



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114175342 B

(45) 授权公告日 2025.03.07

(21) 申请号 201980098797.4

(22) 申请日 2019.12.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114175342 A

(43) 申请公布日 2022.03.11

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.01.25

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2019/127982 2019.12.24

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/128000 ZH 2021.07.01

(73) 专利权人 宁德时代新能源科技股份有限公司

地址 352100 福建省宁德市蕉城区漳湾镇
新港路2号

(72)发明人 韩昌隆 吴则利 付成华

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理
有限责任公司 11258
专利代理师 徐启艳

(51) Int.Cl.

H01M 10/0567 (2006.01)
H01M 10/0569 (2006.01)
H01M 10/0525 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 103178291 A, 2013.06.26
CN 110061176 A, 2019.07.26

审查员 陈剑锋

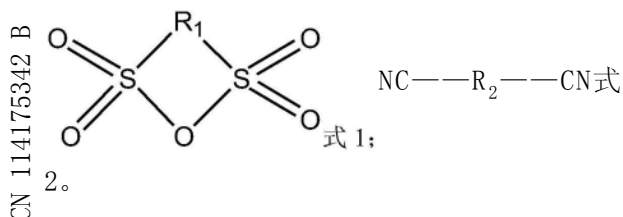
权利要求书1页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

二次電池及含有該二次電池的裝置

(57) 摘要

本申请提供一种二次电池及含有该二次电池的装置,所述二次电池包括负极极片,包括负极集流体以及设置于负极集流体至少一个表面上且包括负极活性材料的负极膜片;电解液,包括电解质盐、有机溶剂及添加剂;所述负极活性材料包括硅基材料;所述添加剂包括添加剂A和添加剂B;所述添加剂A选自式1所示的化合物中的一种或几种;所述添加剂B选自式2所述的化合物中的一种或几种;所述添加剂B的熔点小于等于5℃。本申请的二次电池及含有该二次电池的装置可同时兼顾较好的高温循环性能、高温存储性能和低温放电性能。



1. 一种二次电池, 包括:

负极极片, 包括负极集流体以及设置于所述负极集流体至少一个表面上且包括负极活性材料的负极膜片;

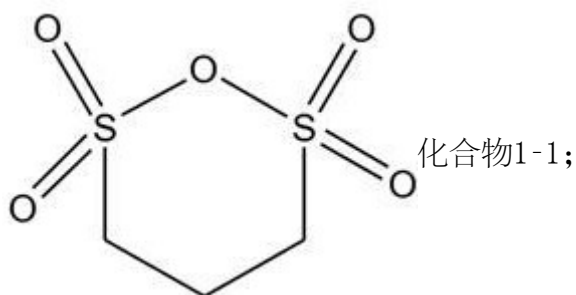
电解液, 包括电解质盐、有机溶剂及添加剂;

其中,

所述负极活性材料包括硅基材料和碳材料, 所述碳材料选自人造石墨, 天然石墨、软碳、硬碳中的一种或几种;

所述添加剂包括添加剂A和添加剂B;

所述添加剂A选自化合物1-1,



所述添加剂B的熔点小于等于5°C; 且所述添加剂B选自1,2-二(2-氰乙氧基)乙烷,

所述添加剂A在所述电解液中的质量占比为0.5%~1%, 所述添加剂B在所述电解液中的质量占比为0.5%~3%。

2. 根据权利要求1所述的二次电池, 其中, 所述添加剂还包括碳酸亚乙烯酯VC、氟代碳酸亚乙烯酯FEC、硫酸亚乙烯酯DTD、1,3-丙烷磺内酯PS、1,3-丙基-磺酸内酯PST中的一种或几种。

3. 根据权利要求1所述的二次电池, 其中, 所述二次电池还包括正极极片, 所述正极极片包括正极集流体以及设置于所述正极集流体至少一个表面上且包括正极活性材料的正极膜片; 所述正极活性材料包括锂钴氧化物、锂镍氧化物、锂锰氧化物、锂镍锰氧化物、锂镍钴锰氧化物、锂镍钴铝氧化物、过渡金属磷酸盐中的一种或几种。

4. 根据权利要求3所述的二次电池, 其中, 所述正极活性材料包括锂钴氧化物。

5. 根据权利要求1所述的二次电池, 其中, 所述硅基材料包括单质硅、硅氧化合物、硅碳复合物、硅氮复合物、硅合金中的一种或几种。

6. 根据权利要求5所述的二次电池, 其中, 所述硅基材料包括硅氧化合物。

7. 根据权利要求1所述的二次电池, 其中, 所述碳材料选自人造石墨, 天然石墨中的一种或几种。

8. 一种用电装置, 包括根据权利要求1-7任一项所述的二次电池。

二次电池及含有该二次电池的装置

技术领域

[0001] 本申请涉及电池技术领域,尤其涉及一种二次电池及含有该二次电池的装置。

背景技术

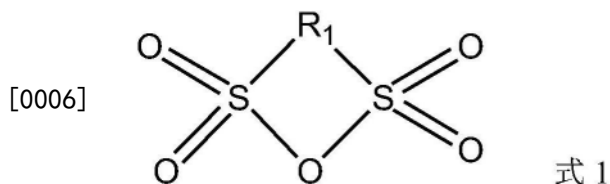
[0002] 在飞速发展的信息时代,人们对手机、笔记本、相机等电子产品的需求逐年增加。作为电子产品的工作电源,具有能量密度高、无记忆效应、工作电压高等特点的二次电池正逐步取代传统的Ni-Cd、MH-Ni电池。然而随着电子产品市场需求的扩大及动力、储能设备的发展,人们对二次电池的要求不断提高,开发具有高能量密度的二次电池成为当务之急。采用高比容量的硅基材料作为二次电池的负极活性材料可以有效提高二次电池的能量密度,但是使用硅基材料的电池电化学性能往往较差。

[0003] 因此亟需开发一种具有高能量密度,又可以同时兼顾较好的电化学性能的二次电池。

发明内容

[0004] 鉴于背景技术中存在的问题,本申请的目的在于提供一种二次电池以及含有该二次电池的装置,所述二次电池可同时兼顾较好的高温循环性能、高温存储性能和低温放电性能。

[0005] 为了达到上述目的,在本申请的一方面,提供一种二次电池,包括:负极极片,包括负极集流体以及设置于负极集流体至少一个表面上且包括负极活性材料的负极膜片;电解液,包括电解质盐、有机溶剂及添加剂;其中,所述负极活性材料包括硅基材料;所述添加剂包括添加剂A和添加剂B;所述添加剂A选自式1所示的化合物中的一种或几种;



[0007] 其中, R_1 选自C2~C4的亚烷基、C2~C4的卤代亚烷基、C2~C4的亚烯基、C2~C4的卤代亚烯基、C6~C18的亚芳基、C6~C18的卤代亚芳基中的一种或几种;

[0008] 所述添加剂B选自式2所述的化合物中的一种或几种;

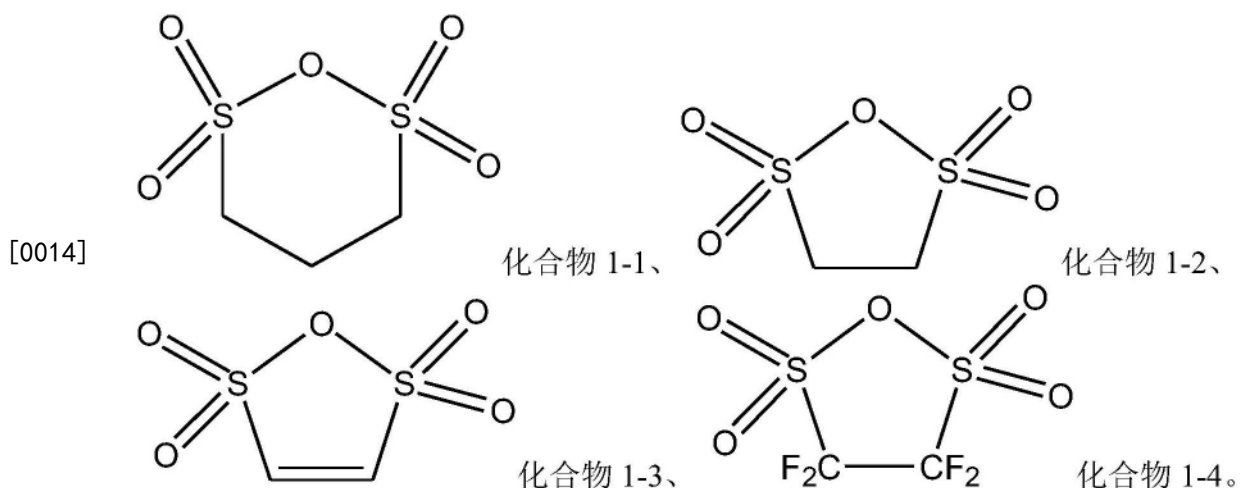
[0009] NC-R2-CN式2

[0010] 其中, R_2 选自C1~C20的亚烷基、C1~C20的卤代亚烷基、C1~C20的亚烷氧基、C1~C20的卤代亚烷氧基、C1~C20的亚烯基、C1~C20的卤代亚烯基中的一种或几种;

[0011] 所述添加剂B的熔点小于等于5°C。

[0012] 本申请的二次电池,负极极片包括硅基材料,且电解液同时包括添加剂A和添加剂B,且添加剂B的熔点小于等于5°C,在其共同作用下可以使二次电池同时兼顾较好的高温循环性能、高温存储性能和低温放电性能。

[0013] 在本申请第一方面的任一实施方式中,添加剂A选自下述化合物中的一种或几种;



[0015] 在本申请第一方面的任一实施方式中,添加剂B选自己二腈、戊二腈、2-甲基戊二腈、1,2-二(2-氰乙氧基)乙烷、1,4-二(2-氰基乙氧基)丁烷中的一种或几种。可选地,添加剂B选自己二腈、1,2-二(2-氰基乙氧基)乙烷中的一种或几种。

[0016] 在本申请第一方面的任一实施方式中,添加剂A在电解液中的质量占比 $\leq 2\%$ 。若添加剂A的含量过高,则其会导致负极表面成膜阻抗增加,恶化二次电池的低温性能。可选地,添加剂A在电解液中的质量占比为 $0.1\% \sim 1\%$ 。

[0017] 在本申请第一方面的任一实施方式中,添加剂B在电解液中的质量占比 $\leq 5\%$ 。若添加剂B的含量过高,过多的添加剂B不可避免的会在负极表面成膜,从而会恶化二次电池的高温循环性能。可选地,添加剂B在电解液中的质量占比为 $0.5\% \sim 3\%$ 。

[0018] 在本申请第一方面的任一实施方式中,添加剂还包括碳酸亚乙烯酯VC、氟代碳酸乙烯酯FEC、硫酸乙烯酯DTD、1,3-丙烷磺内酯PS、1,3-丙烯基-磺酸内酯PST中的一种或几种。

[0019] 在本申请第一方面的任一实施方式中,二次电池还包括正极极片,正极极片包括正极集流体以及设置于正极集流体至少一个表面上且包括正极活性材料的正极膜片;正极活性材料包括锂钴氧化物、锂镍氧化物、锂锰氧化物、锂镍锰氧化物、锂镍钴锰氧化物、锂镍钴铝氧化物、过渡金属磷酸盐中的一种或几种。可选地,正极活性材料包括锂钴氧化物。当正极活性材料包括锂钴氧化物时,本申请的电解液对电池性能的改善效果更加明显。

[0020] 在本申请第一方面的任一实施方式中,硅基材料包括单质硅、硅氧化合物、硅碳复合物、硅氮复合物、硅合金中的一种或几种。可选地,硅基材料包括硅氧化合物。

[0021] 在本申请第一方面的任一实施方式中,负极活性材料还包括碳材料,碳材料选自人造石墨,天然石墨、软碳、硬碳中的一种或几种。可选地,碳材料选自人造石墨,天然石墨中的一种或几种。

[0022] 在本申请的第二方面,提供一种装置,其包括本申请第一方面所述的二次电池。

[0023] 本申请的装置包括所述的二次电池,因而至少具有与所述二次电池相同的优势。

附图说明

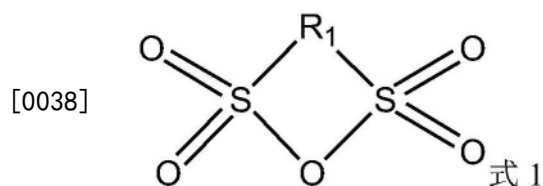
[0024] 图1是二次电池的一实施方式的示意图。

[0025] 图2是电池模块的一实施方式的示意图。

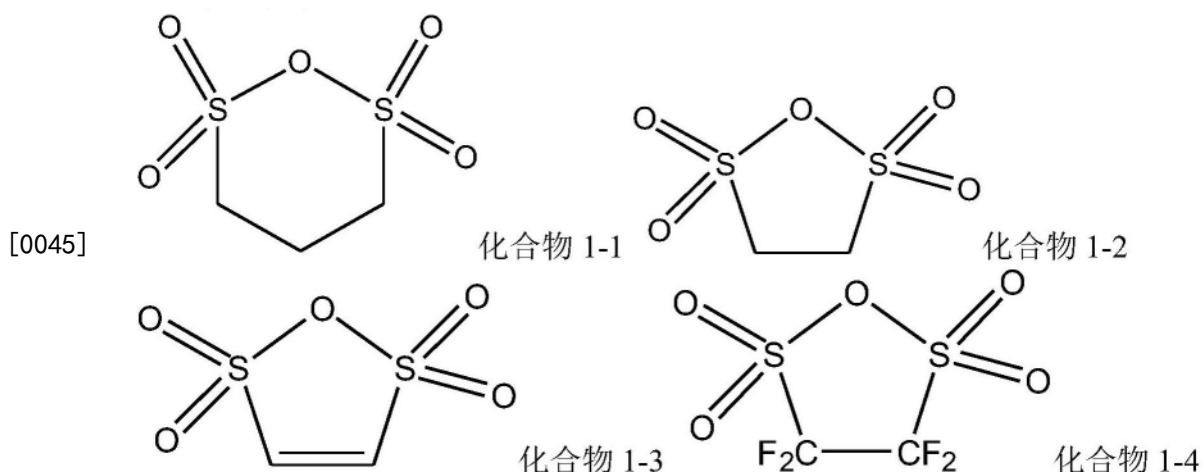
- [0026] 图3是电池包的一实施方式的示意图。
- [0027] 图4是图3的分解图。
- [0028] 图5是二次电池用作电源的装置的一实施方式的示意图。
- [0029] 其中,附图标记说明如下:
- [0030] 1电池包
- [0031] 2上箱体
- [0032] 3下箱体
- [0033] 4电池模块
- [0034] 5二次电池

具体实施方式

- [0035] 下面详细说明根据本申请的二次电池及含有该二次电池的装置。
- [0036] 首先说明根据本申请第一方面的二次电池。
- [0037] 根据本申请第一方面的二次电池,包括负极极片及电解液;所述负极极片包括负极集流体以及设置于负极集流体至少一个表面上且包括负极活性材料的负极膜片,所述负极活性材料包括硅基材料;所述电解液包括电解质盐、有机溶剂以及添加剂。所述添加剂包括添加剂A和添加剂B,所述添加剂A选自式1所示的化合物中的一种或几种,



- [0039] 其中, R_1 选自C2~C4的亚烷基、C2~C4的卤代亚烷基、C2~C4的亚烯基、C2~C4的卤代亚烯基、C6~C18的亚芳基、C6~C18的卤代亚芳基中的一种或几种;所述添加剂B选自式2所述的化合物中的一种或几种,
- [0040] NC-R2-CN式2
- [0041] 其中, R_2 选自C1~C20的亚烷基、C1~C20的卤代亚烷基、C1~C20的亚烷氧基、C1~C20的卤代亚烷氧基、C1~C20的亚烯基、C1~C20的卤代亚烯基中的一种或几种;所述添加剂B的熔点小于等于5℃。
- [0042] 可选地,卤代元素可选自F、Cl、Br、I中的一种或几种。
- [0043] 发明人发现,式1所示的添加剂能够在硅基材料表面形成致密且均匀的钝化膜,可以有效地阻止电解液溶剂与硅基材料的直接接触,减少电解液溶剂在负极表面的副反应,进而减少二次电池的产气,改善二次电池的高温存储性能,但是式1所示的添加剂在负极表面形成的钝化膜的成膜阻抗较大,影响电池的循环性能。发明人通过大量研究发现,当电解液还包括添加剂B时,可以降低负极表面的成膜阻抗,有效改善二次电池的低温放电性能。
- [0044] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中,可选地,所述添加剂A选自下述化合物中的一种或几种。



[0046] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中,可选地,所述添加剂B选自自己二腈、戊二腈、2-甲基戊二腈、1,2-二(2-氰乙氧基)乙烷、1,4-二(2-氰基乙氧基)丁烷中的一种或几种;更可选地,所述添加剂B选自自己二腈、1,2-二(2-氰基乙氧基)乙烷中的一种或几种。

[0047] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中,可选地,所述添加剂A在所述电解液中的质量占比 $\leq 2\%$ 。若添加剂A的含量过高,则其会导致负极表面成膜阻抗增加,恶化二次电池的低温性能。可选地,所述添加剂A在所述电解液中的质量占比为 $0.1\% \sim 1\%$ 。

[0048] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中,可选地,所述添加剂B在所述电解液中的质量占比 $\leq 5\%$ 。若添加剂B的含量过高,过多的添加剂B不可避免的会在负极表面成膜,从而会恶化二次电池的高温循环性能。可选地,所述添加剂B的含量为所述电解液总重量的 $0.5\% \sim 3\%$ 。

[0049] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中,所述添加剂还可包括碳酸亚乙烯酯(VC)、氟代碳酸乙烯酯(FEC)、硫酸乙烯酯(DTD)、1,3-丙烷磺内酯(PS)、1,3-丙烯基-磺酸内酯(PST)中的一种或几种。

[0050] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中,所述有机溶剂的种类没有特别的限制,可根据实际需求进行选择。具体地,所述有机溶剂可选自链状酯、环状酯中的一种或几种。可选地,所述链状酯可选自碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、碳酸甲乙酯、碳酸甲丙酯、甲酸甲酯、甲酸乙酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、丙酸丙酯、丁酸乙酯、丙酸乙酯、丁酸丙酯中的一种或几种;所述环状酯可选自碳酸乙烯酯、碳酸丙烯酯、碳酸丁烯酯、 γ -丁内酯、四氢呋喃中的一种或几种。

[0051] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中,所述电解质盐的种类没有特别的限制,可根据实际需求进行选择。具体地,所述电解质盐可选自 LiPF_6 、 LiBF_4 、 LiFSI 、 LiTFSI 、 LiClO_4 、 LiAsF_6 、 LiBOB 、 LiDFOB 、 LiPO_2F_2 、 LiTFOP 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{RF})_2$ 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{F})(\text{SO}_2\text{RF})$ 中的一种或几种,其中, $\text{RF}=\text{C}_n\text{F}_{2n+1}$,表示饱和全氟烷基, n 为 $1 \sim 10$ 内的整数。

[0052] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中,所述电解质盐的含量没有特别的限制,可根据实际需求进行选择。可选地,所述电解质盐的含量为所述电解液的总重量的 $6\% \sim 25\%$;更可选地,所述电解质盐的含量为所述电解液的总重量的 $6\% \sim 20\%$ 。

[0053] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中,所述二次电池还包括正极极片,所述正极极片包括正极集流体以及设置于正极集流体至少一个表面上且包括正极活性材料的正极膜片。可选地,所述正极活性材料包括锂钴氧化物、锂镍氧化物、锂锰氧化物、锂镍锰氧

化物、锂镍钴锰氧化物、锂镍钴铝氧化物、过渡金属磷酸盐等中的一种或几种；更可选地，所述正极活性材料包括锂钴氧化物（例如钴酸锂）。当正极活性材料包括锂钴氧化物时，本申请的电解液对电池性能的改善效果更加明显。

[0054] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中，所述正极集流体的种类没有特别的限制，可根据具体的需求进行选择。具体地，所述正极集流体可选自金属箔，例如，所述正极集流体可选自铝箔。

[0055] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中，所述负极集流体的种类没有特别的限制，可根据具体的需求进行选择。具体地，所述负极集流体可选自金属箔，例如，所述正极集流体可选自铜箔。

[0056] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中，可选地，所述硅基材料包括单质硅、硅氧化合物、硅碳复合物、硅氮复合物、硅合金中的一种或几种；更可选地，所述硅基材料包括硅氧化合物。

[0057] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中，可选地，所述负极活性材料还包括天然石墨、人造石墨、软碳、硬碳中的一种或几种；更可选地，所述负极活性材料还包括天然石墨、人造石墨中的一种或几种。

[0058] 在根据本申请第一方面所述的二次电池中，所述二次电池还包括隔离膜。所述隔离膜的种类没有特别的限制，其可以是本领域中各种适用于二次电池的隔离膜。具体地，所述隔离膜可选自聚乙烯膜、聚丙烯膜、聚偏氟乙烯膜以及它们的多层复合膜中的一种或几种。

[0059] 在一些实施例中，二次电池可以包括外包装，用于封装正极极片、负极极片和电解液。作为一个示例，正极极片、负极极片和隔离膜可经叠片或卷绕形成叠片结构的电极组件或卷绕结构的电极组件，电极组件封装在外包装内；电解液浸润于电极组件中。二次电池中电极组件的数量可以为一个或几个，可以根据需求来调节。

[0060] 在一些实施例中，二次电池的外包装可以是软包，例如袋式软包。软包的材质可以是塑料，如可包括聚丙烯PP、聚对苯二甲酸丁二醇酯PBT、聚丁二酸丁二醇酯PBS等中的一种或几种。二次电池的外包装也可以是硬壳，例如铝壳等。

[0061] 本申请对二次电池的形状没有特别的限制，其可以是圆柱形、方形或其他任意的形状。如图1是作为一个示例的方形结构的二次电池5。

[0062] 在一些实施例中，二次电池可以组装成电池模块，电池模块所含二次电池的数量可以为多个，具体数量可根据电池模块的应用和容量来调节。

[0063] 图2是作为一个示例的电池模块4。参照图2，在电池模块4中，多个二次电池5可以是沿电池模块4的长度方向依次排列设置。当然，也可以按照其他任意的方式进行排布。进一步可以通过紧固件将该多个二次电池5进行固定。

[0064] 可选地，电池模块4还可以包括具有容纳空间的壳体，多个二次电池5容纳于该容纳空间。

[0065] 在一些实施例中，上述电池模块还可以组装成电池包，电池包所含电池模块的数量可以根据电池包的应用和容量进行调节。

[0066] 图3和图4是作为一个示例的电池包1。参照图3和图4，在电池包1中可以包括电池箱和设置于电池箱中的多个电池模块4。电池箱包括上箱体2和下箱体3，上箱体2能够盖设

于下箱体3,并形成用于容纳电池模块4的封闭空间。多个电池模块4可以按照任意的方式排布于电池箱中。

[0067] 其次,说明根据本申请第二方面的装置。

[0068] 根据本申请第二方面所述的装置,包括本申请第一方面所述的二次电池,所述二次电池可以用作所述装置的电源,也可以作为所述装置的能量存储单元。可选地,所述装置包括但不限于是移动设备(例如手机、笔记本电脑等)、电动车辆(例如纯电动车、混合动力电动车、插电式混合动力电动车、电动自行车、电动踏板车、电动高尔夫球车、电动卡车等)、电气列车、船舶及卫星、储能系统等。

[0069] 所述装置可以根据其使用需求来选择二次电池、电池模块或电池包。

[0070] 图5是作为一个示例的装置。该装置为纯电动车、混合动力电动车、或插电式混合动力电动车等。为了满足该装置对二次电池的高功率和高能量密度的需求,可以采用电池包或电池模块。

[0071] 作为另一个示例的装置可以是手机、平板电脑、笔记本电脑等。该装置通常要求轻薄化,可以采用二次电池作为电源。

[0072] 下面结合实施例,进一步阐述本申请。应理解,这些实施例仅用于说明本申请而并不用于限制本申请的范围。

[0073] 实施例1-17和对比例1-4的二次电池均按照下述方法制备

[0074] (1) 正极极片的制备

[0075] 将正极活性材料钴酸锂(LiCoO_2)、粘结剂聚偏氟乙烯、导电剂Super P按照重量比98:1:1进行混合,加入N-甲基吡咯烷酮(NMP),在真空搅拌机作用下搅拌至体系成均一透明状,获得正极浆料;然后将正极浆料均匀涂覆在正极集流体铝箔上;将铝箔在室温晾干后转移至烘箱干燥,然后经过冷压、分切得到正极极片

[0076] (2) 负极极片的制备

[0077] 将负极活性材料(氧化亚硅:人造石墨=1:9)混合,然后再与导电剂Super P、粘结剂丙烯酸酯按照质量比92:2:6进行混合,加入去离子水,在真空搅拌机作用下获得负极浆料;将负极浆料均匀涂覆在负极集流体铜箔上;将铜箔在室温晾干后转移至烘箱干燥,然后经过冷压、分切得到负极极片。

[0078] (3) 电解液的制备

[0079] 在含水量<10ppm的氩气气氛手套箱中,将碳酸乙烯酯(EC)、碳酸丙烯酯(PC)和碳酸二乙酯(DEC)按照重量比为EC:PC:DEC=1:1:1进行混合,得到非水有机溶剂,然后将充分干燥的电解质盐 LiPF_6 溶解于非水有机溶剂中,然后在非水有机溶剂中加入添加剂FEC,混合均匀后获得电解液。其中, LiPF_6 的含量为电解液的总重量的12.5%。添加剂的种类、特征参数以及含量如表1所示。在表1中,添加剂的含量为基于电解液的总重量计算得到的重量百分数。

[0080] (4) 隔离膜的制备

[0081] 以聚乙烯膜作为隔离膜。

[0082] (5) 二次电池的制备

[0083] 将正极极片、隔离膜、负极极片按顺序叠好,使隔离膜处于正、负极极片之间起到隔离的作用,然后卷绕得到电极组件;将电极组件置于外包装中,将上述制备好的电解液注

入到干燥后的电池中,经过真空封装、静置、化成、整形等工序,获得二次电池。

[0084] 表1实施例1-17和对比例1-4的参数

[0085]

序号	添加剂 A		添加剂 B		
	种类	含量/%	种类	熔点/℃	含量/%
实施例 1	化合物 1-1	0.01%	己二腈	2.3℃	3%
实施例 2	化合物 1-1	0.05%	己二腈	2.3℃	3%
实施例 3	化合物 1-1	0.1%	己二腈	2.3℃	3%
实施例 4	化合物 1-1	0.5%	己二腈	2.3℃	3%
实施例 5	化合物 1-1	1%	己二腈	2.3℃	3%
实施例 6	化合物 1-1	2%	己二腈	2.3℃	3%
实施例 7	化合物 1-1	3%	己二腈	2.3℃	3%
实施例 8	化合物 1-1	0.5%	己二腈	2.3℃	0.05%
实施例 9	化合物 1-1	0.5%	己二腈	2.3℃	0.5%
实施例 10	化合物 1-1	0.5%	己二腈	2.3℃	1%
实施例 11	化合物 1-1	0.5%	己二腈	2.3℃	2%
实施例 12	化合物 1-1	0.5%	己二腈	2.3℃	5%
实施例 13	化合物 1-1	0.5%	己二腈	2.3℃	7%
实施例 14	化合物 1-2	0.5%	己二腈	2.3℃	3%
实施例 15	化合物 1-3	0.5%	己二腈	2.3℃	3%
实施例 16	化合物 1-4	0.5%	己二腈	2.3℃	3%
实施例 17	化合物 1-1	0.5%	1,2-二(2-腈乙氧基)乙烷	1.1℃	3%
对比例 1	化合物 1-1	0.5%	-	-	-
对比例 2	-	-	己二腈	2.3℃	3%
对比例 3	化合物 1-1	0.5%	丁二腈	57.15℃	3%
对比例 4	化合物 1-1	0.5%	丁腈	-112.6℃	3%

[0086] 接下来说明二次电池的测试过程

[0087] (1) 二次电池的高温存储性能测试

[0088] 在60℃下,将二次电池以0.5C恒流充电至4.3V,再以4.3V恒压充电至电流为0.05C,用排水法测试此时二次电池的体积并记为 V_1 ;之后将二次电池放入60℃的恒温箱,储存30天后取出,测试此时二次电池的体积并记为 V_2 。

[0089] 二次电池60℃存储30天后的体积膨胀率(%) = $[(V_2 - V_1) / V_1] \times 100\%$ 。

[0090] (2) 二次电池的高温循环性能测试

[0091] 在45℃下,将二次电池以1C恒流充电至4.3V,再以4.3V恒压充电至电流为0.05C,静置5min,再用1C恒流放电至2.8V,此为二次电池的首次充放电循环,此次的放电容量记为二次电池首次循环的放电容量,按照上述方法将二次电池进行800次循环充放电,记录循环

800次后二次电池的放电容量。

[0092] 二次电池45℃循环800次后的容量保持率(%) = (二次电池循环800次后的放电容量/二次电池首次循环的放电容量) × 100%。

[0093] (3) 二次电池低温放电性能测试

[0094] 在25℃下,将二次电池以1C(标称容量)恒流充电到4.3V,再以4.3V恒压充电至电流为0.05C,静置5min,然后以1C恒流放电至截至电压2.8V,测试此时二次电池的实际放电容量并记为 d_0 。

[0095] 在25℃下,将二次电池以1C(标称容量)恒流充电到4.3V,然后恒压充电至电流为0.05C,搁置5min,然后在-10℃搁置4h以上,使得二次电池的温度达到-10℃,接着以0.5C的恒流放电至截至电压2.8V,测试此时二次电池的实际放电容量并记为 d_1 。

[0096] -10℃二次电池的放电容量保持率(%) = (-10℃的放电容量 d_1 /25℃的放电容量 d_0) × 100%。

[0097] 表2实施例1-17和对比例1-4的性能测试结果

[0098]

序号	60℃存储 30 天后的体积膨胀率%	45℃循环 800 次后的容量保持率/%	- 10℃的放电容量保持率/%
实施例 1	17.5	81.0	87.5
实施例 2	16.4	82.8	86.4
实施例 3	15.9	83.3	85.0
实施例 4	12.1	89.1	84.1
实施例 5	11.8	88.9	82.5
实施例 6	9.2	87.5	79.5
实施例 7	8.8	83.5	78.1
实施例 8	22.8	81.5	78.2
实施例 9	19.9	83.5	80.5
实施例 10	16.5	87.8	82.8
实施例 11	13.8	88.5	83.4
实施例 12	11.1	89.0	86.1
实施例 13	10.5	80.9	85.5
实施例 14	13.5	88.1	83.5
实施例 15	14.1	87.5	82.9
实施例 16	13.5	86.1	81.9
实施例 17	11.9	87.9	83.5
对比例 1	18.5	89.1	77.1
对比例 2	24.1	88.9	77.5
对比例 3	16.7	80.1	74.5
对比例 4	17.6	70.2	71.5

[0099] 从表2的测试结果分析可知,本申请实施例1-17的二次电池,并以硅基材料作为负极活性材料,电解液中加入了添加剂A和熔点小于等于5°C的添加剂B,在其共同作用下,本申请的二次电池同时兼顾了较好的高温循环性能、高温存储性能和低温放电性能。

[0100] 对比例1中的电解液中没有加入添加剂B,得到的二次电池的高温循环性能和低温放电性能较差。

[0101] 对比例2中的电解液中没有加入添加剂A,得到的二次电池的高温循环性能和低温放电性能均较差,且二次电池的高温存储性能恶化。

[0102] 对比例3中的电解液中加入了添加剂B虽然满足式2但其熔点高于5°C,得到的二次电池的低温放电性能恶化。

[0103] 对比例4中的电解液中加入了添加剂B不满足式2,得到的二次电池高温循环和低温放电性能恶化。

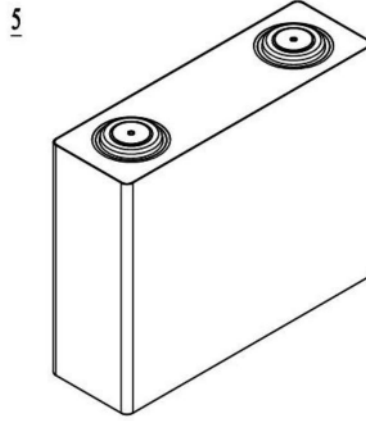


图1

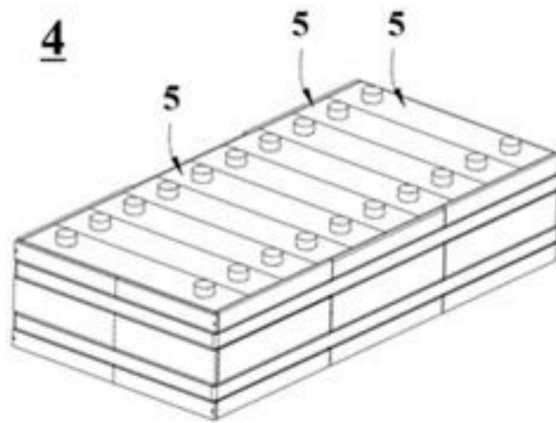


图2

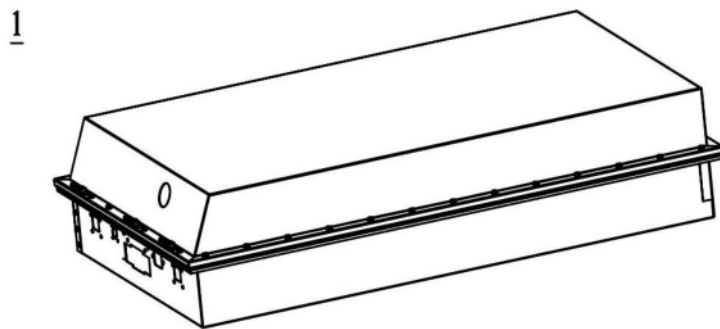


图3

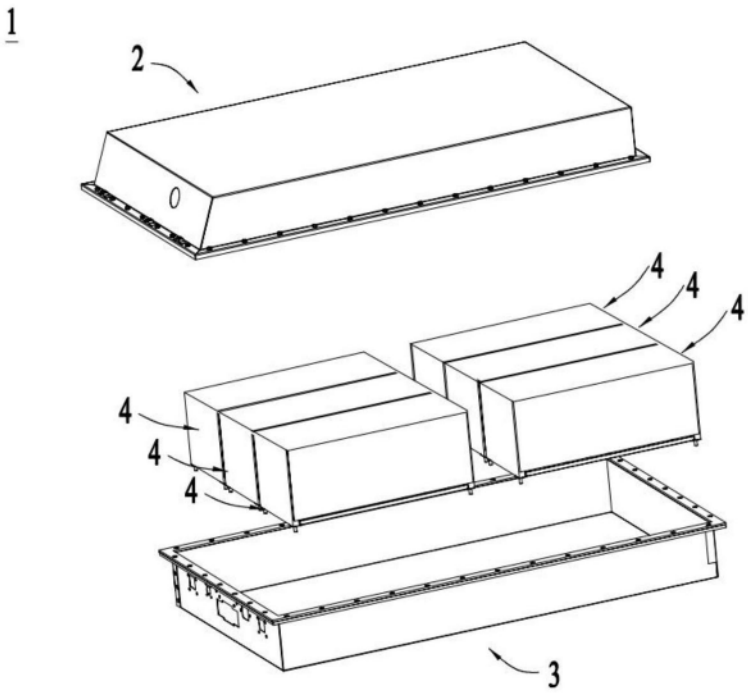


图4

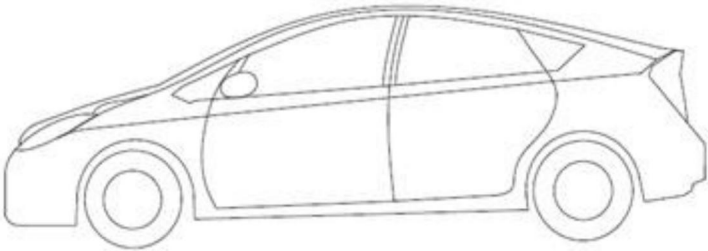


图5