



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116830347 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 29

(21) 申请号 202380009413.3

H01M 4/13 (2010.01)

(22) 申请日 2023.03.30

H01M 10/0525 (2010.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.06.13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/CN2023/085089 2023.03.30

(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 孔森

(74) 专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事

务所(普通合伙) 11413

专利代理师 李婷 高莺然

(51) Int. Cl.

H01M 10/0587 (2010.01)

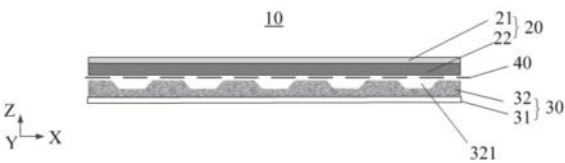
权利要求书1页 说明书16页 附图4页

(54) 发明名称

一种二次电池和电子装置

(57) 摘要

本申请提供了一种二次电池和电子装置,二次电池包括电极组件,电极组件包括正极极片、负极极片和隔膜,隔膜设置于正极极片和负极极片之间,负极极片包括负极集流体和负极活性材料层,其中,负极活性材料层与正极极片相对的表面具有凹槽,凹槽的宽度为 W mm,凹槽的间距为 S mm;电极组件的厚度为 T_1 mm,满足: $W \geq S \times T_1/1000$ 。本申请通过调控凹槽的宽度、凹槽的间距与电极组件的厚度满足本申请范围,能够根据不同厚度的锂离子电池来调整负极极片表面与隔膜之间的接触面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。



1. 一种二次电池,其包括电极组件,所述电极组件包括正极极片、负极极片和隔膜,所述隔膜设置于所述正极极片和所述负极极片之间,所述负极极片包括负极集流体和负极活性材料层,其中,

所述负极活性材料层与所述正极极片相对的表面具有凹槽,所述凹槽的宽度为 W mm,所述凹槽的间距为 S mm;

所述电极组件的厚度为 T_1 mm,满足: $W \geq S \times T_1 / 1000$ 。

2. 根据权利要求1所述的二次电池,其中, $W \leq 2 \times S \times T_1$ 。

3. 根据权利要求1所述的二次电池,其中, $S \times T_1 / 400 \leq W \leq S \times T_1 / 2$ 。

4. 根据权利要求1所述的二次电池,其中,满足以下条件中的至少一者:

(a) $0.05 \leq S \leq 10$;

(b) $0.02 \leq W \leq 0.5$ 。

5. 根据权利要求1所述的二次电池,其中,所述负极极片的OI值与所述 S 满足: $S / OI \leq 0.5$;

其中, OI 值= C_{004} / C_{110} , C_{004} 为X射线衍射图谱中由(004)面衍射线图形得到的峰面积, C_{110} 为X射线衍射图谱中由(110)面衍射线图形得到的峰面积。

6. 根据权利要求5所述的二次电池,其中, $0.005 \leq S / OI \leq 0.03$, $8 \leq OI \leq 25$ 。

7. 根据权利要求1所述的二次电池,其中,所述隔膜与负极极片相对的表面上设置有粘结层,所述粘结层中包括聚合物;

其中,基于所述粘结层的质量,所述聚合物的含量为30%至100%。

8. 根据权利要求7所述的二次电池,其中,所述隔膜与所述负极极片之间的粘结力为 FN/m ,满足 $F > 3$ 。

9. 根据权利要求7所述的二次电池,其中,所述粘结层的厚度为 $T_2 \mu m$,所述凹槽的深度为 $H \mu m$,满足: $H \leq T_2 + 20$ 。

10. 根据权利要求9所述的二次电池,其中,所述凹槽的截面面积为 $A \mu m^2$,满足: $0.3 \times (W \times H) < A < 0.95 \times (W \times H)$, $2 \leq H \leq 50$ 。

11. 根据权利要求10所述的二次电池,其中, $0.35 \times (W \times H) < A < 0.8 \times (W \times H)$ 。

12. 根据权利要求7所述的二次电池,其中,所述聚合物包括聚偏氟乙烯、聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物、苯乙烯-丁二烯共聚物、聚丙烯腈、丁二烯-丙烯腈聚合物、聚丙烯酸、聚丙烯酸酯或丙烯酸酯-苯乙烯共聚物中的至少一种。

13. 根据权利要求1所述的二次电池,其中,沿所述负极极片的宽度方向,所述凹槽形成贯通所述负极极片的结构;

其中,所述凹槽包括宽度为 W_1 的第一部段,和宽度为 W_2 的第二部段,满足 $1.2 < W_1 / W_2 < 1.8$ 。

14. 根据权利要求1所述的二次电池,其中,沿所述负极极片的宽度方向,所述凹槽形成未贯通所述负极极片的结构。

15. 一种电子装置,其包括权利要求1至14中任一项所述的二次电池。

一种二次电池和电子装置

技术领域

[0001] 本申请涉及电化学技术领域,特别是涉及一种二次电池和电子装置。

背景技术

[0002] 二次电池,如锂离子电池具有比能量大、工作电压高、自放电率低、体积小、重量轻等特点,在消费电子领域具有广泛的应用。随着锂离子电池的广泛应用,市场对锂离子电池的性能提出了越来越高的要求。

[0003] 锂离子电池在反复充放电循环过程中,会在其内部积累应力引起变形,从而导致锂离子电池出现厚度超规格、循环衰减加速等问题,影响锂离子电池的循环稳定性。另外,随着锂离子电池在循环过程中热量在内部累积,如果热量不能及时散出,将增加热失控风险,影响锂离子电池的安全性。

发明内容

[0004] 本申请的目的在于提供一种二次电池和电子装置,以提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0005] 需要说明的是,在申请内容中,以锂离子电池作为二次电池的例子来解释本申请,但是本申请的二次电池并不仅限于锂离子电池。具体技术方案如下:

[0006] 本申请第一方面提供了一种二次电池,其包括电极组件,电极组件包括正极极片、负极极片和隔膜,隔膜设置于正极极片和负极极片之间,负极极片包括负极集流体和负极活性材料层,其中,负极活性材料层与正极极片相对的表面具有凹槽,凹槽的宽度为 W mm,凹槽的间距为 S mm;电极组件的厚度为 T_1 mm,满足: $W \geq S \times T_1 / 1000$ 。本申请通过调控凹槽的宽度、凹槽的间距与电极组件的厚度满足本申请范围,能够根据不同厚度的锂离子电池来调整负极极片表面与隔膜之间的接触面积,从而调整负极极片与隔膜之间的粘结界面,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0007] 在本申请的一些实施方案中, $W \leq 2 \times S \times T_1$ 。本申请通过调控凹槽的宽度、凹槽的间距与电极组件的厚度满足本申请范围,能够调节负极极片与隔膜之间的粘结界面,改善极片XY方向上的形变,提高负极极片的稳定性,从而改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0008] 在本申请的一些实施方案中, $S \times T_1 / 400 \leq W \leq S \times T_1 / 2$ 。本申请通过调控凹槽的宽度、凹槽的间距与电极组件的厚度满足本申请范围,能够增加负极极片表面的凹槽与隔膜间粘接的有效面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0009] 在本申请的一些实施方案中, $0.05 \leq S \leq 10$, $0.02 \leq W \leq 0.5$ 。本申请通过调控凹槽的宽度和凹槽的间距在上述范围内,能够增大隔膜中的第一粘结层与负极活性材料层表面的凹槽的接触面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0010] 在本申请的一些实施方案中,负极极片的OI值与S满足: $S/OI \leq 0.5$;在一种实施方案中, $0.0025 \leq S/OI \leq 0.2$;在一种实施方案中, $0.005 \leq S/OI \leq 0.03$ 。其中,OI值= C_{004}/C_{110} , C_{004} 为X射线衍射图谱中由(004)面衍射线图形得到的峰面积, C_{110} 为X射线衍射图谱中由(110)面衍射线图形得到的峰面积。

[0011] 在增加负极极片与隔膜之间的粘结力的同时,减少极片的XY方向膨胀变形,有效减少锂离子电池在大倍率充电状态下的副反应,还可以改善锂离子电池在充电过程中的极化程度,从而提升锂离子电池的充电速度。

[0012] 在本申请的一些实施方案中,隔膜与负极极片相对的表面上设置有粘结层,粘结层中包括聚合物;其中,基于粘结层的质量,聚合物的含量为30%至100%。通过上述结构设计和材料选择的协同作用,能够增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0013] 在本申请的一些实施方案中,粘结层的厚度为 $T_2 \mu\text{m}$,凹槽的深度为 $H \mu\text{m}$,满足: $H \leq T_2 + 20$,能够增大隔膜中的粘结层与负极活性材料层表面的凹槽的接触面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0014] 在本申请的一些实施方案中,凹槽的截面面积为 $A \mu\text{m}^2$,满足: $0.3 \times (W \times H) < A < 0.95 \times (W \times H)$, $2 \leq H \leq 50$;在一种实施方案中, $0.35 \times (W \times H) < A < 0.8 \times (W \times H)$ 。通过调控A、W与H之间满足上述关系,并协同调控H在上述范围,能够有效增加负极极片表面与隔膜间的粘接面积,尤其是增加凹槽侧边与隔膜间的粘结面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0015] 在本申请的一些实施方案中,聚合物包括聚偏氟乙烯、聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物、苯乙烯-丁二烯共聚物、聚丙烯腈、丁二烯-丙烯腈聚合物、聚丙烯酸、聚丙烯酸酯或丙烯酸酯-苯乙烯共聚物中的至少一种。本申请通过调控隔膜包含上述聚合物,有利于提高隔膜的界面粘结力和耐热性能。

[0016] 在本申请的一些实施方案中,沿负极极片的宽度方向,凹槽形成贯通负极极片的结构,其中,凹槽包括宽度为 W_1 的第一部段,和宽度为 W_2 的第二部段,满足 $1.2 < W_1/W_2 < 1.8$ 。通过上述结构及调控第一部段和第二部段宽度间的关系在上述范围内,能够有效增大负极极片表面与隔膜之间的接触面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力。

[0017] 在本申请的一些实施方案中,沿负极极片的宽度方向,凹槽形成未贯通负极极片的结构。通过上述结构,能够提升负极极片与隔膜之间的局部粘结性能,同时有利于循环过程中负极活性材料的应力释放,从而实现对二次电池的循环性能及循环膨胀的进一步改善,还有利于降低制备凹槽时的工艺难度,从而降低生产成本。

[0018] 本申请第二方面提供了一种电子装置,其包括前述实施方案所述的二次电池。由此,电子装置具有良好的循环稳定性和安全性。

[0019] 本申请提供的一种二次电池和电子装置,其中,从负极极片的厚度方向观察,负极极片的负极活性材料层表面具有凹槽,本申请通过调控凹槽的宽度、凹槽的间距与电极组件的厚度满足本申请范围,能够根据不同厚度的锂离子电池来调整负极极片表面与隔膜之间的接触面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

附图说明

[0020] 此处所说明的附图用来提供对本申请的进一步理解,构成本申请的一部分,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。

[0021] 图1为本申请一些实施方案中电极组件的结构示意图;

[0022] 图2为本申请一些实施方案中电极组件沿自身厚度方向的剖面结构示意图;

[0023] 图3为本申请一些实施方案中负极极片沿自身厚度方向的剖面结构示意图;

[0024] 图4为本申请一些实施方案中负极极片沿自身厚度方向的俯视图;

[0025] 图5为本申请一些实施方案中隔膜沿自身厚度方向的剖面结构示意图;

[0026] 图6为本申请的另一些实施方案中的隔膜沿其厚度方向观察的结构示意图;

[0027] 图7为本申请一些实施方案中负极极片中凹槽的结构示意图;

[0028] 图8为本申请另一些实施方案中负极极片中凹槽的结构示意图;

[0029] 图9为本申请再一些实施方案中负极极片中凹槽的结构示意图。

[0030] 附图标记:10-电极组件,20-正极极片,21-正极集流体,22-正极活性材料层,30-负极极片,31-负极集流体,32-负极活性材料层,40-隔膜,41-基材层,42-耐热材料层,321-凹槽,431-粘结层,3211-第一部段,3212-第二部段,3213-第三部段。

具体实施方式

[0031] 为使本申请的目的、技术方案、及优点更加清楚明白,以下参照附图并举实施例,对本申请进一步详细说明。显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0032] 需要说明的是,在具体实施方式中,以锂离子电池作为二次电池的例子来解释本申请,但是本申请的二次电池并不仅限于锂离子电池。具体技术方案如下:

[0033] 本申请第一方面提供了一种二次电池,如图1所示,其包括电极组件10,其中,X方向为电极组件10自身长度方向,Y方向为电极组件10自身宽度方向,Z方向为电极组件10自身厚度方向。如图2所示,电极组件10包括正极极片20、负极极片30和隔膜40,隔膜40设置于正极极片20和负极极片30之间,正极极片20包括正极集流体21和正极活性材料层22,负极极片30包括负极集流体31和负极活性材料层32,其中,负极活性材料层32与正极极片20相对的表面具有凹槽321。如图3和图4所示,凹槽321的宽度为W mm,凹槽321的间距为S mm。如图1所示,电极组件10的厚度为 T_1 mm,满足: $W \geq S \times T_1 / 1000$ 。本申请中,凹槽的宽度是指凹槽在负极极片表面处的宽度;凹槽的间距是指相邻两条凹槽之间的距离。本申请中,负极活性材料层32可以单面设置,也可以双面设置。

[0034] 本申请通过调控凹槽的宽度、凹槽的间距与电极组件的厚度满足本申请范围,能够根据不同厚度的锂离子电池来调整负极极片表面与隔膜之间的接触面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0035] 在本申请的一些实施方案中, $W \leq 2 \times S \times T_1$ 。本申请通过调控凹槽的宽度、凹槽的间距与电极组件的厚度满足本申请范围,能够有效增加负极极片表面的凹槽与隔膜间的粘接面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池

的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0036] 在本申请的一些实施方案中, $S \times T_1/400 \leq W \leq S \times T_1/2$ 。本申请通过调控凹槽的宽度、凹槽的间距与电极组件的厚度满足本申请范围,能够有效增加负极极片表面的凹槽与隔膜间的粘接面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0037] 在本申请的一些实施方案中, $0.05 \leq S \leq 10, 0.02 \leq W \leq 0.5$ 。不限于任何理论,本申请通过调控凹槽的宽度和凹槽的间距在上述范围内,能够增大隔膜中的第一粘结层与负极活性材料层表面的凹槽的接触面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0038] 在本申请的一些实施方案中,负极极片的OI值与S满足: $S/OI \leq 0.5$;在一种实施方案中, $0.0025 \leq S/OI \leq 0.2$;在一种实施方案中, $0.005 \leq S/OI \leq 0.03$ 。其中, $OI值 = C_{004}/C_{110}$, C_{004} 为X射线衍射图谱中由(004)面衍射线图形得到的峰面积, C_{110} 为X射线衍射图谱中由(110)面衍射线图形得到的峰面积。

[0039] 发明人研究发现,随着OI值增大,负极活性材料中石墨的锂离子传输曲折度增大,导致锂离子电池充电过程中极化增大,同时,OI值较小时,电池出现在XY方向的变形趋势。不限于任何理论,本申请通过调控凹槽的间距和负极极片的OI值在上述范围内,在增加负极极片与隔膜之间的粘结力的同时,减少极片的XY方向膨胀变形,有效减少锂离子电池在大倍率充电状态下的副反应,还可以改善锂离子电池在充电过程中的极化程度,从而提升锂离子电池的充电速度。

[0040] 在本申请的一些实施方案中,隔膜与负极极片相对的表面上设置有粘结层,粘结层中包括聚合物;其中,基于所述粘结层的质量,聚合物的含量为30%至100%。

[0041] 示例性地,在本申请的一些实施方案中,如图5所示,隔膜40包括基材层41和设置于基材层41表面的粘结层431,粘结层431中包括聚合物和耐热材料。通过上述结构设计和材料选择的协同作用,能够增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性,并且只需一次涂布工序即可得到同时包含聚合物和耐热材料的粘结层,简化了工艺步骤,有利于降低生产成本。其中,基于粘结层的质量,聚合物的含量为30%至80%,耐热材料的含量为20%至70%。

[0042] 示例性地,在本申请的另一些实施方案中,如图6所示,隔膜40包括基材层41,基材层41的表面依次设置有耐热材料层42和粘结层431,耐热材料层42中包括耐热材料,基于粘结层的质量,聚合物的含量为100%。通过上述结构设计和材料选择的协同作用,能够增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0043] 本申请对耐热材料层的耐热材料没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,耐热材料可以包括陶瓷材料或耐热高分子材料中的至少一种。陶瓷材料可以包括 Al_2O_3 、勃姆石、 SiO_2 、 TiO_2 、 MgO 、 ZnO 、 ZrO_2 或 SnO_2 中的至少一种;耐热高分子材料可以包括聚酰亚胺及其衍生物、芳香族尼龙及其改进物、酚醛树脂或聚四氟乙烯中的至少一种。

[0044] 在本申请的一些实施方案中,如图3所示,凹槽321的深度为 $H\mu m$,如图5所示,第一粘结层431的厚度为 $T_2\mu m$,满足: $H \leq T_2 + 20$ 。通过调控H与 T_2 之间满足上述关系,能够增大隔膜中的第一粘结层与负极活性材料层表面的凹槽的接触面积,从而增加负极极片与隔膜之间

的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0045] 在本申请的一些实施方案中,如图3所示,凹槽321的深度为 $H\mu\text{m}$,如图6所示,粘结层431的厚度为 $T_2\mu\text{m}$,满足: $H\leq T_2+20$,优选地, $H\leq T_2+15$ 。通过调控 H 与 T_2 之间满足上述关系,能够增大隔膜中粘结层与负极活性材料层表面的凹槽的接触面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0046] 在本申请的一些实施方案中,如图3所示,凹槽321的截面面积为 $A\mu\text{m}^2$,满足: $0.3\times(W\times H)<A<0.95\times(W\times H)$, $2\leq H\leq 50$;在一种实施方案中, $0.35\times(W\times H)<A<0.8\times(W\times H)$ 。本申请中,凹槽的截面面积是指负极极片沿自身厚度方向的剖面中,凹槽所形成的截面的面积。本申请通过调控 A 、 W 与 H 之间满足上述关系,并协同调控 H 在上述范围,能够有效增加负极极片表面与隔膜间的粘接面积,尤其是增加凹槽侧边与隔膜间的粘结面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力,提高负极极片的稳定性,改善锂离子电池的变形问题,提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0047] 在本申请的一些实施方案中,聚合物包括聚偏氟乙烯、聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物、苯乙烯-丁二烯共聚物、聚丙烯腈、丁二烯-丙烯腈聚合物、聚丙烯酸、聚丙烯酸酯或丙烯酸酯-苯乙烯共聚物中的至少一种,有利于提高隔膜的界面粘结力。

[0048] 在本申请的一些实施方案中,如图7所示,沿负极极片30的宽度方向,凹槽321形成贯通负极极片的结构,凹槽321包括宽度为 W_1 的第一部段3211,和宽度为 W_2 的第二部段3212,满足 $1.2<W_1/W_2<1.8$ 。从图7可以看出,贯通设置的凹槽321包括第一部段3211、第二部段3212和第三部段3213。通过上述结构及调控第一部段和第二部段宽度间的关系在上述范围内,能够有效增大负极极片表面与隔膜之间的接触面积,从而增加负极极片与隔膜之间的粘结力。

[0049] 在本申请的一些实施方案中,如图8所示,沿负极极片30的宽度方向,凹槽321形成未贯通负极极片的结构。从图8可以看出,凹槽321具有第一部段3211、第二部段3212和第三部段3213,其中,第一部段3211、第二部段3212和第三部段3213不重叠,且第三部段3213位于第一部段3211和第二部段3212之间,第一部段3211、第二部段3212和第三部段3213之间可以平行设置,从而形成未贯通设置的凹槽321。其中,沿极片长度方向观察,第一部段3211和第二部段3212段存在第一交叠区域,第二部段3212与第三部段3213存在第二交叠区域,其中,在极片宽度方向上,第一交叠区域和第二区域的长度小于极片宽度的30%。通过上述结构,能够提升负极极片与隔膜之间的局部粘结性能,同时有利于循环过程中负极活性材料的应力释放,从而实现对二次电池的循环性能及循环膨胀的进一步改善,还有利于降低制备凹槽时的工艺难度,从而降低生产成本。

[0050] 在本申请的一些实施方案中,如图9所示,沿负极极片30的宽度方向,凹槽321形成未贯通负极极片的结构。从图9可以看出,凹槽321具有第一部段3211、第二部段3212,其中,第一部段3211与第二部段3212不重叠,且第一部段3211与第二部段3212可以平行设置,从而形成未贯通设置的凹槽321。其中,沿极片长度方向观察,第一部段3211和第二部段3212存在第一交叠区域,其中,在极片宽度方向上,第一交叠区域的长度小于极片宽度的30%。通过上述结构,能够提升负极极片与隔膜之间的局部粘结性能,同时有利于循环过程中负极活性材料的应力释放,从而实现对二次电池的循环性能及循环膨胀的进一步改善,还有

利于降低制备凹槽时的工艺难度,从而降低生产成本。

[0051] 可以理解的是,本申请的电极组件可以为卷绕结构,其电极极片展开后通常具有长边和短边。在本申请的一种实施方案中,电极组件为卷绕结构,则宽度方向为电极极片展开后短边的延伸方向,长度方向为电极极片展开后长边的延伸方向。本申请的电极极片包括正极极片20和负极极片30。

[0052] 本申请的二次电池可以包括发生电化学反应的任何装置,只要能够实现本申请目的即可。例如,二次电池可以包括但不限于:锂离子二次电池(锂离子电池)、钠离子二次电池、锂聚合物二次电池或锂离子聚合物二次电池等。本申请的电池结构包括但不限于软包型电池、方形硬壳电池或圆柱形硬壳电池等。

[0053] 本申请对负极集流体没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,负极集流体可以包含铜箔、铜合金箔、镍箔、不锈钢箔、钛箔、泡沫镍、泡沫铜或复合集流体等。本申请对负极集流体的厚度没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,负极集流体的厚度为 $4\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 。在本申请中,负极活性材料层可以设置于负极集流体厚度方向上的一个表面上,也可以设置于负极集流体厚度方向上的两个表面上。需要说明,这里的“表面”可以是负极集流体的全部区域,也可以是负极集流体的部分区域,本申请没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。

[0054] 本申请对负极活性材料的种类没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,负极活性材料可以包含石墨,石墨与硅、氧化硅或碳化硅等硅材料的混合物,上述石墨可以选自人造石墨或天然石墨。任选地,负极活性材料层还包括导电剂、增稠剂、粘结剂中的至少一种。本申请对负极活性材料层中的导电剂、增稠剂和粘结剂的种类没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,负极粘结剂可以包括但不限于聚乙烯醇、羧甲基纤维素、羟丙基纤维素、二乙酰基纤维素、聚氯乙烯、羧化的聚氯乙烯、聚氟乙烯、含亚乙基氧的聚合物、聚乙烯吡咯烷酮、聚氨酯、聚四氟乙烯、聚偏1,1-二氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚丙烯酸、丁苯橡胶、丙烯酸(酯)化的丁苯橡胶、环氧树脂或尼龙中的至少一种。本申请对负极活性物质层中负极活性物质、导电剂、增稠剂和粘结剂的质量比没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,负极活性物质层中负极活性物质、导电剂、增稠剂和粘结剂的质量比为 $(96\sim 98):(0\sim 1.5):(0.5\sim 1.5):(1.0\sim 1.9)$ 。

[0055] 本申请对负极极片的OI值没有特别限制,只要能实现本申请发明目的即可,例如,OI值可以为5至30。

[0056] 本申请对隔膜基材层的材料没有特别限制,本领域技术人员可以根据实际需要选择,只要能够实现本申请目的即可。例如,隔膜基材层的材料可以包括但不限于聚乙烯、聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯或聚酰亚胺等中的至少一种。任选地,可以使用聚丙烯多孔膜、聚乙烯多孔膜、聚丙烯无纺布、聚乙烯无纺布或聚丙烯-聚乙烯-聚丙烯多孔复合膜。

[0057] 本申请对隔膜中的第一粘结层和/或第二粘结层的厚度没有特别限制,只要能实现本申请发明目的即可,例如,第一粘结层和/或第二粘结层的厚度可以为 $1\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 。

[0058] 本申请的二次电池还包括电解液,本申请对电解液没有特别限制,本领域技术人员可以根据实际需要选择,只要能够实现本申请目的即可。例如,将碳酸亚乙酯(也称碳酸乙烯酯,简写EC)、碳酸亚丙酯(PC)、碳酸二乙酯(DEC)、丙酸乙酯(EP)、丙酸丙酯(PP)、碳酸甲乙酯(EMC)、碳酸二甲酯(DMC)、碳酸亚乙烯酯(VC)或碳酸氟代亚乙酯(FEC)等中的至少一种

按照一定质量比例混合得到非水有机溶剂后,加入锂盐溶解并混合均匀即可。本申请对上述“质量比例”没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。本申请对锂盐的种类没有限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,锂盐可以包括 LiPF_6 、 LiBF_4 、 LiAsF_6 、 LiClO_4 、 $\text{LiB}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$ 、 LiCH_3SO_3 、 LiCF_3SO_3 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ 、 $\text{LiC}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3$ 、 LiSiF_6 、二草酸硼酸锂(LiBOB)或二氟硼酸锂中的至少一种。本申请对锂盐在电解液中的浓度没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,锂盐的浓度为 1.0mol/L 至 2.0mol/L 。

[0059] 本申请的正极极片可以包括正极活性材料层和正极集流体。本申请对正极活性材料的种类没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,正极活性材料可以包含镍钴锰酸锂、镍钴铝酸锂、磷酸铁锂、富锂锰基材料、钴酸锂、锰酸锂或磷酸锰铁锂等中的至少一种。在本申请中,正极活性材料还可以包含非金属元素,例如非金属元素包括氟、磷、硼、氯、硅或硫等中的至少一种,这些元素能进一步提高正极活性材料的稳定性。本申请的正极活性材料层还可以包括导电剂、粘结剂。本申请对正极活性材料层中正极活性材料、导电剂、粘结剂的质量比没有特别限制,本领域技术人员可以根据实际需要选择,只要能够实现本申请目的即可。例如,正极活性材料层中正极活性材料、导电剂和粘结剂的质量比为 $(96\sim 98):(1\sim 3):(2\sim 3)$ 。

[0060] 本申请对正极集流体没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,正极集流体可以包含铝箔、铝合金箔或复合集流体等。本申请对正极集流体的厚度没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,正极集流体的厚度为 $5\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 。在本申请中,正极活性材料层可以设置于正极集流体厚度方向上的一个表面上,也可以设置于正极集流体厚度方向上的两个表面上。需要说明,这里的“表面”可以是正极集流体的全部区域,也可以是正极集流体的部分区域,本申请没有特别限制,只要能实现本申请目的即可。

[0061] 本申请对负极极片的制备方法没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,负极极片的制备方法包括但不限于如下步骤:将负极活性物质、导电剂、增稠剂和粘合剂分散于去离子水中混合,形成均匀的负极浆料,将负极浆料涂覆在负极集流体上,经烘干、冷压后,再在负极极片的表面制备凹槽,再经裁片、分切工序后,得到如图3所示结构的负极极片。

[0062] 本申请对正极极片的制备方法没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,正极极片的制备方法包括但不限于如下步骤:将活性材料、导电剂和粘合剂分散于NMP溶剂中混合,形成均匀的正极浆料,将正极浆料涂覆在正极集流体上,经烘干、冷压、裁片、分切,得到正极极片。

[0063] 本申请对凹槽的形状没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,从负极极片的长度方向观察,凹槽的形状可以包括正方形、长方形、梯形、三角形或半圆形中的至少一种;从所述负极极片的厚度方向观察,所述凹槽的形状包括直线形、斜线形、折线形或曲线形中的至少一种。

[0064] 本申请对制备凹槽的方法没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,可以包括但不限于激光刻蚀加工、机械加工或造孔剂加工。以激光刻蚀加工为例,凹槽的宽度和深度通常随激光的功率增加而增加,凹槽的间距通常可以通过激光的加工速率调整,因此,技术人员可以通过调整激光的功率、加工速率和极片的走带速率等参数来调整凹槽的宽度、深度、间距等参数。在本申请中,如图1所示,电极组件包括平直区和弯折区。在锂离子

电池制备过程中,技术人员可以根据设计需要,将凹槽设置于弯折区,也即,将凹槽设置于电极组件中电极极片发生弯折的区域,从而提高负极极片在该区域的界面粘结性能,进而提高锂离子电池的循环稳定性和安全性。

[0065] 本申请对二次电池的制备方法没有特别限制,可以选用本领域公知的制备方法,只要能够实现本申请目的即可。例如,二次电池的制备方法包括但不限于如下步骤:将正电极片、隔膜和负极极片按顺序堆叠,并根据需要将其卷绕、折叠等操作得到卷绕结构的电极组件,将电极组件放入包装袋内,将电解液注入包装袋并封口,得到二次电池。

[0066] 本申请第二方面提供了一种电子装置,其包括前述实施方案所述的二次电池。由此,电子装置具有良好的循环稳定性和安全性。

[0067] 本申请对电子装置没有特别限制,其可以是用于现有技术中已知的任何电子装置。在一些实施例中,电子装置可以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、家庭用大型蓄电池或锂离子电容器等。

[0068] 实施例

[0069] 以下,举出实施例及对比例来对本申请的实施方式进行更具体地说明。各种的试验及评价按照下述的方法进行。

[0070] 测试方法和设备:

[0071] 负极极片与隔膜间粘接力F测试:

[0072] 截取宽度 $\times$ 长度=15mm $\times$ 60mm的粘结有隔膜的负极极片,使用宽度 $\times$ 长度=20mm $\times$ 100mm的双面胶,将样品固定在钢板上,测试面朝下。将宽度与样品等宽,长度大于样品长度150mm的纸带一端插入样品下方,并且用皱纹胶固定。将钢板固定在高铁拉力机底部,将上述纸带另一端固定在高铁拉力机上夹具,启动高铁拉力机。待拉力稳定后,拉力数据即为粘接力。

[0073] 电极组件厚度 T_1 测试:

[0074] 在 $(25\pm 3)^\circ\text{C}$ 的环境下,采用千分尺测锂离子电池的厚度,记为 T_0 ;然后拆解锂离子电池,测试拆解下的包装袋的厚度,记为 T_3 ;电极组件的厚度 $T_1=T_0-T_3$ 。

[0075] 负极极片OI值测试:

[0076] 按照中华人民共和国机械行业标准JB/T 4220-2011《人造石墨的点阵参数测定方法》测试负极中的碳涂层的X射线衍射图谱中的004衍射线图形和110衍射线图形。试验条件如下:X射线采用CuK α 辐射,CuK α 辐射由滤波片或单色器除去。X射线管的工作电压为(30-35)kV,工作电流为(15-20)mA。计数器的扫描速度为 $1/4^\circ/\text{min}$ 。在记录004衍射线图形时,衍射角 2θ 的扫描范围为 53° 至 57° 。在记录110衍射线图形时,衍射角 2θ 的扫描范围为 75° 至 79° 。由004衍射线图形得到的单位晶胞长度的c轴长度记为 C_{004} 。由110衍射线图形得到的单位晶胞长度的a轴长度记为 C_{110} 。通过下式计算OI值:

[0077] $\text{OI值} = C_{004}/C_{110}$

[0078] 粘结层厚度 T_2 测试:

[0079] 选择电极组件中未与正极活性材料层或负极活性材料层相对设置的隔膜部分,通

过离子束剖面研磨(CP)制作隔膜截面,然后通过扫描电镜(ZEISS Sigma/X-max)对粘结层厚度 T_2 进行测量。

[0080] 凹槽深度H、凹槽宽度W、凹槽间距S、凹槽的截面面积A测量:

[0081] 使用型号为VK-1050的激光共聚焦显微镜,对凹槽区域进行拍摄,获取显微镜视野范围内极片的光学和深度信息。在20倍放大倍率下,使用激光共焦模式扫描极片表面,待扫描完毕后,在仪器关联的数据分析软件中对获取到的测量数据进行处理,利用“处理图像”中的“基准面设置”功能对测量数据进行基准面设置,接着选用“平滑”功能,选择“5×5”大小、“简单平均”类型,对图形进行平滑处理,处理完成后,利用“轮廓测量”功能进行凹槽参数的测量。

[0082] 凹槽深度H和凹槽宽度W:如图3所示,凹槽最深处与基准面的深度差即为凹槽深度,凹槽两侧与基准面的交点之间的距离即为凹槽的宽度。沿同一凹槽,每间隔10 μ m进行一次测量,共测量20次,计算20次的深度和宽度的平均值,记为凹槽深度H和宽度W。

[0083] 凹槽间距S:对于相邻凹槽(沿极片长度方向观察,处于邻位的两条凹槽重合部分大于各自长度的50%,则为相邻凹槽),在凹槽的垂直方向上,两条凹槽宽度中点的距离即为凹槽的间距。沿选定凹槽,每间隔10 μ m进行一次测量,共测量20次,计算平均值,记为凹槽间距S。

[0084] 凹槽面积A:使用型号为VK-1050的激光共聚焦显微镜,对凹槽区域进行拍摄,获取显微镜视野范围内极片的光学和深度信息。在20倍放大倍率下,使用激光共焦模式扫描极片表面,扫描完毕,获得每个像素宽度上相对于基准线的深度数据。在上述凹槽宽度范围内,对每个像素宽度(w_0)上的深度(h_i)进行积分, $A = \sum_i h_i * w_0$,即为凹槽的截面面积A。

[0085] 锂离子电池的容量保持率和厚度膨胀率测试:

[0086] 在25℃下,将锂离子电池以0.7C倍率恒流充电至电压为4.5V,之后以4.5V恒压充电至电流为0.05C,然后以1C倍率恒流放电至电压为3.0V,以此为一个充放电循环过程;反复500次充放电循环后,测试锂离子电池的容量保持率和厚度膨胀率。

[0087] 锂离子电池500次循环后的容量保持率=第500次循环后的放电容量/第一次循环后的放电容量×100%;

[0088] 锂离子电池500次循环后的厚度膨胀率=第500次循环后的锂离子电池厚度/第一次循环时的锂离子电池厚度×100%。

[0089] 锂离子电池负极极片循环界面测试:

[0090] 将循环500次后的锂离子电池,在25℃下,以0.7C倍率恒流充电至电压为4.5V,之后以4.5V恒压充电至电流为0.05C,然后拆解电池,通过操作人员肉眼观察负极极片的循环界面,若负极极片表面出现断续的点状紫斑、析锂或者紫斑上析锂,则判定负极极片出现轻微界面问题;若负极极片的主体出现大面积连续紫斑、析锂或紫斑上析锂,则判定负极极片出现严重界面问题。

[0091] 锂离子电池热箱通过率测试:

[0092] 将锂离子电池放置在密封的温控箱内,在25℃下,以0.7C倍率恒流充电至电压为4.5V,之后以4.5V恒压充电至电流为0.05C,随后将温控箱以(5±2)℃/min升温,当温度达到130℃后恒温60min。待温控箱自然冷却后,观察锂离子电池是否起火爆炸,锂离子电池不起火、不爆炸即为通过。每个实施例或对比例测试100个锂离子电池,热箱通过率(%)=通过个数/100×100%。

[0093] 实施例1

[0094] <负极极片的制备>

[0095] 将人造石墨 (OI值14)、羧甲基纤维素钠 (CMC)、丁苯橡胶 (SBR) 按照质量比97.5:1:1.5混合,加入去离子水,调配成为固含量为75wt%的浆料,并搅拌均匀。将浆料均匀涂覆在厚度为4 μ m的负极集流体铜箔的一个表面上,在85℃条件下烘干,得到负极活性材料层厚度为50 μ m的负极极片;之后,在该负极极片的另一个表面上重复以上步骤,即得到双面涂布负极活性材料的负极极片;然后将上述得到的负极极片进行冷压后,通过激光加工技术在负极活性材料层的表面刻蚀凹槽,再经分条、裁切后,清洗出极耳焊接区域,焊接极耳得到负极极片。凹槽深度H、凹槽宽度W、凹槽间距S、凹槽的截面面积A等参数如表1所示。

[0096] <正极极片的制备>

[0097] 将钴酸锂、聚偏氟乙烯、导电剂Super P按质量比96:2:2混合,加入N-甲基吡咯烷酮 (NMP) 作为溶剂,调配成为固含量为75wt%的浆料,并搅拌均匀。将浆料均匀涂覆在厚度为9 μ m的正极集流体铝箔的一个表面上,95℃条件下烘干,得到正极活性材料层厚度为60 μ m的正极极片;之后,在该负极极片的另一个表面上重复以上步骤,即得到双面涂布正极活性物质的正极极片;然后将上述得到的正极极片进行冷压、分条、裁切后,清洗出极耳焊接区域,再焊接极耳得到正极极片。

[0098] <电解液的制备>

[0099] 将碳酸亚乙酯、碳酸二乙酯、甲基乙基碳酸酯和亚乙烯基碳酸酯按照质量比为8:85:5:2混合得到非水有机溶剂。然后将锂盐LiPF₆与得到的上述非水有机溶剂按照质量比8:92配制得到电解液。

[0100] <隔膜的制备>

[0101] <基材层的制备>

[0102] 采用厚度为5 μ m的聚丙烯薄膜。

[0103] <耐热材料层的制备>

[0104] 三氧化二铝陶瓷颗粒、丁二烯-苯乙烯聚合物、去离子水质量比为35:10:55。将丁二烯-苯乙烯聚合物和去离子水共30kg加入到容积为60L的双行星搅拌机中,在45℃下分散3小时;再将三氧化二铝陶瓷粉体16.1kg加入到搅拌机中,在45℃下高速分散2小时;然后采用纳米研磨机进行球磨,时间为1.5小时,所采用的研磨介质为直径6 μ m的球形氧化锆珠,得到耐热材料层胶液。

[0105] 采用转移涂布方式对基材进行表面涂布,其中涂布速度为6m/min,涂覆量调控为0.18mg/cm²,涂布厚度为1.5 μ m;采用三段烘干方式,每段烘箱长度为3m,烘箱的设定温度为50℃、60℃、60℃,形成包括单面耐热材料层的基材层。之后,在基材层的另一侧表面重复以上步骤,形成双面涂覆的耐热材料层。

[0106] <粘结层的制备>

[0107] 采用具有核壳结构的聚合物颗粒,其外壳为苯乙烯-丙烯酸酯共聚物,内核为丙烯酸酯聚合物,总溶胀度450%,粒径为0.45 μ m。聚合物粘结层胶液由25质量份的核壳结构聚合物乳液(固含量40%)、40质量份的去离子水和35质量份的乙醇制成;制备过程是:先将去离子水和乙醇溶剂共50kg加入到双行星搅拌机中,在25℃下混合1小时;然后再加入16.7kg的核壳结构聚合物乳液,在45℃下分散2小时,得到聚合物粘结层胶液。

[0108] 采用凹版辊涂方式对多孔基材的耐热材料层进行表面涂布,形成双面涂层结构,两面涂层的质量和厚度均保持一致;涂布速度为6m/min,涂覆量调控为 $0.036\text{mg}/\text{cm}^2$,烘干采用三段烘干,每段烘箱长度为3m,烘箱的设定温度为50℃、60℃、60℃;干燥后得到单层颗粒堆积的聚合物粘结层,粘结层厚度为2 μm 。

[0109] <锂离子电池的制备>

[0110] 将上述制备得到的正极极片、隔膜、负极极片按顺序叠好,使负极极片的凹槽面对正极极片,并使隔膜处于正极极片和负极极片中间起到隔离的作用,卷绕得到电极组件,电极组件厚度如表1所示。将电极组件置于铝塑膜包装袋中,干燥后注入电解液,经过真空封装、静置、化成、脱气、切边等工序得到锂离子电池。

[0111] 实施例2至实施例25

[0112] 除了在<负极极片的制备>、<锂离子电池的制备>中,如表2所示调整电极组件厚度 T_1 、石墨OI值、粘接层厚度 T_2 、凹槽深度H、凹槽宽度W、凹槽间距S和凹槽截面面积A等制备参数以外,其余与实施例1相同。

[0113] 实施例26

[0114] 除了调整<隔膜的制备>以外,其余参数在实施例9基础上按照表2调整。

[0115] <隔膜的制备>:

[0116] <基材层的制备>

[0117] 采用厚度为9 μm 的聚丙烯薄膜。

[0118] <粘结层的制备>

[0119] 将聚偏氟乙烯和三氧化二铝陶瓷颗粒按质量比60:40混合,加入NMP作为溶剂,调配成为固含量为75wt%的粘结层浆料,并搅拌均匀。将粘结层浆料涂覆在一面基材层的表面上,90℃条件下烘干,得到粘结层,粘结层厚度如表2所示。之后,在另一面基材层的表面重复以上步骤,形成双面涂覆的粘结层,得到隔膜。

[0120] 实施例27

[0121] 除了在<隔膜的制备>中调整聚合物的种类为聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物以外,其余与实施例26相同。

[0122] 对比例1

[0123] 除了在<负极极片的制备>与实施例1不同以外,其余与实施例1相同。

[0124] <负极极片的制备>

[0125] 将人造石墨(OI值14)、导电炭黑(SP)、羧甲基纤维素钠(CMC)、丁苯橡胶(SBR)按照质量比96.5:1:1:1.5混合,加入去离子水,调配成为固含量为75wt%的浆料,并搅拌均匀。将浆料均匀涂覆在厚度为6 μm 的负极集流体铜箔的一个表面上,在85℃条件下烘干,得到负极活性材料层厚度为50 μm 的负极极片;之后,在该负极极片的另一个表面上重复以上步骤,即得到双面涂布负极活性材料的负极极片,再经分条、裁切后在真空条件下110℃烘干4小时,焊接极耳得到负极极片。

[0126] 对比例2

[0127] 除了在<隔膜的制备>中,调整粘结层的厚度为5 μm 从而调控负极极片与隔膜间的粘结力F为12N/m以外,其余与对比例1相同。

[0128] 对比例3至对比例4

[0129] 除了在<负极极片的制备>、<锂离子电池的制备>中,如表1所示调整电极组件厚度T₁、凹槽宽度W、凹槽间距S等制备参数以外,其余与实施例1相同。

[0130] 表 1

	电极组件厚度 T ₁ (mm)	负极极片 OI 值	粘结层厚度 T ₂ (μm)	凹槽深度 H (μm)	凹槽宽度 W (mm)	凹槽间距 S (mm)	是否满足 $W \geq S \times T_1 / 1000$	负极极片与隔膜间粘接力 F (N/m)	厚度膨胀率	热箱通过率	负极极片循环界面	容量保持率
实施例 1	5	14	2	5	0.1	2	是	16.1	8.2%	10/10	15%	81%
实施例 2	5	14	2	5	0.1	5	是	14.7	9.1%	10/10	19%	76%
对比例 1	5	14	2	/	/	/	/	15.3	13.2%	6/10	35%	48%
对比例 2	5	14	5	/	/	/	/	20.5	6.3%	2/10	15%	84%
对比例 3	5	14	2	5	0.04	10	否	14.4	13.2%	8/10	33%	51%
对比例 4	80	14	2	5	0.1	2	否	14.9	12.6%	8/10	30%	59%

注：表 1 中的“/”表示无相关制备参数。

[0131] 表2

[0132]

	电极组件厚度 T ₁ (mm)	石墨 OI 值	粘接层厚度 T ₂ (μm)	凹槽深度 H (μm)	凹槽宽度 W (mm)	凹槽间距 S (mm)	凹槽截面面积 A (μm ²)
实施例 1	5	14	2	5	0.1	2	0.395
实施例 2	5	14	2	5	0.1	5	0.392
实施例 3	5	14	2	5	0.1	10	0.39
实施例 4	5	14	2	5	0.1	20	0.394
实施例 5	5	14	2	5	0.015	2	0.049
实施例 6	5	14	2	5	0.02	2	0.076
实施例 7	5	14	2	5	0.05	1	0.189
实施例 8	5	14	2	5	0.025	0.05	0.086
实施例 9	5	14	2	5	0.05	0.1	0.187
实施例 10	5	14	2	5	0.2	10	0.752
实施例 11	5	14	2	5	0.5	10	1.851
实施例 12	5	14	2	5	0.6	5	2.322
实施例 13	5	14	5	25	0.2	0.6	4.121
实施例 14	5	14	5	25	0.3	0.6	7.225
实施例 15	5	14	5	25	0.1	2	1.892
实施例 16	5	14	10	25	0.1	2	1.789
实施例 17	5	14	10	35	0.1	2	2.564
实施例 18	1	14	2	5	0.4	0.5	1.456
实施例 19	80	14	2	5	0.2	0.5	0.746
实施例 20	80	14	2	5	0.05	0.1	0.183
实施例 21	5	8	2	5	0.05	0.1	0.187
实施例 22	5	10	2	5	0.05	0.1	0.191
实施例 23	5	17	2	5	0.05	0.1	0.19
实施例 24	5	20	2	5	0.05	0.1	0.184
实施例 25	5	25	2	5	0.05	0.1	0.188
实施例 26	5	14	2	5	0.05	0.1	0.187
实施例 27	5	14	2	5	0.05	0.1	0.187

[0133] 注：表2中的“/”表示无相关制备参数。

[0134]

表 3

	是否满足 $W \geq S \times T_1 / 10$ 00	是否满足 $W \leq 2 \times S \times T_1$ 1	是否满足 $S \times T_1 / 400 \leq W \leq S \times T_1 / 2$	是否满足 $S/OI \leq 0.5$	是否满足 $0.005 \leq S/OI \leq 0.03$	是否满足 $H \leq T_2 + 20$	是否满足 $0.3 \times (W \times H) < A < 0.95 \times (W \times H)$	是否满足 $0.35 \times (W \times H) < A < 0.8 \times (W \times H)$	厚度膨胀率	热箱通过率	负极极片循环界面	容量保持率
实施例 1	是	是	是	是	否	是	是	是	8.2%	10/10	15%	81%
实施例 2	是	是	是	是	否	是	是	是	9.1%	10/10	19%	76%
实施例 3	是	是	否	否	否	是	是	是	11.6%	10/10	25%	70%
实施例 4	是	是	否	否	否	是	是	是	13.5%	10/10	32%	64%
实施例 5	是	是	否	是	否	是	是	是	12.9%	10/10	28%	68%
实施例 6	是	是	否	是	否	是	是	是	10.7%	10/10	21%	73%
实施例 7	是	是	是	是	否	是	是	是	8.4%	10/10	16%	80%
实施例 8	是	是	是	是	否	是	是	是	6.8%	10/10	7%	90%
实施例 9	是	是	是	是	是	是	是	是	5.7%	10/10	5%	92%
实施例 10	是	是	是	否	否	是	是	是	10.3%	10/10	20%	73%
实施例 11	是	是	是	否	否	是	是	是	9.1%	10/10	20%	75%
实施例 12	是	是	是	是	否	是	是	是	8.6%	10/10	17%	79%
实施例 13	是	是	是	是	否	是	是	否	8.2%	10/10	15%	82%
实施例 14	是	是	是	是	否	是	否	是	8.9%	10/10	19%	75%
实施例 15	是	是	是	是	否	是	是	是	8.8%	10/10	18%	77%

[0135]

实施例 16	是	是	是	是	否	是	是	是	是	9.1%	10/10	19%	75%
实施例 17	是	是	是	是	否	否	是	是	是	11.4%	10/10	23%	71%
实施例 18	是	是	否	是	否	是	是	是	是	7.8%	10/10	11%	83%
实施例 19	是	是	是	是	否	是	是	是	是	7.3%	10/10	10%	85%
实施例 20	是	是	是	是	是	是	是	是	是	7.1%	10/10	9%	88%
实施例 21	是	是	是	是	是	是	是	是	是	8.9%	10/10	17%	78%
实施例 22	是	是	是	是	是	是	是	是	是	8.1%	10/10	13%	82%
实施例 23	是	是	是	是	是	是	是	是	是	5.9%	10/10	6%	92%
实施例 24	是	是	是	是	是	是	是	是	是	6.8%	10/10	7%	89%
实施例 25	是	是	是	是	否	是	是	是	是	7.8%	10/10	10%	84%
实施例 26	是	是	是	是	是	是	是	是	是	6.3%	10/10	6%	88%
实施例 27	是	是	是	是	是	是	是	是	是	6.6%	10/10	6%	89%

[0136] 参见表1,从实施例1至实施例2与对比例1至对比例4可以看出,本申请锂离子电池中,通过使负极活性材料层与正极极片相对的表面具有凹槽,并调控凹槽宽度、凹槽间距、

电极组件厚度之间的关系在本申请范围内,能够使负极极片与隔膜间粘结力得到提高。并且,锂离子电池的热箱通过率显著提高,锂离子电池循环过程后的厚度膨胀率也显著下降,表明本申请的锂离子电池具有优异的循环稳定性和安全性,尤其是在高温下具有优异的循环稳定性和安全性。

[0137] 参见表2至表3,凹槽间距、凹槽宽度、粘接层厚度、凹槽深度通常也会对锂离子电池的性能产生影响,从实施例1至实施例25可以看出,在满足 $W \geq S \times T_1 / 1000$ 的情况下,通过调控上述参数在本申请范围内,能够得到具有优异循环稳定性和安全性的锂离子电池。

[0138] 凹槽的截面面积也通常也会对锂离子电池的性能产生影响,从实施例13至实施例15可以看出,在满足 $0.3 \times (W \times H) < A < 0.95 \times (W \times H)$ 的情况下,通过调控上述参数在本申请范围内,能够得到具有优异循环稳定性和安全性的锂离子电池。

[0139] 隔膜中粘结层的结构、粘结层中聚合物的类型、耐热材料层中耐热材料的类型通常也会对锂离子电池的性能产生影响,从实施例26至实施例27可以看出,在满足 $W \geq S \times T_1 / 1000$ 的情况下,通过调控上述参数在本申请范围内,能够得到具有优异循环稳定性和安全性的锂离子电池。

[0140] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包括,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0141] 以上所述仅为本申请的较佳实施例,并不用以限制本申请,凡在本申请的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请保护的范围之内。

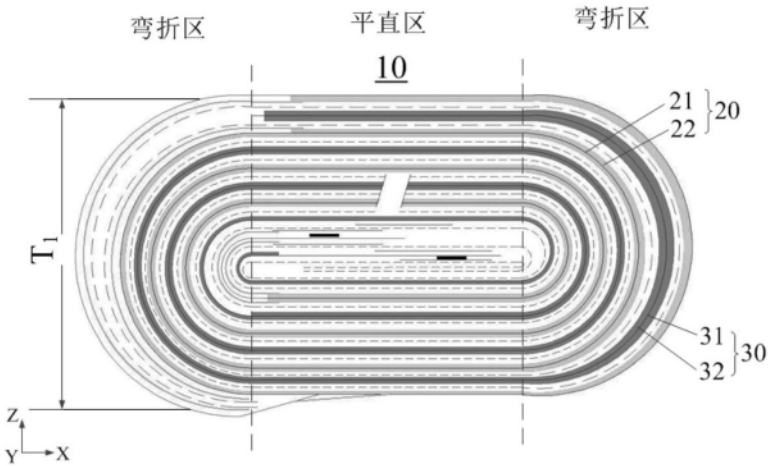


图1

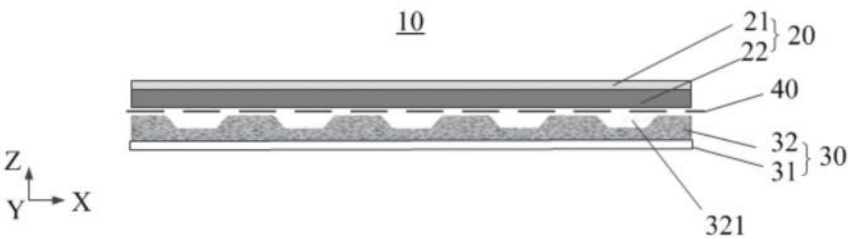


图2

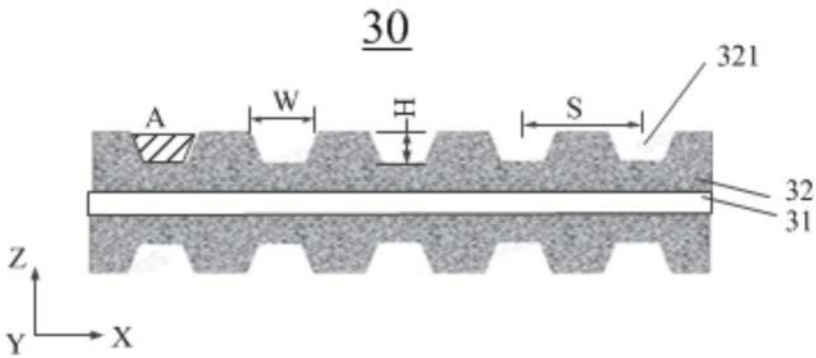


图3

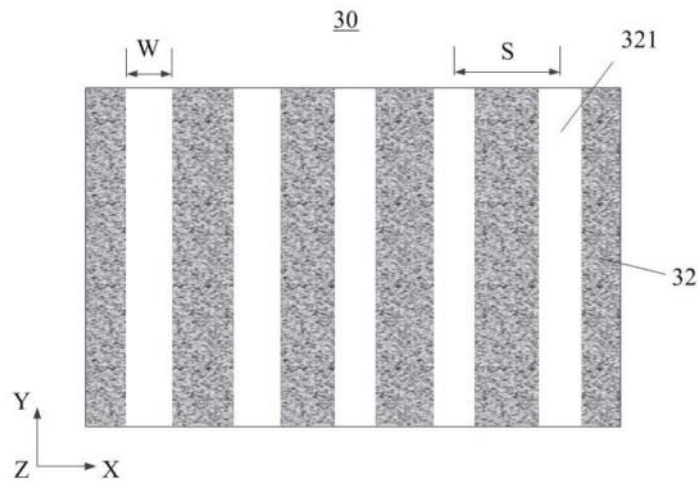


图4

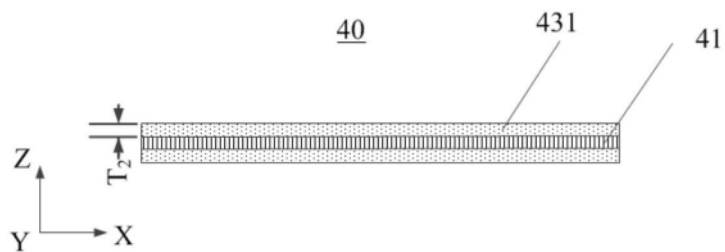


图5

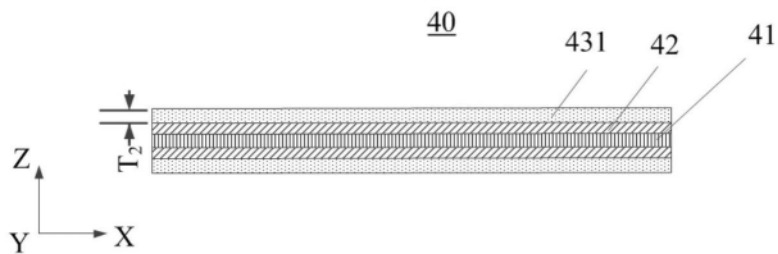


图6

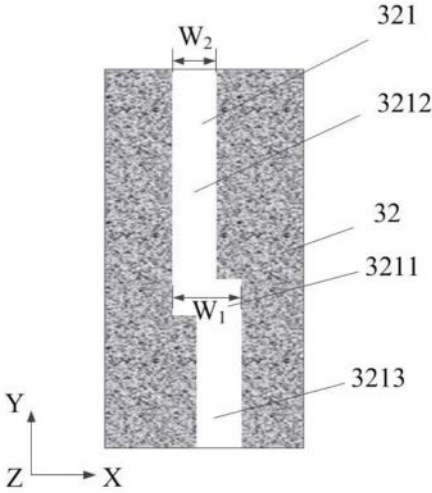


图7

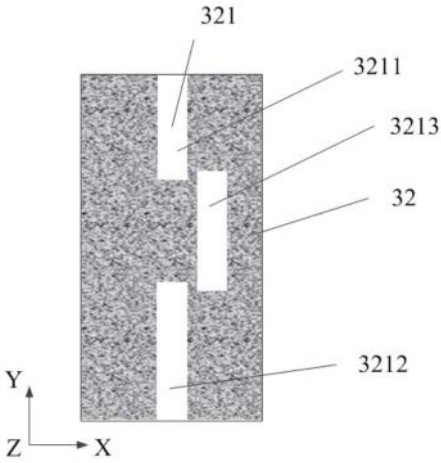


图8

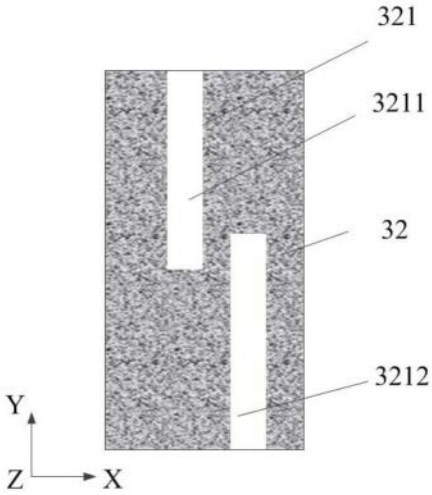


图9