

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

电化学装置、电子装置及电化学装置的制备方法

技术领域

5 本申请涉及电化学领域，具体涉及一种电化学装置、电子装置及电化学装置的制备方法。

背景技术

10 锂离子电池具有储能密度大、开路电压高、自放电率低、循环寿命长、安全性能好等优点，广泛应用于电能储存、移动电子设备、电动汽车和航天航空设备等各个领域。随着移动电子设备和电动汽车进入高速发展阶段，市场对锂离子二次电池的能量密度、安全性能、循环性能和使用寿命等都提出了越来越高的要求，其中，安全性能尤为重要。

目前，锂离子电池在使用过程中，仍然存在由于外力撞击或穿刺等原因引起火灾，对人体生命健康或环境造成威胁，有待提高的安全可靠性阻碍了锂离子电池的应用领域和应用范围的拓展。因此，亟需开发一种安全可靠性高的锂离子电池。

发明内容

15 本申请的目的在于提供一种电化学装置、电子装置及电化学装置的制备方法，以提高电化学装置的安全可靠性。

需要说明的是，以下内容中，以锂离子电池作为电化学装置的例子来解释本申请，但是本申请的电化学装置并不仅限于锂离子电池。

具体技术方案如下：

20 本申请的第一方面提供了一种电化学装置，其包括正极，正极包含集流体、第一材料层和第二材料层，所述第二材料层设置在所述集流体的至少一个表面上，所述第一材料层设置在所述集流体和所述第二材料层之间，其中，所述第一材料层包括流平剂，所述第一材料层的厚度最大值与最小值之差不大于 $3\mu\text{m}$ 。

25 不限于任何理论，当第一材料层的厚度最大值与最小值的差值过大时，例如大于 $3\mu\text{m}$ ，第一材料层的厚度均匀性较差，易使涂层存在厚度较薄的区域，从而使电化学装置的结构可靠性降低。

在本申请的一种实施方案中，流平剂为重均分子量不高于 50000 的聚合物。例如重均

分子量不高于 50000 的烯烃类衍生物的聚合物、硅氧烷聚合物、烯酸酯聚合物、醇聚合物或醚聚合物。通过控制流平剂的分子量在上述范围内，能够使流平剂与粘结剂相互作用，提高第一材料层浆料的流平性，从而使第一材料层的厚度更均匀。

5 在本申请的一种实施方案中，流平剂可以包含烯烃类衍生物的聚合物、羧酸盐类聚合物、硅氧烷类聚合物、烯酸酯类聚合物、醇类聚合物或醚类聚合物中的至少一种，上述流平剂的重均分子量也可以不高于 50000。

在本申请的一种实施方案中，流平剂包含羧酸钠聚合物、含氧丙烯类衍生物的聚合物或聚硅氧烷中的至少一种，优选地，流平剂包含聚乙氧基丙氧基丙烯类。上述流平剂的重均分子量也可以不高于 50000。

10 在本申请的一种实施方案中，第一材料层还包括活性材料、粘结剂、导电剂，基于第一材料层的总质量，活性材料的质量百分含量为 50%至 98.89%，粘结剂的质量百分含量为 1%至 20%，导电剂的质量百分含量为 0.1%至 20%，流平剂的质量百分含量为 0.01%至 10%。不限于任何理论，通过控制活性材料、粘结剂、导电剂和流平剂的含量在上述范围内，能够使得到的第一材料层厚度更均匀，使各处的性能一致，当受到外力撞击或穿刺时，不易
15 从局部被损坏。此外，提高了集流体和第二材料层与第一材料层之间的粘结力，从而提高了电化学装置的安全可靠性。

本申请的电化学装置中，集流体包括依次设置于集流体的至少一个表面上的第一材料层和第二材料层，可以是设置在集流体的一个表面上，也可以设置在集流体的两个表面上。

20 在本申请的一种实施方案中，粘结剂包括丙烯类衍生物的共聚物、聚丙烯酸酯类、丙烯腈多元共聚物、羧甲基纤维素盐中的至少一种。优选地，粘结剂包括由丙烯酸腈、丙烯酸盐、丙烯酰胺、丙烯酸酯中的至少一种单体聚合而成的聚合物。

本申请的粘结剂可以是一种水性粘结剂，其中，丙烯酸盐中的金属离子能够取代部分氢离子，从而增加粘结剂的亲水性，使粘结剂在电解液中溶胀减小，保持较高的粘结力。另外，由于氢离子易得电子而形成氢气，因此当氢离子减少后，还可防止产生因氢离子过
25 多而导致的锂离子电池胀气问题。

在本申请的一种实施方案中，基于聚合物的总质量，丙烯腈的质量百分含量为 25%至 70%，丙烯酸盐的质量百分含量为 10%至 60%，丙烯酰胺的质量百分含量为 10%至 60%，丙烯酸酯的质量百分含量为 0%至 10%。不限于任何理论，通过控制丙烯腈、丙烯酸盐、丙烯酰胺和丙烯酸酯的质量百分含量在上述范围内，能够得到粘结性良好的粘结剂，从而

提高第一材料层与集流体之间的粘结力。

在本申请的一种实施方案中，粘结剂的重均分子量为 100000 至 2000000，优选为 300000 至 800000。不限于任何理论，粘结剂的重均分子量过大，粘结剂的增稠作用过强，导致浆料粘度过高、流动性变差，易导致第一材料层浆料漏涂；粘结剂的重均分子量过小，
5 导致浆料粘度过低，浆料成膜性差，也会导致第一材料层浆料漏涂。不限于任何理论，通过控制粘结剂的重均分子量在上述范围内，能够使第一材料层的材料在集流体表面形成厚度均匀的膜层，能够提高第一材料层与集流体和第二材料层之间粘结力。

在本申请的一种实施方案中，第一材料层单层厚度为 $0.05\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ ，优选为 $0.1\mu\text{m}$ 至 $15\mu\text{m}$ 。不限于任何理论，当第一材料层的厚度过低时，例如低于 $0.05\mu\text{m}$ ，降低电化学
10 装置的安全可靠性，且在制备过程中很难保证第一材料层整体的均匀性，同时制备难度和成本增加；当第一材料层的厚度过高时，例如高于 $20\mu\text{m}$ ，正极中活性材料相对含量下降，影响锂离子电池的能量密度。

在本申请的一种实施方案中，正极满充后的电阻为 10Ω 以上，优选 30Ω 至 100Ω 。通过控制正极电阻在上述范围内，能够增大锂离子电池短路时的内阻，降低短路电流，降低
15 温升，从而提高锂离子电池的安全性。

在本申请的一种实施方案中，活性材料的 D_{v99} 为 $0.01\mu\text{m}$ 至 $19.9\mu\text{m}$ ，优选为 $0.01\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 。不限于任何理论，通过控制活性材料的 D_{v99} 在上述范围内，能够提高第一材料层的平整度。以活性材料的 D_{v99} 不超过第一材料层的厚度为宜，否则在冷压过程中易刺伤铝箔。

在本申请的一种实施方案中，对导电剂没有特别限定，只要能实现本申请目的即可。不限于任何理论，第一材料层中的导电剂的含量过高，第一材料层的导电性过高，在穿钉测试中更容易起火或者爆炸；导电剂含量过低，则影响锂离子电池的电化学性能。本申请对导电剂的形状没有特别限制，例如，导电剂可以包含片层状、网状、线状或零维导电剂中的至少一种。优选地，导电剂可以包含石墨烯、网状石墨纤维、碳纳米管、科琴黑、石墨纤维或纳米颗粒导电碳中的至少一种。
20
25

在本申请的一种实施方案中，第二材料层的单层厚度为 $20\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 。不限于任何理论，当第二材料层的厚度过低时，例如低于 $20\mu\text{m}$ ，影响电芯能量密度，并且不易加工；当第二材料层的厚度过高时，例如高于 $200\mu\text{m}$ ，影响锂离子的传输速率，从而影响锂离子电池的电化学性能。

在本申请的一种实施方案中，第二材料层包括第二活性材料。在本申请中，第一材料层中的活性材料和第二活性材料可以相同，也可以不同。

5 在本申请的锂离子电池中，第一材料层中活性材料和第二活性材料没有特别限制，例如，可以各自独立地包括镍钴锰酸锂（811、622、523、111）、镍钴铝酸锂、磷酸铁锂、富锂锰基材料、锰酸锂、磷酸锰铁锂或钛酸锂中的至少一种。采用上述活性材料制得的锂离子电池，其安全可靠性能更高。

本申请的正极中，集流体没有特别限制，例如铝箔、铝合金箔或复合集流体等。在本申请中，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 $8\mu\text{m}$ 至 $15\mu\text{m}$ 。

10 本申请中的负极没有特别限制，只要能够实现本申请目的即可。例如，负极通常包含负极集流体和负极活性材料层。其中，负极集流体没有特别限制，例如铜箔、铜合金箔以及复合集流体等。负极活性材料层包括负极活性材料，负极活性材料没有特别限制，例如，可以包括人造石墨、天然石墨、中间相碳微球、软碳、硬碳、硅、硅碳、钛酸锂等中的至少一种。在本申请中，负极集流体和负极活性材料层的厚度没有特别限制，只要能够实现
15 本申请目的即可。例如，负极集流体的厚度为 $4\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ ，负极活性材料层的厚度为 $30\mu\text{m}$ 至 $120\mu\text{m}$ 。

任选地，所述负极还可以包含导电层，所述导电层位于负极集流体和负极活性材料层之间。所述导电层包括导电剂和粘结剂。上述所述导电剂没有特别限制，只要能实现本申请目的即可。例如，导电剂可以包括导电炭黑（Super P）、碳纳米管（CNTs）、碳纤维或石墨
20 烯等中的至少一种。上述所述粘结剂没有特别限制，只要能实现本申请目的即可。例如，粘结剂可以包括丁苯橡胶（SBR）、聚乙烯醇（PVA）、聚四氟乙烯（PTFE）或羧甲基纤维素钠（CMC-Na）等中的至少一种。例如，粘结剂可选用丁苯橡胶（SBR）。

本领域技术人员应当理解，本申请的负极可以使其一个表面具有负极活性材料层，也可以使其两个表面均具有负极活性材料层。

25 本申请的锂离子电池还包括隔离膜，用以分隔正极和负极，防止锂离子电池内部短路，允许电解质离子自由通过，完成电化学反应过程的作用。在本申请中，隔离膜没有特别限制，只要能够实现本申请目的即可。

例如，聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）为主的聚烯烃（PO）类隔离膜，聚酯膜（例如聚对苯二甲酸二乙酯（PET）膜）、纤维素膜、聚酰亚胺膜（PI）、聚酰胺膜（PA），氨纶或芳

纶膜、织造膜、非织造膜(无纺布)、微孔膜、复合膜、隔膜纸、碾压膜、纺丝膜等中的至少一种。

5 例如，隔离膜可以包括基材层和表面处理层。基材层可以为具有多孔结构的无纺布、膜或复合膜，基材层的材料可以包括聚乙烯、聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯和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。任选地，基材层的至少一个表面上设置有表面处理层，表面处理层可以是聚合物层或无机物层，也可以是混合聚合物与无机物所形成的层。

10 例如，无机物层包括无机颗粒和粘结剂，所述无机颗粒没有特别限制，例如可以选自氧化铝、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、氢氧化钙和硫酸钡等中的至少一种。所述粘结剂没有特别限制，例如可以选自聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯的共聚物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚甲基丙烯酸甲酯、聚四氟乙烯和聚六氟丙烯中的一种或几种的组合。聚合物层
15 中包含聚合物，聚合物的材料包括聚酰胺、聚丙烯腈、丙烯酸酯聚合物、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚偏氟乙烯或聚(偏氟乙烯-六氟丙烯)等中的至少一种。

本申请的锂离子电池还包括电解质，电解质可以是凝胶电解质、固态电解质和电解液中的一种或多种，电解液包括锂盐和非水溶剂。

20 在本申请一些实施方案中，锂盐选自 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 、 LiBOB 和二氟硼酸锂中的一种或多种。举例来说，锂盐可以选用 LiPF_6 ，因为它可以给出高的离子导电率并改善循环特性。

非水溶剂可为碳酸酯化合物、羧酸酯化合物、醚化合物、其它有机溶剂或它们的组合。

25 上述碳酸酯化合物可为链状碳酸酯化合物、环状碳酸酯化合物、氟代碳酸酯化合物或其组合。

上述链状碳酸酯化合物的实例为碳酸二甲酯(DMC)、碳酸二乙酯(DEC)、碳酸二丙酯(DPC)、碳酸甲丙酯(MPC)、碳酸乙丙酯(EPC)、碳酸甲乙酯(MEC)及其组合。

环状碳酸酯化合物的实例为碳酸亚乙酯 (EC)、碳酸亚丙酯 (PC)、碳酸亚丁酯 (BC)、碳酸乙烯基亚乙酯 (VEC) 及其组合。氟代碳酸酯化合物的实例为碳酸氟代亚乙酯 (FEC)、碳酸 1,2-二氟亚乙酯、碳酸 1,1-二氟亚乙酯、碳酸 1,1,2-三氟亚乙酯、碳酸 1,1,2,2-四氟亚乙酯、碳酸 1-氟-2-甲基亚乙酯、碳酸 1-氟-1-甲基亚乙酯、碳酸 1,2-二氟-1-甲基亚乙酯、碳酸 1,1,2-三氟-2-甲基亚乙酯、碳酸三氟甲基亚乙酯及其组合。

上述羧酸酯化合物的实例为甲酸甲酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丙酯、乙酸叔丁酯、丙酸甲酯、丙酸乙酯、丙酸丙酯、 γ -丁内酯、癸内酯、戊内酯、甲瓦龙酸内酯、己内酯及其组合。

上述醚化合物的实例为二丁醚、四甘醇二甲醚、二甘醇二甲醚、1,2-二甲氧基乙烷、1,2-二乙氧基乙烷、乙氧基甲氧基乙烷、2-甲基四氢呋喃、四氢呋喃及其组合。

上述其它有机溶剂的实例为二甲亚砜、1,2-二氧戊环、环丁砜、甲基环丁砜、1,3-二甲基-2-咪唑烷酮、N-甲基-2-吡咯烷酮、甲酰胺、二甲基甲酰胺、乙腈、磷酸三甲酯、磷酸三乙酯、磷酸三辛酯、和磷酸酯及其组合。

本申请的粘结剂的制备方法没有特别限制，例如可以采用如下制备方法：

在反应釜中加入蒸馏水，启动搅拌，通入氮气除氧后，按不同质量比加入丙烯腈、丙烯酸盐、丙烯酰胺和丙烯酸酯等上述组分中的至少一种，在惰性气氛下加热至 65°C 左右并恒温，然后加入引发剂引发反应，至反应 20 小时左右后结束。

本申请对引发剂没有特别限制，只要能引发单体聚合即可，例如可以为 20% 的过硫酸铵溶液。本申请对蒸馏水和引发剂的添加量没有特别限制，只要能保证加入的单体发生聚合反应即可。在反应后，向反应的沉淀物中加入碱液已进行中和，使 pH 值为 6.5 至 9，对反应产物进行过滤、洗涤、烘干、粉碎、过筛等处理。

本申请的第二方面提供了一种上述第一方面所述的电化学装置的制备方法，包括：在集流体的至少一个表面上依次形成第一材料层和第二材料层，其中，所述第一材料层的厚度最大值与最小值之差不大于 3 μ m。

在本申请中，在集流体的至少一个表面上依次形成第一材料层和第二材料层，可以在集流体的一个表面上依次形成第一材料层和第二材料层，也可以是在集流体的两个表面上依次形成第一材料层和第二材料层。对形成第一材料层和第二材料层的方法没有特别限制，只要能实现本申请的目的即可。例如，涂覆法。

本申请的第三方面提供了一种电子装置，包括上述第一方面所述的电化学装置。

本申请的电子装置没有特别限定，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、家庭用大型蓄电池和锂离子电容器等。

电化学装置的制备过程为本领域技术人员所熟知的，本申请没有特别的限制。例如电化学装置可以通过以下过程制造：将正极和负极经由隔离膜重叠，并根据需要将其卷绕、折叠等操作后放入壳体内，将电解液注入壳体并封口，其中所用的隔离膜为本申请提供的上述隔离膜。此外，也可以根据需要将防过电流元件、导板等置于壳体中，从而防止电化学装置内部的压力上升、过充放电。

本申请提供一种电化学装置，包括正极，所述正极包含集流体、第一材料层和第二材料层，所述第二材料层设置在所述集流体的至少一个表面上，所述第一材料层设置在所述集流体和所述第二材料层之间，其中，所述第一材料层包括流平剂，所述第一材料层的厚度最大值与最小值之差不大于 $3\mu\text{m}$ 。得到的正极厚度均匀性高，集流体和第二材料层与第一材料层之间的粘结力强，将其应用于电化学装置或者电子装置，能够有效避免由于外力撞击或穿刺等原因造成的安全事故发生，从而提高电化学装置或电子装置的安全可靠性。

附图说明

为了更清楚地说明本申请和现有技术的技术方案，下面对实施例和现有技术中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例。

图 1 为本申请的一种实施方案的正极极片的结构示意图；

图 2 为本申请的另一种实施方案的正极极片的结构示意图；

图 3 为本申请的一种实施方案的正极极片的俯视图；

图 4 为本申请的另一种实施方案的正极极片的俯视图；

图 5 为本申请的再一种实施方案的正极极片的俯视图。

具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案、及优点更加清楚明白，以下参照附图和实施例，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。

需要说明的是，本申请的具体实施方式中，以锂离子电池作为电化学装置的例子来解释本申请，但是本申请的电化学装置并不仅限于锂离子电池。

图 1 为本申请的一种实施方案的正极极片的结构示意图，第一材料层 20 和第二材料层 30 依次设置在正极集流体 10 的表面，且仅涂覆在正极集流体 10 的一个表面上。第一材料层 20 和第二材料层 30 的涂覆区域的面积小于等于正极集流体 10 的面积。

图 2 为本申请的另一种实施方案的正极极片的结构示意图，第一材料层 20 和第二材料层 30 依次设置在正极集流体 10 的表面，涂覆在正极集流体 10 的两个表面上。

图 3 至图 5 为本申请的一些实施方案的正极极片的俯视图，第一材料层 20 和第二材料层 30 在正极集流体上涂覆区域 50 小于等于正极集流体的表面积。如图 3 所示，未涂覆区域 40 可以将涂覆区域 50 包围环绕，且上侧、下侧、左侧和右侧的未涂覆区域 40 的宽度可以相同或者不相同。也可以是如图 4 所示的情况，未涂覆区域 40 位于沿集流体长度方向的两侧，且左侧和右侧的未涂覆区域 40 的宽度可以相同或者不相同。也可以是如图 5 所示的情况，未涂覆区域 40 位于沿垂直于集流体长度方向的两侧，且上侧和下侧的未涂覆区域 40 的长度可以相同或者不相同。

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。另外，只要无特别说明，“份”、“%”为质量基准。

测试方法和设备：

第一材料层厚度差测试：

- 20
- 1) 在 $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$ 的环境下，将涂有第一材料层的极片从成品电芯中拆出。用无尘纸拭去极片表面残留的电解液；
 - 2) 涂有第一材料层的极片在等离子体下切割，得到其横截面；
 - 3) 在 SEM 下观察 2) 中得到的极片横截面，并测试单面第一材料层的厚度，相邻测试点间隔 2mm 至 3mm，至少测试 15 个不同点，记所有测试点的均值为第一材料层的厚度。

重均分子量测试：

25

采用凝胶渗透色谱法（GPC）测试流平剂和粘结剂的重均分子量。本申请中，重均分子量是指按质量统计平均的分子量。

粘结力测试：

使用高铁拉力机、90°角法测试第一材料层与集流体之间的粘结力：将成品锂离子电池中设置有第一材料层部分的极片裁切为20mm×60mm的条状试样，其长宽值可根据实际情况适当调整。沿试样的长度方向，将试样一端的第一材料层面通过双面胶粘附在钢板上，其中粘附长度不低于40mm；然后将钢板固定在高铁拉力机的相应位置，拉起试样的未被粘附在钢板上的另一端，通过连接物或直接将极片样品放入夹头内夹紧，其中被拉起的试样部分与钢板在空间上夹角为90°。夹头以5mm/min的速度拉动极片，使第一材料层与集流体分离，最终测得平稳区域的拉力平均值记为第一材料层与集流体之间的粘结力。如图6所示，要求上述平稳区域的粘结力数据的标准差与平均值的比值不超过10%。

10 无机颗粒 Dv99 测试：

使用激光粒度仪测试无机颗粒的Dv99。Dv99表示无机颗粒在体积基准的粒度分布中，从小粒径侧起，达到体积累积99%的粒径。

穿钉通过率测试：

将待测的锂离子电池以0.05C的倍率恒流充电至电压为4.45V（即满充电压），随后以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，记录测试前锂离子电池外观。在25±3℃环境中对电池进行穿钉测试，钢钉直径4mm，穿刺速度30mm/s，穿钉位置位于锂离子电池侧面，测试进行3.5min或电极组件表面温度降到50℃以后停止测试，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、不爆炸为判定标准。

20 实施例 1**(1) 粘结剂的制备**

在反应釜中加入蒸馏水并启动搅拌，通入氮气除氧2h后，按质量比45：45：10向反应釜加入以下单体：丙烯腈、丙烯酸钠和丙烯酰胺，在惰性气氛下加热至在惰性气氛下加热至65℃并保持恒温，然后加入20%的过硫酸铵溶液作为引发剂开始反应，至反应22小时后取出沉淀物，加入碱液中和pH至6.5。其中，蒸馏水、单体、引发剂之间的质量比为89.5：10：0.5。反应后对反应产物进行过滤、洗涤、烘干、粉碎、过筛等处理，得到粘结剂。

(2) 正极极片的制备

5 将正极活性材料磷酸铁锂、步骤（1）中得到的粘结剂、导电剂纳米颗粒导电碳、导电剂碳纳米管和流平剂聚乙氧基丙氧基丙烯酸按质量比 95.5 : 3 : 0.7 : 0.5 : 0.3 混合，然后加入 N-甲基吡咯烷酮（NMP）作为溶剂，调配成固含量为 30%的浆料，并搅拌均匀。将浆料均匀涂覆在厚度为 10 μ m 的正极集流体铝箔上，90 $^{\circ}$ C 条件下烘干，得到厚度为 5 μ m 的第一材料层；其中，磷酸铁锂的 D_{v99} 为 4 μ m；聚乙氧基丙氧基丙烯酸的重均分子量为 20000；

10 将正极活性材料钴酸锂（LCO）、粘结剂聚偏二氟乙烯（PVDF）、导电剂导电炭黑、导电剂碳纳米管按质量比 97.7 : 1.3 : 0.5 : 0.5 混合，然后加入 N-甲基吡咯烷酮（NMP）作为溶剂，调配成固含量为 75%的浆料，并搅拌均匀。将浆料均匀涂覆在第一材料层上，90 $^{\circ}$ C 条件下烘干，得到厚度为 85 μ m 的第二材料层；

在该正极极片的另一个表面上重复以上步骤，即得到双面涂布完成的正极极片。涂布完成后，将正极极片裁切成规格为 74mm \times 867mm 的片材并焊接极耳待用。

（3）负极极片的制备

15 将负极活性材料石墨、苯乙烯-丁二烯聚合物和羧甲基纤维素钠按照重量比 97.5 : 1.3 : 1.2 进行混合，加入去离子水作为溶剂，调配成为固含量为 70%的浆料，并搅拌均匀。将浆料均匀涂覆在厚度为 10 μ m 的负极集流体铜箔上，110 $^{\circ}$ C 条件下烘干，冷压后得到负极活性材料层厚度为 150 μ m 的单面涂覆负极活性材料层的负极极片。

在该负极极片的另一个表面上重复以上步骤，即得到双面涂布完成的负极极片。涂布完成后，将负极极片裁切成规格为 76mm \times 851mm 的片材并焊接极耳待用。

20 （4）电解液的制备

在干燥氩气气氛中，将有机溶剂碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二乙酯以质量比 EC : EMC : DEC=30 : 50 : 20 混合得到有机溶液，然后向有机溶剂中加入锂盐六氟磷酸锂溶解并混合均匀，得到锂盐的浓度为 1.15Mol/L 的电解液。

（5）隔离膜的制备

25 将氧化铝与聚偏氟乙烯依照质量比 90 : 10 混合并将其溶入到去离子水中以形成固含量为 50%的陶瓷浆料。随后采用微凹涂布法将陶瓷浆料均匀涂布到多孔基材（聚乙烯，厚度 7 μ m，平均孔径为 0.073 μ m，孔隙率为 26%）的其中一面上，经过干燥处理以获得陶瓷涂层与多孔基材的双层结构，陶瓷涂层的厚度为 50 μ m。

将聚偏二氟乙烯 (PVDF) 与聚丙烯酸酯依照质量比 96:4 混合并将其溶入到去离子水中以形成固含量为 50% 的聚合物浆料。随后采用微凹涂布法将聚合物浆料均匀涂布到上述陶瓷涂层与多孔基材双层结构的两个表面上, 经过干燥处理以获得隔离膜, 其中聚合物浆料形成的单层涂层厚度为 2 μm 。

5 (6) 锂离子电池的制备

将上述制备的正极极片、隔离膜、负极极片按顺序叠好, 使隔离膜处于正负极极片中间起到隔离的作用, 并卷绕得到电极组件。将电极组件装入铝塑膜包装袋中, 并在 80 $^{\circ}\text{C}$ 下脱去水分, 注入配好的电解液, 经过真空封装、静置、化成、整形等工序得到锂离子电池。

实施例 2

10 除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 流平剂选用聚羧酸钠, 磷酸铁锂与聚羧酸钠的质量比为 94.8:1 以外, 其余与实施例 1 相同。

实施例 3

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 流平剂选用聚硅氧烷, 磷酸铁锂与聚硅氧烷的质量比为 95.6:0.2 以外, 其余与实施例 1 相同。

15 实施例 4

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 流平剂选用聚丙烯酸甲酯, 磷酸铁锂与聚丙烯酸甲酯的质量比为 95.5:0.3 以外, 其余与实施例 1 相同。

实施例 5

20 除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 流平剂选用聚丙烯醇, 磷酸铁锂与聚丙烯醇的质量比为 96.8:2 以外, 其余与实施例 1 相同。

实施例 6

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 流平剂选用聚乙二醚, 磷酸铁锂与聚乙二醚的质量比为 87.8:8 以外, 其余与实施例 1 相同。

实施例 7

25 除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 磷酸铁锂与聚乙氧基丙氧基丙烯炔的质量比为 95.79:0.01 以外, 其余与实施例 1 相同。

实施例 8

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 磷酸铁锂与聚乙氧基丙氧基丙烯炔的质量比为

95.75 : 0.05 以外，其余与实施例 1 相同。

实施例 9

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，磷酸铁锂与聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯的质量比为 95.7 : 0.1 以外，其余与实施例 1 相同。

5 实施例 10

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，磷酸铁锂与聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯的质量比为 95.5 : 0.4 以外，其余与实施例 1 相同。

实施例 11

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，磷酸铁锂与聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯的质量比为 10 95.3 : 0.5 以外，其余与实施例 1 相同。

实施例 12

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，磷酸铁锂与聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯的质量比为 95 : 0.8 以外，其余与实施例 1 相同。

实施例 13

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，磷酸铁锂与聚羧酸钠的质量比为 15 92.8 : 3 以外，其余与实施例 2 相同。

实施例 14

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，磷酸铁锂与聚羧酸钠的质量比为 90.8 : 5 以外，其余与实施例 2 相同。

20 实施例 15

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，磷酸铁锂与聚羧酸钠的质量比为 87.8 : 8 以外，其余与实施例 2 相同。

实施例 16

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，磷酸铁锂与聚羧酸钠的质量比为 85.8 : 10 以外，25 其余与实施例 2 相同。

实施例 17

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，流平剂聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯的重均分子量为 5000 以外，其余与实施例 1 相同。

实施例 18

除了在步骤（2）正极极片的制备中，流平剂聚乙氧基丙氧基丙烯酸的重均分子量为30000以外，其余与实施例1相同。

实施例 19

除了在步骤（2）正极极片的制备中，流平剂聚乙氧基丙氧基丙烯酸的重均分子量为5 50000以外，其余与实施例1相同。

实施例 20

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锂与聚乙氧基丙氧基丙烯酸的质量比为95.6 : 0.2以外，其余与实施例1相同。

实施例 21

10 除了在步骤（2）正极极片的制备中，正极活性材料选用磷酸铁锰锂以外，其余与实施例20相同。

实施例 22

除了在步骤（2）正极极片的制备中，正极活性材料选用锰酸锂以外，其余与实施例20相同。

15 实施例 23

除了在步骤（2）中正极极片的制备为：将磷酸铁锰锂、步骤（1）中得到的粘结剂、碳纳米管和聚乙氧基丙氧基丙烯酸按质量比 96.6 : 3 : 0.2 : 0.2 混合，然后加入 N-甲基吡咯烷酮（NMP）作为溶剂，调配成固含量为 30%的浆料，并搅拌均匀。将浆料均匀涂覆在厚度 10 μm 的正极集流体铝箔上，90 $^{\circ}\text{C}$ 条件下烘干，得到厚度为 0.06 μm 的第一材料层；其中，磷酸铁锂的 Dv99 为 0.02 μm ；其余与实施例1相同。

实施例 24

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锂的 Dv99 为 0.06 μm 、第一材料层的厚度为 0.15 μm 以外，其余与实施例23相同。

实施例 25

25 除了在步骤（2）正极极片的制备中，正极活性材料选用磷酸铁锰锂，步骤（1）中得到的粘结剂、磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管、聚乙氧基丙氧基丙烯酸的质量比为 96 : 3 : 0.3 : 0.5 : 0.2，第一材料层的厚度为 2 μm ，磷酸铁锰锂的 Dv99 为 0.5 μm 以外，其余与实施例1相同。

实施例 26

除了在步骤(2)正极极片的制备中,第一材料层的厚度为 $3\mu\text{m}$,磷酸铁锰锂的 D_{v99} 为 $1\mu\text{m}$ 以外,其余与实施例25相同。

实施例 27

除了在步骤(2)正极极片的制备中,第一材料层的厚度为 $5\mu\text{m}$,磷酸铁锰锂的 D_{v99} 为 $3\mu\text{m}$ 以外,其余与实施例21相同。

实施例 28

除了在步骤(2)正极极片的制备中,第一材料层的厚度为 $9\mu\text{m}$,磷酸铁锰锂的 D_{v99} 为 $7\mu\text{m}$ 以外,其余与实施例21相同。

实施例 29

除了在步骤(2)正极极片的制备中,第一材料层的厚度为 $13\mu\text{m}$,磷酸铁锰锂的 D_{v99} 为 $11\mu\text{m}$ 以外,其余与实施例21相同。

实施例 30

除了在步骤(2)正极极片的制备中,第一材料层的厚度为 $17\mu\text{m}$,磷酸铁锰锂的 D_{v99} 为 $15\mu\text{m}$ 以外,其余与实施例21相同。

实施例 31

除了在步骤(2)正极极片的制备中,第一材料层的厚度为 $19.5\mu\text{m}$,磷酸铁锰锂的 D_{v99} 为 $18\mu\text{m}$ 以外,其余与实施例21相同。

实施例 32

除了在步骤(2)正极极片的制备中,第一材料层的厚度为 $20\mu\text{m}$,磷酸铁锰锂的 D_{v99} 为 $19.9\mu\text{m}$ 以外,其余与实施例21相同。

实施例 33

除了在步骤(2)正极极片的制备中,导电剂选用石墨烯以外,其余与实施例21相同。

实施例 34

除了在步骤(2)正极极片的制备中,导电剂选用网状石墨纤维以外,其余与实施例21相同。

实施例 35

除了在步骤(2)正极极片的制备中,导电剂选用科琴黑以外,其余与实施例21相同。

实施例 36

除了在步骤(2)正极极片的制备中,导电剂选用石墨纤维以外,其余与实施例21相

同。

实施例 37

除了在将步骤（2）正极极片的制备中，将碳纳米管替换成网状石墨纤维以外，其余与实施例 21 相同。

5 实施例 38

除了在步骤（2）正极极片的制备中，导电剂选用网状石墨纤维，磷酸铁锰锂、步骤（1）中得到的粘结剂、网状石墨纤维、聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯的质量比为 98.7 : 1 : 0.1 : 0.2 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 39

10 除了在步骤（2）正极极片的制备中导电剂选用碳纳米管，磷酸铁锰锂、步骤（1）中得到的粘结剂、碳纳米管、聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯的质量比为 98.3 : 1 : 0.5 : 0.2 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 40

15 除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 96.2 : 0.1 : 0.5 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 41

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 96 : 0.3 : 0.5 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 42

20 除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 95.4 : 0.9 : 0.5 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 43

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 95.2 : 1.1 : 0.5 以外，其余与实施例 21 相同。

25 实施例 44

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 95 : 1.3 : 0.5 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 45

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质

量比为 94.8 : 1.5 : 0.5 以外, 其余与实施例 21 相同。

实施例 46

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 96 : 0.5 : 0.3 以外, 其余与实施例 21 相同。

5 实施例 47

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 95.8 : 0.5 : 0.5 以外, 其余与实施例 21 相同。

实施例 48

10 除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 95.6 : 0.5 : 0.7 以外, 其余与实施例 21 相同。

实施例 49

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 95.4 : 0.5 : 0.9 以外, 其余与实施例 21 相同。

实施例 50

15 除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 95.2 : 0.5 : 1.1 以外, 其余与实施例 21 相同。

实施例 51

除了去掉在步骤 (2) 正极极片的制备中的碳纳米管, 磷酸铁锰锂和纳米颗粒导电碳的质量比为 95.3 : 1.5 以外, 其余与实施例 21 相同。

20 实施例 52

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 磷酸铁锰锂和纳米颗粒导电碳的质量比为 94.8 : 2 以外, 其余与实施例 51 相同。

实施例 53

25 除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、粘结剂的质量比为 86.8 : 5 : 8 以外, 其余与实施例 51 相同。

实施例 54

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中, 磷酸铁锰锂和纳米颗粒导电碳、粘结剂的质量比为 79.8 : 10 : 10 以外, 其余与实施例 51 相同。

实施例 55

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂和纳米颗粒导电碳、粘结剂的质量比为 71.8：15：13 以外，其余与实施例 51 相同。

实施例 56

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管、粘
5 结剂的质量比 59.8：15：5：20 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 57

除了在步骤（1）粘结剂的制备中，粘结剂选用聚丙烯酸钠以外，其余与实施例 21 相
同。

实施例 58

10 除了在步骤（1）粘结剂的制备中，粘结剂选用聚丙烯酰胺以外，其余与实施例 21 相
同。

实施例 59

除了在步骤（1）粘结剂的制备中，丙烯腈、丙烯酸钠和丙烯酰胺的质量比为 30：60
：10 以外，其余与实施例 21 相同。

15 实施例 60

除了在步骤（1）粘结剂的制备中，丙烯腈、丙烯酸钠和丙烯酰胺的质量比为 30：10
：60 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 61

20 除了在步骤（1）粘结剂的制备中，丙烯腈、丙烯酸钠和丙烯酰胺的质量比为 55：35
：10 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 62

除了在步骤（1）粘结剂的制备中，丙烯腈、丙烯酸钠和丙烯酰胺的质量比为 55：10
：35 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 63

25 除了在步骤（1）粘结剂的制备中，丙烯腈、丙烯酸钠和丙烯酰胺的质量比为 70：20
：10 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 64

除了在步骤（1）粘结剂的制备中，按质量比为 42：45：10：3 向反应釜加入以下单
体：丙烯腈、丙烯酸钠、丙烯酰胺和丙烯酸酯制备粘结剂以外，其余与实施例 18 相同。

实施例 65

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂与步骤（1）中得到的粘结剂质量比为 97.6 : 1 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 66

5 除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂与步骤（1）中得到的粘结剂质量比为 96.6 : 2 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 67

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂与步骤（1）中得到的粘结剂质量比为 94.6 : 4 以外，其余与实施例 21 相同。

10 **实施例 68**

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂与步骤（1）中得到的粘结剂质量比为 93.6 : 5 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 69

15 除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂与步骤（1）中得到的粘结剂质量比为 90.6 : 8 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 70

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂与步骤（1）中得到的粘结剂质量比为 88.6 : 10 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 71

20 除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂与步骤（1）中得到的粘结剂质量比为 86.6 : 12 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 72

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂与步骤（1）中得到的粘结剂质量比为 83.6 : 15 以外，其余与实施例 21 相同。

25 **实施例 73**

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂与步骤（1）中得到的粘结剂质量比为 80.6 : 18 以外，其余与实施例 21 相同。

实施例 74

除了在步骤（2）正极极片的制备中，磷酸铁锰锂与步骤（1）中得到的粘结剂质量比

为 78.6 : 20 以外，其余与实施例 21 相同。

对比例 1

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，不含流平剂聚乙氧基丙氧基丙烯酸，磷酸铁锂、步骤 (1) 中得到的粘结剂、纳米颗粒导电碳、碳纳米管的质量比为 95.8 : 3 : 0.7 : 0.5 以外，其余与实施例 1 相同。

对比例 2

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，磷酸铁锂与聚乙氧基丙氧基丙烯酸的质量比为 95.795 : 0.005 以外，其余与实施例 1 相同。

对比例 3

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，流平剂选用聚丙烯醇，磷酸铁锂与聚丙烯醇的质量比为 80.8 : 15 以外，其余与实施例 1 相同。

对比例 4

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，正极活性材料选用钴酸锂以外，其余与实施例 21 相同。

对比例 5

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，正极活性材料选用磷酸铁锂、导电剂选用纳米颗粒导电碳，磷酸铁锂与纳米颗粒导电碳的质量比为 70.6 : 25 以外，其余与实施例 21 相同。

对比例 6

除了在步骤 (2) 正极极片的制备中，磷酸铁锂与步骤 (1) 中得到的粘结剂的质量比为 75.6 : 23 以外，其余与实施例 21 相同。

表 1 实施例 1-19 和对比例 1-3 的制备参数及测试结果

	流平剂成分	流平剂含量	流平剂重均分子量	第一材料层的厚度最大值与最小值之差 (μm)	正极极片充满后的电阻 (Ω)	90°垂直侧边穿钉通过率 (通过次数/总测试次数)
实施例 1	聚乙氧基丙氧基丙烯酸	0.30%	20000	1.2	30	19/20
实施例 2	聚羧酸钠	1.00%	20000	2.0	30	15/20
实施例 3	聚硅氧烷	0.20%	20000	2.8	30	15/20

实施例 4	聚丙烯酸甲酯	0.30%	20000	2.5	30	15/20
实施例 5	聚丙烯醇	2.00%	20000	2.5	30	15/20
实施例 6	聚乙二醚	8.00%	20000	3.0	30	15/20
实施例 7	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	0.01%	20000	2.9	30	15/20
实施例 8	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	0.05%	20000	2.8	30	15/20
实施例 9	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	0.10%	20000	2	30	15/20
实施例 10	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	0.40%	20000	1.5	30	19/20
实施例 11	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	0.50%	20000	1.5	30	19/21
实施例 12	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	0.80%	20000	2.0	30	15/20
实施例 13	聚羧酸钠	3.00%	20000	2.0	30	17/20
实施例 14	聚羧酸钠	5.00%	20000	2.5	30	15/20
实施例 15	聚丙烯醇	8.00%	20000	3.0	30	15/20
实施例 16	聚丙烯醇	10.00%	20000	3.0	30	15/20
实施例 17	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	0.30%	5000	2.0	30	19/20
实施例 18	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	0.30%	30000	1.5	30	19/20
实施例 19	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	0.30%	50000	1.8	30	19/20
对比例 1	/	/	/	5	30	9/20
对比例 2	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	0.005%	20000	4	30	10/20
对比例 3	聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯	15.00%	20000	5	30	9/20

表 2 实施例 20-74 和对比例 4-6 的制备参数及测试结果

实施例	第一材料层中活性材料成分	第一材料层中活性材料含量	第一材料层中活性材料 Dv99 (μm)	第一材料层中导电剂成分	第一材料层中导电剂质量百分含量	第一材料层中粘结剂成分	第一材料层中粘结剂质量百分含量	第一材料层厚度 (μm)	第一材料与集流体粘接力 (N/m)	正极充满电阻 (Ω)	90°垂直侧面穿钉通过率 (通过次数/总测试次数)
实施例 20	磷酸铁锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	30	19/20
实施例 21	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	30	19/20
实施例 22	锰酸锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	30	19/20
实施例 23	磷酸铁 锰锂	96.6%	0.02	碳纳米管	0.2%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	0.06	300	20	12/20
实施例 24	磷酸铁 锰锂	96.6%	0.06	碳纳米管	0.2%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	0.15	300	15	14/20

实施例 25	磷酸铁 锰锂	96.0%	0.5	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.3%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	2	300	20	19/20
实施例 26	磷酸铁 锰锂	96.0%	1	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.3%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	3	280	25	19/20
实施例 27	磷酸铁 锰锂	95.6%	3	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	30	19/20
实施例 28	磷酸铁 锰锂	95.6%	7	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	9	280	30	19/20
实施例 29	磷酸铁 锰锂	95.6%	11	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	13	280	35	19/20
实施例 30	磷酸铁 锰锂	95.6%	15	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	17	280	40	19/20
实施例 31	磷酸铁 锰锂	95.6%	18	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	19.5	280	45	19/20

实施例 32	磷酸铁 锰锂	95.6%	19.9	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	20	280	45	19/20
实施例 33	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	石墨烯	1.2%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	40	19/20
实施例 34	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	网状石墨 纤维	1.2%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	20	19/20
实施例 35	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	科琴黑	1.2%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	30	19/20
实施例 36	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	石墨纤维	1.2%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	30	19/20
实施例 37	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 网状石墨 纤维	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	25	19/20
实施例 38	磷酸铁 锰锂	98.7%	4	网状石墨 纤维	0.1%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	1%	5	201	50	12/20

实施例 39	磷酸铁 锰锂	98.3%	4	碳纳米管	0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	1%	5	201	45	11/20
实施例 40	磷酸铁 锰锂	96.2%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.1%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	40	19/20
实施例 41	磷酸铁 锰锂	96%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.3%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	35	19/20
实施例 42	磷酸铁 锰锂	95.4%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.9%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	30	19/20
实施例 43	磷酸铁 锰锂	95.2%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	1.1%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	25	19/20
实施例 44	磷酸铁 锰锂	95.0%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	1.3%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	20	17/20
实施例 45	磷酸铁 锰锂	94.8%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	1.5%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	15	15/20

实施例 46	磷酸铁 锰锂	96.0%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.5%+0.3%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	35	19/20
实施例 47	磷酸铁 锰锂	95.8%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.5%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	30	19/20
实施例 48	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.5%+0.7%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	25	19/20
实施例 49	磷酸铁 锰锂	95.4%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.5%+0.9%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	20	17/20
实施例 50	磷酸铁 锰锂	95.2%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.5%+1.1%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	15	15/20
实施例 51	磷酸铁 锰锂	95.3%	4	纳米颗粒 导电碳	1.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	30	19/20
实施例 52	磷酸铁 锰锂	94.8%	4	纳米颗粒 导电碳	2.0%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	25	19/20

实施例 53	磷酸铁 锰锂	86.8%	4	纳米颗粒 导电碳	5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	8%	5	280	30	19/20
实施例 54	磷酸铁 锰锂	79.8%	4	纳米颗粒 导电碳	10%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	10%	5	280	30	19/20
实施例 55	磷酸铁 锰锂	71.8%	4	纳米颗粒 导电碳	15%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	13%	5	280	30	19/20
实施例 56	磷酸铁 锰锂	59.8%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	15%+5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	20%	5	280	30	19/20
实施例 57	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	聚丙烯酸钠	3%	5	230	30	17/20
实施例 58	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	聚丙烯酰胺	3%	5	230	30	17/20
实施例 59	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (30%) + 丙烯酸 钠 (60%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	230	30	17/20

实施例 60	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (30%) + 丙烯酸 钠 (10%) + 丙烯酰胺 (60%) 的聚合物	3%	5	230	30	17/20
实施例 61	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (55%) + 丙烯酸 钠 (35%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	260	30	19/20
实施例 62	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (55%) + 丙烯酸 钠 (10%) + 丙烯酰胺 (35%) 的聚合物	3%	5	260	30	19/20
实施例 63	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (70%) + 丙烯酸 钠 (20%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	230	30	17/20
实施例 64	磷酸铁 锰锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (42%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) + 丙烯酸酯 (3%) 的聚合物	3%	5	230	30	17/20
实施例 65	磷酸铁 锰锂	97.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	1%	5	201	20	11/20
实施例 66	磷酸铁 锰锂	96.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	2%	5	230	20	15/20

实施 例 67	磷酸铁 锰锂	94.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	4%	5	280	30	19/20
实施 例 68	磷酸铁 锰锂	93.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	5%	5	290	30	19/20
实施 例 69	磷酸铁 锰锂	90.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	8%	5	300	35	19/20
实施 例 70	磷酸铁 锰锂	88.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	10%	5	310	40	19/20
实施 例 71	磷酸铁 锰锂	86.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	12%	5	310	45	19/20
实施 例 72	磷酸铁 锰锂	83.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	15%	5	250	50	19/20
实施 例 73	磷酸铁 锰锂	80.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	18%	5	210	55	19/20

实施例 74	磷酸铁 锰锂	78.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	20%	5	201	60	19/20
对比 例 4	钴酸锂	95.6%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	8	0/20
对比 例 5	磷酸铁 锂	71.8%	4	纳米颗粒 导电碳	25%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	3%	5	280	9	0/20
对比 例 6	磷酸铁 锰锂	75.60%	4	纳米颗粒 导电碳+ 碳纳米管	0.7%+0.5%	丙烯腈 (45%) + 丙烯酸 钠 (45%) + 丙烯酰胺 (10%) 的聚合物	23%	5	160	30	8/20

从表 1 实施例 1-19 和对比例 1-3 可以看出,具有本申请正极极片的锂离子电池,其 90° 垂直侧边穿钉通过率明显高于对比例提供的锂离子电池,表明本申请提供的锂离子电池的安全可靠性明显提高。

5 从表 1 实施例 1-19 和对比例 1-3 还可以看出,本申请提供的正极极片,其中第一材料层的厚度最大值与最小值之差均小于对比例提供的正极极片,表明本申请提供的正极极片上的第一材料层的厚度均匀性更好。

从表 1 实施例 1-19 和对比例 1-3 还可以看出,本申请提供的正极极片,只要使得满充电阻在本申请保护的范围内,就能够提高本申请锂离子电池的安全可靠性。

10 从表 2 实施例 20-74 和对比例 4 可以看出,具有本申请正极极片的锂离子电池,其 90° 垂直侧边穿钉通过率明显高于对比例提供的锂离子电池,这可能是由于磷酸铁锂、磷酸铁锰锂和锰酸锂的满充电阻均大于钴酸锂,在钢钉穿过的瞬间更不容易起火或爆炸,从而表明本申请提供的锂离子电池的安全可靠性得到了提高。

15 从表 2 实施例 23-32 可以看出,随着第一材料层中的活性材料的 D_{v99} 增大,锂离子电池具有高的穿钉通过率。表明只要使得活性材料的 D_{v99} 在本申请保护的范围内,就能够得到安全性能良好的锂离子电池。

从表 2 实施例 65-74 和对比例 6 可以看出,具有本申请正极极片,只要使得第一材料层中粘结剂的含量在本申请的保护范围内,得到的锂离子电池的安全则具有高的穿钉通过率,从而提高锂离子电池的安全可靠性。

20 从表 2 实施例 20-74 和对比例 4-5 可以看出,本申请提供的正极极片,其满充电阻在本申请保护的范围内,而对比例 4 和 5 在本申请的保护范围之外,这可能是由于对比例 4 中钴酸锂的电阻较小、对比例 5 中导电剂的含量偏高,从而导致对比例 4 和 5 的穿钉测试通过率为 0。表明本申请提供的正极极片其满充电阻在本申请保护的范围内,可以提高锂离子电池的穿钉测试通过率,从而提高锂离子电池的安全可靠性。

25 综上所述,本申请提供的正极极片厚度均匀性高,集流体和第二材料层与第一材料层之间的粘结力强,将其应用于锂离子电池,能够有效降低由于外力撞击或穿刺等原因造成的安全事故发生概率,从而提高锂离子电池的安全可靠性。

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。

权 利 要 求

- 1、一种电化学装置，包括正极，所述正极包含集流体、第一材料层和第二材料层，所述第二材料层设置在所述集流体的至少一个表面上，所述第一材料层设置在所述集流体和所述第二材料层之间，其中，所述第一材料层的厚度最大值与最小值之差不大于 $3\mu\text{m}$ 。
- 5 2、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述第一材料层包括流平剂，所述流平剂为重均分子量不高于 50000 的聚合物。
- 3、根据权利要求 2 所述的电化学装置，其中，所述流平剂包括烯烃类衍生物的聚合物、羧酸盐类聚合物、硅氧烷类聚合物、烯酸酯类聚合物、醇类聚合物或醚类聚合物中的至少一种。
- 10 4、根据权利要求 2 所述的电化学装置，其中，所述流平剂包括羧酸钠聚合物、含氧丙烯酸类衍生物的聚合物或聚硅氧烷中的至少一种。
- 5、根据权利要求 2 所述的电化学装置，所述第一材料层还包括活性材料、粘结剂和导电剂，基于所述第一材料层的总质量，所述活性材料的质量百分含量为 50%至 98.89%，所述粘结剂的质量百分含量为 1%至 20%，所述导电剂的质量百分含量为 0.1%至 20%，所述流平剂的质量百分含量为 0.01%至 10%。
- 15 6、根据权利要求 5 所述的电化学装置，其中，所述粘结剂包括丙烯酸类衍生物的共聚物、聚丙烯酸酯类、丙烯腈多元共聚物、羧甲基纤维素盐中的至少一种。
- 7、根据权利要求 6 所述的电化学装置，其中，所述粘结剂包括由丙烯酸腈、丙烯酸盐、丙烯酰胺、丙烯酸酯中的至少一种单体聚合而成的聚合物。
- 20 8、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述第一材料层单层厚度为 $0.05\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 。
- 9、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述正极满充后的电阻为 10Ω 以上。
- 10、根据权利要求 5 所述的电化学装置，其中，所述活性材料的平均粒径 $Dv99$ 为 $0.01\mu\text{m}$ 至 $19.9\mu\text{m}$ 。
- 25 11、根据权利要求 5 所述的电化学装置，其中，所述导电剂包含片层状、网状、线状或零维导电剂中的至少一种。
- 12、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述第二材料层的单层厚度为 $20\mu\text{m}$

至 200 μm 。

13、根据权利要求 1 或 5 所述的电化学装置，其中，所述正极满足以下特征中的至少一者：

(a) 所述流平剂包含聚乙氧基丙氧基丙烯酸酯；

5 (b) 所述导电剂包含石墨烯、网状石墨纤维、碳纳米管、科琴黑、石墨纤维或纳米颗粒导电碳中的至少一种。

14、一种如权利要求 1-13 中任意一项所述的电化学装置的制备方法，包括：

在集流体的至少一个表面上依次形成第一材料层和第二材料层，其中，所述第一材料层的厚度最大值与最小值之差不大于 3 μm 。

10 15、一种电子装置，其包含权利要求 1-13 中任意一项所述的电化学装置。

-1/2-

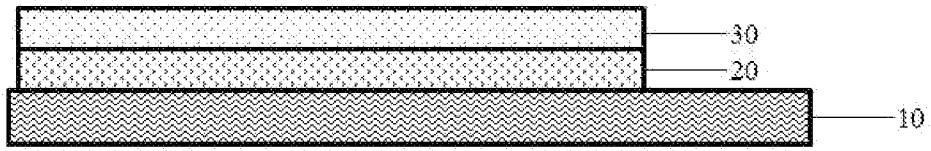


图 1

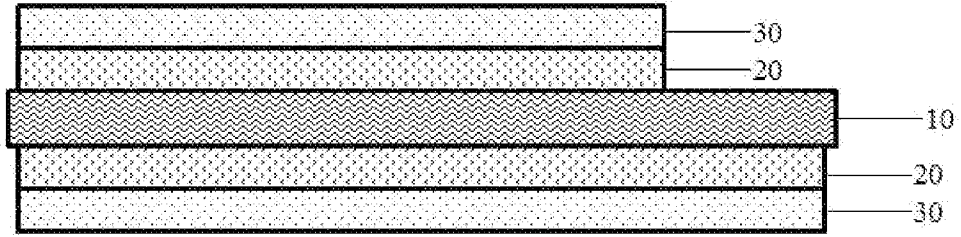


图 2

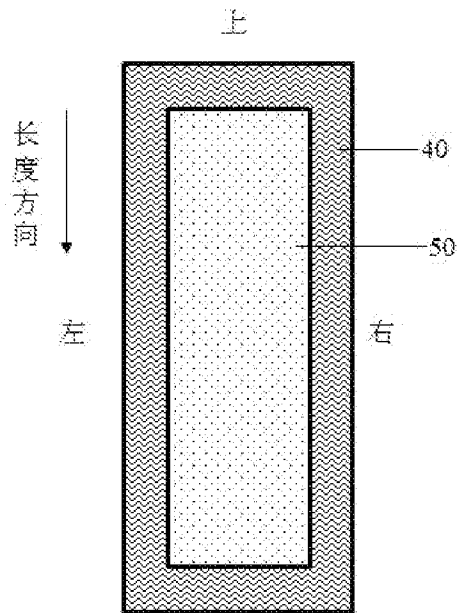


图 3

-2/2-

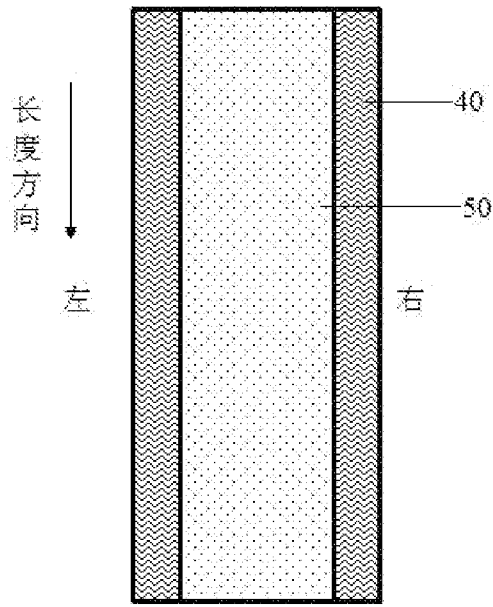


图 4

上

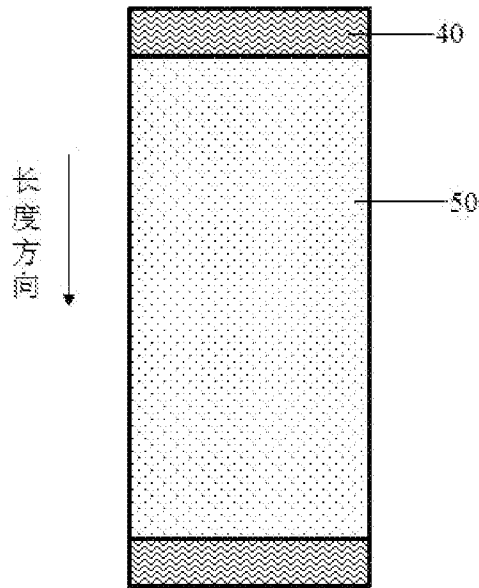


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/142272

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01M 4/13(2010.01)i; H01M 10/0525(2010.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
H01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNTXT, CNKI, CNABS, DWPI, SIPOABS: 电池, 正极, 第二材料, 厚度, 粗糙度, 差, battery, cathode, second, thickness, roughness, difference		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 111213266 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 29 May 2020 (2020-05-29) description, paragraphs 0024-0048, and figures 1-4	1-15
A	CN 109004170 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 14 December 2018 (2018-12-14) entire document	1-15
A	JP 2014211945 A (PANASONIC CORP.) 13 November 2014 (2014-11-13) entire document	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
21 June 2021		22 July 2021
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/142272

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111213266	A	29 May 2020	WO	2019077426	A1	25 April 2019
				US	2019115626	A1	18 April 2019
CN	109004170	A	14 December 2018	US	2020266483	A1	20 August 2020
				US	2019267664	A1	29 August 2019
				US	10693181	B2	23 June 2020
JP	2014211945	A	13 November 2014	JP	2014211947	A	13 November 2014
				WO	2013031211	A1	07 March 2013
				JP	2014211946	A	13 November 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/142272

<p>A. 主题的分类</p> <p>H01M 4/13(2010.01)i; H01M 10/0525(2010.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>														
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H01M</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNXTX, CNKI, CNABS, DWPI, SIPOABS: 电池, 正极, 第二材料, 厚度, 粗糙度, 差, battery, cathode, second, thickness, roughness, difference</p>														
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 111213266 A (国际商业机器公司) 2020年 5月 29日 (2020 - 05 - 29) 说明书第0024-0048段, 图1-4</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109004170 A (宁德新能源科技有限公司) 2018年 12月 14日 (2018 - 12 - 14) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2014211945 A (PANASONIC CORP.) 2014年 11月 13日 (2014 - 11 - 13) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 111213266 A (国际商业机器公司) 2020年 5月 29日 (2020 - 05 - 29) 说明书第0024-0048段, 图1-4	1-15	A	CN 109004170 A (宁德新能源科技有限公司) 2018年 12月 14日 (2018 - 12 - 14) 全文	1-15	A	JP 2014211945 A (PANASONIC CORP.) 2014年 11月 13日 (2014 - 11 - 13) 全文	1-15
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求												
X	CN 111213266 A (国际商业机器公司) 2020年 5月 29日 (2020 - 05 - 29) 说明书第0024-0048段, 图1-4	1-15												
A	CN 109004170 A (宁德新能源科技有限公司) 2018年 12月 14日 (2018 - 12 - 14) 全文	1-15												
A	JP 2014211945 A (PANASONIC CORP.) 2014年 11月 13日 (2014 - 11 - 13) 全文	1-15												
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>														
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>														
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2021年 6月 21日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2021年 7月 22日</p>												
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>尹朝丽</p> <p>电话号码 62411670</p>												

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/142272

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	111213266	A	2020年 5月 29日	WO	2019077426	A1	2019年 4月 25日
				US	2019115626	A1	2019年 4月 18日
CN	109004170	A	2018年 12月 14日	US	2020266483	A1	2020年 8月 20日
				US	2019267664	A1	2019年 8月 29日
				US	10693181	B2	2020年 6月 23日
JP	2014211945	A	2014年 11月 13日	JP	2014211947	A	2014年 11月 13日
				WO	2013031211	A1	2013年 3月 7日
				JP	2014211946	A	2014年 11月 13日