



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116830287 A

(43) 申请公布日 2023.09.29

(21) 申请号 202280010582.4

(22) 申请日 2022.03.30

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2023.07.18

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2022/084043 2022.03.30

(71) 申请人 宁德新能源科技有限公司
地址 352100 福建省宁德市蕉城区漳湾镇
新港路1号

(72) 发明人 陈梅锋 韩冬冬 刘晓欠

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287
专利代理师 林斯凯

(51) Int. Cl.
H01M 4/13 (2006.01)

权利要求书1页 说明书16页

(54) 发明名称
一种电化学装置及电子装置

(57) 摘要

本申请涉及一种电化学装置,其包含正极,所述正极包括:正极集流体;功能层;和正极活性材料层。所述功能层设置于所述正极集流体与所述正极活性材料层之间。所述功能层的厚度为 $T \mu\text{m}$,所述电化学装置在满充状态下,所述正极的电阻为 $R \Omega$,通过满足 $2 \leq T \times R \leq 200$,可以在有效提高电化学装置安全性能的同时,将电化学装置的电化学性能维持在较高水平。

1. 一种电化学装置,其包含正极,所述正极包括:
正极集流体;功能层;和正极活性材料层;
所述功能层设置于所述正极集流体与所述正极活性材料层之间,
其中,所述功能层的厚度为 $T\mu\text{m}$,所述电化学装置在满充状态下,所述正极的电阻为 $R\Omega$,满足 $2\leq T\times R\leq 200$ 。
2. 根据权利要求1所述的电化学装置,其中, $0.5\leq T\leq 10$;和/或 $1\leq R\leq 10$ 。
3. 根据权利要求1所述的电化学装置,其中,所述功能层包含第一颗粒和第一导电剂,所述第一颗粒包含金属元素,所述金属元素包含Al、Mg、Ca、Ti、Ce、Zn、Y、Hf、Zr、Ba、Sn或Ni中的至少一种。
4. 根据权利要求3所述的电化学装置,其中,
所述第一颗粒包含氧化铝、氧化镁、氧化钛、二氧化铅、氧化锡、二氧化铈、氧化镍、氧化锌、氧化钙、氧化锆、氧化钇、勃姆石、氢氧化铝、氢氧化镁、氢氧化钙、水铝石、硫酸钡、硫酸钙或硅酸钙中的至少一种;和/或,
所述第一导电剂包含石墨烯、碳纳米管、碳黑、石墨纤维或导电碳中的至少一种。
5. 根据权利要求3所述的电化学装置,其中,所述第一颗粒的平均粒径为 $H1\mu\text{m}$,所述第一导电剂的平均粒径为 $H2\mu\text{m}$,满足如下条件中的至少一者:
 - (a) $0.5\leq H1/H2\leq 3$;
 - (b) $0.8\leq T/H1\leq 20$;
 - (c) $H1\leq 0.6$;
 - (d) 所述第一颗粒的比表面积BET,满足 $5\text{m}^2/\text{g}\leq \text{BET}\leq 40\text{m}^2/\text{g}$ 。
6. 根据权利要求1所述的电化学装置,其中,所述功能层包含粘结剂和流平剂,其中所述粘结剂满足如下条件中的至少一者:
 - (i) 所述粘结剂包含丙烯酸、丙烯酰胺、丙烯酸盐、丙烯腈、或丙烯酸酯中的至少一种形成的聚合物;
 - (ii) 所述粘结剂的重量平均分子量为70万至80万;
 - (iii) 所述粘结剂为水性粘结剂;
 - (iv) 基于所述功能层的质量,所述粘结剂的质量百分比为2%至20%;其中所述流平剂满足如下条件中的至少一者:
 - (I) 所述流平剂包含包括硅氧烷类化合物、含氧烯烃聚合物、羧酸盐类化合物、羧酸酯类化合物、醇类化合物、醚类化合物、或氟碳化合物中的至少一种;
 - (II) 基于所述功能层的质量,所述流平剂的质量百分比为0.01%至0.5%。
7. 根据权利要求1所述的电化学装置,其中,所述正极活性材料层的厚度为 $T2\mu\text{m}$,满足 $T2/T\leq 30$ 。
8. 根据权利要求1所述的电化学装置,其中,所述正极集流体的面积为 $W1\text{ cm}^2$,所述功能层的面积为 $W2\text{ cm}^2$,满足 $0.9\leq W2/W1\leq 1$ 。
9. 根据权利要求8所述的电化学装置,其中,所述功能层在所述正极集流体表面的正投影覆盖所述正极活性材料层在所述正极集流体表面的正投影。
10. 一种电子装置,其包含根据权利要求1-9中任一项所述的电化学装置。

一种电化学装置及电子装置

技术领域

[0001] 本申请涉及储能领域,具体涉及一种电化学装置及电子装置。

背景技术

[0002] 随着电子产品如笔记本电脑、手机、掌上游戏机和平板电脑等的普及,人们对电化学装置(例如,锂离子电池)的安全性要求也越来越严格。然而,锂离子电池在使用过程中,有可能会受到外力撞击或异物刺穿,从而导致正极、负极内短路,进而导致电池发热冒烟或起火爆炸等严重后果。

发明内容

[0003] 根据本申请的一方面,本申请涉及一种电化学装置,其包含正极,所述正极包括:正极集流体;功能层;和正极活性材料层。所述功能层设置于所述正极集流体与所述正极活性材料层之间。所述功能层的厚度为 $T\mu\text{m}$,所述电化学装置在满充状态下,所述正极的电阻为 $R\Omega$,满足 $2\leq T\times R\leq 200$ 。通过控制功能层的厚度 T 与满充状态下正极的电阻 R 满足上述关系,可以在有效提高电化学装置穿钉安全性能的同时将电化学装置的电化学性能维持在较高水平。

[0004] 在一些实施例中, $0.5\leq T\leq 10$;和/或 $1\leq R\leq 10$ 。通过将 T 和 R 控制在上述范围内,可以提高电化学装置的能量密度和穿钉安全性能。

[0005] 在一些实施例中,所述功能层包含第一颗粒和第一导电剂,所述第一颗粒包含金属元素,所述金属元素包含Al、Mg、Ca、Ti、Ce、Zn、Y、Hf、Zr、Ba、Sn或Ni中的至少一种。

[0006] 在一些实施例中,所述第一颗粒包含氧化铝、氧化镁、氧化钛、二氧化铪、氧化锡、二氧化铈、氧化镍、氧化锌、氧化钙、氧化锆、氧化钇、勃姆石、氢氧化铝、氢氧化镁、氢氧化钙、水铝石、硫酸钡、硫酸钙或硅酸钙中的至少一种。

[0007] 在一些实施例中,所述第一导电剂包含石墨烯、碳纳米管、碳黑、石墨纤维或导电碳中的至少一种。

[0008] 在一些实施例中,所述第一颗粒的平均粒径为 $H1\mu\text{m}$,所述第一导电剂的平均粒径为 $H2\mu\text{m}$,满足 $0.5\leq H1/H2\leq 3$ 。通过控制第一颗粒和第一导电剂的相对大小,可以有效的控制满充状态下的正极电阻 R 。当第一颗粒和第一导电剂的大小满足前述关系时,可以在有效抑制穿钉失效的同时,保证电化学装置具有优异的电化学性能。

[0009] 在一些实施例中,所述第一颗粒的平均粒径为 $H1\mu\text{m}$,满足 $0.8\leq T/H1\leq 20$ 。 $T/H1$ 在上述范围内,可以有效减少漏涂,减少颗粒划痕,从而保证功能层的覆盖效果,同时可以提高电化学装置的电化学性能,并减少电化学装置的能量密度损失。

[0010] 在一些实施例中,所述第一颗粒的平均粒径为 $H1\mu\text{m}$,满足 $H1\leq 0.6$ 。

[0011] 在一些实施例中,所述第一颗粒的比表面积BET满足 $5\text{m}^2/\text{g}\leq\text{BET}\leq 40\text{m}^2/\text{g}$ 。

[0012] 在一些实施例中,所述功能层包含粘结剂和流平剂。

[0013] 在一些实施例中,所述粘结剂包含丙烯酸、丙烯酰胺、丙烯酸盐、丙烯腈、或丙烯酸

酯中的至少一种形成的聚合物。

[0014] 在一些实施例中,所述粘结剂的重量平均分子量为70万至80万。

[0015] 在一些实施例中,所述粘结剂为水性粘结剂。

[0016] 在一些实施例中,基于所述功能层的质量,所述粘结剂的质量百分比为2%至20%。

[0017] 在一些实施例中,所述流平剂包含包括硅氧烷类化合物、含氧烯烃聚合物、羧酸盐类化合物、羧酸酯类化合物、醇类化合物、醚类化合物、或氟碳化合物中的至少一种。

[0018] 在一些实施例中,基于所述功能层的质量,所述流平剂的质量百分比为0.01%至0.5%。

[0019] 在一些实施例中,所述正极活性材料层的厚度为 $T_2\mu\text{m}$,满足 $T_2/T \leq 30$ 。通过控制正极活性材料层的厚度与功能层的厚度之比在上述范围内,可以有效抑制穿钉过程中,穿刺物与正极活性材料层的接触,从而可有效提升电化学装置的安全性能。

[0020] 在一些实施例中,所述正极集流体的面积为 $W_1\text{ cm}^2$,所述功能层的面积为 $W_2\text{ cm}^2$,满足 $0.9 \leq W_2/W_1 \leq 1$ 。

[0021] 在一些实施例中,所述功能层在所述正极集流体表面的正投影覆盖所述正极活性材料层在所述正极集流体表面的正投影。

[0022] 根据本申请的另一方面,本申请涉及包含根据前述任一实施例所述的电化学装置

具体实施方式

[0023] 下文中,对本申请进行详细说明。应当理解,在说明书和所附权利要求中使用的术语不应被解释为限于一般和词典的含义,而是在发明人被允许适当定义术语以进行最佳解释的原则的基础上基于与本申请的技术方面相对应的含义和概念来解释。因此,说明书中所述的实施方案中所示的描述仅仅是用于说明的目的的具体实例,而不旨在显示本申请的所有技术方面,并且应当理解,在提交本申请时可以对其完成多种可选等价体和变体。

[0024] 在具体实施方式及权利要求书中,由术语“中的一者”、“中的一个”、“中的一种”或其他相似术语所连接的项目的列表可意味着所列项目中的任一者。例如,如果列出项目A及B,那么短语“A及B中的一者”意味着仅A或仅B。在另一实例中,如果列出项目A、B及C,那么短语“A、B及C中的一者”意味着仅A;仅B;或仅C。项目A可包含单个元件或多个元件。项目B可包含单个元件或多个元件。项目C可包含单个元件或多个元件。

[0025] 在具体实施方式及权利要求书中,由术语“中的至少一者”、“中的至少一个”、“中的至少一种”或其他相似术语所连接的项目的列表可意味着所列项目的任何组合。例如,如果列出项目A及B,那么短语“A及B中的至少一者”意味着仅A;仅B;或A及B。在另一实例中,如果列出项目A、B及C,那么短语“A、B及C中的至少一者”意味着仅A;或仅B;仅C;A及B(排除C);A及C(排除B);B及C(排除A);或A、B及C的全部。项目A可包含单个元件或多个元件。项目B可包含单个元件或多个元件。项目C可包含单个元件或多个元件。

[0026] 另外,有时在本文中以范围格式呈现量、比率和其它数值。应理解,此类范围格式是用于便利及简洁起见,且应灵活地理解,不仅包含明确地指定为范围限制的数值,而且包含涵盖于所述范围内的所有个别数值或子范围,如同明确地指定每一数值及子范围一般。

[0027] 一、电化学装置

[0028] 本申请提供一种电化学装置,其包含正极,所述正极包括:正极集流体;功能层;和正极活性材料层。所述功能层设置于所述正极集流体与所述正极活性材料层之间。所述功能层的厚度为 $T\mu\text{m}$,所述电化学装置在满充状态下,所述正极的电阻为 $R\Omega$ 。满足 $2\leq T\times R\leq 200$ 。

[0029] 本申请通过在正极集流体与正极活性材料层之间设置功能层可以抑制穿钉时电化学装置起火失效。同时,本申请经过一系列研究得出:通过控制功能层的厚度 T (以 μm 计)与满充状态下正极的电阻 R (以 Ω 计)满足上述关系,可以在有效提高电化学装置穿钉安全性能的同时将电化学装置的电化学性能维持在较高水平。在一些实施例中, $2\leq T\times R\leq 150$ 。在一些实施例中, $2\leq T\times R\leq 100$ 。在一些实施例中, $2\leq T\times R\leq 65$ 。在一些实施例中, $2\leq T\times R\leq 30$ 。在一些实施例中, $T\times R$ 的值为2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、30、40、50、60、70、80、90、100、150、200或前述任意两数值之间的范围。

[0030] 在一些实施例中, $0.5\leq T\leq 10$ 。在一些实施例中, $0.5\leq T\leq 8$ 。在一些实施例中, $0.8\leq T\leq 6$ 。在一些实施例中, $1\leq T\leq 5$ 。在一些实施例中, $1.5\leq T\leq 4$ 。在一些实施例中, $2\leq T\leq 3$ 。在一些实施例中, T 可为0.3、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8、2.0、2.2、2.5、2.6、2.8、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8、8.5、9、9.5、10或前述任意两数值之间的范围。

[0031] 在一些实施例中, $1\leq R\leq 10$ 。在一些实施例中, $1.5\leq R\leq 9$ 。在一些实施例中, $1.6\leq R\leq 8$ 。在一些实施例中, $1.8\leq R\leq 7$ 。在一些实施例中, $2.0\leq R\leq 6$ 。在一些实施例中, $2.2\leq R\leq 5$ 。在一些实施例中, R 可为1.0、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、1.7、1.8、1.9、2.0、2.2、2.4、2.6、2.8、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8、8.5、9、9.5、10或前述任意两数值之间的范围。

[0032] 本申请的发明人认识到,一方面,功能层的厚度太厚会降低电化学装置的能量密度,功能层的厚度太薄则会出现漏涂,不能有效改善穿钉安全性能。另一方面,功能层和正极活性材料层作为一个整体,满充状态下的正极电阻太大则不能形成有效的电化学装置,电阻太小则容易造成穿钉时的安全性降低。因此,通过将 T 和 R 控制在上述范围内,可以提高电化学装置的能量密度和穿钉安全性能。

[0033] 在一些实施例中,所述功能层包含第一颗粒和第一导电剂,所述第一颗粒包含金属元素,所述金属元素包含Al、Mg、Ca、Ti、Ce、Zn、Y、Hf、Zr、Ba、Sn或Ni中的至少一种。

[0034] 在一些实施例中,所述第一颗粒包含氧化铝、氧化镁、氧化钛、氧化钪、氧化锡、二氧化铈、氧化镍、氧化锌、氧化钙、氧化锆、氧化钇、勃姆石、氢氧化铝、氢氧化镁、氢氧化钙、水铝石、硫酸钡、硫酸钙或硅酸钙中的至少一种。第一颗粒的加入,可以增大功能层的电阻,从而改善电化学装置的穿钉安全性能。

[0035] 在一些实施例中,所述第一导电剂包含石墨烯、碳纳米管、碳黑、石墨纤维或导电碳中的至少一种。第一导电剂的加入,可以提高功能层的导电性,从而改善电化学装置的电化学性能。

[0036] 在一些实施例中,所述第一颗粒的平均粒径为 $H1\mu\text{m}$,所述第一导电剂的平均粒径为 $H2\mu\text{m}$,满足 $0.5\leq H1/H2\leq 3$ 。在一些实施例中, $H1/H2$ 可为0.5、0.6、0.8、1、1.5、2.0、2.5、3或前述任意两数值之间的范围。对于颗粒平均粒径的测量,利用扫描电子显微镜拍摄功能

层样品的SEM照片,然后,使用图像解析软件,从SEM照片中随机地选出30个颗粒,求出这些颗粒各自的面积,接着,假设颗粒是球形,通过以下公式求出各自的粒径D(直径): $D=2 \times (S1/\pi)^{1/2}$;其中,S1为颗粒的面积;并将所得30个颗粒的粒径进行算数平均,从而求得所述颗粒的平均粒径H。通过控制第一颗粒和第一导电剂的相对大小,可以有效的控制满充状态下正极的电阻R。当第一颗粒和第一导电剂的大小满足前述关系时,可以在有效抑制穿钉失效的同时,保证电化学装置具有优异的电化学性能。

[0037] 在一些实施例中,在 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ 的所述正极范围内,所述第一颗粒的数量与所述第一导电剂的数量比值为1至200。在一些实施例中,在 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ 的所述正极范围内,所述第一颗粒的数量与所述第一导电剂的数量比值为20至150。通过控制第一颗粒与第一导电剂的颗粒数量的比例,可以在保障电化学装置的电化学性能的同时,保障电化学装置的安全性能。

[0038] 在一些实施例中,所述第一颗粒的平均粒径为 $H1\mu\text{m}$,满足 $0.8 \leq T/H1 \leq 20$ 。在一些实施例中, $2 \leq T/H1 \leq 10$ 。 $T/H1$ 在上述范围内,可以有效减少漏涂,减少颗粒划痕,从而保证功能层的覆盖效果,同时可以提高电化学装置的电化学性能,并减少电化学装置的能量密度损失。

[0039] 在一些实施例中,所述第一颗粒的平均粒径为 $H1\mu\text{m}$,满足 $H1 \leq 0.6$ 。在一些实施例中, $0 < H1 \leq 0.5$ 。在一些实施例中, $0 < H1 \leq 0.4\mu\text{m}$ 。

[0040] 在一些实施例中,所述第一颗粒的比表面积BET满足 $5\text{m}^2/\text{g} \leq \text{BET} \leq 40\text{m}^2/\text{g}$ 。在一些实施例中, $10\text{m}^2/\text{g} \leq \text{BET} \leq 30\text{m}^2/\text{g}$ 。

[0041] 在一些实施例中,所述功能层包含粘结剂,其中所述粘结剂包含丙烯酸、丙烯酰胺、丙烯酸盐、丙烯腈、或丙烯酸酯中的至少一种形成的聚合物。

[0042] 在一些实施例中,所述粘结剂的重量平均分子量为70万至80万。

[0043] 在一些实施例中,所述粘结剂为水性粘结剂。水性粘结剂有助于提高功能层与正极集流体的粘结性,使功能层能够更好的粘附在集流体表面,能够更好的改善电化学装置的安全性能。

[0044] 在一些实施例中,基于所述功能层的质量,所述粘结剂的质量百分比2%至20%。

[0045] 在一些实施例中,所述功能层包含流平剂,所述流平剂包含包括硅氧烷类化合物、含氧烯烃聚合物、羧酸盐类化合物、羧酸酯类化合物、醇类化合物、醚类化合物、或氟碳化合物中的至少一种。

[0046] 在一些实施例中,基于所述功能层的质量,所述流平剂的质量百分比为0.01%至0.5%。

[0047] 在一些实施例中,所述正极活性材料层的厚度为 $T2\mu\text{m}$,满足 $T2/T \leq 30$ 。在一些实施例中, $T2/T \leq 25$ 。在一些实施例中, $T2/T \leq 20$ 。在一些实施例中, $T2/T \leq 15$ 。在一些实施例中, $T2/T \leq 10$ 。在一些实施例中, $T2/T$ 可为8、10、12、14、15、16、18、20、22、24、25、26、28、30等。通过控制正极活性材料层的厚度与功能层的厚度之比在上述范围内,可以有效抑制穿钉过程中,穿刺物与正极活性材料层的接触,从而可有效提升电化学装置的安全性能。

[0048] 在一些实施例中,所述正极集流体的面积为 $W1\text{cm}^2$,所述功能层的面积为 $W2\text{cm}^2$,满足 $0.9 \leq W2/W1 \leq 1$ 。在一些实施例中, $W2/W1$ 可为0.9、0.91、0.92、0.93、0.94、0.95、0.96、0.97、0.98、0.99、1或前述任意两数值之间的范围。通过控制前述功能层的覆盖面积在上述

范围,能够进一步提高电化学装置的安全性能。

[0049] 在一些实施例中,所述功能层在所述正极集流体表面的正投影覆盖所述正极活性材料层在所述正极集流体表面的正投影。此时,整个正极活性材料层下方都有功能层,从而可进一步改善电化学装置的安全性能。

[0050] 在一些实施例中,所述电化学装置的中心穿钉通过率 $\geq 90\%$ 。在一些实施例中,所述电化学装置的中心穿钉通过率 $\geq 92\%$ 。在一些实施例中,所述电化学装置的中心穿钉通过率 $\geq 94\%$ 。在一些实施例中,所述电化学装置的中心穿钉通过率 $\geq 96\%$ 。

[0051] 在一些实施例中,本申请的电化学装置包括,但不限于:所有种类的一次电池或二次电池。在一些实施例中,所述电化学装置是锂二次电池。在一些实施例中,锂二次电池包括,但不限于:锂金属二次电池、锂离子二次电池、锂聚合物二次电池或锂离子聚合物二次电池。

[0052] 本申请的电化学装置还包括隔离膜、电解液和负极。

[0053] 二、一种制备前述电化学装置的方法

[0054] 如下以锂离子电池为例详细描述了本申请的电化学装置的制备方法。

[0055] 负极的制备:将负极活性物质(碳材料、硅材料或钛酸锂中的至少一种)和负极粘结剂按一定的质量比分散于溶剂体系中充分搅拌混合均匀后,涂覆于负极集流体上,经过烘干、冷压,得到负极。

[0056] 正极的制备:

[0057] (1)将第一颗粒、第一导电剂和粘结剂,以及可选的流平剂,加入溶剂中混合均匀,获得功能层的浆料(在后称作“第一浆料”);

[0058] (2)将步骤(1)中的第一浆料涂覆在正极集流体的目标区域;

[0059] (3)将步骤(2)中的获得的含有第一浆料的正极集流体进行烘干以去除溶剂,得到涂有功能层的正极集流体;

[0060] (4)将正极活性物质(钴酸锂、锰酸锂或磷酸铁锂中的至少一种)、第二导电剂、正极粘结剂按一定的质量比分散于溶剂体系中充分搅拌混合均匀,得到正极活性物质的浆料(在后称作“第二浆料”);

[0061] (5)将第二浆料涂覆在步骤(3)中得到的涂有功能层的正极集流体的目标区域;

[0062] (6)将步骤(5)中的含有第二浆料的正极集流体进行烘干以去除溶剂,从而得到所要正极。

[0063] 在一些实施例中,第二导电剂以通过向活性物质提供导电路径来改善所述正极活性材料层的导电性。所述第二导电剂可以包括如下中的至少一种:乙炔黑、科琴黑、天然石墨、炭黑、碳纤维、金属粉末或金属纤维(例如铜、镍、铝或银),但所述第二导电剂的示例并不限于此。在一些实施例中,可适宜的调节第二导电剂的量。基于100重量份的正极活性物质、第二导电剂和正极粘结剂的总量,所述第二导电剂的量的范围为1重量份至30重量份。

[0064] 在一些实施例中,所述溶剂的示例包括但不限于N-甲基吡咯烷酮、丙酮或水。在一些实施例中,可适当的调节溶剂的量。

[0065] 在一些实施例中,所述正极粘结剂可以帮助所述活性物质和所述第二导电剂之间的粘结,或者帮助所述活性物质和所述集流体之间的粘结。所述正极粘结剂的示例包括但不限于聚偏氟乙烯、聚偏氯乙烯、羧甲基纤维素、聚乙酸乙烯酯、聚乙烯基吡咯烷酮、聚丙

烯、聚乙烯和各种聚合物。基于100重量份的活性物质、第二导电剂和正极粘结剂的总量,所述正极粘结剂的量的范围为1重量份至30重量份。

[0066] 在一些实施例中,所述集流体具有3微米至20微米范围内的厚度,但本公开内容不限于此。所述集流体是导电的,且不在所制造的电池中引起不利的化学变化。所述集流体的实施例包括铜、不锈钢、铝、镍、钛或合金(例如铜-镍合金),但不公开内容不限于此。在一些实施例中,所述集流体的表面上可包括细小的不规则物(例如,表面粗糙度)以增强所述集流体的表面对活性物质的粘合。在一些实施例中,集流体可以多种形式使用,其实施例包括膜、片、箔、网、多孔结构体、泡沫体或无妨物,但本公开内容不限于此。

[0067] 隔离膜:在一些实施例中,以聚乙烯(PE)多孔聚合薄膜作为隔离膜。在一些实施例中,所述隔离膜的材质可包括玻璃纤维,聚酯,聚乙烯,聚丙烯,聚四氟乙烯或其组合。在一些实施例中,所述隔离膜中的孔具有在0.01微米至1微米范围的直径,所述隔离膜的厚度在5微米至100微米范围内。

[0068] 电解液:在一些实施例中,所述电解液包括有机溶剂、锂盐和添加剂。在一些实施例中,有机溶剂包括碳酸乙烯酯(EC)、碳酸丙烯酯(PC)、碳酸二乙酯(DEC)、碳酸甲乙酯(EMC)、碳酸二甲酯(DMC)、碳酸亚丙酯或丙酸乙酯中的至少一种。

[0069] 在一些实施例中,锂盐包括有机锂盐或无机锂盐中的至少一种。在一些实施例中,锂盐包括六氟磷酸锂(LiPF₆)、双三氟甲烷磺酰亚胺锂LiN(CF₃SO₂)₂(LiTFSI)、双(氟磺酰)亚胺锂Li(N(SO₂F))₂(LiFSI)、双草酸硼酸锂LiB(C₂O₄)₂(LiBOB)或二氟草酸硼酸锂LiBF₂(C₂O₄)(LiDFOB)中的至少一种。

[0070] 在一些实施例中,基于所述电解液的质量,所述锂盐含量为5%-30%。在一些实施例中,基于所述电解液的质量,所述锂盐的含量为6%-25%。在一些实施例中,基于所述电解液的质量,所述锂盐的含量为8%-20%。在一些实施例中,基于所述电解液的质量,所述锂盐的含量为6%-18%。

[0071] 在一些实施例中,添加剂包含氟代碳酸乙烯酯,碳酸亚乙烯酯,乙烯基碳酸亚乙酯,1,3-丙烷磺内酯,硫酸乙烯酯,己二腈,丁二腈,戊二腈,1,3,6-己烷三腈,1,2,6-己烷三腈,琥珀酸酐,二氟磷酸锂,四氟硼酸锂中的至少一者。

[0072] 将正极、隔离膜、负极按顺序叠好,使隔离膜处于正负极中间起到隔离的作用,并卷绕得到裸电芯。将经卷绕所得裸电芯置于外包装中,注入电解液并封装,经过化成、脱气、切边等工艺流程获得锂离子电池。

[0073] 三、电子装置

[0074] 本申请提供了一种电子装置,其包含根据前述内容所述的电化学装置。

[0075] 根据本申请的一些实施例,所述电子装置包括,但不限于:笔记本电脑、笔输入型计算机、移动电脑、电子书播放器、便携式电话、便携式传真机、便携式复印机、便携式打印机、头戴式立体声耳机、录像机、液晶电视、手提式清洁器、便携CD机、迷你光盘、收发机、电子记事本、计算器、存储卡、便携式录音机、收音机、备用电源、电机、汽车、摩托车、助力自行车、自行车、照明器具、玩具、游戏机、钟表、电动工具、闪光灯、照相机、家庭用大型蓄电池等。

[0076] 三、具体的实施例

[0077] 下面结合实施例,对本申请做进一步详细的描述。然而,应理解,以下实施例仅是

示例,本申请的实施例方式不限于此。

[0078] 实施例1至43和对比例1至3

[0079] 步骤(1):将第一颗粒、第一导电剂和粘结剂,以及可选的流平剂,加入去离子水中混合均匀,获得功能层的浆料(在后称作“第一浆料”);

[0080] 步骤(2):将步骤(1)中的第一浆料涂覆在正极集流体的目标区域;

[0081] 步骤(3):将步骤(2)中的含有第一浆料的正极集流体进行烘干以去除溶剂,得到涂有功能层的正极集流体;

[0082] 步骤(4):将正极活性物质(钴酸锂,质量百分比97.3%)、第二导电剂(质量百分比0.6%Super P和质量百分比0.5%碳纳米管CNT)、正极粘结剂(质量百分比1.6%PVDF)分散于N-甲基吡咯烷酮溶剂体系中充分搅拌混合均匀,得到正极活性物质的浆料(在后称作“第二浆料”);

[0083] 步骤(5):将第二浆料涂覆在步骤(3)中得到的涂有功能层的正极集流体的目标区域;

[0084] 步骤(6):将步骤(5)中的含有第二浆料的正极集流体进行烘干以去除溶剂,从而得到所要正极。

[0085] 如下表1具体示出了实施例1至43和对比例1至3中的正极中的功能层差异。

[0086] 表1

	第一颗粒质量百分比及种类	第一导电剂质量百分比及种类	粘结剂			流平剂质量百分比及种类
			质量百分比	种类	重均分子量	
实施例 1	95%勃姆石	/	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	/
实施例 2	97%勃姆石	/	3%	45%丙烯腈、45%丙烯酸盐和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	/
[0087] 实施例 3	97%勃姆石	/	3%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	/
实施例 4	95%勃姆石	/	5%	40%丙烯腈、40%丙烯酸锂和20%丙烯酰胺的聚合物	70 万	/
实施例 5	94.97%勃姆石	/	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 6	92%勃姆石	3%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	/
实施例 7	88%勃姆石	7%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和	70 万	/

[0088]

				10%丙烯酰胺的聚合物		
实施例 8	93.97%勃姆石	1%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 9	91.97%勃姆石	3%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 10	89.97%勃姆石	5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 11	94.97%勃姆石	3%SP	2%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 12	93.97%勃姆石	3%SP	3%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 13	88.97%勃姆石	3%SP	8%	丙烯腈、丙烯酸锂、丙烯酰胺聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 14	84.97%勃姆石	3%SP	12%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 15	78.97%勃姆石	3%SP	18%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 16	76.97%勃姆石	3%SP	20%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 17	89.97%勃姆石	5%SP	5%	35%丙烯腈、45%丙烯酸锂和20%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 18	89.97%勃姆石	5%SP	5%	35%丙烯腈、35%丙烯酸锂和25%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 19	89.97%勃姆石	5%SP	5%	45%丙烯腈、40%丙烯酸锂和15%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 20	89.97%勃姆石	5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸钠和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%聚二甲基硅氧烷
实施例 21	89.99%勃姆石	5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.01%聚二甲基硅氧烷
实施例 22	89.95%勃姆石	5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.05%聚二甲基硅氧烷
实施例 23	89.92%勃姆石	5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.08%聚二甲基硅氧烷
实施例	89.9%勃姆石	5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.1%聚二甲基硅氧烷

[0089]

24						
实施例 25	89.97%勃姆 石	5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.3%聚二甲 基硅氧烷
实施例 26	89.97%勃姆 石	5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.5%聚二甲 基硅氧烷
实施例 27	88.97%水铝 石	3%SP	8%	45%丙烯腈、45%丙烯酸盐和 10%丙烯酰胺的聚合物	80 万	0.03%聚二甲 基硅氧烷
实施例 28	90.47%勃姆 石	1.0%SP+0 .5%CNT	8%	45%丙烯腈、45%丙烯酸盐和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例 29	88.47%勃姆 石	3.0%SP+0 .5%CNT	8%	45%丙烯腈、45%丙烯酸盐和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%乙氧基 丙氧基丙烯 烃 聚合物
实施例 30	90.47%勃姆 石	0.5%SP+1 %CNT	8%	45%丙烯腈、45%丙烯酸盐和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例 31	89.97%勃姆 石	5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例 32	91.97%勃姆 石	3%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例 33	91.97%勃姆 石	3%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例 34	93.97%勃姆 石	1%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例 35	92.47%勃姆 石	0.5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例 36	91.47%勃姆 石	3.5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例 37	91.47%勃姆 石	3.5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例 38	91.47%勃姆 石	3.5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例 39	92.97%勃姆 石	2%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
实施例	93.97%勃姆 石	1%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70 万	0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物

	40					
	实施例 41	94.47%勃姆石	0.5%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸锂和 10%丙烯酰胺的聚合物	70万 0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
	实施例 42	91.47%勃姆石	3.5%SP	5%	50%丙烯腈、50%丙烯酸锂的 聚合物	70万 0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
[0090]	实施例 43	91.97%勃姆石	3%SP	5%	70%丙烯腈和 30%丙烯酰胺的 聚合物	70万 0.03%甲氧基 丙烯-乙氧基 丙烯共聚物
	对比例 1	无功能层				
	对比例 2	96.5%勃姆石	0.5%SP	3%	PVDF	90万 /
	对比例 3	88.97%勃姆石	6%SP	5%	45%丙烯腈、45%丙烯酸盐和 10%丙烯酰胺的聚合物	70万 0.03%聚二甲 基硅氧烷

[0091] 除上述差异外,实施例1至43与对比例1至3中的负极、电解液、隔离膜等并没有差异,均采用如下工艺制备。

[0092] 负极:将活性物质人造石墨、导电剂乙炔黑、粘结剂丁苯橡胶(SBR)、增稠剂羧甲基纤维素钠(CMC)按照质量比为95:2:2:1在去离子水溶剂体系中充分搅拌混合均匀后,涂覆于Cu箔上烘干、冷压,得到负极。

[0093] 电解液:在含水量<10ppm的氩气气氛手套箱中,将碳酸乙烯酯(简称为EC)、碳酸二乙酯(简称为DEC)、碳酸丙烯酯(简称为PC)按照2:6:2的重量比混合均匀,再将充分干燥的锂盐LiPF₆溶解于上述溶剂,LiPF₆的含量为12.5%,加入1.5%的1,3-丙烷磺内酯、3%的氟代碳酸乙烯酯、2%的己二腈。其中各物质含量是以电解液的总重量计。

[0094] 隔离膜:以PE多孔聚合薄膜作为隔离膜。

[0095] 将正极、隔离膜、负极按顺序叠好,使隔离膜处于正负极中间起到隔离的作用,并卷绕、置于外包装中,注入配好的电解液并封装,经过化成,脱气,切边等工艺得到锂离子电池。

[0096] 性能测试方法

[0097] 功能层/正极活性材料层厚度

[0098] 1) 在(25±3)℃的环境下,将涂有功能层的正极从锂离子电池中拆出。用无尘纸拭去正极表面残留的电解液;

[0099] 2) 在等离子体下切割涂有功能层的正极,得到其横截面;

[0100] 3) 在扫描电镜(SEM)下观察2)中得到的正极的横截面,并测量功能层的厚度T₁μm,相邻测试点间隔2mm至3mm,至少测量15个不同点,所有测量点的均值记为功能层的厚度T₁μm;正极活性材料层的厚度T₂μm的测量方法与之相同。

[0101] 满充状态下的正极电阻

[0102] 1) 0.05C的倍率恒流充电至满充设计电压4.45V,随后以满充设计电压4.45V恒压充电至电流为0.025C(截止电流),使锂离子电池达到满充状态;

[0103] 2) 将锂离子电池拆解,得到正极;

[0104] 3) 将2)中所得正极在湿度为5%至15%的环境中放置30min,然后密封转移到电阻测试地点;

[0105] 4) 使用BER1200型号膜片电阻测试仪测试3)中所得正极的电阻,相邻测试点间隔2mm至3mm,至少测试15个不同点,所有测试点的电阻均值记为满充状态下的正极电阻R,其中测试参数为:压头面积 153.94mm^2 ,压力3.5t,保持时间50s。

[0106] 穿钉测试

[0107] 1) 将锂离子电池以0.5C的倍率恒流充电至满充设计电压4.45V,随后以满充设计电压4.45V恒压充电至截止电流0.05C;

[0108] 2) 用直径3mm的耐高温钢针、以150mm/s的速度,从垂直于锂离子电池长宽平面的方向贯穿,穿刺点为锂离子电池长宽平面的几何中心,结束后钢钉保留1小时。以10个锂离子电池为一组,观察测试过程中锂离子电池状态,以锂离子电池不燃烧、不爆炸为通过标准,确认锂离子电池通过的个数。中心穿钉通过率=通过数/10。

[0109] 倍率容量保持率(1.5C/0.2C)

[0110] 在 $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$ 的环境下,锂离子电池以0.5C的倍率恒流充电至满充设计电压4.45V,随后以满充设计电压4.45V恒压充电至截止电流0.05C,然后分别用0.2C和1.5C电流进行放电至3.0V,分别得到0.2C和1.5C的放电容量,倍率容量保持率 $(1.5\text{C}/0.2\text{C}) = 1.5\text{C}$ 放电容量/0.2C放电容量。

[0111] 如下表2示出了实施例1至43和对比例1至3的各项性能。

[0112] 表2

[0113]

	功能层的 厚度 T/ μm	满充 状态 下的 正极 电阻 R/ Ω	T \times R	第一颗 粒平均 粒径 H1/ μm	H1/H2	T/H1	面积比 W2/W1	厚度 比 T2/T	倍率容量 保持率 1.5C/0.2C	中心穿钉 通过率
实施例 1	3	27.0	81.0	0.6	/	5.0	0.95	20	73%	7/10
实施例 2	3	40.0	120.0	0.6	/	5.0	0.95	20	71%	7/10
实施例 3	4.5	42.0	189.0	0.6	/	7.5	0.95	20	65%	8/10
实施例 4	3	35.0	105.0	0.6	/	5.0	0.95	20	71%	7/10
实施例 5	3	26.5	79.5	0.6	/	5.0	0.95	20	75%	9/10
实施例 6	3	3.0	9.0	0.6	1.5	5.0	0.95	20	90%	7/10
实施例 7	3	0.7	2.1	0.6	1.5	5.0	0.95	20	94%	5/10
实施例 8	3	4.0	12.0	0.6	1.5	5.0	0.95	16	94%	10/10
实施例 9	3	3.0	9.0	0.6	1.5	5.0	0.95	20	94%	10/10
实施例 10	3	1.5	4.5	0.6	1.5	5.0	0.95	28	95%	10/10
实施例 11	3	5.3	15.9	0.6	1.5	5.0	0.95	28	91%	8/10
实施例 12	3	2.5	7.5	0.6	1.0	5.0	0.95	20	95%	10/10
实施例	3	3.2	9.6	0.6	1.0	5.0	0.95	20	93%	10/10

[0114]

13										
实施例 14	3	5.1	15.3	0.6	1.0	5.0	0.95	20	91%	10/10
实施例 15	3	7.5	22.5	0.6	1.0	5.0	0.95	20	89%	9/10
实施例 16	3	9.8	29.4	0.6	1.0	5.0	0.95	20	87%	9/10
实施例 17	2.5	1.3	3.3	0.5	3.0	5.0	0.95	15	92%	8/10
实施例 18	2.5	1.7	4.3	0.5	3.0	5.0	0.95	15	91%	9/10
实施例 19	2.5	1.4	3.5	0.5	3.0	5.0	0.95	15	93%	8/10
实施例 20	2.5	1.2	3.0	0.5	3.0	5.0	0.95	15	94%	8/10
实施例 21	2.5	1.1	2.8	0.5	3.0	5.0	0.95	15	93%	8/10
实施例 22	2.5	1.3	3.3	0.5	3.0	5.0	0.95	15	96%	10/10
实施例 23	2.5	1.6	4.0	0.5	3.0	5.0	0.95	15	95%	10/10
实施例 24	2.5	2.1	5.3	0.5	3.0	5.0	0.95	15	93%	10/10
实施例 25	2.5	4.1	10.3	0.5	3.0	5.0	0.95	15	90%	10/10
实施例 26	2.5	5.3	13.3	0.5	3.0	5.0	0.95	15	88%	9/10
实施例 27	3	2.2	6.6	0.6	1.0	5.0	0.95	20	92%	10/10
实施例 28	2	1.8	3.6	0.5	2.0	4.0	0.95	25	96%	10/10
实施例	2	1.5	3.0	0.5	2.0	4.0	0.95	25	97%	10/10

29										
实施例 30	2	1.6	3.2	0.5	2.0	4.0	0.95	25	96%	9/10
实施例 31	2.5	1.0	2.5	0.5	3.0	5.0	0.95	15	95%	9/10
实施例 32	2	2.5	5.0	0.4	3.0	5.0	0.95	15	95%	10/10
实施例 33	3	3.5	10.5	0.6	0.5	5.0	0.95	15	92%	10/10
实施例 34	1	3.0	3.0	0.5	3.0	2.0	0.95	8	96%	9/10
实施例 35	0.5	8.3	4.2	0.6	0.5	0.8	0.95	36	91%	5/10
实施例 36	5	4.0	20.0	0.6	0.5	8.3	0.95	15	94%	10/10
[0115] 实施例 37	6	4.8	28.8	0.6	0.5	10.0	0.95	15	94%	10/10
实施例 38	10	6.4	64.0	0.6	0.5	16.7	0.95	15	80%	10/10
实施例 39	3	5.0	15.0	0.6	0.5	5.0	0.90	15	91%	10/10
实施例 40	3	7.0	21.0	0.6	0.5	5.0	0.90	15	90%	10/10
实施例 41	3	10.0	30.0	0.6	0.5	5.0	0.90	15	88%	10/10
实施例 42	3	9.5	28.5	0.6	0.5	5.0	0.90	15	84%	9/10
实施例 43	2	4.5	9.0	0.4	3.0	5.0	0.95	15	90%	9/10
对比例 1	/	0.3	/	/	/		0	/	95%	0/10
对比例 2	11	23	253.0	0.6	1.0	18.3	0.90	4	47%	7/10
对比例 3	4	0.4	1.6	0.6	1.0	6.7	0.90	12	94%	3/10

[0116] 1. 探讨功能层的有无、功能层的厚度T、满充状态下的正极电阻R对电化学装置性能的影响

[0117] 由上述表1和表2可知,具有功能层的实施例1至43以及具有功能层的对比例2至3的锂离子电池的中心穿钉通过率(通过量/测试总量)明显优于没有功能层的对比例1的锂离子电池。由此可见,在正极集流体与正极活性材料层之间设置功能层可以显著提高电化学装置的中心穿钉通过率。

[0118] 本申请通过研究发现,当功能层的厚度T(以 μm 计)与满充状态下的正极电阻R(以 Ω 计)满足 $2 \leq T \times R \leq 200$ 时,锂离子电池既可以保持较高的中心穿钉通过率,同时又可以保

持较高的倍率性能。例如,实施例1-43中功能层的厚度 T 与满充状态下的正极电阻 R 均满足 $2 \leq T \times R \leq 200$,对比例2中 $T \times R$ 为253,对比例3中 $T \times R$ 为1.6,实施例1至43的锂离子电池的中心穿钉通过率显著优于对比例3,而倍率性能与对比例3基本上相当。实施例1至43的中心穿钉通过率与对比例2相当,但是倍率性能显著优于对比例2。

[0119] 本申请经过研究发现,功能层的厚度 T 太大会不合理的降低电化学装置的能量密度,功能层的厚度 T 太薄则会出现漏涂,不能有效改善穿钉安全性能。当 $0.5 \leq T \leq 10$,电化学装置可以获得理想的中心穿钉通过率与倍率性能。另一方面,功能层和正极活性材料层作为一个整体,满充状态下的正极电阻太大则不能形成有效的电化学装置,电阻太小则容易造成穿钉时的安全性降低。当 $1 \leq R \leq 10$ 时,电化学装置可以获得理想的中心穿钉通过率与倍率性能。

[0120] 2. 探讨功能层的组成对电化学装置性能的影响

[0121] 2.1 第一颗粒和第一导电剂

[0122] 本申请功能层包含第一颗粒和第一导电剂。结合表1和表2可知,实施例1至43的第一颗粒采用了勃姆石和水铝石,第一导电剂采用了导电碳(Super P)、碳纳米管(CNT),其均可以获得理想的中心穿钉通过率和倍率容量保持率。然而,应当理解,本申请的功能层的组成不限于实施例所具体列举的种类,其中第一颗粒可以包括氧化铝、氧化硅、氧化镁、氧化钛、二氧化铅、氧化锡、二氧化铈、氧化镍、氧化锌、氧化钙、氧化锆、氧化钇、碳化硅、勃姆石、氢氧化铝、氢氧化镁、氢氧化钙、水铝石、硫酸钡、硫酸钙或硅酸钙中的至少一种,而第一导电剂可以包括石墨烯、碳纳米管、碳黑、石墨纤维或导电碳中的至少一种。

[0123] 通过调节第一颗粒的粒径与第一导电剂的粒径可以调节功能层的电阻,从而影响电化学装置的中心穿钉通过率和电化学性能。例如,结合表1和表2可知,本申请实施例中的第一颗粒的平均粒径为 $H1 \mu\text{m}$,功能层的厚度为 $T \mu\text{m}$,满足 $2 \leq T/H1 \leq 10$ 的实施例6至34、36至37、39至43,相对于 $T/H1$ 为0.8的实施例35,具有显著改善的中心穿钉通过率,而相对于 $T/H1$ 为16.7的实施例38,具有显著改善的倍率容量保持率。可见,通过满足 $2 \leq T/H1 \leq 10$,可以使得锂离子电池具有更优的综合性能。

[0124] 进一步地,通过调节第一颗粒与第一导电剂的粒径的关系,在功能层中形成良好的导电网络,可提高电子传输效率,降低集流体与活性材料层之间的电阻,从而可以提高锂离子电池的倍率性能。结合表1和表2可知,第一颗粒的平均粒径 $H1 \mu\text{m}$,所述第二颗粒的平均粒径 $H2 \mu\text{m}$,满足 $0.5 \leq H1/H2 \leq 3$ 时,所得锂离子电池的倍率容量保持率均在80%以上。

[0125] 此外,通过控制正极活性材料层的厚度与功能层的厚度之比在适当范围内,可以有效抑制穿钉过程中,穿刺物与正极活性材料层的接触,从而可有效提升电化学装置的穿钉安全性能。例如,正极活性材料层的厚度 $T2 \mu\text{m}$,与功能层的厚度 $T \mu\text{m}$,满足 $T2/T \leq 30$ 的实施例8至34,其锂离子电池的中心穿钉通过率相对于 $T2/T$ 为36的实施例35,能够得到显著提升。

[0126] 2.2 粘结剂、流平剂

[0127] 本申请实施例1至43中的功能层所用的粘结剂为丙烯腈、丙烯酸盐、丙烯酰胺聚合物。然而,应当理解,本申请功能层所用的粘结剂不限于具体实施例所列举的种类,其可以包含丙烯酸、丙烯酰胺、丙烯酸盐、丙烯腈、或丙烯酸酯中的至少一种形成的聚合物。本申请实施例1至43的粘结剂的重量平均分子量为70万至80万,其质量百分比2%至20%。通过调

节粘结剂在功能层中的质量分数,可以保证活性材料、功能层和集流体之间的较好的结合力,减少在异常情况下的活性材料层的松动乃至脱落,从而可以改善电化学装置的穿钉安全性能和电化学性能。

[0128] 本申请实施例中的功能层所用的流平剂为硅氧烷类化合物或含氧烯烃聚合物。应理解,其还可以为羧酸盐类化合物、羧酸酯类化合物、醇类化合物、醚类化合物、或氟碳化合物中的至少一种,且基于所述功能层的质量,所述流平剂的质量百分比为0.01%至0.5%。流平剂的加入,有利于形成均匀、平滑的功能层,增加功能层和集流体以及活性材料层的接触面积,提高安全性能。例如,相对于未加入流平剂的实施例1至4、6至7,相应加入流平剂聚二甲基硅氧烷的实施例5具有改善的中心穿钉通过率。

[0129] 3. 功能层覆盖面积

[0130] 正极集流体的面积为 $W1\text{cm}^2$,所述功能层的面积为 $W2\text{cm}^2$,本申请通过设置 $0.9 \leq W2/W1 \leq 1$,可以更好的发挥功能层的作用,提高电化学装置的穿钉安全性能。

[0131] 综上所述,本申请的电化学装置具有较高的中心穿钉通过率且保持较高的倍率性能。

[0132] 整个说明书中对“一些实施例”、“部分实施例”、“一个实施例”、“另一举例”、“举例”、“具体举例”或“部分举例”的引用,其所代表的意思是在本申请中的至少一个实施例或举例包含了该实施例或举例中所描述的特定特征、结构、材料或特性。因此,在整个说明书中的各处所出现的描述,例如:“在一些实施例中”、“在实施例中”、“在一个实施例中”、“在另一个举例中”,“在一个举例中”、“在特定举例中”或“举例”,其不必然是引用本申请中的相同的实施例或示例。此外,本文中的特定特征、结构、材料或特性可以以任何合适的方式在一个或多个实施例或举例中结合。

[0133] 尽管已经演示和描述了说明性实施例,本领域技术人员应该理解上述实施例不能被解释为对本申请的限制,并且可以在不脱离本申请的精神、原理及范围的情况下对实施例进行改变,替代和修改。