



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116114135 A

(43) 申请公布日 2023.05.12

(21) 申请号 202180053013.3

(22) 申请日 2021.08.31

(30) 优先权数据

63/073,383 2020.09.01 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.02.27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/048557 2021.08.31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/051308 EN 2022.03.10

(71) 申请人 赛昂能源有限公司

地址 美国亚利桑那州

(72) 发明人 格伦·艾伦·哈姆布林

尤里·V·米哈利克

查里克莱亚·斯科尔迪利斯-凯莱

马克·涅德兹维茨基

斯科特·斯图尔特 约翰·休斯

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 刘雯鑫 陈炜

(51) Int.Cl.

H02J 7/00 (2006.01)

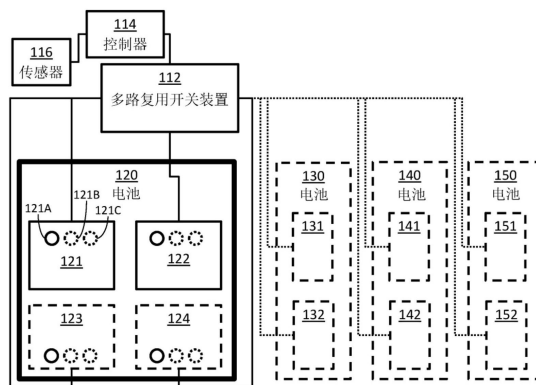
权利要求书6页 说明书33页 附图28页

(54) 发明名称

多路复用的电池管理系统

(57) 摘要

总体上提供了电化学单元和电池管理系统。该系统可以包括至少一个电池,该至少一个电池包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元。该系统还可以包括多路复用开关装置,该多路复用开关装置连接至每个单元串。该系统还可以包括控制器。在一些情况下,控制器可以用于控制电化学单元和/或电池的充电和/或放电的各个方面。



1. 一种电池管理系统,其包括:
至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;
多路复用开关装置,其连接至每个单元串;以及
至少一个控制器,其被配置成使用所述多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将所述第一串与所述第二串之间的电压差保持低于阈值电压差。
2. 一种电池管理系统,其包括:
至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;
多路复用开关装置,其连接至每个单元串;以及
至少一个控制器,其被配置成使用所述多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将所述电池的整体输出电压保持在窗口内。
3. 一种电池管理系统,其包括:
至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;
多路复用开关装置,其连接至每个单元串;以及
至少一个控制器,其被配置成使用所述多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将由所述转换产生的浪涌电流保持低于阈值电流。
4. 根据权利要求1所述的电池管理系统,其中,所述阈值电压差使得由所述转换产生的浪涌电流为至多15安培。
5. 根据权利要求4所述的电池管理系统,其中,所述阈值电压差使得由所述转换产生的浪涌电流为至多10安培。
6. 根据权利要求1和4至5中任一项所述的电池管理系统,其中,所述阈值电压差为所述第一串或所述第二串的最大总电压的至多8%。
7. 根据权利要求1和4至6中任一项所述的电池管理系统,其中,所述阈值电压差为所述第一串或所述第二串的最大总电压的至多5%。
8. 根据权利要求1至7中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成基于所述两个或更多个单元串的相应电压之间的比较来确定要从所述第一串转换至哪个单元串。
9. 根据权利要求8中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成在仅对所述第一串进行放电的同时,从所述第一串转换至在测量时具有所述单元串中的最低电压差的单元串。
10. 根据权利要求8中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成在仅对所述第一串进行放电的同时,转换至在测量时具有所述单元串中的最高电压的单元串。
11. 根据权利要求8中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成在仅对所述第一串进行放电的同时,转换至在测量时具有所述单元串中的最低电压的单元串。
12. 根据权利要求1至11中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成在所述第一串电压降低至阈值电压时,在所述第一串的放电与所述第二串的放电之间进行转换。

13. 根据权利要求1至12中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成使所述第一串和所述第二串的放电在时间上交叠。

14. 根据权利要求1至13中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成在不同串之间的切换期间控制所述至少一个开关以持续从所述单元串提供电力。

15. 根据权利要求1至14中任一项所述的电池管理系统,其中,所述阈值电压差使得由所述转换产生的浪涌电流为至多15安培。

16. 根据权利要求1至15中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成调整所述多路复用开关装置的切换时间和/或切换状态。

17. 根据权利要求1至16中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成使用所述多路复用开关装置来在所述至少一个电池的使用期间保持所述单元串中的至少一个单元串连接至平衡轨,所述平衡轨连接至所述多路复用开关装置。

18. 根据权利要求1至17中任一项所述的电池管理系统,其中,所述单元串中的至少一个单元串具有至少60伏的标称电压。

19. 根据权利要求1至18中任一项所述的电池管理系统,其中,所述单元串中的至少一个单元串具有200伏与2000伏之间的标称电压。

20. 根据权利要求1至16和18至19中任一项所述的电池管理系统,还包括平衡轨,所述平衡轨连接至所述多路复用开关装置,其中,所述至少一个控制器被配置成使用所述多路复用开关装置来选择性地将所述单元串连接至所述平衡轨或与所述平衡轨断开连接。

21. 根据权利要求1至20中任一项所述的电池管理系统,其中,所述两个或更多个单元串包括四的倍数个单元串。

22. 根据权利要求1至21中任一项所述的电池管理系统,其中,所述单元串中的至少一个单元串包括多个模块,其中,所述多个模块中的每个模块包括多个单元。

23. 根据权利要求1至22中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器包括:

至少一个串控制器,其被配置成监测和管理所述单元串中的至少一个单元串;以及至少一个电池管理控制器,其被配置成监测和管理所述至少一个电池的至少一个参数。

24. 根据权利要求1至23中任一项所述的电池管理系统,其中,所述单元串的至少一个单元串中的两个或更多个单元串联连接。

25. 根据权利要求1至24中任一项所述的电池管理系统,其中,所述单元串中的至少一个单元串包括串联连接的至少两个单元模块。

26. 根据权利要求1至25中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成使用所述多路复用开关装置来以第一速率选择性地对所述单元串进行放电,所述第一速率是对所述单元串进行充电的第二速率的至少2倍高。

27. 一种电化学单元,其由根据权利要求1至3中任一项所述的电池管理系统来管理。

28. 一种可再充电电池,其包括根据权利要求27所述的电化学单元。

29. 一种交通工具,其包括根据权利要求27所述的电化学单元。

30. 一种交通工具,其包括根据权利要求28所述的再充电电池。

31. 一种电池管理系统,包括:

至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;
多路复用开关装置,其连接至每个单元串;以及
至少一个控制器,其被配置成使用所述多路复用开关装置基于至少一个标准控制所述单元串中的至少一个串的脉冲放电的持续时间。

32. 根据权利要求31所述的电池管理系统,其中,所述至少一个标准包括:
负载的需求;或

所述单元串中的至少一个串与所述单元串中的至少一个其他串之间的电压差。

33. 根据权利要求32所述的电池管理系统,其中,所述至少一个标准包括所述负载的需求,并且所述至少一个控制器被配置成使用所述多路复用开关装置来控制所述脉冲放电的持续时间在所述负载的需求减少时更长以及在所述负载的需求增加时更短。

34. 根据权利要求32所述的电池管理系统,其中,所述负载的需求包括所述负载的功率需求。

35. 根据权利要求31所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将所述至少一个串与至少一个其他串之间的电压差保持低于阈值电压差。

36. 根据权利要求35所述的电池管理系统,其中,所述阈值电压差使得由所述转换产生的浪涌电流为至多10安培。

37. 根据权利要求31所述的电池管理系统,其中,所述阈值电压差为所述至少一个串和至少一个其他串的最大总电压的至多8%。

38. 根据权利要求31所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成使所述至少一个串和至少一个其他串的放电在时间上交叠。

39. 根据权利要求31所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成控制所述多路复用开关装置,以在不同串之间的切换期间持续从所述单元串提供电力。

40. 一种电池组,其包括:

至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;以及集成开关控制系统,其包括连接至每个单元串的至少一个开关,

其中,所述集成开关控制系统被配置成控制所述至少一个开关以对在测量时具有第一电压的第一串进行放电,所述第一串放电的同时第二串不放电,然后对在测量时具有最接近所述第一电压的第二电压的所述第二串进行放电。

41. 根据权利要求40所述的电池组,其中,所述单元串中的至少一个单元串具有至少60伏的标称电压。

42. 一种根据权利要求40所述的电池组的电化学单元。

43. 一种可再充电电池,其包括根据权利要求42所述的电化学单元。

44. 一种交通工具,其包括根据权利要求42所述的电化学单元。

45. 一种交通工具,其包括根据权利要求43所述的可再充电电池。

46. 一种电池管理方法,其包括:

使用连接至至少一个电池的两个或更多个单元串的多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将所述第一串与所述第二串之间的电压差保持低于阈值电压差,

其中,每个单元串包括两个或更多个单元。

47.一种电池管理方法,包括:

使用连接至至少一个电池的两个或更多个单元串的多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将所述电池的整体输出电压保持在窗口内,

其中,每个单元串包括两个或更多个单元。

48.一种电池管理方法,包括:

使用连接至至少一个电池的两个或更多个单元串的多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将由所述转换产生的浪涌电流保持低于阈值电流,

其中,每个单元串包括两个或更多个单元。

49.根据权利要求46所述的电池管理方法,其中,所述阈值电压差使得由所述转换产生的浪涌电流为至多15安培。

50.根据权利要求49所述的电池管理方法,其中,所述阈值电压差使得由所述转换产生的浪涌电流为至多10安培。

51.根据权利要求46和49至50中任一项所述的电池管理方法,其中,所述阈值电压差为所述第一串或所述第二串的标称总电压的至多8%。

52.根据权利要求46和49至51中任一项所述的电池管理方法,其中,所述阈值电压差为所述第一串或所述第二串的标称总电压的至多5%。

53.根据权利要求46至52中任一项所述的电池管理方法,还包括基于所述两个或更多个单元串的相应电压之间的比较来确定要从所述第一串转换至哪个单元串。

54.根据权利要求46至53中任一项所述的电池管理方法,还包括当所述第一串的电降低至阈值电压时,在所述第一串的放电与所述第二串的放电之间进行转换。

55.根据权利要求46至54中任一项所述的电池管理方法,其中,所述单元串中的至少一个单元串具有至少60伏的标称电压。

56.根据权利要求46至55中任一项所述的电池管理方法,还包括:

使用所述多路复用开关装置来选择性地将所述单元串连接至平衡轨或与所述平衡轨断开连接,所述平衡轨连接至所述多路复用开关装置。

57.根据权利要求46至56中任一项所述的电池管理方法,还包括:

使用所述多路复用开关装置来通过调整切换时间和/或切换状态维持所述单元串之间的均衡荷电状态。

58.根据权利要求56所述的电池管理方法,还包括:

使用所述多路复用开关装置来在所述至少一个电池的使用期间保持所述单元串中的至少一个单元串连接至所述平衡轨。

59.根据权利要求46至58中任一项所述的电池管理方法,还包括使用所述多路复用开关装置来以第一速率选择性地对所述单元组进行放电,所述第一速率是对所述单元组进行充电的第二速率的至少2倍高。

60.一种电化学单元,其通过根据权利要求46所述的电池管理方法来控制。

61.一种可再充电电池,其包括根据权利要求60所述电化学单元。

62. 一种交通工具,其包括根据权利要求60所述的电化学单元。
63. 一种交通工具,其包括根据权利要求61所述的可再充电电池。
64. 一种电池管理系统,其包括:
至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;
多路复用开关装置,其连接至每个单元串;以及
至少一个控制器,其被配置成使用所述多路复用开关装置来选择性地对所述单元串进行放电。
65. 根据权利要求64所述的电池管理系统,其中,所述单元串中的至少一个单元串具有至少60伏的标称电压。
66. 根据权利要求64所述的电池管理系统,其中,所述单元串中的至少一个单元串具有在200伏与2000伏之间的标称电压。
67. 根据权利要求64至66中任一项所述的电池管理系统,还包括平衡轨,所述平衡轨连接至所述多路复用开关装置,其中,所述至少一个控制器被配置成使用所述多路复用开关装置来选择性地将所述单元串连接至所述平衡轨或与所述平衡轨断开连接。
68. 根据权利要求64至67中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成使用所述多路复用开关装置来通过调整切换时间和/或切换状态维持所述单元串之间的均衡荷电状态。
69. 根据权利要求67所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成使用所述多路复用开关装置来在所述至少一个电池的使用期间保持所述单元串中的至少一个单元串连接至所述平衡轨。
70. 根据权利要求64至69中任一项所述的电池管理系统,其中,所述两个或更多个单元串包括四的倍数个单元串。
71. 根据权利要求64至70中任一项所述的电池管理系统,其中,所述单元串中的至少一个单元串包括多个模块,其中,所述多个模块中的每个模块包括多个单元。
72. 根据权利要求64至71中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器包括:
至少一个串控制器,其被配置成监测和管理所述单元串中的至少一个单元串;以及
至少一个电池管理控制器,其被配置成监测和管理所述至少一个电池的至少一个参数。
73. 根据权利要求64至72中任一项所述的电池管理系统,其中,所述单元串的至少一个单元串中的两个或更多个单元串联连接。
74. 根据权利要求64至72中任一项所述的电池管理系统,其中,所述单元串中的至少一个单元串包括串联连接的至少两个单元模块。
75. 根据权利要求64至74中任一项所述的电池管理系统,其中,所述至少一个控制器被配置成使用所述多路复用开关装置来以第一速率选择性地对所述单元串进行放电,所述第一速率是对所述单元串进行充电的第二速率的至少2倍高。
76. 一种电池组,其包括:
至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;以及
集成开关控制系统,其包括连接至每个单元串的至少一个开关,

其中,所述集成开关控制系统被配置成控制所述至少一个开关以对所述单元串进行放电。

77.根据权利要求76所述的电池组,其中,所述单元串中的至少一个单元串具有至少60伏的标称电压。

78.一种电池管理方法,其包括:

使用连接至至少一个电池的两个或更多个单元串的多路复用开关装置来选择性地对每个单元串进行放电,

其中,每个单元串包括两个或更多个单元。

79.根据权利要求78所述的电池管理方法,其中,所述单元串中的至少一个单元串具有至少60伏的标称电压。

80.根据权利要求78至79中任一项所述的电池管理方法,还包括:

使用所述多路复用开关装置来选择性地将所述单元串连接至平衡轨或与所述平衡轨断开连接,所述平衡轨连接至所述多路复用开关装置。

81.根据权利要求78至80中任一项所述的电池管理方法,还包括:

使用所述多路复用开关装置来通过调整切换时间和/或切换状态维持所述单元串之间的均衡荷电状态。

82.根据权利要求80所述的电池管理方法,还包括:

使用所述多路复用开关装置来在所述至少一个电池的使用期间保持所述单元串中的至少一个单元串连接至所述平衡轨。

83.根据权利要求78至82中任一项所述的电池管理方法,还包括使用所述多路复用开关装置以第一速率选择性地对所述单元组进行放电,所述第一速率是对所述单元组进行充电的第二速率的至少2倍高。

84.一种电化学单元,其通过根据权利要求78所述的电池管理方法来控制。

85.一种可再充电电池,其包括根据权利要求84所述的电化学单元。

86.一种交通工具,其包括根据权利要求84所述的电化学单元。

87.一种交通工具,其包括根据权利要求85所述的可再充电电池。

多路复用的电池管理系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请根据35 U.S.C. §119 (e) 要求于2020年9月1日提交的并且标题为“Multiplexed Charge Discharge String Battery Management System”的美国临时申请第63/073,383号的优先权,出于所有目的,该美国临时申请的全部内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 总体上描述了电化学单元和相关系统的充电/放电管理。

背景技术

[0004] 常规地,电池在各种行业例如交通工具中无法成功地与已建立的动力源例如内燃机竞争。针对这种失败的一个原因是电池用户对电池常规地提供的寿命和性能不满意。

发明内容

[0005] 本发明的一些实施方式涉及一种电池管理系统,其包括:至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;多路复用开关装置,其连接至每个单元串;以及至少一个控制器,其被配置成使用多路复用开关装置在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将第一串与第二串之间的电压差保持低于阈值电压差。

[0006] 一些其他实施方式涉及一种电池管理系统,其包括:至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;多路复用开关装置,其连接至每个单元串;以及至少一个控制器,其被配置成使用多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将电池的整体输出电压保持在窗口内。

[0007] 另外的实施方式涉及一种电池管理系统,其包括:至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;多路复用开关装置,其连接至每个单元串;以及至少一个控制器,其被配置成使用多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将由该转换产生的浪涌电流保持低于阈值电流。

[0008] 一些其他实施方式涉及一种电池管理系统,其包括:至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;多路复用开关装置,其连接至每个单元串;以及至少一个控制器,其被配置成使用多路复用开关装置来基于至少一个标准控制单元串中的至少一个串的脉冲放电的持续时间。

[0009] 另外的实施方式涉及一种电池组,其包括:至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;以及集成开关控制系统,其包括连接至每个单元串的至少一个开关,其中,该集成开关控制系统被配置成控制至少一个开关以对在测量时具有第一电压的第一串进行放电,该第一串放电的同时第二串不放电,然后对在测量时具有最接近第一电压的第二电压的第二串进行放电。

[0010] 一些其他实施方式涉及一种电池管理方法,其包括:使用连接至至少一个电池的

两个或更多个单元串的多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将第一串与第二串之间的电压差保持低于阈值电压差,其中,每个单元串包括两个或更多个单元。

[0011] 另外的实施方式涉及一种电池管理方法,其包括:使用连接至至少一个电池的两个或更多个单元串的多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将该电池的整体输出电压保持在窗口内,其中,每个单元串包括两个或更多个单元。

[0012] 一些其他实施方式涉及一种电池管理方法,其包括:使用连接至至少一个电池的两个或更多个单元串的多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将由该转换产生的浪涌电流保持低于阈值电流,其中,每个单元串包括两个或更多个单元。

[0013] 本发明的一些实施方式涉及一种电池管理系统,其包括:至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;多路复用开关装置,其连接至每个单元串;以及至少一个控制器,其被配置成使用多路复用开关装置来选择性地对单元串进行放电。

[0014] 一些其他实施方式涉及一种电池组,其包括:至少一个电池,其包括两个或更多个单元串,每个单元串包括两个或更多个单元;以及集成开关控制系统,其包括连接至每个单元串的至少一个开关,其中,该集成开关控制系统被配置成控制至少一个开关以对单元串进行放电。

[0015] 另外的实施方式涉及一种电池管理方法。该方法可以包括使用连接至至少一个电池的两个或更多个单元串的多路复用开关装置来选择性地对每个单元串进行放电,其中,每个单元串包括两个或更多个单元。

[0016] 当结合附图考虑时,本发明的其他优点和新颖特征将从本发明的各种非限制性实施方式的以下详细描述变得明显。在本说明书和通过引用并入的文献包括冲突和/或不一致的公开内容的情况下,应当以本说明书为准。

附图说明

[0017] 将参照附图通过示例的方式来描述本发明的非限制性实施方式,附图为示意性的并且不旨在按比例绘制。在附图中,示出的每个相同或几乎相同的部件通常由单个附图标记表示。为了清楚起见,在不需要图示来使本领域普通技术人员理解本发明的情况下,不是每个附图中都标记了每个部件,也没有示出本发明的每个实施方式的每个部件。在附图中:

[0018] 图1A是示出根据一些实施方式的代表性电池管理系统的框图。

[0019] 图1B是示出根据一些实施方式的具有单元串的代表性电池管理系统的框图。

[0020] 图1C至图1G是示出根据一些实施方式的代表性充电序列期间的代表性电池管理系统的框图。

[0021] 图1H至图1K是示出根据一些实施方式的代表性放电序列期间的代表性电池管理系统的框图。

[0022] 图2是示出根据一些实施方式的代表性电池组的框图。

[0023] 图3A是示出根据一些实施方式的代表性电池管理系统的框图。

- [0024] 图3B是示出根据一些实施方式的代表性单元组和对应的部件的框图。
- [0025] 图3C是示出根据一些实施方式的向一个或多个电化学单元施加各向异性力的截面示意图。
- [0026] 图3D是根据一些实施方式的电化学单元的截面示意图。
- [0027] 图4A是描绘根据一些实施方式的用于对电池的单元串进行放电的代表性处理的流程图。
- [0028] 图4B是描绘根据一些实施方式的用于对电池的单元串进行放电的另外的代表性处理的流程图。
- [0029] 图4C是描绘根据一些实施方式的用于对电池的单元组进行放电的代表性处理的流程图。
- [0030] 图4D是描绘根据一些实施方式的用于对电池的单元组进行放电的另外的代表性处理的流程图。
- [0031] 图5是描绘根据一些实施方式的用于控制电池组的代表性处理的流程图。
- [0032] 图6A是描绘根据一些实施方式的用于控制电池组的另外的代表性处理的流程图。
- [0033] 图6B是描绘根据一些实施方式的代表性电池管理系统的示意图。
- [0034] 图6C是描绘根据一些实施方式的用于对电池的单元串进行放电的另外的代表性处理的流程图。
- [0035] 图7A是描绘根据一些实施方式的示例性放电曲线的图表。
- [0036] 图7B是描绘根据一些实施方式的示例性全放电曲线的图表。
- [0037] 图7C是描绘根据一些实施方式的示例性电池循环寿命的图表。
- [0038] 图8是描绘可以用于实现某些方面的代表性计算系统的框图。

具体实施方式

[0039] 发明人已经认识到并理解,用于可再充电电化学单元的管理和操作的常规技术已经导致单元(以及可以包括单元的电池)的先前较差的寿命和性能。例如,单元受困于较短的循环寿命(例如,在容量下降至原始容量的80%以下之前的较少次数的完整的充电和放电循环,就像单元通常在充分使用后的某个时间点所表现的那样),特别是在充电和放电速率相似的情况下或者在充电速率高于放电速率的情况下。例如,许多电池中的单元的用户希望电池具有几乎相同的充电和放电速率(例如,充电4小时并且放电4小时),并且电池制造商已经提供了提供这样的几乎相同速率的电池和电池管理系统。出于各种原因,许多用户还希望电池以比其放电更高的速率进行充电(例如,充电30分钟并且放电4小时),来减少等待充电以使用电池的不便。

[0040] 本文中的术语“完整的充电循环”通常用于指单元的再充电容量的约100%被充电的时间段,并且术语“完整的放电循环”通常用于指单元的放电容量(其可以不同于单元的再充电容量)的约100%被放电的时间段。另一方面,本文中的术语“充电步骤”通常用于指在不放电的情况下执行充电的连续时间段,并且本文中的术语“放电步骤”通常用于指在不充电的情况下执行放电的连续时间段。

[0041] 术语“充电循环”通常用于指对单元进行充电的时间段,并且其不必是完整的充电循环。术语“放电循环”通常用于指对单元进行放电的时间段,并且其不必是完整的放电循

环。术语“先前放电循环”通常用于指单元已经放电或正在放电的时间段。例如,该“先前”放电循环可能已经完成或可能仍在进行中——其不必指总计为单元的放电容量的约100%的最近完成的放电步骤。如果没有执行完整的放电循环,则先前的放电循环可以指任何先前完成的放电步骤。

[0042] 术语“容量”通常用于指一个或多个单元可以在给定或额定的电压下输送的电荷量并且通常以安培-小时(例如毫安-小时或mAh)为单位来进行测量。在一些实施方式中,容量可以是一个或多个单元可以在给定时间点处保存的mAh(其可以在多个充电或放电循环上变化),容量可以是在给定时间点处在一个或多个单元中剩余的mAh,或者容量可以是一个或多个单元需要完全再充电的mAh。

[0043] 发明人已经认识到并理解,通过采用较高的放电速率与充电速率的比率,可以大大提高单元(和包括这些单元的电池)的循环寿命,并且因此提高单元(和电池)的寿命和性能。此外,发明人已经认识到并理解,通过提供控制电池内的单元串或模块以提供这样的比率的电池管理系统,甚至在高电压(例如,60伏或更高)应用中也可以采用这些比率。例如,一些实施方式涉及下述电池管理系统:该电池管理系统对单元串进行复用,使得可以对所述串一次全部充电或一次多个充电并且单独地放电或以较小的组放电。这可以致使提高其循环寿命的针对单元的放电速率与充电速率的实际比率,同时提供针对特定负载和应用所期望或要求的任何输出速率。此外,发明人已经认识到并理解,以均匀的电流分布一次放电一些串但不是全部串也可以提高它们的循环寿命。

[0044] 例如,对于具有4个单元串的电池,1个串可以每次以0.5安培放电3小时,然后所有4个串可以以0.5安培充电12小时——这样的配置将提供4:1的放电速率与充电速率的实际比率,而从用户的角度来看,该比率将是1:1,因为每个串每次单独放电3小时(总共12小时的放电时间)。发明人已经认识到并理解,这样的电池管理系统实际上可以提高电池的循环寿命,同时仍然向用户提供他们从电池中所期望或需要的。在一些实施方式中,提供这种双重益处的功能可以对用户隐藏,并且可以集成到串、单元块和/或电池本身中。在一些实施方式中,给定的串可以包括至少15个单元。

[0045] 发明人已经认识到并理解,通过使用这样的具有单元串或模块的电池管理系统,甚至高电压应用也可以是可能的。例如,通过将单个单元或单元模块串联连接为串,给定的串的总电压和/或施加至负载的总电压可以远高于可以以其他方式从单个单元获得的4.1伏。例如,发明人已经认识到并理解,一些应用需要60伏、80伏、110伏、220伏、300伏、400伏或者甚至800伏至2000伏的电压,并且这种具有单元串或模块的电池管理系统可以提供这些电压中的任何电压或全部以及其他电压。

[0046] 发明人已经认识到并理解,许多应用需要不间断的电力和几乎恒定的电压,例如电动交通工具。例如,在没有不间断的电力和几乎恒定的电压的情况下,电动交通工具可能无法提供所需的加速度或性能。在这样的应用中,当一个串或单元被放电时,发明人已经认识到并理解,不应当简单地通过结束第一串的放电并且随后开始第二串的放电来进行到下一串或单元的转换,因为这将造成电力输送的中断和急剧的电压波动。而是,第二串应当在第一串停止放电之前开始放电,以避免这种完全中断。

[0047] 发明人已经认识到并理解,通过仔细选择要放电的串,可以进一步减少或避免电压波动。第一串(系统正在从其转换的串)通常具有与第二串不同的电压(例如,在第一串许

多情况下由于较大的使用可能具有较低的电压,但是第一串也可能具有较高的电压)。第一串与第二串之间电压转换的这种变化导致浪涌电流。发明人已经认识到并理解使这种浪涌电流最小化的重要性,因为许多电池管理系统的电路系统和电子部件未被设计成在不烧毁的情况下维持高电流。发明人已经认识到并理解,仔细选择要放电的串来使电压增量最小化是使这种浪涌电流最小化的最期望的方式。处理这种浪涌电流的其他方式包括使用预充电电路或类似部件。然而,这样的附加部件增加电池系统的成本、复杂性、体积和重量,这在各种应用中例如在电动交通工具中可能是价格高昂或非常不利的。发明人已经认识到并理解,可以使用本文中讨论的实施方式仔细选择用于放电的串以使电压波动和由此产生的浪涌电流最小化来避免这样的缺点。

[0048] 发明人已经认识到并理解,电池的循环寿命可以通过监测单元的循环和各种特性(例如负载与当前连接至负载的单元或多个单元之间的连接持续时间,或者考虑多个参数的更复杂的功能)并且基于该监测选择哪些单元要在何时放电来进一步提高,特别地,与常规的技术相比,常规的技术依赖于更简单的选择处理,如“轮询”或考虑先前的放电循环的次数。

[0049] 图1A描绘了代表性电池管理系统100。在一些实施方式中,代表性系统100可以包括多路复用开关装置(例如,112)、控制器(例如,114)、一个或更多个传感器(例如,116)以及一个或更多个电池(例如,120、130、140、150等)。应当理解,虽然图1A中示出了仅单个多路复用开关装置112、控制器114、传感器116以及仅四个电池120至150,但是可以使用任何合适数目的这些部件。可以采用多种不同实现方式的模式中的任何一种。此外,虽然本文使用单数形式的标记来指代多路复用开关装置,但是应当理解,本文描述的用于多路复用和切换的部件可以分布在任何合适数目的设备(例如,开关)上。

[0050] 根据一些实施方式,电池或多个电池可以包括至少一个锂金属电池。另外,电池或多个电池(例如,120至150)可以分别包括一个或更多个单元组(例如,121至124、131至132、141至142、151至152等),所述单元组也被称为单元的组。在一些实施方式中,一个或更多个单元组或单元的组可以形成单元的串或单元串,如本文所讨论的(在一些实施方式中,121至124可以被称为串)。例如,单元的串可以包括串联连接的单元的模块或单个单元。在一些实施方式中,模块中的单元可以在模块内彼此并联连接,而模块可以彼此串联连接。可替代地或另外地,模块中的单元可以在模块内彼此串联连接。可替代地或另外地,模块可以彼此并联连接。

[0051] 在一些实施方式中,每个电池组中包括两个或更多个单元的串或单元组,例如121至122等。另外,每个单元串或单元组(例如,121)可以包括一个或更多个单元或单元模块(例如,121A至121C)。根据一些实施方式,单元可以包括至少一种锂金属电极活性材料。在一些实施方式中,每个模块或每个单元组可以具有单个单元。可替代地,每个模块或每个单元组可以包括多个单元,并且可以形成单元“块”或者多个模块或单元组可以一起形成单元块。另外,每个单元(在电池中、在电池组中的所有电池中或在单元组中)或单元组可以利用相同的电学。也就是说,在一些实施方式中,每个单元可以使用相同的阳极活性材料和相同的阴极活性材料。

[0052] 在一些实施方式中,多路复用开关装置(例如112)可以包括开关的阵列,例如下面关于图1B、图3A和图3B进一步描述的那些。另外,多路复用开关装置可以连接至每个单元串

或单元组以及/或者单独地连接至每个模块或单元。在一些实施方式中,控制器例如114可以使用多路复用开关装置来选择性地对串、单元或单元组进行放电。例如,在一些实施方式中,控制器可以使用多路复用开关装置来选择性地一次对一个模块进行脉冲放电,以顺序地移动通过电池内的所有模块。

[0053] 在一些实施方式中,放电可以基于至少一个标准。例如,该标准可以包括对串、单元或单元组进行放电的顺序,例如与单元串或单元组相关联的预定义编号或顺序(例如,从第一串或组开始,通过每个串或组切换到最后一个串或组,并且然后从第一串或组再次开始),以及/或者基于具有下一个最高电压或指示下一个最强的一些其他度量的串、单元或单元组的顺序。发明人已经认识到并理解,使用序列特别是预定义编号可以降低由系统(例如,不是微处理器的控制器)执行的操作的复杂性,并且可以由更广泛的系统阵列使用。

[0054] 在一些实施方式中,控制器例如114可以包括监测和管理单元串中的至少一个单元串的至少一个单元串控制器(例如,单元串微控制器)。另外,控制器可以包括至少一个电池管理控制器(例如,电池管理微控制器),电池管理控制器被配置成监测和管理电池中的至少一个电池的至少一个参数。例如,单元串微控制器可以监测电池管理系统的所有串,并且在一些实施方式中控制串之间的多路复用(以及串的充电和放电)。另外,在一些实施方式中,电池管理微控制器可以监测单个串,并且多个电池管理微控制器可以与单个单元串微控制器通信。

[0055] 在一些实施方式中,单元串微控制器可以包括用于连接和断开连接串的其自身单独的高电压控制器。可替换地,单个电池管理微控制器可以包括用于其相应的整个串的集成开关,该集成开关可以经由来自单元串微控制器的命令导通或关断串。在一些实施方式中,每个电池管理微控制器可以包括至少一个CAN总线和/或串行总线。

[0056] 在一些实施方式中,电池管理微控制器和单元串微控制器的位置和作用可以互换。例如,单元串微控制器可以通过监测其电压和电流以及通过监测与电池管理微控制器的通信来确定给定串的所需状态。在一些实施方式中,由单元串微控制器生成的切换波形可以确保用于切换的交叠和死区要求适合于电池管理系统的应用(例如,负载要求——电池管理系统可以包括以串联、并联或满足应用的电压和电流要求所需的串联/并联拓扑连接单元串所需的开关多路复用)。另外,电池管理微控制器可以监测和控制串和单元的充电和放电,以确保所有部件的安全操作。电池管理微控制器还可以与终端用户以及内部生产、校准和测试设备通信。

[0057] 在一些实施方式中,控制器例如114可以使用多路复用开关装置来在第一单元串(例如121)的放电与第二单元串(例如122至124中的任何一个)的放电之间进行转换,同时将第一串与第二串之间的电压差保持低于阈值电压差。例如,阈值电压差可以使得由转换产生的浪涌电流为至多15安培。在一些实施方式中,阈值电压差可以使得由转换产生的浪涌电流为至多10安培或者为至多8安培。根据一些实施方式,将串之间的电压差保持低于这样的阈值可以减少电压波动,从而改善或确保负载(例如,电动交通工具的负载)的性能,而无需依赖于预充电电路或类似部件及其相关联的成本、复杂性、体积和重量。

[0058] 在一些实施方式中,阈值电压差可以为第一串或第二串的最大总电压的至多8%。在一些实施方式中,阈值电压差可以为第一串或第二串的最大总电压的至多5%。在一些实施方式中,串的最大总电压可以是该串额定的和/或该串可以具有的最大电压,该最大电压

可以是该串在完全充电时的电压。根据一些实施方式,使用这样的电压差阈值可以减少电压波动,从而改善或确保负载(例如,电动交通工具的负载)的性能,而无需依赖于预充电电路或类似部件及其相关联的成本、复杂性、体积和重量。

[0059] 在一些实施方式中,控制器例如114可以使用多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将电池的整体输出电压保持在窗口内。例如,该窗口可以是负载所要求的输出电压的正负10%,例如60伏。根据一些实施方式,将整体输出电压保持在这样的窗口内可以减少电压波动,从而改善或确保(例如,电动交通工具的)性能,而无需依赖于预充电电路或类似部件及其相关联的成本、复杂性、体积和重量。

[0060] 在一些实施方式中,控制器例如114可以使用多路复用开关装置来在第一单元串的放电与第二单元串的放电之间进行转换,同时将由转换产生的浪涌电流保持低于阈值电流。例如,阈值电流可以为至多15安培。在一些实施方式中,阈值电流可以为至多10安培。

[0061] 在一些实施方式中,阈值电压差使得由转换产生的浪涌电流可以为至多15安培。在一些实施方式中,阈值电压差使得由转换产生的浪涌电流可以为至多10安培。

[0062] 根据一些实施方式,将由转换产生的浪涌电流保持低于阈值电流可以减少电压波动,从而改善或确保(例如,电动交通工具的)性能,而无需依赖于预充电电路或类似部件及其相关联的成本、复杂性、体积和重量。

[0063] 在一些实施方式中,控制器可以基于两个或更多个单元串的相应电压之间的比较来确定从第一串转换至哪个单元串。例如,控制器可以在仅对第一串进行放电的同时,从第一串转换至在测量时具有考虑的或可用的单元串中的最低电压差的单元串。在一些实施方式中,控制器可以转换至在测量时具有单元串中的最高电压的单元串。在一些实施方式中,控制器可以转换至在测量时具有单元串中的最低电压的单元串。发明人已经认识到并理解,转换至最近的单元串可以在许多情况下提供最低增量的最佳机会同时计算上更昂贵,而转换至最高或最低单元串可以是计算上更便宜但是不太准确的替选方案。

[0064] 在一些实施方式中,当第一串的电电压降低至阈值电压时,控制器可以在第一串的放电与第二串的放电之间进行转换。例如,阈值电压可以使得由转换产生的浪涌电流为至多15安培或10安培,或者使得第一串与第二串之间的电压差可以为第一串或第二串的最大总电压的至多8%或5%。根据一些实施方式,在当前正在放电的单元串降低至阈值电压时转换至另一串可以减少电压波动,从而改善或确保(例如,电动交通工具的)性能,而无需依赖于预充电电路或类似部件及其相关联的成本、复杂性、体积和重量。

[0065] 在一些实施方式中,控制器可以使第一串和第二串的放电在时间上交叠,类似于本文讨论的关于单元组的交叠。在一些实施方式中,控制器可以在不同串之间切换期间持续从单元串提供电力,类似于本文讨论的关于单元组的持续提供电力。发明人已经认识到并理解,即使在不同单元串之间的转换期间,这种放电和电力持续的时间交叠也可以维持负载的功率要求,这与常规技术相比可以进一步提高单元的循环寿命。因此,在这样的交叠期间,多个串可以同时放电。另外,这样的交叠可以提供比常规技术可能提供的更平滑的电压转换。

[0066] 在一些实施方式中,控制器可以使用多路复用开关装置来基于至少一个标准控制单元串中的至少一个单元串的脉冲放电的持续时间。例如,标准可以包括负载的需求(例如,负载的功率需求)或者单元串中的至少一个串与单元串中的至少一个其他串之间的电

压差。

[0067] 在一些实施方式中,标准可以包括负载的需求,并且控制器可以使用多路复用开关装置来控制脉冲放电的持续时间在负载的需求减少时更长,以及在负载的需求增加时更短。例如,如果负载的功率需求低(例如,小于额定功率的50%),脉冲放电可以被控制成运行持续1分钟,而如果功率需求高(例如,额定功率的90%或更高),脉冲放电可以被控制成小于1秒,或者在极高需求情况下(例如电动交通工具启动),许多串可以被同时放电。根据一些实施方式,使脉冲放电持续时间与负载需求成反比可以减少电压波动,从而改善或确保(例如,电动交通工具的)性能,而无需依赖于预充电电路或类似部件及其相关联的成本、复杂性、体积和重量。

[0068] 在一些实施方式中,控制器例如114可以使用多路复用开关装置来对在测量时具有第一电压的第一串(例如121)进行放电,在对第一串进行放电的同时尚未对第二串进行放电,然后对第二串也进行放电,该第二串可以具有在考虑的或可用的其他串中与第一电压最接近的第二电压(在同一测量时间,或在前一次的1分钟内的另一时间)。根据一些实施方式,转换至最接近的电压串可以减少电压波动,从而改善或确保(例如,电动交通工具的)性能,而无需依赖于预充电电路或类似部件及其相关联的成本、复杂性、体积和重量。

[0069] 在一些实施方式中,标准可以是上下文敏感的,例如通过考虑以下中的任何一个或更多个:负载与当前连接至该负载的单元组之间的连接的持续时间(在一些实施方式中可以是至少0.01秒)、该连接处的输送放电容量、以及具有一个或更多个参数的函数的值。在某些实施方式中,标准可以不包括单元组的先前放电循环的次数。

[0070] 在一些实施方式中,该函数可以具有参数例如以下中的任何一个或更多个:在负载与单元组之间的若干连接上累积的容量、该连接处的输送放电容量、单元组的电流、单元组和/或至少一个其他单元组的电压、单元组的截止放电电压、单元组的功率、单元组的能量、单元组的充电或放电循环次数、单元组的阻抗、单元组在连接期间的电压衰减率、单元组的温度以及单元组的压力(例如,来自其物理外壳的单元上的压力,其可以指示单元容量,并且将在下面进一步讨论)。根据一些实施方式,单个连接处的输送放电容量可以在标称容量的0.01%至设定标称容量的100%(例如,95%)的范围内。

[0071] 在一些实施方式中,传感器(例如,116)可以测量标准和/或函数的任何参数。例如,传感器可以包括测量给定单元组的电流(以安培为单位)的电流传感器。应当理解,标准可以是复数个或单数个,并且可以涉及当前放电的单元组以及/或者可以确定下一个单元组。

[0072] 在一些实施方式中,控制器(例如,114)可以包括可以是适合于应用的任何复杂度的一个或更多个处理器。例如,在一些实施方式中,评估标准的功能可以依赖于形成控制器的部分或全部的微处理器。可替代地或另外地,控制器可以包括模拟电路和/或与处理器或微处理器相比不那么复杂的逻辑设备。

[0073] 在一些实施方式中,控制器可以使用多路复用开关装置以不同的可编程速率选择性地对单元或单元组进行放电和充电。例如,控制器可以使用多路复用开关装置以第一速率选择性地对串、单元或单元组进行放电,该第一速率是对单元组进行充电的第二速率的至少2倍高(即,放电是充电的两倍快)。可替代地或另外地,进行放电的第一速率可以是对单元组进行充电的第二速率的至少4倍高(即,放电是充电的4倍快)。发明人已经认识到并

理解,这样的放电速率与充电速率的比率可以提高单元的性能和循环寿命。

[0074] 根据一些实施方式,控制器可以使单元组的放电在时间上交叠。例如,在给定单元或单元组停止放电之前,另一单元或单元组可以开始放电。在一些实施方式中,控制器可以在不同组之间切换期间持续从单元组提供电力。发明人已经认识到并理解,即使在不同单元或单元组之间的转换期间,这种放电的时间交叠和持续供电也可以维持负载的功率要求,这与常规的技术相比可以进一步提高单元的循环寿命。因此,在这样的交叠期间,多个电池可以同时放电。另外,这样的交叠可以提供比常规技术可能提供的更平滑的电压转换。

[0075] 在一些实施方式中,负载可以是交通工具的至少一个部件。交通工具可以是适于在陆地、海洋和/或空中行驶的任何合适的交通工具。例如,交通工具可以是汽车、卡车、摩托车、船、直升机、飞机以及/或者任何其他合适类型的交通工具。

[0076] 在一些实施方式中,本公开内容中描述的电化学单元和电池(例如,可充电电池)可以用于向电动交通工具提供电力,或者以其他方式并入电动交通工具中。作为非限制性示例,本公开内容中描述的电化学单元和/或电池(例如,包括锂金属和/或锂合金电化学单元、相变材料和/或多路复用开关装置)的堆叠在某些实施方式中可以用于向电动交通工具的传动系提供电力。交通工具可以是适于在陆地、海洋和/或空中行驶的任何合适的交通工具。例如,交通工具可以是汽车、卡车、摩托车、船、直升机、飞机以及/或者任何其他合适类型的交通工具。

[0077] 可替代地或另外地,控制器可以使用多路复用开关装置(例如,112)来将单元组以负载所采用或需要的拓扑连接至负载。

[0078] 在一些实施方式中,控制器可以使用多路复用开关装置(例如,112)来隔离单个单元以进行放电,而其他单元组不放电。可替代地或另外地,每次可以隔离单个单元。例如,控制器可以使用多路复用开关装置来隔离单个单元组或单个单元以进行放电,而其他单元或单元组不放电。根据一些实施方式(例如,使用顺序放电的情况,但不限于这样的实施方式),针对给定的循环,每个单元可以在任何单元被放电两次之前放电一次。

[0079] 至于充电,在一些实施方式中,控制器可以使用多路复用开关装置来并联地对单元组和/或组内的单元进行充电。例如,单元块、电池或多个电池中的所有单元可以以放电速率的四分之一的速率并联地充电。

[0080] 图1B描绘了具有单元串的代表性电池管理系统。在一些实施方式中,电池管理系统可以包括其中具有单元的单元串(例如,121)或模块(例如,121A至121F)的集合。例如,每个单元串可以包括分开布置或在模块中组合在一起的两个或更多个单元。在一些实施方式中,两个或更多个单元串可以包括四的倍数个单元串,例如8串、12串、16串等。

[0081] 在一些实施方式中,代表性电池管理系统可以包括设置在一个或更多个串之间的开关(例如,181至184)的阵列、连接至负载(例如,229)的输入/输出母线以及诸如平衡轨的平衡件(例如,160),并且所述开关可以连接至这些中的每一者。例如,开关(如181)可以永久地连接至串(例如,121),并且可切换地连接至输入/输出母线和平衡件(例如,160)。在一些实施方式中,开关阵列可以将单元串与电池组输入/输出母线连接或隔离,开关阵列可以将单元串连接至平衡电阻器或者将单元串与平衡电阻器断开连接,平衡电阻器可以与其他串共享平衡轨。

[0082] 在一些实施方式中,平衡轨可以包括设置在开关与主平衡轨之间的电阻器(例如,

171至174)。在一些实施方式中,开关可以是多路复用开关装置(例如,图1A中所示的112)的一部分。另外,平衡轨可以连接至多路复用开关装置。在一些实施方式中,可以不包括或不需要平衡轨,例如在图6B所示的系统中。

[0083] 在一些实施方式中,代表性电池管理系统可以包括例如在串的和与开关相反的端部上的熔断器(例如191至198)。

[0084] 在一些实施方式中,代表性电池管理系统可以包括至少一个控制器(例如,图1A中所示的114),该控制器可以使用多路复用开关装置(例如,图1A中所示的112)来选择性地对单元串进行放电。另外,控制器可以使用多路复用开关装置来选择性地将单元串连接至平衡轨或与平衡轨断开连接。

[0085] 在一些实施方式中,单元串中的至少一个单元串可以具有至少60伏的标称电压,这可以将其归类为“高电压”。可替代地或另外地,串中的至少一个串可以具有200伏与2000伏之间的标称电压。

[0086] 在一些实施方式中,控制器(例如,图1A中所示的114)可以使用多路复用开关装置(例如,图1A中所示的112)来通过调整切换时间和/或切换状态维持单元串之间的均衡荷电状态。在一些实施方式中,控制器可以使用多路复用开关装置来在至少一个电池的使用期间保持单元串中的至少一个单元串连接至平衡轨。在一些实施方式中,在电池管理系统被装运或储存时,所有单元串可以断开连接。

[0087] 图1C至图1G描绘了在代表性充电序列期间的代表性电池管理系统。在一些实施方式中,电池管理系统可以包括其中具有单元的单元组或单元串(例如,121)或者模块的集合,如本文所描述的。在一些实施方式中,代表性电池管理系统可以包括设置在一个或多个串与诸如平衡轨的平衡件(例如,160)之间的开关(例如,181至184)的阵列,并且所述开关可以连接至这些中的每一者,如本文所描述的。在一些实施方式中,平衡轨可以包括设置在开关与主平衡轨之间的电阻器(例如,171至174)。在一些实施方式中,开关可以是多路复用开关装置(例如,图1A中所示的112)的一部分。另外,平衡轨可以连接至多路复用开关装置。

[0088] 图1C描绘了电池管理系统在空闲模式下启动,其中,所有开关(例如,181至184)连接至平衡轨(例如,160)。图1D描绘了在充电开始时的电池管理系统,其中,在一些实施方式中,开关可以从平衡轨移动到负母线。在一些实施方式中,用于充电的能量可以进入负电路系统,以同时对所有单元组或单元串进行充电。图1E描述了一次同时对所有单元组或单元串进行能量充电。图1F描绘了在稍后阶段例如当单元组或单元串均被充电到约25%至50%时,一次对所有单元组或单元串进行能量充电。图1G描绘了当在一些实施方式中开关可以连接至平衡轨(例如,开关可以从负母线移动到平衡轨)时,在充电完成(例如,单元组或单元串被充电到约100%)时的电池管理系统。

[0089] 图1H至图1K描绘了在代表性放电序列期间的代表性电池管理系统。图1H描绘了在例如一个单元组或单元串可以放电(例如,经由脉冲放电)10秒至30秒而其他单元组或单元串为空闲时的代表性电池管理系统。图1I描绘了在对第一单元组或单元串放电后在串联的下一单元组或单元串放电10秒至30秒而其他单元组或单元串为空闲时的代表性电池管理系统。图1J描绘了在例如下一个单元组或单元串可以放电10至30秒而其他单元组或单元串为空闲时的代表性电池管理系统。图1K描绘了在例如最后的单元组或单元串可以放电10至30

秒而其他单元组或单元串为空闲时的代表性电池管理系统。在一些实施方式中,放电可以持续进行直到需要充电序列为止,这可以在不同的充电水平处发生。

[0090] 图2描绘了代表性电池组210。在一些实施方式中,代表性电池组210可以包括开关控制系统(例如,218)和一个或多个电池(例如,120、130、140、150等)。应当理解,虽然图2中示出了仅单个开关控制系统218和仅四个电池120至150,但是可以使用任何合适数目的这些部件。可以采用多种不同实现方式的模式中的任何一种。此外,虽然本文使用单数形式的标记来指代开关控制系统,但是应当理解,本文描述的用于控制和切换的部件可以分布在任何合适数目的设备(例如,开关、控制器等)上。

[0091] 在一些实施方式中,开关控制系统(例如,218)可以包括开关的阵列,例如下面关于图3A和图3B进一步描述的那些,并且开关控制系统可以包括控制器。另外,开关控制系统可以单独地连接至每个单元组和/或电池的每个单元,如上面关于图1A所讨论的。在一些实施方式中,开关控制系统可以集成到电池组中。另外,开关控制系统可以控制开关(例如开关阵列中的开关)以顺序地(例如以与单元或单元组相关联的预定义顺序)对单元或单元组进行放电。可替代地或另外地,开关控制系统可以基于以下中的任何一个或多个来控制开关以对单元或单元组进行放电:负载与当前连接至负载的单元组之间的连接的持续时间(在一些实施方式中可以是至少0.01秒)、该连接处的输送放电容量以及函数的值。在某些实施方式中,针对控制的基础可以不包括单元组的先前放电循环的次数。

[0092] 根据一些实施方式,开关控制系统可以执行任何数目的其他功能,例如以上关于图1A描述的控制器的功能。

[0093] 应当理解,代表性系统100或代表性电池组210的任何部件都可以使用硬件和/或软件部件的任何合适的组合来实现。如此,各种部件可以被认为是可以采用硬件和/或软件部件的任何合适的集合来执行所描述的功能的控制器。

[0094] 图3A描绘了代表性电池管理系统300。在一些实施方式中,代表性系统300可以包括可以为如本文描述的单元串的任何合适数目的多单元块(例如,321至325)、可以为串布置和平衡开关配置的电池单元块布置和平衡开关配置(例如,326)、可以为单元串微控制器的微控制器(例如,327)、电池系统接口(例如,328)、电池功率端子(例如,329)以及传感器(例如,360)。多单元块可以连接至电池单元块布置和平衡开关配置。多单元块也可以连接至电池管理微控制器。在一些实施方式中,单元串可以连接至串布置和平衡开关配置并且连接至单独的电池管理微控制器,然后可以连接至串微控制器,如本文所描述的。

[0095] 在一些实施方式中,电池单元块布置和平衡开关配置可以包括开关多路复用,所述开关多路复用可以以串联、并联、串联/并联或满足给定应用或负载的电压和电流要求所需的任何其他合适的拓扑来连接单元块(例如,321至325)。

[0096] 根据一些实施方式,电池管理微控制器可以监测和控制电池管理系统的充电和放电,以确保系统及其部件的安全操作。另外,电池管理微控制器可以与用户(例如,使用系统给负载供电的消费者)以及任何合适的内部生产、校准和测试设备通信。例如,电池管理微控制器可以连接至电池系统接口(例如,328),所述电池系统接口可以提供电池管理微控制器与用户以及内部生产、校准和测试设备以及任何其他合适的实体通信所需的接口。

[0097] 在一些实施方式中,传感器可以连接至电池单元块布置和平衡开关配置、电池管理微控制器和/或电池功率端子,并且传感器可以测量多单元块和/或系统的任何其他部件

的属性。例如,传感器可以测量形成标准的多单元块的属性和/或如上所述的函数的任何参数。例如,传感器可以包括测量给定单元组的电流(以安培为单位)的电流传感器。

[0098] 应当理解,虽然电池单元块布置和平衡开关配置326、微控制器327、电池系统接口328以及传感器360以单数形式出现,并且在图3A中示出了仅五个多单元块321至325,但是可以使用任何合适数目的这些部件,并且它们可以代表多个部件。可以采用多种不同实现方式的模式中的任何一种。实际上,虽然本文使用单数形式的标记来指代电池单元块布置和平衡开关配置,但是应当理解,用于本文描述的布置和平衡开关的部件可以分布在任何合适数目的设备(例如,开关)上。

[0099] 图3B描绘了代表性单元组和对应的部件。在一些实施方式中,代表性单元组可以包括任何合适数目的单元(例如,321A至321C),并且可以构成例如以上所描述的多单元块。另外,代表性单元组可以包括单元多路复用开关(例如,326A1)、单元平衡开关和电阻器(例如,326A2)、单元块微控制器(例如,327A)、电池管理微控制器接口(例如,328A)、传感器(例如,360A)以及用于单元组的输入/输出母线(例如,321I0)。在一些实施方式中,单元可以连接至单元平衡开关和电阻器,单元平衡开关和电阻器可以连接至单元多路复用开关。

[0100] 在一些实施方式中,每个单元(例如,321A至321C中的每一个)可以连接至单元多路复用开关的阵列,所述单元多路复用开关的阵列可以将给定的单元与输入/输出母线(例如,321I0)连接或隔离,并且可以将给定的单元连接至与其他单元共享平衡母线的平衡电阻器(例如,326A2中的电阻器之一)或从所述平衡电阻器断开连接。另外,在放电模式下,一个单元(例如,321A)可以连接至输入/输出母线,并且从平衡电阻器断开连接。剩余的单元(例如,321B至321C)可以从输入/输出母线断开连接,并且连接至对应的平衡电阻器。另外,在充电模式下,对于一些实施方式,所有单元(例如,321A至321C)可以连接至输入/输出母线,并且从平衡电阻器326A2断开连接。

[0101] 根据一些实施方式,单元块微控制器(例如,327A)可以生成切换波形,以确保针对切换的交叠和死区要求适合于应用或负载。另外,单元块微控制器可以通过监测单元块的电压和电流以及通过从电池管理微控制器(例如,图3A中的327)接收通信来确定应用或负载所需的状态,单元块微控制器可以经由电池管理微控制器接口连接至电池管理微控制器。

[0102] 图3C是根据一组实施方式的向电化学单元(例如,321A)施加各向异性力的电化学系统的示例性截面示意图。本文使用的术语“电化学单元”通常是指被配置成参与电化学反应以产生电力的阳极、阴极以及电解质。电化学单元可以是可重复充电的或不可重复充电的。

[0103] 在图3C中,系统可以包括电化学单元321A,并且在一些实施方式中,包括包含与电化学单元321A相关联的流体的压力分配器334。压力分配器334可以被配置成使得各向异性力通过压力分配器334被施加至电化学单元321A的部件。例如,在图3C所示的该组实施方式中,压力传送器336可以被配置成向压力分配器334施加各向异性力,压力分配器334又使各向异性力被施加至电化学单元321A的至少一个部件(例如,电极)。系统还可以包括电化学单元位于其上的基板332。基板332可以包括例如桌面、容纳电化学单元321A的容器表面或任何其他合适的表面。

[0104] 压力分配器334可以以各种合适的配置与电化学单元321A相关联,以产生本文描

述的本发明的系统和方法。如本文所使用的,当被施加至压力分配器和/或通过压力分配器施加的力的至少一部分可以传送至电化学单元的部件时,压力分配器与电化学单元相关联。例如,在某些实施方式中,当压力分配器与电化学单元或其部件直接接触时,压力分配器与电化学单元相关联。通常,当第一物品与第二物品直接接触时,第一物品与第二物品直接接触。例如,在图3C中,压力分配器334与电化学单元321A直接接触。

[0105] 在某些实施方式中,当压力分配器与电化学单元的至少一个部件间接接触时,压力分配器与电化学单元相关联。通常,当可以在第一物品与第二物品之间追踪仅与固体和/或液体部件相交的路径时,第一物品与第二物品间接接触。在某些实施方式中,这样的路径可以是基本直线的形式。在某些实施方式中,当一种或更多种固体和/或液体材料位于压力分配器与电化学单元之间但是力仍然可以通过压力分配器传送至电化学单元时,压力分配器可以与电化学单元间接接触。

[0106] 在某些实施方式中,当压力分配器位于至少部分地(例如,完全地)封闭电化学单元的部件的容器的边界内时,压力分配器与电化学单元相关联。例如,在某些实施方式中,压力分配器334可以位于电极与至少部分地封闭电化学单元的容器之间。在某些实施方式中,压力分配器334可以位于集电器与至少部分地封闭电化学单元的容器之间。在一些实施方式中,压力分配器334可以用作集电器,例如位于电化学单元的电极附近并且在至少部分地包含电池的电极和电解质的容器内。这可以例如通过由足够导电以将电子传输至电化学单元的电极和/或从电化学单元的电极传输电子的材料(例如,金属例如金属箔、导电聚合物等)制造压力分配器334来实现。

[0107] 在一些实施方式中,当压力分配器位于至少部分地(例如,完全地)封闭电化学单元的部件的容器的边界之外时,压力分配器与电化学单元相关联。例如,在某些实施方式中,压力分配器334可以被定位成与至少部分地封闭电化学单元的电极和电解质的容器的外表面直接或间接接触。

[0108] 在某些实施方式中,压力分配器可以位于离电化学单元的至少一个电极相对短的距离处。例如,在某些实施方式中,压力分配器与电化学单元的电极之间的最短距离小于该电极的最大截面尺寸的约10倍、约5倍、约2倍、约1倍、约0.5倍或约0.25倍。

[0109] 在一些实施方式中,压力分配器可以与电化学单元的特定电极(例如,阳极)相关联。例如,压力分配器可以与电化学单元的电极(例如,阳极例如包括锂的阳极)直接或间接接触。在某些实施方式中,压力分配器可以位于至少部分地包含电极的容器的外部,但仍然与电极相关联,例如,当仅液体和/或固体部件将电极与压力分配器分开时。例如,在其中压力分配器被定位成与至少部分地封闭电极和液体电解质的容器直接或间接接触的某些实施方式中,压力分配器将与电极相关联。

[0110] 在某些实施方式中,可以通过压力分配器334向电化学单元321A或电化学单元321A的部件(例如,电化学单元的电极)施加力。如本文所使用的,当第二部件(例如,压力分配器)至少部分地将力从力的源传送至第一部件(例如,电化学单元)时,力通过第二部件施加至第一部件。

[0111] 力可以以多种方式通过压力分配器施加至电化学单元或其部件。在某些实施方式中,向压力分配器施加力包括向压力分配器的外表面施加力。这可以例如经由压力传送器336来实现。例如,在图3C中,压力传送器336可以被定位成通过向压力分配器334的表面340

施加力来通过压力分配器334向电化学单元321A施加各向异性力。如本文所使用的,当第一部件和第二部件被定位成使得施加至第一部件和/或通过第一部件施加的力的至少一部分可以传送至第二部件时,第一部件被定位成向第二部件施加各向异性力。在某些实施方式中,压力传送器与压力分配器直接接触。在一些实施方式中,一种或更多种材料(例如,一种或更多种固体和/或液体材料)被定位在压力传送器与压力分配器之间,但是力仍然可以由压力传送器施加至压力分配器。在某些实施方式中,压力传送器与压力分配器可以间接接触,使得可以通过固体和/或液体材料追踪从压力分配器到电化学单元321A的连续路径。在某些实施方式中,这样的路径可以基本上(例如,完全)是直的。

[0112] 在图3C所示的该组实施方式中,压力传送器336和电化学单元321A被定位在压力分配器334的相反侧。因此,当各向异性力(例如,沿箭头150方向各向异性力)被施加至表面340和/或通过压力传送器336施加至表面340时,该力可以通过压力分配器334传送至电化学单元321A的表面342上,并且传送至电化学单元321A的部件。

[0113] 在一些实施方式中,向压力分配器施加力包括向压力分配器的内表面施加力。例如,在某些实施方式中,可以通过维持和/或增加压力分配器内的流体的压力来通过压力分配器向电化学单元施加力。在图3C所示的该组实施方式中,可以借助于通过压力分配器334的入口(未示出)输送另外的流体(例如,通过给压力分配器334充气)来通过压力分配器334向电化学单元321A施加力。在一些这样的实施方式中,当压力分配器内的压力被维持和/或增加时,压力传送器的移动可以被限制,使得在电化学单元的外表面和/或电化学单元的部件(例如,电化学单元内的电极的活性表面)上产生力。例如,在图3C中,随着另外的流体被添加至压力分配器334,压力传送器336可以被配置成限制压力分配器334的边界的移动,使得力被施加至电化学单元321A的表面342。

[0114] 在某些实施方式中,可以在压力分配器334被定位在电化学单元321A与压力传送器336之间之前将流体添加至压力分配器334。在添加流体之后,压力分配器334可以被压缩并定位在电化学单元321A与压力传送器336之间,在这之后,压力分配器334内的流体的压缩可以产生施加至电化学单元321A的表面342(并且因此施加至电化学单元的一个或更多个部件的表面,例如电极的活性表面)的力。根据本公开内容,本领域的普通技术人员将能够设计另外的系统和方法,通过该系统和方法,力可以通过压力分配器施加至电化学单元。

[0115] 压力分配器334内的流体可以使得通过压力分配器334传送的压力能够相对均匀地施加在电化学单元321A的表面342上(并且因此相对均匀地施加在电化学单元的一个或更多个部件的表面例如电极的活性表面上)。不希望受任何特定理论的约束,认为压力分配器334内的流体的存在减少和/或消除了表面342上的相对高的压力的点,因为相对高压力的区域内的流体被输送至相对低压力的区域。

[0116] 在一些实施方式中,如果压力传送器的外表面与电化学单元或其容器的外表面适当对齐,则可以提高压力分配器均匀地分配施加至电化学单元的力的程度。例如,在图3C所示的该组实施方式中,压力传送器336的外表面340面向电化学单元321A的外表面342。在某些实施方式中,压力传送器的外表面基本上平行于力施加至的电化学单元的外表面。例如,在图3C所示的该组实施方式中,压力传送器336的外表面340基本上平行于电化学单元321A的外表面342。如本文所使用的,当两个表面形成不大于约10度的角度时,两个表面基本上彼此平行。在某些实施方式中,两个基本上平行的表面形成不大于约5度、不大于约3度、不

大于约1度或不大于约0.1度的角度。

[0117] 压力分配器可以有多种合适的形式。在某些实施方式中,压力分配器可以包括其中包含流体的袋或其他合适的容器。在一些实施方式中,压力分配器可以包括被配置成沿着向压力分配器施加力的方向变形的波纹管。

[0118] 压力分配器容器可以由多种材料制成。在某些实施方式中,压力分配器容器可以包括柔性材料。例如,在某些实施方式中,压力分配器容器可以包括聚合物,例如聚乙烯(例如,线性低密度和/或超低密度聚乙烯)、聚丙烯、聚氯乙烯、聚二氯乙烯、聚偏二氯乙烯、乙烯乙酸乙烯酯、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸酯、聚乙烯醇、尼龙、硅橡胶(例如,聚二甲基硅氧烷)和/或其他天然或合成橡胶或塑料。在某些实施方式中(例如,在气体被用作压力分配器内的流体的实施方式中),压力分配器容器可以包括金属层(例如,铝金属层),所述金属层可以提高流体(例如,气体)保留在压力分配器内的程度。在某些实施方式中,使用柔性材料可能是有利的,因为它们可以使得能够相对容易地重新分配压力分配器的内容物,从而提高力被均匀地施加的程度。

[0119] 在一些实施方式中,压力分配器可以包括弹性材料。在某些实施方式中,可以选择制造压力分配器的材料的弹性,使得压力分配器将施加至压力分配器的期望量的力传送至相邻部件。举例说明,在某些情况下,如果压力分配器由非常柔软的材料制成,则施加至压力分配器的相对高百分比的力可能用于使压力分配器材料弹性地变形,而不是被传送至相邻的电化学单元。在某些实施方式中,压力分配器可以由杨氏模量小于约1GPa的材料形成。本领域普通技术人员能够通过进行例如张力测试(有时也被称为拉伸测试)来测量给定材料的杨氏模量。可以使用的示例性弹性聚合物(即,弹性体)包括硅酮聚合物、环氧聚合物以及丙烯酸酯聚合物的一般类别。

[0120] 在某些实施方式中,压力分配器包括包含流体的封闭容器。在某些实施方式中,压力分配器可以包括包含流体的开口容器。例如,在一些实施方式中,压力分配器包括与下述设备流体连接的容器,所述设备被构造和布置成输送流体通过压力分配器,如下面更详细描述。

[0121] 多种流体可以与压力分配器相关联地使用。如本文使用的,“流体”通常是指倾向于流动且顺应其容器轮廓的物质。流体的示例包括液体、气体、凝胶、粘弹性流体、溶液、悬浮液、流化颗粒等。通常,流体是不能承受静态剪切应力的材料,并且当施加剪切应力时,流体经历持续且永久的变形。流体可以具有允许所施加的力的流动和重新分配的任何合适的粘度。

[0122] 在某些实施方式中,压力分配器内的流体包括气体(例如空气、氮气、稀有气体(例如,氦气、氖气、氩气、氪气、氙气)、气体制冷剂或它们的混合物)。在某些实施方式中,压力分配器内的气体可以包括相对高的分子量(例如,至少约100g/mol),这可以限制气体渗透通过压力分配器壁的程度。在一些实施方式中,压力分配器内的流体包括液体,包括但不限于水、电解质(例如,与电化学单元中使用的液体电解质相似或相同的液体电解质)、润滑脂(例如,凡士林、特氟隆润滑脂、硅酮润滑脂)、油(例如,矿物油)等。在某些实施方式中,压力分配器内的流体包括凝胶。适用于在压力分配器中使用的凝胶包括但不限于水凝胶(例如,硅凝胶)、有机凝胶或干凝胶。在某些实施方式中,流体包括固体颗粒(例如,沙子、粉末等)的流化床。流化可以例如通过使气体和/或液体穿过颗粒和/或通过振动颗粒所位于的基板

使得颗粒相对于彼此移动来实现。

[0123] 与压力分配器相关联地使用的流体可以具有任何合适的粘度。在某些实施方式中,可以在压力分配器内使用牛顿流体,虽然一些实施方式不限于此,并且也可以使用非牛顿流体(例如,剪切稀化流体、剪切增稠流体等)。在某些实施方式中,压力分配器可以包含在室温下稳态剪切粘度小于约 1×10^7 厘泊(cP)、小于约 1×10^6 cP、小于约 1×10^5 cP、小于约1000cP、小于约100cP、小于约10cP或小于约1cP(并且在一些实施方式中,大于约0.001cP、大于约0.01cP或大于约0.1cP)的牛顿流体。

[0124] 在某些实施方式中,可以选择压力分配器内的流体,使得其适于被输送到压力分配器中和/或从压力分配器中输送出来。例如,在某些实施方式中,流体可以被输送到压力分配器中,以向电化学单元施加各向异性力(例如,当压力分配器被定位在电化学单元与压力分配器之间时,通过压缩压力分配器中的流体来施加)。作为另一示例,流体可以被输送到压力分配器中和/或从压力分配器输送出来,以将热量传递至系统的部件和/或从系统的部件传递走。

[0125] 压力分配器336也可以采用多种配置。在某些实施方式中,压力分配器336可以相对于电化学单元321A移动。在一些这样的实施方式中,通过将压力分配器336移动得更靠近电化学单元321A和/或维持电化学单元321A与压力分配器336之间的分离,可以通过压力分配器334向电化学单元321A施加力。作为一个特定示例,在一些实施方式中,压力分配器336包括压缩弹簧、第一施加器结构以及第二施加器结构。第一施加器结构可以对应于例如刚性材料的平板或任何其他合适的结构。第二施加器结构可以对应于例如刚性材料的第二板、容纳电化学单元的容器的壁的一部分或任何其他合适的结构。在一些实施方式中,当压缩弹簧在施加器结构与施加器结构之间被压缩时,可以向电化学单元321A的表面342施加力。在某些实施方式中,可以使用贝氏垫圈、机器螺钉、气动装置、重物、气缸以及/或者液压缸来代替压缩弹簧或作为压缩弹簧的补充。在一些实施方式中,可以使用布置在电化学单元的一个或更多个外表面周围的收缩元件(例如,弹性带、螺丝扣带等)来向电化学单元施加力。例如,在Scordilis-Kelley等人于2009年8月4日提交的题为“Application of Force in Electrochemical Cells”的美国专利公开第2010/0035128号中描述了用于向电化学单元施加力的多种合适的方法,出于所有的目的,该美国专利的全部内容通过引用并入本文。

[0126] 在某些实施方式中,压力分配器336相对于电化学单元321A基本上不可移动,并且可以例如通过对压力分配器334加压来向电化学单元施加力。在一些这样的实施方式中,对压力分配器334加压可以致使向电化学单元施加力,因为基本上不可移动的压力分配器336限制了压力分配器334的一个或更多个边界的移动,从而向电化学单元321A施加各向异性力。

[0127] 在某些实施方式中,压力分配器包括基本上刚性的结构(例如,封装电化学单元的封装件)的全部或部分,并且压力分配器的移动可以受到基本上刚性的结构不可弯曲的程度的限制。在某些实施方式中,压力分配器可以包括与系统的其他部件的至少一部分集成的结构,该结构可以限制其移动。例如,在某些实施方式中,压力分配器可以包括电化学单元321A和压力分配器334位于其内的封装件的一个或更多个壁的至少一部分。作为一个特定示例,压力分配器336可以形成包含电化学单元321A的封装件的第一壁,而基板332形成封装件的第二壁(例如,与第一壁相对)。在某些实施方式中,可以通过在压力分配器内和/或压力分配器上施加力使得其移动被限制来限制压力分配器336的移动。在这些情况的任

一种下,在某些实施方式中,可以通过向压力分配器334中添加流体和/或维持压力分配器334内的流体量来向电化学单元施加力。

[0128] 图3C示出了使用单个压力传送器和单个压力分配器来向电化学单元施加力的一组实施方式。然而,在某些实施方式中,可以采用多于一个的压力分配器和/或多于一个的压力传送器。例如,在一些实施方式中,该系统包括位于电化学单元321A下方的第二压力分配器和位于第二压力分配器下方的第二压力传送器。在某些实施方式中,可以例如通过将力施加至第二压力传送器和/或通过第二压力传送器并施加至第二压力分配器的表面上来通过第二压力分配器将基本均匀分布的力施加至电化学单元321A的外表面。

[0129] 在一些实施方式中,流体可以被输送到压力分配器中以及/或者从压力分配器输送出来,以将热量输送至电化学单元321A以及/或者从电化学单元321A输送出来。例如,压力分配器334可以包括被配置成通过压力分配器334输送流体的入口和出口。当流体被输送通过压力分配器334时,它可以从电化学单元321A吸收热量,并且通过出口将其输送离开系统。例如,可以使用任何合适的装置来通过压力分配器例如泵、真空容器或任何其他合适的装置输送流体。

[0130] 在某些实施方式中,可以选择与压力分配器相关联地使用的流体,使得其将系统冷却或加热至期望的程度。例如,在某些实施方式中,压力分配器内的流体可以包括冷却剂,例如水、乙二醇、二甘醇、丙二醇、聚亚烷基二醇(PAG)、油(例如,矿物油、蓖麻油、硅油、氟碳油和/或制冷剂(例如氟利昂、含氯氟烃、全氟化碳等))。

[0131] 本文描述的实施方式可以与各种电化学单元一起使用。虽然初级(primary)(一次性的)电化学单元和次级(secondary)(可再充电的)电化学单元可以与本文所述的实施方式相关联地使用,但是一些实施方式有利地利用了次级电化学单元,例如,由于在(再)充电过程中均匀施力所提供的益处。在某些实施方式中,电化学单元包括锂基电化学单元例如锂硫电化学单元(以及多个单元的组件,例如其电池)。

[0132] 虽然一些实施方式可以在各种各样的电化学设备中找到用途,但是仅出于示例的目的,图3D中提供了一个这样的设备的示例。在图3D中,电化学单元321A的一般实施方式包括阴极310、阳极312以及与阴极和阳极电化学连通的电解质314。

[0133] 在一些情况下,电化学单元321A可以可选地至少部分地被安全壳(containment)结构316包含。安全壳结构316可以包括各种形状,包括但不限于圆柱形、棱柱形(例如,三棱柱、矩形棱柱等)、立方体或任何其他形状。在某些实施方式中,通过将压力分配器以与表面318A和/或表面318B直接或间接接触的方式定位在安全壳结构316外部可以将压力分配器与电化学单元321A相关联。当以这种方式定位时,如以上所描述的,压力分配器可以被配置成向安全壳结构316的表面318A和/或318B直接或间接地施加力。在某些实施方式中,压力分配器可以被定位在阴极310与安全壳结构316之间,或者阳极312与安全壳结构316之间。在一些这样的实施方式中,安全壳结构可以充当压力传送器以及/或者单独的压力传送器可以被配置成经由安全壳结构向压力分配器施加力。

[0134] 典型的电化学单元系统当然还包括集电器、外部电路等。本领域普通技术人员充分意识到可以与如附图所示和本文所述的一般示意性布置一起使用的许多布置。

[0135] 在一些情况下,电化学单元321A的部件可以被组装,使得电解质以平面构造位于阴极与阳极之间。例如,在图3D所示的实施方式中,电化学单元321A的阴极310基本上是平

面的。可以例如通过在平面基板例如金属箔或其他合适的基板上涂覆阴极浆料来形成基本上平面的阴极,所述平面基板可以包括在电化学单元321A的组件中(虽然在图3D中未示出),或者在电化学单元的组装之前从阴极310移除。此外,在图3D中,阳极312被示出为基本上平面的。可以例如通过形成金属锂片、通过在平面基板上形成阳极浆料或通过任何其他合适的方法来形成基本上平面的阳极。电解质314在图3D中也示出为基本上是平面的。

[0136] 在某些实施方式中,电化学单元321A可以包括电极,该电极包括金属例如元素金属和/或金属合金。作为一个特定示例,在某些实施方式中,电化学单元321A可以包括包含元素锂(例如,元素锂金属和/或锂合金)的阳极。在某些实施方式中,施加至电化学单元的各向异性力足够大,使得力的施加影响电化学单元的电极内的金属的表面形态,如下文更详细描述。

[0137] 虽然图3D示出了以平面结构布置的电化学电池,但是应当理解,可以采用一些实施方式的原理以任何结构构造任何电化学单元布置。除了图3D所示的形状之外,本文所描述的电化学单元可以是任何其他形状,包括但不限于圆柱形、折叠多层结构、棱柱形(例如,三棱柱、矩形棱柱等)、“瑞士卷”、非平面多层结构等。在Affinito等人于2006年4月6日提交的题为“Electrode Protection in both Aqueous and Non-Aqueous Electrochemical Cells, including Rechargeable Lithium Batteries”的美国专利申请第11/400,025号中描述了另外的配置,该美国专利申请的全部内容通过引用并入本文。

[0138] 在一些实施方式中,阴极和/或阳极包括至少一个活性表面。如本文所使用的,术语“活性表面”用于描述与电解质物理接触且可以发生电化学反应的电极表面。例如,在图3D所示的该组实施方式中,阴极310包括阴极活性表面320,以及阳极312包括阳极活性表面322。

[0139] 在某些实施方式中,施加至压力传送器336和/或通过压力分配器334(并且在某些情况下最终施加至电化学单元321A的表面342)的各向异性力包括与电化学单元内的电极(例如,阳极例如包含锂金属的阳极)的活性表面垂直的分量。因此,通过压力分配器334向电化学单元施加各向异性力会致使向电化学单元内的电极(例如,阳极)的活性表面施加各向异性力。在平面电极表面的情况下,所施加的力可以包括具有垂直于在施加力的点处的电极活性表面的分量的各向异性力。例如,参照图3C和图3D所示的该组实施方式,沿箭头370的方向的各向异性力可以通过压力分配器334施加至电化学单元321A。沿箭头370的方向施加的各向异性力将包括垂直于阳极活性表面322和垂直于阴极活性表面320的分量372。此外,沿箭头370的方向施加的各向异性力将包括不垂直于(并且实际上平行于)阳极活性表面322和阴极活性表面320的分量374。

[0140] 在曲面(例如,凹面或凸面)的情况下,施加至电化学单元的力可以包括具有垂直于与施加力的点处的曲面相切的平面的分量的各向异性力。

[0141] 在一组实施方式中,系统和方法被配置成使得在单元的充电和/或放电期间的至少一个时段期间将具有垂直于电极(例如,阳极)的活性表面的分量的各向异性力施加至电化学单元。在一些实施方式中,可以在一个时间段内或者在持续时间和/或频率方面可以不同的多个时间段内连续地施加力。

[0142] 在一些实施方式中,所施加的力的幅度足够大以增强电化学单元的性能。在某些实施方式中,可以一起选择电极活性表面(例如,阳极活性表面)和各向异性力,使得各向异

性力影响电极活性表面的表面形态,以抑制通过充电和放电引起的电极活性表面面积的增加,并且其中,在没有各向异性力而是以其他方式基本相同的条件下,电极活性表面面积通过充电和放电循环而增加到更大的程度。在该上下文中,“基本相同的条件”意指除了力的施加和/或幅度之外的类似或相同的条件。例如,以其他方式相同的条件可以意指单元是相同的,但是它不是被(例如,通过支架或其他连接)构造成在主体电化学单元上施加各向异性力的情况。

[0143] 可以一起选择电极活性表面和各向异性力,以实现本文所描述的结果,这对于本领域普通技术人员来说是容易的。例如,在电极活性表面相对软的情况下,垂直于电极活性表面的力的分量可以选择得较低。在电极活性表面较硬的情况下,垂直于电极活性表面的力的分量可以较大。根据本公开内容,本领域普通技术人员可以容易地选择具有已知或可预测性质的阳极材料、合金、混合物等,或者容易地测试这样的表面的硬度或柔软度,并且容易地选择单元构造技术和布置以提供适当的力来实现本文所描述的内容。可以例如通过布置一系列活性材料来进行简单的测试,每个活性材料具有一系列垂直于活性表面施加的力(或具有垂直于活性表面的分量的力),以在不进行单元循环的情况下(用于预测单元循环期间所选择的组合)或者在进行单元循环的情况下通过观察与选择相关的结果确定力在表面上的形态学效果。

[0144] 如上面所提到的,在一些实施方式中,在单元的充电和/或放电期间的至少一个时间段内,将具有垂直于(例如,阳极的)电极活性表面的分量的各向异性力施加到相对于没有各向异性力时表面面积的增加而言有效抑制电极活性表面的表面面积增加的程度。垂直于电极活性表面的各向异性力的分量可以例如限定至少约20、至少约25、至少约35、至少约40、至少约50、至少约75、至少约90、至少约100、至少约125、至少约150、至少约200、至少约300、至少约400或至少约500牛顿每平方厘米的压力。在某些实施方式中,垂直于阳极活性表面的各向异性力的分量可以例如限定小于约500、小于约400、小于约300、小于约200、小于约190、小于约175、小于约150、小于约125、小于约115或小于约110牛顿每平方厘米的压力。虽然力和压力在本文中通常分别以牛顿和牛顿每单位面积为单位来描述,但是力和压力也可以分别以千克力和千克力每单位面积为单位来表示。本领域普通技术人员将熟悉基于千克力的单位,并且将理解1千克力等于约9.8牛顿。

[0145] 在某些实施方式中,垂直于电化学单元内的电极的活性表面的各向异性力的分量限定(例如,在电化学单元的充电和/或放电期间)该电极的屈服应力的至少约50%、至少约75%、至少约100%、至少约120%的压力。在某些实施方式中,垂直于电化学单元内的电极的活性表面的各向异性力的分量限定小于(例如,在电化学单元的充电和/或放电期间)该电极的屈服应力的约250%或小于该电极的屈服应力的约200%的压力。例如,在一些实施方式中,电化学单元可以包括阳极(例如,包含锂金属和/或锂合金的阳极),并且垂直于阳极活性表面的施加的各向异性力的分量可以限定阳极的屈服应力的至少约50%、至少约75%、至少约100%或至少约120%(和/或小于阳极的屈服应力的约250%或小于阳极的屈服应力的约200%)的压力。在一些实施方式中,电化学单元可以包括阴极,并且垂直于阴极活性表面的各向异性力的分量可以限定阴极的屈服应力的至少约50%、至少约75%、至少约100%或至少约120%(和/或小于阴极的屈服应力的约250%或小于阴极的屈服应力的约200%)的压力。

[0146] 在一些情况下,各向异性力可以限定在电化学单元的一个或更多个外表面上和/或在电化学单元内的电极的一个或更多个活性表面上相对均匀的压力。在一些实施方式中,电化学单元的一个或更多个外表面的面积和/或电极(例如,阳极)的一个或更多个活性表面的面积的至少约50%、至少约75%、至少约85%、至少约90%、至少约95%或至少约98%限定了均匀面积,该均匀面积包括由各向异性力限定的基本均匀的压力分布。在该上下文中,“电化学单元的表面”和“电极的表面”指的是电化学单元和电极的几何表面,本领域普通技术人员将理解为其指的是限定电化学单元和电极的外部边界的表面,例如,可以由宏观测量工具(例如,标尺)测量并且不包括内部表面积(例如,多孔材料例如泡沫的孔内的面积,或包含在网内且不限定外边界的那些网纤维的表面积等)的面积。

[0147] 在一些实施方式中,当覆盖了均匀面积(其在前一段中描述)的约10%、约5%、约2%或约1%的任何连续面积包括相对于整个均匀面积上的平均压力而言变化小于约25%、小于约10%、小于约5%、小于约2%或小于约1%的平均压力时,压力在表面上基本上均匀地分布。

[0148] 换句话说,在一些实施方式中,电化学单元的表面面积和/或电极的活性面积的至少约50%(或至少约75%、至少约85%、至少约90%、至少约95%或至少约98%)限定基本上均匀施加压力的第一连续面积,第一面积具有第一平均施加压力。在一些情况下,覆盖电化学单元和/或电极的表面的第一连续面积的约10%(或约5%、约2%或约1%)的任何连续面积包括第二平均施加压力,该第二平均施加压力相对于第一连续面积上的第一平均施加压力而言变化小于约25%(或小于约10%、小于约5%、小于约2%或小于约1%)。

[0149] 本领域普通技术人员将能够例如通过下述确定表面的一部分内的平均施加压力:确定在该表面部分内的代表性数目的点处施加的力水平,根据该表面部分上的位置对施加的压力的三维图进行积分,并且将积分除以该表面部分的表面积。本领域的普通技术人员将能够通过例如使用用于测量压力场的Tekscan I-Scan系统来产生在表面部分上施加的压力的曲线图。

[0150] 本文所描述的电化学单元的阳极可以包括多种阳极活性材料。如本文所使用的,术语“阳极活性材料”是指与阳极相关联的任何电化学生活性物质。例如,阳极可以包括含锂材料,其中,锂是阳极活性材料。在本文所描述的电化学单元的阳极中用作阳极活性材料的合适的电活性材料包括但不限于锂金属,例如沉积在导电基板上的锂箔和锂,以及锂合金(例如,锂铝合金和锂锡合金)。用于将负电极材料(例如,碱金属阳极例如锂)沉积至基板上的方法可以包括诸如热蒸发、溅射、喷射气相沉积和激光烧蚀的方法。可替代地,在阳极包括锂箔或者锂箔和基板的情况下,可以通过本领域已知的层压工艺将它们层压在一起以形成阳极。

[0151] 在一个实施方式中,阳极活性层的电活性含锂材料包括大于按重量计的50%的锂。在另一实施方式中,阳极活性层的电活性含锂材料包括大于按重量计的75%的锂。在又一实施方式中,阳极活性层的电活性含锂材料包括大于按重量计的90%的锂。在例如Scordilis-Kelley等人于2009年8月4日提交的题为“Application of Force in Electrochemical Cells”的美国专利公开第2010/0035128号中描述了适用于在阳极中使用的另外的材料和布置,出于所有目的,该美国专利的全部内容通过引用并入本文。

[0152] 本文所描述的电化学单元中的阴极可以包含多种阴极活性材料。如本文所使用

的,术语“阴极活性材料”是指与阴极相关联的任何电化学活性物质。在一些实施方式中的电化学单元的阴极中用作阴极活性材料的合适的电活性材料包括但不限于一种或更多种金属氧化物、一种或更多种嵌入材料、电活性过渡金属硫属化物、电活性导电聚合物、硫、碳以及/或者其组合。

[0153] 在一些实施方式中,阴极活性材料包括一种或更多种金属氧化物。在一些实施方式中,可以使用嵌入阴极(例如,锂嵌入阴极)。可以嵌入电活性材料的离子(例如,碱金属离子)的合适材料的非限制性示例包括金属氧化物、硫化钛和硫化铁。在一些实施方式中,阴极是包括锂过渡金属氧化物或锂过渡金属磷酸盐的嵌入阴极。附加示例包括 Li_xCoO_2 (例如, $\text{Li}_{1.1}\text{CoO}_2$)、 Li_xNiO_2 、 Li_xMnO_2 、 $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ (例如, $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_2\text{O}_4$)、 Li_xCoPO_4 、 Li_xMnPO_4 、 $\text{LiCo}_x\text{Ni}_{(1-x)}\text{O}_2$ 和 $\text{LiCo}_x\text{Ni}_y\text{Mn}_{(1-x-y)}\text{O}_2$ (例如, $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{3/5}\text{Mn}_{1/5}\text{Co}_{1/5}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{4/5}\text{Mn}_{1/10}\text{Co}_{1/10}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1/2}\text{Mn}_{3/10}\text{Co}_{1/5}\text{O}_2$)。X可以大于或等于0且小于或等于2。当电化学单元完全放电时,X通常大于或等于1且小于或等于2,以及当电化学单元完全充电时,X小于1。在一些实施方式中,完全充电的电化学单元可以具有大于或等于1且小于或等于1.05、大于或等于1且小于或等于1.1、或大于或等于1且小于或等于1.2的x值。另外的示例包括 Li_xNiPO_4 (其中, $(0 < x \leq 1)$)、 $\text{LiMn}_x\text{Ni}_y\text{O}_4$ (其中, $(x+y=2)$) (例如, $\text{LiMn}_{1.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_4$)、 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$ (其中, $(x+y+z=1)$)、 LiFePO_4 及其组合。在一些实施方式中,阴极内的电活性材料包括锂过渡金属磷酸盐(例如, LiFePO_4),其在某些实施方式中可以使用硼酸盐和/或硅酸盐代替。

[0154] 如上所述,在一些实施方式中,阴极活性材料包括一种或更多种硫属化物。如本文所使用的术语“硫属化物”涉及包含氧、硫和硒元素中的一种或更多种元素的化合物。合适的过渡金属硫属化物的示例包括但不限于过渡金属的电活性氧化物、硫化物和硒化物,所述过渡金属选自包括下述的组:Mn、V、Cr、Ti、Fe、Co、Ni、Cu、Y、Zr、Nb、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os和Ir。在一个实施方式中,过渡金属硫属化合物选自包括镍、锰、钴和钒的电活性氧化物以及铁的电活性硫化物的组。在一个实施方式中,阴极包括以下材料中的一种或更多种:二氧化锰、碘、铬酸银、氧化银和五氧化二钒、氧化铜、氧磷酸铜、硫化铅、硫化铜、硫化铁、铋酸铅、三氧化二铋、二氧化钴、氯化铜、二氧化锰和碳。在另一实施方式中,阴极活性层包括电活性导电聚合物。合适的电活性导电聚合物的示例包括但不限于选自包括聚吡咯、聚苯胺、聚苯、聚噻吩和聚乙炔的组的电活性和导电聚合物。导电聚合物的示例包括聚吡咯、聚苯胺和聚乙炔。

[0155] 在一些实施方式中,在本文描述的电化学单元中用作阴极活性材料的电活性材料包括电活性含硫材料。如本文所使用的“电活性含硫材料”涉及包括任何形式的元素硫的阴极活性材料,其中,电化学活性涉及硫原子或部分(moieties)的氧化或还原。如本领域所知,在一些实施方式的实践中有用的电活性含硫材料的性质可以变化很大。例如,在一个实施方式中,电活性含硫材料包括元素硫。在另一实施方式中,电活性含硫材料包括元素硫和含硫聚合物的混合物。因此,合适的电活性含硫材料可以包括但不限于可以是或可以不是聚合的元素硫和包括硫原子和碳原子的有机材料。合适的有机材料包括那些还包括杂原子、导电聚合物链段、复合材料和导电聚合物的材料。

[0156] 在一些实施方式中,阴极活性层的电活性含硫材料包括大于按重量计的50%的硫。在另一实施方式中,电活性含硫材料包括大于按重量计的75%的硫。在又一实施方式中,电活性含硫材料包括大于按重量计的90%的硫。

[0157] 一些实施方式的阴极活性层可以包括按重量计的电活性阴极材料的约20%至100% (例如,在从阴极活性层去除适量的溶剂后和/或在该层被适当固化后测量)。在一个实施方式中,阴极活性层中的电活性含硫材料的量在按重量计的阴极活性层的5%至30%的范围内。在另一实施方式中,阴极活性层中的电活性含硫材料的量在按重量计的阴极活性层的20%至90%的范围内。

[0158] 例如在以下专利中描述了适用于在阴极中使用的另外的材料以及用于制造阴极的合适方法:于1997年5月21日提交的题为“Novel Composite Cathodes,Electrochemical Cells Comprising Novel Composite Cathodes,and Processes for Fabricating Same”的美国专利第5,919,587号和Scordilis-Kelley等人于2009年8月4日提交的题为“Application of Force in Electrochemical Cells”的美国专利公开第2010/0035128号,出于所有目的,上述美国专利中的每一个的全部内容通过引用并入本文。

[0159] 多种电解质可以与本文所描述的电化学单元相关联地使用。在一些实施方式中,电解质可以包括可以或可以不与多孔隔板结合的非固体电解质。如本文所使用的,术语“非固体”用于指不能承受静态剪切应力的材料,并且当施加剪切应力时,非固体经历持续和永久的变形。非固体的示例包括例如液体、可变形凝胶等。

[0160] 在本文所描述的电化学单元中使用的电解质可以用作用于储存和传输离子的介质,并且在固体电解质和凝胶电解质的特殊情况下,这些材料可以另外用作阳极与阴极之间的分隔器。可以使用能够储存和传输离子的任何液体、固体或凝胶材料,只要该材料有助于离子(例如,锂离子)在阳极与阴极之间的传输。例如在以下专利中描述了适用于在电解质中使用的示例性材料:Scordilis-Kelley等人于2009年8月4日提交的题为“Application of Force in Electrochemical Cells”的美国专利公开第2010/0035128号,出于所有目的,上述美国专利的全部内容通过引用并入本文。

[0161] 图4A描述了用于对电池的单元串进行放电的代表性高级处理400A。包括代表性处理400A的动作在以下段落中详细描述。

[0162] 在一些实施方式中,代表性处理400A可以包括动作430A,其中,可以使用多路复用开关装置(例如,以上描述的多路复用开关装置112)选择性地对电池中的单元串进行放电。另外,多路复用开关装置可以连接至至少一个电池(例如,120至150)中的两个或更多个单元串(例如121、122、123和/或124)或模块(例如,121A至121C)。每个单元的组或模块可以包括一个或更多个单元。

[0163] 在一些实施方式中,处理400A然后可以根据需要结束或重复。

[0164] 图4B描绘了用于对电池的单元串进行放电的代表性高级处理400B。包括代表性处理400B的动作在以下段落中详细描述。

[0165] 在一些实施方式中,代表性处理400B可选地可以在动作415处开始,其中,多路复用开关装置可以用于选择性地单元串连接至平衡轨(例如,160)或与平衡轨断开连接。

[0166] 在一些实施方式中,动作415可以可选地包括动作416,其中,多路复用开关装置可以用于将一个或更多个单元串连接至平衡件,以不对这些单元串进行放电,以及将另一单元串连接至输入/输出母线(例如,321I0),以使该单元串对负载放电(例如,229)。

[0167] 在一些实施方式中,动作415可以可选地包括动作417,其中,多路复用开关装置可以用于通过调整切换时间和/或切换状态来维持单元串之间的均衡荷电状态。

[0168] 在一些实施方式中,动作415可以可选地包括动作418,其中,多路复用开关装置可以用于在使用电池期间保持单元串中的至少一个连接至平衡轨。

[0169] 动作416至动作418可以按任何顺序执行。

[0170] 在一些实施方式中,如果已经满足标准,则代表性处理400B可以进行至动作430B,其中,可以使用多路复用开关装置对电池中的下一单元串进行选择性地放电。例如,如果当前正在放电的单元串已经满足一些适当的标准或多个标准,则该单元串可以与负载断开连接,并且下一单元串可以被连接(其中,下一组可以由可以与本文讨论的标准相同或不同的标准或多个标准来确定),如本文所描述的。可替代地,如果不满足标准,则可以继续对该标准进行监测。根据一些实施方式,单个单元与负载之间的连接在持续时间方面可以为至少0.01秒。发明人已经认识到并理解,短于0.01秒的连接持续时间可能令人惊讶地比在0.01秒时产生更多的噪声,并且可能不允许单元的电化学完成任何不可忽略的事情。

[0171] 在一些实施方式中,代表性处理400B然后可以可选地进行至动作432和/或动作434中的任何一个。例如,如果处理400B从动作430B进行至动作432,则可以使用多路复用开关装置以第一速率选择性地对单元组进行放电,该第一速率是对单元组进行充电的第二速率的至少2倍高。

[0172] 可替代地或另外地,处理400B可以从动作430B进行至动作434,其中,多路复用开关装置可以用于以第一速率选择性地对单元组进行放电,该第一速率是对单元组进行充电的第二速率的至少4倍高。

[0173] 应当理解,动作432和/或动作434中的任何一个实际上可以是动作430B的组成部分,虽然它们在图4B中被表示为单独的动作。

[0174] 在一些实施方式中,处理400B然后可以根据需要结束或重复。例如,处理400B可以通过任何合适数目的循环进行重复。根据一些实施方式,针对每个循环或一些循环,每个串或单独的单元可以在任何串或单元被放电两次之前放电一次。

[0175] 图4C描绘了用于对电池的单元组进行放电的代表性高级处理400C。包括代表性处理400C的动作在以下段落中详细描述。

[0176] 在一些实施方式中,代表性处理400C可以包括动作430,其中,可以使用多路复用开关装置(例如,上文描述的多路复用开关装置112)基于至少一个标准选择性地对电池中的单元组进行放电。另外,多路复用开关装置可以连接至至少一个电池(例如,120至150)的两个或更多个单元组(例如121、122、123和/或124)或模块(例如121A至121C)。每个单元组可以包括一个或更多个单元。

[0177] 在一些实施方式中,处理400C然后可以根据需要结束或重复。

[0178] 图4D描绘了用于对电池的单元组进行放电的代表性高级处理400D。包括代表性处理400D的动作在以下段落中详细描述。

[0179] 在一些实施方式中,代表性处理400D可以可选地在动作410处开始,其中,多路复用开关装置可以用于将单元组以负载所采用的拓扑连接至负载。电池(例如,120至150)可以包括单元组(例如,121、122、123和/或124)或模块(例如,121A至121C),并且每个单元组可以包括一个或更多个单元。例如,多路复用开关装置可以以串联、并联、串联/并联或满足负载的电压和电流要求或给定应用或用户的期望所需的任何其他合适的拓扑来将单元连接至负载。

[0180] 在一些实施方式中,代表性处理400D然后可以可选地进行至动作420,其中,可以测量或以其他方式监测与电池或多个电池的单元相关的至少一个标准和/或标准的一些参数以确定是否已经满足该标准,所述电池或多个电池的单元可能已经放电或已经对至少一个单元或单元组进行放电。

[0181] 例如,传感器(例如,图1A中的116)可以测量负载与当前连接至负载的单元组之间的连接处的输送放电容量,或者它可以测量单元组的电流。可替代地或另外地,传感器可以测量以下中任何一项:连接的持续时间(在一些实施方式中可以是至少0.01秒)、在负载与单元组之间的若干连接上累积的容量、单元组和/或至少一个其他单元组的电压、单元组的截止放电电压、单元组的功率、单元组的能量、单元组的充电或放电循环次数、单元组的阻抗、单元组在连接期间的电压衰减率、单元组的温度以及单元组的压力。

[0182] 在一些实施方式中,标准可以包括对单元或单元组进行放电的顺序。可替代地或另外地,该标准可以是具有上述任何参数作为参数的函数的值。根据一些实施方式,该标准不包括单元组的先前放电循环的次数。

[0183] 在一些实施方式中,如果已经满足标准,则代表性处理400D然后可以进行至动作430,其中,可以使用多路复用开关装置(例如,以上描述的多路复用开关装置112)基于该标准选择性地对电池中的下一单元组进行放电。例如,如果当前放电的单元组已经满足任何要求的标准或多个标准,则该单元组可以被断开连接,并且下一单元组可以被连接(其中,下一组可以由可以与以上讨论的标准相同或不同的标准或多个标准来确定),如本文所描述的。可替代地,如果不满足标准,则可以继续对该标准进行监测。根据一些实施方式,单个单元与负载之间的连接在持续时间方面可以为至少0.01秒。发明人已经认识到并理解,短于0.01秒的连接持续时间可能令人惊讶地比在0.01秒时产生更多的噪声,并且可能不允许单元的电化学完成任何不可忽略的事情。

[0184] 在一些实施方式中,代表性处理400D然后可以可选地进行至动作431,其中,可以使用多路复用开关装置来隔离单个单元组以进行放电,而其他单元组不放电。例如,当控制器(例如,图1A中的114)确定单元121B应当被放电时,可以使多路复用开关装置隔离单元121B以进行放电,而单元121A和121C不放电。

[0185] 在一些实施方式中,代表性处理400D然后可以可选地进行至动作432、434、436和/或438中的任何一个。例如,如果处理400D从动作431进行至动作432,则多路复用开关装置可以用于以第一速率选择性地对单元组进行放电,该第一速率是对单元组进行充电的第二速率的至少2倍高。

[0186] 可替代地或另外地,处理400D可以从动作431进行至动作434,其中,多路复用开关装置可以用于以第一速率选择性地对单元组进行放电,该第一速率是对单元组进行充电的第二速率的至少4倍高。

[0187] 可替代地或另外地,处理400D可以从动作431进行至动作436,其中,可以使单元组的放电在时间上交叠,例如如上面所讨论的通过使用多路复用开关装置来实现。

[0188] 可替代地或另外地,处理400D可以从动作431进行至动作438,其中,在不同组之间的切换期间可以持续从单元组提供电力。

[0189] 应当理解,动作431、432、434、436和/或438中的任何一个实际上可以是动作630的组成部分,虽然它们在图4B中被表示为单独的动作。

[0190] 在一些实施方式中,代表性处理400D然后可以可选地进行至动作440,其中,多路复用开关装置可以用于并联地对单元组进行充电,如上文所描述的。

[0191] 根据一些实施方式,任何数目的单元组——包括电池、电池组或系统中的所有单元组——可以同时被放电。例如,对于具有4个单元的电池,所有4个单元(或仅2个或3个)可以同时放电,从而产生负载或应用所希望的并且单元可以产生的任何放电电流。另外,在一些实施方式中,基于至少一个标准例如用于放电的放电电流来选择放电或充电的单元或组的数目。在某些实施方式中,基于至少一个标准例如用于放电的放电电流来选择放电或充电的单元或单元组的数目的顺序。在一些实施方式中,基于至少一个标准例如用于放电的放电电流来选择放电或充电的单元或单元组的数目以及这样做的顺序。

[0192] 在一些实施方式中,处理400D然后可以根据需要结束或重复。例如,处理400D可以通过任何合适数目的循环进行重复。根据一些实施方式,针对每个循环或一些循环,每个单元在任何单元放电两次之前放电一次。

[0193] 图5描绘了用于控制电池组的代表性高级处理500。包括代表性处理500的动作在以下段落中详细描述。

[0194] 在一些实施方式中,代表性处理500可以包括动作530,其中,可以使用集成开关控制系统(例如,通过如上所述的诸如114的控制器)顺序地控制开关以对电池组(例如,210)中的单元组(例如,121、122、123和/或124)或模块(例如,121A至121C)进行放电。另外,多路复用开关装置可以连接至电池或多个电池的两个或更多个单元组。每个单元组可以包括一个或更多个单元。

[0195] 在一些实施方式中,处理500然后可以根据需要结束或重复。

[0196] 图6A描绘了用于控制电池组的代表性高级处理600A。包括代表性处理600A的动作在以下段落中详细描述。

[0197] 在一些实施方式中,代表性处理600A可以包括动作630A,其中,可以使用集成开关控制系统(例如,通过控制器例如以上描述的114)基于标准来控制开关以对电池组(例如,210)中的单元组(例如,121、122、123和/或124)或模块(例如,121A至121C)进行放电。另外,多路复用开关装置可以连接至电池或多个电池的两个或更多个单元组。每个单元组可以包括一个或更多个单元。在一些实施方式中,标准可以包括以下中的任一个:负载与当前连接至该负载的单元组之间的连接的持续时间、该连接处的输送放电容量以及具有一个或更多个参数的函数的值。

[0198] 在一些实施方式中,处理600A然后可以根据需要结束或重复。

[0199] 图6C描绘了用于对电池的单元串进行放电的代表性高级处理600C。包括代表性处理600C的动作在以下段落中详细描述。

[0200] 在一些实施方式中,代表性处理600C可以包括动作602,其中,在电池被激活之后,高电压电力分配单元(HVPDU)可以切换至电流限制模式(例如,在预充电模式期间)。HVPDU可以在整个负载例如交通工具中分配电池电力。在一些实施方式中,处理600C然后可以进行至动作604,其中,将电流与阈值进行比较(例如,以确定电流是否至少与阈值一样低)。如果电流满足阈值(例如,电流足够低),则处理600C可以进行至动作606,其中,所有固态继电器(SSR)可以关断(例如,在运行模式下),并且HVPDU可以切换至全电流。如果电流不满足阈值(例如,电流太高),则处理600C可以返回至动作602。

[0201] 在一些实施方式中,处理600C可以从动作606进行至动作608,其中,所有固态继电器可以导通(例如,在充电模式下)。在一些实施方式中,处理600C可以进行至动作610,其中,所有固态继电器可以关断(例如,在充电完成模式下)。在一些实施方式中,处理600C可以进行至动作612,其中,在系统改变到放电模式之后,在SSR1导通并且SSR9关断的情况下,串1被放电。例如,串1可以从每单元4.35伏放电到4伏。在一些实施方式中,串1的电压可以从4.35伏下的72个单元(合计313.2伏)降低至4伏下的72个单元(合计288伏),而串2可以仍在合计313.2伏下。在一些实施方式中,当串2连接至公共母线而串1仍然连接时,串2可以以与串之间的电压差成比例的电流向串1放电。

[0202] 在一些实施方式中,处理600C可以进行至动作614,其中,在SSR1和SSR2两者导通的情况下,系统可以从串1转换至串2。在一些实施方式中,处理600C可进行至动作616,其中,在SSR1关断并且SSR2导通的情况下,串2可以被放电。在一些实施方式中,处理600C可以进行至动作618,其中,在SSR2和SSR3都导通的情况下,系统可以从串2转换至串3。在一些实施方式中,处理600C可以进行至动作620,在此之前,可以遵循这种模式以对串3至串8进行放电,其中,在SSR8关断并且SSR9导通的情况下,串9可以被放电。在一些实施方式中,处理600C可以进行至动作622,其中,系统可以检查放电是否完成。如果放电完成,则在SSR9关断的情况下处理600C可以从动作622进行至动作624,并且然后进行至动作602,其中,系统改变至充电模式。如果放电没有完成,则处理600C可以进行至动作626,其中,在SSR9和SSR1都导通的情况下,系统可以从串9转换至串1,并且然后返回至动作612。

[0203] 在一些实施方式中,处理600C然后可以根据需要结束或重复。

[0204] 例如,电池组中的九个并联串可以并联地充电。在充电结束时,并联串可以与公共高电压母线断开连接。在放电期间,一个并联串(例如,串1)可以连接至母线,并且脉冲放电持续约30秒。在脉冲放电之后,第二并联串(例如,串2)可以连接至公共高电压母线,第一串可以断开连接,并且第二串可以完成其脉冲放电。该处理可以在整个放电阶段反复进行。

[0205] 发明人已经认识到并理解,以上描述的一些实施方式在实施时可以产生相对于常规技术显示出各种改进的结果。例如,在一种实现方式中,单元由具有50 μm Li箔和25 μm Celgard 2325分隔器并且具有99.41 cm^2 的活性电极面积的NCMA622阴极(BASF)制成,Celgard 2325分隔器填充有包含按重量计的1%的LiBOB的F9(BASF)电解质。单元被组装成13个电池,每个电池包含4个单元。在下表1和表2中概述的条件下,使用一些实施方式对电池执行13次充放电循环测试。在循环测试期间,电池中的单元被保持处于12 kg/cm^2 的压力和18 $^{\circ}\text{C}$ 的温度下。

[0206] 表1. 针对以均匀的电流分布对4个单元同时进行放电的电池测试数据。

测试#	电池放电电流	电池充电电流	截止至800 mAh的电池循环寿命	电池第五次循环放电容量	单元放电电流	单元充电电流
	mA	mA		mAh	mA	mA
1	800	800	29	1344	200	200
2	400	400	52	1380	100	100
3	300	300	53	1412	75	75

[0208] 表2. 针对以各种放电脉冲持续时间顺序地对4个单元进行放电的电池测试数据。

测试#	电池放电电流	电池充电电流	截止至800 mAh的电池循环寿命	电池第五次循环放电容量	单元放电脉冲电流	单元放电脉冲持续时间	单元无电流持续时间	单元充电电流	单脉冲下的单元放电水平
	mA	mA		mAh	mA	s	s	mA	
4	800	800	94	1064	800	1197	0	200	完全
5	800	800	131	1208	800	10	30	200	部分
6	800	800	125	1252	800	1	3	200	部分
7	800	800	46	1260	800	0.1	0.3	200	部分
8	400	400	263	1260	400	2835	0	100	完全
9	400	400	283	1284	400	10	30	100	部分
10	400	400	217	1352	400	1	3	100	部分
11	400	400	59	1368	400	0.1	0.3	100	部分
12	300	300	334	1304	300	3912	0	75	完全
13	300	300	298	1412	300	10	30	75	部分

[0211] 表1 (测试#1至#3) 代表比较示例 (如通过常规技术执行的), 并且总结了当电池以恒定电流充电和放电时的测试结果, 其中, 单元并联连接, 以及充电和放电电流均匀地分布在4个单元中。充电截止电压为4.35V, 以及放电截止电压为3.2V。当电池容量达到800mAh时, 充放电循环停止。

[0212] 表2 (测试#4至#13) 总结了当电池以恒定电流充电至4.35V时的测试结果, 其中, 单元并联连接, 以及充放电电流均匀地分布在4个单元中。这些电池的放电是以这样的方式进

行的:电池作为整体经历恒定的放电电流。然而,单个单元顺序地连接至负载和从负载断开连接,从而每次仅向四个单元中的一个提供放电电流脉冲。在该脉冲结束时,连接下一个单元并且断开连接前一个单元。单元在一定的脉冲时间期间或在放电电压达到3.2V之前依次经历放电脉冲(例如,单元#1、2、3、4、1、2、3、4等)。测试#4、#8和#12提供了单脉冲下的全单元放电。其他测试提供了在持续时间为0.1秒、1秒和10秒的单脉冲下的部分单元放电。当电池容量达到800mAh时,充放电循环停止。

[0213] 图7A——对应于测试#13——示出了针对第一个240秒的10秒脉冲放电开始时的电池电压曲线,以及图7B示出了到3.2V电压的完全放电曲线。在图7A中,针对第一个80秒示出了以重复序列受10秒300mA脉冲影响的单元编号。

[0214] 返回参照表1和表2,发明人已经认识到并理解,与所有电池单元之间的均匀电流分布(表1)——如在常规技术中所做的那样——相比,将整个电池放电电流依次施加至电池单元的一部分(表2)导致了令人惊讶和显著的循环寿命提高。这种循环寿命提高可以高达六倍,并且发明人认识到其可以是放电脉冲持续时间以及充电-放电速率的函数。图7C示出了在两种充电-放电速率(对应于测试#4至#11)下作为脉冲持续时间的函数的电池循环寿命,其示出了在脉冲时间长于0.1秒且脉冲持续时间约为10秒的情况下,循环寿命可以特别地提高。发明人已经认识到并理解,如图7C所示并且如基于常规技术的经验是不可预期的,使用部分放电的一些实施方式甚至可以获得本文所描述的对电池循环寿命的提高。另外,在一些实施方式中,可以在甚至远不是均匀的情况下利用所有单元的全部容量。

[0215] 应当理解,在一些实施方式中,上面参照图4A至图6A描述的方法可以以多种方式中的任何一种来变化。例如,在一些实施方式中,以上描述的方法的步骤可以以不同于所描述的顺序来执行,方法可以涉及上面没有描述的另外的步骤,以及/或者方法可以不涉及上面描述的所有步骤。

[0216] 从前面的描述中还应当理解,一些方面可以使用计算设备来实现。图8描绘了系统800中的计算机810形式的通用计算设备,其可以用于实现某些方面,例如以上描述的任何控制器(例如,114)。

[0217] 在计算机810中,部件包括但不限于处理单元820、系统存储器830以及将包括系统存储器的各种系统部件耦接至处理单元820的系统总线821。系统总线821可以是若干类型的总线结构中的任何一种,包括存储器总线或存储器控制器、外围总线以及使用各种总线体系结构中的任何一种的局部总线。作为示例而非限制,这样的体系结构包括工业标准体系结构(ISA)总线、微通道体系结构(MCA)总线、增强型ISA(EISA)总线、视频电子标准协会(VESA)局部总线以及也被称为夹层总线的外围组件互连(PCI)总线。

[0218] 计算机810通常包括各种计算机可读介质。计算机可读介质可以是可由计算机810访问的任何可用介质,并且包括易失性和非易失性介质、可移除和不可移除介质两者。作为示例而非限制,计算机可读介质可以包括计算机存储介质和通信介质。计算机存储介质包括以用于存储信息例如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据的任何方法或技术实现的易失性和非易失性介质、可移动和不可移动介质两者。计算机存储介质包括但不限于RAM、ROM、EEPROM、闪存或其他存储技术、CD-ROM、数字多功能盘(DVD)或其他光盘存储器、盒式磁带、磁带、磁盘存储器或其他磁存储设备,或者可以用于存储所需信息并且可由计算机810访问的任何其他一个或多个介质。通信介质通常包含计算机可读指令、数

据结构、程序模块或调制数据信号形式例如载波或其他传输机制的其他数据,并且包括任何信息传递介质。术语“调制数据信号”是指具有以将信息编码在信号中的方式设置或改变其特性中的一个或更多个特性的信号。作为示例而非限制,通信介质包括有线介质例如有线网络或直接有线的连接,以及无线介质例如声学、RF、红外的和其他无线介质。以上任何一种的组合也应当包括在计算机可读介质的范围内。

[0219] 系统存储器830包括易失性和/或非易失性存储器形式的计算机存储介质,例如只读存储器(ROM)831和随机存取存储器(RAM)832。包含例如在启动期间帮助在计算机810内的元件之间传送信息的基本例程的基本输入/输出系统833(BIOS)通常存储在ROM 831中。RAM 832通常包含由处理单元820可以立即访问和/或当前正在操作的数据和/或程序模块。作为示例而非限制,图8示出了操作系统834、应用程序835、其他程序模块839以及程序数据837。

[0220] 计算机810还可以包括其他可移除/不可移除、易失性/非易失性计算机存储介质。仅作为示例,图8示出了:从不可移除非易失性磁介质读取或向其写入的硬盘驱动器841;从可移除非易失性磁盘852读取或向其写入的磁盘驱动器851;以及从可移除非易失性光盘859例如CD ROM或其他光介质读取或向其写入的光盘驱动器855。可以在示例性计算系统中使用的其他可移除/不可移除、易失性/非易失性计算机存储介质包括但不限于磁带盒、闪存卡、数字多功能盘、数字录像带、固态RAM、固态ROM等。硬盘驱动器841通常通过不可移除存储器接口例如接口840连接至系统总线821,并且磁盘驱动器851和光盘驱动器855通常通过可移除存储器接口例如接口850连接至系统总线821。

[0221] 以上所讨论的并且在图8中示出的驱动器及其相关联的计算机存储介质为计算机810提供对计算机可读指令、数据结构、程序模块和其他数据的存储。在图8中,例如,硬盘驱动器841被示出为存储操作系统844、应用程序845、其他程序模块849和程序数据847。注意,这些组件可以与操作系统834、应用程序835、其他程序模块539和程序数据837相同或不同。操作系统844、应用程序845、其他程序模块849和程序数据847在这里被赋予不同的附图标记,以说明至少它们是不同的副本。用户可以通过通常被称为鼠标、跟踪球或触摸板的输入设备例如键盘892和定点设备891向计算机810输入命令和信息。其他输入设备(未示出)可以包括麦克风、操纵杆、游戏板、圆盘式卫星天线、扫描仪等。这些和其他输入设备通常通过耦接至系统总线的用户输入接口590连接至处理单元820,但是也可以通过其他接口和总线结构例如并行端口、游戏端口或通用串行总线(USB)连接。监视器891或其他类型的显示设备也经由接口例如视频接口890连接至系统总线821。除了监视器之外,计算机还可以包括可以通过输出外围接口895连接的其他外围输出设备例如扬声器897和打印机899。

[0222] 计算机810可以使用到一个或更多个远程计算机例如远程计算机880的逻辑连接在网络化环境中操作。远程计算机880可以是个人计算机、服务器、路由器、网络PC、对等设备或其他公共网络节点,并且通常包括以上关于计算机810描述的许多元件或所有元件,虽然在图8中仅示出了存储器存储设备881。图8中描绘的逻辑连接包括局域网(LAN)871和广域网(WAN)873,但是也可以包括其他网络。这样的联网环境常见于办公室、企业范围的计算机网络、内联网和因特网。

[0223] 当在LAN联网环境中使用时,计算机810通过网络接口或适配器870连接至LAN 871。当在WAN联网环境中使用时,计算机810通常包括调制解调器872或用于通过WAN 873例

如因特网建立通信的其他装置。可以是内置的或外置的调制解调器872可以经由用户输入接口890或其他适当的机制连接至系统总线821。在网络化环境中,关于计算机810描绘的程序模块或其部分可以存储在远程存储器存储设备中。作为示例而非限制,图8将远程应用程序885示出为驻留在存储器设备881上。将理解,所示的网络连接是示例性的,并且可以使用在计算机之间建立通信链路的其他装置。

[0224] 实施方式可以体现为编码有一个或多个程序的计算机可读存储介质(或多个计算机可读介质)(例如,计算机存储器、一个或多个软盘、致密碟(CD)、光碟、数字视频盘(DVD)、磁带、闪存、现场可编程门阵列或其他半导体设备中的电路配置、或其他有形的计算机存储介质),当在一个或多个计算机或其他处理器上执行所述一个或多个程序时,执行实现以上讨论的各种实施方式的方法。根据前述示例明显的是,计算机可读存储介质可以将信息保留足够长的时间,以提供非暂态形式的计算机可执行指令。这样的计算机可读存储介质或多个介质可以是可运输的,使得存储在其上的一个或多个程序可以加载到一个或多个不同的计算机或其他处理器上,以实现如上所讨论的本发明的各个方面。如本文所使用的,术语“计算机可读存储介质”仅包括计算机可以从中读取信息的有形机器、机构或设备。可替代地或另外地,一些实施方式可以体现为除计算机可读存储介质之外的计算机可读介质。不是计算机可读存储介质的计算机可读介质的示例包括瞬态介质如传播信号。

[0225] 于2019年7月31日提交、被公开为美国公开第US2020-0044460号并且题为“Multiplexed Charge Discharge Battery Management System”的美国专利申请第16/527,903号的全部内容出于所有目的通过引用并入本文。

[0226] 出于所有目的,以下文献的全部内容通过引用并入本文:于2001年5月23日提交的题为“Lithium Anodes for Electrochemical Cells”的美国专利第7,247,408号;于1996年3月19日提交的题为“Stabilized Anode for Lithium-Polymer Batteries”的美国专利第5,648,187号;于1997年7月7日提交的题为“Stabilized Anode for Lithium-Polymer Batteries”的美国专利第5,961,672号;于1997年5月21日提交的题为“Novel Composite Cathodes, Electrochemical Cells Comprising Novel Composite Cathodes, and Processes for Fabricating Same”的美国专利第5,919,587号;于2006年4月6日提交、被公开为美国公开第2007-0221265号并且题为“Rechargeable Lithium/Water, Lithium/Air Batteries”的美国专利申请序列第11/400,781号;于2008年7月29日提交、被公开为国际公开第W0/2009017726号并且题为“Swelling Inhibition in Lithium Batteries”的国际专利申请序列第PCT/US2008/009158号;于2009年5月26日提交、被公开为美国公开第2010-0129699号并且题为“Separation of Electrolytes”的美国专利申请序列第12/312,764号;于2008年10月23日提交、被公开为国际公开第W0/2009054987号并且题为“Primer for Battery Electrode”的国际专利申请序列第PCT/US2008/012042号;于2008年2月8日提交、被公开为美国公开第2009-0200986号并且题为“Protective Circuit for Energy-Storage Device”的美国专利申请序列第12/069,335号;于2006年4月6日提交、被公开为美国公开第2007-0224502号并且题为“Electrode Protection in both Aqueous and Non-Aqueous Electrochemical Cells, including Rechargeable Lithium Batteries”的美国专利申请序列第11/400,025号;于2007年6月22日提交、被公开为美国公开第2008/0318128

号并且题为“Lithium Alloy/Sulfur Batteries”的美国专利申请序列第11/821,576号;于2005年4月20日提交、被公开为美国公开第2006-0238203号并且题为“Lithium Sulfur Rechargeable Battery Fuel Gauge Systems and Methods”的专利申请序列第11/111,262号;于2007年3月23日提交、被公开为美国公开第2008-0187663号并且题为“Co-Flash Evaporation of Polymerizable Monomers and Non-Polymerizable Carrier Solvent/Salt Mixtures/Solutions”的美国专利申请序列第11/728,197号;于2008年9月19日提交、被公开为国际公开第W0/2009042071号并且题为“Electrolyte Additives for Lithium Batteries and Related Methods”的国际专利申请序列第PCT/US2008/010894号;于2009年1月8日提交、被公开为国际公开第W0/2009/089018号并且题为“Porous Electrodes and Associated Methods”的国际专利申请序列第PCT/US2009/000090号;于2009年8月4日提交、被公开为美国公开第2010/0035128号并且题为“Application of Force In Electrochemical Cells”的美国专利申请序列第12/535,328号;于2010年3月19日提交的题为“Cathode for Lithium Battery”的美国专利申请序列第12/727,862号;于2009年5月22日提交的题为“Hermetic Sample Holder and Method for Performing Microanalysis Under Controlled Atmosphere Environment”的美国专利申请序列第12,471,095号;于2010年8月24日提交的题为“Release System for Electrochemical cells”的美国专利申请序列第12/862,513号(其要求于2009年8月24日提交的题为“Release System for Electrochemical Cells”的临时专利申请序列第61/236,322号的优先权);于2010年8月24日提交的题为“Electrically Non-Conductive Materials for Electrochemical Cells”的美国临时专利申请序列第61/376,554号;于2010年8月24日提交的题为“Electrochemical Cell”的美国临时专利申请序列第12/862,528号;于2010年8月24日提交、被公开为美国公开第2011/0070494号、题为“Electrochemical Cells Comprising Porous Structures Comprising Sulfur”的美国专利申请序列第12/862,563号;于2010年8月24日提交、被公开为美国公开第2011/0070491号、题为“Electrochemical Cells Comprising Porous Structures Comprising Sulfur”的美国专利申请序列第12/862,551号;于2010年8月24日提交、被公开为美国公开第2011/0059361号、题为“Electrochemical Cells Comprising Porous Structures Comprising Sulfur”的美国专利申请序列第12/862,576号;于2010年8月24日提交、被公开为美国公开第2011/0076560号、题为“Electrochemical Cells Comprising Porous Structures Comprising Sulfur”的美国专利申请序列第12/862,581号;于2010年9月22日提交的题为“Low Electrolyte Electrochemical Cells”的美国专利申请序列第61/385,343号;于2011年2月23日提交的题为“Porous Structures for Energy Storage Devices”的美国专利申请序列第13/033,419号;于2019年10月31日提交的题为“System And Method For Operating ARechargeable Electrochemical Cell Or Battery”的美国专利申请序列第16/670,933号;于2019年10月31日提交的题为“System And Method For Operating ARechargeable Electrochemical Cell Or Battery”的美国专利申请序列第16/670,905号;以及于2019年10月31日提交的题为“System And Method For Operating ARechargeable Electrochemical Cell Or Battery”的国际专利申请序列第PCT/US2019/059142号”。出于所有目的,本文公开的所有其他专利和专利申请的全部内容也通过引用并入本文。

[0227] 虽然本文已经描述和示出了本发明的若干实施方式,但是本领域普通技术人员将容易地设想用于执行本文描述的功能以及/或者获得本文描述的结果和/或本文描述的优点中的一个或更多个优点的各种其他方法和/或结构,并且这样的变化和/或修改中的每一个被认为在本发明的范围内。更一般地,本领域技术人员将容易地理解,本文描述的所有参数、尺寸、材料和配置均旨在是示例性的,并且实际的参数、尺寸、材料和/或配置将取决于使用本发明的教导的特定应用或多个特定应用。本领域技术人员将认识到或者能够仅使用常规实验来确定本文所述的本发明的具体实施方式的许多等同方案。因此,应当理解,前述实施方式仅作为示例给出,并且在所附权利要求及其等同方案的范围内,本发明可以以不同于具体描述和要求的方式实施。本发明可以包括本文描述的每个单独的特征、系统、物品、材料和/或方法。另外,如果这样的特征、系统、物品、材料和/或方法不相互矛盾,则两个或更多个这样的特征、系统、物品、材料和/或方法的任何组合包括在本发明的范围内。

[0228] 除非有相反的确切指示,否则在说明书和权利要求书中使用的冠词“一”和“一个”应当被理解为“至少一个”。

[0229] 说明书和权利要求书中使用的短语“和/或”应当理解为是指如此结合的元素中的“任一个或两个”:即在某些情况下结合存在而在其他情况下分离地存在的元素。除非有相反的确切指示,否则除了由“和/或”子句具体标识的元素之外,可以可选地存在其他元素,无论与具体标识的那些元素相关还是无关。因此,作为非限制性示例,当与开放式语言例如“包括”结合使用时,对“A和/或B”的引用在一个实施方式中可以指A而没有B(可选地包括除B之外的元素);在另一实施方式中可以指B而没有A(可选地包括除A以外的元素);在又一实施方式中可以指A和B二者(可选地包括其他元素);等等。

[0230] 如本文在说明书中和权利要求书中使用的,“或”应理解为具有与如上定义的“和/或”相同的含义。例如,当分离列表中的项目时,“或”或者“和/或”应当被解释为包括性的,即包括多个元素或元素列表中的至少一个,但也包括不止一个,以及可选的另外的未列出的项目。只有明确相反地指示的术语例如“仅一个”或“恰好一个”或者当在权利要求中使用“由……组成”时将指的是包括多个元素或元素列表中的恰好一个元素。一般而言,当前面有排他性术语(例如“任一”、“之一”、“仅其中之一”或“恰好其中之一”)时,本文使用的术语“或”仅应当被解释为指示排他性替换(即,“一个或另一个但不是二者”)。当在权利要求书中使用“基本上由……组成”时应当具有其在专利法领域中所使用的普通含义。

[0231] 如本文中在说明书和权利要求书中所使用的,在提及一个或更多个元素的列表时,短语“至少一个”应当被理解为是指从该元素列表中的任何一个或更多个元素中选择的至少一个元素,但不一定包括元素列表中具体列出的每个元素中的至少一个,并且不排除元素列表中元素的任何组合。该定义还允许可以可选地存在除了在短语“至少一个”所指代的元素列表中具体标识的元素之外的元素,无论与那些具体标识的元素相关还是不相关。因此,作为非限制性示例,“A和B中的至少一个”(或者,等效地,“A或B中的至少一个”,或者等效地“A和/或B中的至少一个”)在一个实施方式中可以指至少一个(可选地包括多于一个)A而不存在B(并且可选地包括除B之外的元素);在另一个实施方式中指至少一个(可选地包括多于一个)B而不存在A(以及可选地包括除A以外的元素);在又一实施方式中指至少一个(可选地包括多于一个)A以及至少一个(可选地包括多于一个)B(以及可选地包括其他元素);等等。

[0232] 一些实施方式可以体现为已经描述了其各种示例的方法。作为方法的一部分执行的动作可以以任何合适的方式排序。因此,可以构建以不同于所示的顺序来执行动作的实施方式,其可以包括与所描述的不同(例如,更多或更少)的动作,以及/或者可以涉及同时执行一些动作,即使这些动作在上面具体描述的实施方式中被示为顺序执行。

[0233] 在权利要求书中使用诸如“第一”、“第二”、“第三”等的序数术语来修改权利要求要素本身并不意味着一个权利要求要素相对于另一权利要求要素的任何优先级、优先顺序或次序或者执行方法的动作的时间顺序,而是仅被用作将具有特定名称的一个权利要求要素和具有相同名称的另一要素区分开来的标签(除了序数术语的使用以外)以区分权利要求元素。

[0234] 在权利要求中,以及在以上说明书中,所有连接短语例如“包括”、“包含”、“携带”、“具有”、“含有”、“涉及”、“持有”等应当被理解为是开放式的,即,意味着包括但不限于。如美国专利局专利审查程序手册第2111.03节所说明的,仅连接短语“由……组成”和“基本上由……组成”应当分别是封闭式或半封闭式的连接短语。

[0235] 要求保护的内容见权利要求书。

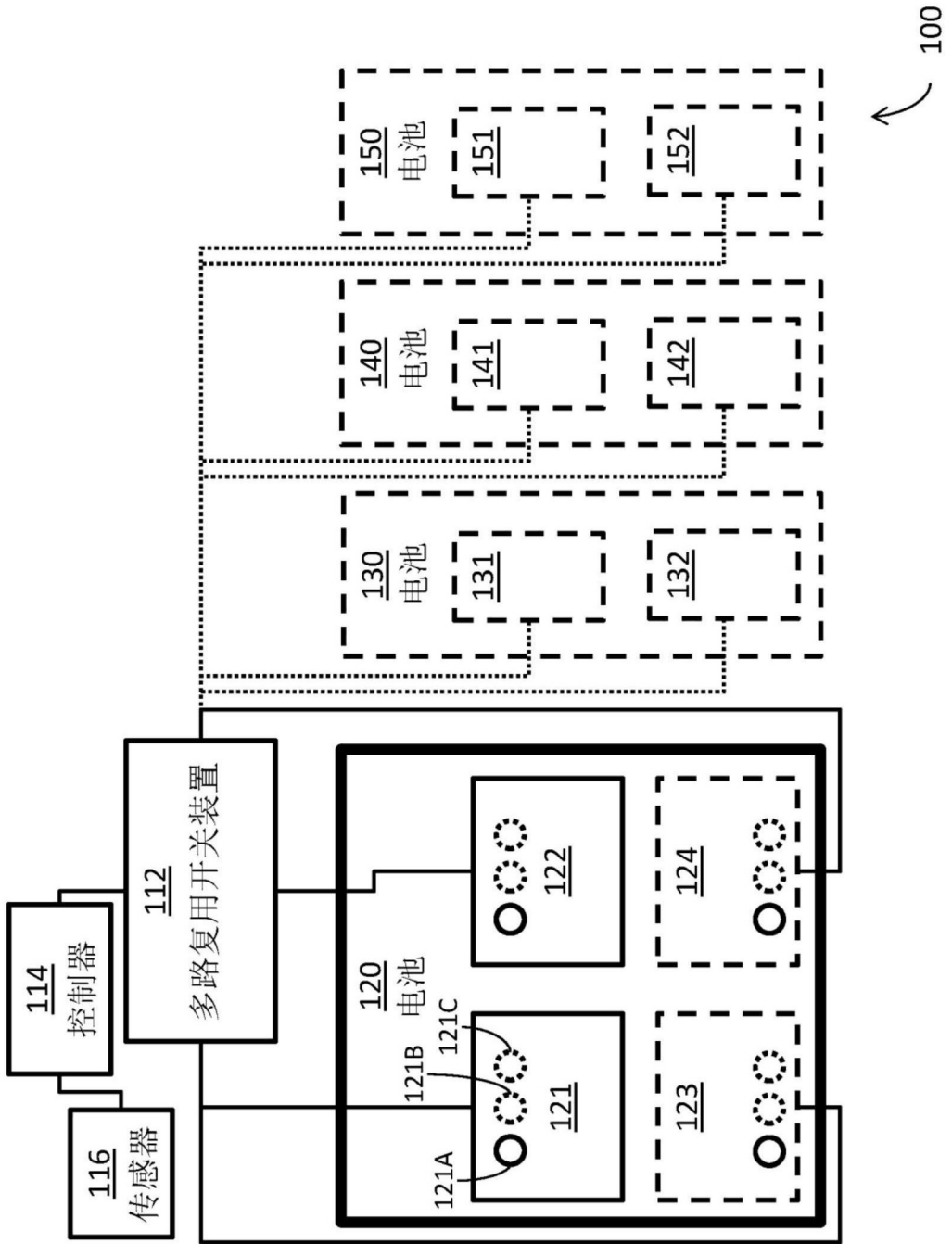


图1A

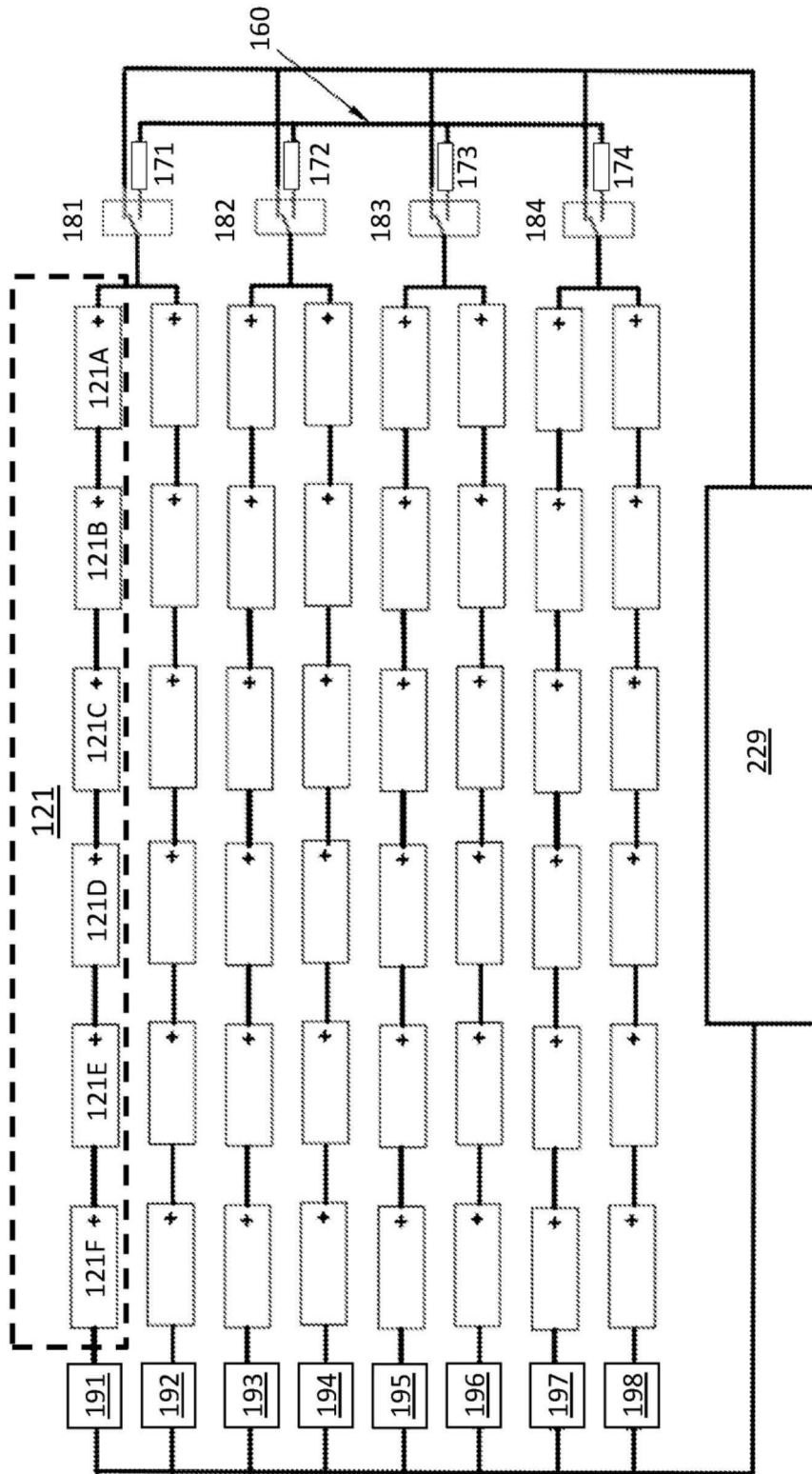


图1B

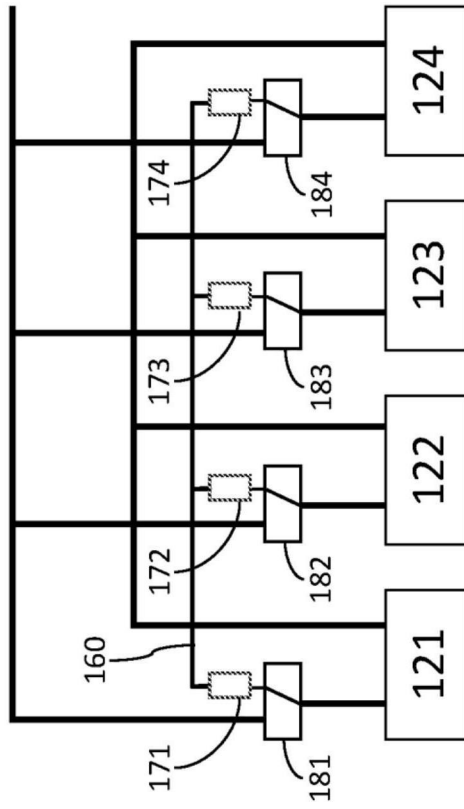


图1C

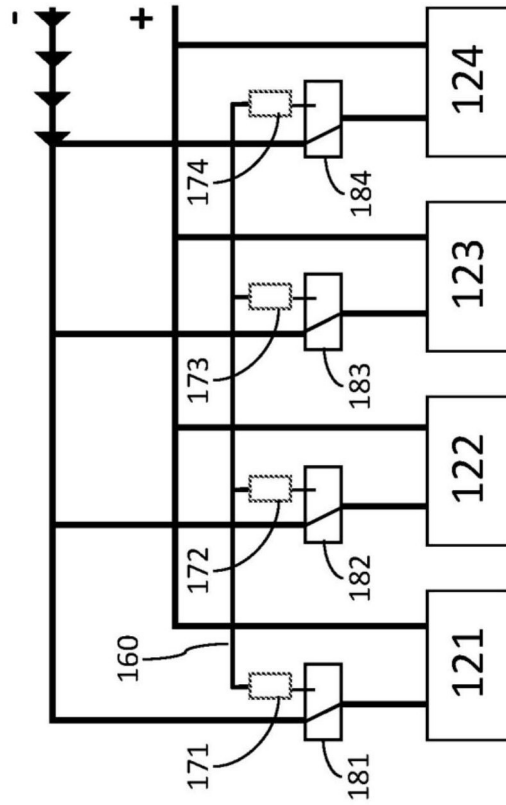


图1D

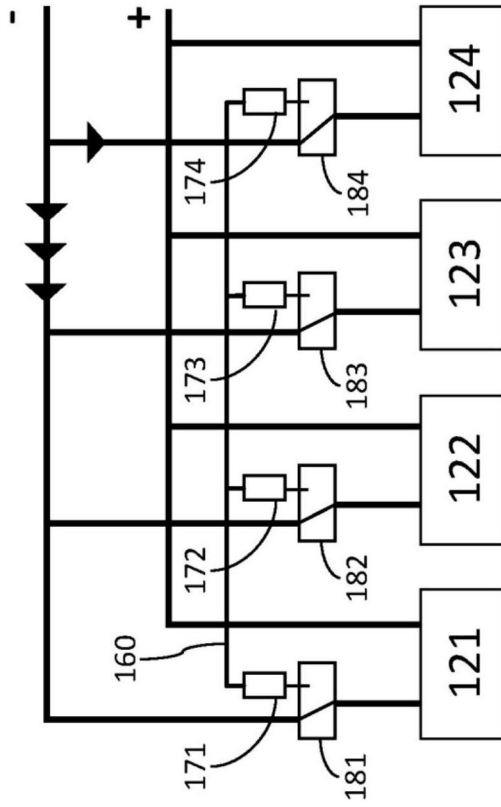


图1E

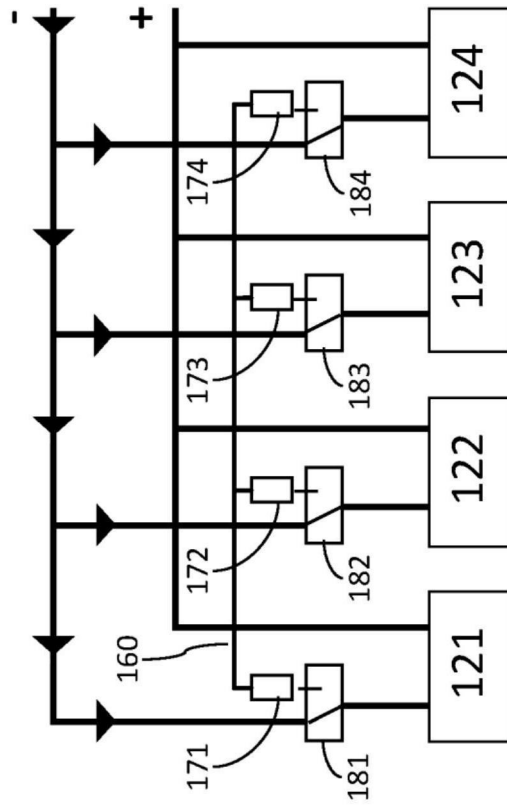


图1F

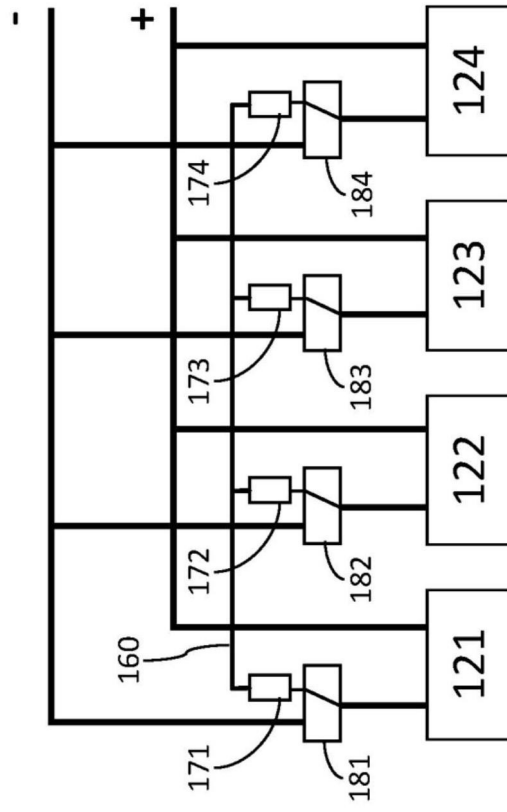


图1G

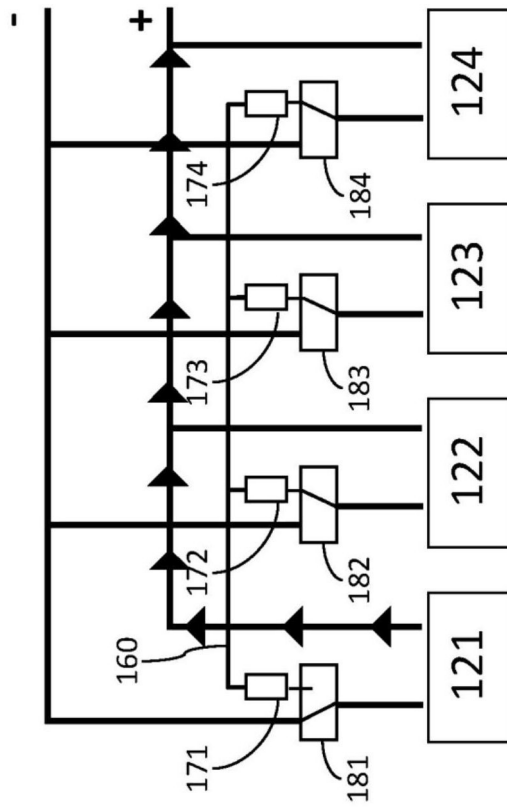


图1H

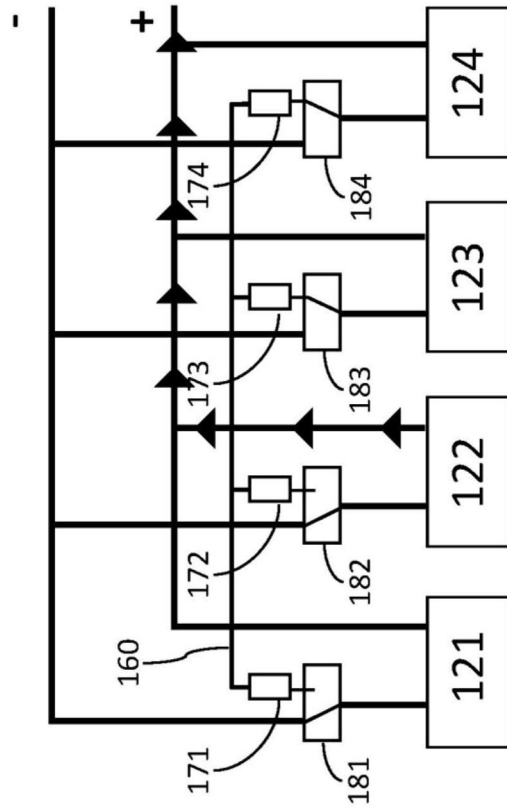


图11

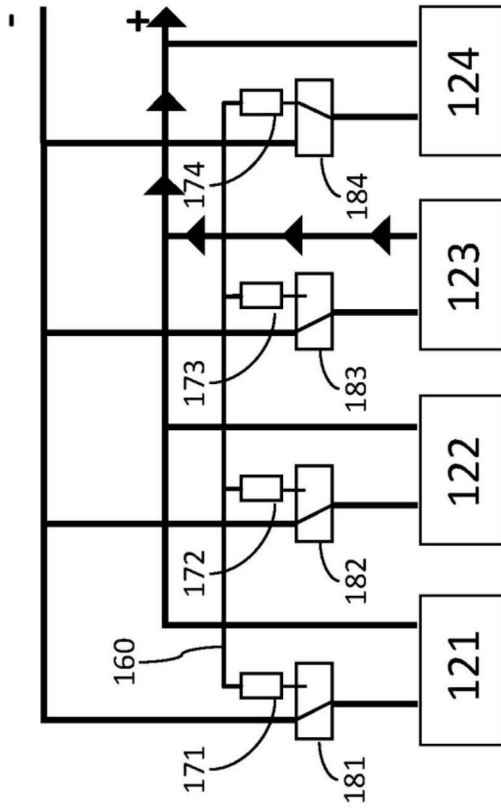


图1J

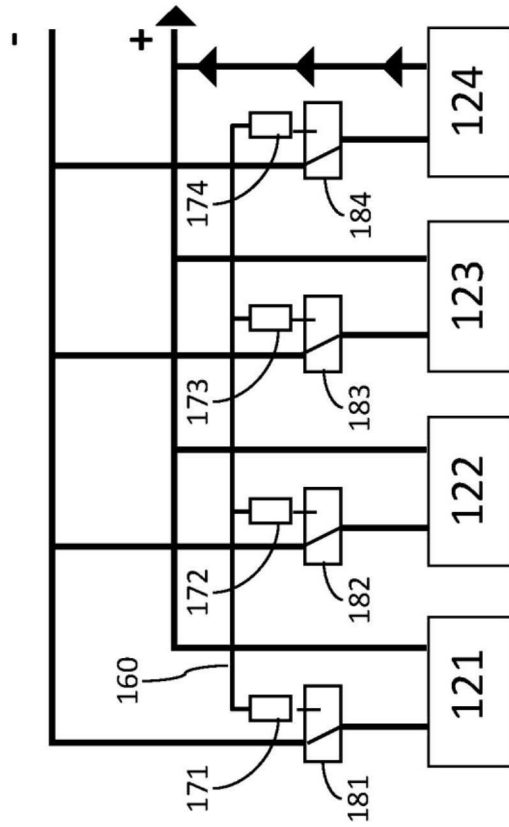


图1K

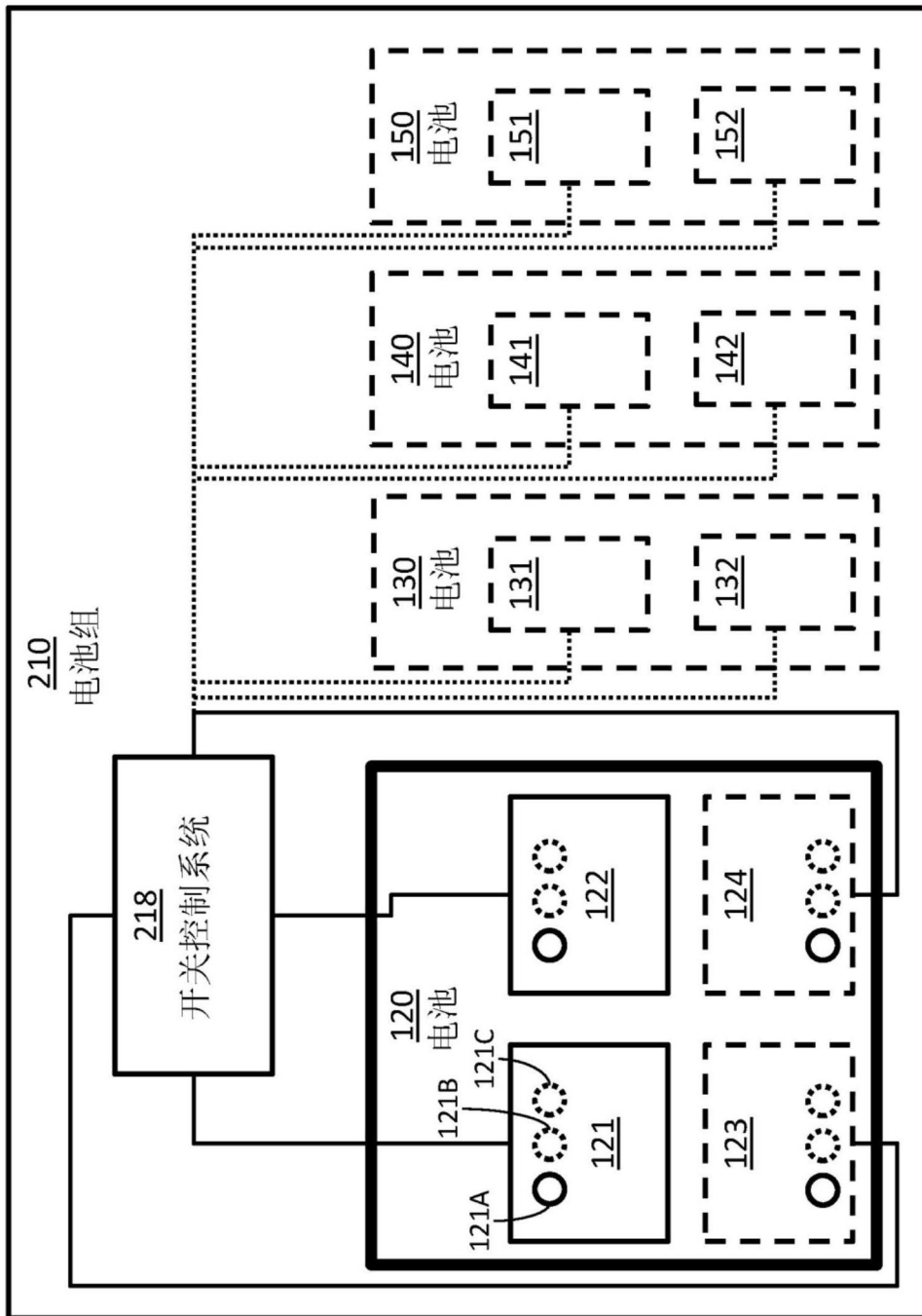


图2

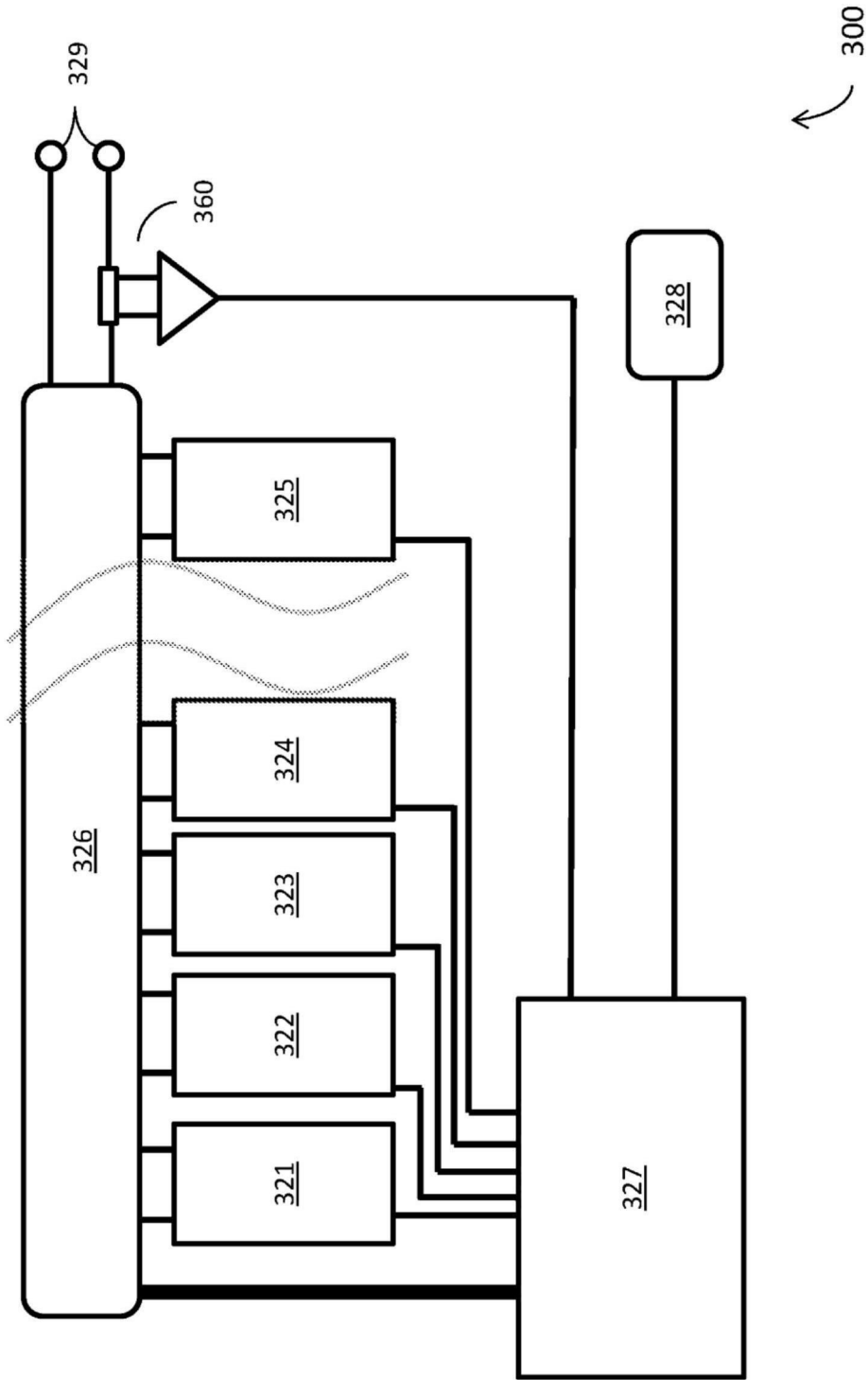


图3A

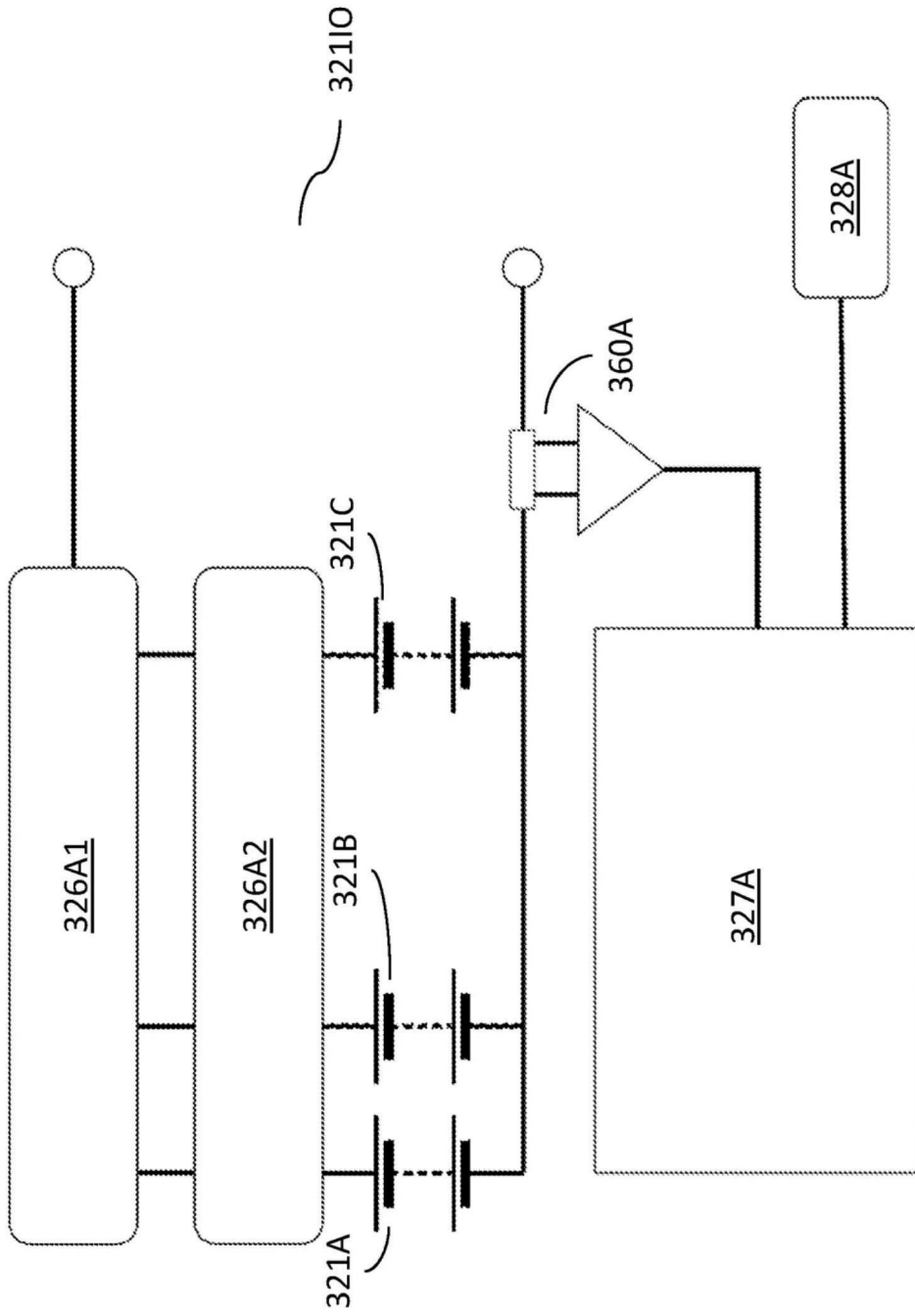


图3B

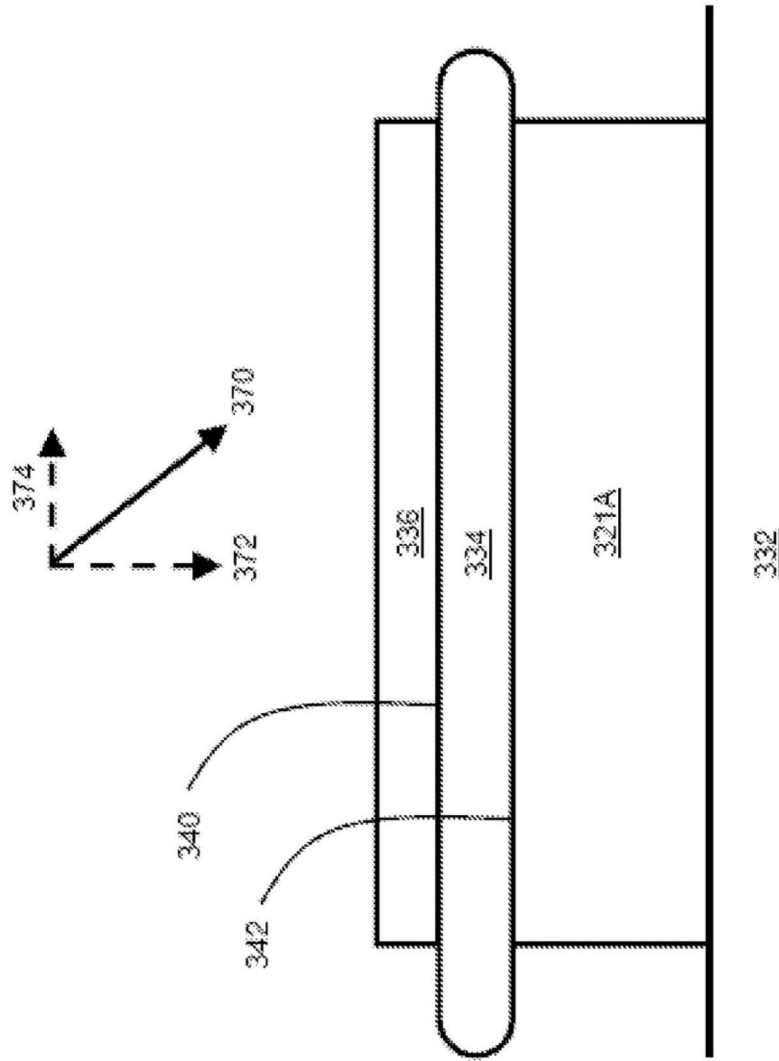


图3C

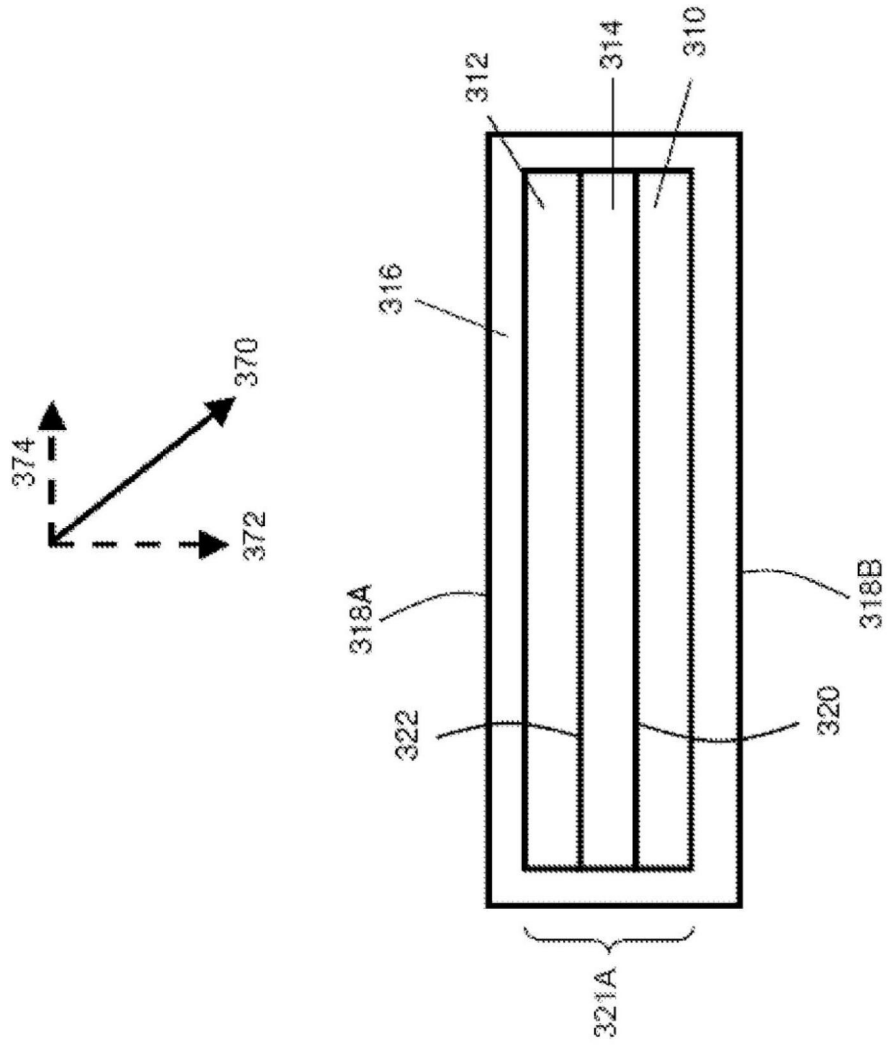
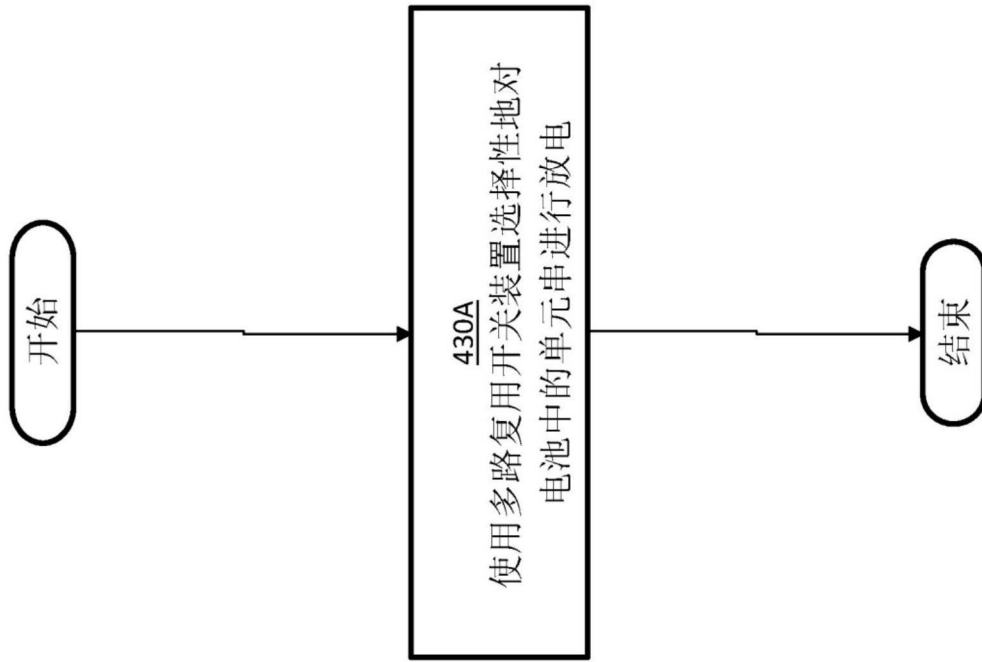


图3D



400A ↗

图4A

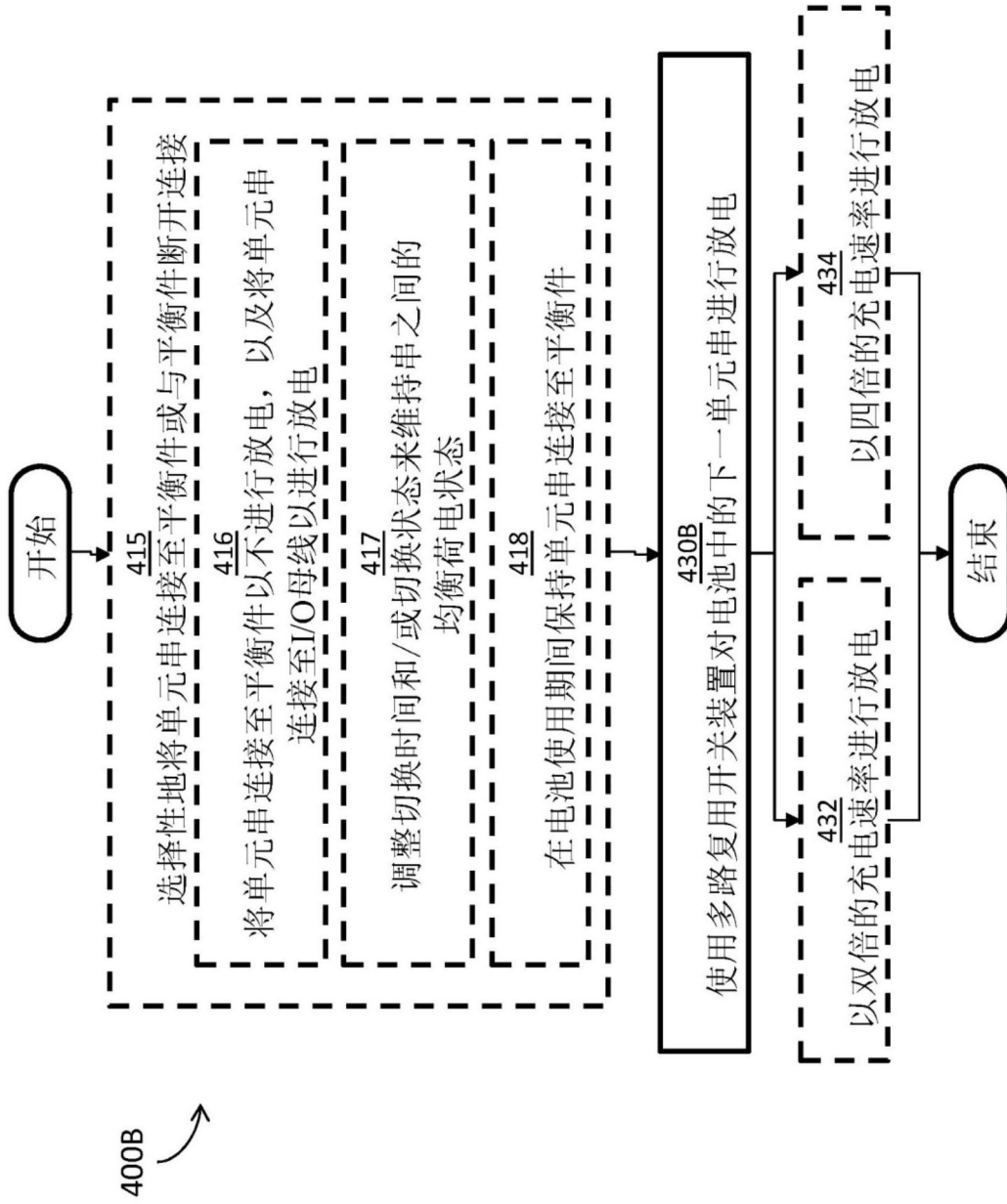
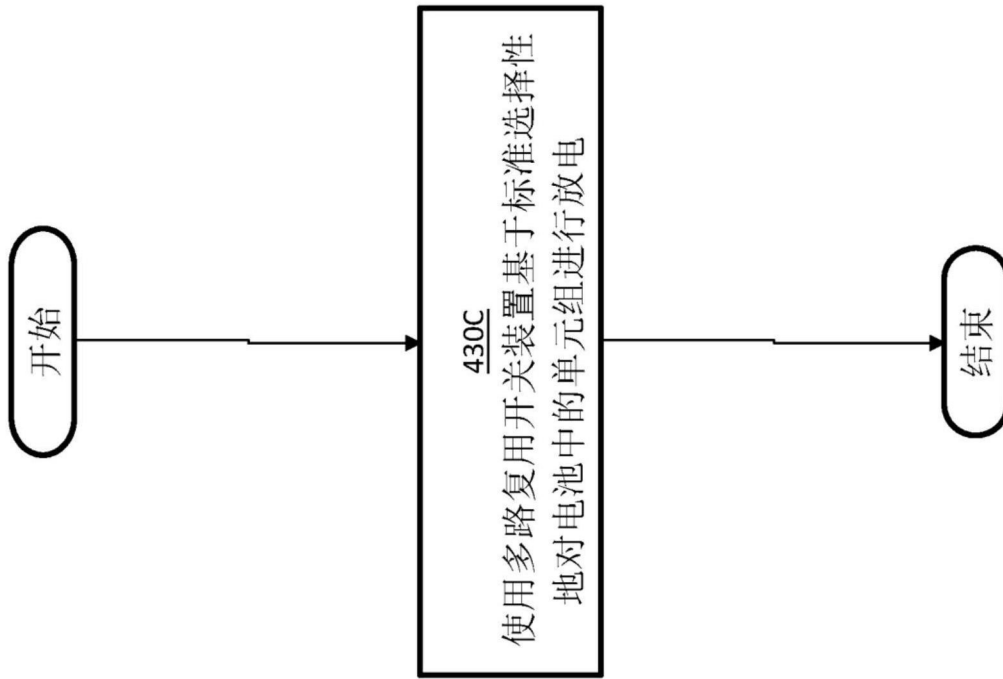


图4B



400C

图4C

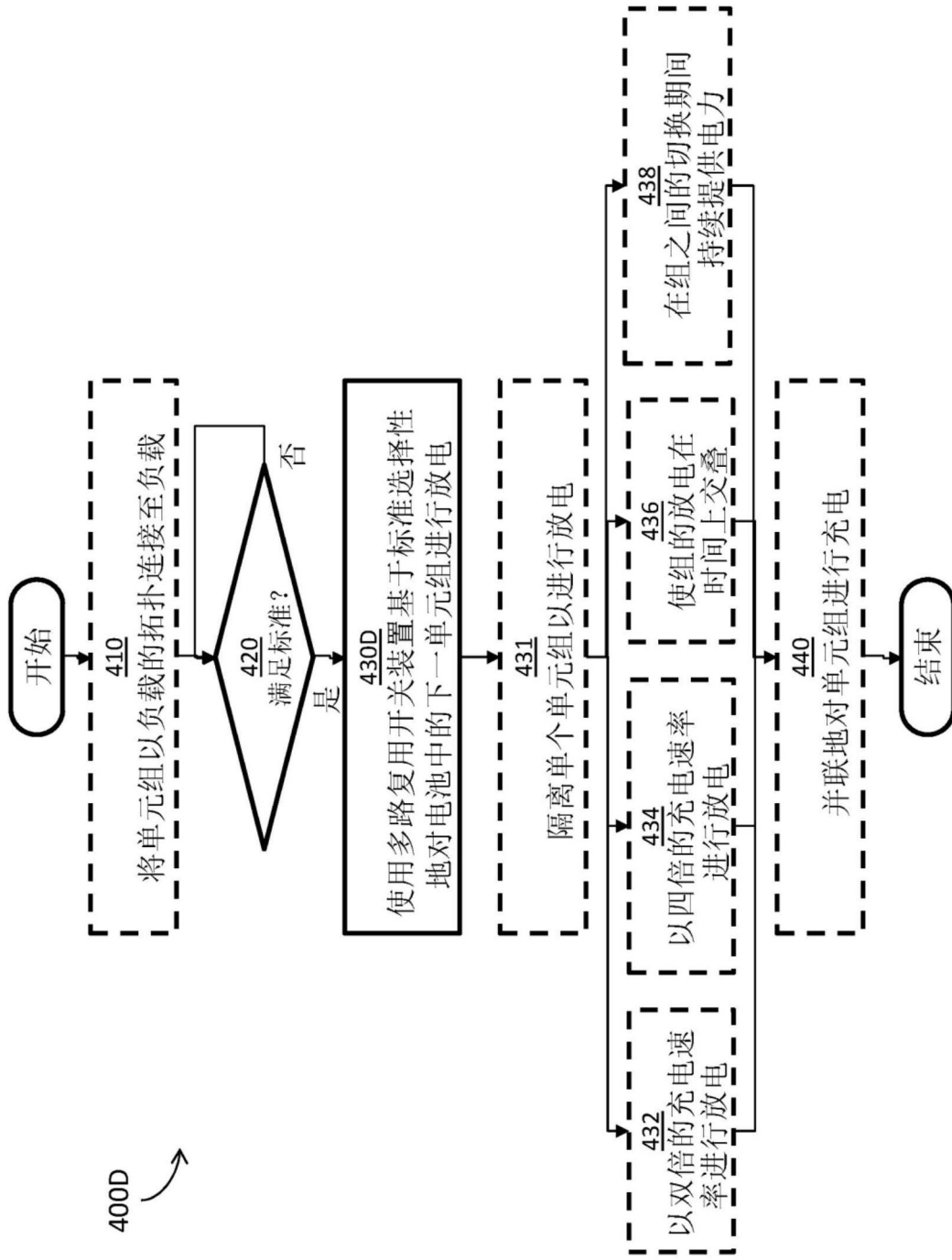
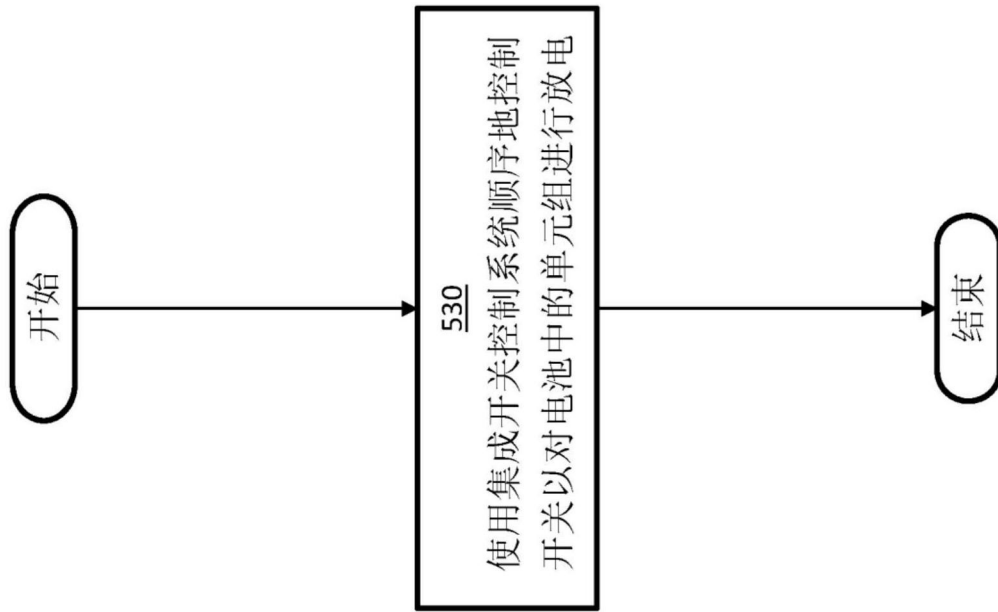
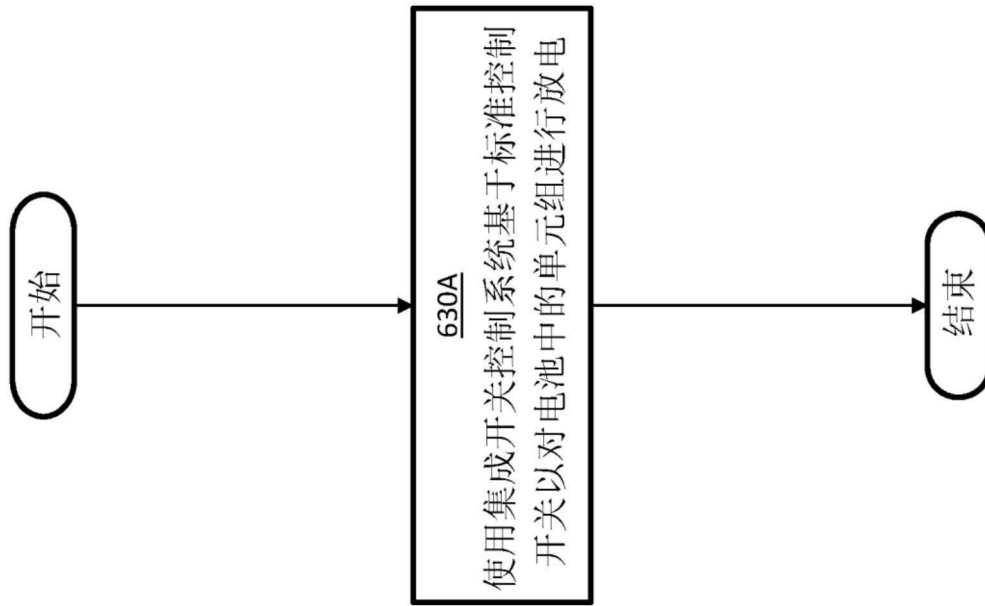


图4D



500 ↗

图5



600A ↗

图6A

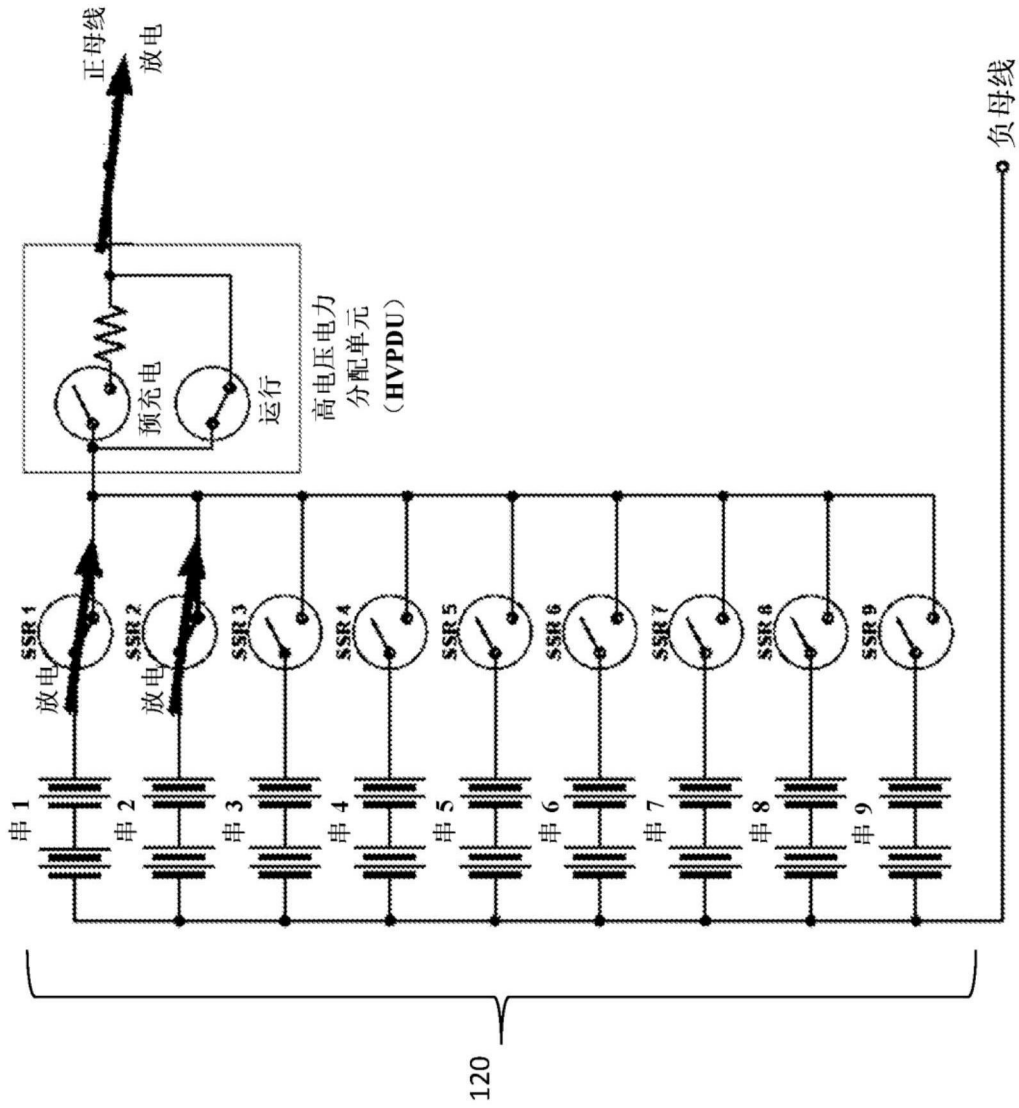


图6B

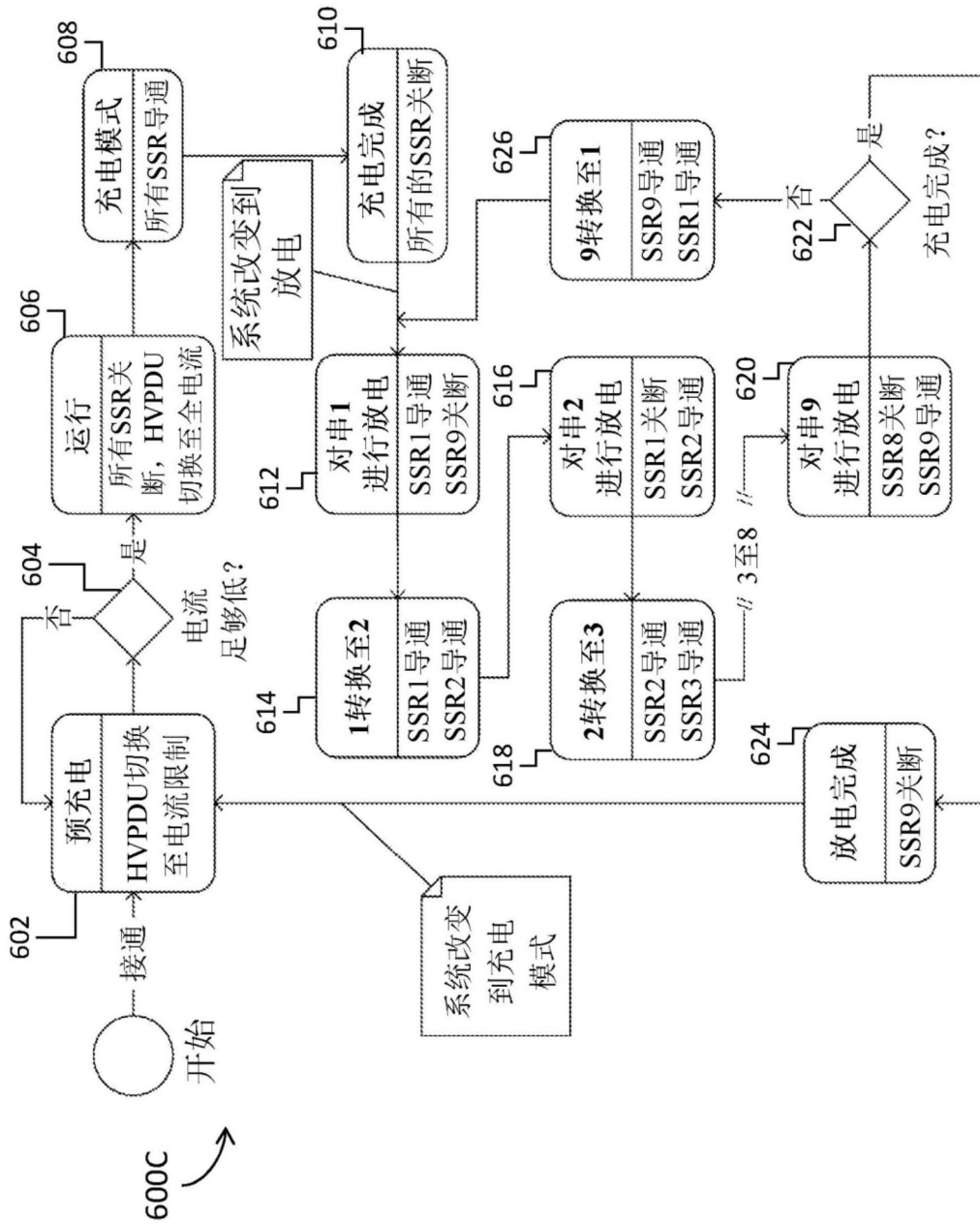


图6C

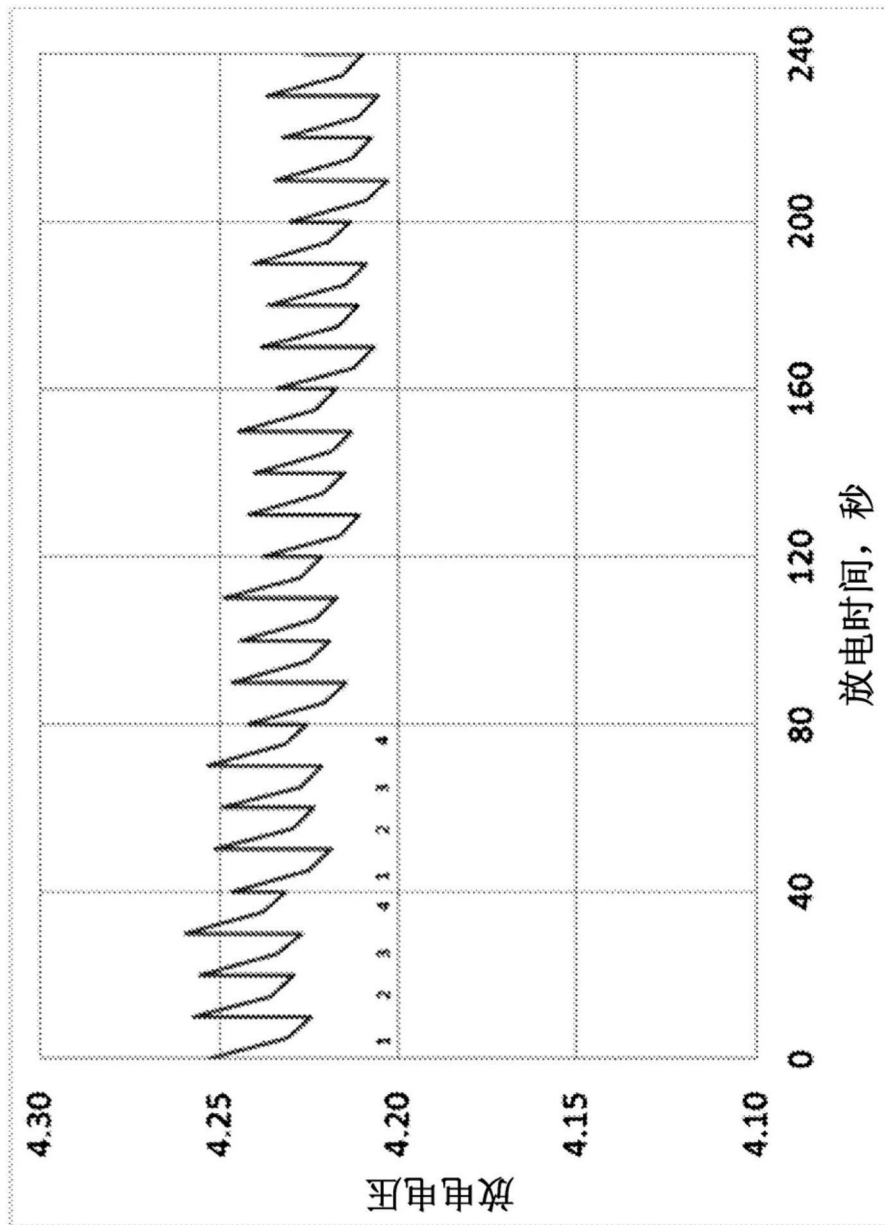


图7A

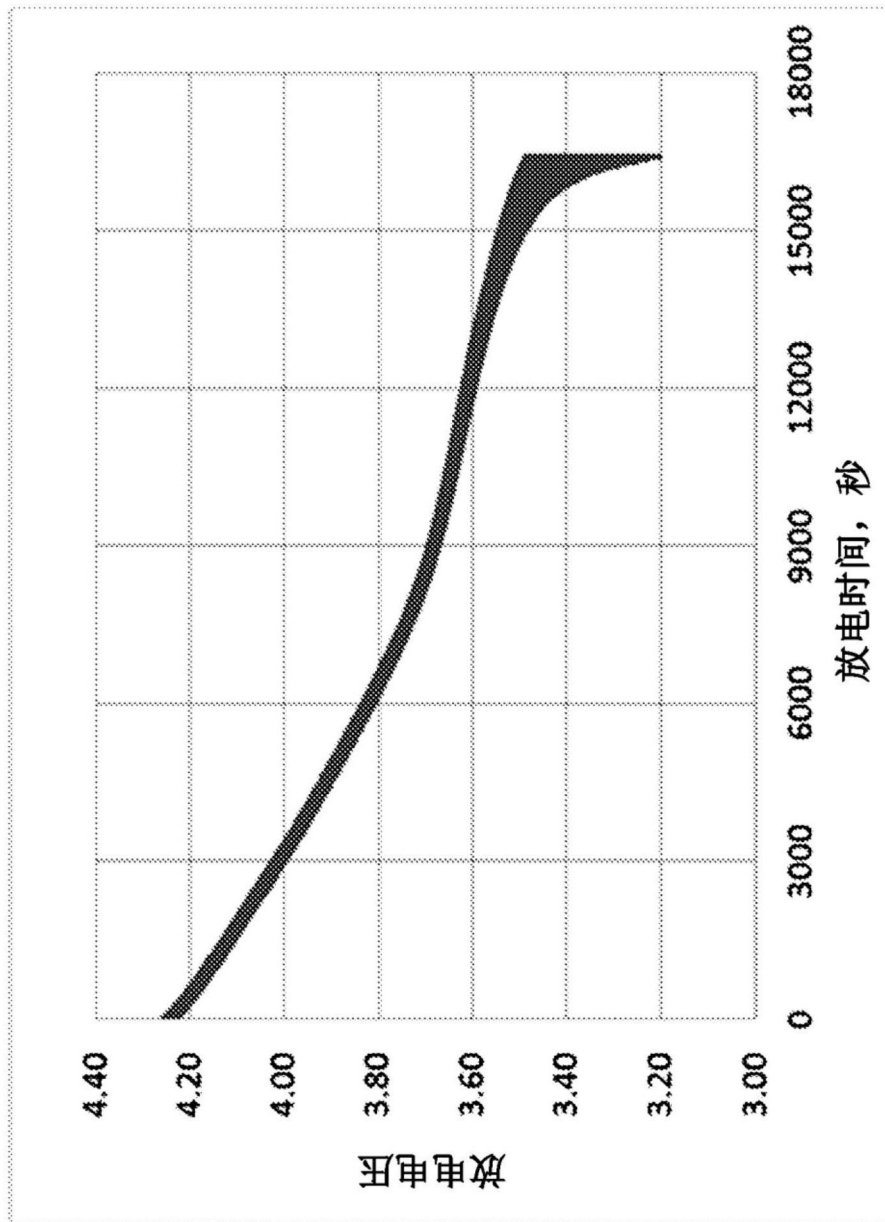


图7B

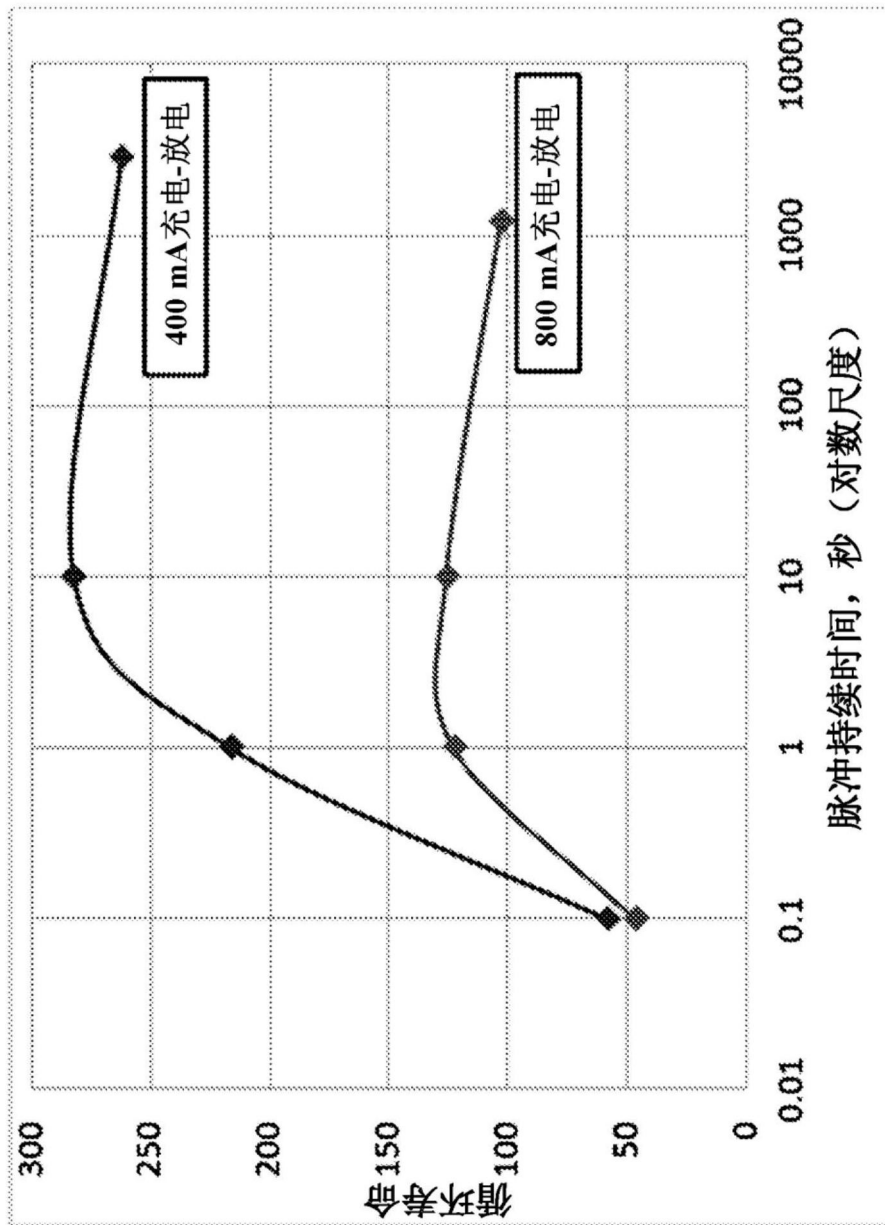


图7C

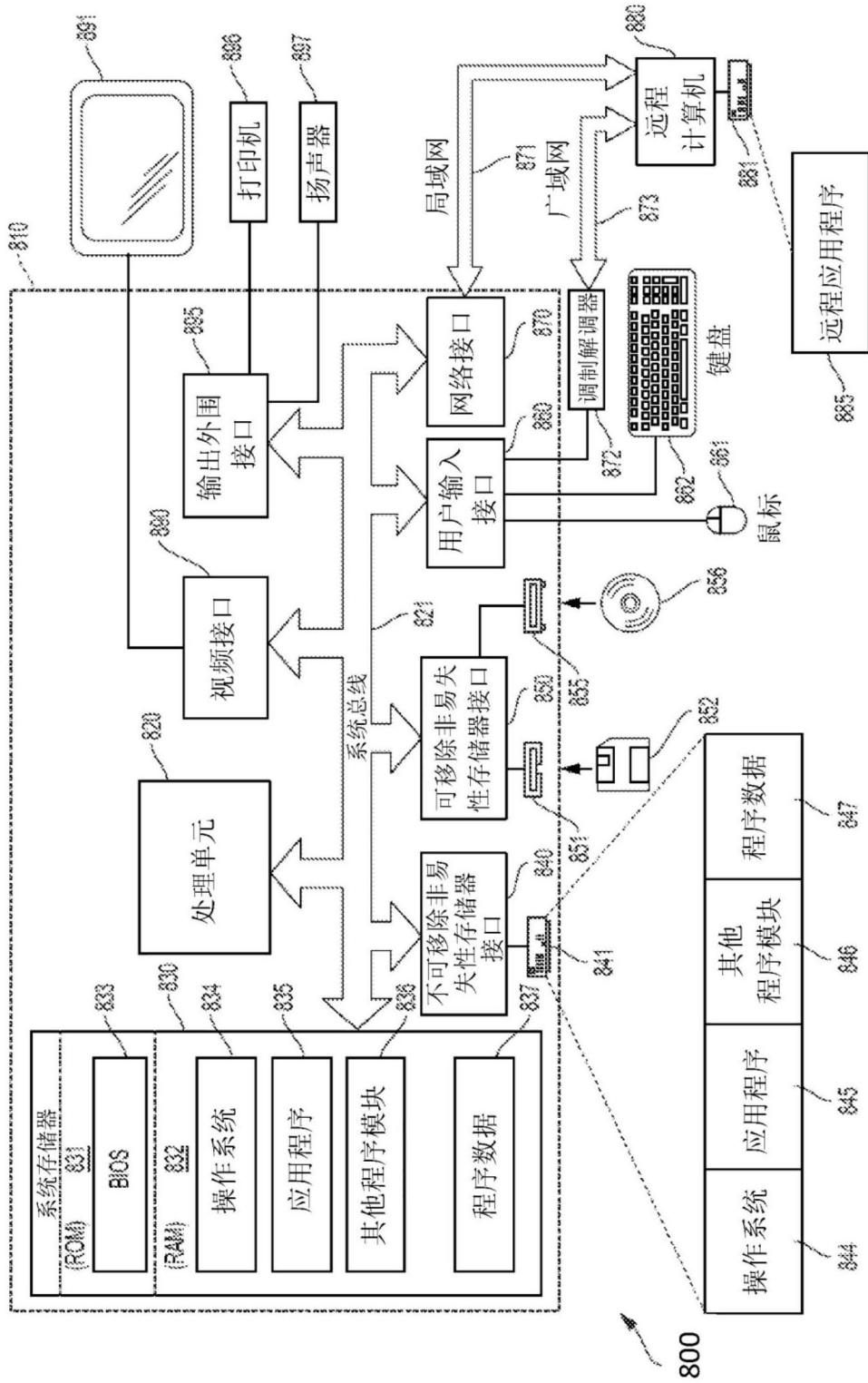


图8