(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2023 年 12 月 7 日 (07.12.2023)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2023/230985 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 4/36 (2006.01) *H01M 4/505* (2010.01)
H01M 4/525 (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/096833

(22) 国际申请日: 2022 年 6 月 2 日 (02.06.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 宁德时代新能源科技股份有限公司 (**CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LIMITED**) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(72) 发明人: 沈重亨 (**SHEN, Chongheng**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 桓书星 (**HUAN, Shuxing**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 罗东升 (**LUO, Dongsheng**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 王帮润 (**WANG, Bangrun**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 吴奇 (**WU, Qi**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 陈强 (**CHEN, Qiang**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 柳娜 (**LIU, Na**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(74) 代理人: 北京北翔知识产权代理有限公司 (**PEKSUNG INTELLECTUAL PROPERTY LTD.**); 中国北京市海淀区学院路30号科大天工大厦B座16层01室, Beijing 100083 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) **Title:** LITHIUM-ION BATTERY POSITIVE ELECTRODE PLATE, AND LITHIUM-ION BATTERY AND ELECTRIC DEVICE COMPRISING SAME

(54) 发明名称: 锂离子电池正极极片、包含其的锂离子电池及用电装置

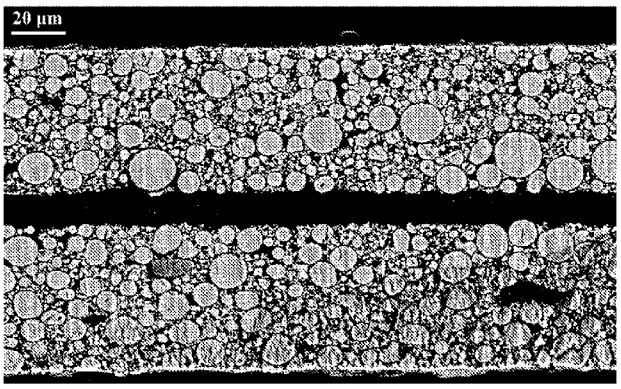


图 1

(57) **Abstract:** Provided in the present application is a lithium-ion battery positive electrode plate, comprising a positive electrode current collector and a positive electrode film layer arranged on at least one surface of the positive electrode current collector, wherein the positive electrode film layer comprises a positive electrode active material mixture composed of the following substances: first positive electrode active material polycrystalline particles having a particle size of 11.0-20.0 μm, second positive electrode active material polycrystalline particles having a particle size of 6.0-10.5 μm, and third positive electrode active material single-crystal particles having a particle size of 1.1-5.2 μm, wherein the number of the first positive electrode active material polycrystalline particles is a, the number of the second positive electrode active material polycrystalline particles is b, the number of the third positive electrode active material single-crystal particles is c, and (a+b) : c is in the range of 5.7 : 4.3 to 7.7: 2.3. Further provided in the present application are a lithium-ion battery, a battery module, a battery pack and an electric device comprising the positive electrode plate.

(57) 摘要: 本申请提供一种锂离子电池正极极片，包括正极集流体以及设置在正极集流体至少一个表

[见续页]

WO 2023/230985 A1

CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, 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))。

面的正极膜层，所述正极膜层包含由以下物质组成的正极活性材料混合物：粒径为11.0～20.0μm的第一正极活性材料多晶颗粒；粒径为6.0～10.5μm的第二正极活性材料多晶颗粒；以及粒径为1.1～5.2μm的第三正极活性材料单晶颗粒，其中，所述第一正极活性材料多晶颗粒的数量为a，所述第二正极活性材料多晶颗粒的数量为b，所述第三正极活性材料单晶颗粒的数量为c，(a+b)：c在5.7：4.3～7.7：2.3的范围内。本申请还提供包含该正极极片的锂离子电池、电池模块、电池包及用电装置。

锂离子电池正极极片、包含其的锂离子电池及用电装置

技术领域

本申请涉及锂电池技术领域，尤其涉及一种锂离子电池正极极片、包含其的锂离子电池及用电装置。

背景技术

近年来，随着锂离子电池的应用范围越来越广泛，锂离子电池广泛应用于水力、火力、风力和太阳能电站等储能电源系统，以及电动工具、电动自行车、电动摩托车、电动汽车、军事装备、航空航天等多个领域。由于锂离子电池取得了极大的发展，因此对其能量密度、加工性能等也提出了更高的要求。

现有的锂离子电池正极极片中正极活性材料的压实密度与正极活性材料的极限压实密度仍有一定差距。如果单纯通过提高辊的压力来提高正极极片的压实密度，则在较高的活性材料负载量下，极片的延展率可能过大。过大的极片延展率容易导致极片在卷绕或者热压过程中出现脆断等问题。因此，仍需开发在较高的活性材料负载量下，延展率低且压实密度高的锂离子电池正极极片。

发明内容

本申请是鉴于上述课题而进行的，其目的在于，提供一种锂离子电池正极极片，其在较高的活性材料负载量下，仍能在低极片延展率下实现高的极片压实密度。

为了达到上述目的，本申请的第一方面提供了一种锂离子电池正极极片，包括正极集流体以及设置在正极集流体至少一个表面的正极膜层，所述正极膜层包含由以下物质组成的正极活性材料混合物：

粒径为 11.0~20.0 μm 的第一正极活性材料多晶颗粒；

粒径为 6.0~10.5 μm 的第二正极活性材料多晶颗粒；以及

粒径为 1.1~5.2 μm 的第三正极活性材料单晶颗粒，

其中，所述第一正极活性材料多晶颗粒的数量为 a，所述第二正极活性材料多晶颗粒的数量为 b，所述第三正极活性材料单晶颗粒的数量为 c，(a+b):c 在 5.7:4.3~7.7:2.3 的范围内。

由此，本申请通过将三种不同粒径的正极活性材料以特定比例组合，使得所述正极极片在较高的正极材料负载量下，仍然能够在低延展率下获得高压实密度。

在任意实施方式中，(a+b):c 在 6.1:3.9~7.2:2.8 的范围内。通过进一步选择三种正极活性材料颗粒的数量比例，能够进一步提高正极极片的压实密度。

在任意实施方式中，所述第一正极活性材料多晶颗粒、所述第二正极活性材料多晶颗粒和所述第三正极活性材料单晶颗粒均为三元正极活性材料，可选地，所述第一正极活性材料多晶颗粒、所述第二正极活性材料多晶颗粒和所述第三正极活性材料单晶颗粒各自的化学组成相同或不同，并且均具有化学式 $LiNi_aCo_bM_{(1-a-b)}O_2$，其中：$0.8\leq a<1.0$，$0<b<0.2$，且 $a+b<1.0$，M 选自 Mn、Al、B、Zr、Sr、Y、Sb、W、Ti、Mg、Nb 中的一种或者多种。通过将正极活性材料选择为三元材料，以及选择特定的化学组成，有利于获得较高的克容量和首次库伦效率，以及电池的循环寿命。

在任意实施方式中，所述正极膜层的孔隙体积在 $1.2mm^3/g$~$4.0mm^3/g$ 的范围内。通过控制正极膜层的孔隙体积，能够确保正极极片在低延展率下具有较高的压实密度。

在任意实施方式中，所述正极极片的剪切应力在 0.65MPa~0.85MPa 的范围内。这样的正极极片可以保证在高的辊压下极片延展后获得较好的韧性，不易脆断。

在任意实施方式中，所述正极活性材料混合物中，所述第一正极活性材料多晶颗粒的 Dv50 为 12~16 μm，且总质量为 A；所述第二正极活性材料多晶颗粒的 Dv50 为 8~10 μm，且总质量为 B；所述第三正极活性材料单晶颗粒的 Dv50 为 2.5~4 μm，且总质量为 C；

(A+B):C 在 6:4~8:2 的范围内，可选地在 6.5:3.5~7.5:2.5 的范围内。通过控制这三种正极活性材料颗粒的质量比例，能够确保正极极片在低延展率下具有较高的压实密度。

在任意实施方式中，所述正极活性材料混合物在 1 吨压力下的压实密度 CPD-1T 在 3.0g/cm^3~3.2g/cm^3 范围内。通过控制所述正极活性材料混合物在 1 吨压力下的压实密度在上述范围内，能够确保正极极片在低延展率下具有较高的压实密度。

在任意实施方式中，所述正极活性材料混合物的 BET 比表面积在 0.5 m^2/g~0.7m^2/g 范围内。通过控制所述正极活性材料混合物的 BET 比表面积在上述范围内，能够确保正极极片在低延展率下具有较高的压实密度。

在任意实施方式中，所述正极活性材料混合物的 SPAN 值在 1.70~2.20 范围内，其中 SPAN =(Dv90-Dv10)/Dv50。通过控制所述正极活性材料混合物的 SPAN 值在上述范围内，能够确保正极极片在低延展率下具有较高的压实密度。

在任意实施方式中，所述正极活性材料混合物的 Dv99 在 18μm~21μm 范围内。通过控制所述正极活性材料混合物的 Dv99 在上述范围内，能够提高正极极片的压实密度。

在任意实施方式中，所述第一正极活性材料多晶颗粒的 SPAN 值满足 SPAN≤1.20，可选地，0.50≤SPAN≤1.00。通过控制所述第一正极活性材料多晶颗粒的 SPAN 值在上述范围内，可以提供充分的填充空间并为正极极片提供较高的克容量发挥。

在任意实施方式中，所述第二正极活性材料多晶颗粒的 SPAN 值满足 SPAN≥1.20，可选地，1.30≤SPAN≤1.50。通过控制所述第二正极活性材料多晶颗粒的 SPAN 值在上述范围内，可以充分地填补孔隙与空间，提高正极极片的压实密度。

在任意实施方式中，所述第三正极活性材料单晶颗粒的 SPAN 值满足 SPAN≤1.70，可选地，1.10≤SPAN≤1.40。通过控制所述第三正极活性材料单晶颗粒的 SPAN 值在上述范围内，可以为正极极片提

供较高的抗压性。

在任意实施方式中，所述第三正极活性材料单晶颗粒的振实密度TPD≤1.8g/cm^3，可选地，1.2g/cm^3≤TPD≤1.5g/cm^3。当所述第三正极活性材料单晶颗粒的振实密度在上述范围内时，其具有分散性较高的形貌，从而能够进一步提高正极极片的空间利用率，提高极片的压实密度。

本申请的第二方面还提供一种锂离子电池，其包括本申请第一方面的正极极片。

本申请的第三方面提供一种电池模块，包括本申请的第二方面的锂离子电池。

本申请的第四方面提供一种电池包，包括本申请的第三方面的电池模块。

本申请的第五方面提供一种用电装置，包括选自本申请的第二方面的锂离子电池、本申请的第三方面的电池模块或本申请的第四方面的电池包中的至少一种。

附图说明

图 1 为实施例 1 的正极极片的扫描电镜图。

图 2 是本申请一实施方式的锂离子电池的示意图。

图 3 是图 2 所示的本申请一实施方式的锂离子电池的分解图。

图 4 是本申请一实施方式的电池模块的示意图。

图 5 是本申请一实施方式的电池包的示意图。

图 6 是图 5 所示的本申请一实施方式的电池包的分解图。

图 7 是本申请一实施方式的锂离子电池用作电源的用电装置的示意图。

附图标记说明：

1 电池包；2 上箱体；3 下箱体；4 电池模块；5 锂离子电池；51 壳体；52 电极组件；53 顶盖组件

具体实施方式

以下，适当地参照附图详细说明具体公开了本申请的锂离子电池正极极片、包含其的锂离子电池、电池模块、电池包和用电装置的实施方式。但是会有省略不必要的详细说明的情况。例如，有省略对已众所周知的事项的详细说明、实际相同结构的重复说明的情况。这是为了避免以下的说明不必要地变得冗长，便于本领域技术人员的理解。此外，附图及以下说明是为了本领域技术人员充分理解本申请而提供的，并不旨在限定权利要求书所记载的主题。

本申请所公开的“范围”以下限和上限的形式来限定，给定范围是通过选定一个下限和一个上限进行限定的，选定的下限和上限限定了特别范围的边界。这种方式进行限定的范围可以是包括端值或不包括端值的，并且可以进行任意地组合，即任何下限可以与任何上限组合形成一个范围。例如，如果针对特定参数列出了 60-120 和 80-110 的范围，理解为 60-110 和 80-120 的范围也是预料到的。此外，如果列出的最小范围值 1 和 2，和如果列出了最大范围值 3，4 和 5，则下面的范围可全部预料到：1-3、1-4、1-5、2-3、2-4 和 2-5。在本申请中，除非有其他说明，数值范围“a-b”表示 a 到 b 之间的任意实数组合的缩略表示，其中 a 和 b 都是实数。例如数值范围“0-5”表示本文中已经全部列出了“0-5”之间的全部实数，“0-5”只是这些数值组合的缩略表示。另外，当表述某个参数为≥2 的整数，则相当于公开了该参数为例如整数 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 等。

如果没有特别的说明，本申请的所有实施方式以及可选实施方式可以相互组合形成新的技术方案。

如果没有特别的说明，本申请的所有技术特征以及可选技术特征可以相互组合形成新的技术方案。

如果没有特别的说明，本申请的所有步骤可以顺序进行，也可以随机进行，优选是顺序进行的。例如，所述方法包括步骤(a)和(b)，表示所述方法可包括顺序进行的步骤(a)和(b)，也可以包括顺序进行的步骤(b)和(a)。例如，所述提到所述方法还可包括步骤(c)，表示步骤(c)可以任意顺序加入到所述方法，例如，所述方法可以包括步骤(a)、

(b)和(c)，也可包括步骤(a)、(c)和(b)，也可以包括步骤(c)、(a)和(b)等。

如果没有特别的说明，本申请所提到的“包括”和“包含”表示开放式，也可以是封闭式。例如，所述“包括”和“包含”可以表示还可以包括或包含没有列出的其他组分，也可以仅包括或包含列出的组分。

如果没有特别的说明，在本申请中，术语“或”是包括性的。举例来说，短语“A 或 B”表示“A，B，或 A 和 B 两者”。更具体地，以下任一条件均满足条件“A 或 B”：A 为真（或存在）并且 B 为假（或不存在）；A 为假（或不存在）而 B 为真（或存在）；或 A 和 B 都为真（或存在）。

为了实现高的电芯质量与体积能量密度，一方面可以提高正极活性材料的克容量，另一方面可以提高正极极片在高活性材料负载量下的压实密度。然而，如果单纯通过提高辊的压力来提高正极极片的压实密度，则容易出现正极活性材料颗粒粉碎、颗粒滑移等现象，从而导致正极极片出现较大的长度方向延展率，例如大于等于 0.8%。过大的极片延展率容易导致极片在卷绕或者热压过程中出现脆断等问题。因此，仍需开发在较高的活性材料负载量下，延展率低且压实密度高的锂离子电池正极极片。

本申请的发明人发现，当将两种特定粒径范围的正极活性材料多晶颗粒与一种特定粒径范围的正极活性材料单晶颗粒以特定比例混合作为正极活性材料时，所得正极极片能够在低延展率下实现高压实密度。

本申请中所述的“单晶”和“多晶”具有正极活性材料技术领域中通用的含义。一般而言，正极活性材料多晶颗粒指的是由多数个小晶粒堆积形成的类球形团聚体，正极活性材料单晶颗粒指的是边界清晰的小晶粒单独或者几颗堆积形成的单体或者类团聚体。“单晶”和“多晶”可通过本领域公知的方法例如通过扫描电镜观察颗粒形貌来确认。

本申请的一个实施方式中，本申请提供了一种锂离子电池正极极片，包括正极集流体以及设置在正极集流体至少一个表面的正极膜层，所述正极膜层包含由以下物质组成的正极活性材料混合物：

粒径为 11.0~20.0 μm 的第一正极活性材料多晶颗粒；

粒径为 6.0~10.5 μm 的第二正极活性材料多晶颗粒；以及

粒径为 1.1~5.2 μm 的第三正极活性材料单晶颗粒，

其中，所述第一正极活性材料多晶颗粒的数量为 a，所述第二正极活性材料多晶颗粒的数量为 b，所述第三正极活性材料单晶颗粒的数量为 c，(a+b):c 在 5.7:4.3~7.7:2.3 的范围内。

本申请中，颗粒的粒径是指在扫描电子显微镜（SEM）照片中，颗粒上相隔最远的两点间的距离。颗粒的粒径可以采用本领域已知的设备和方法进行测试。例如，使用扫描电子显微镜（例如 ZEISS Sigma 300），参考 JY/T010-1996，获取正极极片的扫描电子显微镜照片。

本申请中，一种颗粒的数量是通过在正极极片上随机选取 10 个区域，分别对各区域拍摄 SEM 照片。通过 SEM 照片统计各测试区域中符合所述粒径范围的该颗粒的数量，并计算各测试区域的该颗粒数量的平均值得到的。

虽然机理尚不明确，但本申请人意外地发现：通过将两种不同粒径的多晶正极活性材料和一种单晶正极活性材料以特定比例组合，能够充分地提高颗粒间的孔隙与体积利用率，并提高该正极极片的抗压能力。因此，所述正极极片在较高的正极活性材料负载量下，仍然能够在低延展率下获得高压实密度。不希望囿于理论，现认为粒径为 11.0~20.0 μm 的第一正极活性材料多晶颗粒作为正极膜层的骨架，粒径过大容易出现颗粒边缘的裂纹，同时限制克容量的发挥，粒径过小则没有骨架的作用。粒径为 6.0~10.5 μm 的第二正极活性材料多晶颗粒作为一级填充物，提高空间利用率，同时提高克容量的发挥。粒径为 1.1~5.2 μm 的第三正极活性材料单晶颗粒作为次级填充物，因为其较高的分散性和抗压性，能充分填充第一正极活性材料多晶颗粒与第二正极活性材料多晶颗粒留下的孔隙。并且，将三者的数量比

(a+b):c 设定在 5.7:4.3~7.7:2.3 的范围内可以最大程度地兼顾克容量与压实密度，这样的密实堆积不容易产生高压下的颗粒位移/滑移，从而避免极片产生较大的延展而导致脆性提高。如果上述比例过小的话会影响电池容量，如果过大则难以起到提高压实密度的作用。

在一些实施方式中，(a+b):c 在 6.1:3.9~7.2:2.8 范围内，例如为 6.2:3.8。通过进一步选择三种正极活性材料颗粒的数量比例，能够进一步提高正极极片的压实密度。

第一正极活性材料多晶颗粒的数量 a 和第二正极活性材料多晶颗粒的数量 b 之间的比例可由本领域技术人员根据实际需要任意选择，例如，a:b 可在 1:9~7.5:2.5 范围内。

所述第一正极活性材料多晶颗粒、所述第二正极活性材料多晶颗粒和所述第三正极活性材料单晶颗粒可具有本领域中常规的正极活性材料的化学组成。作为示例，正极活性材料可包括以下材料中的至少一种：橄榄石结构的含锂磷酸盐、锂过渡金属氧化物及其各自的改性化合物。但本申请并不限定于这些材料，还可以使用其他可被用作电池正极活性材料的传统材料。这些正极活性材料可以仅单独使用一种，也可以将两种以上组合使用。其中，锂过渡金属氧化物的示例可包括但不限于锂钴氧化物（如 $LiCoO_2$）、锂镍氧化物（如 $LiNiO_2$）、锂锰氧化物（如 $LiMnO_2$、$LiMn_2O_4$）、锂镍钴氧化物、锂锰钴氧化物、锂镍锰氧化物、锂镍钴锰氧化物（如 $LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$（也可以简称为 NCM_{333}）、$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$（也可以简称为 NCM_{523}）、$LiNi_{0.5}Co_{0.25}Mn_{0.25}O_2$（也可以简称为 NCM_{211}）、$LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$（也可以简称为$NCM_{622}$）、$LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$（也可以简称为$NCM_{811}$）、锂镍钴铝氧化物（如 $LiNi_{0.85}Co_{0.15}Al_{0.05}O_2$）及其改性化合物等中的至少一种。橄榄石结构的含锂磷酸盐的示例可包括但不限于磷酸铁锂（如 $LiFePO_4$（也可以简称为 LFP））、磷酸铁锂与碳的复合材料、磷酸锰锂（如 $LiMnPO_4$）、磷酸锰锂与碳的复合材料、磷酸锰铁锂、磷酸锰铁锂与碳的复合材料中的至少一种。

在一些实施方式中，所述第一正极活性材料多晶颗粒、所述第二

正极活性材料多晶颗粒和所述第三正极活性材料单晶颗粒均为三元正极活性材料，可选地，所述第一正极活性材料多晶颗粒、所述第二正极活性材料多晶颗粒和所述第三正极活性材料单晶颗粒各自的化学组成相同或不同，并且均具有化学式 $LiNi_aCo_bM_{(1-a-b)}O_2$，其中：$0.8\leq a<1.0$，$0<b<0.2$，且 $a+b<1.0$，M 选自 Mn、Al、B、Zr、Sr、Y、Sb、W、Ti、Mg、Nb 中的一种或者多种。通过将正极活性材料选择为三元材料，以及选择特定的化学组成，有利于获得较高的克容量和首次库伦效率，以及电池的循环寿命。

在一些实施方式中，所述正极膜层的孔隙体积在 $1.2mm^3/g$~$4.0mm^3/g$ 的范围内，可选地在 $1.2mm^3/g$~$2.0mm^3/g$ 的范围内。通过控制正极膜层的孔隙体积，能够确保正极极片在低延展率下具有较高的压实密度。

孔隙体积具有本领域中公知的含义。本申请中，所述正极膜层的孔隙体积可以采用本领域公知的方法测量。作为示例，可以参考 GB/T 21650.2-2008/ISO 15901-2: 2006《压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度》的第二部分：气体吸附法分析介孔和大孔，采用设备 AccuPyc II 1340 真密度仪进行测定。

在一些实施方式中，所述正极极片的剪切应力在 0.65MPa~0.85MPa 的范围内。这样的正极极片较大的抗拉伸强度，可以保证在高的辊压下极片延展后获得较好的韧性，不易脆断。

剪切应力具有本领域中公知的含义。本申请中，剪切应力通过下述方法测量：取待测的极片，截取宽度为 0.02m、长度为 0.1m 的试样，所述试样边缘具有用于焊接极耳的裸露的集流体区域；将宽度为 0.02m、长度为 0.09m 的双面胶带贴于宽度为 0.02m、长度为 0.2m 的钢板上，其中双面胶带的一端与钢板的一端平齐；将极片试样贴在双面胶带上，试样的一端与双面胶带的一端平齐；将宽度为 0.02m、长度为 0.15m 的纸带固定在极片试样的裸露的集流体表面；将钢板未贴极片的一端用拉力机的下夹具固定，将纸带向上翻折，用上夹具固定，开启拉力机，以 0.05m/min 的拉伸速度进行 180°连续拉伸；记录

极片断裂时，拉力机所显示的最大载荷，记为该极片的剪切应力。

在一些实施方式中，所述正极活性材料混合物中，所述第一正极活性材料多晶颗粒的Dv50为12~16μm，例如12~13μm、13~16μm，且总质量为A；所述第二正极活性材料多晶颗粒的Dv50为8~10μm，例如8~9μm、9~10μm，且总质量为B；所述第三正极活性材料单晶颗粒的Dv50为2.5~4μm，例如2.5~3μm、3~4μm，且总质量为C；(A+B):C在6:4~8:2的范围内，可选地在6.5:3.5~7.5:2.5的范围内。通过控制这三种正极活性材料颗粒的质量比例，能够确保正极极片在低延展率下具有较高的压实密度。

第一正极活性材料多晶颗粒的总质量 A 和第二正极活性材料多晶颗粒的总质量 B 之间的比例可由本领域技术人员根据实际需要任意选择，例如，A:B 可在 2:8~7:3 范围内。

本申请中，正极活性材料颗粒的体积分布粒度Dv50以及下文提到的Dv10、Dv90、Dv99为本领域的公知概念。具体地，Dv10为颗粒以体积为基准的粒度分布中，从小粒径侧起、达到体积累计10%的粒径。Dv50为颗粒以体积为基准的粒度分布中，从小粒径侧起、达到体积累计50%的粒径。Dv90为颗粒以体积为基准的粒度分布中，从小粒径侧起、达到体积累计90%的粒径。Dv99为颗粒以体积为基准的粒度分布中，从小粒径侧起、达到体积累计99%的粒径。颗粒体积分布粒度Dv10、Dv50、Dv90、Dv99的测试方法可以采用本领域公知的方法。作为示例，可以参考GB/T 19077-2016/ISO 13320:2009粒度分布激光衍射法，采用设备马尔文3000进行测定。

在一些实施方式中，所述正极活性材料混合物在1吨压力下的压实密度CPD-1T在3.0g/cm^3~3.2g/cm^{3}范围内，可选地在3.1g/cm^3~3.2g/cm^{3}范围内。通过控制所述正极活性材料混合物在1吨压力下的压实密度在上述范围内，能够确保正极极片在低延展率下具有较高的压实密度。

本申请中，正极活性材料混合物在 1 吨压力下的压实密度CPD-1T （Compression Density）的测试方法可以采用本领域公知的

方法。作为示例，可以参考 GB/T 5162-2006《锂离子电池石墨类负极材料》，采用设备 UTM7305 电子压力试验机进行测定。

在一些实施方式中，所述正极活性材料混合物的 BET 比表面积在 0.5 m^2/g~0.7m^2/g 范围内，可选地在 0.59 m^2/g~0.63m^2/g 范围内。通过控制所述正极活性材料混合物的 BET 比表面积在上述范围内，能够确保正极极片在低延展率下具有较高的压实密度。

本申请中，正极活性材料混合物的 BET 比表面积的测试方法可以采用本领域公知的方法。作为示例，可以参考 GB/T 19587-2017《气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积》，采用设备 TriStar II 3020 进行测定。

在一些实施方式中，所述正极活性材料混合物的 SPAN 值在 1.70~2.20 范围内，其中 SPAN =(Dv90-Dv10)/Dv50。可选地，所述正极活性材料混合物的 SPAN 值在 1.75~2.10 范围内。通过控制所述正极活性材料混合物的 SPAN 值在上述范围内，能够确保正极极片在低延展率下具有较高的压实密度。

在一些实施方式中，所述正极活性材料混合物的 Dv99 在 18 μm~21 μm 范围内，可选地在 19.5 μm~21 μm 范围内。通过控制所述正极活性材料混合物的 Dv99 在上述范围内，能够提高正极极片的压实密度。

在一些实施方式中，所述第一正极活性材料多晶颗粒的 SPAN 值满足 SPAN≤1.20，可选地，0.50≤SPAN≤1.00。通过控制所述第一正极活性材料多晶颗粒的 SPAN 值在上述范围内，可以提供充分的填充空间并为正极极片提供较高的克容量发挥。

在一些实施方式中，所述第二正极活性材料多晶颗粒的 SPAN 值满足 SPAN≥1.20，可选地，1.30≤SPAN≤1.50。通过控制所述第二正极活性材料多晶颗粒的 SPAN 值在上述范围内，可以充分地填补孔隙与空间，提高正极极片的压实密度。

在一些实施方式中，所述第三正极活性材料单晶颗粒的 SPAN 值满足 SPAN≤1.70，可选地，1.10≤SPAN≤1.40。通过控制所述第三

正极活性材料单晶颗粒的 SPAN 值在上述范围内，可以为正极极片提供较高的抗压性，从而提高正极极片的压实密度。

在一些实施方式中，所述第三正极活性材料单晶颗粒的振实密度 TPD≤1.8g/cm^3，可选地，1.2g/cm^3≤TPD≤1.5g/cm^3。当所述第三正极活性材料单晶颗粒的振实密度在上述范围内时，其具有分散性较高的形貌，从而能够进一步提高正极极片的空间利用率，提高极片的压实密度。

本申请中，正极活性材料颗粒的振实密度 TPD（Tap Density）的测试方法可以采用本领域公知的方法。作为示例，可以参考 GB/T 24533-2009《金属粉末振实密度的测定》，采用设备丹东百特 BT-300 型号振实密度仪进行测定。

另外，以下适当参照附图对本申请的锂离子电池、电池模块、电池包和用电装置进行说明。

本申请的一个实施方式中，提供一种锂离子电池。

通常情况下，锂离子电池包括正极极片、负极极片、电解质和隔离膜。在电池充放电过程中，活性离子在正极极片和负极极片之间往返嵌入和脱出。电解质在正极极片和负极极片之间起到传导离子的作用。隔离膜设置在正极极片和负极极片之间，主要起到防止正负极短路的作用，同时可以使离子通过。

[正极极片]

正极极片如上文所定义，包括正极集流体以及设置在正极集流体至少一个表面的正极膜层。

作为示例，正极集流体具有在其自身厚度方向相对的两个表面，正极膜层设置在正极集流体相对的两个表面的其中任意一者或两者上。

在一些实施方式中，所述正极集流体可采用金属箔片或复合集流体。例如，作为金属箔片，可采用铝箔。复合集流体可包括高分子材料基层和形成于高分子材料基层至少一个表面上的金属层。复合集流体可通过将金属材料（铝、铝合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银及

银合金等）形成在高分子材料基材（如聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚苯乙烯（PS）、聚乙烯（PE）等的基材）上而形成。

在一些实施方式中，正极膜层还可选地包括粘结剂。作为示例，所述粘结剂可以包括聚偏氟乙烯（PVDF）、聚四氟乙烯（PTFE）、偏氟乙烯-四氟乙烯-丙烯三元共聚物、偏氟乙烯-六氟丙烯-四氟乙烯三元共聚物、四氟乙烯-六氟丙烯共聚物及含氟丙烯酸酯树脂中的至少一种。

在一些实施方式中，正极膜层还可选地包括导电剂。作为示例，所述导电剂可以包括超导碳、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯及碳纳米纤维中的至少一种。

在一些实施方式中，可以通过以下方式制备正极极片：将上述用于制备正极极片的组分，例如正极活性材料、导电剂、粘结剂和任意其他的组分分散于溶剂（例如 N-甲基吡咯烷酮）中，形成正极浆料；将正极浆料涂覆在正极集流体上，经烘干、冷压等工序后，即可得到正极极片。

[负极极片]

负极极片包括负极集流体以及设置在负极集流体至少一个表面上的负极膜层，所述负极膜层包括负极活性材料。

作为示例，负极集流体具有在其自身厚度方向相对的两个表面，负极膜层设置在负极集流体相对的两个表面中的任意一者或两者上。

在一些实施方式中，所述负极集流体可采用金属箔片或复合集流体。例如，作为金属箔片，可以采用铜箔。复合集流体可包括高分子材料基层和形成于高分子材料基材至少一个表面上的金属层。复合集流体可通过将金属材料（铜、铜合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银及银合金等）形成在高分子材料基材（如聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚苯乙烯（PS）、聚乙烯（PE）等的基材）上而形成。

在一些实施方式中，负极活性材料可采用本领域公知的用于电池

的负极活性材料。作为示例，负极活性材料可包括以下材料中的至少一种：人造石墨、天然石墨、软炭、硬炭、硅基材料、锡基材料和钛酸锂等。所述硅基材料可选自单质硅、硅氧化合物、硅碳复合物、硅氮复合物以及硅合金中的至少一种。所述锡基材料可选自单质锡、锡氧化合物以及锡合金中的至少一种。但本申请并不限定于这些材料，还可以使用其他可被用作电池负极活性材料的传统材料。这些负极活性材料可以仅单独使用一种，也可以将两种以上组合使用。

在一些实施方式中，负极膜层还可选地包括粘结剂。所述粘结剂可选自丁苯橡胶（SBR）、聚丙烯酸（PAA）、聚丙烯酸钠（PAAS）、聚丙烯酰胺（PAM）、聚乙烯醇（PVA）、海藻酸钠（SA）、聚甲基丙烯酸（PMAA）及羧甲基壳聚糖（CMCS）中的至少一种。

在一些实施方式中，负极膜层还可选地包括导电剂。导电剂可选自超导碳、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯及碳纳米纤维中的至少一种。

在一些实施方式中，负极膜层还可选地包括其他助剂，例如增稠剂（如羧甲基纤维素钠（CMC-Na））等。

在一些实施方式中，可以通过以下方式制备负极极片：将上述用于制备负极极片的组分，例如负极活性材料、导电剂、粘结剂和任意其他组分分散于溶剂（例如去离子水）中，形成负极浆料；将负极浆料涂覆在负极集流体上，经烘干、冷压等工序后，即可得到负极极片。

[电解质]

电解质在正极极片和负极极片之间起到传导离子的作用。本申请对电解质的种类没有具体的限制，可根据需求进行选择。例如，电解质可以是液态的、凝胶态的或全固态的。

在一些实施方式中，所述电解质采用电解液。所述电解液包括电解质盐和溶剂。

在一些实施方式中，电解质盐可选自六氟磷酸锂、四氟硼酸锂、高氯酸锂、六氟砷酸锂、双氟磺酰亚胺锂、双三氟甲磺酰亚胺锂、三氟甲磺酸锂、二氟磷酸锂、二氟草酸硼酸锂、二草酸硼酸锂、二氟二

草酸磷酸锂及四氟草酸磷酸锂中的至少一种。

在一些实施方式中，溶剂可选自碳酸亚乙酯、碳酸亚丙酯、碳酸甲乙酯、碳酸二乙酯、碳酸二甲酯、碳酸二丙酯、碳酸甲丙酯、碳酸乙丙酯、碳酸亚丁酯、氟代碳酸亚乙酯、甲酸甲酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸丙酯、丙酸甲酯、丙酸乙酯、丙酸丙酯、丁酸甲酯、丁酸乙酯、1,4-丁内酯、环丁砜、二甲砜、甲乙砜及二乙砜中的至少一种。

在一些实施方式中，所述电解液还可选地包括添加剂。例如添加剂可以包括负极成膜添加剂、正极成膜添加剂，还可以包括能够改善电池某些性能的添加剂，例如改善电池过充性能的添加剂、改善电池高温或低温性能的添加剂等。

[隔离膜]

在一些实施方式中，锂离子电池中还包括隔离膜。本申请对隔离膜的种类没有特别的限制，可以选用任意公知的具有良好的化学稳定性和机械稳定性的多孔结构隔离膜。

在一些实施方式中，隔离膜的材质可选自玻璃纤维、无纺布、聚乙烯、聚丙烯及聚偏二氟乙烯中的至少一种。隔离膜可以是单层薄膜，也可以是多层复合薄膜，没有特别限制。在隔离膜为多层复合薄膜时，各层的材料可以相同或不同，没有特别限制。

在一些实施方式中，正极极片、负极极片和隔离膜可通过卷绕工艺或叠片工艺制成电极组件。

在一些实施方式中，锂离子电池可包括外包装。该外包装可用于封装上述电极组件及电解质。

在一些实施方式中，锂离子电池的外包装可以是硬壳，例如硬塑料壳、铝壳、钢壳等。锂离子电池的外包装也可以是软包，例如袋式软包。软包的材质可以是塑料，作为塑料，可列举出聚丙烯、聚对苯二甲酸丁二醇酯以及聚丁二酸丁二醇酯等。

本申请对锂离子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。例如，图 2 是作为一个示例的方形结构的锂离子电池 5。

在一些实施方式中，参照图 3，外包装可包括壳体 51 和盖板 53。其中，壳体 51 可包括底板和连接于底板上的侧板，底板和侧板围合形成容纳腔。壳体 51 具有与容纳腔连通的开口，盖板 53 能够盖设于所述开口，以封闭所述容纳腔。正极极片、负极极片和隔离膜可经卷绕工艺或叠片工艺形成电极组件 52。电极组件 52 封装于所述容纳腔内。电解液浸润于电极组件 52 中。锂离子电池 5 所含电极组件 52 的数量可以为一个或多个，本领域技术人员可根据具体实际需求进行选择。

在一些实施方式中，锂离子电池可以组装成电池模块，电池模块所含锂离子电池的数量可以为一个或多个，具体数量本领域技术人员可根据电池模块的应用和容量进行选择。

图 4 是作为一个示例的电池模块 4。参照图 4，在电池模块 4 中，多个锂离子电池 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锂离子电池 5 进行固定。

可选地，电池模块 4 还可以包括具有容纳空间的外壳，多个锂离子电池 5 容纳于该容纳空间。

在一些实施方式中，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为一个或多个，具体数量本领域技术人员可根据电池包的应用和容量进行选择。

图 5 和图 6 是作为一个示例的电池包 1。参照图 5 和图 6，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。

另外，本申请还提供一种用电装置，所述用电装置包括本申请提供的锂离子电池、电池模块、或电池包中的至少一种。所述锂离子电池、电池模块、或电池包可以用作所述用电装置的电源，也可以用作所述用电装置的能量存储单元。所述用电装置可以包括移动设备（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，但不限于此。

作为所述用电装置，可以根据其使用需求来选择锂离子电池、电池模块或电池包。

图 7 是作为一个示例的用电装置。该用电装置为纯电动车、混合动力电动车、或插电式混合动力电动车等。为了满足该用电装置对锂离子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。

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，可以采用锂离子电池作为电源。

实施例

以下，说明本申请的实施例。下面描述的实施例是示例性的，仅用于解释本申请，而不能理解为对本申请的限制。实施例中未注明具体技术或条件的，按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者，均为可以通过市购获得的常规产品。

实施例 1

将 Dv50 为 13 μm 的第一正极活性材料多晶颗粒、Dv50 为 9 μm 的第二正极活性材料多晶颗粒以及 Dv50 为 3 μm 的第三正极活性材料单晶颗粒按照三者的质量 A、B、C 为(A+B):C=7:3 且 A:B 为 2.5:7.7 的比例依次投入 5L 搅拌罐中，混合 10min 后取样检测混合物的 SPAN 值、Dv99、CPD-1T 和 BET 比表面积。所用的三种正极活性材料颗粒均具有化学式 $LiNi_{0.92}Co_{0.06}Mn_{0.02}O_2$。

然后加入导电剂乙炔黑（SP）与粘结剂聚偏氟乙烯（PVDF）进行 30min 的预混合。最后加入溶剂 N-甲基吡咯烷酮（NMP）在抽真空的条件下进行快速搅拌，形成浆料。其中，正极活性材料混合物:乙炔黑:聚偏氟乙烯的质量比=96:2:2，浆料的固含量为 70 重量%。将浆料均匀涂覆于厚度为 12 μm 的铝箔的双面上，涂覆后的极片在

100-130℃的烘箱干燥半小时后取出。其中，极片的正极活性材料负载量为 21.5mg/cm^2。取出的正极极片过辊冷压后测试得到压实密度、长度方向延展率、孔隙体积、剪切应力的数据。

图 1 示出了实施例 1 的正极极片的扫描电镜图。由图中可以清楚地看出正极活性材料颗粒有三种不同大小，且小颗粒充分填充了大颗粒间的空隙。

对比例 1

将 Dv50 为 11μm 的第一正极活性材料多晶颗粒、Dv50 为 6.5μm 的第二正极活性材料多晶颗粒以及 Dv50 为 4.5μm 的第三正极活性材料单晶颗粒按照三者的质量 A、B、C 为(A+B):C=3:7 的比例依次投入 5L 搅拌罐中。混合 10min 后取样检测混合物的 SPAN 值、Dv99、CPD-1T 和 BET 比表面积。所用的三种正极活性材料颗粒均具有化学式 $LiNi_{0.92}Co_{0.06}Mn_{0.02}O_2$。

然后加入导电剂乙炔黑（SP）与粘结剂聚偏氟乙烯（PVDF）进行 30min 的预混合。最后加入溶剂 N-甲基吡咯烷酮（NMP）在抽真空的条件下进行快速搅拌，形成浆料。其中，正极活性材料混合物:乙炔黑:聚偏氟乙烯的质量比=96:2:2，浆料的固含量为 70 重量%。将浆料均匀涂覆于厚度为 12μm 的铝箔的双面上，涂覆后的极片在 100-130℃烘箱干燥半小时后取出。其中，极片的正极活性材料负载量为 21.5mg/cm^2。取出的正极极片过辊冷压后测试得到压实密度、长度方向延展率的数据。

实施例 2 至 12 以及对比例 2 至 4

分别如表 1 所示改变第一正极活性材料多晶颗粒、第二正极活性材料多晶颗粒以及第三正极活性材料单晶颗粒的大小和用量，以与实施例 1 相同的方式制备正极极片并进行检测。

测试方法：

1. 正极活性材料颗粒粒径和数量

在正极极片上随机选取 10 个区域，使用扫描电子显微镜 ZEISS

Sigma 300，参考 JY/T010-1996，获取各区域的扫描电子显微镜照片。在扫描电子显微镜（SEM）照片中，测量颗粒上相隔最远的两点间的距离作为颗粒粒径。

通过颗粒粒径判断 SEM 照片中的颗粒属于哪种正极活性材料颗粒。通过 SEM 照片统计各测试区域中每种颗粒的数量，并计算各测试区域的该颗粒数量的平均值，作为该正极活性材料颗粒的数量，从而计算比例(a+b):c。

2. 压实密度

正极极片的压实密度 PD 是通过公式 PD=M/(d×A)计算得到的。式中，M 为在正极极片上切割出的直径 40mm 小圆片的质量，通过 10 次称重取平均值；d 为正极极片厚度，通过 10 次测量厚度取平均值；A 为该直径 40mm 小圆片的面积。

3. 长度方向的延展率

极片冷压后的长度方向延展率通过公式 Δ EL%=(L2-L1)/L1×100%计算得到。式中，L1 为冷压前标记之间的距离，为 1000mm，L2 为冷压后标记之间的距离。所述标记通过如下方式形成：在极片的中心区域，在极片宽度方向上的不同位置分别取三段在极片长度方向上延伸的 1000mm 长的线段，并标记线段的两个端点。L2 记为冷压后各线段两端点之间距离的实测值的平均值。

4. 孔隙体积

参考 GB/T 21650.2-2008/ISO 15901-2: 2006《压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度》的第二部分：气体吸附法分析介孔和大孔，采用设备 AccuPyc II 1340 真密度仪进行测定。

5. 剪切应力

取待测的极片，截取宽度为 0.02m、长度为 0.1m 的试样，所述试样边缘具有用于焊接极耳的裸露的集流体区域；将宽度为 0.02m、长度为 0.09m 的双面胶带贴于宽度为 0.02m、长度为 0.2m 的钢板上，其中双面胶带的一端与钢板的一端平齐；将极片试样贴在双面胶带上，试样的一端与双面胶带的一端平齐；将宽度为 0.02m、长度为 0.15m

的纸带固定在极片试样的裸露的集流体表面；将钢板未贴极片的一端用拉力机的下夹具固定，将纸带向上翻折，用上夹具固定，开启拉力机，以 0.05m/min 的拉伸速度进行 180°连续拉伸；记录极片断裂时，拉力机所显示的最大载荷，记为该极片的剪切应力。

6. 颗粒体积分布粒度 Dv10、Dv50、Dv90、Dv99

参考 GB/T 19077-2016/ISO 13320:2009 粒度分布激光衍射法，采用设备马尔文 3000 进行测定。

7. CPD-1T

参考 GB/T 5162-2006《锂离子电池石墨类负极材料》，采用设备 UTM7305 电子压力试验机进行测定。

8. BET 比表面积

参考 GB/T 19587-2017《气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积》，采用设备 TriStar II 3020 进行测定。

9. TPD

参考 GB/T 24533-2009《金属粉末振实密度的测定》，采用设备丹东百特 BT-300 型号振实密度仪进行测定。

实施例 1 至 12 和对比例 1 至 4 的各参数测量结果显示在下表 1 中。

表 1

	第一正极活性材料颗粒		第二正极活性材料颗粒		第三正极活性材料颗粒			(A+B):C	正极活性材料混合物的SPAN	正极活性材料混合物的Dv99（μm）	正极活性材料混合物的CPD-1T（g/cm^3）	正极活性材料混合物的BET比表面积（m^2/g）	(a+b):c	孔隙体积（mm^3/g）	剪切应力（MPa）	压实密度（g/cm^3）	长度方向延展率（%）
	Dv50（μm）	SPAN	Dv50（μm）	SPAN	Dv50（μm）	SPAN	TPD（g/cm^3）										
对比例 1	11	1	6.5	1.35	4.5	1.4	1.45	3:7	1.6	16.5	2.89	0.716	2.7:7.3	3.69	0.42	3.48	0.82
对比例 2	/	/	9	1.35	3	1.4	1.3	7:3	1.8	22.2	3.14	0.488	6.6:3.4	1.74	0.62	3.62	0.85
对比例 3	11	0.6	9	1.35	5.9	1.4	1.3	7:3	1.73	20.6	3.1	0.505	6.4:3.6	1.78	0.58	3.57	0.83
对比例 4	11	0.9	5.5	1.4	3	1.1	1.5	7:3	1.785	20.9	3.02	0.378	6.0:4.0	9.81	0.5	3.51	0.90
实施例 1	13	0.6	9	1.35	3	1.3	1.25	7:3	1.88	20.1	3.14	0.549	6.2:3.8	1.48	0.76	3.67	0.73
实施例 2	13	0.6	9	1.35	3	1.3	1.25	6:4	2.15	19.9	3.2	0.662	5.7:4.3	1.24	0.7	3.71	0.79
实施例 3	13	0.6	9	1.35	3	1.3	1.25	6.5:3.5	2.05	20.5	3.19	0.627	6.1:3.9	1.57	0.82	3.7	0.70
实施例 4	13	0.6	9	1.35	3	1.3	1.25	7.5:2.5	1.76	20.9	3.11	0.597	7.2:2.8	1.71	0.71	3.62	0.75
实施例 5	13	0.6	9	1.35	3	1.3	1.25	8:2	1.72	21	3.09	0.541	7.7:2.3	1.53	0.66	3.6	0.76
实施例 6	12	0.5	9	1.3	3	1.1	1.25	6.5:3.5	1.901	20.8	3.16	0.509	6.0:4.0	1.42	0.75	3.63	0.75
实施例 7	16	0.5	9	1.3	3	1.1	1.25	6.5:3.5	2.11	20.5	3.05	0.663	6.3:3.7	1.98	0.72	3.64	0.74
实施例 8	13	0.6	8	1.5	3	1.3	1.25	6.5:3.5	1.95	20.8	3.18	0.517	6.3:3.7	1.57	0.71	3.61	0.75

实施例 9	13	0.6	10	1.5	3	1.3	1.25	6.5:3.5	1.98	19.6	3.2	0.573	6.4:3.6	1.88	0.74	3.65	0.73
实施例 10	13	0.6	9	1.35	2.5	1.5	1.25	6.5:3.5	1.77	20.4	3.11	0.546	6.4:3.6	1.64	0.73	3.66	0.73
实施例 11	13	0.6	9	1.35	4	1.5	1.25	6.5:3.5	1.81	20.7	3.12	0.532	6.3:3.7	1.28	0.69	3.55	0.78
实施例 12	13	0.6	9	1.35	3	1.3	1.5	6.5:3.5	2.08	19.8	3.18	0.615	6.4:3.6	1.33	0.8	3.72	0.79

22

根据上述结果可知，实施例 1-12 均在低于 0.8%的极片长度方向延展率下实现了高压实密度，使得压实密度基本上可超过 3.6 g/cm^3。

相比之下，对比例 2 仅使用两种正极活性材料颗粒，其虽然获得了 3.62 g/cm^3 的压实密度，但极片长度方向延展率已高达 0.85%。对比例 1、3、4 虽然也使用了两种粒径较大的多晶颗粒和一种粒径较小的单晶颗粒的混合物，但各颗粒的 Dv50 值均未落入本申请的范围内，因此获得高压实密度时的极片长度方向延展率均高于 0.8%。即使对比例 3、4 的(A+B):C 数值落入本申请范围，也未能在低于 0.8%的极片长度方向延展率下实现高于 3.6 g/cm^3 的压实密度。

需要说明的是，本申请不限定于上述实施方式。上述实施方式仅为示例，在本申请的技术方案范围内具有与技术思想实质相同的构成、发挥相同作用效果的实施方式均包含在本申请的技术范围内。此外，在不脱离本申请主旨的范围内，对实施方式施加本领域技术人员能够想到的各种变形、将实施方式中的一部分构成要素加以组合而构筑的其它方式也包含在本申请的范围内。

权 利 要 求 书

1. 一种锂离子电池正极极片，包括正极集流体以及设置在正极集流体至少一个表面的正极膜层，所述正极膜层包含由以下物质组成的正极活性材料混合物：

粒径为 11.0~20.0 μm 的第一正极活性材料多晶颗粒；

粒径为 6.0~10.5 μm 的第二正极活性材料多晶颗粒；以及

粒径为 1.1~5.2 μm 的第三正极活性材料单晶颗粒，

其中，所述第一正极活性材料多晶颗粒的数量为 a，所述第二正极活性材料多晶颗粒的数量为 b，所述第三正极活性材料单晶颗粒的数量为 c，(a+b):c 在 5.7:4.3~7.7:2.3 的范围内。

2. 根据权利要求 1 所述的正极极片，其中，(a+b):c 在 6.1:3.9~7.2:2.8 的范围内。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的正极极片，其中，所述第一正极活性材料多晶颗粒、所述第二正极活性材料多晶颗粒和所述第三正极活性材料单晶颗粒均为三元正极活性材料，可选地，所述第一正极活性材料多晶颗粒、所述第二正极活性材料多晶颗粒和所述第三正极活性材料单晶颗粒各自的化学组成相同或不同，并且均具有化学式 $LiNi_aCo_bM_{(1-a-b)}O_2$，其中：$0.8\leq a<1.0$，$0<b<0.2$，且 $a+b<1.0$，M 选自 Mn、Al、B、Zr、Sr、Y、Sb、W、Ti、Mg、Nb 中的一种或者多种。

4. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的正极极片，其中所述正极膜层的孔隙体积在 $1.2mm^3/g$~$4.0mm^3/g$ 的范围内。

5. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的正极极片，其剪切应力在 0.65MPa~0.85MPa 的范围内。

6. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的正极极片，其中，所述正极活性材料混合物中，所述第一正极活性材料多晶颗粒的 Dv50 为 12~16 μm，且总质量为 A；所述第二正极活性材料多晶颗粒的 Dv50 为 8~10 μm，且总质量为 B；所述第三正极活性材料单晶颗粒的 Dv50 为 2.5~4 μm，且总质量为 C；(A+B):C 在 6:4~8:2 的范围内，可选地在 6.5:3.5~7.5:2.5 的范围内。

7. 根据权利要求 1-6 中任一项所述的正极极片，其中，所述正极活性材料混合物在 1 吨压力下的压实密度 CPD-1T 在 3.0g/cm^3~3.2g/cm^3 范围内。

8. 根据权利要求 1-7 中任一项所述的正极极片，其中，所述正极活性材料混合物的 BET 比表面积在 0.5 m^2/g~0.7m^2/g 范围内。

9. 根据权利要求 1-8 中任一项所述的正极极片，其中，所述正极活性材料混合物的 SPAN 值在 1.70~2.20 范围内，其中 SPAN =(Dv90-Dv10)/Dv50。

10. 根据权利要求 1-9 中任一项所述的正极极片，其中，所述正极活性材料混合物的 Dv99 在 18 μm~21 μm 范围内。

11. 根据权利要求 1-10 中任一项所述的正极极片，其中，所述第一正极活性材料多晶颗粒的 SPAN 值满足 SPAN≤1.20，可选地，0.50 ≤SPAN≤1.00。

12. 根据权利要求 1-11 中任一项所述的正极极片，其中，所述第二正极活性材料多晶颗粒的 SPAN 值满足 SPAN≥1.20，可选地，1.30 ≤SPAN≤1.50。

13. 根据权利要求 1-12 中任一项所述的正极极片，其中，所述第三正极活性材料单晶颗粒的 SPAN 值满足 SPAN≤1.70，可选地，1.10≤SPAN≤1.40。

14. 根据权利要求 1-13 中任一项所述的正极极片，其中，所述第三正极活性材料单晶颗粒的振实密度 TPD≤1.8g/cm^3，可选地，1.2g/cm^3≤TPD≤1.5g/cm^3。

15. 一种锂离子电池，其特征在于，包括权利要求 1~14 中任一项所述的正极极片。

16. 一种电池模块，其特征在于，包括权利要求 15 所述的锂离子电池。

17. 一种电池包，其特征在于，包括权利要求 16 所述的电池模块。

18. 一种用电装置，其特征在于，包括选自权利要求 15 所述的锂离子电池、权利要求 16 所述的电池模块或权利要求 17 所述的电池包中的至少一种。

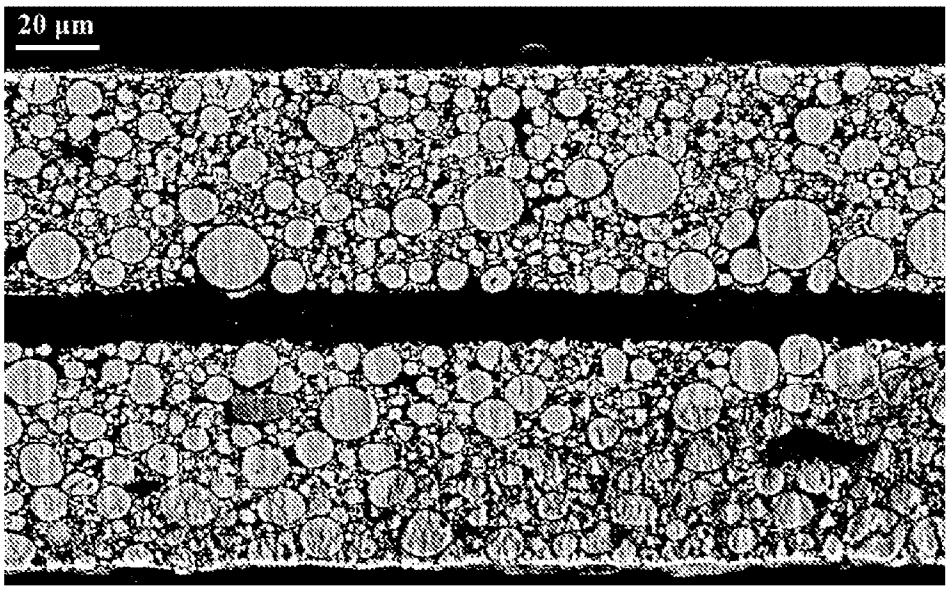


图 1

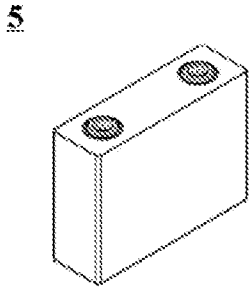


图 2

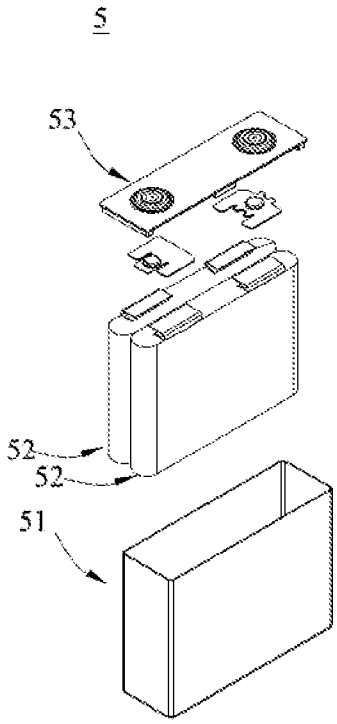


图 3

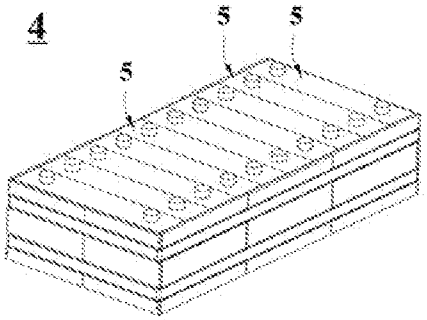


图 4

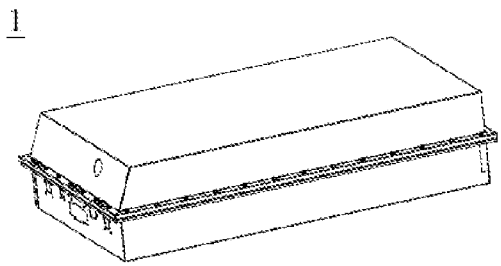


图 5

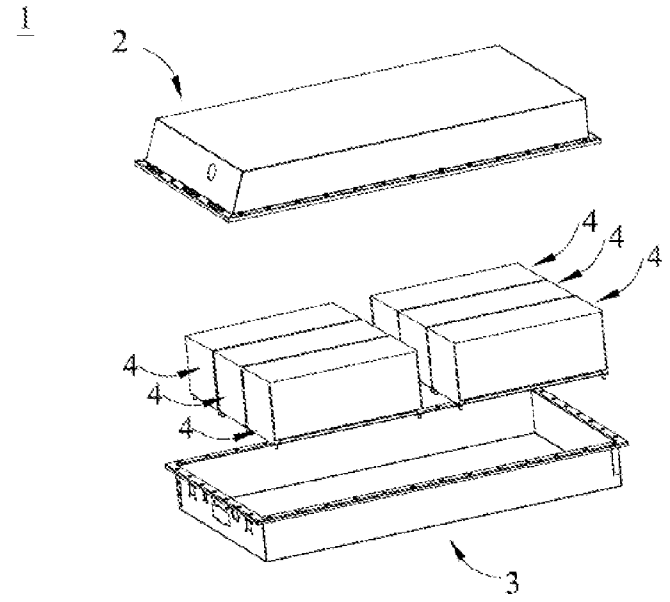


图 6

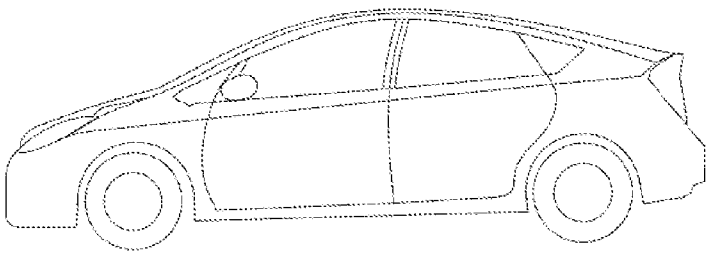


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2022/096833

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M4/36(2006.01)i;H01M4/525(2010.01)i;H01M4/505(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)

CNABS; CNTXT; DWPI; VEN; ENTXT; CNKI: 三, 第三, 活性材料, 粒径, 单晶, 多晶, three, third, active material, particle size, monocrystal, polycrystal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 108431998 A (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 21 August 2018 (2018-08-21) description, paragraphs 12-95, 192-195, and 229-265, and figures 1-10	1-18
Y	CN 111384372 A (NINGDE CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LTD.) 07 July 2020 (2020-07-07) description, paragraphs 4-95, and figures 1-2	1-18
Y	CN 102447107 A (JIANGSU KING LITHIUM CELL CO., LTD.) 09 May 2012 (2012-05-09) description, paragraphs 7-19	1-18
Y	CN 113921782 A (NINGBO RONBAY NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 11 January 2022 (2022-01-11) description, paragraphs 7-75, and figures 1-5	1-18
A	CN 110098403 A (DENG LIPING) 06 August 2019 (2019-08-06) entire document	1-18
A	US 2007099087 A1 (SEIMI CHEMICAL CO., LTD.) 03 May 2007 (2007-05-03) entire document	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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
17 February 2023	**24 February 2023**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2022/096833

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108431998	A	21 August 2018	JP	2017107727	A	15 June 2017
				JP	6528666	B2	12 June 2019
				EP	3373367	A1	12 September 2018
				EP	3373367	B1	31 March 2021
				WO	2017098714	A1	15 June 2017
				US	2018287202	A1	04 October 2018
				US	10727530	B2	28 July 2020
				CN	108431998	B	15 December 2020
CN	111384372	A	07 July 2020	WO	2020134781	A1	02 July 2020
				EP	3800710	A1	07 April 2021
				US	2021126242	A1	29 April 2021
				US	11177468	B2	16 November 2021
				CN	111384372	B	23 March 2021
CN	102447107	A	09 May 2012		None		
CN	113921782	A	11 January 2022		None		
CN	110098403	A	06 August 2019		None		
US	2007099087	A1	03 May 2007	WO	2005124898	A1	29 December 2005
				US	7429434	B2	30 September 2008
				KR	20070027591	A	09 March 2007
				KR	101052450	B1	28 July 2011
				JPWO	2005124898	A1	17 April 2008
				JP	4943145	B2	30 May 2012

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2022/096833

A. 主题的分类

H01M4/36(2006.01)i;H01M4/525(2010.01)i;H01M4/505(2010.01)i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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））

CNABS;CNTXT;DWPI;VEN;ENTXT;CNKI:三，第三，活性材料，粒径，单晶，多晶，three, third, active material, particle size, monocrystal, polycrystal

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 108431998 A (株式会社村田制作所) 2018年8月21日 (2018-08-21) 说明书第12-95、192-195、229-265段及附图1-10	1-18
Y	CN 111384372 A (宁德时代新能源科技股份有限公司) 2020年7月7日 (2020-07-07) 说明书第4-95段及附图1-2	1-18
Y	CN 102447107 A (江苏科捷锂电池有限公司) 2012年5月9日 (2012-05-09) 说明书第7-19段	1-18
Y	CN 113921782 A (宁波容百新能源科技股份有限公司) 2022年1月11日 (2022-01-11) 说明书第7-75段及附图1-5	1-18
A	CN 110098403 A (邓丽萍) 2019年8月6日 (2019-08-06) 全文	1-18
A	US 2007099087 A1 (SEIMI CHEM KK) 2007年5月3日 (2007-05-03) 全文	1-18

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"D" 申请人在国际申请中引证的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"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）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"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

"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

"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

"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

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2023年2月17日	2023年2月24日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	胡艳
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (+86) 020-28958930

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2022/096833

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	108431998	A	2018年8月21日	JP	2017107727	A	2017年6月15日
				JP	6528666	B2	2019年6月12日
				EP	3373367	A1	2018年9月12日
				EP	3373367	B1	2021年3月31日
				WO	2017098714	A1	2017年6月15日
				US	2018287202	A1	2018年10月4日
				US	10727530	B2	2020年7月28日
				CN	108431998	B	2020年12月15日
CN	111384372	A	2020年7月7日	WO	2020134781	A1	2020年7月2日
				EP	3800710	A1	2021年4月7日
				US	2021126242	A1	2021年4月29日
				US	11177468	B2	2021年11月16日
				CN	111384372	B	2021年3月23日
CN	102447107	A	2012年5月9日		无		
CN	113921782	A	2022年1月11日		无		
CN	110098403	A	2019年8月6日		无		
US	2007099087	A1	2007年5月3日	WO	2005124898	A1	2005年12月29日
				US	7429434	B2	2008年9月30日
				KR	20070027591	A	2007年3月9日
				KR	101052450	B1	2011年7月28日
				JPWO	2005124898	A1	2008年4月17日
				JP	4943145	B2	2012年5月30日