



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102428274 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 22

(21) 申请号 201080017713. 9

(22) 申请日 2010. 02. 24

(30) 优先权数据

0903134. 5 2009. 02. 24 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 10. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2010/000331 2010. 02. 24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/097581 EN 2010. 09. 02

(73) 专利权人 奥斯莫泰克斯股份有限公司

地址 瑞士阿尔卑纳赫多尔夫

(72) 发明人 特朗德·海尔达尔

托尔莫德·沃尔戴恩

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 关兆辉 谢丽娜

(51) Int. Cl.

F04B 19/00(2006. 01)

审查员 张焕勤

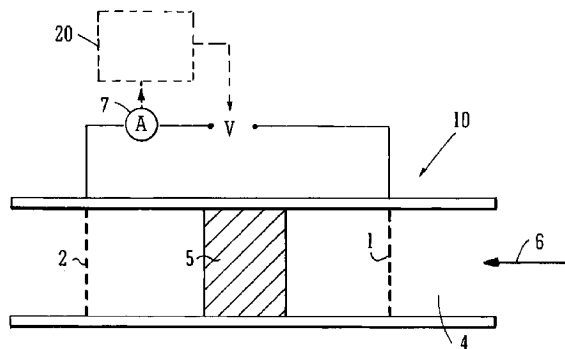
权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

带电粒子运动引发设备

(57) 摘要

一种用于利用电场在液体或凝胶中引发带电粒子的运动的设备,所述设备包括:将在其中引发运动的区域;第一和第二电极(1,2),所述第一和第二电极用于在区域内产生电场,从而电流在所述电极(1,2)之间流过,以引发带电粒子运动并使得离子在所述第二电极处被接收;测量装置(7),所述测量装置被布置用于测量在引发的带电粒子运动操作期间在第一和第二电极(1,2)之间转移的电荷量,所述测量装置(7)能够考虑在引发的带电粒子运动操作期间的任何电流或电压的变化;和控制装置(20),所述控制装置用于控制再生操作,以通过以下方式对所述第二电极(2)进行再生:经由所述第二电极转移与所测量的量大致相等的电荷量,使得从第二电极(2)移除离子,从而再生电极。



1. 一种用于利用电场在液体或凝胶中引发带电粒子的运动的设备,所述设备包括:
将在其中引发所述运动的区域;

第一和第二电极,所述第一和第二电极用于在所述区域内产生所述电场,从而电流流过所述电极之间,以引发所述带电粒子运动并使得离子在所述第二电极处被接收,所述第二电极包括能够保持作为离子到达所述第二电极的材料的物质并且所述第二电极能够通过从其移除离子而被再生;

测量装置,所述测量装置被布置用于测量在所引发的带电粒子运动操作期间在所述第一和第二电极之间转移的电荷量,所述测量装置能够考虑在引发的带电粒子运动操作期间的任何电流或电压变化;和

控制装置,所述控制装置被布置用于控制再生操作,以通过以下方式对所述第二电极进行再生:经由所述第二电极转移与所测量的量大致相等的电荷量,使得从所述第二电极移除离子,从而再生所述电极。

2. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述设备被布置用于在引发的带电粒子运动操作期间可通过改变施加到所述第一和第二电极的电压进行调节。

3. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述控制装置被布置用于通过在所述第一和第二电极之间进行电流反向来控制所述再生操作。

4. 根据权利要求3所述的设备,其中,所述控制装置被布置用于控制所述再生操作,使得所述再生操作在比引发的带电粒子运动操作更长的时段上进行。

5. 根据权利要求3所述的设备,其中,所述控制装置被布置用于自动地将所述设备从引发的带电粒子运动操作切换至所述再生操作。

6. 根据权利要求1所述的设备,包括第三电极,并且其中,所述控制装置被布置用于通过使电流在所述第二电极和所述第三电极之间流动来控制所述再生操作。

7. 一种利用电场在液体或凝胶中引发带电粒子的运动的方法,所述方法包括:

在第一和第二电极上施加电压以产生所述电场,从而电流在所述电极之间流过,以引发带电粒子运动并使得离子在所述第二电极处被接收,所述第二电极包括能够保持作为离子到达所述第二电极的材料的物质并且所述第二电极能够通过从其移除离子而被再生;

测量在引发的带电粒子运动操作期间在所述第一和第二电极之间转移的电荷量,同时考虑在引发的带电粒子运动操作期间的任何电流或电压变化;以及

控制再生操作,所述再生操作通过以下方式对所述第二电极进行再生:经由所述第二电极转移与所测量的量大致相等的电荷量,以使得从所述第二电极移除离子,从而再生所述电极。

8. 根据权利要求7所述的方法,包括在引发的带电粒子运动操作期间改变施加到所述第一和第二电极的电压。

9. 根据权利要求7所述的方法,包括通过在所述第一和第二电极之间进行电流反向来控制再生操作。

10. 根据权利要求9所述的方法,包括控制所述再生操作,使得所述再生操作在比引发的带电粒子运动操作更长的时段上进行。

11. 根据权利要求9所述的方法,包括自动地从引发的带电粒子运动操作切换到所述再生操作。

12. 根据权利要求 7 所述的方法,包括通过使电流在所述第二电极和第三电极之间流过来控制所述再生操作。

13. 根据权利要求 7 所述的方法,包括使用测量的电荷数据,以通过以下方式来控制所述再生操作,其中,所述电荷数据涉及经测量的在引发的带电粒子运动操作期间在所述第一和第二电极之间所转移的电荷的量:

在所述第一和第二电极之间进行电流反向;或
使电流在所述第二电极和第三电极之间流过。

14. 根据权利要求 6 所述的设备,其中,将在其中引发带电粒子运动的所述区域包含在通道内。

15. 根据权利要求 14 所述的设备,其中,所述第三电极设置在与所述通道隔开的腔室内。

16. 根据权利要求 15 所述的设备,其中,所述腔室具有排气口以允许气体从中逸出。

17. 根据权利要求 15 所述的设备,其中,所述第二电极具有在所述通道内暴露于液体或凝胶的部分和暴露于所述腔室的内部的部分。

18. 根据权利要求 14 所述的设备,其中,所述第三电极设置在所述通道内。

19. 根据权利要求 14 所述的设备,其中,所述第二电极横跨或部分地横跨所述通道延伸。

20. 根据权利要求 14 所述的设备,其中,所述第二电极形成限定所述通道的壁的一部分。

21. 根据权利要求 20 所述的设备,其中,所述通道形成有弯曲,并且所述第二电极或其一部分设置在所述弯曲的外部。

22. 根据权利要求 14 所述的设备,包括在所述通道内在所述第一和第二电极之间的中间电极。

23. 根据权利要求 6 所述的设备,所述设备被布置成使得从所述第二电极传递到所述第三电极的材料在所述第三电极处释放并被允许离开所述设备。

24. 根据权利要求 23 所述的设备,其中所述材料为氢。

25. 根据权利要求 6 所述的设备,所述设备被布置成使得在使用中所述第二电极的电势在所述第一电极的电势和所述第三电极的电势之间。

26. 根据权利要求 6 所述的设备,其中,所述第三电极由不具有显著氢吸收能力的惰性材料制成。

27. 根据权利要求 1 所述的设备,所述设备被布置用于作为在其中产生液体移动的泵或混合器来操作。

28. 根据权利要求 1 所述的设备,所述设备被布置用于进行动电处理。

29. 根据权利要求 1 所述的设备,所述设备被布置用于进行电化学处理。

30. 根据权利要求 1 所述的设备,所述设备为微流体或纳米流体装置。

31. 根据权利要求 1 所述的设备,所述设备为用于分析或合成的实验室装置。

带电粒子运动引发设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于利用电场引发带电粒子的运动的设备和方法。本发明具体地但非排他地涉及用于利用电场引发液体流的设备和用于利用电场引发液体流的方法。本发明涉及例如用于在微流体学中使用的泵或混合器。

背景技术

[0002] 电动泵利用动电现象通过向流体施加电压从而施加电场来提供电驱动的流体流。动电现象的具体实例为电渗透。这是一种熟知的现象,并且被用于许多不同的领域中。该现象涉及极性液体在施加的电场的作用下穿过多孔结构的运动。大多数表面由于表面电离作用而具有负电荷。当将离子流体放置为与表面接触时,表面附近积聚阳离子层以屏蔽该负电荷并保持电荷平衡。这形成双电层(EDL)。当在表面上施加电场时,EDL中的离子被朝向相反电荷的电极吸引,并由于粘性力而随之拖拽周围介质。这导致流体朝带负电的电极移动。

[0003] 因此,可以利用电渗透来控制流体的移动。这在微流体学领域具有特定的有益效果。微流体结构或微系统由一系列微通道和容器组成,这些微通道和容器的至少一个尺寸是大体上微米级或纳米级的,并且不大于1-2mm。流体可被引导穿过这些微通道并受到多种作用,例如混合、筛选、检测、分离、反应等。由于其允许在非常小的尺度上进行测试和分析,从而减少了每次操作中消耗的样品和试剂的量,因此这些微结构在化学和生物技术领域具有越来越大的重要性。这意味着可以比以往更加快速而低成本地进行工作,并且产生更少的废料。此类微系统常常被称为“芯片上的实验室”或微全分析系统(μ TAS)。

[0004] 利用电渗透的微流体泵的使用被视为一种用于许多微系统应用的有前景的技术,因为这些泵制造相对简单,并且可以在较大范围的离子浓度下获得良好性能。

[0005] 电渗透泵的实例在WO 2004/007348中示出。

[0006] 电动设备在操作中出现的的问题是气泡可能由于电化学反应而产生并堵塞流体通道。存在由于在负电极产生氢而引起的特别问题。已经提出通过使用吸收氢的某些电极金属(例如钯)来解决这一问题。然而,在运行一段时间之后,电极变得氢饱和,随后开始形成氢气。另外,由于保持过高浓度的氢,导致金属晶格不可逆地膨胀,电极可能会被损坏。对于典型的电渗透泵,在若干小时之后就出现饱和并形成气泡。

发明内容

[0007] 从第一方面来看,本发明提供了用于利用电场在液体或凝胶中引发带电粒子的运动的设备,该设备包括:将在其中引发运动的区域;第一和第二电极,所述第一和第二电极用于在所述区域内产生电场,从而电流在电极之间流过,以引发带电粒子运动并使离子在第二电极处被接收;测量装置,该测量装置被布置为测量在引发的带电粒子运动操作期间在第一和第二电极之间转移的电荷量,该测量装置能够考虑在引发的带电粒子运动操作期间的任何电流或电压变化;和控制装置,该控制装置被布置为控制再生操作,以通过以下方

式对第二电极进行再生：经由第二电极转移与所测量的量大致相等的电荷量，以使得从第二电极移除离子，从而再生电极。

[0008] 本发明的第一方面还提供了一种利用电场在液体或凝胶中引发带电粒子的运动的方法，该方法包括在第一和第二电极上施加电压以产生电场，从而电流流过电极之间，以引发带电粒子运动并使得离子被第二电极接收；测量在引发的带电粒子运动操作期间在第一和第二电极之间转移的电荷量，同时考虑了在引发的带电粒子运动操作期间的任何电流或电压变化；以及，控制再生操作，所述再生操作通过以下方式对第二电极进行再生：经由第二电极转移与所测量的量大致相等的电荷量，以使得从第二电极移除离子，从而再生电极。

[0009] 这种系统可避免或最小化气泡在第二电极处的形成。通过再生第二电极，能避免第二电极与其处携带作为离子的材料（例如氢）变得饱和，进而将材料释放为气泡。也可以最小化或避免由于保持过量的材料而对第二电极造成的损坏。在一个实例中，第一电极为正极，第二电极为负极。

[0010] 对于许多液体或凝胶来说，主要的电化学反应将是在负极产生氢。因此，本发明可避免在负极形成氢气泡，并且也避免在正极形成其他气体，例如，在水溶液的情况下形成氧气，并且在醇溶液的情况下形成二氧化碳。

[0011] 第二电极优选地由能够吸收作为离子到达该电极的材料的物质制成。例如，铯电极将吸收以氢离子形式到达的氢。

[0012] Technical University of Denmark 的 Anders Brask 2005 年 8 月 31 日在其博士论文中提出了一种微流体泵方案。该方案涉及使用具有由铯制成的负极的电渗透泵，在该泵中，定期反转施加的电压的方向，以再生电极。通过布置止回阀来将液体流保持在同一方向，从而有效地整流。电压保持恒定并在正向和反向阶段相等，并且每个阶段的持续时间相等。

[0013] 在该系统中不测量在电极之间转移的电荷量。电荷量将取决于电流。本发明人已经认识到，由于电极随时间发生的变化，例如电极劣化，即使对于恒定的电压和恒定的液体组成来说，电流也将随时间变化。取决于泵的用途，流体组成也可能随时间变化。此外，取决于泵的所需用途，也希望随时间改变供应的电压，以改变泵送压力和流量。

[0014] 本发明在其第一方面不依靠在引发的带电粒子的运动操作（如液体泵送或混合操作）期间的稳定条件。通过测量在引发的带电粒子运动操作期间电极之间转移的电荷量，可以准确而可靠的方式控制电极的再生。

[0015] 如本说明书中所用，术语“区域”旨在表示由电极产生电场的区域，即通常在第一和第二电极之间的区域。

[0016] 在某些优选实施例中，该设备被布置成在引发的带电粒子运动操作期间可通过改变为产生电场而施加的电压来进行调节。因此，可以在变化的压力和移动速率下操作设备。这对于例如微流体泵来说是有用的，而不论其是作为芯片上的实验室或微燃料电池的一部分而自动工作，还是作为手动操作的实验室泵而使用。即使存在导致变化的电流的变化的场强，测量装置也会考虑这种情况并测量转移的电荷量，使得能够以相同的电荷转移量进行电极再生。

[0017] 电荷转移的测量可以例如通过用于在一时间段上对电流积分的标准技术进行。因

此,该设备将被布置为测量一时间段上的电流,以确定所转移的电荷量。测量装置可被布置为自动地测量在引发的带电粒子运动操作期间第一和第二电极之间转移的电荷量。该设备(例如控制装置)可以将该量存储在存储器内。存储的量可以在以后的再生操作中使用,或者在考虑了任何变化的情况下,该设备可以以与电荷到达该电极时相同的速率从第二电极转移出电荷。

[0018] 在本发明的某些形式中,控制装置被布置为通过在第一和第二电极之间进行电流反向来控制再生操作。该系统能够补偿例如调节所引发的液体移动的速率所需的随时间推移的任何电压变化;并且能够补偿随时间推移的任何电流/电压关系的变化,这种变化是例如由于流体或流体性质的变化或设备性质的变化(例如电极或其他材料的劣化)导致的。

[0019] 引发的带电粒子运动可用来引起液体移动。在定向引发的液体流系统的情况下,优选地提供了阀门装置,以便在再生操作期间的液体流与所引发的液体流操作中的液体流在相同方向上。然而,这并非必需的,因为所引发的液体流操作也可以在延长的时间(例如几小时)内进行,从而再生操作也可以在方便的时间(例如夜间)进行。可以用简单的止回阀来防止再生操作过程中的逆流。替代地,可以将反向电压选择为低于将导致流动产生的最小值。在例如电渗透泵的情况下,通常存在将产生流动的最小电压。

[0020] 当要进行电流反向时,可以将控制装置布置为控制再生操作,从而再生操作在比所引发的液体移动操作更长的时间内进行。从而可以在再生操作期间在更长的时间内使用更低的平均电压和电流。

[0021] 控制装置可以被布置为将设备自动地从引发的带电粒子运动操作切换到再生操作。这可以避免系统进入产生气泡的阶段。可以有利的是加入指示器,该指示器可以是可听和/或可视的,以指示系统的状态,例如,所引发的液体移动能力在需要进行再生操作之前剩余可用的量。因此,例如,可以在需要再生之前一定时间产生报警。

[0022] 在某些优选实施例中,该设备包括第三电极,并且控制装置被布置为通过使电流在第二电极和第三电极之间流过而控制再生操作。在此类系统中,不需要为了对第二电极进行再生而反转第一和第二电极之间的电流方向。因此,在具有定向液体流的系统的情况下,该设备可在没有用于在电流反向期间对液体流整流的止回阀系统的情况下操作。

[0023] 该方法可包括使用测量的电荷数据,以通过以下方式来控制再生操作,其中所述数据涉及在引发的带电粒子运动操作期间在第一和第二电极之间转移的电荷量的测量值:

[0024] 在第一和第二电极之间进行电流反向;或

[0025] 使电流在第二电极和第三电极之间流过。

[0026] 使用第三电极具有独立的可取得专利权的重要性。

[0027] 从第二方面来看,本发明提供了用于利用电场在液体或凝胶中引发带电粒子的运动的设备,该设备包括:将在其中引发运动的区域;第一和第二电极,所述第一和第二电极被布置为在所述区域内产生电场,从而电流在电极之间流过,以引发带电粒子运动并使得离子在第二电极处被接收;和第三电极,该第三电极被布置为通过使电流在第二电极和第三电极之间流过以使得从第二电极移除离子,从而对第二电极进行再生。

[0028] 本发明的第二方面还提供了一种利用电场在液体或凝胶中引发带电粒子的运动

的方法,该方法包括在第一和第二电极上施加电压以产生电场,从而电流在电极之间流过,以引发带电粒子运动并使得离子在第二电极处被接收;以及通过使电流在第二电极和第三电极之间流过以使得从第二电极移除离子来对第二电极进行再生。

[0029] 如上所述,使用第三电极具有避免需要为进行电极再生而对电流反向的优点。还存在另外的有益效果。在仅涉及两个电极和用于再生的电流反向的全新系统中,例如,在包括没有吸收氢的例如钯电极的泵中,当通过电流时,流体发生电解。这样,在使电压从而使电流的第一次反向中,电流通常(取决于流体)很大程度上是由于氢离子从一电极向另一电极的传输。然而,电解继续发生,从而形成越来越多的氢。因此,在两电极构造中,通过使用电压反向处理可以实现更大的设备和更长的电极寿命,并且这种寿命的延长可以导致电极吸收能力(即容量)的增加。然而,电极在给定次数的循环之后最终变得氢饱和,之后不再无气泡,或者电极由于吸收过量的氢而破裂。因此,只能够通过使用电流反向法进行电极再生来换取时间,并且设备和/或电极最终具有有限的寿命。

[0030] 在本发明的第一方面的某些实施例中,或者在本发明的第二方面的设备中,使用第三电极。由于电流流过以引发带电粒子运动而导致被第二电极吸收的任何材料可被有效移除并传递到第三电极。从第二电极传递到第三电极的材料可在第三电极处释放并被允许离开设备。该材料可以例如为氢。在氢的情况下,可以在第三电极处释放气体并允许其离开系统。因此,可避免一段时间内在第一和第二电极处积聚氢。

[0031] 在具有第三电极的系统中,可以进行引发的带电粒子运动操作和随后的再生操作,以对第二电极进行再生。然而,在优选的实施例中,设备被布置成使得再生操作与引发的带电粒子运动操作同时进行。在这样的构造中,可在不中断再生阶段的情况下操作设备。这避免了由中断引起的任何不便并提供了连续的操作能力。如果再生与引发的带电粒子运动操作同时进行,可避免吸收的材料积聚到第二电极内。这样降低了第二电极损坏的风险。因此,该系统可具有长得多的无气泡寿命,并且电极可以持续更久。

[0032] 第三电极可由不具有显著(appreciable)氢吸收能力的惰性材料制成,例如铂。因此,氢可在该电极处形成气泡,并且可将氢从设备排出。第一电极可由不具有显著氢吸收能力的惰性材料制成,例如铂。在具有第三电极的系统中,希望使用稳定的惰性材料作为第一电极,因为不需要储存诸如氢之类的材料。

[0033] 本发明的第二方面的设备可包括测量装置,该测量装置被布置为测量在引发的带电粒子运动操作期间在第一和第二电极之间转移的电荷量,该测量装置能够考虑在引发的带电粒子运动操作期间的任何电流或电压变化。该设备可包括用于控制再生操作以再生第二电极的控制装置。控制装置可被布置为通过经由第二电极转移与所测量的量大致相等的电荷量来控制再生操作,以便对第二电极进行再生。

[0034] 优选地,在提供测量装置和控制装置的实施例中,测量装置被布置为测量在第一和第二电极之间流过的电流,控制装置被布置为在任何给定的时间使得相等的电流在第二和第三电极之间通过。这种构造可确保以使第二电极保持均衡的速率实时进行再生。

[0035] 通常,第二电极的电势将介于第一电极的电势和第三电极的电势中间。例如,第二电极可以相对于第一电极为负极,并且相对于第三电极为正极。

[0036] 第一和第二电极之间的电势差经过选择以使设备获得所需性能,而第二和第三电极之间的电势差优选地被调节为使得由于引发的带电粒子运动而被第二电极吸收的材料

量与由于再生而从第二电极移除的材料量保持相等,即使第二电极保持均衡。这通常将意味着在第一和第二电极之间的电流与在第二和第三电极之间的电流相等。

[0037] 在其中引发带电粒子运动的区域可被限定或包含在通道内。在某些实施例中,引发的带电粒子运动为沿着通道的定向流,因此设备可作为泵进行操作。在其它实施例中,引发的带电粒子运动在通道内发生以实现混合,因而不是沿着通道的定向流。关于通道内的运动的这些描述适用于本发明的第一方面和第二方面。

[0038] 第三电极优选地包含在与通道分开的腔室内。该腔室可以例如容纳缓冲的水溶液。该腔室可具有排气口以允许气体从其逸出。例如,它可以设有疏水性多孔薄膜,例如 Gore-Tex^(TM)。例如,可利用排气口从腔室排出氢。排气口可通向大气。

[0039] 第二电极可具有暴露于通道中的液体的部分(“通道部分”)和暴露于腔室内部的部分(“腔室部分”)。然后,可通过扩散将在引发的带电粒子运动操作期间在第二电极上吸收的材料传输到该电极腔室部分。例如,可以在电极内通过扩散传输在由钯制成的第二电极处积聚的氢。

[0040] 腔室优选地设置在通道附近。它可以简单地设置在通道一侧。在一些实施例中,腔室可具有完全或部分地在通道周围延伸的环形形状。这样,第二电极可以在通道周围周向或部分周向地延伸。例如,在具有圆形截面的通道内,第二电极可以为具有比通道的直径大的直径的圆盘,以便径向伸入腔室内。这种构造为在第二电极内的扩散过程提供了充足的机会,以便将吸收的材料带出通道并带入腔室内。当然,通道和/或电极可具有其他截面几何形状,例如,矩形或正方形。

[0041] 第二电极和/或第一电极可伸入通道内。这既适用于其中通过在第一和第二电极之间的电流反向而进行再生的那些实施例,也适用于其中提供第三电极以对第二电极进行再生的那些实施例。这种构造可在整个通道截面上提供良好的电流分布,这可能是某些类型的设备所期望的。例如,第一电极和/或第二电极可被穿孔以允许液体从中流过,同时在通道横向上(优选地横跨整个通道)延伸,以提供均匀的电流分布。

[0042] 在第二电极横跨或部分地横跨液体通道延伸的实施例中,在引发的带电粒子运动操作期间吸收到电极内的材料必须横向地朝第三电极(例如朝腔室)传输。这可以通过扩散过程进行。然而,如果第二电极形成限定液体通道的壁的一部分,则可以缩短通常通过扩散传输的距离。例如,在分隔通道和腔室的情况下,电极可具有较小厚度。它可以具有板、片材或箔的形式。电极优选地在正常使用中不可透过液体。

[0043] 在第二电极形成限定液体通道的壁的一部分的那些实施例中,整个第二电极可形成通道壁的一部分;或者替代地,第二电极的一部分可伸入通道内,另一部分可形成通道壁。如果通道大体上直地纵向延伸,则形成通道的一部分的第二电极(或其一部分)也可以纵向地延伸。在替代构造中,通道可具有方向上的改变(例如弯曲),以允许第二电极(或其一部分)设置在弯曲的外部,从而与第一电极具有提供所需电场几何形状的关系。例如,通道可具有在第一电极下游的从纵向变为横向的直角弯曲。这样,第二电极可在与第一电极在其中延伸的平面大致平行的平面内延伸,这两个平面均垂直于纵向方向。在可通过第一和第二电极之间的电压差产生例如液体流和用于引发该液体流的压力的同时,一旦液体流到达弯曲,就会从纵向转到横向。该构造可在第二电极内提供短的扩散路径,同时提供良好的电场几何形状。

[0044] 在允许第二电极提供短扩散路径（例如通过形成通道壁的一部分）的同时改善电场几何形状的另一种方式是在通道内提供在第一电极和第二电极之间的中间电极。中间电极可例如被穿孔以允许从中流过流体（例如液体），同时在通道的横向上（优选地横跨整个通道）延伸，以提供均匀的电流分布。在从第一电极到中间电极的引发的带电粒子运动操作期间吸收到中间电极中的材料（如氢）可从中间电极分离并作为离子朝第二电极移动，在第二电极处被吸收，然后又通过向第三电极转移离子而再次被分离。

[0045] 第三电极不一定需要设置在单独的腔室内，而是也可以设置在通道内。在第二电极处产生的气体（如氢气）的量取决于电流和用来在其中溶解氢气的液体的可用体积（即液体流量）。因此，可以存在某个电流与流量的比率（临界比率），在该值以下，气体可以溶解，从而不会形成气泡。因此，在临界比率以下，气体可以溶解在液体中并在液体流中被带走。因此，对于某些类型的设备，在低于临界比率的低电流条件下不会产生气泡。

[0046] 因此，在低电流条件下，能够仅使用设置在通道内的第一电极和第三电极来引发例如液体移动。将不会产生气泡。在临界比率以上的较高电流条件下，能够在引发的液体移动操作期间使用第一电极和第二电极。这样，将通过以下方式进行再生操作：当在低电流条件下引发液体移动时，在第二和第三电极之间施加电势差，当在高电流条件下引发液体移动时，分离已吸收到第二电极的材料（如氢），并且将该材料送至第三电极，从这里材料可以被溶解并被液体流带走。

[0047] 该设备优选地包括用于为电极提供所需电势差的电源。电力通常将被供应为提供直流。电源优选地为控制装置的一部分。

[0048] 带电粒子可以为离子、极化分子、其他极化粒子（例如单胞）或带有附着到其上的离子的粒子。

[0049] 在某些实施例中，本发明的第一和第二方面的设备可旨在产生液体移动。当引发带电粒子运动时，通常由于粘性效应，这种运动会引起液体移动。这样的液体移动可用于在电极之间的区域内的混合或以泵的方式进行的定向流动。因此，某些优选设备被布置为作为在其中产生液体移动的泵或混合器而操作。实例为 E0 泵或 E0 微混合器。另一个实例为在其中引发液体流的电色谱仪。然而，涉及提供无气泡电极的原理也适用于其他系统，这些系统不一定涉及液体移动，而是希望利用电场引发带电粒子运动。

[0050] 本发明在多个方面适用于动电处理、电化学处理、微流体和纳米流体装置、或用于分析或合成的实验室装置。

[0051] 本发明在多个方面适用于例如电泳或介电泳，其中，第一和第二电极将用来引发分子或带电粒子在凝胶中运动，并且其中，通过每种物质的不同速度来实现分离。

[0052] 本发明在多个方面适用于其中需要将电场和 / 或电流施加到离子导电系统的系统。

[0053] 本文所述实施例旨在提供无气泡电极系统。该系统对于包括芯片上的实验室、微全分析系统、微燃料电池等在内的微流体装置来说具有很大优点，因为即使很小的气泡也会阻塞这类装置的流体通道并且中断其操作。

[0054] 该设备适用于所有类型的动电微泵，包括电渗透微泵。

[0055] 此外，该设备可用于需要电极的所有类型的微流体装置和处理，其中包括电泳、双极电泳（dipolophoresis）、色谱技术和介电泳。电极可用于气泡的形成可能是问题的所有

类型的装置中。这不限于微流体装置,也可以用于更小(纳米流体)和更大的装置。

附图说明

[0056] 现在将借助于示例并且参考附图描述本发明的某些优选实施例,在附图中:

[0057] 图 1 至 8 是带电粒子运动引发设备的八个不同的实施例的各示意图,在每种情况下设备均为液体流引发设备。

具体实施方式

[0058] 图 1 示出了流动引发设备 10,其包括液体流通道 4、入口电极 1 和出口电极 2,入口电极 1 延伸跨过通道,出口电极 2 也延伸跨过整个通道,并且位于电极 1 下游的位置处。箭头 6 表明流动方向。电极 1 和 2 中的每一个都被穿孔,以允许流体穿过电极。通过提供横跨通道截面延伸的穿孔电极,在通道截面上提供了均匀的电压分布,从而提供了均匀的电流分布。这对于一些泵的设计来说很重要,但对于其他设计来说是不需要的。

[0059] 在流体通道中设有电渗透泵 5。该泵可以是例如 WO 2004/007348 中所示的任何类型的泵。在本实施例以及下文所述的其他实施例中,使用电渗透(EO)泵来描述提供无气泡电极的概念。这涉及使用带有负表面电荷的多孔结构,从而产生一层积聚在表面附近的阳离子,以屏蔽负电荷并保持电荷平衡。这形成双电层。当施加电场时,阳离子被吸引到带负电电极,并且在其移动时,由于粘性力而拖拽周围的液体介质,从而导致液体朝带负电电极移动。应当理解,在 EO 泵的替代设计中,表面电荷可以是正电荷,从而形成最外层带有可通过电场传输的阴离子的双电层。对于这样的泵来说,为了在图示方向上实现流动,所有电势都将与所描述的反向。

[0060] 在电极 1 和 2 之间设有电压源 V,以使电极 1 为正极,电极 2 为负极。在电极 1 和 2 之间的电路中设有安培计 7,以便测量流过的电流。控制系统 20 被提供用于从安培计 7 接收电流数据并在电极 1 和 2 之间提供电势差 V。

[0061] 现在将描述流动引发设备 10 的操作。施加电压以使得电极 1 为正极,电极 2 为负极,从而产生上述 EO 泵浦效应。在通道 4 中发生在箭头 6 的方向上的液体流动。以手动方式或根据控制系统 20 内的程序调整电压 V,以获得所需压力和流率。同时,用安培计 7 以电子方式记录电流。在此泵送过程中,将发生液体的一些电解,使得在正电极 1 处产生作为载流子向负电极 2 移动的 H⁺离子,从而在通道中驱动 EO 泵。

[0062] 电极 2 由能够吸收氢的材料制成,例如钯。因此,到达电极 2 处的 H⁺离子与电子结合形成氢原子,随后氢原子被存储在电极 2 内。然而,电极只能存储一定量的氢,之后将开始形成氢气。此外,如果电极携带过多的氢,则其金属晶格会不规则膨胀,从而损坏。

[0063] 为了再生电极 2,控制系统 20 施加的电压 V 被反转,从而使电极 2 变为正极,电极 1 变为负极。氢离子在电极 2 处形成并被电场朝电极 1 输送。为了避免液体回流,该设备还配有止回阀(图中未示出),或者将反向电压设在使 EO 泵 5 在使用中产生流动的最小值以下。就像在泵送操作中一样,在再生操作期间由安培计 7 对电流进行监测。再生阶段将持续到朝电极 1 输送的电荷量(因此氢量)与在之前的泵送阶段中在相反方向上输送的量相等为止。这通过反转电势直到再生阶段的电流与时间的乘积等于泵送阶段对应的量为止来实现。换句话讲,在两个阶段的电流的积分绝对值相等,符号相反。在再生阶段,大部分电

流由存储在电极 2 中的氢原子所产生的 H^+ 离子携带。

[0064] 如果要在泵送模式下操作该设备,直到电极 2 的氢接近饱和,则可能对电极造成不可逆的损坏。因此,控制系统 20 被布置成在已经吸收预定量的氢之前的某个时间停止泵送。可以将控制系统设置成在该点自动进入再生模式,或者可以为使用者提供音频和 / 或视频信号。控制系统可被设置成提供将需要再生的预先警告。

[0065] 因此,利用在泵送阶段之后的再生阶段可避免在设备中产生可能积聚并阻塞流体通道的氢气泡。再生方案具有额外的优点,即对于许多液体来说,主要的电化学反应将是氢的分离和吸收,而不是液体的分解。因此,该系统将不仅避免在负电极处形成氢气泡,而且避免在正电极处形成其他气体,例如,在水溶液的情况下形成氧气,在醇溶液的情况下形成二氧化碳。然而,由于液体分解产生氢仍会以较低速率进行,电极将最终氢饱和,此时,通常将必须更换设备或电极。

[0066] 现在将描述图 1 的设备的操作的实例。电极 1 和 2 由各具有 25 微米的厚度的穿孔钯箔制成。在 5mW 功耗和提供直流的控制系统 20 的 10V 输出下的典型性能为在 1psi 的压力下流率为 10 微升 / 分。在电极 2 处形成氢气泡 (表明该电极氢饱和) 之前的时间在 5 和 10 小时之间。通过使用电流反向方案,在正向方向上泵送一定的小时数,然后在 5V 下,在再生阶段反转电势所需时间,设备的总运行时间延长至四周,在此期间,正向泵送的总时间为大约 100 小时。

[0067] 该设备测量任何时间的电流。因此,测量从而考虑任何电流变化,以确保在再生阶段在相反方向上在电极之间转移的电荷量与在泵送阶段转移的相同。已经发现,即使施加恒定的电压,也会由于液体性质的变化或由于电极长期劣化而改变电流。图 1 的设备被布置成允许这样变化。此外,有时希望在变化的压力和流率下操作设备,图 1 的设备能够考虑这样的变化。

[0068] 该设备可以是微流体泵,其可以作为芯片上的实验室或微燃料电池的一部分而自动地操作,也可作为手动操作的实验室泵来使用。

[0069] 在下文所述实施例中,提供了一种用于避免在电极处 (从而在流体通道内) 形成气泡的替代方法。在这些实施例中不需要电流反向,因此可以提供更连续的泵送模式。这些实施例也可以避免需要止回阀系统来在再生阶段对流体整流。然而,电极再生确实发生,并且通常可以在泵送的同时进行,但如果需要,也可以选择泵送之后再生。

[0070] 参见图 2,该图在一定程度上类似于图 1,也示出了具有流体通道 4、穿孔的入口电极 1、穿孔的出口电极 2 和在两电极之间的 E0 泵 5 的流动引发设备 10,其中入口电极 1 跨过通道延伸,出口电极 2 也跨过通道延伸,并且设置在电极 1 的下游。入口电极 1 由惰性金属 (例如铂) 制成,而出口电极 2 则由能够吸收氢的金属 (例如钯) 制成。输入电压 (V_1) 由控制系统 20 供应到电极 1 和 2。当施加电压 V_1 时,在箭头 6 的方向上产生液体流。提供安培计 7 用于测量在电极 1 和 2 之间流过的电流。

[0071] 在该实施例中,出口电极 2 以密封方式伸出流体通道 4 以外,并伸入单独的液体密封腔室 10。腔室 10 可容纳水性缓冲液。在该腔室 10 中,设有用于形成“发泡”电极的第三电极 3。腔室 10 被半可渗透膜 15 封闭,该膜允许气体在箭头 9 的方向上逸出。膜 15 可为疏水性多孔薄膜,例如 Gore-Tex。在电极 2 和 3 之间的电路设有安培计 8,以便测量在这些电极之间流过的电流。电子数据被送至控制系统 20。电压 V_2 由控制系统 20 供应到电极

2 和 3 的电路。

[0072] 在操作中,调节电压 V_1 以为给定 E0 泵 5 获得所需流率,通过安培计 7 以电子方式监测电流。同时,由控制系统 20 以电子方式调节电压 V_2 ,使得由安培计 8 测量的电流始终等于由安培计 7 测量的电流。通过这种方式,将使用第三电极 3 从伸入单独的充满液体的腔室 10 的电极 2 的一部分移除与在泵送期间被电极 2 吸收的相同数量的氢原子。由于电极 3 由不具有显著氢吸收能力的惰性金属(例如铂)制成,氢将在该电极上形成气泡,并且氢气泡可从该电极排出。氢通过扩散沿电极 2 传输。电极 2 将处于这样的电势,该电势相对于电极 1 的电势为负,相对于电极 3 的电势为正。

[0073] 图 2 示出了仅位于通道 4 一侧处的单独的腔室 10。然而,这当然只是一个实例。在实施过程中,腔室 10 可环绕通道 4 或其一部分,并且出口电极 2 在沿着腔室 10 与通道 4 相邻的一部分或全部周边的每个点处伸出通道 4。例如,在具有圆形横截面的微通道内,电极 2 可以为具有更大直径的圆盘,伸入单独的腔室 3 内。流体通道和电极也可具有其他几何形状,例如矩形。

[0074] 应当指出,腔室 10 充当除气室。

[0075] 在图 2 的设备中,与图 1 的两电极再生方案相反,即使在较长时间之后,钯电极 2 也不会氢饱和,而在两电极构造中,由于作为氢分离和吸收的竞争反应的连续液体电解使得可能发生氢饱和。当产生新氢时,新氢将在单独的腔室 10 内被移除。然而,在入口电极 1 处可能仍然进行其他气体的产生。通常,这不是什么问题,例如,如果泵送甲醇,则该物质具有较大能力来溶解可能在入口电极 1 处产生的二氧化碳,从而可避免该电极处气泡的形成。

[0076] 应当理解,在图 2 的实施例中,吸收到电极 2 内的氢横向于流体通道扩散。这将意味着在通道中央处吸收到电极内的氢原子将必须扩散约等于通道直径一半的距离,以便移动到腔室 10。这形成相对较长的扩散路径,尽管假设设备可以尺寸极其小,但是这可能也不是问题。

[0077] 在图 3 的实施例中,修改了几何构造以减小扩散路径的长度。在大多数方面,该实施例具有与图 2 相同的构造,因此将不再重复描述。区别在于,第二电极 2 没有跨过通道延伸,并且也不穿孔。在图 3 的实施例中,第二电极 2 形成通道 4 的壁的一部分,并且不穿孔。这种构造大大缩短了氢必须在通道 4 和除气室 3 之间在电极 2 内扩散的距离。电极可由板或箔制成,并且如同其他实施例一样,也由氢吸收金属(例如钯)制成。该实施例相比图 2 的实施例的优点在于,需要使用较少的电极金属来形成电极 2,并且诸如钯之类的电极金属是昂贵的。在图 2 的实施例中,电极 2 的厚度不能太小,以便有足够的电极体积来快速扩散氢。此外,对于图 3 的实施例来说,可以使用更大的电流,由于可以更快地从电极 2 解吸氢,因此避免了该电极的任何部分变得氢饱和。

[0078] 图 3 的实施例的缺点是,对于不伸入通道内的电极,需要在通道横截面上均匀分布电流的泵可能不会很好地工作。

[0079] 该问题由图 4 的实施例来解决。该实施例在许多方面具有与图 3 相同的构造,将不再重复对这些特征的描述。图 4 与图 3 的区别在于设置了额外的电极。该电极为设置在 E0 泵 5 下游的中间电极 2'。中间电极 2' 被穿孔并跨过通道 4 延伸。它由诸如钯之类的氢吸收材料制成。

[0080] 中间电极 2' 与入口电极 1 串联布置, 并且控制系统 20 施加电压 V_1 , 该电压将中间电极 2' 的电势设为相对于入口电极 1 的电势为负。中间电极 2' 与第二电极 2 串联布置, 并且控制系统 20 在这两个电极之间施加电压 V_3 , 从而电极 2 具有相对于中间电极 2' 的负电势。提供安培计 12 用于测量在第二电极 2 和中间电极 2' 之间流过的电流。

[0081] 在泵送过程中, 氢离子被输送到中间电极 2'。由于电极 2' 和电极 2 之间的电势降, 氢从电极 2' 分离并作为氢离子朝电极 2 输送, 然后吸收到电极 2 中。然后, 氢从电极 2 分离作为氢离子并输送到电极 3, 在这里氢离子形成可作为氢气移除的氢。

[0082] 该实施例结合了图 2 的实施例的优点和图 3 的实施例的优点, 其中图 2 的实施例的优点是具有跨过通道延伸的出口电极 (在本例中为电极 2'), 从而提供了良好的电流分布; 图 3 的实施例的优点是具有在通道的壁中横跨电极 2 的较短扩散路径。电极 2' 和 2 都必须由诸如钯之类的氢吸收材料制成。由于氢分离与能量转移相关, 因此该方案 (具有四个电极) 将消耗比图 2 或 3 的三电极系统更多的能量。

[0083] 在使用中, 调节电压 V_1 以获得泵 5 的所需性能, 同时调节电压 V_2 和 V_3 , 从而使所有电流都相等。

[0084] 可以修改图 4 的实施例, 使得中间电极 2' “浮置”。该电极将不会与电极 1 或电极 2 在外部电路中, 而会被隔离。在电极 1 和 2 之间仍将存在用于驱动流体的电势差。中间电极 2' 仍将具有提供横跨通道的良好电流分布的效果。因此, 该修改实施例将比图 4 的实施例更简单, 同时提供类似的优点。

[0085] 图 5 示出了与图 3 的实施例类似的实施例, 将不再重复对相应特征的描述。区别在于流体通道 4 包括直角弯曲。电极 2 在弯曲的外部形成通道的壁的一部分。这允许电极 2 面向 E0 泵 5, 从而为泵提供良好的电场分布。同时, 电极 2 为被该电极吸收的材料 (如氢) 提供了较短的扩散路径。与图 3 的实施例相同, 在使用中, 调节电压 V_1 以获得泵 5 所需的性能, 同时调节电压 V_2 , 从而安培计 7 和 8 测量的电流相等。

[0086] 在图 5 的实施例的操作中, 在电场和泵的驱动下, 流体在箭头 6 的方向上纵向流动。当其到达不能透过的电极 2 时, 被迫改变方向, 从而转向到箭头 6a 所示的横向上。

[0087] 图 6 的实施例在许多方面类似于图 5 的实施例, 将不再重复对相应部分的描述。在图 6 的实施例中, E0 泵 5 被设置为邻近第二电极 2。第二电极 2 具有未穿孔部分 2a 和多孔部分 2b。这两部分形成面对面布置的两层。该构造允许在箭头 6 的方向上平行于由电极 1 和 2 产生的电场流过 E0 泵, 并且阻挡流体, 以使得流体转向到垂直于电场的箭头 6a 的方向上。

[0088] 电极的多孔部分 2b 的存在允许横向流过多孔部分。这使得 E0 泵 5 可以位于直接邻近电极 2 处, 而不阻挡流动。对于一些类型的泵来说, 有利的是能够将泵设置为紧挨出口电极。

[0089] 图 7 的实施例在许多方面类似于图 5 的实施例, 将不再重复对相应部分的描述。在图 7 的实施例中, 使用单个电压源 V_4 , 并且其两个极连接到第一电极 1 和第三电极 3。提供电压表 11 来测量电极 1 和 2 之间的电压。

[0090] 在使用中, 由于在电极 1 和 2 之间的电流需要与在电极 2 和 3 之间的电流相同, 因此当氢为在通道和单独的腔室内的主要正载流子时, 将保留除氢功能。电压 V_4 将被调节, 以调节在电压表 11 处测量的电压, 从而获得所需流量和压力。可用安培计 7 测量电路中的

电流,以确保其不会变得过高。

[0091] 相似地,在沿通道设置例如四个(或以上)电极的情况下,只有入口电极 1 和除气电极 3 需要连接到电压源。必须始终监测限定泵上的电压的两个电极之间的电压,并且调节电压源以获得泵上所需电压。

[0092] 图 8 的实施例与图 2-7 的实施例的区别是未设置单独的除气室 3。该实施例具有流体通道 4,其中设有 E0 泵 5,在泵送过程中,液体沿箭头 6 的方向流过该泵。在泵 5 上游设有入口电极 1,在泵 5 下游的第一位置处设有形成第一出口电极的第二电极 2,在第二电极 2 下游设有形成第二出口电极的第三电极 3。三个电极都横跨流体通道延伸以提供均匀的电流分布,并且都被穿孔以允许流体从中流过。第一和第三电极由不吸收氢的材料(例如铂)形成,第二电极则由能够吸收氢的材料(例如钯)形成。控制系统 20 在电极 1 和 2 之间施加电压 V_1 ,在电极 2 和 3 之间施加电压 V_2 。安培计 7 测量在电极 1 和 2 之间流过的电流,安培计 8 测量在电极 2 和 3 之间流过的电流。

[0093] 产生的氢的量取决于电流,氢被溶解的可能性取决于可用液体体积,即流量。因此,存在电流流量比率(临界比率),在该值以下,在电极处产生的氢溶解,从而不会形成气泡。

[0094] 在图 8 的实施例中,如果流过的电流低于临界比率,则电极 1 和 3 被用来产生电场并使泵 5 工作。到达第三电极 3 的氢离子转变为溶解在液体中的氢并被带走。

[0095] 当希望增加流量,使得电流高于临界比率时,可以使用电极 1 和 2。到达电极 2 的氢离子被吸收到电极材料中。因此,当使用低于临界比率的电流泵送时,可以在电极 2 和 3 之间施加电势差,使得吸收到电极 2 中的氢被作为氢离子分离并传送到电极 3,氢离子在这里产生溶解到液体中的氢。由于电流从电极 1 流过泵,并且由于将氢从电极 2 分离,因此氢离子将到达电极 3。因此,在电极 1 和 2 之间流动电流需要低于临界比率,并具有足够余量,以允许将额外的氢传送到电极 3。

[0096] 可选的增加项将是设置单独的腔室,电极 2 将在该腔室内延伸,以增加除氢能力。

[0097] 图 8 的实施例的优点在于,通过溶解液体中产生的氢,可以节约能量并使电极 2 的氢吸收材料用得更久。当液体的氢吸收能力已知时,可以计算临界比率。替代地,可将商用气泡探测器连接到控制电子器件,控制电子器件将在需要时切换到使用氢吸收电极。

[0098] 该系统通常将由标准低电压电子器件控制。各种电源(符号 V)、安培计(A)和电压表仅表示电子电路的功能。同一电路通常将调节电压,以获得所需的液体流和压力,同时自动地关注电极再生。

[0099] 各个优选实施例的主要特征和优点如下。

[0100] 电流积分法确保了泵可以长时间运行,并且对于两电极系统来说,不会有氢饱和(导致气泡形成),对于三个或更多电极的系统来说,长时期没有气泡。

[0101] 虽然现有技术已提出采用两电极的再生方案,但该方法不补偿调节泵送速率需要的随时间的电压变化,并且也不补偿随时间推移的电流-电压关系的变化(由于流体的变化或泵性质的变化,例如电极和其他材料的长期劣化)。这强烈地限制了基于在两个方向上相等时间内施加相等电压的已知方法。

[0102] 三个(或以上)电极系统也具有不会随时间推移在电极上缓慢积聚氢的新特征,因此该系统将具有长得多的无气泡寿命,并且电极也会使用得更久。此外,不需要反转流向

以再生电极。

[0103] 两电极系统的优点是,电流可以主要由从一个电极移除并被另一电极吸收的氢离子传输。在较短的初始氢再生期之后,除氢之外的其他气体在负电极处的形成(通常,对于水溶液来说为 O_2 ,对于醇溶液来说为 CO_2) 也会被抑制。对于某些液体,这可能是重要的,但在其它情况下,这不会带来优点,因为其他气体可以溶解在液体中(例如,甲醇和乙醇具有较大的 CO_2 吸收能力,同时具有小得多的 H_2 吸收能力)。

[0104] 无气泡电极对于包括芯片上的实验室、微全分析系统、微燃料电池等在内的微流体装置具有很大优点,因为即使很小的气泡也可以阻塞这类装置的流体通道并且中断其操作。

[0105] 泵应该适合所有类型的电渗透 / 动电微泵。

[0106] 此外,它应该适合需要电极的所有类型的微流体装置和处理,包括电泳、双极电泳、色谱技术、介电泳。

[0107] 电极可用于气泡的形成可能是问题的所有类型的装置中。这不限于微流体装置,也可以用于更小(纳米流体)和更大的装置。

[0108] 至少在优选实施例,再生操作被控制为通过以下方式再生第二电极:经由第二电极转移与在引发的带电粒子运动操作期间测量的量相等的电荷量,以使得从第二电极移除离子,从而再生该电极。

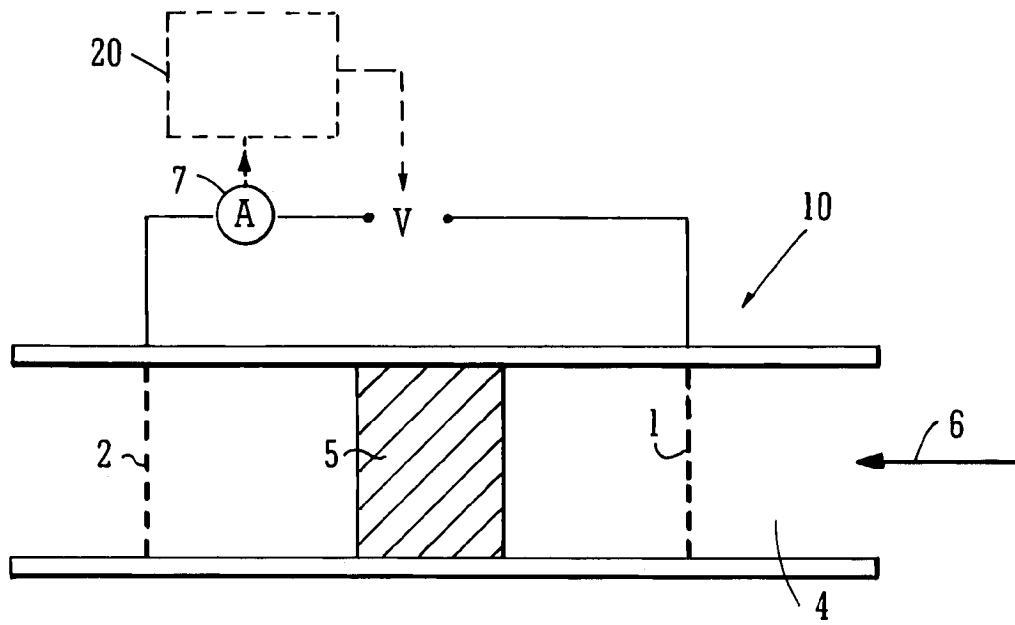


图 1

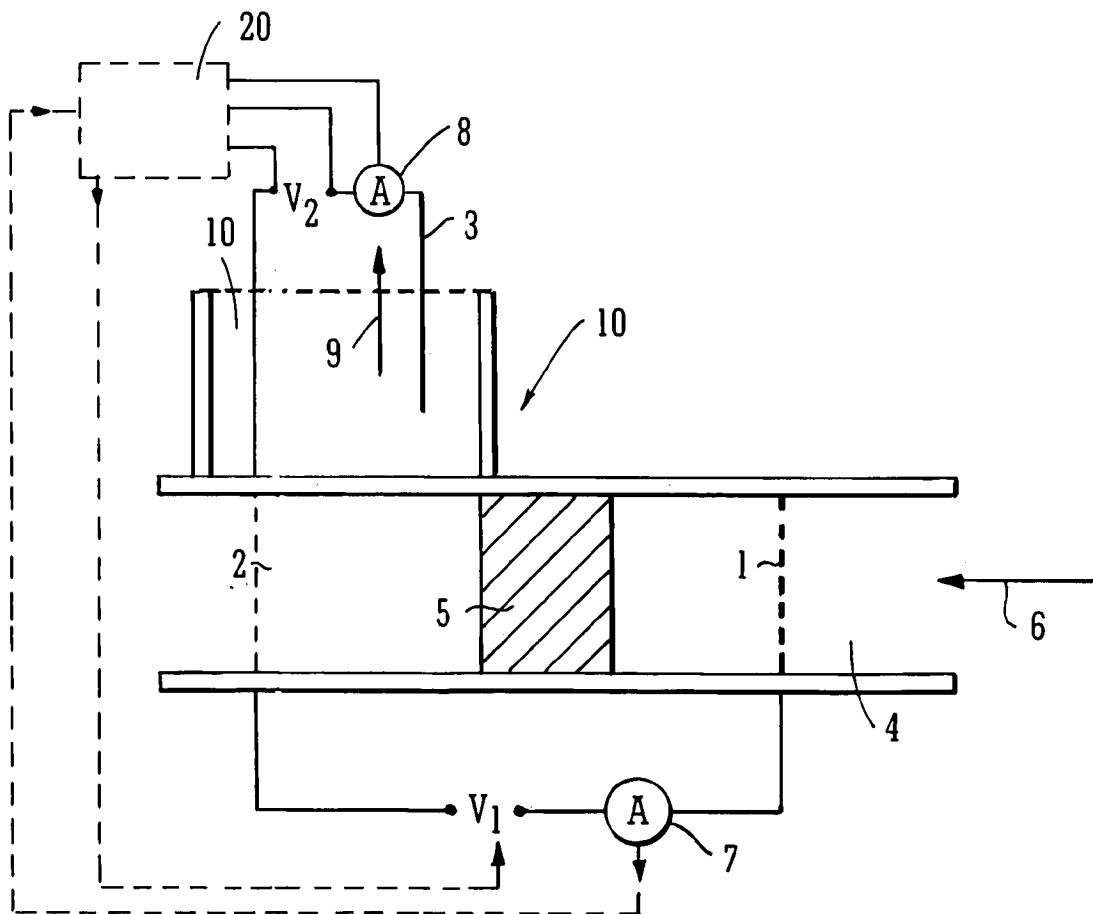


图 2

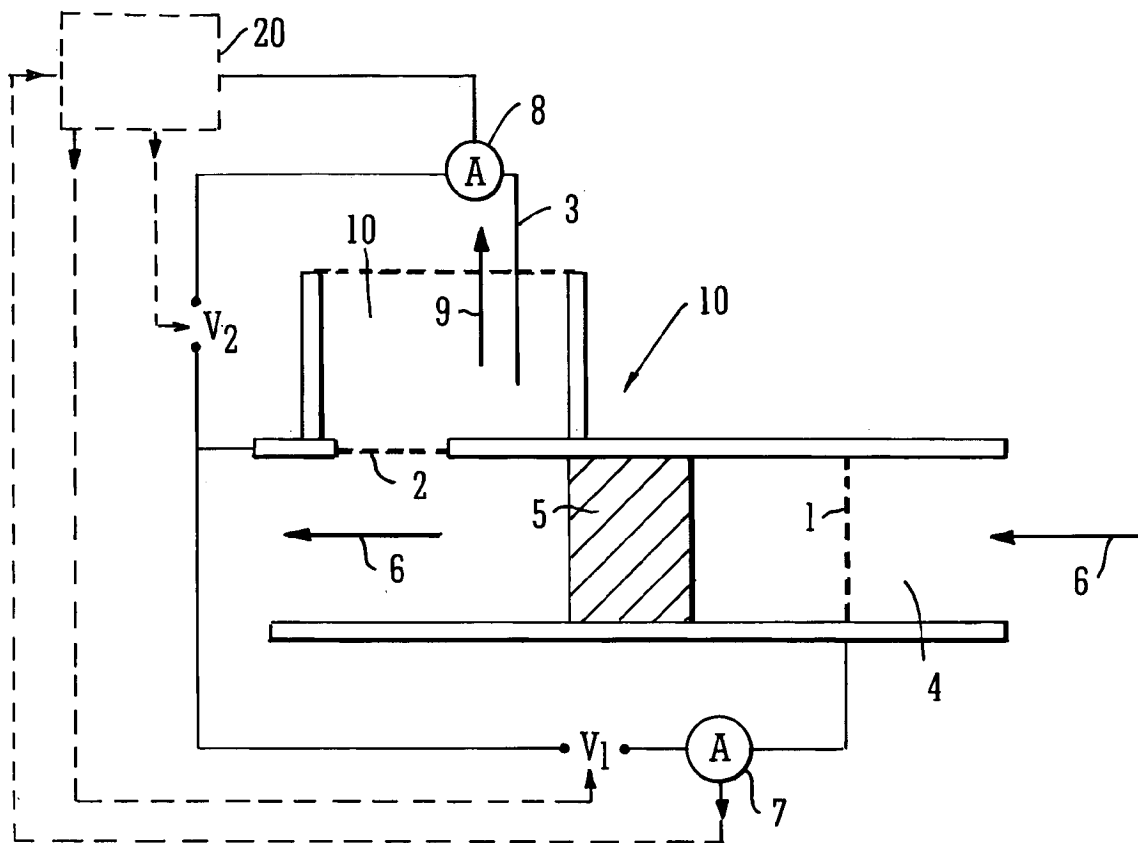


图 3

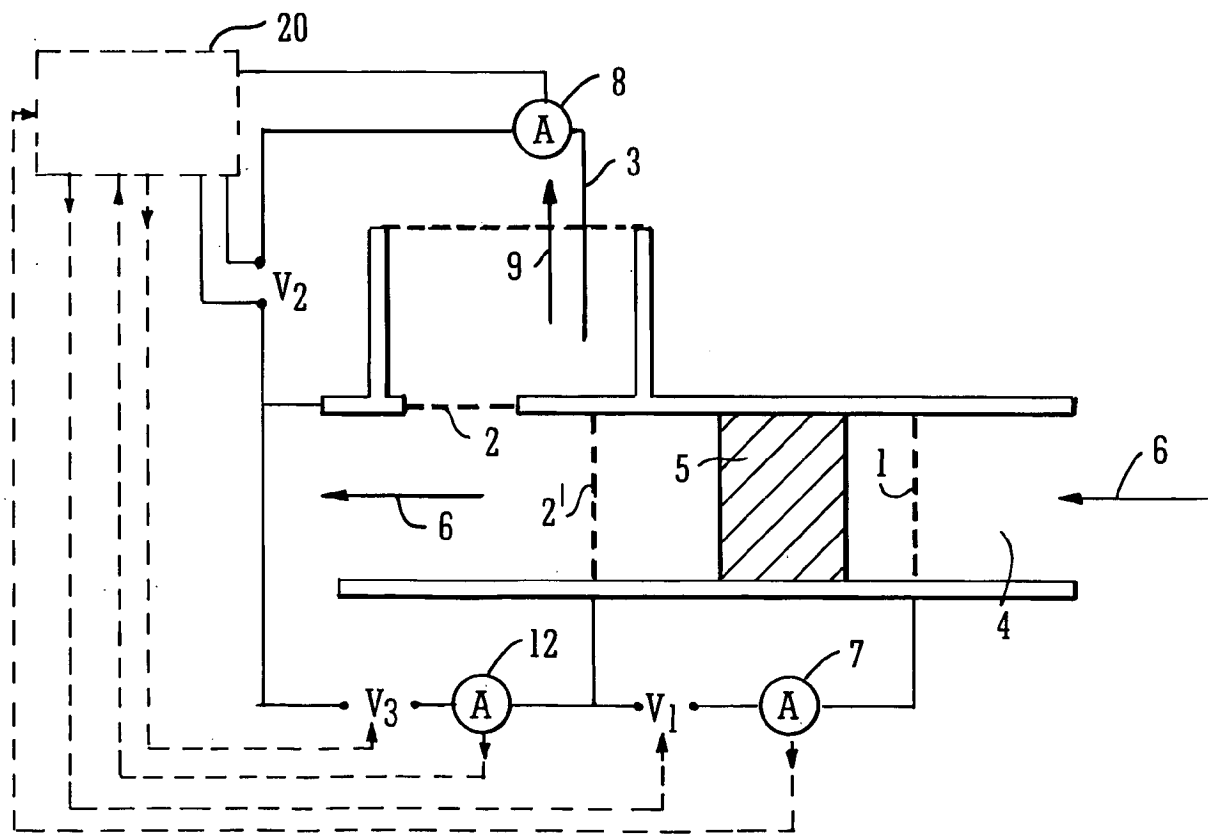


图 4

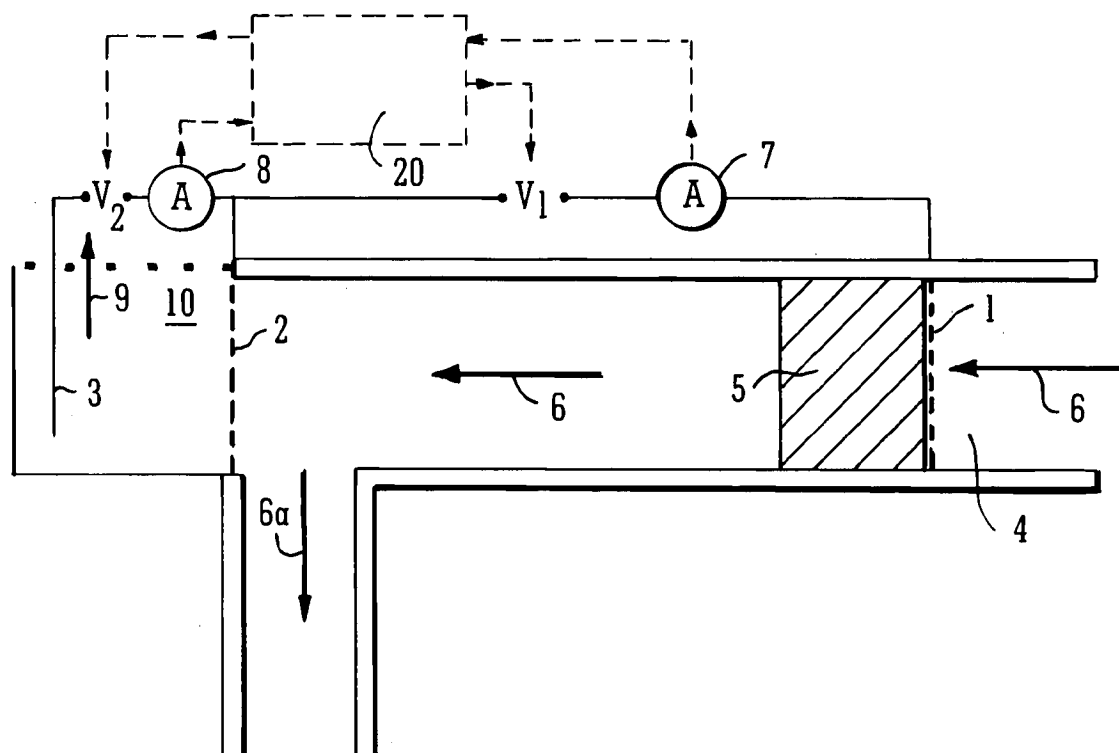


图 5

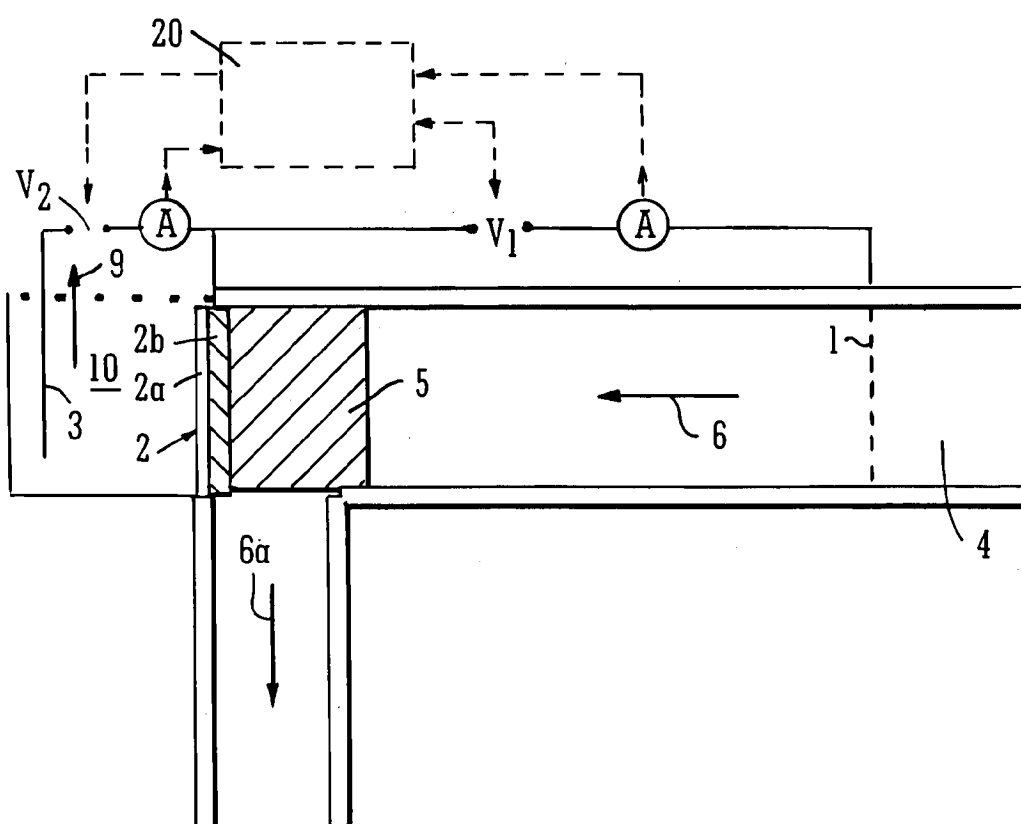


图 6

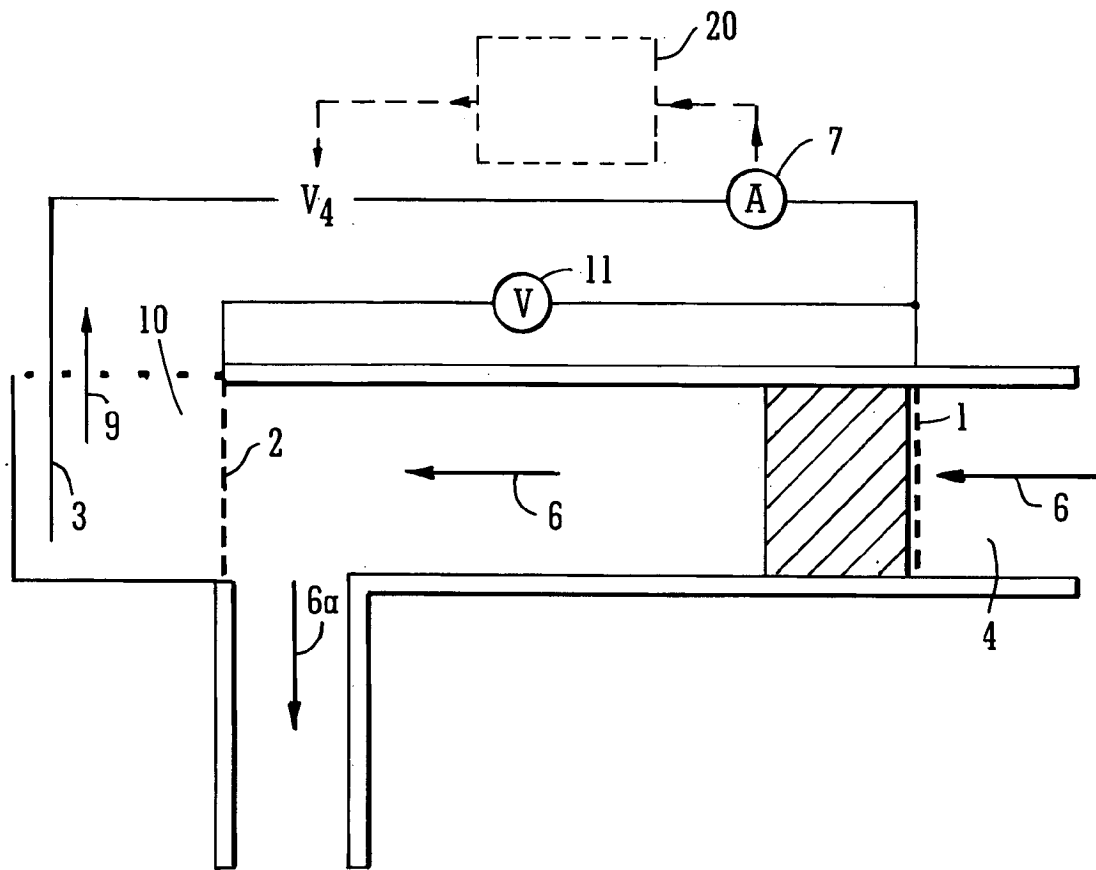


图 7

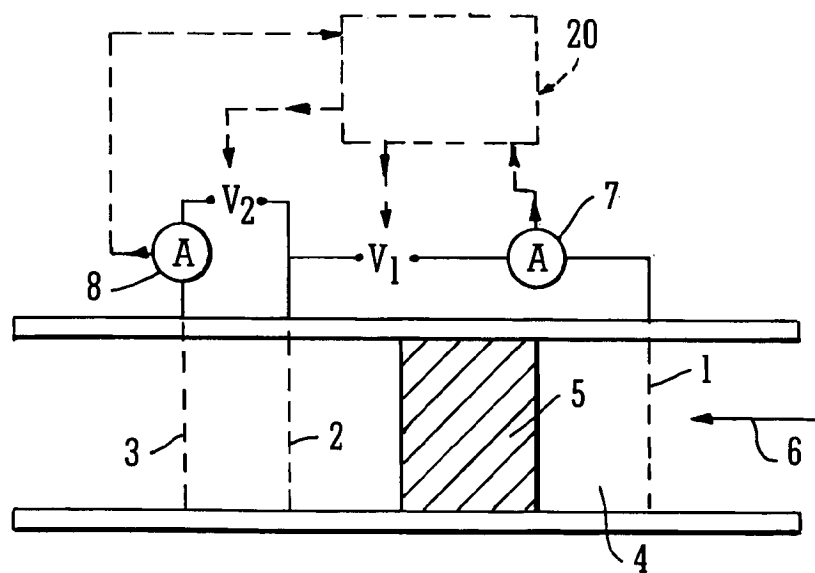


图 8