板 220 可具有具有流转向表面的底部部分 250,该流转向表面横向地延伸并且导引向下流动的离子传导介质横向地跨底部 240 到燃料电极 130 的与充电电极 140 相反、接近可渗透电极体 130a、并且靠近电池壳体 110a 的远离侧面 190 的侧面 260 的侧面。在一些实施例中,电池腔 120 的该区域可被表征为如所示的前电极区域 265。因此,对流循环可通过离子传导介质在被从充电电极 140 上升的氧气泡再一次提升之前经过渗透电极体 130a-e 来完成。因为氧气泡升高使充电电极 140(或其它氧析出电极)旁边的区域中的液体离子传导介质升高,所以它还在那个区域和前电极区域 265 之间产生负压降或压差,这辅助离子传导介质的流通过燃料电极 130。因此,通过燃料电极 130 的流动通常具有如示出的向上分量和横向(即,水平的)分量两者。类似地,从排气区域 210 到部分 250 下面的前电极区域 265 的横向方向上的流动还由排气区 210 中的液体所施加的正向下压力以及气泡提升流动在前电极区域 265 上引起的负压力而得到促进。

[0083] 通过可渗透电极体 130a-e 的这样的离子传导介质的流可具有许多益处,所述益处包括但不限于去除可能附着到可渗透电极体的氧气泡或氢气泡,该氧气泡或氢气泡在电池 100a 的充电期间可能干扰燃料电极 130 上的燃料生长以及具有其他影响。燃料电极 130 处的氢析出(通过 H^+ 到 H_2 的还原)是有问题的,不仅因为它汲取可能用于金属还原和镀敷的寄生电流,而且其气泡的存在还可能占据其中燃料生长可能发生的空间,并且气泡本身可能干扰金属生长并减小其密度。因此,强制地驱动经过燃料电极 130 的一个或多个体的流动能够有利地减少这些问题。另外,在各种实施例中,循环流(即其整个循环路径)可完全被包含在壳体内,使得流动路径在包括燃料电极 130 的体的闭合环路中,从而避免将壳体 110 连接到流体泵或相邻的电池壳体的需要,以允许流进和流出壳体 110。

[0084] 如图 3 中进一步所示,在一些实施例中,第二挡壁 267 可在侧 260 和燃料电极 130 之间至少部分地横向地(即,水平地)延伸,并且可提供流转向表面,该流转向表面通过在

对流循环的前电极区域 265 中的部分中防止离子传导介质高于燃料电极 130 来防止离子传导介质偏离对流循环。在其它实施例中,其它挡壁或挡板(或提供流转向表面的其它结构)可被利用以导引离子传导介质的流通过燃料电极 130,从而维持对流回路。因此,对流回路迫使流向上传递到氧化剂还原电极 150 上,向下通过排气区域 210,到前电极区域 265 中,并且通过燃料电极 130。

[0085] 图 5 中示出的是电化学电池 100 的另一个实施例(具体地,电化学电池 100b)。如所示出的,电化学电池 100b 具有相关联的被配置用以在其中形成离子传导介质的对流循环的壳体 110b。可以理解的是,壳体 110b 可以大体上类似于壳体 110a,诸如,例如,其中包含由对流挡板 220 的伸长部分 230 和壳体 110b 的侧面 190 形成的排气区域 210。另外,对流挡板 220 也包含底部部分 250,该底部部分 250 连同电池壳体 110b 的底部 240 提供流转向表面,所述流转向表面引导离子传导介质到前电极区域 265 中,并且从前电极区域 265 到燃料电极 130 的与充电电极 140 相反的侧面。然而,与电池 100a 不同,电池 100b 具有阳极壁 270,该阳极壁 270 被配置用以防止离子传导介质的对流流动随同来自充电电极 140 的气泡上升而不至于部分地经过燃料电极 130 的可渗透电极体 130a-e 中的每一个。可以理解的是,在一些这样的实施例中,当气泡从充电电极 140 朝壳体 110b 的顶部 180 上升时,它们可能受到更窄的孔隙的约束,这可能影响离子传导介质的对流流率。如所示出的一些实施例中,其中燃料电极 130 具有阶梯支架配置,阳极壁 270 可倾斜或以其他方式成形为匹配燃料电极 130 的阶梯形状。虽然在一些实施例中离子传导介质在其前电极区域 265 侧上可被阻挡免于上升到燃料电极 130 的高度以上,如在电池 100a 中的情况,但是在一些实施例中,诸如电池 100b 的实施例中,这样的约束可能不实现。

[0086] 该阳极壁 270 因此提供迫使离子传导介质通过电极体 130a-e 的流转向表面。壁 270 的下表面可直接做到这点,并且壁 270 的竖直面 270 可通过防止流循环越过燃料电极 130 的顶部上而间接做到这点。也就是,因为横向地相邻于壁 270 并且在前电极区域 265 上方的空间中的液体的向上或横向流动被阻挡,所以这将促使流循环通过电极 130。

[0087] 图 6 描绘出电池 100 的另一个实施例(以电池 100c 表示)。电化学电池 100c 具有相关联的具有也在其中形成离子传导介质的对流循环的流转向表面的壳体 110c。同上,壳体 110c 可以大体上类似于壳体 110a 或壳体 110b。例如,在壳体 110c 中包含由对流挡板 220 的伸长部分 230 和壳体 110c 的侧面 190 形成的排气区域 210。对流挡板 220 也包含底部部分 250,该底部部分 250 连同电池壳体 110c 的底部 240 将离子传导介质的流引导至前电极区域 265 中,离子传导介质的流能够从该前电极区域 265 至少部分地被汲取通过燃料电极 130。在一些实施例中,电池 100 的一个或多个区域,诸如电池壳体 110 的底部部分 250 和/或底部 240,可包括或具有与之相关联的被配置用以使燃料的已经与燃料电极 130 分离的枝状颗粒氧化的收集盘电极,如在上文中以其整体通过引用并入的美国专利申请 No. 13/185,658 中所描述的。与电池 100a 一样,挡壁 200 大体上防止气泡从充电电极 140 上升并且防止与气泡一同流动的离子传导介质的流朝壳体 110c 的侧面 260 向外转向。相反地,挡壁 200,可能与顶壁 180 结合,朝侧面 190 和排气区域 210 横向地导引气泡和离子传导介质的流。然而,与先前的电池 110a 和 110b 不同,在电池 110c 中包括散布器 280,该散布器 280 被配置用以将接近电池壳体 110c 的侧面 260 的离子传导介质的流大体上垂直地(即,与燃料电极 130 本身成直角)导引至燃料电极 130 中,与以上实施例的大体上倾斜

流不同。流转向表面可被视为包括沿该方向导引流的在孔或孔隙水平处的表面。可以理解的是,散布器 280 在不同实施例中可以变化,并且因此可在其中具有定向在侧面 260 和燃料电极 130 之间的任何数目的孔隙 290。还可以理解的是,在一些实施例中,散布器 280 可被配置用以诸如通过改变孔隙 290 中的一个或多个的角度而在燃料电极 130 上建立一个或多个特定角度的流动。同上,虽然在一些实施例中离子传导介质可被阻挡免于上升到燃料电极 130 的高度以上,但在其它实施例中,诸如示出的电池 100c 的实施例,这样的约束可能不实现。

[0088] 图 7 示出电池 100 (即,电池 100d) 的另一个实施例,该电池 100 包含被配置用于离子传导介质的对流循环的相关联的壳体 110d。如所示出的,壳体 110d 大体上被配置成使得离子传导介质的对流流动循环向上经过燃料电极 130 的长度。例如,在示出的实施例中,离子传导介质被配置用以大体上平行于可渗透电极体 130a-e 并且在可渗透电极体 130a-e 之间竖直地流动,而不是如先前实施例中那样定向到并且通过可渗透电极体 130a-e 中的每一个。如所示出的,在一个实施例中,挡壁 200 可以大体上从顶部 180 朝底部 240 延伸,并且可大体上平行于电池 100d 的电极的定向。流转向表面因此由氧化剂还原电极 150 和面对并且平行于燃料电极 130 的壁 200 的表面提供。虽然在一些实施例中挡壁 200 可以延伸远至底部 240,并且可以替换侧面 260 或者作为侧面 260,但是在其它实施例中,挡壁 200 可与侧面 260 隔开,使得离子传导介质的供应保持在它们之间的空间中。如在示出的实施例中所示,使得离子传导介质的流的对流流动沿着可渗透电极体 130a-e 经过,对流挡板 220 可能缺少在先前实施例中发现的底部部分 250。在其它实施例中,对流挡板 220 可包含底部部分 250,然而,在底部部分 250 中可包含一个或多个孔隙从而接收对流流动。

[0089] 如图 8 中所描绘的,可以理解的是,在一些实施例中,多个电池可以一起被安装在公共壳体 110' 中。通过减少其中的离散部分的数量,基于从每个电池产生的气泡的相互作用,这样的组件可以有利于期望的流动方向,并且还可以降低生产成本。在图 8 的组件中包含两个电池,并且因此该组件可被称为双电池 300。可以理解的是,两个电池 (单独的电池 300a 和 300b) 限定双电池 300,附加电池也可被包括在其它实施例中 (即形成三电池、四电池等)。虽然在一些实施例中每个电池 300a 和 300b 可包含其自己的相关联的 (即彼此隔开的) 燃料电极 130,但是在诸如所示的其它实施例中,双电池 300 包含用于电池 300a 和 300b 两者的公共燃料电极 130'。特别地,公共燃料电极 130' 由分别与电池 300a 和 300b 相关联的一对氧化剂还原电极 150a 和 150b 共享。如所示出的,在示出的公共燃料电极 130' 中包含多个阶梯支架配置的可渗透电极体 130a' -130e', 其中电极体 130c' 定位在中心处,并且可与电池 300a 或电池 300b 相关联。因此,可以理解的是,可渗透电极体 130a' 和 130b' 大体上可被视为与电池 300a 相关联,而可渗透电极体 130d' 和 130e' 大体上可被视为与电池 300b 相关联。然而,在一些实施例中,整个公共燃料电极 130' 可被理解为连同氧化剂还原电极 150a 和氧化剂还原电极 150b 两者参与电化学反应。可以理解的是,双电池 300 在图 8 中示意性地示出。因此,示出的氧化剂还原电极 150a-b 和公共燃料电极 130' 之间的间距的以及可渗透电极体 130a' -130e' 中的每一个之间的间距被夸大了。

[0090] 在示出的实施例中与每个电池 300a 和 300b 相关联的是充电电极 140a 和 140b。虽然在示出的实施例中充电电极 140a 和 140b 与公共燃料电极 130' 隔开,但是可以理解的是,在一些实施例中,充电电极 140a 和 140b 可包括公共燃料电极 130' 的一部分,如上所述。

如所示出的,专用充电电极 140a 和 140b 大体上可定位在公共燃料电极 130' 与氧化剂还原电极 150a 和 150b 之间。如可根据以上实施例可理解的,在充电期间形成的气泡从它们在充电电极 140a 和 140b 上析出的地方上升到壳体 110' 的顶部,并且建立离子传导介质的流。可以理解的是,诸如由充电电极 140a 和 140b 所产生那些的气泡将大体上向上上升以在氧化剂电极 150a-b 和公共燃料电极 130' 之间产生离子传导介质的流,氧化剂电极 150a-b 和公共燃料电极 130' 中的每一个均包含一个或多个流转向表面。还可以理解的是,充电电极 140a 和 140b 的表面也可被视为流转向表面,因为这些表面也对离子传导介质的向上流动提供通道。在另一个实施例中,可能存在用于整个电极 130 的单个充电电极,诸如定位在中心处的充电电极,或燃料电极 130 本身的一个或多个部分。

[0091] 除非以其他方式受到流转向表面的约束,当气泡上升时,它们可以大体上向外散布。在示出的双电池 300 的实施例中,均产生它们自己的气泡的充电电极 140a 和 140b 的隔开布置可以大体上导致气泡以及流向上分布然后横向地越过与每个氧化剂还原电极 150a 和 150b 相关联的氧化剂还原电极模块 160a 和 160b 上,每个氧化剂还原电极 150a 和 150b 的表面是流转向表面。具体地,当气泡从充电电极 140a 和 140b 中的每一个上升到壳体 110' 的顶部 180' 时,足够的气泡可以靠近顶部 180' 聚集使得对另外的气泡和流行进的阻力最小的路径是越过氧化剂还原电极模块 160a 和 160b 中的每一个的顶部,氧化剂还原电极模块 160a 和 160b 的顶部也是流转向表面。

[0092] 如所示出的,两个独立的流动部分随后可在氧化剂还原电极模块 160a 和壳体 110' 的接近氧化剂还原电极模块 160a 的侧面 190a 之间,以及在氧化剂还原电极模块 160b 和壳体 110' 的接近氧化剂还原电极模块 160b 的侧面 190b 之间发生。类似于以上实施例,氧化剂还原电极模块 160a-b 和侧面 190a-b 之间的这些区域可被表征为相关联的排气区域或柱 210a 和 210b,因而气泡可与离子传导介质分离,上升回到顶部 180', 而更密集离子传导介质在流内继续下降。因此,可以理解的是,在一些情况下,从独立充电电极(即,充电电极 140a 和 140b)产生的另外的气泡集可被视为流转向体。

[0093] 如上所指出的,在一些实施例中,对流挡板 220 可包括氧化剂还原电极模块 160 的至少一部分。在示出的实施例中描绘了这样的实施方式,其中对流挡板 220a 形成为带有氧化剂还原电极模块 160a,而对流挡板 220b 形成为带有氧化剂还原电极模块 160b。因此,氧化剂还原电极模块 160a 和 160b 的(远离氧化剂还原电极 150a 和 150b 的)后壁因此形成伸长部分 230(具体地伸长部分 230a 和伸长部分 230b)。相应地,在示出的实施例中,排气区域 210a 形成在侧面 190a 和氧化剂还原电极模块 160a 的伸长部分 230a 之间,而排气区域 210b 形成在侧面 190b 和氧化剂还原电极模块 160b 的伸长部分 230b 之间,体的表面限定均包含流转向表面的排气区域 210a 和 210b。如上所指出的,在一些实施例中,也可以存在包含另外的流转向表面的另外的流转向体。在示出的实施例中示出的例如是另外的流转向体 310a 和 310b,其具有被配置用以使离子传导介质的流在排气区域 210a 和 210b 的底部处倾斜的流转向表面,使得来自每个侧的流大体上朝双电池 300 的中心被导引。因此,可以理解的是,流可以大体上朝公共燃料电极 130' 的中心被导引,或被导引至双电池 300 的电池 300a 和 300b 中的每一个的相应的燃料电极。因此,虽然至少一个流转向表面可被配置用以导引离子传导介质的流通过公共燃料电极 130', 但是,在一些实施例中,多个流转向表面可以配合以这样做。

[0094] 虽然在图 8 中未示出,但是在一些实施例中,诸如以上实施例中所述的那些的另外的流转向体或其它流动改变体,可在双电池 300 中实现,并且具有流转向表面。例如,在一些实施例中,类似于上述底部部分 250 的底部可被实现为与氧化剂还原电极模块 160a 和 160b 中的每一个相关联。这样的底部可以防止对流直接在氧化剂还原电极 160a 和 160b 周围循环(即,以由充电电极 140a 和 140b 产生的气泡开始,在氧化剂还原电极 160a 和 160b 周围,并且返回到充电电极 140a 和 140b),而至少部分地被导引至公共燃料电极 130' 中。可以理解的是,不管怎样,通过拖曳与在充电电极 140a 和 140b 处的气泡形成相邻的离子传导介质,对流流动将汲取离子传导介质通过公共燃料电极 130',然而这样的底部在一些实施例中可能增加离子传导介质通过公共燃料电极 130' 的移动。

[0095] 同样地,在一些实施例中,类似于散布器 280 的散布器可安装在双电池 300 中。可以理解的是,散布器可以大体上安装在公共燃料电极 130' 的下面,并且可以对准离子传导介质的流以相对于公共燃料电极 130' 沿任何期望的一个或多个方向流动。另外,在一些实施例中,类似于阳极壁 270 的壁或其它引流体(也被称为流转向体),例如可大体上安装在公共燃料电极 130' 的上方,用以在气泡上升到充电电极 140a 和 140b 之后导引离子传导介质的对流流动以及产生流动的气泡的流动。可以理解的是,在双电池 300 的实施例中,在上述实施例中,以及在其它这样的实施例中,各挡壁和/或其流转向体可耦合到壳体(诸如壳体 110')、氧化剂还原电极模块 160a-b、公共燃料电极 130' (或其它燃料电极 130) 等。

[0096] 虽然在图 1-8 的实施例中,存在示出的与每个电池 100 相关联的单个对流流动(或在图 8 的双电池 300 的情况下,与双电池 300 的电池 300a 和 300b 中的每一个相关联的单个对流流动),但可以理解的是,在一些实施例中,单个对流回路可通过多个电池被利用。例如,图 9 示出包括被配置用以形成公共对流环路的多个电池 314(其中如示出的电池 314a-c 是可见的)的电池系统 312。虽然在电池系统 312 中示出了三个电池,但是可以理解的是,电池系统 312 仅需要包含两个或更多电池以形成对流环路,因此较少的或另外的电池是可能的。如所示出的,电池 314 中的每一个包括可渗透燃料电极 130、充电电极 140、和氧化剂电极 150。同上,每个氧化剂还原电极 150 耦合到相关联的氧化剂还原电极模块 160,并且浸入到离子传导介质中,使得氧化剂通道 165 借助与之相关联的空气空间 170 对提供氧化剂还原电极 150 提供氧化剂。另外,同上,排气区域 210(具体地,如示出的排气区域 210a-c)与每个电池相关联。

[0097] 代替如在以上实施例中的一些中的、限定在可浸入氧化剂电极 160 和电池壳体的侧壁之间的排气区域 210,可以理解的是,电池系统 312 包含内部壁 316,所述内部壁将每个电池的电极分开并且具有有利于对流流动从一个电池 314 到另一电池(即,从电池 314a 到电池 314b 到电池 314c 等)的移动的流转向表面。例如,从氧化剂电极模块 160 隔开延伸的是壁 316a,所述壁限定每个电池的排气区域 210 的一侧。另外,诸如壁 316b 的其它挡壁可定位在每个氧化剂电极模块 160 的下方,用以导引对流流动从前一个电池 314 至少部分地通过那个随后的电池 314 的燃料电极 130。如所示出的,可以提供返回通道 318 用以有利于离子传导介质的对流回路的完成,使得由循环中最后一个电池 314 移动的离子传导介质再循环到第一个电池 314a,使得它可以经过其燃料电极 130。虽然每个电池 314 的配置被描绘成类似以上电池 100d 的配置,但是可以理解的是,其它挡壁和流转向体可具有有利于导引离子传导介质的流通过电池 314 的流转向表面。另外,虽然返回通道 318 被描绘成经

过电池 314 的下面,但是可以采取任何适当的路径。例如,电池 314 可以以二维阵列而不是以直线布置,从而形成更紧密的流体回路。另外,在一些实施例中,可为电池 314 提供独立的壳体,并且对流循环可以利用管或其它外部流体连接件来完成电池之间的对流循环。

[0098] 可以理解的是,建立受约束经过燃料电极 130 的离子传导介质的对流流动的电池 100 的其它配置也是可能的。例如,具有形成壳体 110* 的边界壁的氧化剂还原电极 150* 的电池 100* 的各种实施例,也可被配置用以产生对流流动。例如,如图 10 中所示的是具有壳体 110a* 的电池 100a*。类似于上述电池 100a-d 的实施例,壳体 110a* 包括顶部 180、底部 240、和侧面 260。如所示出的,还存在侧面 190*, 类似于侧面 190,但是被配置用以将氧化剂还原电极 150* 接收在其中,使得氧化剂还原电极 150* 可以从电池 100a* 周围的空气吸收氧。此外,还存在排气区域 210,但是从电池 100 的以上变型重新定位,因为离子传导介质将不越过氧化剂还原电极 150* 之上流动,这是因为它将浸入以上实施例的氧化剂还原电极 150 中。

[0099] 如在示出的实施例中所示,电池 100a* 被配置成使得在充电电极 140 处析出的氧气泡朝顶部 180 上升,其中在氧化剂还原电极 150* 上方的侧面 190 使充氧的流朝侧面 260 偏转。对流挡板 220* 被示出为进一步约束对流。例如,在一些实施例中,对流挡板 220* 包括大体上从靠近燃料电极 130 延伸的挡壁 320,使得气泡被防止朝燃料电极 130 回流。对流挡板 220* 的顶部 330 可被提供成与顶部 180 相配合以重新导引充氧的离子传导介质朝排气区域 210 远离燃料电极 130,排气区域 210 在示出的实施例中是被束缚在壳体 110a* 的侧面 260 和对流挡板 220* 的伸长部分 340 之间。如在以上实施例中,离子传导介质被允许与排气区域 210 中的气泡隔开,朝壳体 110a* 的底部 240 下降。如进一步所示,一旦到达底部 240,离子传导介质就可被导引通过燃料电极 130,完成对流循环。在示出的实施例中,挡壁 350 进一步被提供用以导引沿底部 240 的离子传导介质的流向上朝端子电极体 130a,因而它可以经过可渗透电极体 130a-130e 以完成对流循环。在其它实施例中,除电池 100a* 中的那些之外或可替代地,可以利用其它挡壁,从而重新导引流跨越可渗透电极体 130a-e 中的每一个,类似于电池 100d 的实施例。在一些实施例中,散布器可被提供成使离子传导介质的流倾斜到燃料电极 130 中,类似于电池 100c 的实施例。在一些实施例中,可利用阳极壁来限制燃料电极 130 处的流动并且使得用于从充电电极 140 放出的氧气泡的通道变窄。

[0100] 可以理解的是,在各种实施例中,仅仅基于气泡的浮性以及由电池 100 的各个壁、阻挡构件、和挡板对它们施加的限制,充氧的离子传导介质可具有向上上升和向外膨胀或“开花”的趋势。相应地,各壳体 110 的顶部 180 可具有任何适当的结构或配置,并且在一些实施例中可以完全省略(即,使得离子传导介质露出)。然而,这样的实施例可能不是优选的,因为将离子传导介质完全包含在电池 100 内可以防止当电池 100 移动时离子传导介质溅出,或防止污染物进入到电池 100 中。在其它实施例中,可在电池 100 中提供诸如但不限于美国临时专利申请 No. 61/515, 749 中所公开的气孔,该气孔可以接收靠近电池腔 120 的顶部 180 或在电池腔 120 的顶部 180 处的气态氧。在一些实施例中,气孔可以是气体可渗透液体不可渗透膜,被配置用以防止离子传导介质的穿过其的损耗,但是允许气泡中的氧从电池逃逸。在气孔液体不可渗透的情况下,在一些实施例中,气孔可被定位成至少部分地接触离子传导介质。在一些实施例中,靠近顶部 180 或在顶部 180 处的离子传导介质的水平上方的区域可被穿孔或以其它方式配置,使得气体可从电池 100 离开。

[0101] 虽然大体上电池 100 中的充电电极 140 或其它氧析出电极在电池 100 的充电期间通过产生气态氧而驱动对流循环,但是可以理解的是,在一些实施例中,当电池处于放电模式下时或当电池待机时,可能期望离子传导介质在电池内流动。在一些这样的实施例中,包括但不限于图 10 中所示的电池 100a*,在电池 100 中可包含被配置用以使气体在电池 100 中起泡的气体起泡器,所述气体起泡器包括但不限于气泵 AP。气体起泡器也被称为起泡装置 (sparger),其是将气体引入到液体中的装置。如此处所利用的,气体起泡器或起泡装置可以是完成气体在离子传导介质中的这种起泡的任何装置。在气体起泡器是气泵 AP 的一些实施例中,同一气泵 AP 也可被用来输送氧化剂到氧化剂还原电极 150。然而,在其它实施例中,气泵 AP 可与被用来输送氧化剂到氧化剂还原电极 150 的气泵分离,如果确实利用了这样的气泵的话。虽然由气体起泡器所引入的气体可以是来自电池周围的空气,但是在各种实施例中,可使来自任何适当的气体源的其它气体或气体的组合在电池中起泡。由气泵 AP 所产生的气泡可具有任何适当的尺寸或形状以便移动离子传导介质,包括在一些实施例中大体上类似于在电池的充电期间在充电电极 140 处析出的空气气泡。在一些实施例中,气泵 AP 可耦合到一个或多个微管,以便产生具有足够小的尺寸的气泡来拖曳离子传导介质。在其它实施例中,气泵 AP 可具有任何其它适当的配置,包括但不限于离心泵、鼠笼型泵、轴式风机、或存储的压缩气体。如所示出的,在一些实施例中,气泵 AP 可被定向成使得允许所产生的气泡流经氧化剂还原电极 150、充电电极 140、和 / 或燃料电极 130 和 / 或在它们之间流动。虽然在示出的实施例中接近侧面 190* 的电极的位置有利于将气泵 AP 安装在其下,但是在其它实施例中,气泵 AP 可位于在电池 100 中或与电池 100 相关联的其它地方,而一个或多个管或其它通道被提供用以提供空气或其它气体到电池 100 上适当的位置的通道,在该适当位置处可使空气或其它气体起泡到离子传导介质中。还可以理解的是,在一些实施例中,气泵 AP 可单独地负责产生通过电池 100 (即,通过燃料电极 130) 的离子传导介质的流。例如,在一些实施例中,氧化剂还原电极 150 可以是双功能的,以便在电池 100 的充电期间被用作充电电极。在这样的实施例中,在电池 100 的充电期间所析出的氧可直接释放到电池 100* 周围的空气中,或到空气空间 170 中,并且因此不会贡献于对流流动。在这样的实施例中,电池中的对流流动可大体上通过由气泵 AP 所产生的气泡来驱动。

[0102] 要么由充电电极 140 (或其它氧析出电极) 要么由气泵 AP 所产生的气泡的尺寸可以影响离子传导介质的对流流动的速率。可利用充电电极 140 和 / 或气泵 AP 的各种配置来形成具有大体上期望的尺寸的气泡,从而实现大体上期望的对流流率。速率可以进一步受到离子传导介质的化学性质的影响。可以理解的是,气泡和离子传导介质之间的动量转移,以及因此的气泡和周围的离子传导介质的相对速度,可基于气泡的浮力确定。例如,可以理解,诸如气泡的球体上的浮力 F_B 大体上符合下列公式:

$$[0103] \quad F_B = (\rho_L - \rho_{O_2})g \frac{4}{3}\pi \left(\frac{d}{2}\right)^3, \quad (1)$$

[0104] 其中 ρ_L 和 ρ_{O_2} 分别是离子传导介质和气态氧的密度, g 是重力加速度,并且 d 是球体的直径。以低速度下,气泡上的粘滞拖曳力 F_D 可大体上近似为:

$$[0105] \quad F_D = \left[\frac{1}{2} \rho_L \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \Delta U^2 \right] \frac{24}{Re} \left(1 + \frac{3}{8} Re\right), \quad (2)$$

[0106] 其中 ΔU 是气泡和流体之间的相对速度,并且 Re 是雷诺数,被定义为:

$$[0107] \quad Re = \frac{\rho_L \Delta U d}{\mu}, \quad (3)$$

[0108] μ 是离子传导介质的粘度。

[0109] 通过使浮力 F_B 和粘滞拖曳力 F_D 平衡,可以确定气泡的直径与气泡和离子传导介质之间的相对速度之间的关系。例如,在离子传导介质的密度 ρ_L 是近似 1500 kg / m^3 并且离子传导介质的粘度是近似 $\mu = 0.002 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 的一个实施例中,通过使重力为近似 $g = 9.81 \text{ m/s}^2$,可计算出存在于图 11 中的气泡尺寸和相关联的相对速度。如所示出的,气泡直径更大时,浮力 F_B 超过拖曳力 F_D ,导致较大的气泡以较大的相对速度移动通过离子传导介质。较大的相对速度意味着气泡导致液体的较少流动,因为气泡行进得比液体快;并且,相反,较低的相对速度导致液体的更多流动,因为气泡和液体较靠近在一起行进。因此,本申请的发明人已经发现,较小的气泡直径被期望用于导致离子传导介质在电池 100 内的上升和流动。

[0110] 在电池 100 的一些实施例中,在充电电极 140 (或电池 100 中的其它氧析出电极) 处所产生的大多数气泡在直径上可能通常在近似 $1 \mu \text{ m}$ 和 $50 \mu \text{ m}$ 之间,而离子传导介质的所得速度大体上可在 0.01 m/s – 0.1 m/s 之间。因此,可以理解的是,这样的气泡尺寸可以导致相对速度与离子传导介质的速度相比可忽略,使得气泡的浮力通过强烈的动量耦合被转移到离子传导介质。应注意,图 11 中列出的相对速度和相关联的气泡直径仅仅只是各种实施例的近似值,并且在电池 100 的各种实施例中可找到其他气泡尺寸和相对速度。例如,在一些实施例中,在充电期间所产生的大多数气泡在直径上可以近似小于 1 mm 。在更特别的实例中,在充电期间所产生的大多数 (即 50% 或更多) 并且更优选地 75% 或更多的气泡在直径上可以小于 0.1 mm 。在甚至更特别的实例中,在充电期间所产生的大多数并且更优选地 75% 或更多的气泡在直径上可以小于 0.01 mm 。在另一更特别的实例中,在充电期间所产生的大多数并且更优选地 75% 或更多的气泡在直径上可以小于 0.001 mm 。更优选地,90% 或更多的气泡小于这些规定的最大尺寸。另外,可以理解的是,在一些实施例中,当较小的气泡朝电池 100 的顶部 180 上升时,它们可以聚结成较大的气泡,然而,在聚结之前和 / 或之后可能仍然参与将离子传导介质拖曳为流。因此,如此处所描述的气泡的尺寸可表示它们起初形成的尺寸,气泡在向顶部 180 上升时的平均尺寸,和 / 或气泡在已经到达顶部 180 之后的平均尺寸。再次,可以理解的是,由气泵 AP 所产生的气泡的尺寸可以类似于由充电电极 140 所产生的气泡的尺寸。此外,在各种实施例中,在电池 100 的操作期间充电电极 140 和 / 或气泵 AP 可以析出各种尺寸的气泡。

[0111] 在各种实施例中,在充电电极 140 处所产生的气泡在它们向电池 100 的顶部 180 上升时的上升力可以不同,这取决于氧化剂还原电极 150 和燃料电极 130 离充电电极 140 的间隔 h 。在一个实施例中,间隔 h 可以足够小使得从充电电极放出的氧气泡可以大体上朝顶部 180 向上流动,超过从充电电极 140 的任何向外流动。在一些这样的实施例中,气泡和离子传导介质的向上流动在空间地改变的由浮性所提供的体积力的影响下可以大体上类似于泊肃叶流动 (Poiseuille flow)。如图 12 中所示,可以理解的是,氧气泡可在充电电极 140 的两侧处析出,并且这样,气泡流可以在一侧在充电电极 140 和氧化剂还原电极 150 之间,以及在另一侧在充电电极 140 和燃料电极 130 之间。

[0112] 应理解,泊肃叶流动的速度分布大体上对应于如下公式:

$$[0113] \quad v_y(y) = \frac{h^2}{2\mu} \left[\left(\frac{x}{h} \right) - \left(\frac{x}{h} \right)^2 \right] B_F(y), \quad (4)$$

[0114] 其中 $B_F(y)$ 是体积力 (单位: N/m^3), 并且 h 是通道宽度 (即, 氧化剂还原电极 150 和燃料电极 130 中的每一个离充电电极 140 的间隔 h)。离子传导液体 Q_L 的总体积流率 (单位: m^2/s , 由于单位深度的 2D 计算) 是:

$$[0115] \quad Q_L(y) = \frac{h^3}{12\mu} B_F(y), \quad (5)$$

[0116] 因为浸入液体中的气态氧的体积 V_d 上的浮力对应于:

$$[0117] \quad F_B = (\rho_L - \rho_{O_2}) g V_d, \quad (6)$$

[0118] 所以给定控制体积 V_c 上的浮力对应于:

$$[0119] \quad \frac{F_B}{V_c} = (\rho_L - \rho_{O_2}) g \frac{V_d}{V_c}, \quad (7)$$

[0120] 可以理解的是, V_d/V_c 能够被表示为 O_2 的体积流率除以经过恒定表面 y 的液体流率。另外, 气态氧的密度相比液体离子传导介质的密度可以忽略。相应地, 体积力 $B_F(y)$ 可被计算为:

$$[0121] \quad B_F(y) = g \rho_L \frac{Q_{O_2}(y)}{Q_L(y)}, \quad (8)$$

[0122] 通过将体积力 $B_F(y)$ 的该计算结果代入到方程 (5) 中的体流量的计算中, 离子传导介质的体流量 (的平方) 可被解为对应于:

$$[0123] \quad Q_L(y)^2 = \frac{h^3}{12\mu} g \rho_L Q_{O_2}(y), \quad (9)$$

[0124] 在电池 100 的一些实施例中, 充电电极 140 可以近似 3.5 cc/min/A 的速率产生氧。当在 20A 下对电池 100 充电时, 氧产生率可以为近似 1.667 cc/s 。在充电电极 140 在尺寸上为近似 $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 的实施例中, 则可在充电电极 140 的面对燃料电极 130 或氧化剂还原电极 150 的每侧上产生近似 14.58 cc/s/m^2 的氧。在稳定状态下, 经过充电电极 140 的一侧上的恒定表面 y 的氧量是由那个表面下面的氧化剂还原电极 150 产生的氧的和。相应地, 气态氧的体积流率可被计算 (再次以 m^2/s 的单位来计入作为单位深度的计算) 为:

$$[0125] \quad Q_{O_2}(y) = 14.58 E^{-6} \cdot y, \quad (10)$$

[0126] 通过将气态氧的该流率代入存在于方程 (9) 中的离子传导介质的体流量的平方, 离子传导介质的流率可被计算为:

$$[0127] \quad Q_L(y) = 1.102 E^{-3} \sqrt{\frac{h^3 \rho_L g y}{\mu}}. \quad (11)$$

[0128] 平均通道速度因此能够通过除以通道宽度 h 被计算为:

$$[0129] \quad v_y(y) = 1.102 E^{-3} \sqrt{\frac{h \rho_L g y}{\mu}}. \quad (12)$$

[0130] 另外, 上浮力能够利用方程 (11) 中所计算出的离子传导介质的体流率和以上方程 (5) 中的计算而被计算为:

$$[0131] \quad B_F(y) = 1.323 E^{-2} \sqrt{\frac{\mu \rho_L g y}{h^3}}. \quad (13)$$

[0132] 可以理解的是,此处所提供的计算是一般表示,并且不计入各种效应,诸如但不限于3D边缘效应、气泡与充电电极140(即,在充电电极140是金属网的情况下)的干涉、气泡形成的不对称性、从通道外侧的流动影响等。在一些这样的情况中,用于以20cmx20cm充电电极140在20A下对电池100充电的理论实施例的上浮力 $B_f(y)$ 可以用形状系数 F_f (即,校正因子)表示为:

$$[0133] \quad B_f(y) = F_f \cdot 1.323 E^{-2} \sqrt{\frac{\mu P L g V}{h^3}}, \quad (14)$$

[0134] 其中,形状系数 F_f 可通过将模拟数据与实验模型或生产电池进行比较来校准。形状系数 F_f 也可被视为针对系统中的非理想性进行调整的“附加系数(fudge factor)”。另外,应理解的是,虽然以上描述是举例情况,但是在不同的电流以及在不同的电池尺寸下同样的原理大体上保持。可以理解的是,电极之间的间距(即通道宽度 h 的值)可以取决于电池100的尺寸而变化。例如,在一些实施例中,电极高度与通道宽度 h 的比率的范围可近似在500:1至20:1之间。在更特别的实施例中,该比率的范围可近似在200:1至40:1之间。

[0135] 如上文所指出的,用以建立对流流动的电池100的结构和配置在各实施例中可以变化,并且可以例如确定流动被配置以横跨通过燃料电极130的角度。可以理解的是,在一些实施例中,电池100的元件之间的间距可以进一步影响其中的对流流动。例如,图13A和图13B中所示的是电池100a的一个实施例的截面图,被描绘得比图3的示意图更详细。另外,给出了电池100a的一个非限制性实施例的尺寸测量值。例如,在电池100a的示出的实施例中,限定在侧面190和对流挡板220的伸长部分230之间的排气区域210的宽度为近似1.25”。如所示出的,在一些实施例中,电池100a中的离子传导介质可能不到达电池壳体110a的顶部180。在一些这样的实施例中,空气空间可存在于离子传导介质和顶部180之间(即,氧气泡可从该空气空间排出到电池100a的外部)。在示出的实施例中,氧化剂还原电极模块160和离子传导介质水平的顶部之间的距离高位为近似1.54”。一旦离子传导介质的对流流动到达电池240的底部时,它可以经过对流挡板220的底部部分250和电池壳体110a的底部240之间的孔隙,该孔隙在示出的实施例中高度是0.78”并且长度是1.25”。在流体超过对流挡板220的底部部分250之后,它可以在限定在侧面260和燃料电极130的后面之间的前电极区域265中向上上升。如所示出的,电池100a的示出的实施例的前电极区域265为近似1.29”宽。一旦在前电极区域265中,离子传导介质就自由地流经燃料电极130的可渗透电极体130a-e,完成对流回路,并且再一次随同在充电电极140处所产生的气泡上升。

[0136] 可以理解的是,被气泡移动的离子传导介质的速度在相邻于充电电极140处可能是最大的。在示出的实施例中,该相邻于充电电极140的区域可由形成在充电电极140的相对侧上的通道360限定。特别地,通道360a可被表征为充电电极140和氧化剂还原电极150之间的区域,而通道360b可被表征为之间充电电极140和燃料电极130之间的区域。在一些实施例中,通道360a中离子传导介质的速度可以不同于通道360b的速度,诸如当存在与通道360中的每一个相关联的不同通道宽度 h 时。

[0137] 如上所述,形状系数 F_f 可以基于电池壳体110以及包含在其中的挡板和其壁的特性实验性地推导。在一个实施例中,沿着在图13A和13B中的电池100a的对流回路中的

排气区域 210 的离子传导介质的速度可（即通过使用着色染料）被测量为近似 1.333mm/s（即，在 3 分钟内 24cm 的距离）。然而，基于以上计算结果，通过电池 100a 的同一区域的计算出的速度将为大体上 2.210mm/s。相应地，可以计算处，对于图 13A 和 13B 的电池 100a，可以获得 1.333mm/s 的观察速度，其中形状系数 F_f 为近似 0.63。虽然形状系数 F_f 可以取决于电池 100 的设计而变化，但是可以理解的是，在优选的实施例中，电池 100 可被设计成使得形状系数 F_f 在近似 0.5 和 0.8 之间。可以理解的是，如果形状系数 F_f 抑制流动，则小于 50% 的抑制可以维持有效的动量转移。

[0138] 在各种实施例中，电池 100 的设计变型可以有利于更大的对流流率。在一些实施例中，可能优选的是，在最小化通过燃料电极 130 的流速变化的同时最大化总对流流率。例如，在各种实施例中，通过排气区域 210 的体积流率可受到侧壁 190 的位置的影响。图 14 描绘出示出了限定用于对流流动的流动通道的壁的间距如何影响体积流率的图表。特别地，图 14 的图表将被归一化为图 11 的实施例中描绘的壁间隙的可变壁间隙与相关联的体积流率进行比较。在该图表中，名称“阴极后面”指示对流挡板 220 的侧壁 190 和伸长部分 230 之间的间距。名称“阴极后面”指示燃料电极 130 和侧 260 之间的间距。“底部间隙”指示底部部分 250 和底部 240 之间的间距。最后，在图 14 的图表中指示的“顶部间隙”代表伸长部分 230 的顶部与氧化剂还原电极模块 160 之一或两者与电池 100a 中的离子传导介质的顶部之间的距离，其中离子传导介质的顶部表面可被视为自由滑动壁。如该图表中所示，发现“阴极后面”间距的大小的变体具有体积流率的最大变化。然而，区域中的每一个的体积流率在近似 0.5 的归一化的壁间隙时以近似 10cc/s 开始达到平台。相应地，为了维持大体上更大且均匀的流率，在一些实施例中，电池 100 的体之间的距离可为近似大于 2cm。

[0139] 图 15A-B 中所描绘的图表示出了将 OEE（即，充电电极 140）相对于燃料电极 130 和氧化剂还原电极 150 的定位如何也可以影响电池 100 内的体积流率。例如，图 15A 中所示的是基于将充电电极 140 升高到基线位置（即，在图 13A 中的电池 100a 的实施例中描绘的位置）以上的不同的高度的“阴极后面”区域中的和通过燃料电极 130 的体积流率的变化。如所示出的，充电电极 140 相对于燃料电极 130 和氧化剂还原电极 150 越高，体积流率越大。然而，当充电电极 140 被升高到高出其在 13A 图中所描绘的基线电池 100a 中的位置近似以上 4cm 时，平台被示出为发展。

[0140] 类似地，图 15B 示出离子传导介质随充电电极 140 的不同定位如何流经燃料电极 130 的不同部分。如所示出的，对于基线电池 100a，流率在燃料电极 130 的底部处最大，而在燃料电极 130 的顶部处减慢。通过相对于燃料电极 130 向上升高充电电极 140，燃料电极 130 的底部处的流速减小，而燃料电极 130 的顶部处的流速增加。在燃料电极 130 上的 y 位置上方近似 0.08m 以上，相对于燃料电极 130 升高充电电极 140 的益处可以被观察到，因为燃料电极 130 的顶部处的再循环增加通过那些区域的流率。如在图 15B 中还看到的，相对于燃料电极 130 升高充电电极 140 可以使燃料电极 130 的顶部和底部之间的流率的不一致正常化。相应地，当将充电电极 140 相对于燃料电极 130 升高到图 13A 中所描绘的基线位置上方近似 4cm 时，可以实现燃料电极 130 的整个高度（即，跨燃料电极 130 的所有 y 位置）上的流率的一般量的均匀性。

[0141] 可以理解的是，充电电极 140 从燃料电极 130 的偏移在所有实施例中可以变化，并且基于图 13A 中所描述的电池 100a 的实施例图 15A 和 15B 的图表中所示的例子仅仅只是

示例性的。同样地,可以理解的是,偏移量(如果有的话)也可能影响电池 100 的电场,这在电池 100 的充电和放电期间可能影响燃料生长和消耗。相应地,在一些实施例中,可对充电电极 140 在燃料电极 130 上方的偏移量进行定位以计入流率和电场因素两者。

[0142] 可以理解的是,对电池 100 的其它修改可以影响对流循环的流率(即,与图 13A 中所描绘的基线实施例相比)。例如,在一个实施例中,除去底部部分 250(即,类似于图 6 中的电池 100d 的实施例)可以将通过燃料电极 130 的体积流率和经过燃料电极 130 的流动均匀性两者减少近似一半。在一个实施例中,增加壁(诸如阳极壁 270)以挡住燃料电极 130 的通道顶部结合用以防止离子传导介质上升到前电极区域 265 中燃料电极 130 上方的壁(即,第二挡壁 267),可以通过减少或防止离子传导介质在前电极区域 265 中的再循环而稍微减小排气区域 210 中的体积流率。在另一个实施例中,可以理解的是,利用如图 6 的实施例中所示的散布器 280 可以稍微增加排气区域 210 中的和通过燃料电极 130 的体积流率,而仅稍微减少通过燃料电极 130 的不同部分的流率的变化。在另一个实施例中,诸如在图 5 的电池 100b 的实施例中所描绘的,在移走防止再循环的壁(诸如第二挡壁 267)的同时阻挡燃料电极 130 的顶部(即,用阳极壁 270),可以大体上将排气区域 210 中的和通过燃料电极 130 的体积流率和流速变化减小近似一半。在又一进一步的实施例中,阻挡燃料电极 130 的顶部(即,用阳极壁 270),阻挡离子传导介质以导引流体(即,用挡壁 200),但是不阻挡燃料电极 130 的底部(即,通过省略底部部分 250),可以大体上使通过排气区域 210 的体积流率加倍,并且使通过燃料电极 130 的体积流率增加近似一半,但可能减小通过燃料电极 130 的屏的流速变化多于近似一个数量级。

[0143] 上面的示出的实施例已经被提供仅用于示出本实用新型的结构和功能原理并且不旨在是限制性的。例如,本实用新型可使用不同的燃料、不同的氧化剂、不同的电解质、和/或不同的总体结构配置或材料来实施。因此,本实用新型旨在包括下列所附权利要求的精神和范围内的所有修改、替代物、变更、和等同物。

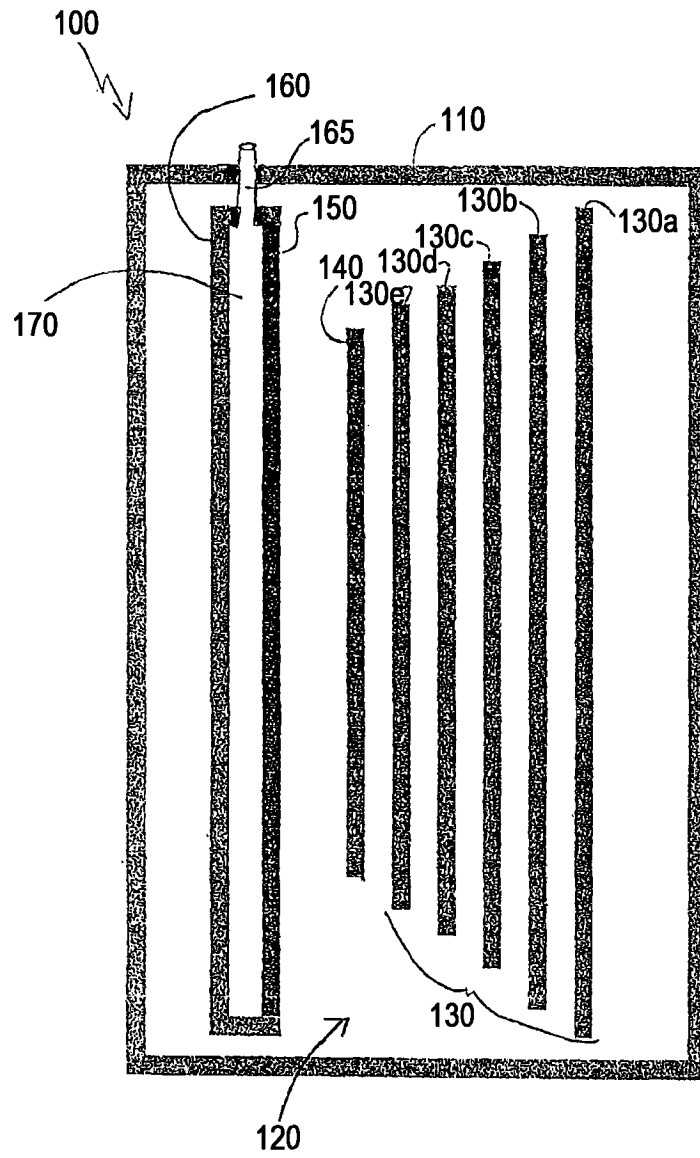


图 1

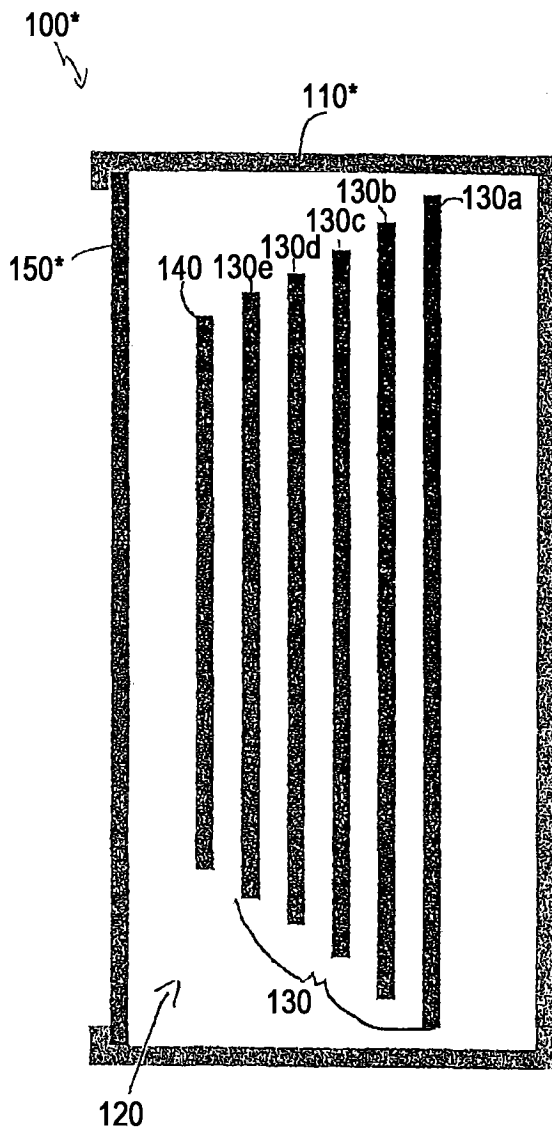


图 2

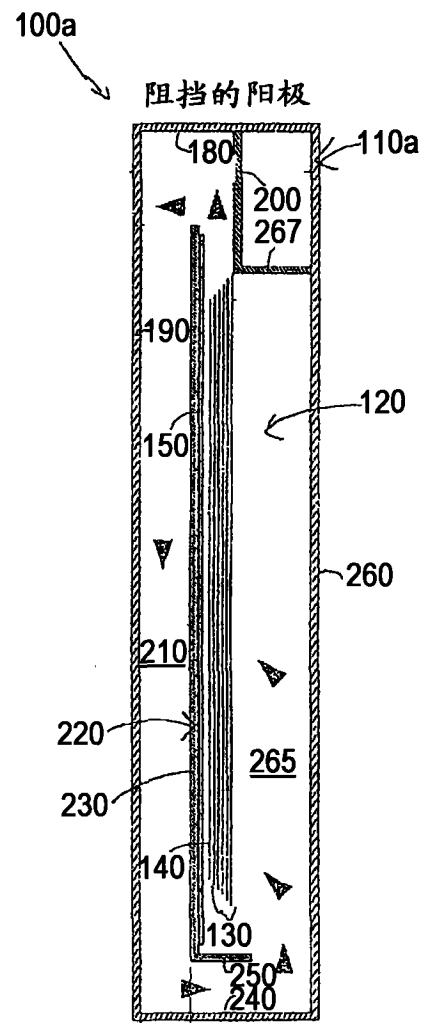


图 3

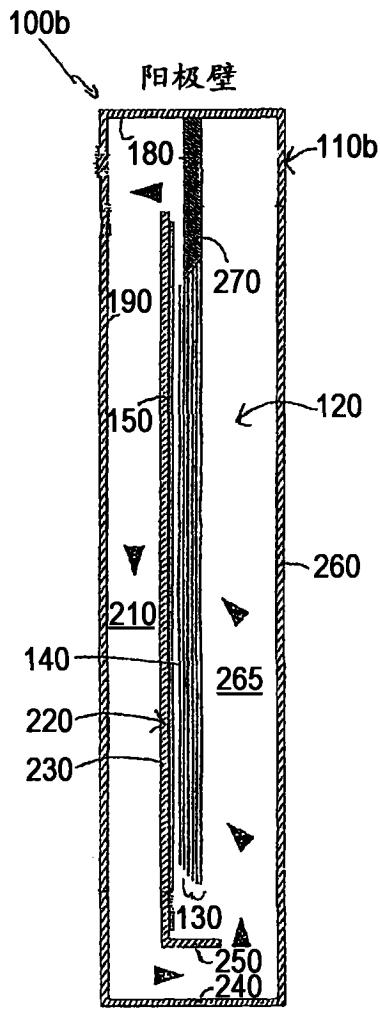


图 5

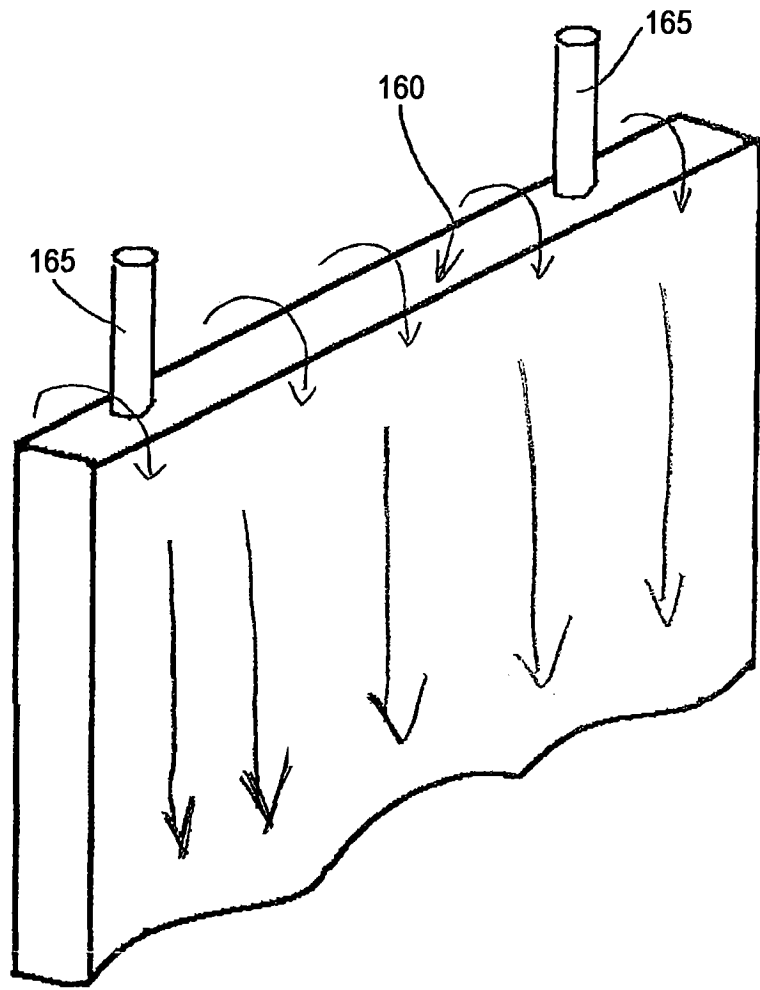


图 4

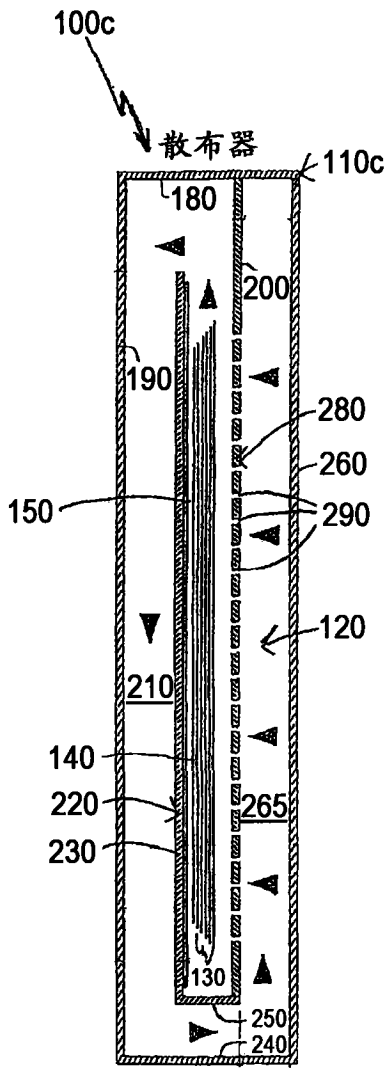


图 6

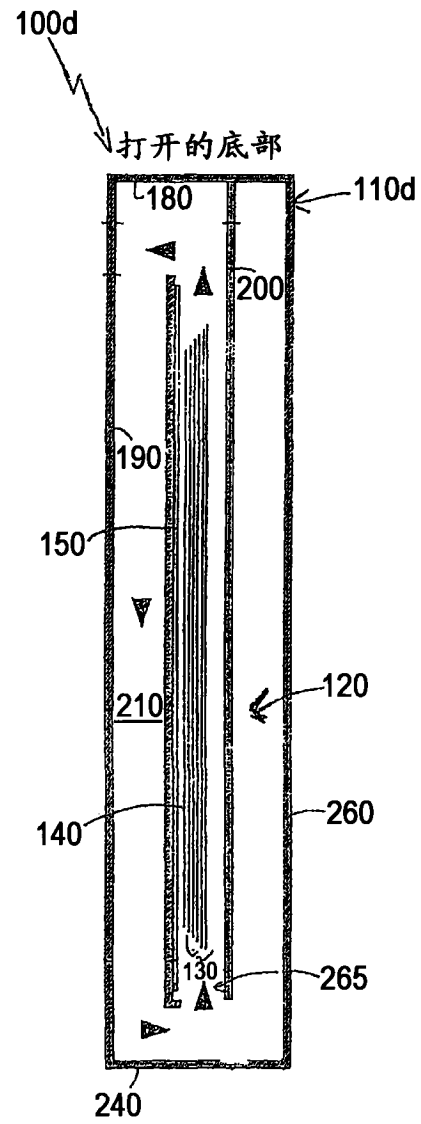


图 7

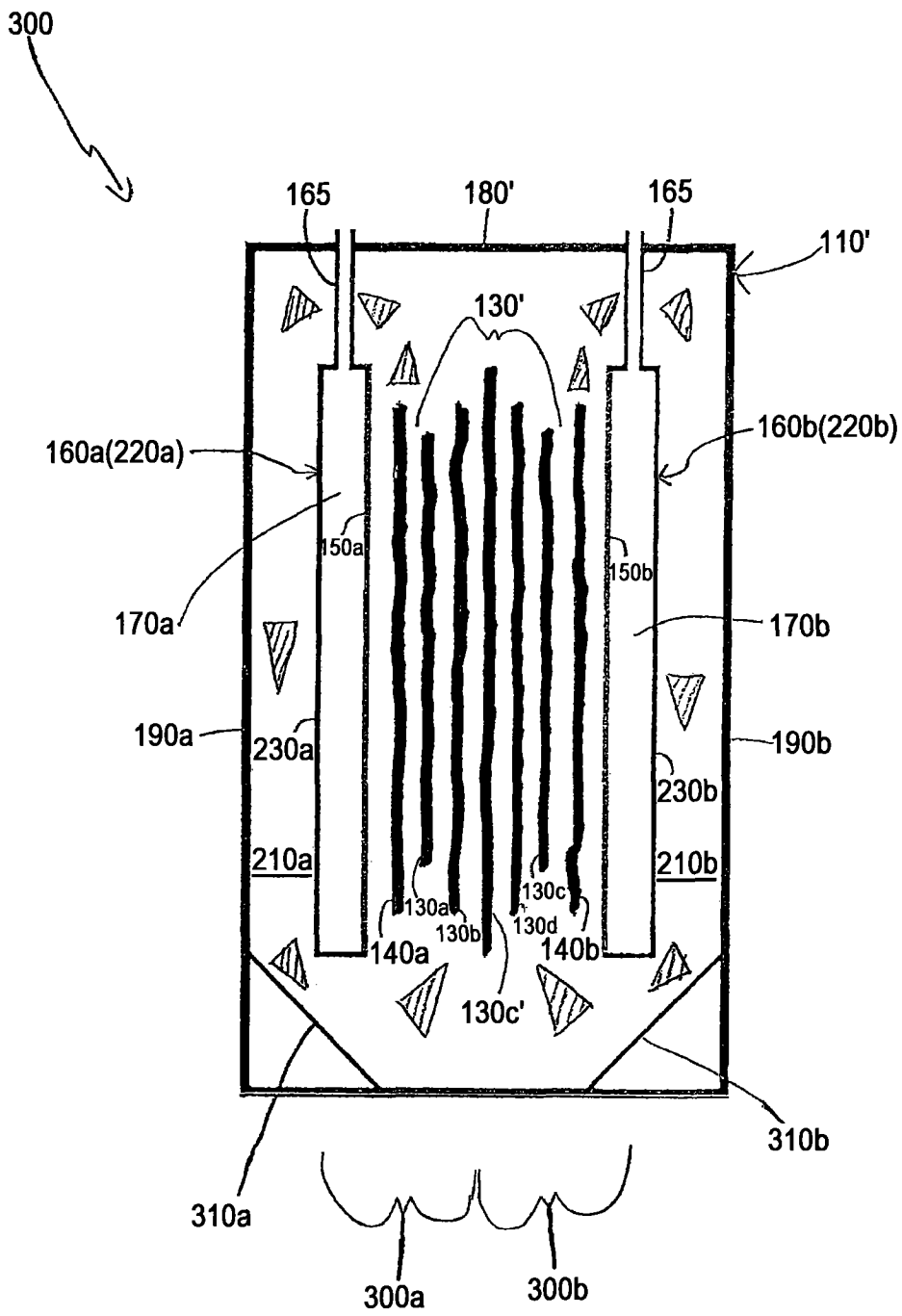


图 8

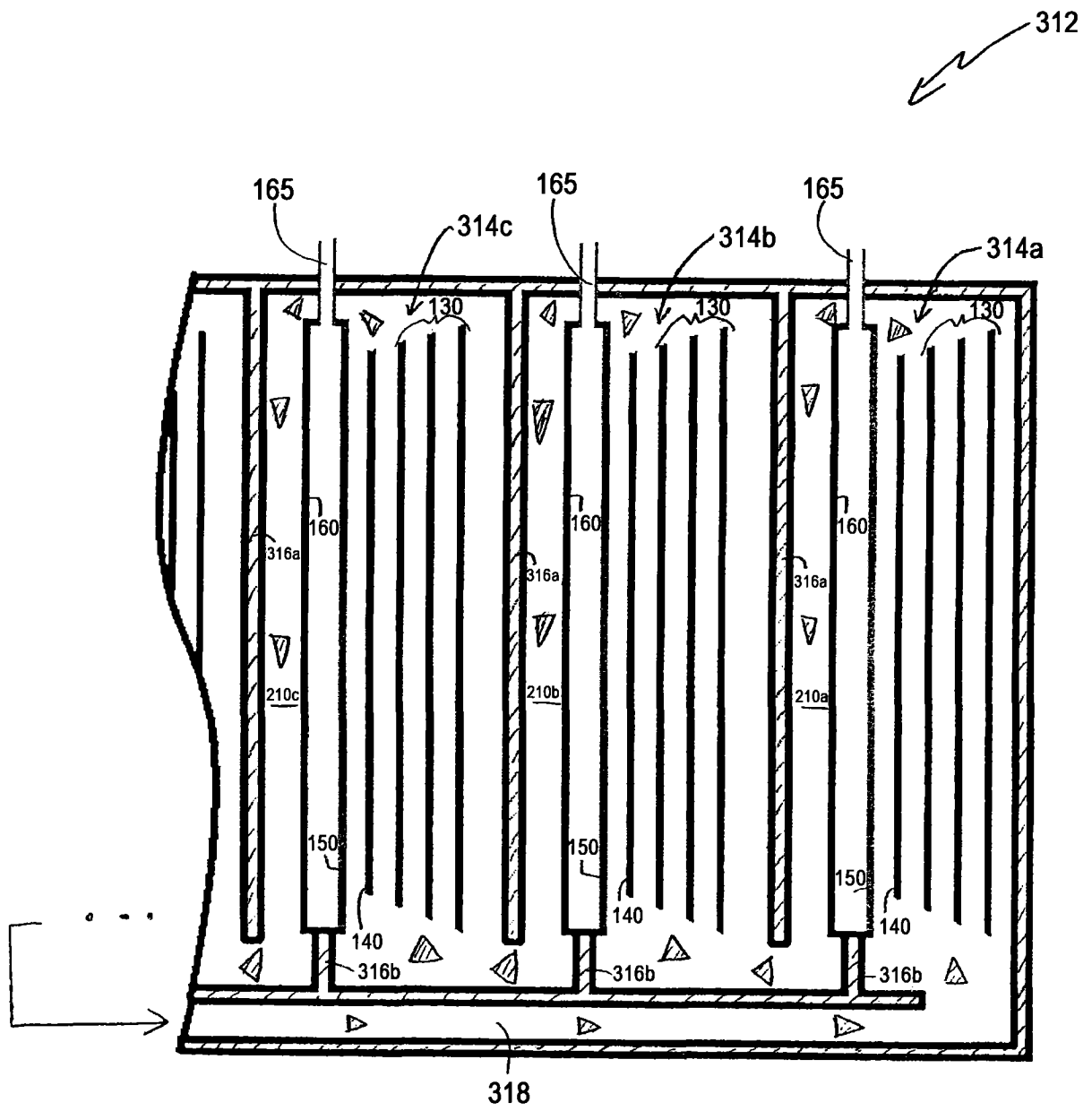


图 9

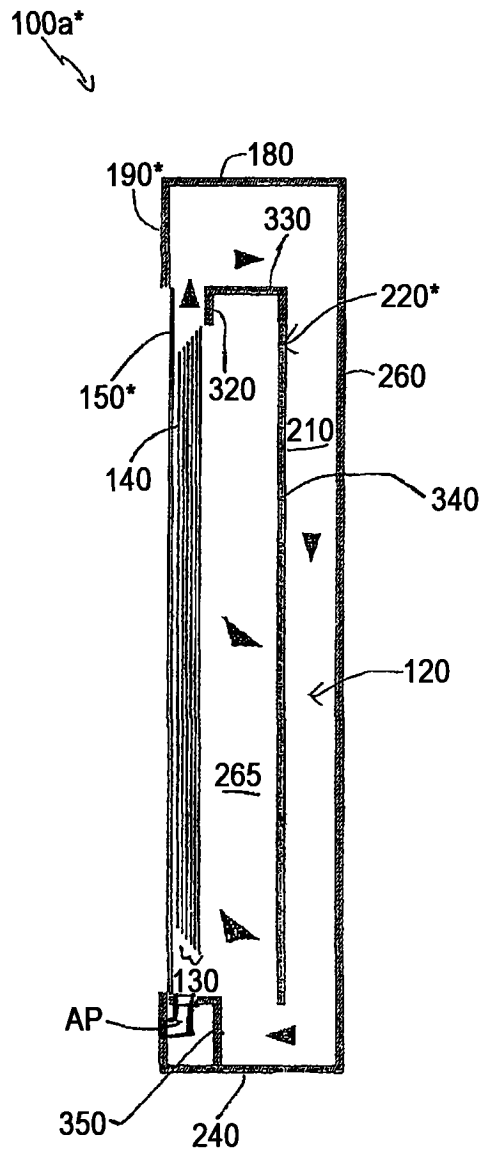


图 10

d	rel-U (m/s)
1 micron	2.04E-07
10 microns	2.00E-05
100 microns	1.99E-03
1 mm	3.47E-02
10 mm	1.20E-01
100 mm	3.81E-01

气泡和离子传导介质之间的
相对速度对比气泡直径

图 11

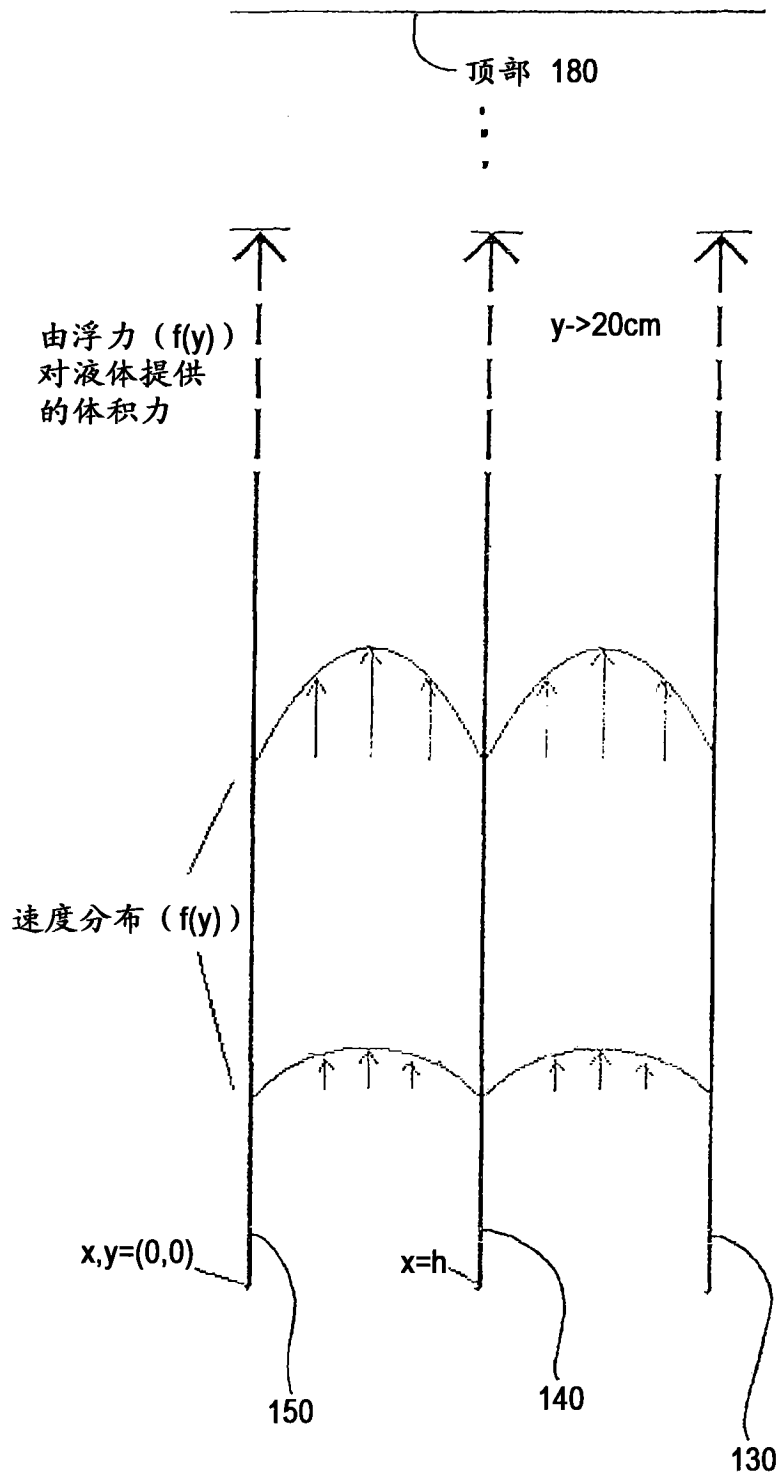


图 12

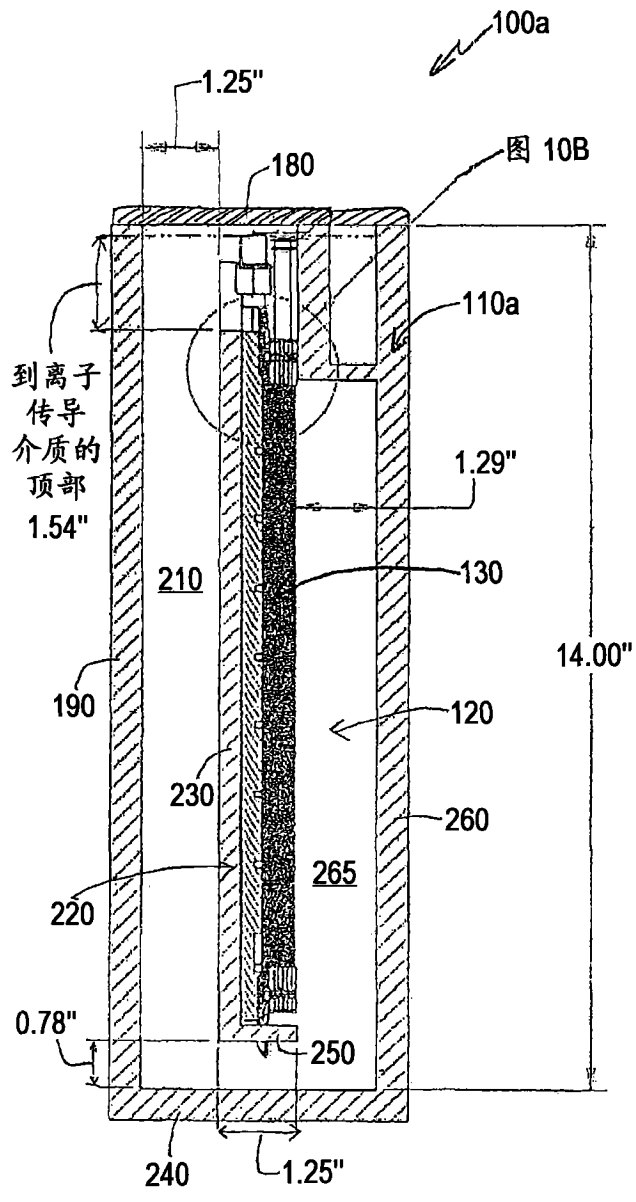


图 13A

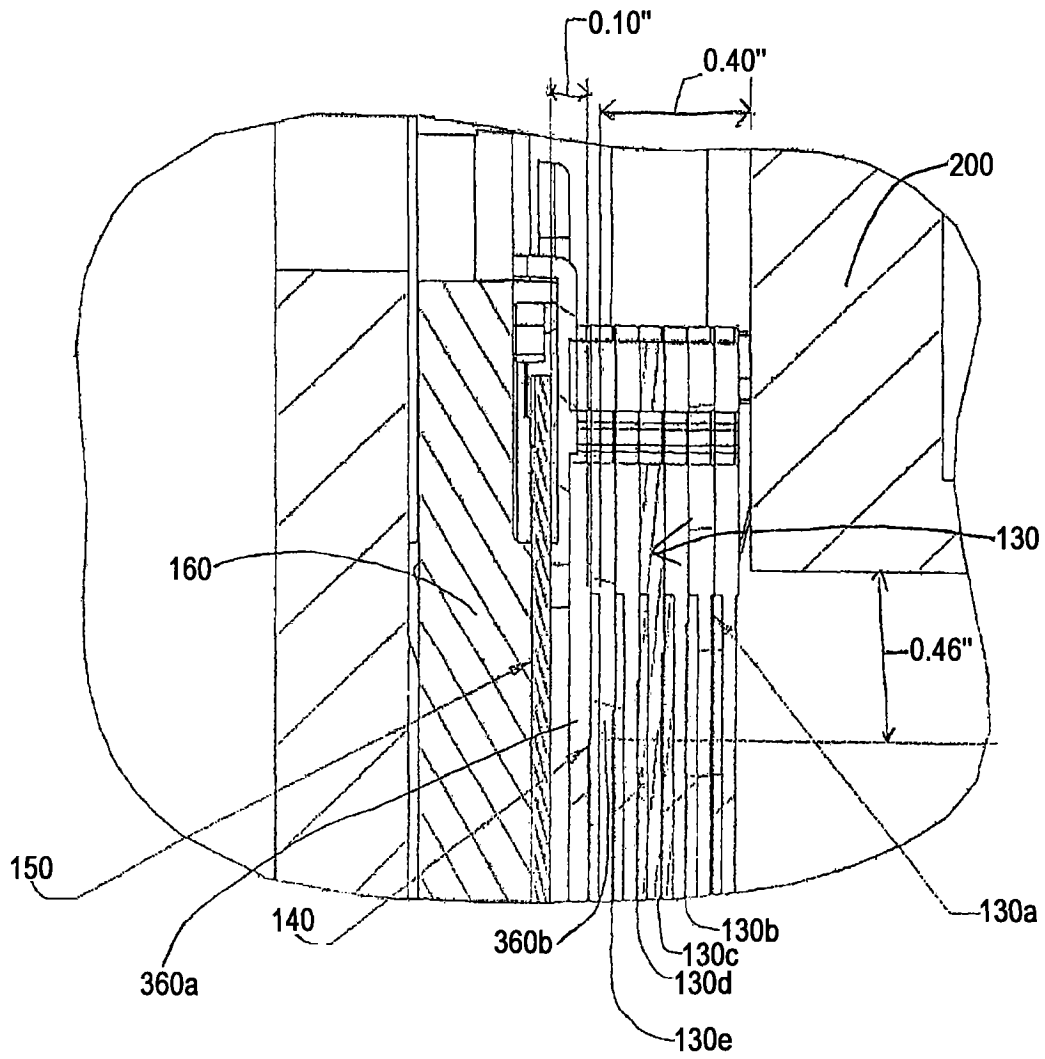


图 13B

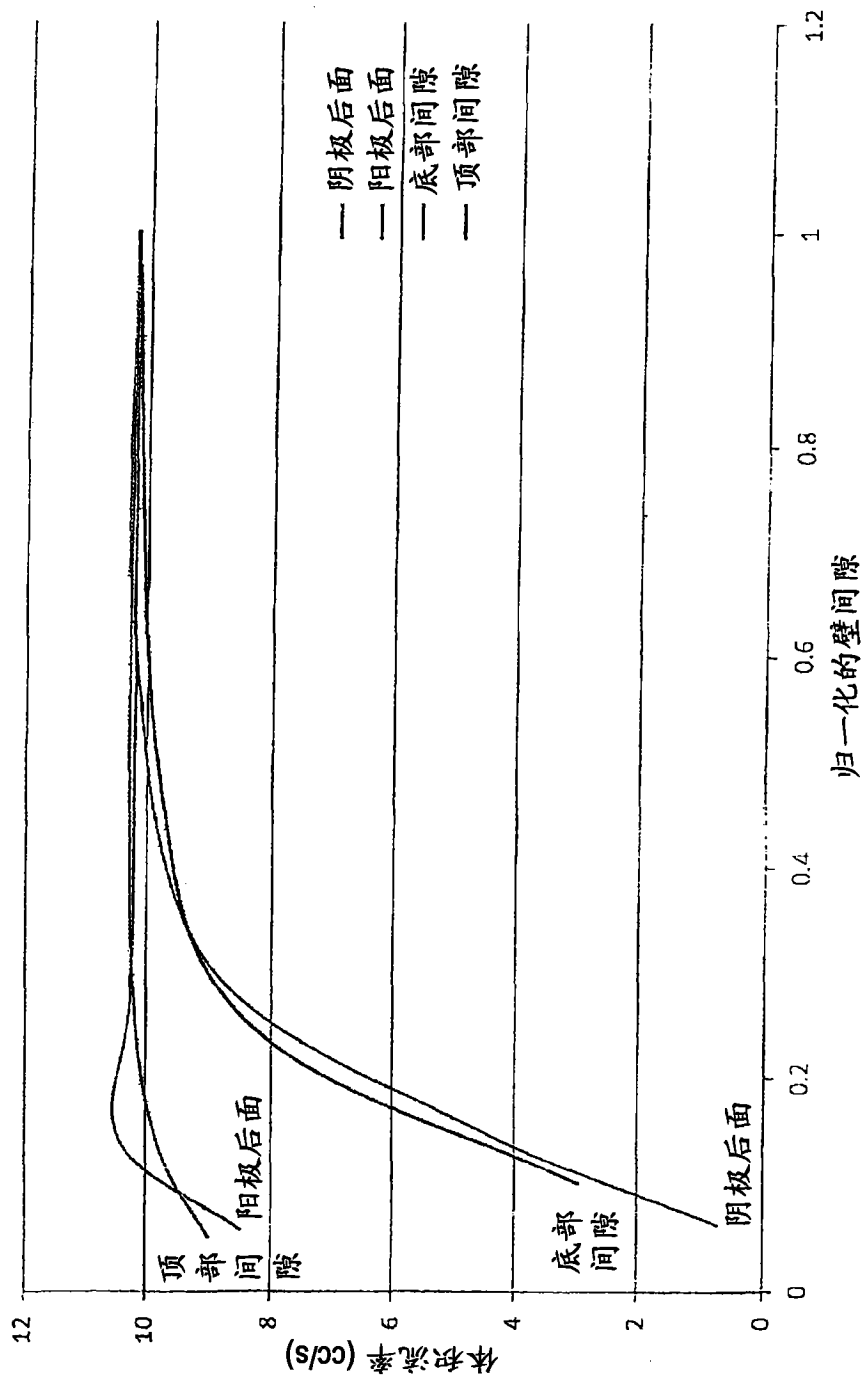


图 14

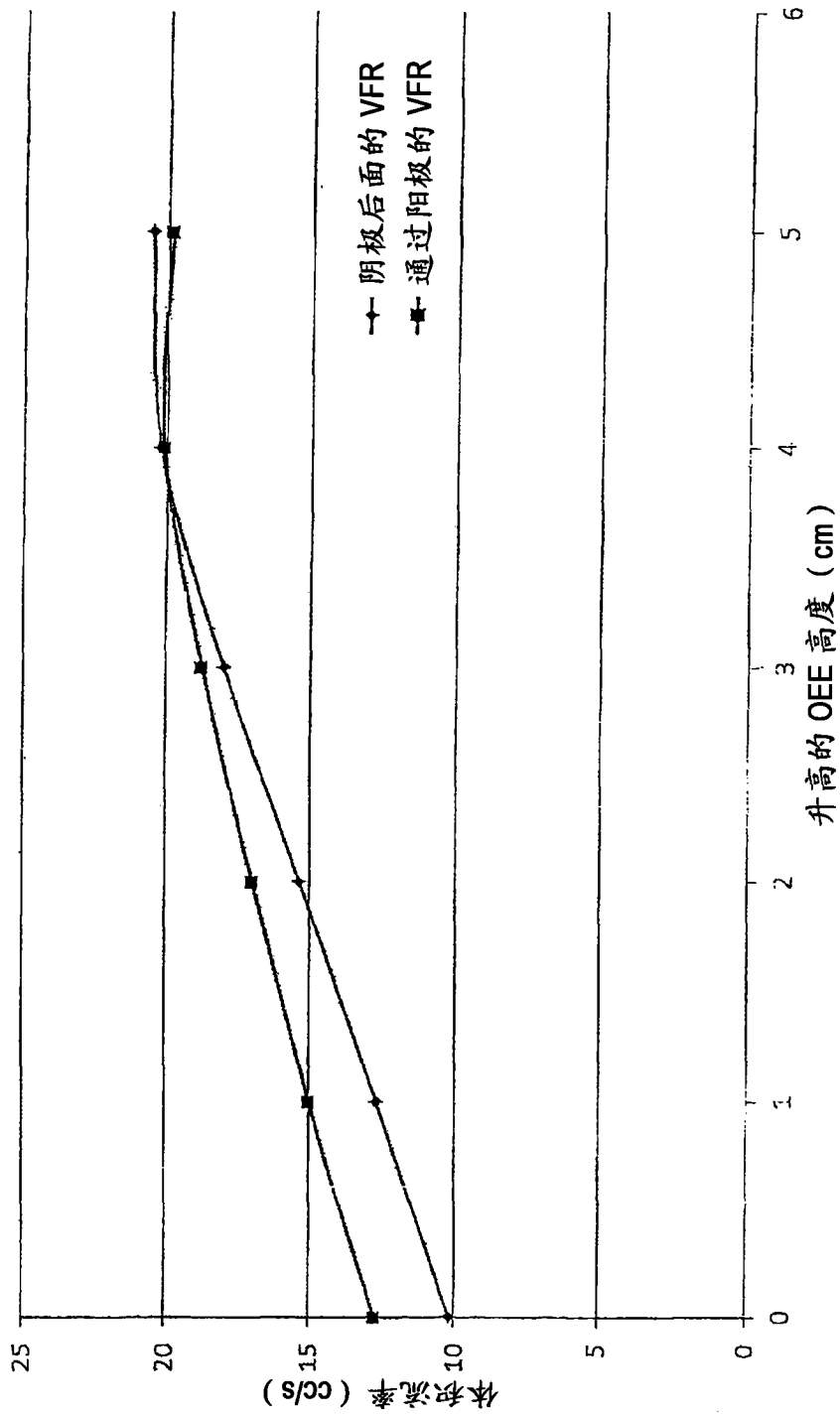


图 15A

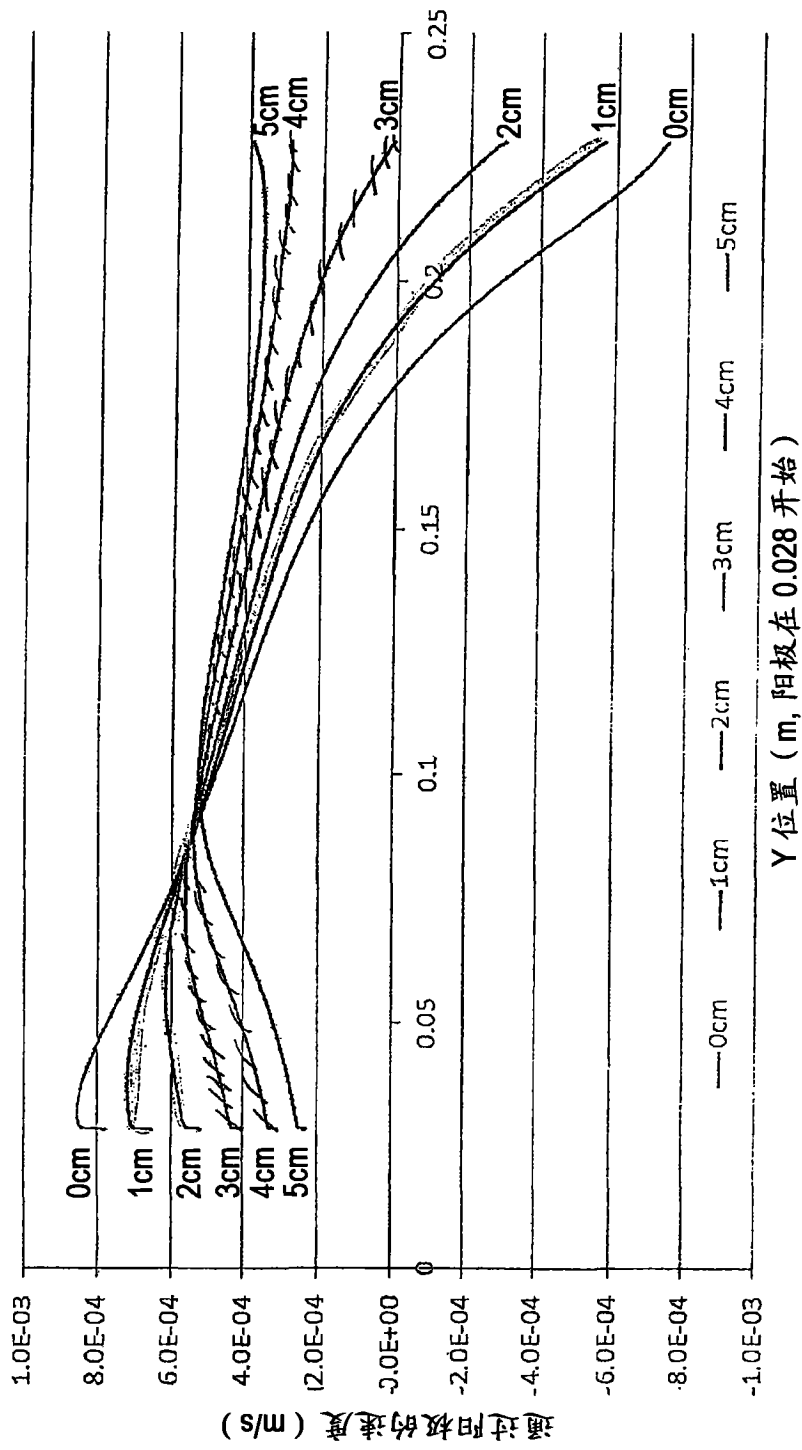


图 15B