



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106573806 A

(43)申请公布日 2017.04.19

(21)申请号 201480073964.7

琼·英·莱·德兰

(22)申请日 2014.11.24

齐波拉·瓦格纳

(30)优先权数据

61/907,523 2013.11.22 US

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司

11332

代理人 巩克栋 杨生平

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.07.22

(51)Int.Cl.

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/067100 2014.11.24

C02F 3/00(2006.01)

C02F 3/28(2006.01)

C02F 1/46(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/077697 EN 2015.05.28

(71)申请人 凯博瑞创新公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 马修·西尔弗 贾斯汀·巴克

凯西·夏蒂尔 马克·巴罗斯凯

詹姆斯·赖安·霍金斯 黄振

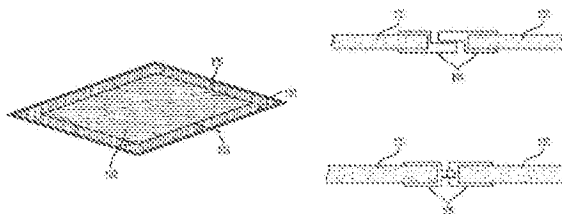
权利要求书4页 说明书11页 附图4页

(54)发明名称

用于成本效益好的生物电化学系统的电极

(57)摘要

描述了一种用于生物电化学系统的电极,其包括:基本为平面的电极材料;包括非导电物质的框架;和连接或固定到框架上的一种或多种第一导电物质。也描述了生物电化学系统,用于插入电极的支架和使用支架的方法。



1. 一种用于生物电化学系统的电极,所述电极包括:
基本为平面的电极材料;
包括非导电物质的框架;和
连接或固定到框架上的一种或多种第一导电物质,其中,所述第一导电物质电连接到作为一个或多个集电体的平面电极材料。
2. 根据权利要求1所述的电极,其中,所述一种或多种第一导电物质和框架一起形成框架的整体。
3. 根据权利要求1所述的电极,其中,所述一种或多种第一导电物质附接或固定到框架的主体。
4. 根据前述权利要求中的任一项所述的电极,其中,所述框架附接到所述平面电极材料的外部或周边。
5. 根据前述权利要求中的任一项所述的电极,其中,所述框架是刚性的。
6. 根据前述权利要求中的任一项所述的电极,其中,所述平面电极材料是多孔的。
7. 根据前述权利要求中的任一项所述的电极,其中,所述平面电极材料是网状物。
8. 根据前述权利要求中的任一项所述的电极,其中,所述框架包括非导电聚合物材料。
9. 根据权利要求8所述的电极,其还包括插入聚合物材料和第一导电物质之间的橡胶垫。
10. 根据前述权利要求中的任一项所述的电极,其中,所述框架包括紧固在平面电极材料的相对侧上的两部分。
11. 根据前述权利要求中的任一项所述的电极,其中,所述电极还包括电连接到集电体并暴露于框架外部的一个或多个第二导电表面。
12. 根据前述权利要求中的任一项所述的电极,其中,所述电极通过框架与另一个电极或其他电极在同一平面上接合。
13. 根据前述权利要求中的任一项所述的电极,其中,所述电极通过双面通道与另一个电极或其他电极在同一平面上接合。
14. 根据前述权利要求中的任一项所述的电极,其中,所述电极基本上是平面的。
15. 一种电极组件,其包括前述权利要求中的任一项的电极,以及与电极相邻的一个或多个平面塑料网状物。
16. 根据权利要求15所述的电极组件,其中,所述平面塑料网状物被构造成间隔物。
17. 根据权利要求15或16所述的电极,其中,所述框架包括一个或多个凹槽且所述平面塑料网状物被插入框架的所述一个或多个凹槽中。
18. 一种生物电化学电极盒,其包括:
至少一个工作电极,其包括
基本为平面的电极材料;
包括非导电物质的框架;和
连接或固定到框架上的一种或多种第一导电物质,其中,所述导电物质电连接到作为一个或多个集电体的平面电极材料;
至少一个反电极;和
至少一个绝缘间隔物。

19. 根据权利要求18所述的盒, 其中, 所述一种或多种第一导电物质和框架一起形成框架的整体。

20. 根据权利要求18所述的盒, 其中, 所述一种或多种第一导电物质附接或固定到框架的主体。

21. 根据权利要求18-20中的任一项所述的盒, 其中, 所述框架附接到所述平面电极材料的外部或周边。

22. 根据权利要求18-21中的任一项所述的盒, 其中, 所述框架是刚性的。

23. 根据权利要求18-22中的任一项所述的盒, 其中, 所述平面电极材料是多孔的。

24. 根据权利要求18-23中的任一项所述的盒, 其中, 所述平面电极材料是网状物。

25. 根据权利要求18-24中的任一项所述的盒, 其中, 所述框架包括非导电聚合物材料。

26. 根据权利要求25所述的盒, 其进一步包括插入在聚合物材料和第一导电物质之间的橡胶垫。

27. 根据权利要求18-26中的任一项所述的盒, 其中, 所述框架包括紧固在平面电极材料的相对侧上的两部分。

28. 根据权利要求18-27中的任一项所述的盒, 其中, 所述工作电极还包括电连接至集电体并暴露于框架外部的一个或多个第二导电表面。

29. 根据权利要求18-28中的任一项所述的盒, 其中, 选自由工作电极、反电极和绝缘间隔物组成的组中的任意两个或多个部件由框架接合在一起。

30. 根据权利要求18-29中的任一项所述的盒, 其中, 选自由工作电极、反电极和绝缘间隔物组成的组中的任意两个或多个部件由双面通道接合在一起。

31. 根据权利要求18-30中的任一项所述的盒, 其中, 所述工作电极基本上是平面的。

32. 一种生物电化学系统, 其包括:

至少一个反应器室;

设置在反应器室中的至少一个工作电极;

至少一个反电极; 和

设置在反应器室中并包括一个或多个固定机构的支架; 其中, 所述至少一个工作电极通过一个或多个固定机构设置于支架中。

33. 根据权利要求32所述的系统, 其中, 所述至少一个工作电极设置在盒形式的支架中。

34. 根据权利要求32或33所述的系统, 其中, 所述工作电极与支架电通信。

35. 根据权利要求32-34中的任一项所述的系统, 其中, 所述固定机构是开槽的凹槽或紧固件。

36. 根据权利要求32-35中的任一项所述的系统, 其中, 所述支架包括导电物质。

37. 根据权利要求32-36中的任一项所述的系统, 其中, 所述支架包括不锈钢。

38. 根据权利要求32-37中的任一项所述的系统, 其中, 所述支架包括一个或多个液压分配元件。

39. 根据权利要求32-38中的任一项所述的系统, 其中, 所述支架包括用于增强混合的一个或多个元件。

40. 根据权利要求32-39中的任一项所述的系统, 其中, 所述支架包括一个或多个流体

收集元件。

41. 根据权利要求32-40中的任一项所述的系统,其中,所述支架包括用于提升的一个或多个连接点。

42. 根据权利要求32-41中的任一项所述的系统,其中,所述支架包括用于气体注入的部件。

43. 根据权利要求32-42中的任一项所述的系统,其中,所述支架包括用于参比电极安装的部件。

44. 根据权利要求32-43中的任一项所述的系统,其中,所述支架进一步包括用于收集系统信息的一个或多个传感器。

45. 根据权利要求32-44中的任一项所述的系统,其中,所述支架还包括用于布线集成的一个或多个元件。

46. 根据权利要求32-45中的任一项所述的系统,其中,所述支架还包括被配置以增强从液体中分离固体的一个或多个部件。

47. 根据权利要求32-46中的任一项所述的系统,其中,所述支架还包括被配置以增强从液体中分离气体的一个或多个部件。

48. 根据权利要求32-47中的任一项所述的系统,其中,所述支架设置在反应器室的顶部区域处。

49. 根据权利要求48所述的系统,其中,所述反应器室的底部区域被配置用于基于污泥的消化。

50. 一种操作权利要求32所述的系统的方法。

51. 根据权利要求50所述的方法,其中,所述工作电极被定位成垂直于生物电化学系统内部的液体流的方向。

52. 根据权利要求50所述的方法,其中,所述工作电极被定位成平行于生物电化学系统内部的液体流的方向。

53. 根据权利要求50所述的方法,其中,所述工作电极被定位成相对于生物电化学系统内部的液体流的方向呈一定角度。

54. 根据权利要求50-53中的任一项所述的方法,其中,所述工作电极和/或反电极是平面电极。

55. 根据权利要求50-54中的任一项所述的方法,其中,所述支架还包括一个或多个液压元件以引导流动。

56. 根据权利要求50-55中的任一项所述的方法,其中,所述系统进一步包括被配置为增强从液体中分离固体和/或气体的一个或多个部件。

57. 一种用于生物电化学系统的电极材料的构建方法,其包括:

通过施用电流用涂层物质电化学涂覆导电基底。

58. 根据权利要求57所述的方法,其中,所述涂层物质是粉末。

59. 根据权利要求57所述的方法,其中,所述涂层物质是悬浮的或溶解在液体中。

60. 根据权利要求57-59中的任一项所述的方法,其中,所述涂层物质是浸渍有一种或多种物质的聚合物材料,所述一种或多种物质选自由导电物质和高表面积物质组成的组中。

61. 根据权利要求60所述的方法,其中,所述导电物质是碳。
62. 根据权利要求57-61中的任一项所述的方法,其中,所述导电基底是选自由铝、碳、铜、铬、铁、镍、钛、钨、镁、它们的合金以及它们的混合物组成的组中的一种或多种物质。
63. 根据权利要求57-62中的任一项所述的方法,其中,所述导电基底是选自由钢、不锈钢、黄铜和青铜组成的组中的一种或多种物质。
64. 根据权利要求57-63中的任一项所述的方法,其中,所述涂层物质是选自由碳和环氧油墨组成的组中的一种或多种物质。
65. 根据权利要求57-64中的任一项所述的方法,其中,所述高表面积物质为碳。
66. 根据权利要求57-65中的任一项所述的方法,其中,所述涂层物质是液体形式的金属。
67. 根据权利要求57-66中的任一项所述的方法,其进一步包括在用涂层物质涂覆导电基底之前、期间或之后加热导电基底。
68. 根据权利要求67所述的方法,其中,通过导电基底的电阻或感应电流产生的热量实现加热。

用于成本效益好的生物电化学系统的电极

[0001] 援引并入

[0002] 本文引用的所有专利,专利申请和出版物在此通过援引全部并入,以便更充分地描述本领域技术人员在本文描述的发明日期之前获知的本领域的状态。

[0003] 相关申请

[0004] 本申请要求2013年11月22日提交的美国临时申请61/907523的优先权,在此通过引用其全部并入本文。

背景技术

[0005] 在历史上,水和其他物质的处理一直需要能量消耗并且一直是一个昂贵的过程。污水产生自许多工业过程。尤其是食品饮料和农业过程产生大量的废水。此外,获取能量燃料的许多方法导致环境危害,如,例如,污染的地下水。大多数废物处理过程涉及目标污染物的氧化或还原。

[0006] 生物电化学系统(BES)是一类能够处理水,同时产生电或其它增值产品,如甲烷和氢气的技术。基于新发现的微生物(称为“产电微生物(electricigens)”)通过直接电极接触,可溶性介质和导电生物纳米线与电极电相互作用的能力,BES可以配置到具有活跃的再生催化剂的燃料电池中。

[0007] 生物电化学系统利用生物作为用于氧化或还原反应的催化系统。生物电化学系统应用可以以一种或两种电极反应为特点,并且包括,除其他外,废物处理、化学形成和能量产生过程。生物电化学系统的生物成分与这样的电极接界,所述电极用作到耦合两个(氧化和还原)半电池反应的电路的接口。这样,生物电化学系统的电极的性能对于系统的操作是关键的。电极至少应该提供高导电性、大表面积和生物相容的材料。

发明内容

[0008] 本发明涉及适合用于生物电化学系统(BES)中的电极,用于制造这样的电极的方法和将这种电极结合到更广泛的系统的BES的各种新颖的构思。

[0009] 在一些实施方案中,BES包括电极,如阳极和阴极,这两者都或个别地涂覆有具有从电极转移或接受电子的能力的生物薄膜(即,微生物群落)。利用这样的微生物群落的电极通常被称为生物学电极或生物电极。电极也可以包含贵金属以催化所发生的反应之一。含有无机催化剂的电极可以在没有生物薄膜的情况下使用并被称为非生物电极。电极可以由在它们之间传送离子的电解质(通常是一个膜)隔开。电极、生物薄膜、电解质和催化剂可以或可以不被封装在附有单个或多个室的壳体或多个壳体中。每个这些包括壳体的元件,可连接到外部电路、控制系统、或用于组合系统的其它反应器。微生物燃料电池中的元件的几何结构和它们的材料限定可以一起被定义为系统的“架构”。

[0010] BES的燃料和化学产物可以包括范围广泛的还原的有机或无机基质(substrate)。燃料的非限制性示例性来源是在废水中发现的基质,包括糖和如乙醇和乙酸的低重量有机分子。因为它们可以除去废水中的生物需氧量(BOD)同时产生适量的电力,BES具有大幅提

高水处理系统的封闭性和能量学的潜力。BES具有在各种各样的能力中发挥作用的潜力,包括产生多种有用的产物,改善现有清除系统的效率和辅助CO₂的捕获。

[0011] 为了最大化纳入电极的BES系统的效率和经济可行性,将电极的材料和设计设计成最大化如导电性、表面积和生物兼容性的特性,同时尽量减少材料和构建费用。

[0012] 在一个方面,描述了用于生物电化学系统的电极,所述电极包括:

[0013] 基本为平面的电极材料;

[0014] 包括非导电物质的框架;和

[0015] 连接或固定到框架上的一种或多种第一导电物质,其中,所述第一导电物质电连接到作为一个或多个集电体的平面电极材料。

[0016] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,一种或多种第一导电物质和框架一起形成框架的整体。

[0017] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,一种或多种第一导电物质附接或固定到框架的主体。

[0018] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,框架附接到所述平面电极材料的外部或周边。

[0019] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,框架是刚性的。

[0020] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,平面电极材料是多孔的。

[0021] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,平面电极材料是网状物。

[0022] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,框架包括非导电聚合物材料。

[0023] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,电极还包括插入聚合物材料和第一导电物质之间的橡胶垫。

[0024] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,框架包括紧固在平面电极材料的相对侧上的两部分。

[0025] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,电极还包括电连接到集电体并暴露于框架外部的一个或多个第二导电表面。

[0026] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,电极通过框架与另一个电极或其他电极在同一平面上接合。

[0027] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,电极通过双面通道(H-通道或其它适当的通道)与另一个电极或其他电极在同一平面上接合。所述双面通道可以或可以不被集成到框架。

[0028] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,电极基本上是平面的。

[0029] 在另一个方面中,描述了一种电极组件,其包括本文公开的任何一种或多种实施方案的电极,以及与电极相邻的一个或多个平面塑料网状物。

[0030] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,平面塑料网状物被构造成间隔物。

[0031] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,框架包括一个或多个凹槽且平面塑料网状物被插入框架的一个或多个凹槽中。

[0032] 在又一个方面中,描述了一种生物电化学电极盒,其包括:

[0033] 至少一个工作电极,其包括

[0034] 基本为平面的电极材料;

[0035] 包括非导电物质的框架;和

[0036] 连接或固定到框架上的一种或多种第一导电物质,其中,导电物质电连接到作为一个或多个集电体的平面电极材料;

[0037] 至少一个反电极;和

[0038] 至少一个绝缘间隔物。

[0039] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,一种或多种第一导电物质和框架一起形成框架的整体。

[0040] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,一种或多种第一导电物质附接或固定到框架的主体。

[0041] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,框架附接到所述平面电极材料的外部或周边。

[0042] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,框架是刚性的。

[0043] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,平面电极材料是多孔的。

[0044] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,平面电极材料是网状物。

[0045] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,框架包括非导电聚合物材料。

[0046] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,所述盒进一步包括插入在聚合物材料和第一导电物质之间的橡胶垫。

[0047] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,框架包括紧固在平面电极材料的相对侧上的两部分。

[0048] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,工作电极还包括电连接至集电体并暴露于框架外部的一个或多个第二导电表面。

[0049] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,选自由工作电极、反电极和绝缘间隔物组成的组中的任意两个或多个部件由框架接合在一起。

[0050] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,选自由工作电极、反电极和绝缘间隔物组成的组中的任意两个或多个部件由双面通道(H-通道)接合在一起。所述双面通道可以或可以不被集成到框架。

[0051] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,工作电极基本上是平面的。

[0052] 在又一方面,描述了一种生物电化学系统,其包括:

[0053] 至少一个反应器室;

[0054] 设置在反应器室中的至少一个工作电极;

[0055] 至少一个反电极;和

[0056] 设置在反应器室中并包括一个或多个固定机构的支架;其中,所述至少一个工作电极通过一个或多个固定机构设置于支架中。

[0057] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,至少一个工作电极设置在盒形式的支架中。

[0058] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,工作电极与支架电通信(electrical communication)。

[0059] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,固定机构是开槽的凹槽或紧固件。

[0060] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,支架包括导电物质。

- [0061] 在本文公开的任何一个或多个实施方案中,支架包括不锈钢。
- [0062] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,支架包括一个或多个液压分配元件。
- [0063] 在本文公开的任何一个或多个实施方案中,支架包括用于增强混合的一个或多个元件。
- [0064] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,支架包括一个或多个流体收集元件。
- [0065] 在本文公开的任何一个或多个实施方案中,支架包括用于提升的一个或多个连接点。
- [0066] 在本文公开的任何一个或多个实施方案中,支架包括用于气体注入的部件。
- [0067] 在本文公开的任何一个或多个实施方案中,支架包括用于参比电极安装的部件。
- [0068] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,支架进一步包括用于收集系统信息的一个或多个传感器。
- [0069] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,支架还包括用于布线集成的一个或多个元件。
- [0070] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,支架还包括被配置以增强从液体中分离固体的一个或多个部件。
- [0071] 在本文公开的任何一个或多个实施方案中,支架还包括被配置以增强从液体中分离气体的一个或多个部件。
- [0072] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,支架设置在反应器室的顶部区域处。
- [0073] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,反应器室的底部区域被配置用于基于污泥的消化。
- [0074] 在另一个方面,公开了一种操作系统的方法,所述系统包括:
- [0075] 至少一个反应器室;
- [0076] 设置在反应器室中的至少一个工作电极;
- [0077] 至少一个反电极;和
- [0078] 设置在反应器室中并包括一个或多个固定机构的支架;其中,所述至少一个工作电极通过一个或多个固定机构设置支架中。
- [0079] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,工作电极被定位成垂直于生物电化学系统内部的液体流。
- [0080] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,工作电极被定位成平行于生物电化学系统内部的液体流。
- [0081] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,工作电极被定位成相对于生物电化学系统内部的液体流的方向呈一定角度。所述角度的非限制性实例包括约5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,60,70,80或85度,或者在由本文公开的角度中的任何两个限定的范围内。
- [0082] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,工作电极和/或反电极是平面电极。
- [0083] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,支架还包括一个或多个液压元件以引导流动。
- [0084] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,所述系统进一步包括被配置为增强从液体中分离固体和/或气体的一个或多个部件。
- [0085] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,工作电极是液压元件的部件或气-液

和/或固-液分离器的部件。

[0086] 在又一个方面,描述了一种用于生物电化学系统的电极材料的构建方法,其包括:

[0087] 通过施用电流用涂层物质电化学涂覆导电基底。

[0088] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,涂层物质是粉末。

[0089] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,涂层物质是悬浮的或溶解在液体中。

[0090] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,涂层物质是浸渍有一种或多种物质的聚合物材料,所述一种或多种物质选自由导电物质和高表面积物质组成的组中。

[0091] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,导电物质是碳。

[0092] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,导电基底是选自由铝、碳、铜、铬、铁、镍、钛、钨、镁、它们的合金以及它们的混合物组成的组中的一种或多种物质。

[0093] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,导电基底是选自由钢、不锈钢、黄铜和青铜组成的组中的一种或多种物质。

[0094] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,涂层物质是选自由碳和环氧油墨组成的组中的一种或多种物质。

[0095] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,高表面积物质为碳。

[0096] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,涂层物质是液体形式的金属。

[0097] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,该方法进一步包括在用涂层物质涂覆导电基底之前、期间或之后加热导电基底。

[0098] 在本文公开的任何一种或多种实施方案中,通过导电基底的电阻或感应电流产生的热量实现加热。

附图说明

[0099] 将参照以下附图描述本发明,呈现以下附图仅用于说明的目的,而不是意图进行限制。在图中:

[0100] 图1根据一个或多个实施方案示出了具有框架(101)、集成集电体(102)以及从框架伸出的电接触点(103)的平面电极(100)。

[0101] 图2根据一个或多个实施方案示出了与具有H-通道(204)的第二电极组件接合的具有平面电极(200)的电极组件,所述平面电极(200)具有框架(201)、集成集电体(202)和电触点(203)。

[0102] 图3A示出了由包含工作电极(301)、反电极(302)、绝缘间隔物材料(303)和可选的平面电极框架部件(304)的框架(300)在边缘上封闭的电极盒的等距视图;图3B根据一个或多个实施方案示出了相同电极的正视图。

[0103] 图4根据一个或多个实施方案示出了具有支架组件(401)的反应室(400),所述支架组件(401)包含工作电极(402)和反电极(403),并以提升附着点(404)液压歧管(405)集成的仪器和布线(406)为特征。

[0104] 图5根据一个或多个实施方案示出具有不同的基材包括:铜、不锈钢、碳和钛的平面、生物阳极的性能,如在12天的周期内操作的四批循环的实践中所展示的。

[0105] 图6根据一个或多个实施方案示出平面生物阳极的各种结构包括:纤维板、穿孔板、金属网和柔性金属板的性能,如在16天的周期内操作的四批循环的实践中所展示的。

具体实施方式

[0106] 本发明涉及适合用于BES的电极,制造这种电极的方法和将这种电极并入更广泛的系统的BES的各种新颖构思。

[0107] 电极材料和制造方法

[0108] 本发明包括用于BES的新颖的电极及其制备方法。所述新颖的电极及其制备方法可以解决构建用于BES的具有成本效益的电极时的多个障碍。通常,电极的导电性越大,它们越有效。然而,使用BES电极的条件对于许多具有成本效益的导电材料不是最佳的。缺点包括腐蚀倾向/或杀生物特性。

[0109] 在一些实施方案中,用于BES系统的电极可包括被施加了涂层,解决了上述障碍的导电物质。涂层的施加方法包括电沉积(电镀或电泳涂装、刷涂、喷涂和浸涂)。

[0110] 在某些实施方案中,涂层的施加可以用于保护基材不被腐蚀,保护生物不遭受基底的杀生物特性或两者兼具。可以通过电沉积实现涂层施加:该涂层可以首先以固体粉末的形式施加到基底表面。然后可以施加电流以使涂层物质电化学结合到基底表面。可替代地,可以通过在施加电流之前将基底浸没在含有涂层材料的溶液中来施加涂层。

[0111] 在一些实施方案中,也可以通过涂(painting)实现涂层施加,其中用刷子或其他类似的工具将液体涂层材料铺开在导电基底上,或用加压装置将液体涂层材料喷射到导电基底上。该涂层还可以通过将基底浸入该涂层材料的溶液中并允许任何残留的材料滴落来施加。这种涂层可以通过在施加后加热涂覆的基底至高温来稳定化或固化。热固化的涂层可以由任何数量的化合物组成,包括但不限于:聚合物、树脂、环氧树脂或有机硅。通过在暴露于涂层材料之前,在浸渍于涂层材料中时,或在覆盖有涂层材料的层之后加热基底/基材可以固定(稳定化)热固化涂层。加热基材的非限制性实例可以通过电阻(焦耳加热)或感应电流(感应加热)产生的热来实现。

[0112] 在一些实施方案中,设想的基底材料包括任何导电材料,如铝、碳、铜、铬、铁、镍、钛、钨或它们的合金/混合物,如钢、不锈钢、黄铜或青铜。涂层材料可以是任何上述导电材料,通过电沉积施加,或者可以是浸渍有本文所述的导电材料,例如碳的聚合物。在一些实施方案中,该涂层还可以包括其它物质,例如用于期望的反应的催化剂和/或提高涂层与基底的粘附性的粘合剂。催化材料的非限制性实例可以包括活性炭、铂、钴、金、锰、铁和镍。粘合剂可包括环氧树脂、清漆、聚合物或具有合适的化学性质的其它化合物。

[0113] 该涂层可以包含具有不同的尺寸和形状的元素,以促进增加的表面积和高导电率。一个实例是在碳基涂料中包括碳纤维(其可由导电性碳和活性炭组成)。碳纤维可以在导电涂料施用之后的步骤中施用以允许从涂覆的表面伸出。

[0114] 基底的形状可以是任何期望的形状。在某些实施方案中,形状是平面形状,例如网状物或片材。平面电极可具有不同的孔隙率和开口表面特征。平面电极可以具有集成到组件以促进电流的收集的导电材料。

[0115] 坚固的电极结构

[0116] 在一些实施方案中,电极结合集电体到支持结构内。这将有利于坚固电极的成本效益好的组件用于BES。这些电极也可以被构造和布置以便于容易维护或更换多电极BES中的单独的电极。这将通过构造电极实现,使它们适配于电极保持结构,如支架,从其中它们

可以分别容易地插入或从BES移出并以最少的劳动。

[0117] 在一些实施方案中,电极组件可能包含具有各种功能的几个部件和结构。如上所讨论的,电极材料促进氧化和还原反应的催化。集电体便于电流从电极转移到外部电路。集电体可被集成到电极的结构(例如基材)或者可以被作为单独的材料并入。框架可以对电极提供支持和结构。框架可以直接结合有电极材料和/或集电体。可以将绝缘材料加入到电极中以防止电短路到其他部件。这些绝缘材料可并入框架材料或与框架材料一起使用。

[0118] 电极框架:支持结构,绝缘体和/或集电体

[0119] 现在参照图1描述根据一个或多个实施方案公开的电极。图1示出了具有框架(101),集成集电体(102)以及从框架伸出的电接触点(103)的平面电极(100)。电极框架也被示出为具有使用重叠机构(104)和榫槽机构(105)机械接合邻接的电极的特征。在一些实施方案中,电极将是基本上平面的、多孔的形状,例如平板、网状物、穿孔板、柔性板或泡沫(100),具有围绕外部的框架(101)。框架可以用作支持结构对平面电极材料增加刚度,作为电绝缘体以防止电短路,和/或作为集电体。这适用于用作阳极和/或阴极以及生物电极和非生物电极的电极的构造。

[0120] 在一些实施方案中,框架可以被构造成非导电材料和导电材料的组合,使得该框架的非导电部分将用作绝缘体而导电材料用作集电体。用于框架的材料可以是任何材料(或材料的组合),其具有必需的绝缘性或导电性。在一些具体的实施方案中,绝缘材料是塑料和导电材料是不锈钢。然而,预期用于本发明的其他材料是橡胶、陶瓷或玻璃作为绝缘材料,作为导电材料:金属,如铁、铜、铝、钛、锌、镍、铜或它们的合金,或;其它导电材料例如导电涂料或环氧树脂或碳(例如,石墨、石墨烯、导电性碳、碳黑、活性炭)。

[0121] 该框架可以是单件或多件式框架。在一些实施方案中,框架包括一个或多个固定机构,例如,(多个)开槽的凹槽或紧固件,利用这些固定机构,平面电极材料可固定到框架上。可替代地,框架可以包括固定在电极材料的相对侧上的两片(即,电极材料“夹”在框架的两侧之间)。框架可采取配置成提供足够的支持的任何形状。在某些实施方案中,框架将至少围绕平面电极材料的外周边放置。框架可以包括横跨由周界片限定的区域的各种条带,诸如网格。也考虑本领域已知的固定电极到框架上的任何其他方法。

[0122] 在某些实施方案中,每个电极材料,例如,平面电极,将保持在用作绝缘间隔物的平面塑料网状物的附近。塑料网状物可以例如使用拉链带(扎带)紧固到电极网状物上。塑料网状物将充当两个相邻的平面电极之间的间隔物以防止电短路。平面塑料网状物可插入到框架的槽内或作为盒组件的一部分。

[0123] 在某些实施方案中,电极框架可以包括在同一平面上接合邻接的电极或盒的机构。如图1所示,该机构可以是重叠组件(104)以防止移动,互锁榫槽机构(105),或其它形式的机械组件。框架部件可以具有不对称构造,以有助于这些机械组件。互锁部件可以包括在邻接其它部件的侧上,而不包括在不邻接其它部件的侧上。可以使用夹子、紧固件、结(ties)、包裹物或其他方式保持组件在一起。

[0124] 在一些实施方案中,导电材料、电极(100)或集电体(102)将选择性地暴露于框架的外表面,由此产生接触点(103),其将允许电极和电气系统的其它部分之间的电连接(图1)。包含在框架中的集电体可以用横跨电极表面的条带或电线来扩张。在一些实施方案中,导电材料可由绝缘材料保护以防止短路,特别是在暴露于框架的外部时。

[0125] 在一些实施方案中,导电接触点可以采取各种形式,例如位于框架的边缘上的离散点或沿边缘的一部分或整体的导电材料的条带。导电接触点可以沿着垂直于平面表面的边缘或平行于平面表面的边缘放置。

[0126] 在一些实施方案中,电极集电体连接到外部导体用于传输到电子电路。连接方法可包括机械紧固、机械聚结、机械卷边、焊接、钎焊、化学紧固和连接。连接可以通过包含在连接中有利的物质,例如抗腐蚀的物质、耐化学腐蚀的添加剂、连接密封剂和其它化学品得到加强,以保持良好的电连接。连接的外部也可通过收缩以确保耐湿性的材料保护。

[0127] 在某些实施方案中,平面网状电极材料可夹在两片塑料框架之间,摩擦衬垫附接到面向电极材料的一侧上的塑料。不锈钢丝或条带将用作集电体并且通过橡胶垫抵靠电极材料保持。在某些实施方案中,不锈钢条带将附接到电极的周边,使得其沿垂直于平面网状物的边缘的长度暴露。

[0128] 在某些实施方案中,单个电极的集电体可以附接到导电上层结构,以对电子电路提供中间接口。

[0129] 电极对盒

[0130] 在一些实施方案中,两个或多个电极可成对组装到电极盒内(图3A和3B)。电极盒可用作由对于生物电化学活性必要和足够的任何或所有部件组成的组件的最小模块构建块。这些部件可以包括,但不限于:工作电极(301)、反电极(302)、集电体、电极框架(300)、非导电间隔元件(304)和电布线和电路。在某些实施方案中,盒将允许容易地更换BES系统中的电极对。所述盒可以制造成牢固地放置在支架结构中或在BES系统中独立地支持。

[0131] 在一些实施方案中,框架可包括设置在两个电极、电极对或电极盒之间的绝缘结构。以这种方式,框架可为在同一平面上彼此邻接放置的电极提供支持。框架可以是,但不需要是单件材料。该框架可以或可以不机械附接到电极或集电体材料,只要能够执行所需的功能。

[0132] 电极对盒框架可以包含与平面电极框架相同的所有功能,包括但不限于支持结构、集电、电绝缘和机械组件特征。

[0133] 部件组件及电极支架

[0134] 在同一平面内彼此邻接的平面电极或电极盒可以在组件中紧固在一起。如图2所示,在一些实施方案中,部件可以通过使用双侧通道或H-通道紧固。H-通道(204)可以用于接合平面电极(200)的电极组件,所述平面电极(200)具有框架(201)、集成集电体(202)和电接触点(203)。H-通道(207)可用于接合单平面电极(205)和平边框架(206)。可替代地,H-通道(212)可用于接合两个电极盒和工作电极(208)、反电极(209)、绝缘间隔物(210)和框架部件(211)。

[0135] 在一些实施方案中,支架包括一个或多个固定机构,例如,(多个)开槽的凹槽或紧固件,利用这些固定机构,电极可固定到支架上。考虑本领域已知的固定电极到支架上的任何其它方法。

[0136] 在某些实施方案中,如图4所示,当由BES利用时,电极可放置在处理室(400)内的电极支架(401)中。将配置支架使得每个工作电极(402)和反电极(403)由单独的狭槽、凹槽或其它机械机构保持就位。根据需要可将电极插入或移到每个狭槽中。可以配置电极支架,使得电极已插入其在支架中的狭槽中时,电极上的导电点接触电极支架中的导电材料。可

以为阳极和阴极提供分别的接触点。

[0137] 应当指出的是,虽然电极支架已被描述为设置在反应室内的独特的结构,其也可以合并到自身诸如,例如在用作处理室的罐的侧面内开槽的反应室内。

[0138] 例如,在一个实施方案中,支架可以完全由不锈钢(或其它导电材料)制成。可从与导电支架接触的单点对电极施加电压。或者,可以从单个接触点收集电流。以这种方式,支架是集成集电机构。或者,在一些实施方案中,反电极可以直接合并到支架中作为永久性固定装置。例如,当可移动电极是阳极时,支架本身可以作为阴极功能化,反之亦然。在支架是不锈钢的情况下,这是特别合适的,因为支架本身将作为阴极发挥作用。

[0139] 电极支架可以以任何方向或以任何形状或尺寸取向,如整体BES结构所需要的。在利用某些实施方案中的电极的BES中,支架将通常取向为使得电极的平面垂直于待处理的水流。然而,电极也可以取向为平行于流动的方向,或在平行和垂直之间的一些角度。角度的非限制性实例包括约5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、60、70、80或85度,或者在由本文公开的角度中的任何两个限定的范围中。

[0140] 在一些实施方案中,电极支架可配置成提供增强的液压分配或收集元件(405)或加强在BES系统中的混合的元件(图4)。例如,在一个实施方案中,流体分配歧管可以集成到支架结构中。分配歧管可定位在支架中或作为支架的一部分,使得通过BES系统的流体流动对于给定的BES几何形状是平坦和均匀的。流体分配歧管也可以用作清洁BES系统的机构。在另一个实施方案中,支架结构可以配置具有用于液压元件或部件的元件,例如挡板,其诱导湍流并增强BES系统内的混合。在另一个实施方案中,电极支架可经配置具有流体收集元件,例如,歧管,以提供BES系统的收集点。在一些实施方案中,收集歧管可位于支架内或作为支架的一部分。

[0141] 在某些实施方案中,支架包括用于提升或提高支架和/或电极的一个或多个连接点。在其它实施方案中,支架包括用于空气注入的元件。例如,支架可包括一个或多个端口或到空气入口的连接以注入空气、氧气、氮气或另一种合适的气体。在又一些其他实施方案中,支架包含用于参比电极安装的部件。在其它实施方案中,支架包含用于布线集成的部件。

[0142] 在一些实施方案中,电极支架可配置有用于BES系统中的固体管理的部件和机构。例如,在一个实施方案中,气体注入歧管可以集成到支架结构中或作为支架结构的一部分。在一些实施方案中,气体注入歧管可用于注入空气或其它气体进入系统,从而提供可以移除BES系统中的固体和残留物的湍流源。在一些实施方案中,气体注入歧管可具有为给定的BES几何形状增强气体湍流的配置。在一些实施方案中,气体注入系统也可以用作清洗BES系统的机构。在可替代的布置中,气体注入系统可以用于注入增强在BES系统中发生的反应的气体。对于非限制性实例,CO₂或类似气体可以用作气体源,以提高BES系统中的甲烷转化率。或者,N₂或其它惰性气体可以用于覆盖反应器或作为汽提剂。可以引入其它气体作为过程中的反应物,包括但不限于作为燃料的H₂S或作为氧化剂的氧。

[0143] 在一些实施方案中,电极支架可配置具有提供安装支架或从反应器移除支架的手段的部件和机构。例如,在一个实施方案中,连接点,例如吊钩、孔眼或类似的这样的部件(404)可以集成在支架系统中以允许支架通过机械装置移动(图4)。

[0144] 如图4所示,在一些实施方案中,电极支架可经配置为使得(多个)参比电极可安装

在电极支架(406)内或电极支架(406)处。参比电极可以保持为紧密接近电极或以其他方式浸没在液体环境中。支架还可以包含安装位置并为其他仪器和传感器(406)布线,包括但不限于温度、pH、电导率、特定离子电极、光学传感器、溶解氧和液面。仪器和支架布线可以集成有本地逻辑操作或具有集中控制系统。

[0145] 如图4所示,在一些实施方案中,电极支架可经配置成使得电极布线与支架系统(406)集成或与支架系统(406)形成一个整体。在一个这样的布置中,电极支架结合这样的装置,其从电极路由(route)电极布线到支架结构中的中央连接点。在一些实施方案中,插头和电线可以被集成到支架中。

[0146] 支架的功能可以包括上述特征的任一项或两个或多个上述特征的任意组合。

[0147] 应用以增强厌氧消化

[0148] 在一些实施方案中,本文所述的电极可在多种类型的BES中使用或集成到厌氧处理或厌氧消化(统称为“AD”)系统中。

[0149] 在一些实施方案中,电极支架集成到AD系统中以扩展上流、下流、塞式流、静态固定床、动态固定床、流化床、污泥床、膨胀颗粒污泥床、内部循环、连续搅拌釜式反应器(“CSTR”)、分批式、补料分批式、序批式或膜型AD反应器。

[0150] BES部件可能构成与整个系统设计的性能相关的其他液压特征。在一些实施方案中,电极支架可以设置在生物反应器内,使得支架将是在罐的顶部区域处,而底部区域将用于基于污泥的消化。

[0151] 用于改造的CSTR或其它厌氧处理系统的一个实施方案将由基本上圆形的罐组成。在本实施方案中,支架和电极将具有基本为圆形的形状。这样的设计可以进一步精简,以便产生三个不同的室。各室可以作为任何类型的厌氧处理系统CSTR、沉淀池或慢消化池进行操作。每个室可以通过过滤器、挡板、膜和/或其它分离机构来分离。较高的室(一个或两个)可充当CSTR反应器,而下部室可以用作沉降槽或慢消化池。可以控制变化的体积水平,以便根据需要为每个室增加水力停留时间。

[0152] 用于生物膜生长的支持结构,如包装材料,可以引入反应器的任何区域,尤其是在电极支架下方的(多个)顶部区域上,以便为用于水处理的微生物的生长提供更有利的表面。支持结构还可以经构造或包装在盒或模块中以插入到与容纳电极的罐相似的罐内,或单个支架可用于电极和支持结构。这将允许便于维护或更换支持结构。

[0153] 实施例

[0154] 图5示出具有不同的基材包括:铜、不锈钢、碳和钛的平面生物阳极的性能,如在12天的周期内在四次批循环中的实践所展示的。在具有合成废水燃料的相同的实验室规模反应器中用一致的非生物阴极操作系统。金属基底涂覆有相同的导电涂层,碳是未涂覆的。铜基基底材料被证明表现出最高电流水平。

[0155] 图6示出平面生物阳极的各种结构包括:纤维板、多孔板、金属网状物和柔性金属板的性能,如在16天的周期内在四批次循环的实践中所展示的。在具有合成废水燃料的相同的实验室规模反应器中用一致的非生物阴极操作系统。所有的金属板(穿孔的、网状的、柔性板)涂覆有相同的导电涂层。

[0156] 前述说明了本发明的一种或多种特定实施方案。考虑到本文呈现的教导,本发明的其它修改和变化将是显而易见的。上述的目的是作为基于本发明的实践的说明,而不是

限制。

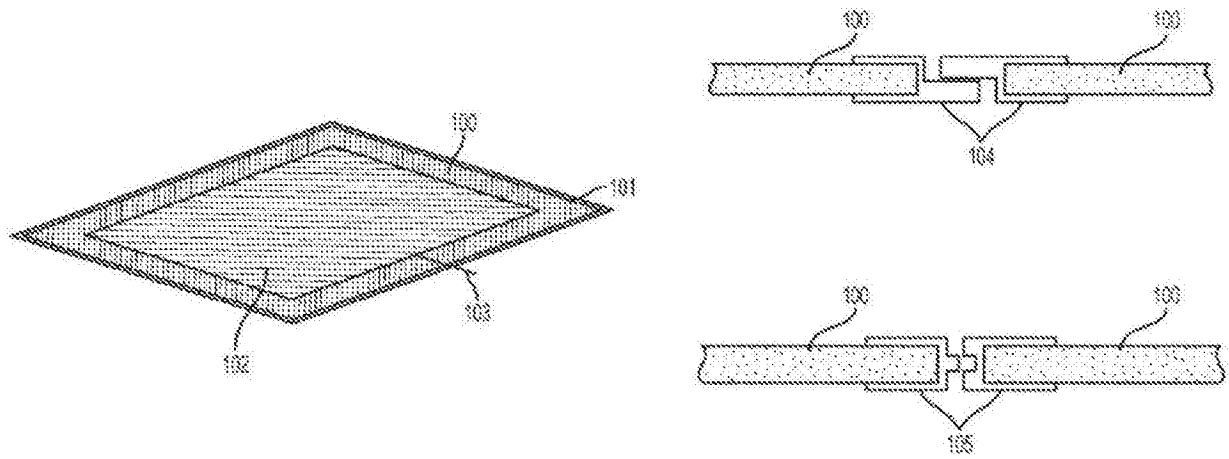


图1

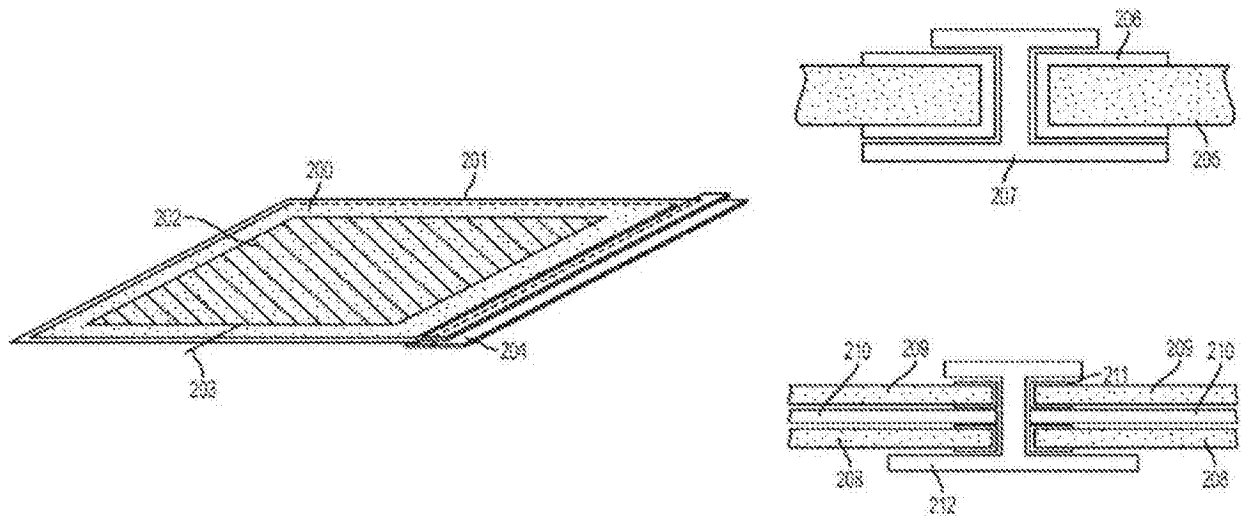


图2

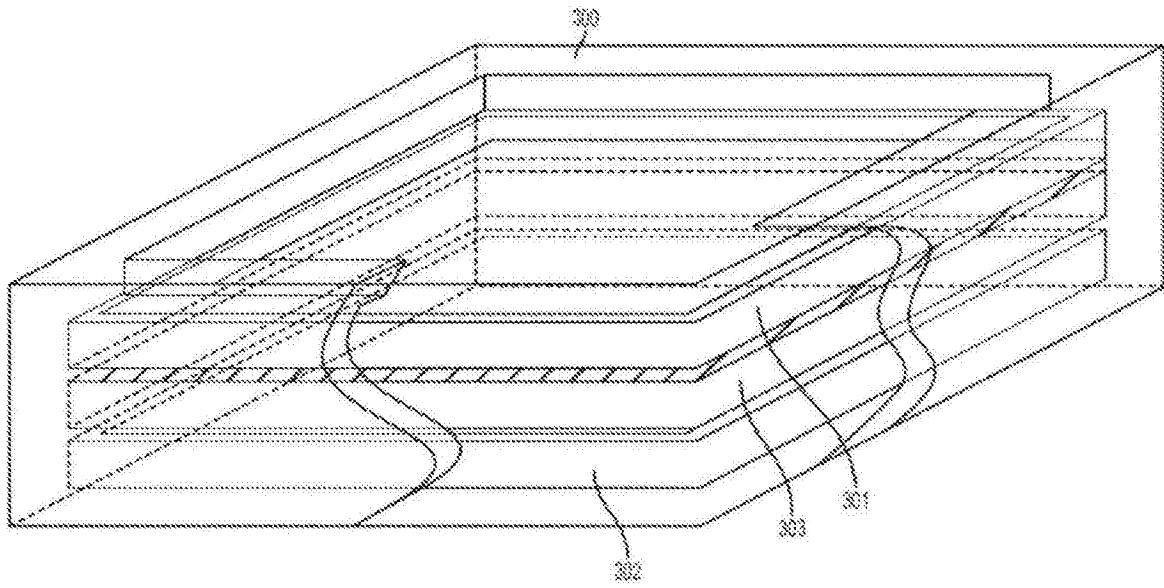


图3A

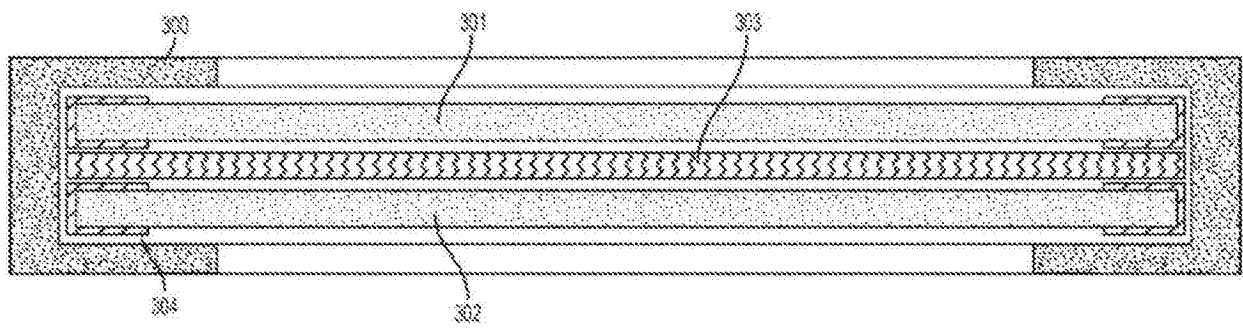


图3B

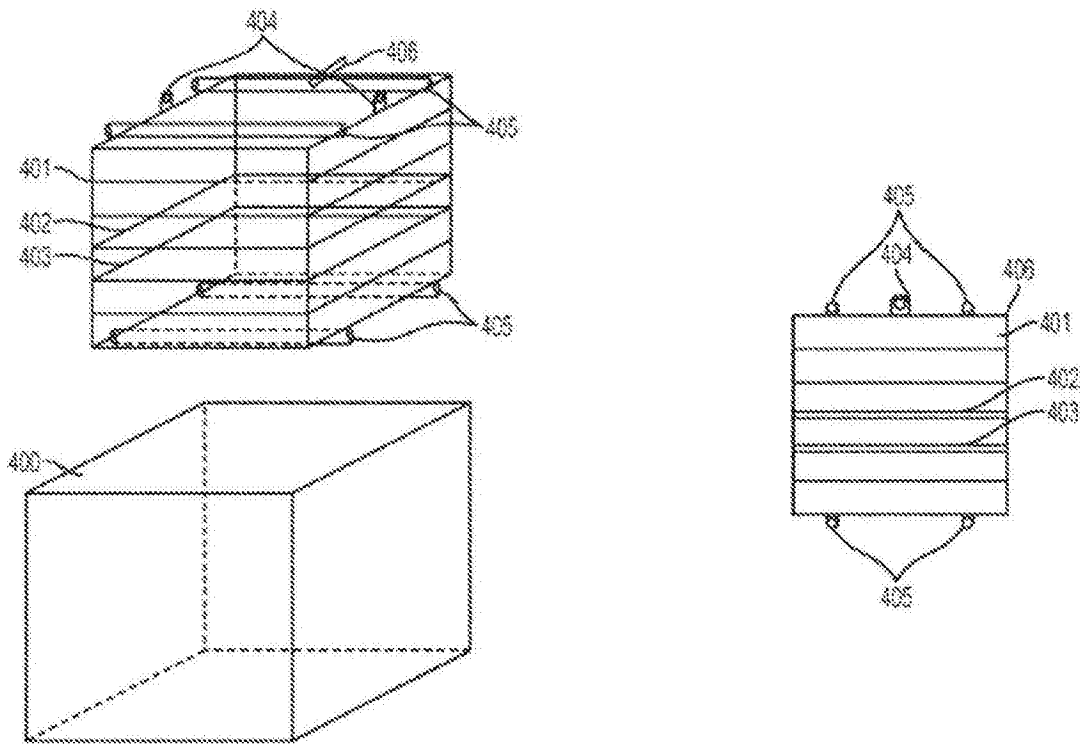


图4

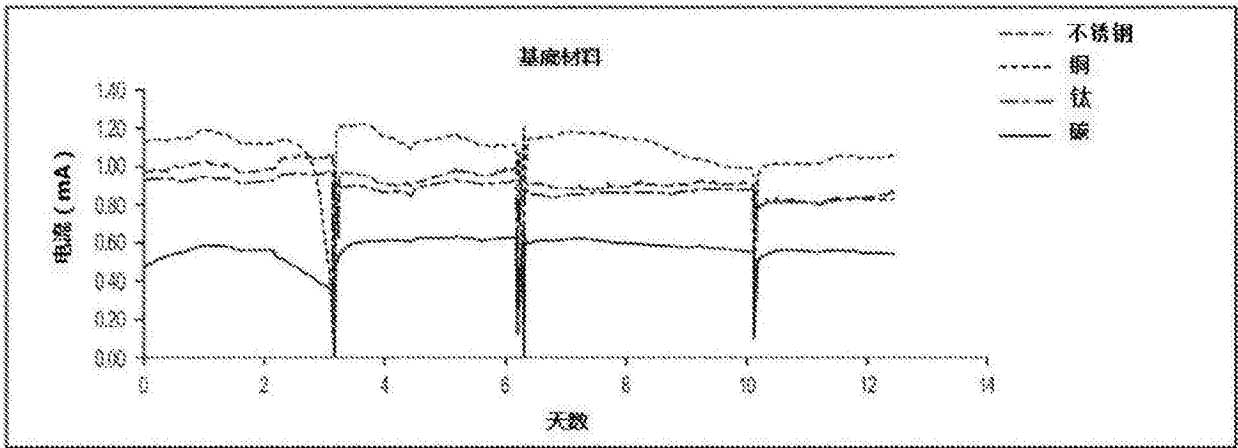


图5

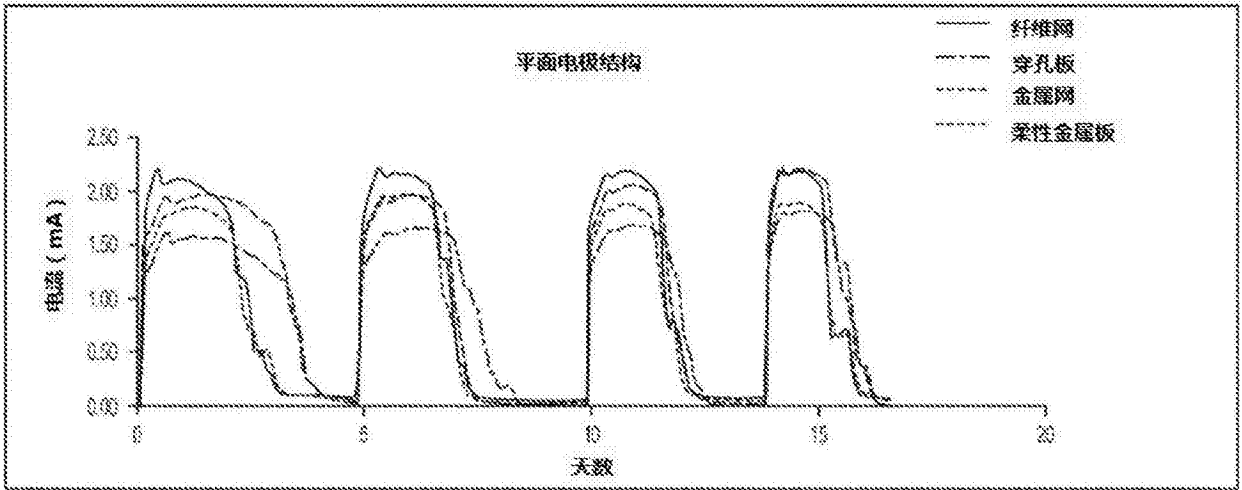


图6