



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112803057 A

(43) 申请公布日 2021.05.14

(21) 申请号 202110045727.1

H01M 50/105 (2021.01)

(22) 申请日 2015.11.04

H01M 4/04 (2006.01)

(30) 优先权数据

H01M 10/0585 (2010.01)

62/075,373 2014.11.05 US

H01M 4/139 (2010.01)

(62) 分案原申请数据

201580057914.4 2015.11.04

(71) 申请人 24M技术公司

地址 美国马萨诸塞

(72) 发明人 R·扎加尔斯 J·库尔汉

T·多赫尔蒂 A·H·斯洛库姆

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

代理人 张丹

(51) Int.Cl.

H01M 10/04 (2006.01)

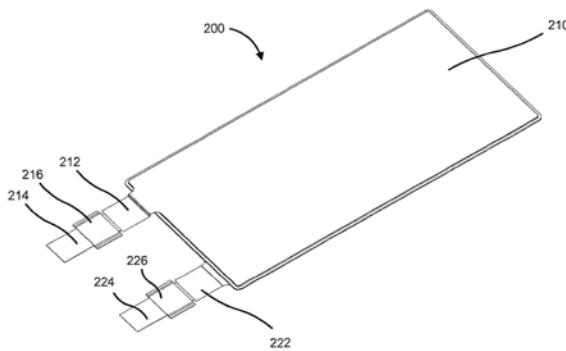
权利要求书4页 说明书14页 附图14页

(54) 发明名称

具有半固体电极的电化学电池及其制造方法

(57) 摘要

本公开涉及具有半固体电极的电化学电池及其制造方法。本文所描述的实施例一般涉及具有仅涂布在集流器的一侧上的半固体电极。在一些实施例中，电化学电池包括仅涂布在正集流器的一侧上的半固体正电极和仅涂布在负集流器的一侧上的半固体负电极。在半固体正电极与半固体负电极之间设置分隔件。半固体正电极和半固体负电极中的至少一个可以具有至少大约250 μm 的厚度。



1.一种电化学电池堆,包括:

第一分流器,具有第一表面和第二表面,第一分流器的第一表面具有设置在其上的半固体阴极材料,第一分流器的第二表面未涂布;

第二分流器,具有第一表面和第二表面,第二分流器的第一表面具有设置在其上的半固体阴极材料,第二分流器的第二表面未涂布;以及

间隔物,经由间隔物设置在第一分流器的第二表面和第二分流器的第二表面之间。

2.根据权利要求1所述的电化学电池堆,还包括:

第三分流器,具有第一表面和第二表面,第三分流器的第一表面具有设置在其上的半固体阳极,第三分流器的第二表面未涂布。

3.根据权利要求2所述的电化学电池堆,还包括:

第一分隔件,设置在第三分流器的半固体阳极与第一分流器的半固体阴极之间。

4.根据权利要求3所述的电化学电池堆,还包括:

第四分流器,具有第一表面和第二表面,第四分流器的第一表面具有设置在其上的半固体阳极,第四分流器的第二表面未涂布并且耦接至第三分流器的第二表面。

5.根据权利要求4所述的电化学电池堆,还包括:

第五分流器,具有第一表面和第二表面,第五分流器的第一表面具有设置在其上的半固体阴极,第五分流器的第二表面未涂布。

6.根据权利要求5所述的电化学电池堆,还包括:

分隔件,设置在第四分流器的半固体阳极与第五分流器的半固体阴极之间。

7.根据权利要求6所述的电化学电池堆,还包括:

第六分流器,具有第一表面和第二表面,第六分流器的第一表面具有设置在其上的半固体阳极,第六分流器的第二表面未涂布。

8.根据权利要求7所述的电化学电池堆,还包括:

分隔件,设置在第六分流器的半固体阳极与第二分流器的半固体阴极之间。

9.一种电化学电池堆,包括:

第一分流器,具有第一表面和第二表面,第一分流器的第一表面具有设置在其上的半固体阳极材料,第一分流器的第二表面未涂布;

第二分流器,具有第一表面和第二表面,第二分流器的第一表面具有设置在其上的半固体阳极材料,第二分流器的第二表面未涂布;以及

间隔物,经由间隔物设置在第一分流器的第二表面和第二分流器的第二表面之间。

10.根据权利要求9所述的电化学电池堆,还包括:

第三分流器,具有第一表面和第二表面,第三分流器的第一表面具有设置在其上的半固体阴极,第三分流器的第二表面未涂布。

11.根据权利要求10所述的电化学电池堆,还包括:

分隔件,设置在第三分流器的半固体阴极和第一分流器的半固体阳极之间。

12.根据权利要求11所述的电化学电池堆,还包括:

第四分流器,具有第一表面和第二表面,第四分流器的第一表面具有设置在其上的半固体阴极,第四分流器的第二表面未涂布并且耦接至第三分流器的第二表面。

13.根据权利要求12所述的电化学电池堆,还包括:

第五集流器，具有第一表面和第二表面，第五集流器的第一表面具有设置在其上的半固体阳极，第五集流器的第二表面未涂布。

14. 根据权利要求13所述的电化学电池堆，其中，设置在第三集流器的半固体阴极与第一集流器的半固体阳极之间的分隔件是第一分隔件，所述电化学电池堆还包括设置在第四集流器的半固体阴极和第五集流器的半固体阳极之间的第二分隔件。

15. 根据权利要求14所述的电化学电池堆，还包括：

第六集流器，具有第一表面和第二表面，第六集流器的第一表面具有设置在其上的半固体阴极，第六集流器的第二表面未涂布。

16. 根据权利要求15所述的电化学电池堆，还包括：

第三分隔件，设置在第六集流器的半固体阴极和第二集流器的半固体阳极之间。

17. 一种制造电化学电池堆的方法，所述方法包括：

将第一半固体阴极涂布到第一正集流器的第一表面上，第一正集流器具有第二表面，第二表面未涂布；

将第二半固体阴极涂布到第二正集流器的第一表面上，第二正集流器具有第二表面，第二表面未涂布；

将间隔物耦接至第一正集流器的第二表面；以及

将第二正集流器的第二表面耦接至所述间隔物。

18. 根据权利要求17所述的方法，还包括：

将第一半固体阳极涂布到第一负集流器的第一表面上，第一负集流器具有第二表面，第二表面未涂布。

19. 根据权利要求18所述的方法，还包括：

在第一半固体阴极和第一半固体阳极之间设置第一分隔件。

20. 根据权利要求19所述的方法，还包括：

将第二半固体阳极涂布到第二负集流器的第一表面上，第二负集流器具有第二表面，第二表面未涂布。

21. 根据权利要求20所述的方法，还包括：

在第二半固体阴极和第二半固体阳极之间设置第二分隔件。

22. 根据权利要求21所述的方法，还包括：

将第三半固体阳极涂布到第三负集流器的第一表面上，第三负集流器具有第二表面，第二表面未涂布；以及

将第三负收集器的第二表面耦接至第一负电流收集器的第二表面。

23. 根据权利要求22所述的方法，还包括：

将第三半固体阴极涂布到第三正集流器的第一表面上，第三正集流器具有第二表面，第二表面未涂布。

24. 根据权利要求23所述的方法，还包括：

在第三半固体阴极和第三半固体阳极之间设置第三分隔件。

25. 根据权利要求17所述的方法，其中将半固体阴极涂布到第一正集流器的第一表面和/或第二正集流器的第一表面上包括浇铸、滴涂、按压以及辊压中的至少一个。

26. 根据权利要求17所述的方法，其中将半固体阴极涂布到第一正集流器的第一表面

和/或第二正集流器的第一表面上还包括：

将框架设置在第一正集流器的第一表面上，所述框架限定开口；

将半固体阴极材料设置到框架的开口中；以及

从开口去除过量的半固体阴极材料。

27. 根据权利要求26所述的方法，其中，所述框架具有厚度，并且所述框架的厚度决定半固体阴极材料的厚度。

28. 根据权利要求18所述的方法，还包括：

用非接触仪器分析第一半固体阴极、第二半固体阴极和/或第一半固体阳极。

29. 根据权利要求28所述的方法，其中，所述非接触仪器是光学仪器。

30. 根据权利要求28所述的方法，其中，所述非接触仪器用于分析表面形态和厚度均匀性中的至少一个。

31. 一种制造电化学电池堆的方法，所述方法包括：

将第一半固体阳极涂布到第一负集流器的第一表面上，第一负集流器具有第二表面，第二表面未涂布；

将第二半固体阳极涂布到第二负集流器的第一表面上，第二负集流器具有第二表面，第二表面未涂布；

将第一负集流器的第二表面耦接至间隔物；以及

将第二负集流器的第二表面耦接至所述间隔物。

32. 根据权利要求31所述的方法，还包括：

将第一半固体阴极涂布到第一正集流器的第一表面上，第一正集流器具有第二表面，第二表面未涂布。

33. 根据权利要求32所述的方法，还包括：

在第一半固体阴极和第一半固体阳极之间设置第一分隔件。

34. 根据权利要求33所述的方法，还包括：

将第二半固体阴极涂布到第二正集流器的第一表面上，第二正集流器具有第二表面，第二表面未涂布。

35. 根据权利要求34所述的方法，还包括：

在第二半固体阴极和第二半固体阳极之间设置第二分隔件。

36. 根据权利要求35所述的方法，还包括：

将第三半固体阴极涂布到第三正集流器的第一表面上，第三正集流器具有第二表面，第二表面未涂布；以及

将第三正集流器的第二表面耦接至第一正集流器的第二表面。

37. 根据权利要求36所述的方法，还包括：

将第三半固体阳极涂布到第三负集流器的第一表面上，第三负集流器具有第二表面，第二表面未涂布。

38. 根据权利要求37所述的方法，还包括：

在第三半固体阴极和第三半固体阳极之间设置第三分隔件。

39. 根据权利要求31所述的方法，其中将半固体阳极涂布到第一负集流器的第一表面和/或第二负集流器的第一表面上包括浇铸、滴涂、按压以及辊压中的至少一个。

40. 根据权利要求31所述的方法,其中将半固体阳极涂布到第一负集流器的第一表面和/或第二负集流器的第一表面上还包括:

在第一负集流器的第一表面和/或第二负集流器的第一表面上设置框架,所述框架限定开口;

将半固体阳极材料设置到所述框架的开口中;以及

从所述开口去除过量的半固体阳极材料。

41. 根据权利要求40所述的方法,其中,所述框架具有厚度,并且所述框架的厚度确定半固体阳极材料的厚度。

42. 根据权利要求32所述的方法,还包括:

用非接触仪器分析第一半固体阳极、第二半固体阳极和/或第一半固体阴极。

43. 根据权利要求42所述的方法,其中,所述非接触仪器是光学仪器。

44. 根据权利要求42所述的方法,其中,所述非接触仪器用于分析表面形态和厚度均匀性中的至少一个。

具有半固体电极的电化学电池及其制造方法

[0001] 本申请是申请日为2015年11月4日、申请号为201580057914.4、发明名称为“具有半固体电极的电化学电池及其制造方法”的发明专利申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求于2014年11月5日提交的并且标题为“Electrochemical Cells Having Semi-Solid Electrodes and Methods of Manufacturing the Same”的美国临时专利申请序列No. 62/075,373的优先权和权益，该美国临时专利申请的公开的全部内容通过引用并入本文。

技术领域

[0004] 本文所描述的实施例一般涉及具有仅涂布在集流器的一侧上的半固体电极的电化学电池、这种电化学电池的堆以及形成这种电化学电池堆的方法。

背景技术

[0005] 电池典型地由固体电极、分隔件、电解质和辅助部件(诸如，例如，封装、热管理、电池平衡、将电流载流子固结到端子中)和/或其它这样的部件构造。电极典型地包括活性材料、导电材料、粘合剂以及其它添加剂。

[0006] 用于制备电池的一些已知方法包括：用由溶解或者分散在溶剂中的活性材料、导电添加剂和粘合剂组成的浆料来涂布金属衬底(例如，集流器)；使溶剂蒸发以及将经干燥的固体基质压延至指定厚度。随后切割电极、将电极与其它部件封装在一起、用电解质浸润以及随后将整个封装密封。

[0007] 这种已知方法通常涉及复杂并且昂贵的制造步骤(诸如，浇铸电极)以及仅适合于有限厚度的电极，例如，小于100μm(最终单侧涂布厚度)。用于生产有限厚度的电极的这些已知方法导致了具有较低容量、较低能量密度以及高的非活性部件与活性材料比的电池。此外，已知电极配方中使用的粘合剂会增大迂曲度并且降低电极的离子导电性。

[0008] 为了增大活性材料与非活性材料的比率，通常通过在集流器的两侧上都涂布电极活性材料(即，阳极配方浆料和阴极配方浆料)来形成常规电化学电池。在电极(即，阳极和阴极)之间设置分隔件以形成常规电化学电池。可以将多个这样的电化学电池堆叠在彼此的顶部(通常在其间设置有间隔物)以形成电化学电池堆。尽管这积极地影响活性材料与非活性材料的比率，但是这在制造处理中引入了复杂性。此外，装配电化学电池所需要的时间会是显著的。这会使电极材料对温度波动或者湿度的暴露增大，会使电极材料劣化以及从而降低电极的电子性质。

[0009] 因此，能量存储系统开发的耐久性目标是开发具有更长循环寿命、提高的能量密度、充电容量和总体性能的新的电化学电池和电极。

发明内容

[0010] 本文所描述的实施例一般涉及具有仅涂布在集流器的一侧上的半固体电极。在一

些实施例中,电化学电池包括仅涂布在正集流器的一侧上的半固体正电极和仅涂布在负集流器的一侧上的半固体负电极。在半固体正电极与半固体负电极之间设置分隔件。半固体正电极和半固体负电极中的至少一个可以具有至少大约 $250\mu\text{m}$ 的厚度。

附图说明

- [0011] 图1是根据实施例的电化学电池的示意性例示。
- [0012] 图2是根据实施例的袋中的电化学电池的透视图。
- [0013] 图3示出了去除了袋的图2的电化学电池。
- [0014] 图4是图3的电化学电池的分解视图。
- [0015] 图5示出了根据实施例的包括多个电化学电池的袋中的电化学电池堆。
- [0016] 图6示出了去除了袋的图5的电化学电池堆。
- [0017] 图7示出了沿着如图6所示的线AA得到的图5所示的电化学电池堆的侧截面。
- [0018] 图8是根据实施例的包括具有基本上比其余正集流器和负集流器的接片更长的接片的一个正集流器和一个负集流器的电化学电池堆的透视图。
- [0019] 图9是由图8中的箭头B所示的图8的电化学电池堆的一部分的侧视图。
- [0020] 图10示出了根据实施例的形成电化学电池堆的方法的示意性流程图。
- [0021] 图11A-11I例示了根据实施例的制造电化学电池的处理的步骤。

具体实施方式

[0022] 随着锂离子电池技术的发展,消费性电子电池在能量密度上逐渐地增大。所制造的电池的存储能量或者充电容量是下列的函数:(1)活性材料的固有充电容量(mAh/g)、(2)电极的体积(cm^3) (即,电极厚度、电极面积和层(堆)的数量的乘积)以及(3)电极介质中活性材料的装载(例如,每 cm^3 电极介质的活性材料克数)。因此,为了增强商业吸引力(例如,增大的能量密度和降低的成本),通常希望增大面积充电容量(mAh/cm^2)。例如,可以通过利用具有较高固有充电容量的活性材料、增大活性电荷存储材料在整个电极配方中的相对百分比(即,“装载”)和/或增大在任何给定电池形状因子中使用的电极材料的相对百分比来增大面积充电容量。换言之,增大活性电荷存储部件(例如,电极)与非活性部件(例如,分隔件和集流器)的比率通过消除或者减少对电池的总体性能没有贡献的部件来增大电池的总体能量密度。实现增大面积充电容量以及因此减小非活性部件的相对百分比的一个方式是通过增大电极的厚度。

[0023] 本文所描述的半固体电极可以:(i)由于半固体电极的减小的迂曲度和较高的电子导电性而被制作得更厚(例如,大于 $250\mu\text{m}$ -高达 $2,000\mu\text{m}$ 或者甚至更大),(ii)被制作成具有更高的活性材料装载,以及(iii)通过利用较少设备的简化制造处理进行制作。这些半固体电极可以以固定或者可流动的配置形成以及减小非活性部件相对于活性部件的体积、质量和成本贡献,从而提高用半固体电极制作的电池的商业吸引力。在一些实施例中,本文所描述的半固体电极是无粘合剂的和/或不使用常规电池制造中使用的粘合剂。替代的,常规电极中通常由粘合剂占据的电极的体积现在由下列占据:1)电解质,具有减小迂曲度和增大可得到的用于离子扩散的总盐的效果,从而对抗以高速率使用时厚的常规电极的典型的盐耗尽效应,2)活性材料,具有增大电池充电容量的效果,或者3)导电添加剂,具有增大电

极的电子导电性的效果,从而对抗厚的常规电极的高内部阻抗。本文所描述的半固体电极的减小的迂曲度和更高的电子导电性带来了由半固体电极形成的电化学电池的优秀的速率能力和充电容量。

[0024] 由于可以将本文所描述的半固体电极制作得基本上比常规电极厚,因此相对于由包括常规电极的电化学电池堆形成的类似电池,在由包括半固体电极的电化学电池堆形成的电池中活性材料(即,半固体阴极和/或阳极)与非活性材料(即,集流器和分隔件)的比率能够高得多。这基本上增大了包括本文所描述的半固体电极的电池的总充电容量和能量密度。在2015年3月31日授予的标题为“Semi-Solid Electrodes Having High Rate Capability”的美国专利No.8,993,159(也称为“第‘159专利”)、2014年3月10日提交的标题为“Asymmetric Battery Having a Semi-Solid Cathode and High Energy Density Anode”的美国专利公开No.2014/0315097(也称为“第‘097公开”)和2014年7月21日提交的标题为“Semi-Solid Electrodes with Gel Polymer Additive”的美国专利公开No.2015/0024279(也称为“第‘279公开”)中,对利用厚半固体电极及其各种配方的电化学电池的示例进行了描述,这些专利的全部公开内容通过引用并入本文。

[0025] 将本文所描述的半固体电极配制为浆料,使得在浆料配方中包括电解质。这与常规电极相反,例如经压延的电极,在常规电极中一旦电化学电池已经被设置在容器(例如,袋或者罐)中,电解质就通常被添加到电化学电池。半固体电极对周围环境暴露较长的时间周期会增加电解质的蒸发,从而影响电化学电池的物理特性(例如,可流动性)和/或电特性(例如,导电性、充电容量、能量密度等等)。另外,周围环境中的湿气还会不利地影响电解质的性能。因此,以最短的时间量装配包括本文所描述的半固体电极的电化学电池以限制电解质蒸发和/或劣化将是有益处的。然而,在一些实例中,将半固体电极设置在集流器(例如,金属箔)的两侧上会花费大量的时间。另外,为了由这种电化学电池形成电化学电池堆,通常在相邻的电化学电池之间设置间隔物,这会进一步增加电化学电池中所包括的半固体电极暴露于周围大气的时间。

[0026] 本文所描述的电化学电池的实施例包括仅涂布在集流器的一侧上的半固体电极。仅涂布集流器的一侧减小制造复杂度以及与涂布集流器的两侧相关联的时间。然后可以通过堆叠电化学电池使得相邻电化学电池的集流器彼此邻接以容易地形成电化学电池堆。例如,第一电化学电池中所包括的正集流器的未涂布侧可以邻接第二电化学电池中所包括的正集流器的未涂布侧。类似地,第一电化学电池中所包括的负集流器的未涂布侧可以邻接第三电化学电池中所包括的负集流器的未涂布侧等等。这可以进一步减小用于形成电化学电池堆的时间量,从而使电极对周围环境的暴露最小化。由于还可以使水渗透最小化,所以形成电化学电池所需要的短装配时间还减少半固体电极的电解质蒸发和/或劣化。

[0027] 在一些实施例中,电化学电池包括仅涂布在正集流器的一侧上的半固体正电极和仅涂布在负集流器的一侧上的半固体负电极。在半固体正电极与半固体负电极之间设置离子渗透膜。半固体正电极和半固体负电极中的至少一个具有至少大约250 μm 的厚度。在一些实施例中,正集流器和/或负集流器可以包括金属箔,例如,铝箔或者铜箔。在一些实施例中,电化学电池可以设置在真空密封袋中。

[0028] 在一些实施例中,形成电化学电池堆的方法包括仅在正集流器的一侧上涂布半固体阴极以及仅在负集流器的一侧上涂布半固体阳极。在半固体阴极与半固体阳极之间设置

分隔壁以形成第一电化学电池。与第一电化学电池基本上类似地形成第二电化学电池。此外,与第一电化学电池基本上类似地形成第三电化学电池等等。在第一电化学电池上设置第二电化学电池,使得第二电化学电池的正集流器的未涂布侧设置在第一电化学电池的正集流器的未涂布侧上。类似地,在第一电化学电池上设置第三电化学电池,使得第三电化学电池的负集流器的未涂布侧设置在第一电化学电池的负集流器的未涂布侧上,从而形成电化学电池堆。在一些实施例中,可以充分地减小形成电化学电池堆所需要的时间周期,使得第一电化学电池、第二电化学电池和第三电化学电池中的任何一个的半固体阴极和/或半固体阳极中所包括的电解质的蒸发最小化。

[0029] 半固体电极的混合和形成通常包括:(i)原材料输送和/或进料、(ii)混合、(iii)混合浆料输送、(iv)分配和/或挤压以及(v)形成。在一些实施例中,可以同时和/或利用同一件设备执行处理中的多个步骤。例如,可以利用挤压机同时执行浆料的混合和输送。处理中的每个步骤都可以包括一个或者多个可能的实施例。例如,可以手动地或者通过各种处理设备中的任何一个执行过程中的每个步骤。每个步骤还可以包括一个或者多个子过程,以及可选地包括监控处理质量的检查步骤。

[0030] 在一些实施例中,可以选择处理条件以生产具有至少大约0.80、至少大约0.90、至少大约0.95或者至少大约0.975的混合指数的制备浆料。在一些实施例中,可以选择处理条件以生产具有至少大约 10^{-6} S/cm、至少大约 10^{-5} S/cm、至少大约 10^{-4} S/cm、至少大约 10^{-3} S/cm或者至少大约 10^{-2} S/cm的电子导电性的制备浆料。在一些实施例中,可以选择处理条件以生产具有在室温下小于大约100000Pa·s、小于大约10000Pa·s或者小于大约1000Pa·s(全都处于 1000s^{-1} 的表观剪切速率)的表观粘度的制备浆料。在一些实施例中,可以选择处理条件以生产具有如本文所描述的两个或者更多个性质的制备浆料。在2013年3月15日提交的标题为“Electrochemical Slurry Compositions and Methods for Preparing the Same”的美国专利公开No.2013/0337319(也称为“第‘319公开”)中对可以用于制备本文所描述的半固体电极组合物的系统和方法的示例进行描述,该美国专利公开的全部公开内容通过引用并入本文。

[0031] 如此处使用的,术语“大约”和“近似”通常意指加或者减所述值的10%,例如,大约 $250\mu\text{m}$ 将包括 $225\mu\text{m}$ 至 $275\mu\text{m}$,大约 $1000\mu\text{m}$ 将包括 $900\mu\text{m}$ 至 $1100\mu\text{m}$ 。

[0032] 如此处使用的,术语“半固体”指的是为液相和固相的混合的材料,例如,诸如颗粒悬浮液、胶态悬浮液、乳状液、凝胶或者胶束。

[0033] 如此处使用的,术语“活性碳网络”和“网状碳”涉及电极的一般定性状态。例如,具有活性碳网络(或者网状碳)的电极使得电极内的碳颗粒相对于彼此呈现单个颗粒形态和布置,便于颗粒之间以及通过电极的厚度和长度的电接触和导电性。相反地,术语“非活性碳网络”和“非网状碳”涉及其中碳颗粒作为单个颗粒岛或者多颗粒团聚岛存在的电极,单个颗粒岛或者多颗粒团聚岛可能不是充分连接以提供通过电极的充足的电传导的。

[0034] 图1示出了电化学电池100的示意性例示。电化学电池100包括正集流器110和负集流器120。半固体阴极140设置在正集流器110上,以及半固体阳极150设置在负集流器120上。分隔壁130设置在半固体阴极140与半固体阳极150之间。半固体阴极140和半固体阳极150中的至少一个具有至少大约 $250\mu\text{m}$ 的厚度,例如,在大约 $250\mu\text{m}$ 至大约 $2000\mu\text{m}$ 的范围内。

[0035] 正集流器110和负集流器120可以是在电池的工作条件下是电子地导电和电化学

地非活性的任何集流器。用于锂电池的典型集流器包括以片或者网的形式或者它们的任何组合用于负集流器120的铜、铝或者钛以及用于正集流器110的铝。可以选择集流器材料以在电化学电池100的半固体阴极140和半固体阳极150的工作电势下是稳定的。例如，在非水锂系统中，正集流器110可以包括铝或者涂布有相对于Li/Li⁺在2.5-5.0V的工作电势处并不电化学溶解的导电材料的铝。这种材料包括铂、金、镍、导电金属氧化物(诸如，氧化钒)和碳。负集流器120可以包括铜或者不与锂、碳和/或包括设置在另一个导体上的这种材料的涂层形成合金或者金属间化合物的其它金属。正集流器110和负集流器120中的每个都可以具有小于大约20微米的厚度，例如，大约1微米、2微米、3微米、4微米、5微米、6微米、7微米、8微米、9微米、10微米、12微米、14微米、16微米或者18微米，包括其间的所有范围。使用这种薄的正集流器110和负集流器120可以大大地减少电化学电池100的成本和总重量。

[0036] 电化学电池100中所包括的半固体阴极140和半固体阳极150由分隔件130分开。分隔件130可以是能够离子传输的任何常规膜(即，离子渗透膜)。在一些实施例中，分隔件130是允许离子通过其传输的不透液膜，即固体或者凝胶离子导体。在一些实施例中，分隔件130是用液体电解质浸渍的多孔聚合物膜，允许离子在电活性材料的半固体阴极140与半固体阳极150之间穿梭，同时防止电子传递。在一些实施例中，分隔件130是微孔膜，防止形成半固体阴极140和半固体阳极150组合物的颗粒穿过膜。在一些实施例中，分隔件130是单或者多层微孔分隔件，可选地具有在某个温度之上熔断或者“切断”以使得它不再传输工作离子的能力，其中工作离子的类型是锂离子电池工业中使用的和本领域技术人员公知的类型。在一些实施例中，分隔件130可以包括其中锂盐被复合以提供锂导电性的聚氧化乙烯(PEO)聚合物，或者作为质子导体的NafionTM膜(质子导体)。例如，PEO基电解质可以被用作分隔件130，该分隔件130无针孔并且是固态离子导体，可选地用其它膜(诸如，作为支撑层的玻璃纤维分隔件)来稳固。PEO还可以在正氧化还原组合物或者负氧化还原组合物中用作浆料稳定剂、分散剂等等。PEO在与典型的烷基碳酸酯基电解质接触时是稳定的。这在正电极处的电池电势相对于Li金属小于大约3.6V的磷酸盐基电池化学物质中尤其有用。根据需要，可以提高氧化还原电池的工作温度以改善膜的离子导电性。

[0037] 半固体阴极140可以包括离子存储固相材料，该离子存储固相材料可以包括例如活性材料和/或导电材料。离子存储固相材料的量可以在大约0%至大约80%(按体积)的范围内。阴极140可以包括活性材料，诸如，例如，含锂化合物(例如，磷酸铁锂(LFP) LiCoO₂、掺杂有Mg的LiCoO₂、LiNiO₂、Li(Ni、Co、Al)O₂(称为“NCA”)、Li(Ni、Mn、Co)O₂(称为“NMC”)、LiMn₂O₄以及其衍生物等等)。阴极140还可以包括导电材料，诸如，例如，石墨、碳粉、热解碳、碳黑、碳纤维、碳微纤维、碳纳米管(CNT)、单壁CNT、多壁CNT、包括“巴基球(bucky ball)”的富勒烯碳、石墨烯片和/或石墨烯片的聚集物、任何其它导电材料、合金或者它们的组合。阴极140还可以包括非水液体电解质，诸如，例如，碳酸亚乙酯、碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、SSDE或者本文所描述的任何其它电解质或者它们的组合。

[0038] 在一些实施例中，半固体阳极150还可以包括离子存储固相材料，该离子存储固相材料可以包括例如活性材料和/或导电材料。离子存储固相材料的量可以在大约0%至大约80%(按体积)的范围内。半固体阳极150可以包括阳极活性材料，诸如，例如，锂金属、碳、嵌有锂的碳、氮化锂、锂合金以及形成硅、铋、硼、镓、铟、锌、锡、氧化锡、锑、铝、氧化钛、钼、铼、锰、铌、钒、钽、金、铂、铁、铜、铬、镍、钴、锆、钇、氧化钼、氧化锆、氧化硅、碳化硅、任何其它材

料或者它们的合金的化合物的锂合金,以及它们的任何其它组合。

[0039] 半固体阳极150还可以包括导电材料,该导电材料可以是含碳材料,诸如,例如,石墨、碳粉、热解碳、碳黑、碳纤维、碳微纤维、碳纳米管(CNT)、单壁CNT、多壁CNT、包括“巴基球”的富勒烯碳、石墨烯片和/或石墨烯片的聚集物、任何其它含碳材料或者它们的组合。在一些实施例中,半固体阳极150还可以包括非水液体电解质,诸如,例如,碳酸亚乙酯、碳酸二甲酯、碳酸二乙酯或者本文所描述的任何其它电解质或者它们的组合。

[0040] 在一些实施例中,半固体阴极140和/或半固体阳极150可以包括以微粒形式悬浮在非水液体电解质中的活性材料以及可选地导电材料。在一些实施例中,半固体阴极140和/或半固体阳极150颗粒(例如,阴极颗粒或者阳极颗粒)可以具有至少大约 $1\mu\text{m}$ 的有效直径。在一些实施例中,阴极颗粒或者阳极颗粒具有在大约 $1\mu\text{m}$ 与大约 $10\mu\text{m}$ 之间的有效直径。在一些实施例中,阴极颗粒或者阳极颗粒具有至少大约 $10\mu\text{m}$ 或者更大的有效直径。在一些实施例中,阴极颗粒或者阳极颗粒具有小于大约 $1\mu\text{m}$ 的有效直径。在一些实施例中,阴极颗粒或者阳极颗粒具有小于大约 $0.5\mu\text{m}$ 的有效直径。在一些实施例中,阴极颗粒或者阳极颗粒具有小于大约 $0.25\mu\text{m}$ 的有效直径。在一些实施例中,阴极颗粒或者阳极颗粒具有小于大约 $0.1\mu\text{m}$ 的有效直径。在一些实施例中,阴极颗粒或者阳极颗粒具有小于大约 $0.05\mu\text{m}$ 的有效直径。在其它实施例中,阴极颗粒或者阳极颗粒具有小于大约 $0.01\mu\text{m}$ 的有效直径。

[0041] 在一些实施例中,半固体阴极140可以包括大约20%至大约80%(按体积)的活性材料。在一些实施例中,半固体阴极140可以包括大约40%至大约75%(按体积)、大约50%至大约75%(按体积)、大约60%至大约75%(按体积)或者大约60%至大约80%(按体积)的活性材料。

[0042] 在一些实施例中,半固体阴极140可以包括大约0%至大约25%(按体积)的导电材料。在一些实施例中,半固体阴极140可以包括大约1.0%至大约6%(按体积)、大约6%至大约12%或者大约2%至大约15%(按体积)的导电材料。

[0043] 在一些实施例中,半固体阴极140可以包括大约20%至大约70%(按体积)的电解质。在一些实施例中,半固体阴极140可以包括大约30%至大约60%、大约40%至大约50%或者大约20%至大约40%(按体积)的电解质。

[0044] 在一些实施例中,半固体阳极150可以包括大约20%至大约80%(按体积)的活性材料。在一些实施例中,半固体阳极150可以包括大约40%至大约75%(按体积)、大约50%至大约75%、大约60%至大约75%或者大约60%至大约80%(按体积)的活性材料。

[0045] 在一些实施例中,半固体阳极150可以包括大约0%至大约20%(按体积)的导电材料。在一些实施例中,半固体阳极150可以包括大约1%至大约10%、大约1%至大约6%、大约0.5%至大约2%(按体积)、大约2%至大约6%或者大约2%至大约4%(按体积)的导电材料。

[0046] 在一些实施例中,半固体阳极150可以包括大约20%至大约70%(按体积)的电解质。在一些实施例中,半固体阳极150可以包括大约30%至大约60%、大约40%至大约50%或者大约20%至大约40%(按体积)的电解质。

[0047] 在第‘159专利、2014年5月13日授予的标题为“High Energy Density Redox Flow Device”的美国专利No.8,722,226(也称为“第226专利”)以及2010年12月16日提交的标题为“High Energy Density Redox Flow Device”的美国专利公开No.2011/0200848(也称为

“第‘848公开’)中,对可以在半固体阴极140和/或半固体阳极150组合物、其各种配方以及由其形成的电化学电池中使用的活性材料、导电材料和/或电解质的示例进行了描述,这些专利的全部公开通过引用并入本文。

[0048] 在一些实施例中,半固体阳极150还可以包括大约1%至大约30% (按体积) 的高容量材料。这种高容量材料可以包括例如硅、铋、硼、镓、铟、锌、锡、锑、铝、氧化钛、钼、锗、锰、铌、钒、钽、铁、铜、金、铂、铬、镍、钴、锆、钇、氧化钼、氧化锆、氧化硅、碳化硅、任何其它高容量材料或者它们的合金以及它们的任何组合。在一些实施例中,半固体可以包括大约1%至大约5% (按体积)、大约1%至大约10% (按体积) 或者大约1%至大约20% (按体积) 的高容量材料。在第‘097公开中对半固体阳极150、其各种配方以及由其形成的电化学电池中所包括的高容量材料的示例进行描述。

[0049] 尽管本文将电化学电池100描述为包括半固体阴极140和半固体阳极150,但是,在一些实施例中,电化学电池100可以仅包括一个半固体电极。例如,在一些实施例中,阴极140可以是半固体阴极而阳极150可以是常规固体阳极(例如,高容量固体阳极)。类似地,在一些实施例中,阴极140可以是固体阴极而阳极150可以是半固体阳极。

[0050] 在一些实施例中,半固体阴极140和/或半固体阳极150中的至少一个中所包括的电解质可以包括凝胶聚合物添加剂的大约0.1%至大约1% (按重量)。在第‘279公开中对半固体阴极140和/或半固体阳极150配方以及由其形成的电化学电池中所包括的凝胶聚合物添加剂的示例进行描述。

[0051] 在一些实施例中,阴极140和/或阳极150半固体悬浮液最初会是可流动的,以及可以通过“固定”使其变得不可流动。在一些实施例中,可以通过光聚合的作用执行固定。在一些实施例中,通过具有由半固体阴极和/或半固体阳极形成的电化学电池100的未填充的正和/或负电活性区透射的波长的电磁辐射的作用来执行固定。在一些实施例中,可以通过加热使半固体悬浮液固定。在一些实施例中,将一个或者多个添加剂添加至半固体悬浮液以促进固定。

[0052] 在一些实施例中,通过“塑化”使得可注射并且可流动的半固体阴极140和/或半固体阳极150变得不可流动。在一些实施例中,通过添加稀释剂、增稠剂和/或塑化剂来改变可注射并且可流动的半固体悬浮液的流变性质。在一些实施例中,这些剂提高可加工性以及有助于在流动条件和正电活性区及负电活性区填充操作下保持半固体悬浮液的组成均匀性。在一些实施例中,将一个或者多个添加剂添加至可流动半固体悬浮液以调节其流动性以适应处理要求。

[0053] 负和/或正离子存储材料是用于工作离子的存储主体,意指所述材料可以在材料的所有其它成分在电解质中保持基本上不可溶解的同时吸收或者释放工作离子,由于电解质没有被电化学组合物产品污染,因此采用负和/或正离子存储材料的系统特别地有利。另外,在使用非水电化学组合物时,采用负和/或正锂离子存储材料的系统特别地有利。

[0054] 在一些实施例中,半固体离子存储氧化还原组合物包括被证明能在常规锂离子电池中工作的材料。在一些实施例中,正半固体电活性材料包含锂正电活性材料,以及锂阳离子在负电极与正电极之间穿梭,嵌入到液体电解质中悬浮的固体主体颗粒中。

[0055] 仅在正集流器110的一侧上涂布半固体阴极140。类似地,仅在负集流器120的一侧上涂布半固体阳极150。例如,可以使用任何其它合适的方法将半固体电极浇铸、滴涂、按

压、辊压或者以其它方式设置在集流器上。仅将半固体电极涂布在集流器的一侧上可以大大减少用于形成电化学电池100的时间周期。这可以大大减小半固体阴极140和/或半固体阳极150浆料配方中所包括的电解质的蒸发。此外,可以使电解质对周围环境中存在的湿气的暴露最小化,从而防止电解质的劣化。

[0056] 可以在电池堆中设置多个电化学电池100以形成电化学电池堆。例如,电化学电池100可以是第一电化学电池100。电池堆可以包括第二电化学电池(未示出)和第三电化学电池(未示出)。第二电化学电池和第三电化学电池中的每个都可以与第一电化学电池100基本上类似。可以在第一电化学电池100中所包括的正集流器110的未涂布表面上设置第二电化学电池中所包括的正集流器110的未涂布表面。类似地,可以在第一电化学电池100中所包括的负集流器120的未涂布表面上设置第三电化学电池中所包括的负集流器120的未涂布表面。可以在电池堆中包括任何数量的电化学电池100。堆叠如本文所描述的多个电化学电池100显著地减少了形成电化学电池堆所需要的时间。这可以使如本文所描述的电解质的蒸发和/或劣化最小化。

[0057] 图2-4示出了包括正集流器210和负集流器220的电化学电池200。半固体阴极240设置在正集流器210上,以及半固体阳极250设置在负集流器220上。分隔件230设置在半固体阴极240与半固体阳极250之间。电化学电池200设置在袋260中。

[0058] 可以由金属箔(例如,铜箔或者铝箔)或者关于电化学电池200中所包括的正集流器210描述的任何其它材料来形成正集流器210。正集流器210可以具有在大约20 μm 至大约40 μm 范围内的厚度,例如,大约25 μm 、大约30 μm 或者大约35 μm ,包括其间的所有范围。在一些实施例中,正集流器210可以具有小于大约20 μm 的厚度,例如,大约5 μm 、6 μm 、7 μm 、8 μm 、9 μm 、10 μm 、12 μm 、14 μm 、16 μm 或者大约18 μm ,包括其间的所有范围。正集流器210包括与正引线214耦接的接片212。在一些实施例中,可以将接片212切成期望长度以用于与正引线214耦接。正引线可以是导电金属(例如,铜或者铝)条,其中可以使用任何合适的方法(例如,超声波焊接、夹紧(clamping)、卷边(clamping)、胶带等等)将正引线214耦接至接片212。当将电化学电池200设置在袋260中时,将环216围绕正引线214的一部分缠绕并且与袋260的边缘对准。因此,当将袋260密封时,环216确保袋260是可热密封的。环216可以由绝缘材料(例如,选择塑料(诸如Surlyn))或者任何其它合适的材料形成。

[0059] 可以由金属箔(例如,铜或者铝箔)或者关于电化学电池200中所包括的负集流器220描述的任何其它材料来形成负集流器220。负集流器220可以具有在大约20 μm 至大约40 μm 的范围内的厚度,例如,大约25 μm 、大约30 μm 或者大约35 μm ,包括其间的所有范围。在一些实施例中,负集流器220可以具有小于大约20 μm 的厚度,例如,大约5 μm 、6 μm 、7 μm 、8 μm 、9 μm 、10 μm 、12 μm 、14 μm 、16 μm 或者大约18 μm ,包括其间的所有范围。负集流器220还包括与负引线224耦接的接片222。在一些实施例中,可以将接片222切成期望长度以用于与负引线224耦接。负引线224可以与正引线214基本上类似,以及在此不另外详细地描述。当将电化学电池200设置在袋260中时,将环226围绕负引线224的一部分缠绕并且与袋260的边缘对准。因此,当将袋260密封时,环226确保袋260是可热密封的。环226可以由绝缘材料(例如,选择塑料(诸如Surlyn))或者任何其它合适的材料形成。

[0060] 分隔件230可以是离子渗透膜以及可以由关于电化学电池200中所包括的分隔件230所描述的材料中的任何一个形成。分隔件230可以具有大约10 μm 至大约30 μm 的厚度,例

如,大约15μm、大约20μm或者大约25μm,包括其间的所有范围。

[0061] 将半固体阴极240设置(例如,涂布)在正集流器210的接近分隔件230的第一表面上。使正集流器210的远离分隔件230的第二表面不被涂布。类似地,将半固体阳极250设置(例如,涂布)在负集流器220的接近分隔件230的第一表面上。使负集流器220的远离分隔件230的第二表面不被涂布。换言之,仅将半固体阴极240和半固体阳极250分别地涂布在正集流器210的一侧和负集流器220的一侧上。仅涂布一侧减少了制备电化学电池200所需要的时间。这可以减少半固体阴极240和/或半固体阳极250配方中所包括的电解质的蒸发和/或劣化(例如,由于环境湿度)。可以使用如关于电化学电池100中所包括的半固体阴极140和半固体阳极15所描述的任何组分(例如,活性材料和/或导电材料、电解质、添加剂、凝胶聚合物等等)分别地配制半固体阴极240和半固体阳极250。另外,半固体阴极240和/或半固体阳极250中的每个都可以具有至少大约250μm的厚度。例如,半固体阴极240和/或半固体阳极250可以具有在大约250μm至大约2000μm范围内的厚度。

[0062] 可以将所制备的电化学电池200真空密封在棱柱形的袋260中,棱柱形的袋260可以提供电化学电池200材料与环境的气密隔离。因此,袋260可以用来避免有害物质(诸如,电解质溶剂和/或腐蚀性盐)泄漏至周围环境,以及可以防止水和/或氧气渗透到电池中。袋260的其它功能可以包括例如内部层的压缩封装、为了安全性和处理的电压隔离以及电化学电池200组件的机械保护。

[0063] 典型的袋材料可以包括层压材料(例如,多层片材),该层压材料形成为例如两个或者三个固体膜状层并且由粘着剂接合在一起。如此处使用的单词“层压材料”还可以指代没有化学地粘合到彼此的材料层。例如,层可以彼此面接触并且使用其它耦接方法(诸如,例如,热密封)进行耦接。在一些实施例中,袋260可以由聚丙烯(例如,铸塑丙烯)形成。在一些实施例中,可以形成具有包括多层次压片材的壳体或者袋的电化学电池,该多层次压片材至少包括用塑料材料形成的第一层或者内层和用电子导电材料形成的第二层,以使得多层次片材可以被用作电池的电化学功能元件。例如,在一些实施例中,袋的电子导电材料(例如,金属箔)可以被用作电池的集流器。在一些实施例中,金属箔可以被用作穿透接片。因此,除充当封装材料以外,电池袋的一个或者多个多层次片材或者层压片材可以被用作电池的电化学功能材料。在2014年11月17日提交的标题为“Electrochemical Cells and Methods of Manufacturing the Same”的美国专利公开No.2015/0171406(也称为“第‘406公开”)中,对制造具有包括多层次压片材的壳体或者袋的电化学电池的系统、设备和方法进行了描述,该美国专利公开的全部公开内容通过引用并入本文。

[0064] 可以将本文所描述的多个电化学电池200或者任何其它电化学电池设置在电化学电池堆中以例如形成电化学电池。现在参考图5-7,示出了电化学电池堆3000,该电化学电池堆3000包括设置在其中的多个电化学电池。可以将电化学电池堆设置在袋360(例如,真空密封袋)中,该袋360与关于图2-4描述的袋260基本上类似,以及因此,在此不另外详细地描述。

[0065] 电化学电池堆3000中所包括的多个电化学电池中的每个(例如,第二电化学电池300b(图6))都可以与电化学电池100或者200基本上类似。多个电化学电池中所包括的集流器中的每个都包括接片。例如,如图6所示,第二电化学电池300b的正集流器310b(图7)包括接片312b,以及第二电化学电池300b的负集流器320b包括接片322b。多个电化学电池中所

包括的正集流器的接片中的每个都在正卡箍313中耦接在一起,该正卡箍313然后被耦接至正引线314。在一些实施例中,正集流器的接片中的每个都可以彼此弯折以形成正卡箍313。在一些实施例中,可以将正卡箍313中所包括的接片切成期望长度以用于与正引线314耦接。在一些实施例中,朝着电池内部设置的电池300中所包括的正集流器310和/或负集流器320可以具有基本上比最外面的电化学电池300中所包括的正集流器310的接片312和/或负集流器320的接片322短的接片。例如,电化学电池300c中所包括的正集流器310c的接片可以基本上分别地比电化学电池300a和300b中所包括的正集流器310a和310b的接片更长。类似地,电化学电池300a中所包括的负集流器320a的接片可以基本上分别地比电化学电池300b和300c中所包括的负集流器320b和320c的接片更长。在这种实施例中,可以例如通过超声波焊接、夹紧、卷边、胶带等等将较短的接片耦接至较长的接片以形成卡箍(即,卡箍313和323)。最外面的正集流器和最外面的负集流器(例如,正集流器310c和负集流器310a)的较长接片可以随后耦接至正引线314和负引线324。以这种方式,可以减少形成接片需要的材料的量,从而降低电化学电池300的成本和/或总重量。在一些实施例中,最内部的电化学电池300的正集流器310和负集流器的接片可以比电化学电池堆3000中所包括的其余电化学电池的正集流器310和负集流器320的接片310和320长。在一些实施例中,包括较长接片的正集流器310和/或负集流器320可以基本上比电化学电池堆3000中所包括的其它电化学电池300中所包括的正集流器310和/或负集流器320厚。在一些实施例中,正集流器310和/或负集流器320中的每个都可以具有可以足够长(例如,大约分别地与最外面的正集流器310和最外面的负集流器320的正接片312和负接片322相同的长度)以延伸到袋360外的接片。在这种实施例中,例如,可以例如通过超声波焊接、夹紧、卷边、胶带等等将正集流器310中的每个的接片耦接在一起以形成正卡箍(例如,卡箍313)。类似地,如本文所描述的,可以将负集流器320中的每个的接片耦接在一起以形成负卡箍(例如,卡箍323)。如本文所描述的,正卡箍(包括正集流器中的每个的接片)和负卡箍(包括负集流器中的每个的接片)可以延伸到袋外,以及可以用于与电化学电池堆3000电气地接口接合。换言之,在这种实施例中,电化学电池堆3000可以直接地经由正卡箍和负卡箍电气地耦接至外部电子组件,使得正引线314和负引线324并不被包括在在电化学电池堆中。

[0066] 正引线314可以是导电金属(例如,铜或者铝)条,可以使用任何合适的方法(例如,超声波焊接、夹紧、卷边、胶带等等)将正引线314耦接至正卡箍313。当电化学电池300设置在袋360中时,将环316围绕正引线314的一部分缠绕并且与袋360的边缘对准。因此,当将袋360密封时,环316确保袋360是可热密封的。环316可以由绝缘材料(例如,选择塑料(诸如Surlyn))或者任何其它合适材料形成。类似地,将多个电化学电池中所包括的负集流器的接片中的每个在负卡箍323中耦接在一起,该负卡箍323随后耦接至负引线324。在一些实施例中,负集流器的接片中的每个都可以彼此弯折以形成负卡箍323。在一些实施例中,可以将负卡箍323中所包括的接片切成期望长度以用于与正引线314耦接。负引线324可以与正引线314基本上类似,以及因此在此不另外的详细的描述。此外,当将电化学电池300设置在袋360中时,将环326围绕负引线324的一部分缠绕并且与袋360的边缘对准。环326可以与环316基本上类似,以及因此在此不另外详细地描述。

[0067] 图7示出了沿着线AA(图6)得到的电化学电池堆3000的一部分的侧截面。电化学电池堆3000的部分包括第一电化学电池300a、第二电化学电池300b和第三电化学电池300c。

第一电化学电池300a包括第一正集流器310a、第一负集流器320a和第一分隔件330a。仅将第一半固体阴极340a设置在第一正集流器310a的面向第一分隔件330a的一侧上。类似地，仅将第一半固体阳极350a设置在第一负集流器320a的面向第一分隔件330a的一侧上。第一分隔件330a设置在第一半固体阴极340a与第一半固体阳极350a之间。

[0068] 第二电化学电池300b包括第二正集流器310b、第二负集流器320b和第二分隔件330b。仅将第二半固体阴极340b设置在第二正集流器310b的面向第二分隔件330b的一侧上。类似地，仅将第二半固体阳极350b设置在第二负集流器320b的面向第二分隔件330b的一侧上。第二分隔件330b设置在第二半固体阴极340b与第二半固体阳极350b之间。

[0069] 第三电化学电池300c包括第三正集流器310c、第三负集流器320c和第三分隔件330c。仅将第三半固体阴极340c设置在第三正集流器310c的面向第三分隔件330c的一侧上。类似地，仅将第三半固体阳极350c设置在第三负集流器320c的面向第三分隔件330c的一侧上。第三分隔件330c设置在第三半固体阴极340c与第三半固体阳极350c之间。

[0070] 第一电化学电池300a、第二电化学电池300b和第三电化学电池300c可以基本上彼此相似。电化学电池堆3000中所包括的电化学电池中的每个中所包括的正集流器、负集流器和分隔件可以由关于电化学电池100中所包括的正集流器110、负集流器120和分隔件130所描述的任何材料形成。此外，可以使用关于电化学电池100中所包括的半固体阴极140和半固体阳极150所描述的任何材料或者方法对电化学电池堆3000的电化学电池中的每个中所包括的半固体阴极和半固体阳极进行配制。

[0071] 在第一电化学300a上设置第二电化学电池300b，使得第二正集流器310b的未涂布侧与第一正集流器310a的未涂布侧相邻并且邻接。类似地，在第一电化学电池300a上设置第三电化学电池300c，使得第三负集流器320c的未涂布侧与第一负集流器320a的未涂布侧相邻并且邻接。尽管电化学电池堆3000被示出为包括八个电化学电池(图6)，但是可以在电化学电池堆3000中包括任何数量的电化学电池。尽管此处未示出，但是在一些实施例中，可以在每个相邻的电化学电池之间设置间隔物(例如，电绝缘和/或热绝缘间隔物)。在一些实施例中，间隔物可以被配置为在电化学电池堆3000中所包括的电化学电池中的每个上施加堆压力。合适的间隔物可以包括例如泡沫垫、橡胶垫、塑料片材、纸或者纸板条等等。

[0072] 与常规电化学电池堆相比，电化学电池堆3000可以在较小的时间段内形成。这可以使电解质的蒸发和/或劣化最小化，如本文所描述的。当与包括如本文所描述的涂布在集流器两侧上的半固体电极的类似大小的电化学电池堆相比较时，电化学电池堆3000可以具有较小的活性材料与非活性材料比率。然而，与包括涂布在集流器两侧上的常规电极的常规电化学电池堆相比，电化学电池堆仍然可以具有较高的活性材料与非活性材料比率。这是由于与通常不可以制作得比大约200 μm 更厚的常规电极相比，半固体电极可以制作得厚得多，例如在大约250 μm 至大约2000 μm 的范围内。因此，与产生相当的能量密度和充电容量的常规电化学电池堆相比，电化学电池堆3000可以用电化学电池堆3000中所包括的较少数量的电化学电池(例如，电化学电池300)产生期望的能量密度和充电容量。此外，电化学电池堆300中所包括的单侧涂布的电化学电池300可以包括常规电池中不包括的安全性或者保护性特性。例如，可以围绕电化学电池堆3000中所包括的集流器(即，正集流器310和负集流器320)的边缘设置安全性周界或者壁，以保护半固体阴极230和半固体阳极240。另外，可以容许电化学电池堆3000中所包括的相邻电化学电池之间的轻微不对准，以使得与常规电

化学电池堆相比可以以较短的时间量形成电化学电池堆3000。

[0073] 在一些实施例中,电化学电池堆可以包括多个包括多个正集流器和负集流器的电池堆。多个正集流器中的一个和多个负集流器中的一个可以具有基本上比其余集流器的接片更长的接片,并且该接片可以延伸到电化学电池袋外用于与外部电子设备接口接合以使得不需要引线。例如,现在参考图8,示出了电化学电池堆4000,该电化学电池堆4000包括设置在其中的多个电化学电池。可以将电化学电池堆4000设置在袋(未示出)(例如,真空密封袋)中,该袋可以与关于图2-4描述的袋260基本上类似。

[0074] 电化学电池堆4000中所包括的多个电化学电池中的每个都可以与电化学电池100、200或者300基本上类似,以及因此在此不另外详细地描述。多个电化学电池中所包括的集流器中的每个都包括接片。例如,如图8所示,最外面的正集流器410b可以包括基本上比其余正集流器的接片更长的接片412b。可以将正集流器的接片在卡箍413中耦接在一起,以及可以使用耦接机构413(诸如,例如,超声波焊接、夹紧、卷边、胶带等等)将正集流器的接片耦接至彼此。类似地,最外面的负集流器420a可以包括基本上比其余负集流器的接片更长的接片422a。可以将负集流器的接片在卡箍423中耦接在一起,以及可以使用耦接机构425(诸如,例如,超声波焊接、夹紧、卷边、胶带等等)将负集流器的接片耦接至彼此。以这种方式,正集流器和负集流器的接片中的每个都电子地耦接至彼此,使得正集流器410b的接片412b和负集流器420b的接片422a延伸到卡箍外以及延伸到袋外,其中,正集流器410b的接片412b和负集流器420b的接片422a中的每个都基本上比其余的接片更长。因此,正接片412b和负接片422a可以用于与外部电子设备电子接口接合,以使得不使用任何额外的组件(例如,引线)。

[0075] 进一步扩展,图9示出了由图8中的箭头B示出的电化学电池堆4000的一部分的侧视图,包括负集流器的卡箍。电化学电池堆包括8个电池堆,8个电池堆中的每个都包括正集流器和负集流器。如图9所示,电化学电池堆4000包括8个负集流器422a-h。将集流器在卡箍423中接合在一起,以及使用如本文所描述的耦接机构425将集流器耦接至彼此。负集流器420a(图8)的负接片422a可以基本上比其余负集流器的负接片422b-h更长。因此,接片422a可以延伸到卡箍外以及延伸到用于封装电化学电池堆4000的袋外。以这种方式,接片422a可以用于将电化学电池堆4000与外部电子设备接口接合,使得电化学电池堆4000中所包括的负集流器中的每个经由接片422a与外部电子设备电子通信。因此,不使用外部耦接组件(例如,负引线),这使得制造更简单并且降低成本。

[0076] 图10例示了示出用于制备包括多个电化学电池的电化学电池堆的示例性方法400的流程图。方法400包括将半固体阴极涂布在正集流器402的一侧上。半固体阴极可以包括例如半固体阴极140、240或者本文所描述的任何其它半固体阴极。合适的正集流器可以包括例如正集流器110、210或者本文所描述的任何其它正集流器。随后将半固体阳极仅涂布在负集流器404的一侧上。半固体阳极可以包括本文所描述的半固体阳极中的任何一个,例如,半固体阳极150、250或者本文所描述的任何其它半固体阳极。合适的负集流器可以包括例如负集流器120、220或者本文所描述的任何其它负集流器。将分隔件(例如,分隔件130、230或者本文所描述的任何其它分隔件)设置在半固体阴极与半固体阳极之间以形成第一电化学电池406。以与第一电化学电池408基本上相同的方式形成第二电化学电池。此外,以与第一电化学电池410基本上相同的方式形成第三电化学电池。第一电化学电池、第二电化

学电池和第三电化学电池中的每个都可以与电化学电池100、200或者本文所描述的任何其它电化学电池基本上类似。

[0077] 为了形成电化学电池堆,将第二电化学电池设置在第一电化学电池上,使得第二电化学电池的正集流器的未涂布侧设置在(例如,邻近或者邻接)第一电化学电池412的正集流器的未涂布侧上。接着,将第三电化学电池设置在(例如,邻近或者邻接)第一电化学电池上,使得第三电化学电池的负集流器的未涂布侧设置在第一电化学电池的负集流器的未涂布侧上以形成电化学电池堆。电化学电池堆可以与电化学电池堆3000或者本文所描述的任何其它电化学电池堆基本上类似。在一些实施例中,形成电化学电池堆所需要的时间段可以充分地小,使得第一电化学电池、第二电化学电池和第三电化学电池中的任何一个的半固体阳极或半固体阴极中所包括的电解质的蒸发大大减少。

[0078] 在一些实施例中,方法400可以可选地包括将第一间隔物设置在第一电化学电池的正集流器与第二电化学电池的正集流器之间,和/或将第二间隔物设置在第三电化学电池的负集流器与第一电化学电池的负集流器之间。间隔物可以包括热绝缘和/或电绝缘材料,诸如,例如,泡沫垫、橡胶垫、塑料片材、纸或者纸板条等等。

[0079] 图11A-11I例示了根据实施例的制造具有仅涂布在集流器的一侧上的半固体电极的电化学电池500的处理中的各种步骤。如图11A所示,将框架562(也称为“间隔物框架”)设置到包括电力连接接片512的集流器510上。可以将集流器510放置在保持器565(此处也称为“集流器保持器”)上,例如,该保持器可以可选地经由跨过保持器565表面的多个小孔(未示出)施加真空以便将集流器510保持在适当位置。框架562具有开口575,当将该开口575放置在集流器510顶部上时,开口575可以暴露下面的集流器510。

[0080] 图11B例示了将电极浆料540设置到由框架562的开口575限定的集流器510的暴露部分上。开口575限定完成的电极540的表面面积,以及框架562的厚度限定完成的电极540的厚度。图11C和11D示出了将电极浆料540沿着集流器510的暴露部分的表面平滑化或者散布。在一些实施例中,可以将刀片580(此处也称作“刮刀”)或者直边仪器用于散布电极浆料540。在一些实施例中,刀片580和/或保持器565可以可操作地耦接至振动源(未示出)以便在电极浆料540沉积或者平滑化期间使刀片580或者保持器565振动。振动可以促进在浆料沉积步骤期间或者之后分散半固体电极材料540。

[0081] 可选地,仪器(未示出),诸如例如使用非接触测量技术中的任一种的光学工具或者任何分析工具,用于检查散布的电极浆料540的表面形态以及可选地测量散布的电极浆料540的表面均匀性(例如,厚度),其中非接触测量技术包括光学或者激光干涉、椭圆对称法或者光学或激光扫描探针。当刀片580散布电极浆料540时,可以在原位部署非接触仪器。

[0082] 在散布电极浆料540之后,如图11E所示,可以移除框架562,仅留下已经被散布到集流器510的暴露部分上的电极540的部分。如图11F所例示的,可以在电极540上放置分隔件530以使得分隔件530覆盖电极540。

[0083] 上面图11A-图11F中例示的制造步骤包括了将电极沉积到集流器上的步骤。通过示例的方式,电极540可以是阴极以及集流器510可以是正集流器。可以重复图11A-11E所示的制造步骤以将半固体阳极550设置到负集流器520上。然而,由于在电化学电池500中使用单个分隔件530,因此仅在半固体阴极沉积步骤或者半固体阳极沉积步骤中的一个上执行图11F中例示的制造步骤。

[0084] 如图11G所示,一旦半固体阴极540和半固体阳极550两者都被设置到它们各自的集流器510和520上,则可以将半固体阴极540和半固体阳极550对准,以使得如所例示的半固体阴极540和半固体阳极550面向彼此并且在彼此的顶部上,仅由分隔件530分隔开。如图所示,因为半固体阳极550在负集流器520的下侧上,所以不能看到半固体阳极550。所装配的电极堆与图3所示的例示类似。

[0085] 如在图11H中最佳示出的,电化学电池500包括设置在袋560内部的阴极-分隔件-阳极的单个的堆,该袋560随后被真空566以及热567密封以形成如图11I处所示的完成的电化学电池500。然而,正集流器510包括电力连接接片512,负集流器520包括电力连接接片522。袋560中的完成的电化学电池500可以与图2所示电化学电池200基本上类似。在一些实施例中,可以堆叠多个电化学电池500以形成电化学电池堆,该电化学电池堆可以与图5-7中例示的电化学电池堆3000基本上类似。

[0086] 尽管以上已经对系统、方法和设备的各种实施例进行了描述,但是应当理解,它们仅仅通过示例的方式呈现,而不是通过限制的方式呈现。其中上面描述的方法和步骤指示按某个顺序发生的某些事件,具有本公开的权益的本领域普通技术人员将认识到,可以改变某些步骤的排序以及这种修改是根据本发明的变型的。另外,在可能的情况下,可以在并行处理中同时执行某些步骤,以及如上所述地顺序地执行某些步骤。尽管已经具体示出和描述了实施例,但是应当理解,可以进行各种形式和细节的改变。

[0087] 例如,尽管已经将各种实施例描述为具有特定特性和/或组件的组合,但是具有来自本文所描述的实施例中的任何一个的任何特性和/或组件的任何组合或者子组合的其它实施例也是可以的。例如,尽管电化学电池的一些实施例被描述为是棱柱形的,但是,在其它实施例中,电化学电池可以是弯曲的、弯折的、波浪形的或者具有任何其它形状。另外,还可以改变各种组件的特定配置。例如,各种组件的大小和特定形状可以与所示实施例不同,同时仍然提供如本文所描述的功能。

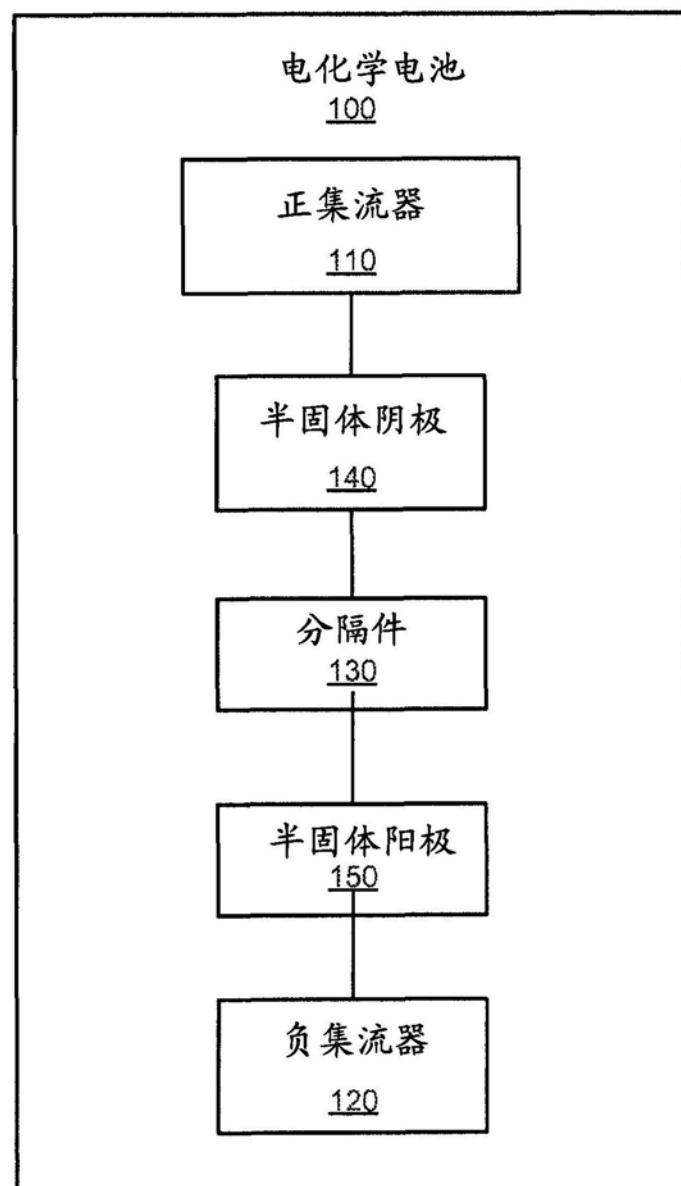


图1

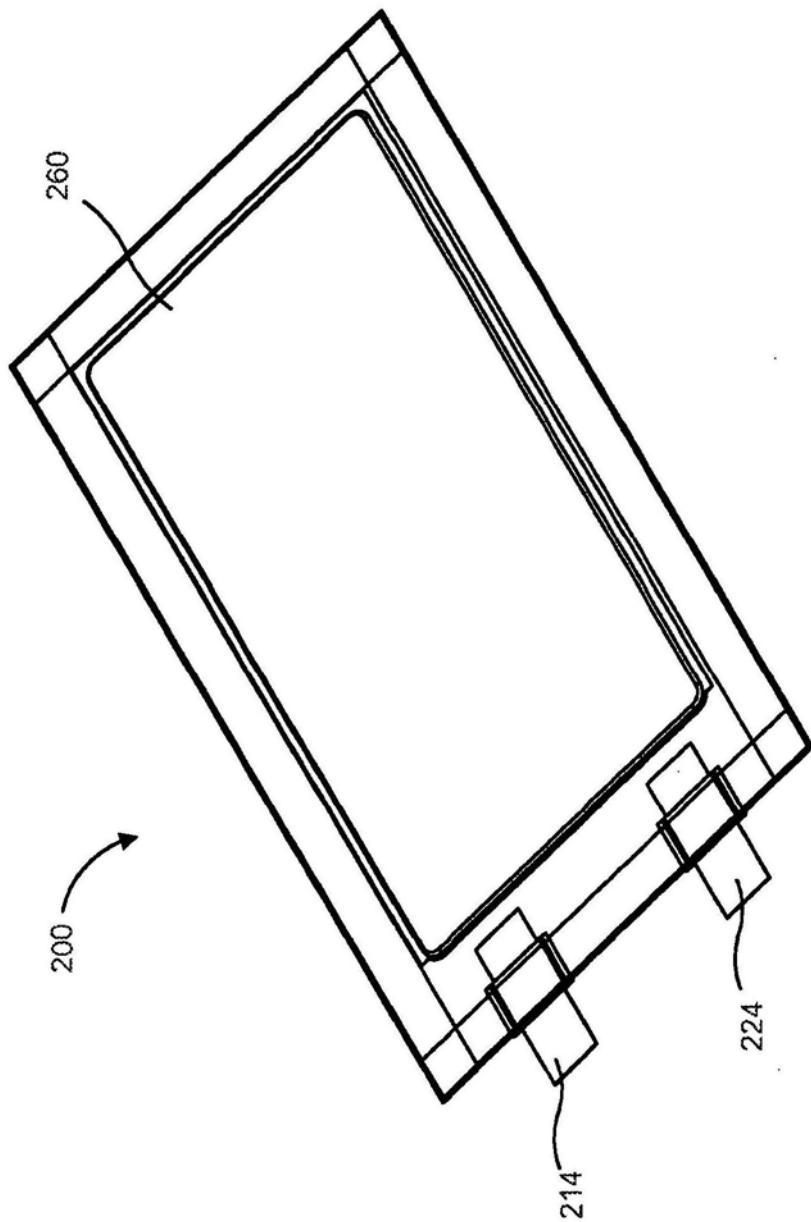


图2

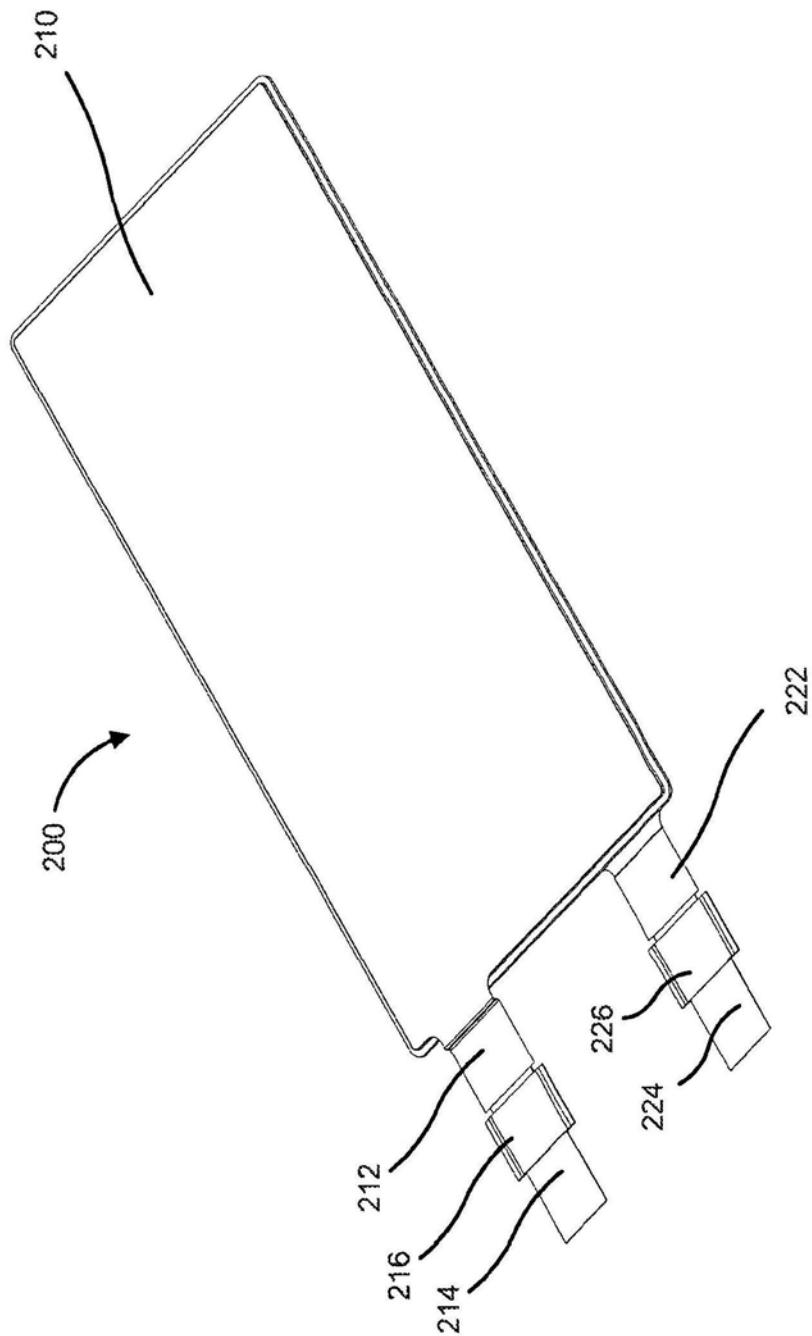


图3

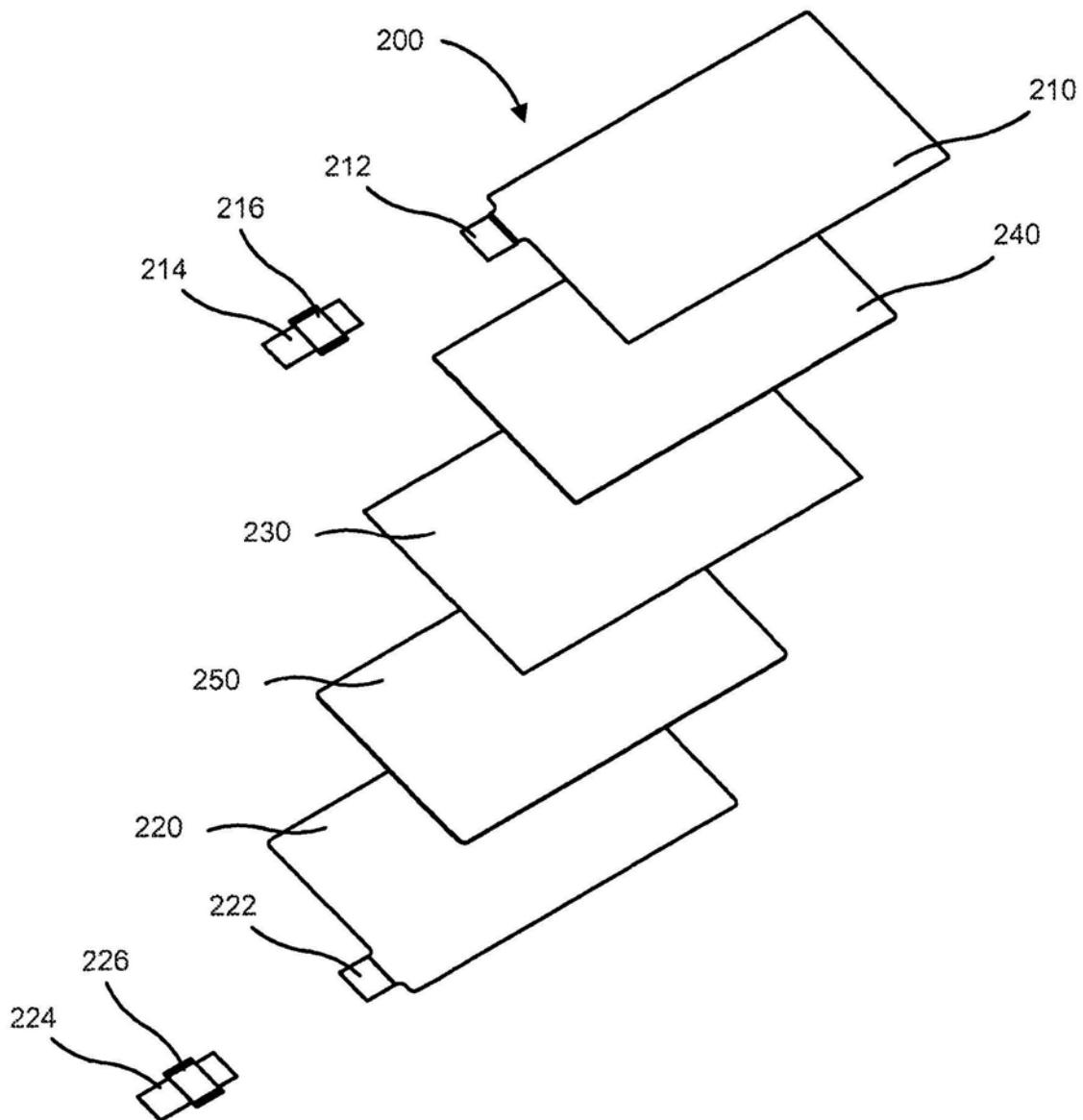


图4

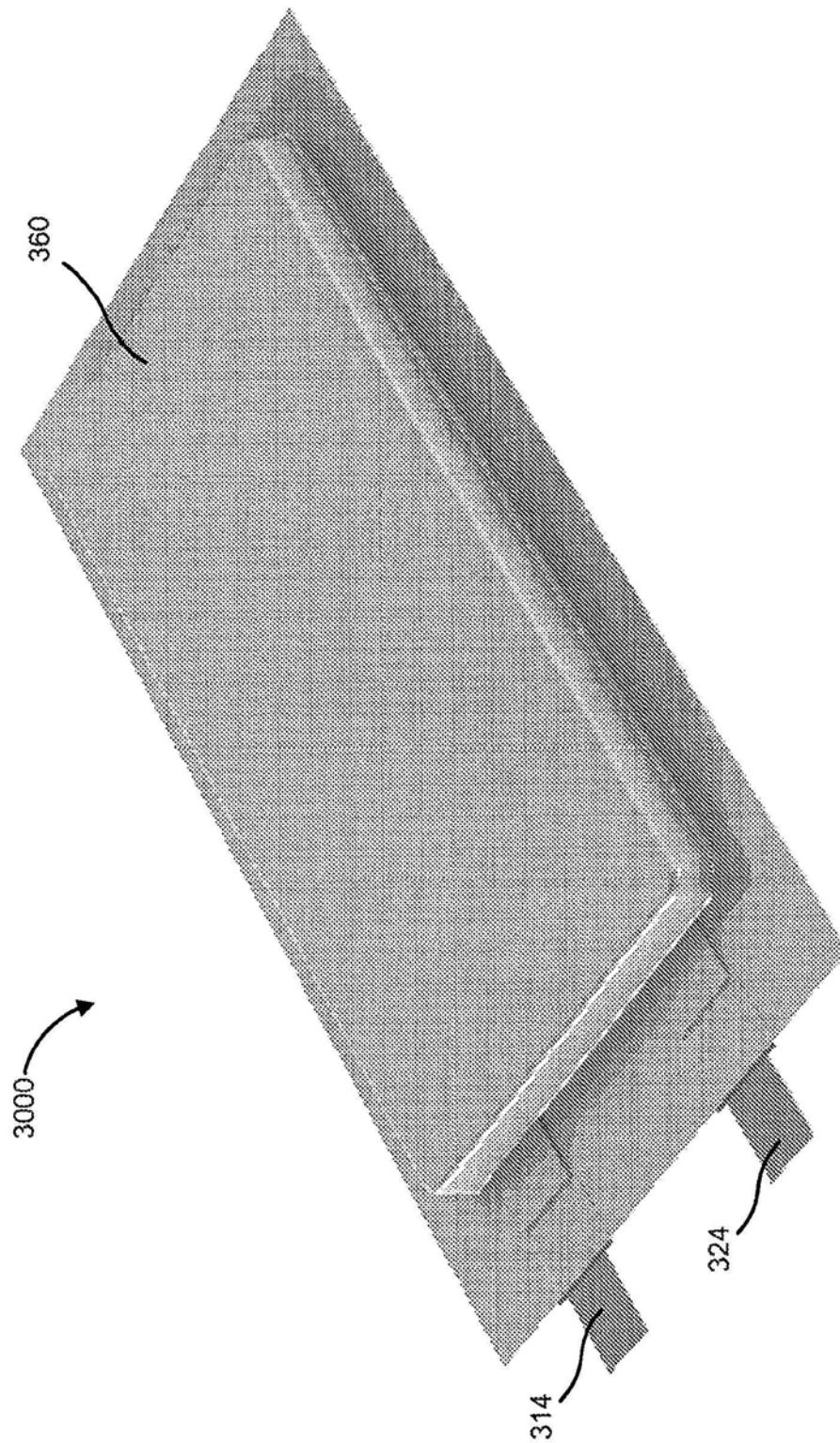


图5

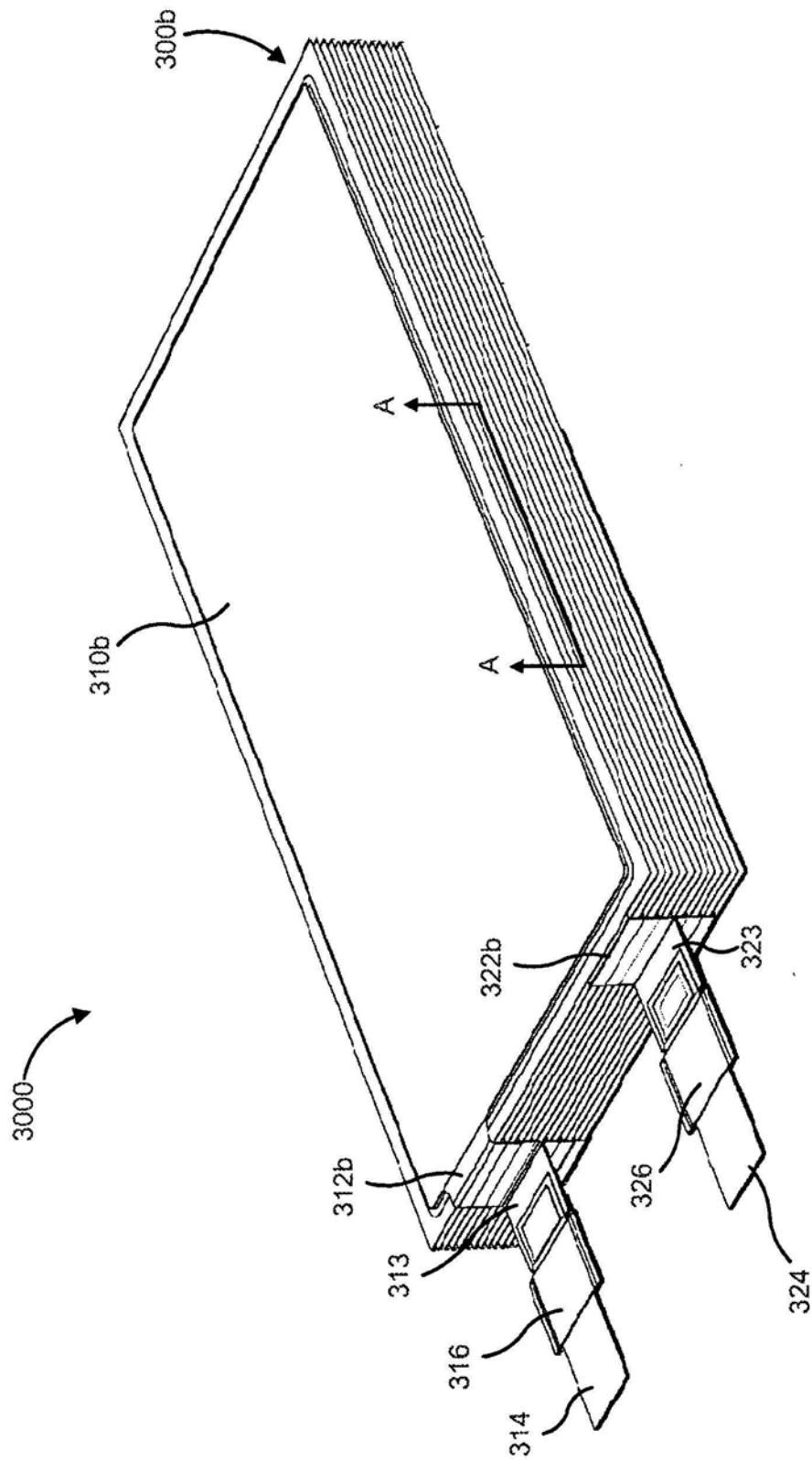


图6

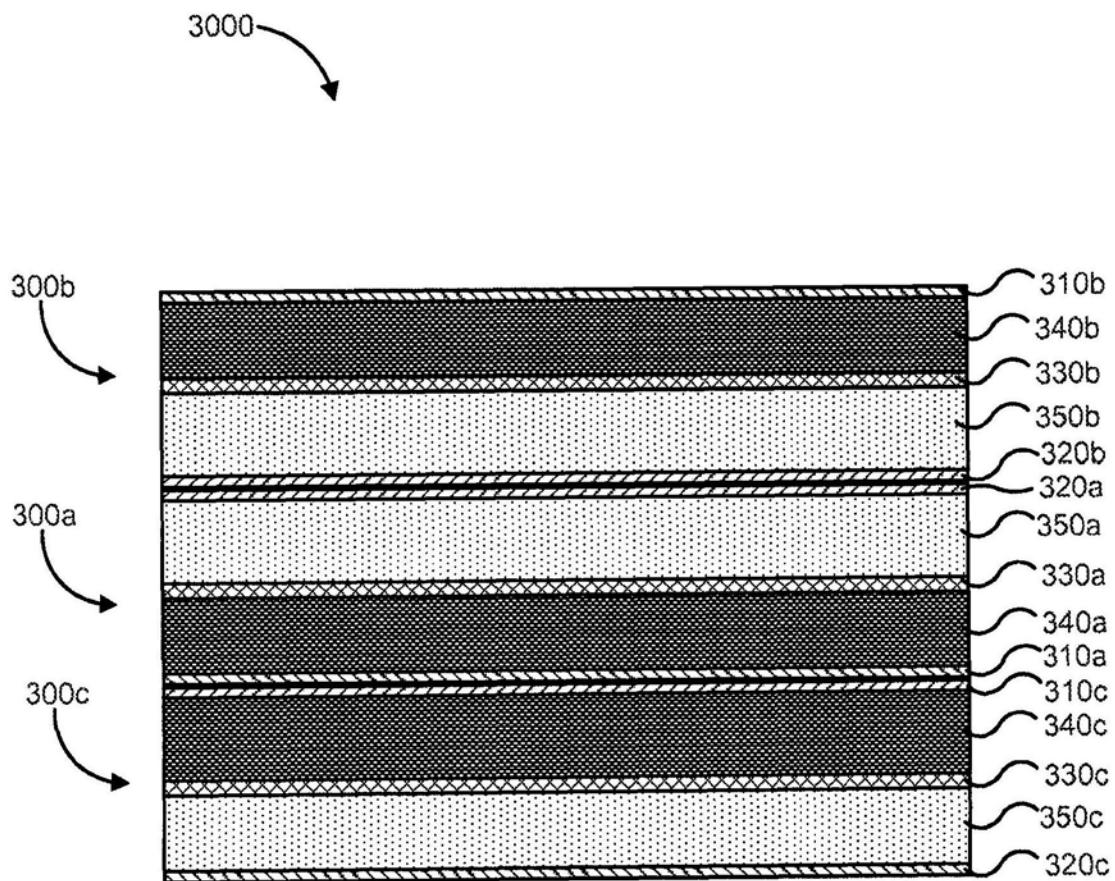


图7

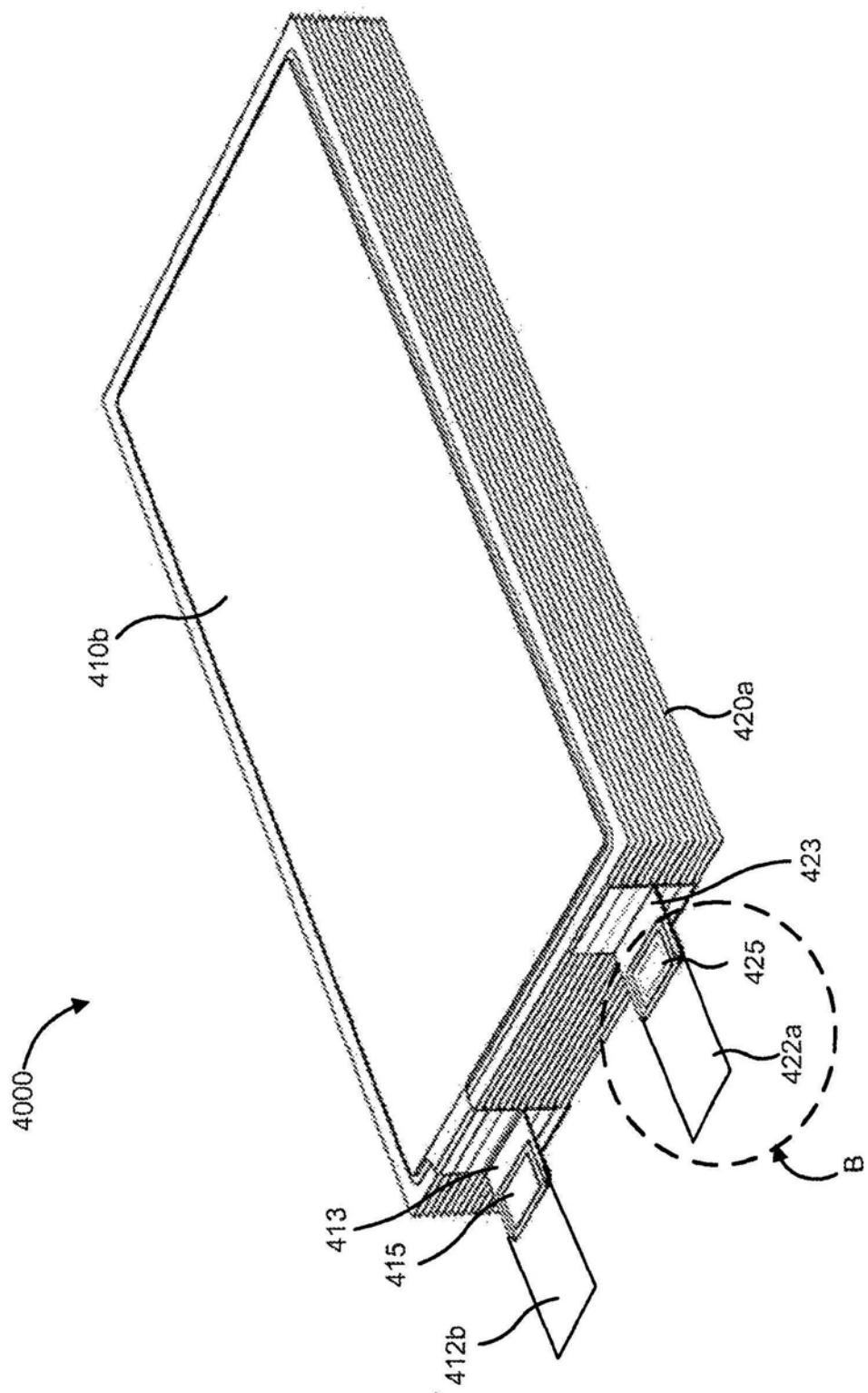


图8

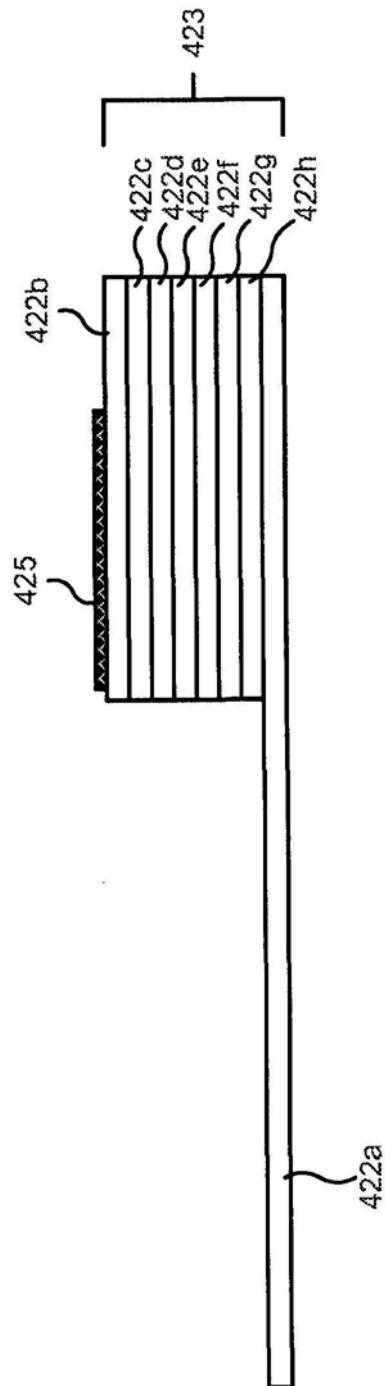


图9

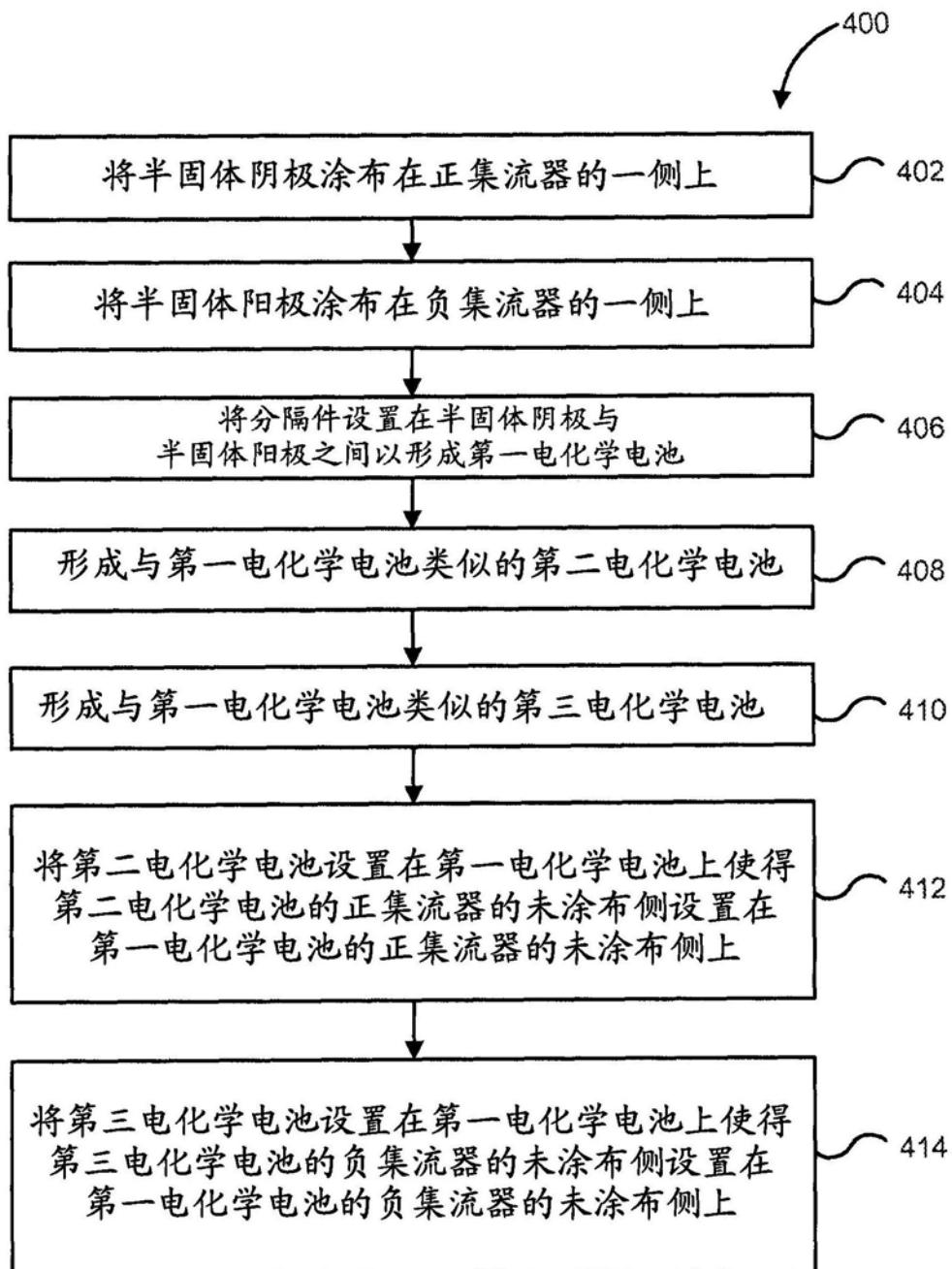


图10

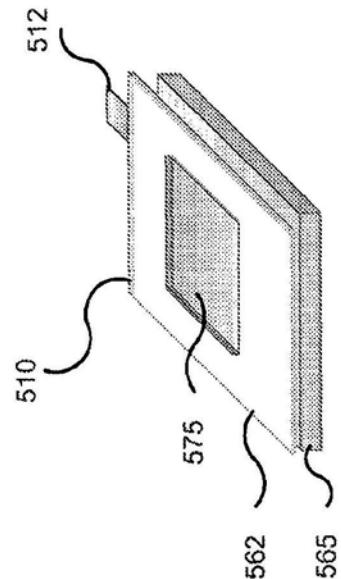


图11A

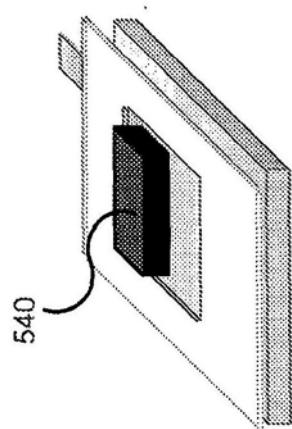


图11B

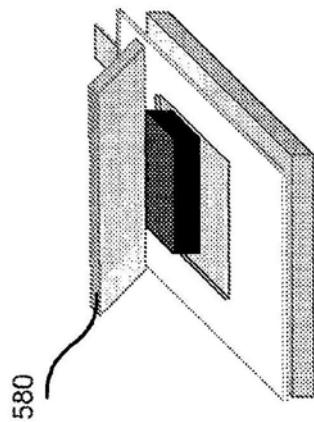


图11C

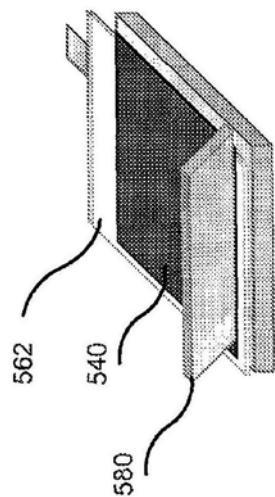


图11D

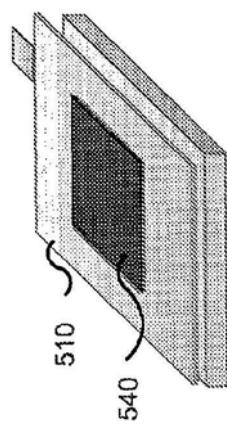


图11E

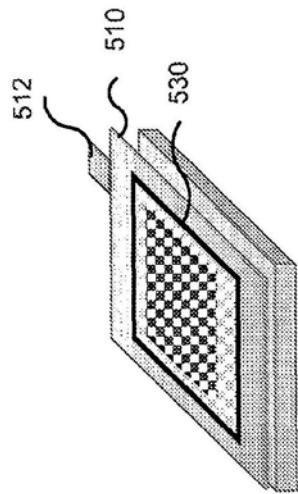


图11F

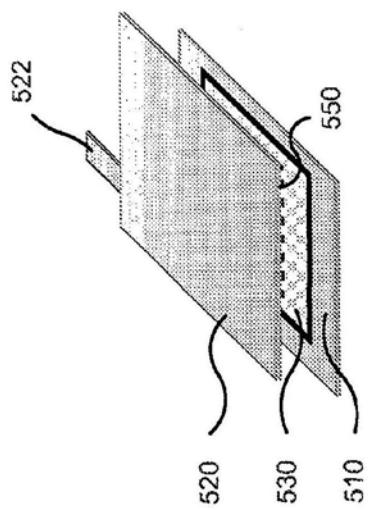


图11G

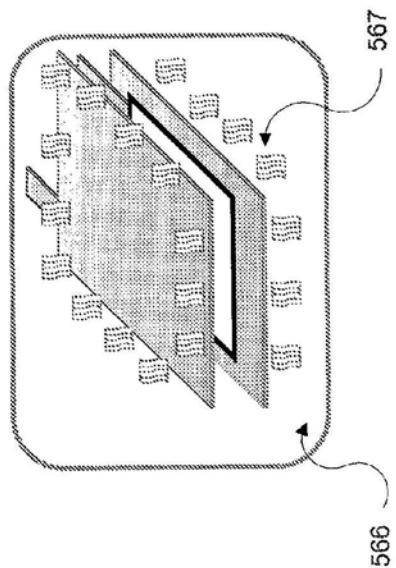


图11H

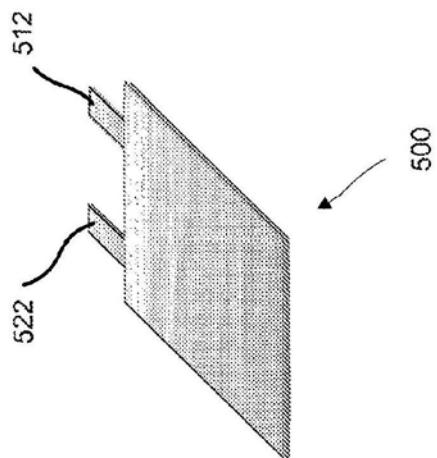


图11I