

(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
2024 年 9 月 6 日 (06.09.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/178675 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 4/525 (2010.01) H01M 4/131 (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/079055

(22) 国际申请日: 2023 年 3 月 1 日 (01.03.2023)

(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: 陈宁 (**CHEN, Ning**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。金海族 (**JIN, Haizu**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。史东洋 (**SHI, Dongyang**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。邓亚茜 (**DENG, Yaqian**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。刘智 (**LIU, Zhi**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。吕瑞景 (**LV, Ruijing**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。李 Bai 清 (**LI, Baiqing**); 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: 北京华进京联知识产权代理有限公司 (**ACIP LAW OFFICES**); 中国北京市海淀区知春路7号致真大厦A1403, Beijing 100191 (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, CV, 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, 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, CV, 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, ME, 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))。

(54) **Title:** POSITIVE ELECTRODE ACTIVE MATERIAL, POSITIVE ELECTRODE SHEET, SECONDARY BATTERY, ELECTRIC DEVICE, AND PREPARATION METHOD

(54) 发明名称: 正极活性物质、正极极片、二次电池、用电装置和制备方法

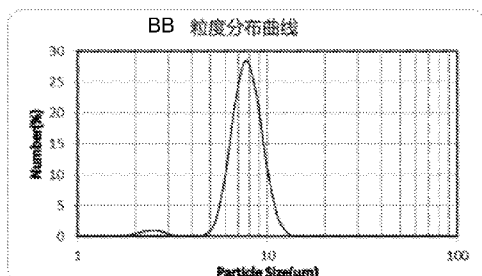


图 1

BB Particle size distribution curve

(57) **Abstract:** Provided in the present application are a positive electrode active material, a positive electrode sheet, a secondary battery, an electric device, and a preparation method. The positive electrode active material comprises polycrystalline particles which are denoted as first active particles and single-crystal or single-crystal-like particles which are denoted as second active particles, wherein the ratios of $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ of the first active particles and the second active particles are denoted as X_1 and X_2 , respectively, and X_1/X_2 satisfies $0.2 \leq X_1/X_2 \leq 0.7$.

(57) **摘要:** 本申请提供了一种正极活性物质、正极极片、二次电池、用电装置和制备方法。该正极活性物质包括记为第一活性颗粒的多晶颗粒以及记为第二活性颗粒的单晶或类单晶颗粒, 第一活性颗粒和第二活性颗粒的 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 分别记为 X_1 、 X_2 , 且 X_1/X_2 满足 $0.2 \leq X_1/X_2 \leq 0.7$ 。



WO 2024/178675 A1

正极活性物质、正极极片、二次电池、用电装置和制备方法

技术领域

本申请涉及锂离子电池技术领域，特别涉及一种正极活性物质、正极极片、二次电池、用电装置和制备方法。

背景技术

这里的陈述仅提供与本申请有关的背景信息，而不必然构成现有技术。

随着锂离子电池技术在的应用推广，生活节奏的加快，以及智能手机、平板电脑、智能穿戴、电动工具和电动汽车等各类电子产品的发展，对正极活性物质的综合性能要求也不断提高，以满足电池对高能量密度以及长存储寿命等方面的综合性能需求。目前，针对电池长存储寿命的改善往往带来能量密度的损失，导致两种性能难以兼顾。

因此，目前亟需开发能够兼顾能量密度及长存储寿命综合需求的锂离子电池。

发明内容

鉴于上述问题，本申请提供了一种正极活性物质、正极极片、二次电池、用电装置和制备方法，采用该正极活性物质，可以在保持能量密度基本不损失的情况下，改善存储寿命。

第一方面，本申请提供了一种正极活性物质，其包括第一活性颗粒和第二活性颗粒；其中，所述第一活性颗粒为所述正极活性物质中的多晶颗粒，其粒径参数 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 记为 $X1$ ；所述第二活性颗粒为所述正极活性物质中的单晶或类单晶颗粒，其粒径参数 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 记为 $X2$ ；

$X1/X2$ 满足 $0.2 \leq X1/X2 \leq 0.7$ ；

其中， D_{v90} 、 D_{v50} 和 D_{v10} 分别表示多颗粒组合的累计体积分布百分数达到 90%、50%和 10%时对应的粒径。

该正极活性物质采用具有特殊粒径分布特征的多晶活性颗粒与单晶或类单晶活性颗粒的组合，多晶活性颗粒的 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 与单晶或类单晶活性颗粒的 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 比值（记为 $X1/X2$ ）较低，使得活性颗粒粒度合理搭配，在保持能量密度基本不损失的前提下，能够明显改善电池存储寿命，本申请的发明人推测是由于降低了小尺寸多晶颗粒的含量，从而降低活性表面面积，减少存储过程中电解液与正极材料的副反应，进而提高电芯的化学稳定性，延长电池的存储寿命。

在一些实施方式中，在所述正极活性物质的粒度分布曲线中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒分别对应两个不连续的独立峰。

通过控制多晶颗粒以及单晶或类单晶颗粒的粒径尺寸及分布，在正极活性物质的粒度分布曲线上，两种颗粒可以分别对应两个不连续的独立峰，此时，两种颗粒的 D_{v90} 、 D_{v50} 和 D_{v10} 可以根据各自的粒度分布峰分别拟合分析得到。

在一些实施方式中，所述 $X1/X2$ 满足 $0.25 \leq X1/X2 \leq 0.55$ 。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒满足 $0.3 \leq X1 \leq 1.0$ 。可选地，所述第一活性颗粒满足 $0.4 \leq X1 \leq 0.8$ 。

在一些实施方式中，所述第二活性颗粒满足 $0.7 \leq X2 \leq 2.5$ 。可选地，所述第二活性颗粒满足 $0.7 \leq X2 \leq 2$ ；进一步可选地，所述第二活性颗粒满足 $0.8 \leq X2 \leq 1.6$ 。

通过进一步调整 $X1/X2$ 的取值范围，或者通过进一步调整多晶活性颗粒的 $X1$ 取值或者选择单晶或类单晶活性颗粒的 $X2$ 取值从而调控 $X1/X2$ 的数值，可以更好地协调两种尺寸颗粒的活性表面面积的搭配，从而更好地兼顾高能量密度和长存储寿命的双重需求，在保持良好的能量密度的情况下，更好地改善电池存储寿命。

在一些实施方式中, 所述第一活性颗粒的 D_{v50} 与所述第二活性颗粒的 D_{v50} 的比值 R_{Dv50} 满足 $2 \leq R_{Dv50} \leq 4$ 。可选地, 所述第一活性颗粒的 D_{v50} 与所述第二活性颗粒的 D_{v50} 的比值 R_{Dv50} 满足 $2.3 \leq R_{Dv50} \leq 4.0$ 。

在一些实施方式中, 所述第一活性颗粒的 D_{v50} 满足 $7 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 15 \mu\text{m}$ 。可选地, 所述第一活性颗粒的 D_{v50} 满足 $7 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 14 \mu\text{m}$ 。

在一些实施方式中, 所述第二活性颗粒的 D_{v50} 满足 $1 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 6 \mu\text{m}$ 。进一步可选地, 所述第二活性颗粒的 D_{v50} 满足 $2 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 4 \mu\text{m}$ 。

通过分别调控正极活性物质中多晶活性颗粒及单晶或类单晶活性颗粒的 D_{v50} 范围, 或者通过二者的 D_{v50} 比值, 可以协同控制不同活性颗粒的活性表面面积, 从而更好地减少存储过程中电解液与正极材料的副反应, 进而更好地提高电芯的化学稳定性, 进一步延长电池的存储寿命。

在一些实施方式中, 所述第一活性颗粒的重量相对于所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒的重量之和的比值 R_w 满足 $0.5 \leq R_w \leq 0.9$ 。可选地, 所述第一活性颗粒的重量相对于所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒的重量之和的比值 R_w 满足 $0.7 \leq R_w \leq 0.9$ 。

通过调节多晶活性颗粒在正极活性颗粒中的重量占比在一定的范围, 比如, 通过调控第一活性颗粒的重量相对于第一活性颗粒 (第一活性颗粒即正极活性物质中的多晶活性颗粒) 和第二活性颗粒 (第二活性颗粒即正极活性物质中的单晶或类单晶活性颗粒) 的重量之和的比值 R_w 在一定范围, 如 $0.5 \leq R_w \leq 0.9$ 等, 可以更有利于降低活性表面面积, 减少存储过程中电解液与正极材料的副反应, 进而提高电芯的化学稳定性, 延长电池的存储寿命。

在一些实施方式中, 所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地为含有锂元素和镍元素的氧化物材料。

可选地, 所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 和所述第二活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 各自独立地满足 ≥ 0.65 。

进一步可选地, 所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 和所述第二活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 各自独立地满足 $0.8 \leq R_{\text{Ni/Li}} \leq 1.0$ 。

在一些实施方式中, 所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地为三元材料或含有掺杂和/或包覆元素的三元材料。

可选地, 所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地为 NCM 三元材料、NCA 三元材料、含有掺杂和/或包覆元素的 NCM 三元材料、或含有掺杂和/或包覆元素的 NCA 三元材料。

可选地, 所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地包含具有如下元素摩尔比的化学组成: $\text{Li}_x(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{M}_c\text{M}'_d)\text{O}_2$, 其中, $0.9 \leq x \leq 1.2$, $0.8 \leq a < 1$, $0 < b < 1$, $0 < c < 1$, $a+b+c+d=1$, M 包括 Mn 和 Al 中的至少一种, M' 包括 Na、K、Ca、Ba、Sb、Ti、Zr、W、Sr、Nb、Mo、Si、Mg、B、Cr 和 Ta 中的一种或多种。

正极活性物质中的镍含量越高, 多晶活性颗粒中的小尺寸颗粒 (也即小尺寸的多晶活性颗粒) 对电池存储性能的恶化越显著, 越难以兼顾高能量密度和长存储寿命。采用本申请提供的正极活性物质, 可在高镍体系中基本不损失能量密度的前提下, 明显改善电池存储寿命。

在一些实施方式中, 所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 小于所述第二活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 。

可选地, 所述第二活性颗粒相对于所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 的差值 $\Delta R_{\text{Ni/Li}}$ 满足 $0 < \Delta R_{\text{Ni/Li}} \leq 0.05$ 。

进一步可选地, $0.01 < \Delta R_{\text{Ni/Li}} \leq 0.05$ 。

通过调节多晶颗粒以及单晶或类单晶颗粒的镍锂元素数量比 $R_{Ni/Li}$ 的相对大小，使多晶颗粒的 $R_{Ni/Li}$ 低于单晶或类单晶颗粒的 $R_{Ni/Li}$ ，可以在提供较高的正极活性物质的可发挥容量的同时，还有助于提升正极活性物质的热稳定性，改善电池的高温存储性能。

第二方面，本申请提供一种正极极片，其包括正极活性材料层，所述正极活性材料层包括本申请第一方面所述正极活性物质。此时，采用该正极极片可赋予二次电池较优越的存储性能，且同时还能保持良好的能量密度。

在一些实施方式中，所述正极极片的压实密度为 $3.2\sim 3.8\text{ g/cm}^3$ ；可选地，所述正极极片的压实密度为 $3.4\sim 3.7\text{ g/cm}^3$ 。当正极极片的压实密度在上述范围时，有利于在兼顾电池能量密度和存储性能的基础上，获得更高的能量密度。

第三方面，本申请提供一种二次电池，其包括本申请第二方面所述正极极片，还包括负极极片和隔离膜；其中，所述隔离膜设置于所述正极极片和所述负极极片之间。

该二次电池的正极极片中，多晶活性颗粒与单晶或类单晶活性颗粒的具有独特的粒径分布特征，具有优越的存储性能，且同时还能保持良好的能量密度。

第四方面，本申请提供一种用电装置，其包括本申请第二方面所述正极极片以及本申请第三方面所述二次电池中的至少一种。

第五方面，本申请提供一种正极活性物质的制备方法，其包括如下步骤：

分别制备第一活性颗粒和第二活性颗粒；

将所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒混合，制得本申请第一方面所述正极活性物质；

其中，所述第一活性颗粒采用包括如下步骤的方法制备得到：将符合元素计量比的前驱体材料进行烧结，烧结温度为 $600\sim 900^\circ\text{C}$ ，烧结时间为 $8\sim 15\text{h}$ ；

所述第二活性颗粒采用包括如下步骤的方法制备得到：将符合元素计量比的前驱体材料进行烧结，烧结温度为 $700\sim 1000^\circ\text{C}$ ，烧结时间为 $8\sim 15\text{h}$ 。

通过控制正极活性物质的烧结参数，可以实现对多晶活性颗粒与单晶或类单晶活性颗粒的独特粒径分布特征的调控。

本申请的一个或多个实施例的细节在下面的附图和描述中提出。本申请的其他特征、目的和优点将从说明书、附图以及权利要求书变得明显。

附图说明

为了更好地描述和说明这里公开的那些申请的实施例或示例，可以参考一幅或多幅附图。用于描述附图的附加细节或示例不应当被认为是对所公开的申请、目前描述的实施例或示例以及目前理解的这些申请的最佳模式中的任何一者的范围的限制。而且在全部附图中，用相同的附图标号表示相同的部件。在附图中：

图1是本申请一实施例中的正极活性物质的粒度分布曲线图；

图2是本申请一实施例的二次电池的示意图；

图3是图2所示的本申请一实施例的二次电池的分解图；

图4是本申请一实施例的二次电池用作电源的用电装置的示意图。

附图标记说明：

5，二次电池；51，壳体；52，电极组件；53，盖板；6，用电装置。

具体实施方式

以下，适当地参照附图详细说明公开了本申请的正极活性物质、正极极片、二次电池、用电装置和制备方法的一些实施方式。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。

本申请所公开的数值“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，任一个端值可以独立地被包括或不被包括，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，且如果还列出了最大范围值 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。比如，当表述某个参数为选自“2-10”的整数，相当于列出了整数 2、3、4、5、6、7、8、9 和 10。

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，本申请的所有步骤可以顺序进行，也可以随机进行，可以优选是顺序进行的。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“具有”、“包括”、“含有”和“包含”各自独立地可以表示开放式，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成员或时序特征，也可以仅包括或包含列出的成员或时序特征。成员例如材料或组分、结构、元件、仪器等；时序特征的非限制性举例如动作、动作发生的条件、时机、状态等。

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”。进一步地，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）。

在本申请中，如无其他说明，A（如 B），表示 B 为 A 中的一种非限制性示例，可以理解 A 不限于为 B。

在本申请中，如无其他说明，“和/或”对应的特征或方案包括两个或两个以上相关所列项目中任一个项目，也包括相关所列项目的任意的和所有的组合，所述任意的和所有的组合包括任意的两个相关所列项目、任意的更多个相关所列项目、或者全部相关所列项目的组合。例如，“A 和/或 B”表示 A、B 以及“A 与 B 的组合”构成的组。其中，“包含 A 和/或 B”可以表示“包含 A，包含 B，以及包含 A 与 B”，还可以表示“包含 A，包含 B，或者包含 A 与 B”，可根据所在语句恰当理解。

本申请中涉及“多个”、“多种”等，如无特别限定，指在数量上大于 2 或等于 2。例如，“一种或多种”表示一种或大于等于两种。

本文中，“优选”、“更好”仅为描述效果更好的实施方式或实施例，应当理解，并不构成对本申请保护范围的限制。如果一个技术方案中出现多处“优选”，如无特别说明，且无矛盾之处或相互制约关系，则每项“优选”各自独立。

本申请中，“进一步”、“更进一步”、“特别”等用于描述目的，表示内容上的差异，但并不应理解为对本申请保护范围的限制。

本申请中，“第一方面”、“第二方面”、“第三方面”、“第四方面”等中，术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等仅用于描述目的，不能理解为指示或暗示相对重要性或数量，也不能理解为隐含指明所指示的技术特征的重要性或数量。而且“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等仅起到非穷举式的列举描述目的，应当理解并不构成对数量的封闭式限定。

在本申请中，涉及数据范围的单位，如果仅在右端点后带有单位，则表示左端点和右端点的单位是相同的。比如，3~5 h 或 3-5 h 均表示左端点“3”和右端点“5”的单位都是 h（小时）。

本申请实施例说明书中所提到的相关成分的重量不仅仅可以指代各组分的含量，也可以表示各组分间重量的比例关系，因此，只要是按照本申请实施例说明书相关组分的含量按比例放大或缩小均在本申请实施例说明书公开的范围之内。进一步地，本申请实施例说明书中所述的重量可以是 μg 、 mg 、 g 、 kg 等化工领域公知的质量单位。

随着锂离子电池技术在的应用推广，对正极活性物质的综合性能要求也不断提高，以满足电池对高能量密度以及长存储寿命等方面的综合性能需求。对于传统技术中的正极极片，为了获得较高的压实密度，通常活性颗粒的粒径分布会比较宽，比如正极活性物质的 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 大多在 1.2 以上（ ≥ 1.2 ）。当正极活性物质具有如此宽的粒径分布时，往往包括大量的小尺寸多晶颗粒。然而，多晶颗粒中的小尺寸颗粒会导致电池存储性能的恶化，如果单方面地降低正极活性物质的 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ ，又会导致压实密度的损失，因此，难以实现对电池长存储寿命的改善和低能量密度损失的兼顾。

针对上述情况，**第一方面**，本申请提供了一种正极活性物质，其包括第一活性颗粒和第二活性颗粒；其中，所述第一活性颗粒为所述正极活性物质中的多晶颗粒，其粒径参数 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 记为 X1；所述第二活性颗粒为所述正极活性物质中的单晶或类单晶颗粒，其粒径参数 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 记为 X2；

$X1/X2$ 满足 $0.2 \leq X1/X2 \leq 0.7$ ；

其中， D_{v90} 、 D_{v50} 和 D_{v10} 分别表示多颗粒组合的累计体积分布百分数达到 90%、50%和 10%时对应的粒径。

本申请提供的正极活性物质包括记为第一活性颗粒的多晶颗粒以及记为第二活性颗粒的单晶或类单晶颗粒，并将第一活性颗粒和第二活性颗粒的 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 分别记为 X1、X2，则 $X1/X2$ 满足 $0.2 \leq X1/X2 \leq 0.7$ 。

在本申请中，如无其他说明，电极极片可以为正极极片或负极极片，电极极片中的“活性物质”指能够可逆地嵌入与脱出活性离子能力的物质。如无其他说明，“负极活性物质”指用于负极极片的、能够可逆地嵌入与脱出活性离子能力的物质；“正极活性物质”指用于正极极片的、能够可逆地脱出与嵌入活性离子能力的物质。二次电池充电时，活性离子从正极脱出，经过电解质嵌入负极；而二次电池放电时，活性离子则从负极脱出，嵌入正极。活性离子没有特别限定，可以为锂离子，此时对应锂离子电池。

在本申请中，“活性材料”和“活性物质”，具有相同含义，可以互换使用；“正极活性物质”与“正极活性材料”具有相同含义，可以互换使用；“负极活性物质”与“负极活性材料”具有相同含义，可以互换使用。

在本申请中，如无特别说明，“活性材料层”包括正极极片正极活性材料层以及负极极片负极活性材料层，根据详细的情形，可以指正极活性材料层或负极活性材料层。可以理解，正极活性材料层含有正极活性物质，负极活性材料层含有负极活性物质。

在本申请中，“多晶”也称为二次颗粒，是指由两个或更多个一次颗粒聚集而成

的团聚态颗粒。在本申请中，构成多晶颗粒的一次颗粒的粒径通常控制在100nm~800nm之间。一次颗粒的粒径如果较小，可能加剧与电解液的副反应，而一次颗粒的粒径如果较大，则容易导致电池动力学性能恶化。

在本申请中，“单晶”颗粒也称为一次颗粒，指单晶晶粒；单晶的显微形貌为基本上不团聚的颗粒，颗粒为分散的。单晶可以是不规则形状的颗粒。尺寸大于1 μm、无明显团聚的单颗粒通常判定为单晶颗粒。

在本申请中，“一次颗粒”和“二次颗粒”为本领域所熟知的术语。

在本申请中，“类单晶”通常是指一次颗粒存在一定团聚、但尺寸和性质与单晶类似的颗粒。

在本申请中，涉及多晶颗粒以及单晶或类单晶颗粒的“尺寸”或“粒径”，如无其他说明，指 D_v50 。

多晶颗粒和单晶或类单晶颗粒可以通过使用扫描电子显微镜拍摄SEM图像容易地区分。

在本申请的上下文中，可采用体积累计分布粒径 D_vN （其中，N表示选自0~100的任意数值）来表征材料的粒径尺寸，指材料的累计体积分布百分数达到N%时所对应的粒径，粒径小于等于 D_vN 的体积占比为N%。 D_vN 可以从材料粒径的体积累积分布曲线上获得，如无其他说明，体积累积分布曲线自小粒径侧从零开始累计。以 D_v90 、 D_v50 、 D_v10 为例， D_v90 是指材料的累计体积分布百分数达到90%时所对应的粒径， D_v50 是指材料的累计体积分布百分数达到50%时所对应的粒径， D_v10 是指材料的累计体积分布百分数达到10%时所对应的粒径。以 D_v50 为例，表示占材料体积50%的颗粒粒径小于等于 D_v50 ，且占材料体积50%的颗粒粒径大于 D_v50 。以 D_v90 为例，表示占材料体积90%的颗粒粒径小于等于 D_v90 ，且占材料体积10%的颗粒粒径大于 D_v90 。以 D_v10 为例，表示占材料体积10%的颗粒粒径小于等于 D_v10 ，且占材料体积90%的颗粒粒径大于 D_v10 。本领域技术人员可以理解 D_v90 、 D_v50 、 D_v10 的含义，而且可以采用本领域公知的仪器及方法进行测定。例如可以参照GB/T 19077-2016 粒度分布激光衍射法，采用激光粒度分析仪方便地测定，如英国马尔文仪器有限公司的Mastersizer 2000E型激光粒度分析仪、LS-909激光粒度仪（欧美克）。

对于多个颗粒组成的混合体系，其粒径参数 $(D_v90-D_v10)/D_v50$ 可以反映颗粒的分布特征，因此，也是一种粒径分布参数。通常而言， $(D_v90-D_v10)/D_v50$ 的数值越大，粒径分布越宽，相反地，该数值越小，则粒径分布越窄。

多晶颗粒中的小尺寸颗粒会导致电池存储性能的恶化。这可能是由于小尺寸多晶颗粒的比表面积大，容易出现颗粒破碎致使正极材料中的过渡金属溶出，进而恶化存储性能。然而，如果单方面地降低正极活性物质的 $(D_v90-D_v10)/D_v50$ ，又会导致压实密度的损失。

本申请提供的正极活性物质采用具有特殊粒径分布特征的多晶活性颗粒与单晶或类单晶活性颗粒的组合，多晶活性颗粒的 $(D_v90-D_v10)/D_v50$ 与单晶或类单晶活性颗粒的 $(D_v90-D_v10)/D_v50$ 比值（记为 $X1/X2$ ）较低，使得活性颗粒粒度合理搭配，可以在保持能量密度基本不损失的前提下，明显改善电池存储寿命，本申请的发明人推测是由于降低了小尺寸多晶颗粒的含量，从而降低活性表面面积，减少存储过程中电解液与正极材料的副反应，进而提高电芯的化学稳定性，延长电池的存储寿命。

在本申请提供的正极活性物质中，通过调节 $X1/X2$ 的数值，对多晶活性颗粒与单晶或类单晶活性颗粒之间粒径及粒径分布进行精细匹配，从而可以较好地协调小尺寸多晶活性颗粒含量以及正极极片压实密度之间的平衡，从而较好地满足电池存储性能

及能量密度的双重需求。

在一些实施方式中，在所述正极活性物质的粒度分布曲线中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒分别对应两个不连续的独立峰。

在本申请中，如无其他说明，粒度分布曲线可以采用本领域公知的仪器进行测定，比如可以采用激光粒度分析仪测试得到的粒度分布曲线，进一步地，可以利用可以采用如英国马尔文仪器有限公司的 Mastersizer 2000E 型激光粒度分析仪、LS-909 激光粒度仪（欧美克）。

通过控制多晶颗粒以及单晶或类单晶颗粒的粒径尺寸及分布，在正极活性物质的粒度分布曲线上，两种颗粒可以分别对应两个不连续的独立峰，此时，两种颗粒的 D_{v90} 、 D_{v50} 和 D_{v10} 可以根据各自的粒度分布峰分别拟合分析得到。

图 1 所示粒度分布曲线是采用激光粒度分析仪对本申请一个实施例中的正极活性物质进行测试得到的粒度分布曲线，其为双峰分布，该曲线具有两个独立的峰，分别对应本申请中的第一活性颗粒（大颗粒）和第二活性颗粒（小颗粒）。

在粒径分布曲线中，第一活性颗粒及第二活性颗粒相对应的两个峰之间不连续，意味着两种活性颗粒的粒径范围不重叠，可以容易地从两种颗粒的混合物中将两种颗粒分别筛选出来，进而分别独立地对两种不同尺寸的活性颗粒进行相关测试，比如，但不限于成分测试、比表面积测试等。

在一些实施方式中，所述正极活性物质的粒度分布曲线中有且仅有两个峰，且所述两个峰为不连续的独立峰，此时，这两个峰分别对应所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒的粒度分布。

在一些实施方式中，所述 $X1/X2$ 满足 $0.2 \leq X1/X2 \leq 0.7$ 。所述 $X1/X2$ 可以选自下述任一种数值：0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5、0.55、0.6、0.65、0.7 等，还可以选自上述任两种数值构成的区间，非限制性示例可以包括： $0.25 \leq X1/X2 \leq 0.55$ 。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒满足 $0.3 \leq X1 \leq 1.0$ 。所述第一活性颗粒的 $X1$ 可以选自下述任一种数值：0.3、0.35、0.4、0.45、0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、0.9、0.95、1 等，还可以选自上述任两种数值构成的区间，非限制性示例可以包括： $0.4 \leq X1 \leq 0.8$ 。

在一些实施方式中，所述第二活性颗粒满足 $0.7 \leq X2 \leq 2.5$ 。所述第二活性颗粒的 $X2$ 可以选自下述任一种数值：0.7、0.8、0.9、1.0、1.1、1.2、1.25、1.3、1.35、1.4、1.45、1.5、1.55、1.6、1.65、1.7、1.75、1.8、1.85、1.9、1.95、2（如 2.0）、2.1、2.2、2.3、2.4、2.45 等，还可以选自上述任两种数值构成的区间，非限制性示例可以包括： $1.5 \leq X2 \leq 2.5$ ， $0.7 \leq X2 \leq 2$ ， $0.7 \leq X2 \leq 1.6$ ， $0.8 \leq X2 \leq 1.6$ ， $0.7 \leq X2 \leq 1.5$ ， $0.8 \leq X2 \leq 1.5$ 。

通过进一步调整 $X1/X2$ 的取值范围，或者通过进一步调整多晶活性颗粒的 $X1$ 取值或者选择单晶或类单晶活性颗粒的 $X2$ 取值从而调控 $X1/X2$ 的数值，可以更好地协调两种尺寸颗粒的活性表面面积的搭配，从而更好地兼顾高能量密度和长存储寿命的双重需求，在保持良好的能量密度的情况下，更好地改善电池存储寿命。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒的 D_{v50} 与所述第二活性颗粒的 D_{v50} 的比值 R_{Dv50} 满足 $2 \leq R_{Dv50} \leq 4$ 。所述第一活性颗粒的 D_{v50} 与所述第二活性颗粒的 D_{v50} 的比值 R_{Dv50} 可以选自下述任一种数值：2、2.1、2.2、2.3、2.4、2.5、2.6、2.7、2.8、2.9、3.0、3.1、3.2、3.3、3.4、3.5、3.6、3.7、3.8、3.9、4（如 4.0）等，还可以选自上述任两种数值构成的区间，非限制性示例可以包括： $2.3 \leq R_{Dv50} \leq 4.0$ 。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒的 D_{v50} 满足 $7 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 15 \mu\text{m}$ 。所述第一活性颗粒的 D_{v50} 可以选自下述任一种尺寸：7 μm 、8 μm 、9 μm 、10 μm 、11 μm 、

12 μm 、13 μm 、14 μm 、15 μm 等，还可以选自上述任两种尺寸构成的区间，非限制性示例可以包括： $7 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 14 \mu\text{m}$ 。

在一些实施方式中，所述第二活性颗粒的 D_{v50} 满足 $1 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 6 \mu\text{m}$ 。所述第二活性颗粒的 D_{v50} 可以选自下述任一种尺寸：1 μm 、1.5 μm 、2 μm 、2.5 μm 、3 μm 、3.5 μm 、4 μm 、4.5 μm 、5 μm 、5.5 μm 、6 μm 等，还可以选自上述任两种尺寸构成的区间，非限制性示例可以包括： $2 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 6 \mu\text{m}$ ， $1 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 4 \mu\text{m}$ ， $2 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 4 \mu\text{m}$ ， $3.5 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 6 \mu\text{m}$ 。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒的比表面积为 $0.35 \sim 0.65 \text{ m}^2/\text{g}$ ；所述第一活性颗粒的比表面积可以选自下述任一种数值： $0.35 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.4 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.45 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.55 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.6 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.65 \text{ m}^2/\text{g}$ 等，还可以选自上述任两种数值构成的区间，非限制性示例可以包括： $0.35 \sim 0.55 \text{ m}^2/\text{g}$ 。

在一些实施方式中，所述第二活性颗粒的比表面积为 $0.70 \sim 0.90 \text{ m}^2/\text{g}$ ；所述第二活性颗粒的比表面积可以选自下述任一种数值： $0.7 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.72 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.74 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.75 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.76 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.78 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.8 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.82 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.84 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.85 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.86 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.88 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.9 \text{ m}^2/\text{g}$ 等，还可以选自上述任两种数值构成的区间，非限制性示例可以包括： $0.70 \sim 0.85 \text{ m}^2/\text{g}$ 。

在本申请中，如无其他说明，颗粒物的比表面积指颗粒物的表面积与重量之比，可以采用本领域公知的仪器及方法进行测定，例如，可以采用氮气吸附比表面积分析测试方法测试。

通过分别调控正极活性物质中多晶活性颗粒及单晶或类单晶活性颗粒的 D_{v50} 范围，或者通过二者的 D_{v50} 比值，可以协同控制不同活性颗粒的活性表面面积，从而更好地减少存储过程中电解液与正极材料的副反应，进而更好地提高电芯的化学稳定性，进一步延长电池的存储寿命。

在本申请中，正极活性物质的比表面积（BET）可以采用如下的方法测试获得：采用氮气吸附比表面积分析测试方法测试，并用 BET(Brunauer EmmettTeller) 法计算得出，其中氮气吸附比表面积分析测试可以通过美国 Micromeritics 公司的 Tri StarII 型比表面与孔隙分析仪进行，测试步骤可以参照 GB/T 19587-2004。待测样品：制备得到的正极活性物质；还可以为正极极片正极活性材料层中取样得到的正极活性物质。测试分析方法如下：将待测样品在真空干燥箱 200°C 下干燥 2 小时；然后采用氩气作为吸附气体，通过比表面与孔隙分析仪测绘相对压力 P/P_0 为 $0 \sim 0.99$ 的吸脱附曲线， P 为平衡吸附压力， P_0 为饱和蒸汽压，通过 BET 方法计算出正极活性物质的比表面积。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒的重量相对于所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒的重量之和的比值 R_w 满足 $0.5 \leq R_w \leq 0.9$ 。所述第一活性颗粒的重量相对于所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒的重量之和的比值 R_w 可以选自下述任一种数值：0.5、0.52、0.54、0.55、0.56、0.58、0.6、0.62、0.63、0.64、0.65、0.66、0.68、0.69、0.7、0.72、0.74、0.75、0.76、0.78、0.8、0.82、0.84、0.85、0.86、0.88、0.9 等，还可以选自上述任两种数值构成的区间，非限制性示例可以包括： $0.7 \leq R_w \leq 0.9$ 。

通过调节多晶活性颗粒在正极活性颗粒中的重量占比在一定的范围，比如，通过调控第一活性颗粒的重量相对于第一活性颗粒（即正极活性物质中的多晶活性颗粒）和第二活性颗粒（即正极活性物质中的单晶或类单晶活性颗粒）的重量之和的比值 R_w 在一定范围，如 $0.5 \leq R_w \leq 0.9$ 等，可以更有利于降低活性表面面积，减少存储过程中电解液与正极材料的副反应，进而提高电芯的化学稳定性，延长电池的存储寿命。

此外，正极活性物质中的镍含量越高，多晶活性颗粒中的小尺寸颗粒（也即小尺寸的多晶活性颗粒）对电池存储性能的恶化越显著，越难以兼顾高能量密度和长存储

寿命。采用本申请提供的正极活性物质，可在高镍体系电池基本不损失能量密度的前提下，明显改善电池存储寿命。

在申请中，“高镍”是本领域技术人员对锂过渡金属氧化物中镍元素的摩尔比例较高的一类物质的统称。通常，以锂过渡金属氧化物为 1 摩尔计，其中镍元素的摩尔比在 0.8 以上。以 NCM811 三元正极材料为例，其中的镍、钴、锰的摩尔比例为 80:10:10。在正极活性物质中提高镍含量有利于提升能量密度，可以改善电池容量。

在本申请的锂离子电池体系中，对于正极活性物质、正极极片而言，可以采用镍元素和锂元素的元素数量比来表征镍含量，该元素数量比可称为镍锂摩尔比，可记为 $R_{Ni/Li}$ ，在数值上可等于镍元素与锂元素的摩尔比。在本申请中， $R_{Ni/Li}$ 每次出现，可以独立地大于等于 0.65，进一步地可以独立地大于等于 0.7，更进一步地可以独立地大于等于 0.8。在本申请的一些实施方式中，镍锂摩尔比 $R_{Ni/Li}$ 还可以选自如下任一种数值或任两种数值构成的区间：0.65、0.7、0.75、0.8、0.82、0.85、0.9、0.95、1 等。在本申请的一些实施方式中，镍锂摩尔比 $R_{Ni/Li}$ 还可以选自如下的任一种数值区间（此处的任一个数值端点可以独立地包含或不包含）：0.65~1.0、0.7~1.0、0.8~1.0、0.8~0.95 等。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地为含有锂元素和镍元素的氧化物材料。

在本申请中，可以将“含有锂元素和镍元素的氧化物”称为锂镍过渡金属氧化物。锂镍过渡金属氧化物的非限制性示例可包括但不限于锂镍氧化物、锂镍钴氧化物、锂镍锰氧化物、锂镍钴锰氧化物、锂镍钴铝氧化物及其改性化合物等中的一种或多种。其中，锂镍氧化物的非限制性示例可以包括 $LiNiO_2$ 等。锂镍钴锰氧化物的非限制性示例可以包括 $LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$ （也可以简称为 NCM₈₁₁）等。锂镍钴铝氧化物的非限制性示例可以包括 $LiNi_{0.85}Co_{0.15}Al_{0.05}O_2$ 等。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{Ni/Li}$ 和所述第二活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{Ni/Li}$ 可以各自独立地符合前述任一实施方式的定义，例如 ≥ 0.65 。第一活性颗粒和第二活性颗粒的 $R_{Ni/Li}$ 可以各自独立地选自下述任一种数值：0.65、0.66、 $2/3$ （即三分之二）、0.67、0.68、0.7、0.71、0.75、0.8、0.85、0.88、0.89、 $8/9$ （即九分之八）、0.9、0.91、0.92、0.93、0.94、0.95、0.96、0.97、0.98、0.99、1、1.01、1.02、1.03、1.04、1.05、1.06、1.07、1.08、1.09、1.1 等，还可以各自独立地选自上述任两种数值构成的区间。在一些实施方式中，第一活性颗粒和第二活性颗粒各自独立地满足下述范围中的任一种： $0.65 \leq R_{Ni/Li} \leq 1.1$ ， $0.8 \leq R_{Ni/Li} \leq 1.0$ ， $0.8 \leq R_{Ni/Li} \leq 0.95$ ， $2/3 \leq R_{Ni/Li} \leq 8/9$ ， $0.66 \leq R_{Ni/Li} \leq 0.89$ ， $0.67 \leq R_{Ni/Li} \leq 0.88$ ， $0.70 \leq R_{Ni/Li} \leq 1.07$ ， $0.71 \leq R_{Ni/Li} \leq 1.06$ 、 ≥ 0.7 、 ≥ 0.8 、 ≥ 0.85 、 ≥ 0.9 等。

在一些实施方式中，本申请第一方面所述正极活性物质还含有掺杂元素。如无其他说明，在本申请中的任一种正极活性物质（包括但不限于第一方面所提供的正极活性物质）中的掺杂元素可以独立地包括过渡金属元素和非过渡金属元素中的一种或多种。可以根据功能需求选择合适的掺杂元素及其含量。掺杂元素可以包括但不限于 Sb、K、Ca、Zr、Sr、Al、B、Ba、Nb、W、Mo、Co、P 和 C 等中的一种或多种。对于锂离子电池，掺杂元素可以包括但不限于 Na、Sb、K、Ca、Zr、Sr、Al、B、Ba、Nb、W、Mo、Co、P 和 C 等中的一种或多种。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地为三元材料或含有掺杂和/或包覆元素的三元材料。

本申请所用“三元材料”具有二次电池技术领域中的公知含义，是指正极活性物质中，除包括活性离子的对应元素（如锂元素）外，还可以包括镍（Ni）元素和钴（Co）元素，还可以包括 X 元素，该 X 元素可以为但不限于锰（Mn）元素或铝（Al）元素。当 X 元素为 Mn 元素时，三元材料可记为 NCM 三元材料，非限制性示例可以包括

NCM₈₁₁ 等；当 X 元素为 Al 元素时，三元材料可记为 NCA 三元材料，非限制性示例可以包括 LiNi_{0.85}Co_{0.15}Al_{0.05}O₂ 等。

在本申请中，如无其他说明，“含有掺杂和/或包覆元素的三元材料”表示含有掺杂原始的三元材料、含有包覆元素的三元材料，或者同时含有掺杂元素和包覆元素的三元材料。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地为 NCM 三元材料、NCA 三元材料、含有掺杂和/或包覆元素的 NCM 三元材料或含有掺杂和/或包覆元素的 NCA 三元材料。

在本申请中，如无其他说明，“含有掺杂和/或包覆元素的 NCM 三元材料”表示含有掺杂原始的 NCM 三元材料、含有包覆元素的 NCM 三元材料，或者同时含有掺杂元素和包覆元素的 NCM 三元材料。如无其他说明，“含有掺杂和/或包覆元素的 NCA 三元材料”表示含有掺杂原始的 NCA 三元材料、含有包覆元素的 NCA 三元材料，或者同时含有掺杂元素和包覆元素的 NCA 三元材料。

在本申请中，当正极活性物质含有包覆元素时，表示该正极活性物质具有位于本体结构外侧的包覆层，该包覆层由包覆元素所组成。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地包含具有如下元素摩尔比的化学组成：Li_x(Ni_aCo_bM_cM'_d)O₂，其中， $0.9 \leq x \leq 1.2$ ， $0.8 \leq a < 1$ ， $0 < b < 1$ ， $0 < c < 1$ ， $a+b+c+d=1$ ，M 包括 Mn 和 Al 中的至少一种，M' 包括 Na、K、Ca、Ba、Sb、Ti、Zr、W、Sr、Nb、Mo、Si、Mg、B、Cr 和 Ta 中的一种或多种。此时， $R_{Ni/Li}$ 在数值上等于 a/x 。在其中的一些实施方式中， $R_{Ni/Li}$ 选自 (2/3)~(8/9)。在其中的另一些实施方式中， $R_{Ni/Li}$ 选自 0.67~0.88。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地包含如下元素中的一种或多种：Na、K、Ca、Ba、Sb、Ti、Zr、W、Sr、Nb、Mo、Si、Mg、B、Cr 和 Ta。这些元素的含量可以根据正极活性物质、正极极片或二次电池性能改善的需要灵活调整。比如，在正极活性物质中掺杂 Mo、W、Zr、Nb 等元素可以调控晶体形貌，改善电解液和阴极材料的界面性能。

需说明的是，上述第一活性颗粒和第二活性颗粒的化学组成式中，为方便起见，将氧元素的摩尔当量记为 2，但也可以存在一定的非整数的情况。另外，上述组成式中的 x 也可以是三元正极材料在制造阶段的投料摩尔当量。通常，市场中出现的电池中的正极材料，已经经过化成老化工艺，并且可能已经过一定次数的充放电循环。因此，伴随着充放电进行，有时正极的 Li 量会损失。此时，在组成分析上，放电至电池的下限截止电压时，锂含量 x 可能介于 0.65~1.2 之间。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{Ni/Li}$ 小于所述第二活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{Ni/Li}$ 。可以将第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{Ni/Li}$ 记为 R_1 ，将第二活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{Ni/Li}$ 记为 R_2 。

在一些实施方式中，所述第二活性颗粒相对于所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{Ni/Li}$ 的差值 $\Delta R_{Ni/Li}$ 满足 $0 < \Delta R_{Ni/Li} \leq 0.05$ 。其中， $\Delta R_{Ni/Li} = R_2 - R_1$ 。

在一些实施方式中， $\Delta R_{Ni/Li}$ 的非限制性示例可以包括 0.01、0.02、0.03、0.04、0.05，还可以为前述任两种数值构成的区间，例如 $0.01 \leq \Delta R_{Ni/Li} \leq 0.05$ ， $0.02 \leq \Delta R_{Ni/Li} \leq 0.05$ ， $0.02 \leq \Delta R_{Ni/Li} \leq 0.04$ 。

通过调节多晶颗粒以及单晶或类单晶颗粒的镍锂元素数量比 $R_{Ni/Li}$ 的相对大小，使多晶颗粒的 $R_{Ni/Li}$ 低于单晶或类单晶颗粒的 $R_{Ni/Li}$ ，可以在提供较高的正极活性物质的可发挥容量的同时，还有助于提升正极活性物质的热稳定性，改善电池的高温存储性能。

在本申请中，正极活性颗粒中的任一种（可以为但不限于第一活性颗粒或第二活性颗粒）至少包括正极活性颗粒本体，还可以包括或不包括包覆层；当包括包覆层时，所述包覆层设置于所述正极活性颗粒本体至少一部分表面上。通过在正极活性颗粒中引入包覆层，可以起到减少阴极界面副反应的作用。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒包括活性颗粒本体，还包含或者不包括包覆层。

在一些实施方式中，所述第二活性颗粒包括活性颗粒本体，还包含或者不包括包覆层。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒中至少一种包括包覆层。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒包括包覆层，且所述第一活性颗粒的本体和包覆层的成分可以相同或不同。

在一些实施方式中，所述第二活性颗粒包括包覆层，且所述第二活性颗粒的本体和包覆层的成分可以相同或不同。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒可以各自独立地包括包覆层或不包括包覆层。

当在正极活性颗粒（可以为但不限于所述第一活性颗粒或所述第二活性颗粒）的表面设置有包覆层时，可以在包覆层中前述掺杂元素中的一种多种。比如，在包覆层中引入金属氧化物可起到提高电极/电解液界面的稳定性的作用。再比如，在包覆层中引入氟化物可起到减少电解液副反应、降低极化、提高正极材料在高电流、高电压下的循环稳定性的作用。再比如，在包覆层中引入锂化物可起到提高正极材料结构稳定性的作用。包覆层的厚度可以根据正极活性颗粒、正极极片或二次电池的性能改善需要进行灵活调节。在一些实施例中，包覆层的厚度为 1nm~50nm，可选为 1nm~10nm。包覆层的厚度可通过透射电子显微镜方法等形貌观测方法测得。包覆层的质量及各元素组成和含量可通过电感耦合等离子体发射光谱法方法等元素分析方法测得。

第二方面，本申请提供一种正极极片，其包括正极活性材料层，所述正极活性材料层包括本申请第一方面所述正极活性物质。此时，采用该正极极片可赋予二次电池较优越的存储性能，且同时还能保持良好的能量密度。

在一些实施方式中，所述正极极片的压实密度为 3.2~3.8 g/cm³。所述正极极片的压实密度可以选自下述任一种密度：3.2 g/cm³、3.25 g/cm³、3.3 g/cm³、3.35 g/cm³、3.4 g/cm³、3.45 g/cm³、3.5 g/cm³、3.55 g/cm³、3.6 g/cm³、3.65 g/cm³、3.7 g/cm³、3.75 g/cm³、3.8 g/cm³ 等，还可以选自上述任两种数值构成的区间。在一些实施例中，所述正极极片的压实密度为 3.4~3.7 g/cm³。当正极极片的压实密度在上述范围时，有利于在兼顾电池能量密度和存储性能的基础上，获得更高的能量密度。

本申请所使用的“压实密度”具有本领域公知的含义，是材料能量密度的参考指标之一。本申请，如无其他说明，正极极片的压实密度指的是正极活性材料层的质量与其体积的比值。

所述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，至少一个所述正极膜层包括正极活性材料层，任一个所述正极活性材料层独立地含有正极活性物质。至少一个所述正极活性材料层含有本申请第一方面所述正极活性物质。

作为非限制性示例，所述正极集流体具有在其自身厚度方向相对的两个表面，进一步地，所述正极膜层设置在所述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形成在高分子材料基材上而获得。所述正极集流体中，该金属材料的非限制性示例可以包括铝、铝合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银及银合金等中的一种或多种。所述正极集流体中，该高分子材料基材的非限制性示例可以包括聚丙烯（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）等基材中的一种或多种。

在一些实施方式中，正极膜层还可选地包括粘结剂。作为非限制性示例，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一种或多种。

在一些实施方式中，正极膜层还可选地包括导电剂。作为非限制性示例，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一种或多种。

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，例如正极活性物质、导电剂、粘结剂和任意其他的组分分散于溶剂中，形成正极浆料；将正极浆料涂覆在正极集流体的至少一侧表面上，经烘干、压实（压实可以采用冷压方式）等工序后，即可得到正极极片。溶剂的种类可以选自但不限于前述实施方式中的任一种，例如 N-甲基吡咯烷酮（NMP）。正极浆料所涂覆的正极集流体表面可以为正极集流体的单个表面上，也可以为正极集流体的两个表面上。

第三方面，本申请提供一种二次电池，其包括本申请第二方面所述正极极片，还包括负极极片和隔离膜；其中，所述隔离膜设置于所述正极极片和所述负极极片之间。

该二次电池的正极极片中，多晶活性颗粒与单晶或类单晶活性颗粒的具有独特的粒径分布特征，具有优越的存储性能，且同时还能保持良好的能量密度。

在本申请中，二次电池包括正极极片（本申请第二方面提供的正极极片）、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。电解质具有在正极极片和负极极片之间传导活性离子的作用。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，同时可以使活性离子通过。

正极极片

本申请第三方面及第四方面中的正极极片包括本申请第二方面提供的正极极片。

在本申请的一些实施方式中，所述二次电池为锂离子二次电池。锂离子二次电池和利用锂离子的在电极的嵌入与脱嵌以及在电解质中的传输实现充放电过程。通常而言，锂离子二次电池中的活性离子为锂离子，但不限于此。

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物质。

作为非限制性示例，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形成在高分子材料基材上而得到。所述负极集流体中，该金属材料的非限制性示例可以包括铜、铜合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银及银合金等中的一种或多种。所述负极集流体中，该高分子材料基材的非限制性示例可以包括聚丙烯（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）等基材中的一种或多种。

在一些实施方式中，负极活性物质可采用本领域公知的用于电池的负极活性物质。作为非限制性示例，负极活性物质可包括以下材料中的一种或多种：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。所述锡基材料可包括单质锡、锡氧化合物以及锡合金中的一种或多种。但本申请并不限于这些材料，还可以使用其他可被用作电池负极活性物质的传统材料。这些负极活性物质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。所述粘结剂可包括丁苯橡胶（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）中的一种或多种。

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一种或多种。

在一些实施方式中，负极膜层还可选地包括其他助剂，例如增稠剂等。增稠剂的非限制性示例可以包括羧甲基纤维素钠（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，例如负极活性物质、导电剂、粘结剂和任意其他组分分散于溶剂（溶剂的非限制性示例如去离子水）中，形成负极浆料；将负极浆料涂覆在负极集流体的至少一侧表面上（负极浆料所涂覆的表面可以为单个表面上，也可以为两个表面上），经烘干、压实（压实可以采用冷压方式）等工序后，即可得到负极极片。

电解质

电解质具有在正极极片和负极极片之间传导活性离子的作用。本申请对电解质的种类没有特别的限制，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。在锂离子二次电池中，电解质盐可以包括电解质锂盐。

在一些实施方式中，电解质锂盐可包括六氟磷酸锂（LiPF₆）、四氟硼酸锂（LiBF₄）、高氯酸锂（LiClO₄）、六氟砷酸锂、双氟磺酰亚胺锂（LiFSI）、双三氟甲磺酰亚胺锂（LiTFSI）、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一种或多种。

在一些实施方式中，该溶剂为有机溶剂。

在一些实施方式中，所述有机溶剂为酯类或醚类。在其中的一些实施方式中，所述有机溶剂为酯类。上述酯类溶剂可以包括碳酸酯及卤代碳酸酯中的一种或多种，作为非限制性示例，例如碳酸乙烯酯（EC）、碳酸丙烯酯（PC）、碳酸甲乙酯（EMC）、碳酸二乙酯（DEC）、碳酸二甲酯（DMC）、碳酸二丙酯（DPC）、碳酸甲丙酯（MPC）、碳酸乙丙酯（EPC）、甲酸甲酯（MF）、乙酸甲酯（MA）、乙酸乙酯（EA）、乙酸丙酯（PA）、丙酸甲酯（MP）、丙酸乙酯（EP）、丙酸丙酯（PP）、丁酸甲酯（MB）、丁酸乙酯（EB）以及前述任一种的氟代物中的一种或多种。

在一些实施方式中，溶剂可包括碳酸乙烯酯（EC）、碳酸丙烯酯（PC）、碳酸甲乙酯（EMC）、碳酸二乙酯（DEC）、碳酸二甲酯（DMC）、碳酸二丙酯（DPC）、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一种或多种。

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。

在一些实施方式中，所述添加剂可以包括碳酸亚乙烯酯（VC）、碳酸乙烯亚乙酯（VEC）、氟代碳酸乙烯酯（FEC）、二氟碳酸乙烯酯（DFEC）、三氟甲基碳酸乙烯酯（TFPC）、甲烷二磺酸亚甲酯（MMDs）、1-丙烯-1,3-磺酸内酯（PST）、亚硫酸乙烯酯（ES）、亚硫酸丙烯酯（PS）、硫酸乙烯酯（DTD）、丁二腈（SN）、己二腈（AND）、磺酸酯环状季铵盐、三(三甲基硅烷)磷酸酯（TMSP）、三(三甲基硅烷)硼酸酯（TMSB）及苯甲醚中的一种或多种。

隔离膜

在一些实施方式中，二次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，隔离膜的材质可包括玻璃纤维、无纺布、聚乙烯、聚丙烯及聚偏二氟乙烯中的一种或多种。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。

电极组件、电化学储能装置、二次电池、用电装置

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，电化学储能装置可包括外包装。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，二次电池可包括外包装。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，二次电池的外包装可以是硬壳，例如硬塑料壳、铝壳、钢壳等。二次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，进一步地，塑料的非限制性示例可以包括聚丙烯、聚对苯二甲酸丁二醇酯以及聚丁二酸丁二醇酯等中的一种或多种。

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。例如，图2是作为一个示例的方形结构的二次电池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。二次电池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实际需求进行选择。

第四方面，本申请提供一种用电装置，其包括本申请第二方面所述正极极片以及本申请第三方面所述二次电池中的至少一种。

所述二次电池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、电动车辆、电气列车、船舶及卫星、储能系统等，但不限于此。其中，移动设备例如可以是手机、笔记本电脑等；电动车辆例如可以是纯电动车、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，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二次电池。

图4是作为一个示例的用电装置6。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。

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。

第五方面，本申请提供一种正极活性物质的制备方法，可用于制备本申请第一方面所述正极活性物质。

在一些实施方式中，提供一种正极活性物质的制备方法，其包括如下步骤：

分别制备第一活性颗粒和第二活性颗粒；

将所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒混合，制得本申请第一方面所述正极活性物质。

在一些实施方式中，所述第一活性颗粒采用包括如下步骤的方法制备得到：将符合元素计量比的前驱体材料进行烧结，烧结温度为 600~900℃，进一步地，烧结时间可以为 8~15h，例如 8 h、9 h、10 h、11 h、12 h、13 h、14 h、15 h 等任一种时长，还可以选自上述任两种时长构成的区间。制备第一活性颗粒（为多晶颗粒）时的烧结温度可以为 600~900℃，还可以选自下述任一种温度：600℃、650℃、700℃、750℃、800℃、850℃、900℃等，还可以选自前述任两种温度构成的温度区间，例如 750-850℃。

在一些实施方式中，所述第二活性颗粒采用包括如下步骤的方法制备得到：将符合元素计量比的前驱体材料进行烧结，烧结温度为 700~1000℃，进一步地，烧结时间可以为 8~15h，例如 8 h、9 h、10 h、11 h、12 h、13 h、14 h、15 h 等任一种时长，还可以选自上述任两种时长构成的区间。制备第二活性颗粒（为单晶或类单晶颗粒）时的烧结温度可以为 700~1000℃，还可以选自下述任一种温度：700℃、750℃、800℃、850℃、900℃、950℃、1000℃等，还可以选自前述任两种温度构成的温度区间，例如 650-800℃。

对本领域技术人员来说，根据正极活性颗粒的目标元素组成及含量的成分设计，可以在本领域制备活性颗粒前驱体的常规方法基础上进行针对性调整，从而实现对前驱体及其制备的活性颗粒的成分调控。此外，通过调节前驱体溶液中的各元素组成结合对烧结温度的控制，可以一定程度上实现对活性颗粒的大小进行调控，比如可以调控 D_{v90} 、 D_{v50} 、 D_{v10} 等粒径分布参数。

通过控制正极活性物质的烧结参数，可以实现对多晶活性颗粒与单晶或类单晶活性颗粒的独特粒径分布特征的调控。

当正极活性颗粒在活性颗粒本体的至少一部分表面上设置有包覆层时，可以通过分步烧结的方法制备带有包覆层的正极活性颗粒。可以先将本体前驱体材料进行第一次烧结获得正极活性颗粒的本体，然后将包覆层前驱体材料包覆在所述本体的至少一部分表面上，进而第二次烧结，可获得带有包覆层的正极活性颗粒。这对本领域技术人员来说，容易通过调节制备参数而获得或者筛选出具有目标结构的正极活性颗粒。

第六方面，本申请提供一种正极浆料的制备方法，其包括如下步骤：将本申请第一方面所述正极活性物质和溶剂进行混合，制备得到正极浆料；其中，所述正极浆料中添加或者不添加助剂；

其中，所述第一活性颗粒可采用本申请第五方面中所述的方法制备得到；

所述第二活性颗粒可采用本申请第五方面中所述的方法制备得到；

所述助剂包括导电剂和粘合剂中的一种或多种。

以下，说明本申请的一些实施例。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。实施例中未注明技术或条件的，按照上文中的描述进行，或者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，或者可通过市购产品按照常规方式合成。

正极活性物质的制备方法

1、第一活性颗粒（多晶活性颗粒）的制备

于 50℃~55℃，将硫酸镍、硫酸锰和硫酸钴按摩尔比配制成 1mol/L 溶液，溶剂为去离子水，加入氨水、氢氧化钠等氢氧化物进行共沉淀技术，制备得到多晶前驱体，经粒径测试确认是否符合预设要求；制备多晶前驱体的过程中，通过控制反应时间、共沉淀时的 pH 值以及氨浓度可实现对前驱体颗粒的粒径尺寸的控制。

将多晶前驱体 $\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}(\text{OH})_2$ 、 $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ 以合适摩尔比（1:1.08）进行混料，然后置于 650℃~800℃（本例中 800℃）气氛炉中进行烧结，烧结时间为 8~15 h，气体氛围为氧气，冷却后经机械研磨即可得到多晶活性颗粒，即前述的第一活性颗粒。

2、第二活性颗粒（本例中为单晶活性颗粒）的制备

于 50℃~55℃，硫酸镍、硫酸锰和硫酸钴按摩尔比配制成 1mol/L 溶液，溶剂为去离子水，加入氨水、氢氧化钠等氢氧化物进行共沉淀技术，制备得到单晶前驱体，经粒径测试确认是否符合预设要求；制备单晶前驱体的过程中，通过控制反应时间、共沉淀时的 pH 值以及氨浓度等参数可实现对单晶前驱体颗粒的粒径尺寸的控制。

将单晶前驱体 $\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}(\text{OH})_2$ 、 $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ 以合适摩尔比混料，然后置于 750℃~850℃（本例中 850℃）气氛炉中进行烧结，烧结时间为 8~15 h，气体氛围为氧气，冷却后经机械研磨即可得到单晶活性颗粒，即前述的第二活性颗粒。

经烧结后，前驱体颗粒转化而成的活性颗粒的粒径略有增大，因此，预设的前驱体粒径适当小于烧结后相应活性颗粒的粒径。

当多晶活性颗粒或单晶活性颗粒的至少一部分表面设置有包覆层，可以先对前驱体材料进行第一段烧结获得正极活性颗粒本体，然后与包覆层原料共混均匀，在合适的气体氛围下进行第二段烧结，从而在活性颗粒本体的表面至少一部分形成包覆层。

3、正极活性物质的制备

将前述制备的多晶活性颗粒（第一活性颗粒）和单晶活性颗粒（第二活性颗粒）按照一定的重量比混合，可得到正极活性物质物质。

以下文的实施例 1 为例，其中，多晶颗粒 D_{v50} 为 9μm，多晶颗粒的 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 为 0.4，单晶颗粒 D_{v50} 为 3.3μm、单晶颗粒 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 为 1.6。也即，可计算得到 $X1/X2$ 为 0.25。还可参阅表 1。

测试分析方法

1、颗粒尺寸的测试分析

（1）粒径测试

样本制备：制备得到的正极活性物质；还可以为正极极片正极活性材料层中取样得到的正极活性物质。为了避免干燥过程的团聚影响粒度的测试，取洗涤后湿润样品进行分散测试。

粒径尺寸类型： D_{v10} 、 D_{v50} 和 D_{v90} 的测试。

设备型号：马尔文 2000 (MasterSizer 2000) 激光粒度仪，参考标准流程：GB/T19077-2016/ISO 13320:2009。

测试流程：取待测样品适量（样品浓度保证 8%~12% 遮光度即可），加入 20 mL 无水乙醇，超声处理 5 min（53KHz/120W），确保样品完全分散，之后按照 GB/T19077-2016/ISO 13320:2009 标准对样品进行测定。

（2） $X1/X2$

根据前文可知，在本申请中，正极活性物质中的多晶活性颗粒记为第一活性颗粒，正极活性物质中的单晶或类单晶活性颗粒记为第二活性颗粒。其中，第一活性颗粒的粒径参数 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 记为 $X1$ ，第二活性颗粒的粒径参数 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 记为 $X2$ 。

2、极片压实密度的测试方法

将极片裁剪为 1000mm 长度的膜片；将正极极片在适当压力下进行碾压，由于铝

箔具备延展性,使其膜片长度为 1006mm(延展率为 0.6%);冲切 1540.25mm²的小圆片(面积记为 A),测量小圆片重量 W 及厚度 d,根据一定体积正极集流体的重量进行换算,扣除小圆片中正极集流体的重量 W1 和厚度 d1,得到正极活性材料层的重量 W2 及厚度 d2,根据比值 $W2/(A \cdot d2)$ 计算出极片压实密度。

测试结果可参阅表 3。

3、电芯或电池性能

(1) 电池容量的测试方法

将锂离子电池在 25℃ 的恒温环境下静置 2h,然后在 2.8V~4.2V 下,按照 0.33C 充电至 4.2V,然后在 4.2V 下恒压充电至电流 $\leq 0.05C$,静置 10min,然后按照 0.33C 放电至 2.8V,记录该锂离子电池的初始容量 C0。

测试结果见可参阅表 3。

(2) 电池高温存储性能测试方法

将电池放在 60℃ 恒温箱中静置 100 天,然后在重新在 25℃ 下,先按照 0.33C 放电至 2.8V,静置 10min。然后按照 0.33C 充电至 4.2V,在 4.2V 下恒压充电至电流 $\leq 0.05C$,静置 10min,然后按照 0.33C 放电至 2.8V,记录该锂离子电池的容量 C1。电池的容量保持率 (%) = $C1/C0 \times 100\%$ 。

测试结果可参阅表 3。

实施例 1.

1、制备正极活性物质

根据表 1 和表 2 所示的制备参数,采用前述正极活性物质的制备方法,先后制备第一活性颗粒和第二活性颗粒。

将第一活性颗粒和第二活性颗粒混合,制得本例的正极活性物质。

2、正极极片的制备

将上述正极活性物质、导电剂乙炔黑、粘结剂聚偏氟乙烯(PVDF)按质量比 97: 2: 1 混合均匀并加入到溶剂 N-甲基吡咯烷酮(NMP)中,制成正极浆料;将正极浆料均匀涂布在正极集流体铝箔的双侧表面上,在 85℃ 下烘干后冷压,再进行模切、分条,制成锂离子电池正极片。

3、负极极片的制备

将负极活性物质石墨、硅氧化物、导电剂乙炔黑、增稠剂羟甲基纤维素钠(CMC-Na)、粘结剂丁苯橡胶(SBR)按质量比 72: 24: 2: 1: 1 加入到溶剂水中混合均匀,制成负极浆料;将负极浆料均匀涂布在负极集流体铜箔的双侧表面上,在 85℃ 下烘干后进行冷压,制成锂离子电池负极片。

4、隔膜的制备

采用聚乙烯微孔薄膜作为多孔隔离膜基材,将无机三氧化铝粉末、聚乙烯吡咯烷酮各丙酮溶剂按重量比 3: 1.5: 5.5 混合均匀制成浆料并涂布于基材的一面并烘干,得到隔离膜。

5、电解液的制备

将六氟磷酸锂溶解于碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯和碳酸甲乙酯的混合溶剂中(碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯的体积比为 1: 2: 1),得到锂离子电池电解液。

6、电池的制备

将上述正极极片、负极极片以及隔离膜进行卷绕,得到裸电芯,之后经过封装、注液、化成、排气等工序,制得实施例 1 的二次电池,其是一种锂离子电池。

实施例 2-10. 第一活性颗粒、第二活性颗粒、正极活性物质、正极极片以及二次电池的制备方法与实施例 1 基本一致,可参照表 1 和表 2 控制活性颗粒的化学组成、粒径大小和分布和活性颗粒含量,允许根据表 1 的参数适当调整活性颗粒的制备参

数。

对比例 1-2. 第一活性颗粒、第二活性颗粒、正极活性物质、正极极片以及二次电池的制备方法与实施例 1 中基本一致，可参照表 1 和表 2 控制活性颗粒的化学组成、粒径大小和分布和活性颗粒含量，允许根据表 1 的参数适当调整活性颗粒的制备参数。

表 1.

编号	第一活性颗粒（多晶）的化学成分	第二活性颗粒（单晶或类单晶）的化学成分
实施例 1	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$
实施例 2	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$
实施例 3	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$
实施例 4	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$
实施例 5	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$
实施例 6	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$
实施例 7	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$
实施例 8	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$
实施例 9	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$
实施例 10	$\text{LiNi}_{0.89}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.09}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.92}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.06}\text{O}_2$
对比例 1	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$
对比例 2	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.08}\text{O}_2$

表 2.

编号	第一活性颗粒（多晶）		第二活性颗粒（单晶或类单晶）		R_{Dv50}	R_w	X1/X2
	D_{v50} (μm)	X1	D_{v50} (μm)	X2			
实施例 1	9.0	0.40	3.3	1.60	2.7	0.7	0.25
实施例 2	9.2	0.30	4.2	1.50	2.2	0.7	0.20
实施例 3	9.2	0.30	4.9	0.81	1.9	0.7	0.37
实施例 4	9.0	0.40	4.5	0.72	2.0	0.7	0.55
实施例 5	9.5	0.48	4.5	0.72	2.1	0.7	0.67
实施例 6	9.2	0.30	4.9	0.81	1.9	0.5	0.37
实施例 7	9.2	0.30	4.9	0.81	1.9	0.8	0.37
实施例 8	9.2	0.30	4.9	0.81	1.9	0.9	0.37
实施例 9	12.9	0.70	3.3	1.60	3.9	0.7	0.44
实施例 10	9.2	0.30	4.9	0.81	1.9	0.7	0.37
对比例 1	9.2	2.0	3.0	1.52	3.1	0.7	1.32
对比例 2	9.1	0.25	3.0	1.52	3.0	0.7	0.16

表 2 中：

- (1) R_w 为第一活性颗粒的重量相对于第一活性颗粒和第二活性颗粒的重量之和的百分比；
- (2) R_{Dv50} 为第一活性颗粒与第二活性颗粒的 D_{v50} 比值；
- (3) X1 为第一活性颗粒的 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ ，X2 为第二活性颗粒的 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 。

测试结果及分析

以上各实施例和对比例的参数及性能测试结果可参阅表 3。

实施例 1-10 均具有优异的高温存储性能,60℃ 存储 100 天容量保持率均高于 93%,高温存储寿命较长,而且还能同时保持良好的压实密度及电池容量,意味着兼具良好的能量密度。

对比例 1 的 X1/X2 太高,对比例 2 的 X1/X2 太低,均导致无法兼顾高温存储性能、压实密度及初始容量,也即无法兼顾电池存储寿命及能量密度的双重需求。对比例 1 中的高温存储性能变劣;对比例 2 的高温存储性能的提升以严重牺牲能量密度为代价,压实密度严重下降。

表 3.

编号	压实密度 (g/cm ³)	初始容量 C0 (Ah)	60℃ 存储 100 天容量保持率
实施例 1	3.61	53.2	93.9%
实施例 2	3.55	52.9	94.1%
实施例 3	3.45	52.4	94.2%
实施例 4	3.55	52.9	94.0%
实施例 5	3.42	52.1	93.4%
实施例 6	3.55	52.9	94.5%
实施例 7	3.43	52.0	94.1%
实施例 8	3.35	51.6	94.0%
实施例 9	3.65	53.6	93.7%
实施例 10	3.45	52.6	94.4%
对比例 1	3.65	53.4	92.0%
对比例 2	3.31	51.6	94.5%

以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

需要说明的是,本申请不限于上述实施方式。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。以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式,其描述较为详细,但并不能因此而理解为对专利范围的限制。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。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本申请的保护范围。因此,本申请的保护范围应以所附权利要求为准,说明书及附图可用于解释权利要求的内容。

权利要求书

1. 一种正极活性物质，其包括第一活性颗粒和第二活性颗粒；其中，所述第一活性颗粒为所述正极活性物质中的多晶颗粒，其粒径参数 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 记为 X_1 ；所述第二活性颗粒为所述正极活性物质中的单晶或类单晶颗粒，其粒径参数 $(D_{v90}-D_{v10})/D_{v50}$ 记为 X_2 ；

X_1/X_2 满足 $0.2 \leq X_1/X_2 \leq 0.7$ ；

其中， D_{v90} 、 D_{v50} 和 D_{v10} 分别表示多颗粒组合的累计体积分布百分数达到 90%、50%和 10%时对应的粒径。

2. 根据权利要求 1 所述的正极活性物质，其中，在所述正极活性物质的粒度分布曲线中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒分别对应两个不连续的独立峰。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的正极活性物质，其中，所述 X_1/X_2 满足 $0.25 \leq X_1/X_2 \leq 0.55$ 。

4. 根据权利要求 1~3 中任一项所述的正极活性物质，其中，所述第一活性颗粒满足 $0.3 \leq X_1 \leq 1.0$ ；

可选地，所述第一活性颗粒满足 $0.4 \leq X_1 \leq 0.8$ 。

5. 根据权利要求 1~4 中任一项所述的正极活性物质，其中，所述第二活性颗粒满足 $0.7 \leq X_2 \leq 2.5$ ；

可选地，所述第二活性颗粒满足 $0.7 \leq X_2 \leq 2$ ；

进一步可选地，所述第二活性颗粒满足 $0.8 \leq X_2 \leq 1.6$ 。

6. 根据权利要求 1~5 中任一项所述的正极活性物质，其中，所述第一活性颗粒的 D_{v50} 与所述第二活性颗粒的 D_{v50} 的比值 R_{Dv50} 满足 $2 \leq R_{Dv50} \leq 4$ ；

可选地，所述第一活性颗粒的 D_{v50} 与所述第二活性颗粒的 D_{v50} 的比值 R_{Dv50} 满足 $2.3 \leq R_{Dv50} \leq 4.0$ 。

7. 根据权利要求 1~6 中任一项所述的正极活性物质，其中，所述第一活性颗粒的 D_{v50} 满足 $7 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 15 \mu\text{m}$ ；

可选地，所述第一活性颗粒的 D_{v50} 满足 $7 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 14 \mu\text{m}$ 。

8. 根据权利要求 1~7 中任一项所述的正极活性物质，其中，所述第二活性颗粒的 D_{v50} 满足 $1 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 6 \mu\text{m}$ ；

可选地，所述第二活性颗粒的 D_{v50} 满足 $2 \mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 4 \mu\text{m}$ 。

9. 根据权利要求 1~8 中任一项所述的正极活性物质，其中，所述第一活性颗粒的重量相对于所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒的重量之和的比值 R_w 满足 $0.5 \leq R_w \leq 0.9$ ；

可选地，所述第一活性颗粒的重量相对于所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒的重量之和的比值 R_w 满足 $0.7 \leq R_w \leq 0.9$ 。

10. 根据权利要求 1~9 中任一项所述的正极活性物质，其中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地为含有锂元素和镍元素的氧化物材料；

可选地，所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 和所述第二活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 各自独立地 ≥ 0.65 ；

进一步可选地，所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 和所述第二活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 各自独立地满足 $0.8 \leq R_{\text{Ni/Li}} \leq 1.0$ 。

11. 根据权利要求 1~10 中任一项所述的正极活性物质，其中，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地为三元材料或含有掺杂和/或包覆元素的三元材料；

可选地，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地为 NCM 三元材料、NCA 三元材料、含有掺杂和/或包覆元素的 NCM 三元材料、或含有掺杂和/或包覆元素的 NCA 三元材料；

可选地，所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒各自独立地包含如下的元素组合 $\text{Li}_x(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{M}_c\text{M}'_d)\text{O}_2$ ，其中， $0.9 \leq x \leq 1.2$ ， $0.8 \leq a < 1$ ， $0 < b < 1$ ， $0 < c < 1$ ， $a+b+c+d=1$ ，M 包括 Mn 和 Al 中的至少一种，M' 包括 Na、K、Ca、Ba、Sb、Ti、Zr、W、Sr、Nb、Mo、Si、Mg、B、Cr 和 Ta 中的一种或多种。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的正极活性物质，其中，所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 小于所述第二活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ ；

可选地，所述第二活性颗粒相对于所述第一活性颗粒中的镍锂元素数量比 $R_{\text{Ni/Li}}$ 的差值 $\Delta R_{\text{Ni/Li}}$ 满足 $0 < \Delta R_{\text{Ni/Li}} \leq 0.05$ ；

进一步可选地， $0.01 < \Delta R_{\text{Ni/Li}} \leq 0.05$ 。

13. 一种正极极片，其包括正极活性材料层，所述正极活性材料层包括权利要求 1~14 中任一项所述正极活性物质。

14. 根据权利要求 13 所述正极极片，其中，所述正极极片的压实密度为 $3.2 \sim 3.8 \text{ g/cm}^3$ ；

可选地，所述正极极片的压实密度为 $3.4 \sim 3.7 \text{ g/cm}^3$ 。

15. 一种二次电池，其包括权利要求 13 或 14 所述正极极片，还包括负极极片和隔膜；其中，所述隔膜设置于所述正极极片和所述负极极片之间。

16. 一种用电装置，其包括权利要求 13 或 14 所述正极极片以及权利要求 15 所述二次电池中的至少一种。

17. 一种正极活性物质的制备方法，其包括如下步骤：

分别制备第一活性颗粒和第二活性颗粒；

将所述第一活性颗粒和所述第二活性颗粒混合，制得权利要求 1~12 中任一项所述正极活性物质；

其中，所述第一活性颗粒采用包括如下步骤的方法制备得到：将符合元素计量比的前驱体材料进行烧结，烧结温度为 $600 \sim 900^\circ\text{C}$ ，烧结时间为 $8 \sim 15\text{h}$ ；

所述第二活性颗粒采用包括如下步骤的方法制备得到：将符合元素计量比的前驱体材料进行烧结，烧结温度为 $700 \sim 1000^\circ\text{C}$ ，烧结时间为 $8 \sim 15\text{h}$ 。

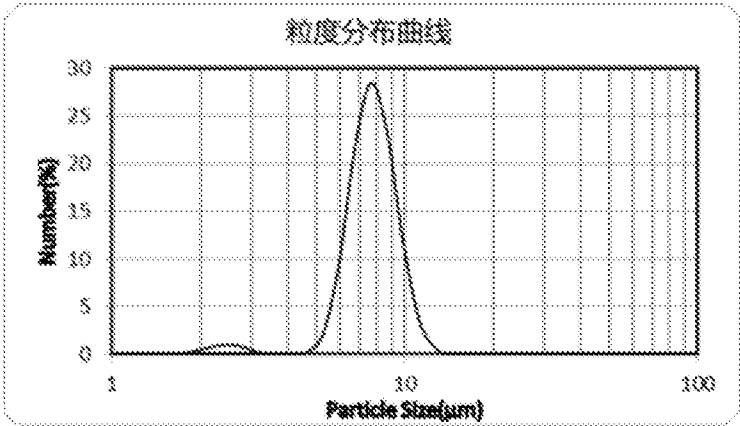


图 1

5

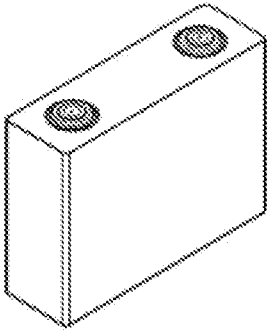


图 2

5

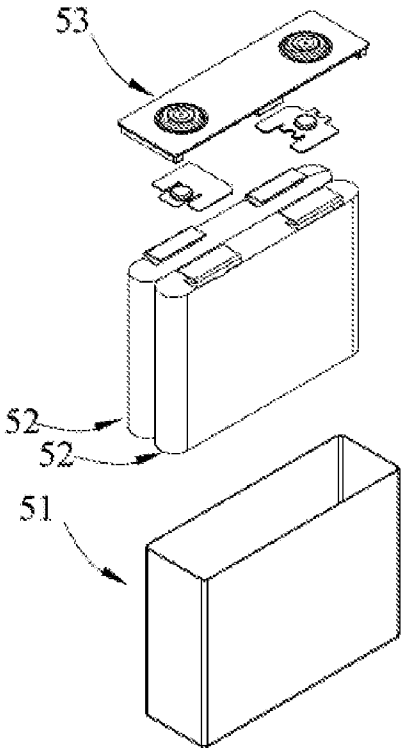


图 3

6

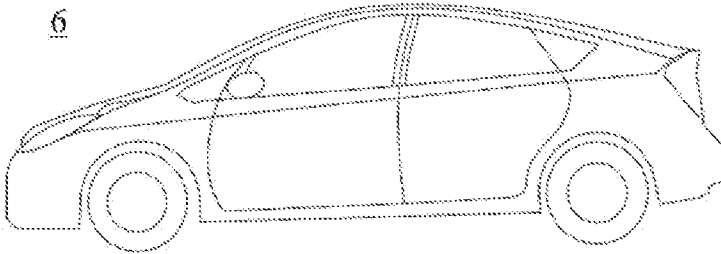


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/079055

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01M4/525(2010.01)i; H01M4/131(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) IPC: 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; VEN; WOTXT; USTXT; EPTXT; CNKI: 电池, 正极, 阴极, 多晶, 单晶, DV10, DV50, DV90, battery, positive electrode, cathode, polycrystalline, single crystal																	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 111788724 A (UMICORE KOREA LTD. et al.) 16 October 2020 (2020-10-16) description, paragraphs 2 and 12-192</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 111630002 A (UMICORE KOREA LTD. et al.) 04 September 2020 (2020-09-04) description, paragraphs 2 and 13-321</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 115548277 A (BEIJING EASPRING MATERIAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 30 December 2022 (2022-12-30) entire document</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2017057078 A1 (HITACHI METALS LTD.) 06 April 2017 (2017-04-06) entire document</td> <td>1-17</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	CN 111788724 A (UMICORE KOREA LTD. et al.) 16 October 2020 (2020-10-16) description, paragraphs 2 and 12-192	1-17	X	CN 111630002 A (UMICORE KOREA LTD. et al.) 04 September 2020 (2020-09-04) description, paragraphs 2 and 13-321	1-17	A	CN 115548277 A (BEIJING EASPRING MATERIAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 30 December 2022 (2022-12-30) entire document	1-17	A	WO 2017057078 A1 (HITACHI METALS LTD.) 06 April 2017 (2017-04-06) entire document	1-17
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
X	CN 111788724 A (UMICORE KOREA LTD. et al.) 16 October 2020 (2020-10-16) description, paragraphs 2 and 12-192	1-17															
X	CN 111630002 A (UMICORE KOREA LTD. et al.) 04 September 2020 (2020-09-04) description, paragraphs 2 and 13-321	1-17															
A	CN 115548277 A (BEIJING EASPRING MATERIAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 30 December 2022 (2022-12-30) entire document	1-17															
A	WO 2017057078 A1 (HITACHI METALS LTD.) 06 April 2017 (2017-04-06) entire document	1-17															
☐ 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 14 November 2023		Date of mailing of the international search report 16 November 2023															
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.															

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/079055

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111788724	A	16 October 2020	EP	3759753	A1	06 January 2021
				EP	3759753	B1	14 June 2023
				US	2021005877	A1	07 January 2021
				KR	20200119339	A	19 October 2020
				KR	102545987	B1	20 June 2023
				KR	20230054493	A	24 April 2023
				EP	3759755	A1	06 January 2021
				US	2020403228	A1	24 December 2020
				WO	2019166350	A1	06 September 2019
				JP	2021516422	A	01 July 2021
				JP	7091461	B2	27 June 2022
				WO	2019166930	A1	06 September 2019
				US	2020411859	A1	31 December 2020
				PL	3759753	T3	25 September 2023
				KR	20200130346	A	18 November 2020
				KR	102521605	B1	12 April 2023
				FI	3759753	T3	15 August 2023
				JP	2021515966	A	24 June 2021
				JP	7055891	B2	18 April 2022
				IN	202047041640	A	09 October 2020
CN	111630002	A	04 September 2020	KR	20200092413	A	03 August 2020
				KR	102400921	B1	20 May 2022
				WO	2019123306	A1	27 June 2019
				JP	2021507486	A	22 February 2021
				JP	6905156	B2	21 July 2021
				US	2020381727	A1	03 December 2020
				US	11271203	B2	08 March 2022
				FI	3728134	T3	03 October 2023
				EP	3728134	A1	28 October 2020
				EP	3728134	B1	23 August 2023
				CN	111630002	B	05 February 2021
				IN	202047026179	A	14 August 2020
CN	115548277	A	30 December 2022	WO	2022198891	A1	29 September 2022
				KR	20230005894	A	10 January 2023
				EP	4145566	A1	08 March 2023
				JP	2023516229	A	18 April 2023
				US	2023207802	A1	29 June 2023
WO	2017057078	A1	06 April 2017	JPWO	2017057078	A1	31 May 2018
				JP	6601500	B2	06 November 2019

A. 主题的分类 H01M4/525(2010.01)i; H01M4/131(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) IPC: 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; VEN; WOTXT; USTXT; EPTXT; CNKI: 电池, 正极, 阴极, 多晶, 单晶, DV10, DV50, DV90, battery, positive electrode, cathode, polycrystalline, single crystal		
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
X	CN 111788724 A (尤米科尔公司 等) 2020年10月16日 (2020 - 10 - 16) 说明书第2、12-192段	1-17
X	CN 111630002 A (尤米科尔公司 等) 2020年9月4日 (2020 - 09 - 04) 说明书第2、13-321段	1-17
A	CN 115548277 A (北京当升材料科技股份有限公司) 2022年12月30日 (2022 - 12 - 30) 全文	1-17
A	WO 2017057078 A1 (HITACHI METALS LTD) 2017年4月6日 (2017 - 04 - 06) 全文	1-17
☐ 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 2023年11月14日		国际检索报告邮寄日期 2023年11月16日
ISA/CN的名称和邮寄地址 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		授权官员 廖菊蓉 电话号码 (+86) 020-28950731

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/079055

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	111788724	A	2020年10月16日	EP	3759753	A1	2021年1月6日
				EP	3759753	B1	2023年6月14日
				US	2021005877	A1	2021年1月7日
				KR	20200119339	A	2020年10月19日
				KR	102545987	B1	2023年6月20日
				KR	20230054493	A	2023年4月24日
				EP	3759755	A1	2021年1月6日
				US	2020403228	A1	2020年12月24日
				WO	2019166350	A1	2019年9月6日
				JP	2021516422	A	2021年7月1日
				JP	7091461	B2	2022年6月27日
				WO	2019166930	A1	2019年9月6日
				US	2020411859	A1	2020年12月31日
				PL	3759753	T3	2023年9月25日
				KR	20200130346	A	2020年11月18日
				KR	102521605	B1	2023年4月12日
				FI	3759753	T3	2023年8月15日
				JP	2021515966	A	2021年6月24日
				JP	7055891	B2	2022年4月18日
				IN	202047041640	A	2020年10月9日
CN	111630002	A	2020年9月4日	KR	20200092413	A	2020年8月3日
				KR	102400921	B1	2022年5月20日
				WO	2019123306	A1	2019年6月27日
				JP	2021507486	A	2021年2月22日
				JP	6905156	B2	2021年7月21日
				US	2020381727	A1	2020年12月3日
				US	11271203	B2	2022年3月8日
				FI	3728134	T3	2023年10月3日
				EP	3728134	A1	2020年10月28日
				EP	3728134	B1	2023年8月23日
				CN	111630002	B	2021年2月5日
				IN	202047026179	A	2020年8月14日
CN	115548277	A	2022年12月30日	WO	2022198891	A1	2022年9月29日
				KR	20230005894	A	2023年1月10日
				EP	4145566	A1	2023年3月8日
				JP	2023516229	A	2023年4月18日
				US	2023207802	A1	2023年6月29日
WO	2017057078	A1	2017年4月6日	JPWO	2017057078	A1	2018年5月31日
				JP	6601500	B2	2019年11月6日