

# (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5月4日 (04.05.2023)



(10) 国际公布号  
**WO 2023/070992 A1**

(51) 国际专利分类号:  
**H01M 4/131** (2010.01) **H01M 4/136** (2010.01)  
**H01M 4/1315** (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/076462

(22) 国际申请日: 2022年2月16日 (16.02.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:  
PCT/CN2021/126213  
2021年10月25日 (25.10.2021) CN

(71) 申请人: 宁德新能源科技有限公司 (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LIMITED) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路1号, Fujian 352100 (CN)。

(72) 发明人: 周墨林 (ZHOU, Molin); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路1号, Fujian 352100 (CN)。

(74) 代理人: 北京律盟知识产权代理有限责任公司 (LEE AND LI - LEAVEN IPR AGENCY LTD.); 中国北京市东城区建国门南大街7号璞邸酒店A座2202室, Beijing 100005 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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, 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))。

(54) Title: ELECTROCHEMICAL DEVICE AND ELECTRONIC DEVICE COMPRISING SAME

(54) 发明名称: 电化学装置及包括其的电子装置

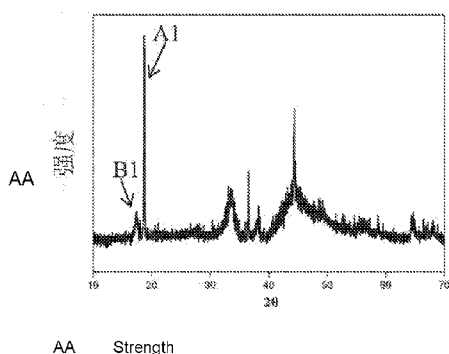


图 1

(57) Abstract: The present application relates to an electrochemical device and an electronic device. The electrochemical device comprises a positive electrode, a negative electrode, an isolation film and an electrolyte solution; the positive electrode comprises a positive electrode active material layer; the positive electrode active material layer comprises a positive electrode active material as shown in formula (1):  $Li_{1+r}Ni_{1-p-q}M1_pM2_qO_{2-s}M3_s$ ; in formula (1),  $0 < r \leq 1$ ,  $0 < p < 1$ ,  $0 < q < 1$ ,  $0 < p+q < 0.5$ , and  $0 \leq s < 0.2$ , M1 and M2 are each independently at least one of Co, Mn, Fe, Ti, Al, V, Cr, Nb, Zr, La or Y, and M3 is at least one of S, N, F, Cl or Br; the resistance of the positive electrode is  $R\Omega$ , the compaction density of the positive electrode is  $Pg/cm^3$ , the single-sided surface density of the positive electrode is  $Qg/1540.25 mm^2$ , and the positive electrode satisfies formula (2):  $3.5 \leq R \cdot P/Q \leq 30$ ; the electrolyte solution comprises fluoroethylene carbonate.

WO 2023/070992 A1



(57) 摘要：本申请涉及一种电化学装置和电子装置。电化学装置包括正极、负极、隔离膜和电解液，其中正极包含正极活性材料层，正极活性材料层包括式(1)所示的正极活性材料： $\text{Li}_{1-r}\text{Ni}_{1-p-q}\text{M1}_p\text{M2}_q\text{O}_{2-s}\text{M3}_s$ 式(1)，在式(1)中， $0 < r \leq 1$ ， $0 < p < 1$ ， $0 < q < 1$ ， $0 < p+q < 0.5$ ， $0 \leq s < 0.2$ ，M1和M2各自独立地为Co、Mn、Fe、Ti、Al、V、Cr、Nb、Zr、La或Y中的至少一种，M3是S、N、F、Cl或Br中的至少一种，其中正极的电阻为 $R\Omega$ ，正极的压实密度为 $P\text{g}/\text{cm}^3$ ，正极的单面面密度为 $Q\text{g}/1540.25\text{mm}^2$ ，并且正极满足式(2)： $3.5 \leq R \cdot P/Q \leq 30$ 式(2)，其中电解液包含氟代碳酸乙烯酯。

# 电化学装置及包括其的电子装置

## 技术领域

本申请涉及储能技术领域，尤其涉及电化学装置及包括其的电子装置。

## 背景技术

锂离子电池在首次充放电循环过程中，其负极表面会形成固态电解质界面（SEI），造成不可逆的容量损失，从而降低了锂离子储能器件的能量密度。在使用石墨作为负极材料的锂离子电池中，首次充放电循环会消耗大约 10% 的活性锂源；而在使用高比容量的负极材料，例如合金类（硅或锡等）、氧化物类（氧化硅或氧化锡）和无定形碳负极的锂离子电池中，首次充放电循环过程中的活性锂源的消耗会进一步加剧。

为了弥补首次充放电循环过程中的活性锂源的消耗，本领域的研究人员尝试通过负极补锂方法来改善锂离子电池。例如，授权公告号为 CN1290209C 的专利提出了一种负极补锂方法，将金属锂粉、负极材料和非水液体混合形成浆料，将浆料涂布到负极集流体上，然后经干燥、辊压和注液等工序完成储能器件的组装，这种方法虽然能提高锂离子电池的能量密度，但金属锂的反应活性极高，易与空气中的水分反应，因此生产工艺要求采用不与锂反应的非水有机溶剂并且需要严格控制水分，从而增大了工艺难度。美国的 FMC 公司对锂粉进行了一定的改进处理，其生产的稳定化金属锂粉（SLMP）具有更好的稳定性，但其在干燥空气中也仅能稳定存在几个小时，这个时间限制对于锂离子电池的制作工艺（包括调浆、涂布、烘干、分切、辊压、卷绕、注液等）提出了苛刻的要求。而且，SLMP 对于操作环境湿度和氧含量的要求同样很严格，若采用干法操作，锂粉容易漂浮在空气中，具有安全隐患；若采用湿法操作，同样需要选择非水溶剂并控制水分。

鉴于负极补锂策略面临着巨大的挑战，相对更加安全和便于操作的正极补锂方法得到了产业界越来越多的关注。例如，公开号为 CN104037418A 的专利公开了一种基于锂氧化合物、锂源和烷基锂的正极补锂材料，但其中锂氧化合物的分解电位较高，且分解过程中产生氧气和其它副产物，影响电池寿命。授权公告号为 CN101877417B 的专利公开了  $\text{Li}_2\text{NiO}_2$  类补锂材料，这类补锂材料的比容量高，制备方法简单，可以很好地补充

活性锂，但这类补锂材料在首圈充电脱锂后会在极片上残留非活性组分，不利于进一步提升锂离子电池的能量密度。此外，在首次充电过程中，大量的活性锂嵌入负极，导致负极的真实电位进一步降低，并且电解液中的溶剂持续在负极发生还原反应，造成阻抗的持续增长，进而影响循环性能。

因此，如何使锂离子电池在提高能量密度的同时具有较好的循环和倍率性能是电池领域的研发重点。

## 发明内容

本申请提供一种电化学装置以试图在至少某种程度上解决至少一个存在于相关领域中的问题。

本申请提供了一种电化学装置，其包括正极、负极、隔离膜和电解液，其中所述正极包含正极活性材料层，所述正极活性材料层包括式(1)所示的正极活性材料： $\text{Li}_{1+r}\text{Ni}_{1-p-q}\text{M1}_p\text{M2}_q\text{O}_{2-s}\text{M3}_s$ ，式(1)，在式(1)中， $0 < r \leq 1$ ， $0 < p < 1$ ， $0 < q < 1$ ， $0 < p+q < 0.5$ ， $0 \leq s < 0.2$ ，M1和M2各自独立地为Co、Mn、Fe、Ti、Al、V、Cr、Nb、Zr、La或Y中的至少一种，M3是S、N、F、Cl或Br中的至少一种，其中所述正极的电阻为 $R \Omega$ ，所述正极的压实密度为 $P \text{ g/cm}^3$ ，所述正极的单面面密度为 $Q \text{ g/1540.25mm}^2$ ，并且所述正极满足式(2)： $3.5 \leq R \cdot P/Q \leq 30$  式(2)，其中所述电解液包含氟代碳酸乙烯酯。

根据本申请的一些实施例，所述正极进一步满足式(3)： $5.0 \leq R \cdot P/Q \leq 12$  式(3)。

根据本申请的一些实施例， $R$ 满足 $R \leq 3$ 。

根据本申请的一些实施例， $R$ 满足 $R \leq 1.5$ 。

根据本申请的一些实施例， $P$ 满足 $2.8 < P \leq 3.6$ 。

根据本申请的一些实施例， $Q$ 满足 $0.16 < Q < 0.32$ 。

根据本申请的一些实施例，基于所述电解液的总重量，氟代碳酸乙烯酯的重量百分比为大于0且小于等于15%。

根据本申请的一些实施例，基于所述正极活性材料层的总重量，所述正极活性材料的重量百分比为80%至98%。

根据本申请的一些实施例，所述正极活性材料包含物相A和物相B，所述物相A在 $17^\circ$ 至 $19^\circ$ 处出现(003)晶面的特征衍射峰A1，所述物相B在 $16^\circ$ 至 $18^\circ$ 处出现(001)

晶面的特征衍射峰 B1, 所述特征衍射峰 A1 的强度  $I_A$  与特征衍射峰 B1 的强度  $I_B$  满足式 (4) :  $0 \leq I_A/I_B < 100$  式 (4)。

本申请进一步提供了一种电子装置, 其包括以上任一种电化学装置。

本申请的额外层面及优点将部分地在后续说明中描述、显示、或是经由本申请实施例的实施而阐释。

## 附图说明

在下文中将简要地说明为了描述本申请实施例或现有技术所必要的附图以便于描述本申请的实施例。显而易见地, 下文描述中的附图仅只是本申请中的部分实施例。对本领域技术人员而言, 在不需要创造性劳动的前提下, 依然可以根据这些附图中所例示的结构来获得其他实施例的附图。

图 1 为本申请实施例 1 中的正极活性材料  $\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$  的 X 射线衍射 (XRD) 图。

图 2 为本申请实施例 2 和对比例 5 的首次充电曲线图。

## 具体实施方式

本申请的实施例将会被详细的描述在下文中。在此所描述的实施例为说明性质的且用于提供对本申请的基本理解。本申请的实施例不应该被解释为对本申请的限制。

如本文中所使用, 术语“大致”、“大体上”、“实质”及“约”用以描述及说明小的变化。当与事件或情形结合使用时, 所述术语可指代其中事件或情形精确发生的例子以及其中事件或情形极近似地发生的例子。举例来说, 当结合数值使用时, 术语可指代小于或等于所述数值的  $\pm 10\%$  的变化范围, 例如小于或等于  $\pm 5\%$ 、小于或等于  $\pm 4\%$ 、小于或等于  $\pm 3\%$ 、小于或等于  $\pm 2\%$ 、小于或等于  $\pm 1\%$ 、小于或等于  $\pm 0.5\%$ 、小于或等于  $\pm 0.1\%$ 、或小于或等于  $\pm 0.05\%$ 。举例来说, 如果两个数值之间的差值小于或等于所述值的平均值的  $\pm 10\%$  (例如小于或等于  $\pm 5\%$ 、小于或等于  $\pm 4\%$ 、小于或等于  $\pm 3\%$ 、小于或等于  $\pm 2\%$ 、小于或等于  $\pm 1\%$ 、小于或等于  $\pm 0.5\%$ 、小于或等于  $\pm 0.1\%$ 、或小于或等于  $\pm 0.05\%$ ), 那么可认为所述两个数值“大体上”相同。

另外, 有时在本文中以范围格式呈现量、比率和其它数值。应理解, 此类范围格式

是用于便利及简洁起见，且应灵活地理解，不仅包含明确地指定为范围限制的数值，而且包含涵盖于所述范围内的所有个别数值或子范围，如同明确地指定每一数值及子范围一般。

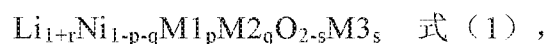
在具体实施方式及权利要求书中，由术语“中的至少一者”、“中的至少一个”、“中的至少一种”或其他相似术语所连接的项目的列表可意味着所列项目的任何组合。例如，如果列出项目 A 及 B，那么短语“A 及 B 中的至少一者”意味着仅 A；仅 B；或 A 及 B。在另一实例中，如果列出项目 A、B 及 C，那么短语“A、B 及 C 中的至少一者”意味着仅 A；或仅 B；仅 C；A 及 B (排除 C)；A 及 C (排除 B)；B 及 C (排除 A)；或 A、B 及 C 的全部。项目 A 可包含单个元件或多个元件。项目 B 可包含单个元件或多个元件。项目 C 可包含单个元件或多个元件。

本申请的一些实施例涉及电化学装置，其包括正极、负极、隔离膜和电解液。在一些实施例中，电化学装置是锂离子电池。

本申请的电化学装置具有能量密度高、倍率性能好且循环寿命长等优点。一方面，本申请的电化学装置中的正极包含一种镍基正极活性材料，该镍基正极活性材料具有较高的首次充电比容量，可以补充因生成固态电解质界面 (SEI) 造成的活性锂损失，从而提升电化学装置的能量密度。另一方面，本申请的电化学装置中的电解液包含氟代碳酸乙烯酯，可以在正极补锂的同时使负极形成更均匀且致密的 SEI，减少活性锂的持续消耗。又一方面，本申请的电化学装置中的正极的电阻、压实密度和单面面密度满足一定的设计要求，显著地提升了电化学装置的循环寿命和倍率性能。

## 一、电化学装置

本申请提供了一种电化学装置，其包括正极、负极、隔离膜和电解液，其中所述正极包含正极活性材料层，所述正极活性材料层包括式 (1) 所示的正极活性材料：



在式 (1) 中， $0 < r \leq 1$ ， $0 < p < 1$ ， $0 < q < 1$ ， $0 < p + q < 0.5$ ， $0 \leq s < 0.2$ ，M1 和 M2 各自独立地为 Co、Mn、Fe、Ti、Al、V、Cr、Nb、Zr、La 或 Y 中的至少一种，M3 是 S、N、F、Cl 或 Br 中的至少一种，其中所述正极的电阻为  $R \Omega$ ，所述正极的压实密度为  $P \text{ g/cm}^3$ ，所述正极的单面面密度为  $Q \text{ g/1540.25mm}^2$ ，并且所述正极满足式 (2)：

$$3.5 \leq R \cdot P/Q \leq 30 \quad \text{式 (2)},$$

其中所述电解液包含氟代碳酸乙烯酯。

正极活性材料  $\text{Li}_{1+r}\text{Ni}_{1-p-q}\text{M1}_p\text{M2}_q\text{O}_{2-s}\text{M3}_s$  包含两个物相，即物相 A 和物相 B。物相 A（例如，镍钴锰酸锂（NCM））属于  $R-3m$  空间群，可作为高比容量的正极活性材料。物相 B（例如，过嵌 Li 之后的 NCM）属于  $F-3m1$  空间群，其比容量很高，在首次充电时可脱出大量的锂离子来补充活性锂，以弥补因形成 SEI 导致的活性锂损失，并在脱锂后转变成物相 A，作为正极活性材料参与后续充放电循环。

在一些实施例中，物相 A 在  $17^\circ$  至  $19^\circ$  处出现 (003) 晶面的特征衍射峰 A1，物相 B 在  $16^\circ$  至  $18^\circ$  处出现 (001) 晶面的特征衍射峰 B1，所述特征衍射峰 A1 的强度  $I_A$  与特征衍射峰 B1 的强度  $I_B$  满足式 (4)：

$$0 \leq I_A/I_B < 100 \quad \text{式 (4)}。$$

在一些实施例中， $I_A/I_B$  为约 0、约 0.01、约 0.05、约 0.1、约 0.13、约 0.15、约 0.2、约 0.5、约 1、约 5、约 10、约 15、约 20、约 25、约 30、约 35、约 40、约 45、约 50、约 55、约 60、约 65、约 70、约 75、约 80、约 85、约 90、约 95、约 99 或可以为以上任意两数值组成的范围，例如约 0.01 至约 0.2、约 0.01 至约 10、约 0.1 至约 50、0 至约 50 或约 0.1 至约 100。

正极活性材料  $\text{Li}_{1+r}\text{Ni}_{1-p-q}\text{M1}_p\text{M2}_q\text{O}_{2-s}\text{M3}_s$  的比容量取决于  $\text{Li}_{1+r}\text{Ni}_{1-p-q}\text{M1}_p\text{M2}_q\text{O}_{2-s}\text{M3}_s$  中  $r$  的大小， $r$  越大，代表过嵌锂的程度越高，首次充电比容量就越大。在一些实施例中，正极活性材料  $\text{Li}_{1+r}\text{Ni}_{1-p-q}\text{M1}_p\text{M2}_q\text{O}_{2-s}\text{M3}_s$  中的 Ni 含量超过 50%。

在一些实施例中，正极活性材料中的  $s=0$ 、M1 为 Co、M2 为 Mn 或 Al 中的至少一者，例如， $\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$  或  $\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.08}\text{Mn}_{0.1}\text{Al}_{0.02}\text{O}_2$  等。

在一些实施例中，正极活性材料中的 M1 为 Co、M2 为 Mn 且 M3 为 F 或 S 中的至少一者，例如  $\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{1.95}\text{F}_{0.05}$  或  $\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{1.9}\text{S}_{0.05}\text{F}_{0.05}$ 。

在一些实施例中，正极包括正极集流体，正极集流体在自身厚度方向上包括相对的两个表面，正极活性材料层设置于正极集流体的至少一个表面上，正极活性材料层包括式 (1) 所示的正极活性材料。

在一些实施例中，基于正极活性材料层的总重量，正极活性材料的重量百分比为约 80% 至约 98%。在一些实施例中，基于正极活性材料层的总重量，正极活性材料的重量百分比为约 80%、约 82%、约 84%、约 86%、约 88%、约 90%、约 92%、约 94%、约

96%、约 98%或可以为以上任意两数值组成的范围，例如约 80%至约 85%、约 80%至约 90、约 85%至约 95%或约 90%至约 98%等。

正极的电阻 ( $R \Omega$ ) 是膜片电阻，可以通过直流两探针法来测得。正极的压实密度 ( $P \text{ g/cm}^3$ ) 可以通过公式  $P=m/v$  计算得出，公式中  $m$  为正极活性材料层的重量，单位为  $\text{g}$ ； $v$  是正极活性材料层的体积，单位为  $\text{cm}^3$ 。正极活性材料层的体积  $v$  可以为正极活性材料层的面积  $A_r$  与正极活性材料层的厚度之积。正极的单面面密度 ( $Q \text{ g/1540.25mm}^2$ ) 可以通过公式  $Q=1540.25m/A_r$  计算得出，式中  $m$  是正极活性材料层的重量，单位为  $\text{g}$ ； $A_r$  是正极活性材料层的面积，单位为  $\text{mm}^2$ 。

在本申请中，正极的电阻、压实密度和单面面密度是设计和制作电化学装置的关键参数。正极的电阻过大，会恶化电化学装置的循环性能和倍率性能。压实密度过大或过小，都会使电化学装置的循环性能和倍率性能变差。正极的单面面密度过大，会导致电化学装置的循环寿命降低，并影响电解液的渗透，进而使得电化学装置的倍率性能下降，尤其会导致电化学装置在高倍率下的放电容量降低；而正极的单面面密度过小，意味着相同电池容量下，集流体和隔膜的长度增加，增大了电化学装置的欧姆内阻。发明人研究发现，在电化学装置的制作中对这些参数进行综合设计以使正极满足上述式 (2)，可以有效地提高电化学装置的循环性能和倍率性能。

在一些实施例中， $R \cdot P/Q$  可以为约 3.5、约 3.7、约 3.8、约 5、约 5.5、约 6、约 6.5、约 7、约 7.5、约 8、约 8.5、约 9、约 9.5、约 10、约 10.5、约 11、约 11.5、约 12、约 13、约 14、约 15、约 18、约 19、约 20、约 22、约 25、约 28、约 29、约 30 或可以为以上任意两数值组成的范围，例如约 3.5 至约 10、约 3.7 至约 9、约 5 至约 8、约 5 至约 10、约 5 至约 15、约 8 至约 12、约 10 至约 12、约 10 至约 20、约 10 至约 30、约 15 至约 30 或约 20 至约 30。

在一些实施例中，正极进一步满足式 (3)：

$$5.0 \leq R \cdot P/Q \leq 12 \quad \text{式 (3)},$$

例如， $R \cdot P/Q$  可以为约 5、约 5.5、约 6、约 6.5、约 7、约 7.5、约 8、约 8.5、约 9、约 9.5、约 10、约 10.5、约 11、约 11.5、约 12 或可以为以上任意两数值组成的范围，例如约 5 至约 8、约 5 至约 10、约 8 至约 12 或约 10 至约 12。

在一些实施例中，正极的电阻小于或等于  $3 \Omega$  (即， $R \leq 3$ )，以有利地改善电化学装置的循环性能和倍率性能。 $R$  可以为小于或等于 3 中的任意值或任意范围，例如， $R$



可以小于或等于 2.8、小于或等于 2.5、小于或等于 2、小于或等于 1.5、小于或等于 1.4、小于或等于 1.3、小于或等于 1.2、小于或等于 1、小于或等于 0.8、小于或等于 0.6、小于或等于 0.5、小于或等于 0.4、小于或等于 0.3，或者 R 可以为约 3、约 2.8、约 2.5、约 2、约 1.8、约 1.5、约 1.2、约 1、约 0.8、约 0.6、约 0.5、约 0.3、约 0.1 等或可以为以上任意两数值组成的范围，例如约 0.1 至约 1、约 0.5 至约 1、约 0.4 至约 1.5、约 0.6 至约 1.5、约 0.5 至约 1.5、约 1 至约 2、约 0.5 至约 3 或约 1.5 至约 3。在一些实施例中，正极的电阻小于或等于  $1.5 \Omega$ （即， $R \leq 1.5$ ）。

在一些实施例中，正极的压实密度大于  $2.8 \text{ g/cm}^3$  且小于或等于  $3.6 \text{ g/cm}^3$ ，即， $2.8 < P \leq 3.6$ 。P 可以为大于 2.8 且小于或等于 3.6 中的任意值或任意范围，例如，P 可以大于 2.8 且小于或等于 3.0、大于 2.8 且小于或等于 3.5、大于或等于 3.0 且小于或等于 3.3、大于或等于 3.0 且小于或等于 3.6、大于或等于 3.2 且小于或等于 3.6 等，或者 P 可以为约 2.85、约 2.9、约 3.0、约 3.1、约 3.2、约 3.3、约 3.4、约 3.5、约 3.6 或可以为以上任意两数值组成的范围，例如约 2.9 至约 3.3、约 3.0 至约 3.5 或约 2.9 至约 3.6。正极的压实密度在上述范围内有利于正极中电子和离子的迁移，从而提高电化学装置的循环性能。

在一些实施例中，正极的单面面密度大于  $0.16 \text{ g}/1540.25 \text{ mm}^2$  且小于  $0.32 \text{ g}/1540.25 \text{ mm}^2$ （即， $0.16 < Q < 0.32$ ），以保证在充放电容量的前提下提高电化学装置的循环性能和倍率性能。Q 可以为大于 0.16 且小于 0.32 中的任意值或任意范围，例如，Q 可以大于 0.16 且小于 0.30、大于 0.16 且小于 0.28、大于 0.16 且小于 0.25、大于 0.16 且小于 0.20、大于或等于 0.20 且小于 0.32、大于或等于 0.25 且小于 0.32、大于或等于 0.30 且小于 0.32，或者 Q 可以为约 0.17、约 0.18、约 0.19、约 0.20、约 0.21、约 0.22、约 0.23、约 0.24、约 0.25、约 0.26、约 0.27、约 0.28、约 0.29、约 0.30、约 0.31 或可以为以上任意两数值组成的范围，例如约 0.17 至约 0.31、约 0.18 至约 0.31、约 0.20 至约 0.31、约 0.25 至约 0.30。

进一步地，本申请通过在电解液中添加氟代碳酸乙烯酯，使得负极形成了富含 LiF 成分的、均匀且致密的 SEI 膜，有效地抑制了活性锂的持续损失；同时，氟代碳酸乙烯酯在正极侧更耐高压氧化，从而进一步提升电化学装置的循环寿命。

在一些实施例中，基于电解液的总重量，氟代碳酸乙烯酯的重量百分比为大于 0 且小于或等于 15%。在一些实施例中，基于电解液的总重量，氟代碳酸乙烯酯的重量百分比可以为大于 0 且小于或等于 15% 中的任意值或任意范围，例如，氟代碳酸乙烯酯的重量百分比可以为约 0.1%、约 0.5%、约 1.0%、约 2.0%、约 3.0%、约 4.0%、约 5.0%、

约 6.0 %、约 7.0 %、约 8.0 %、约 9.0 %、约 10.0 %、约 11.0 %、约 12.0 %、约 13.0 %、约 14.0 %、约 15.0 %或可以为以上任意两数值组成的范围，例如约 0.1 %至约 15.0 %、约 0.5 %至约 15.0 %、约 1 %至约 15.0 %、约 5 %至约 10.0 %、约 5 %至约 15.0 %或约 10 %至约 15.0 %。

本申请的电化学装置通过包含高比容量的镍基正极活性材料和氟代碳酸乙烯酯并调整正极的电阻、压实密度和单面面密度，实现了高的能量密度、优良的倍率性能以及长的循环寿命的有机统一。

在一些实施例中，正极活性材料层还包括粘合剂。粘合剂提高正极活性材料颗粒彼此间的结合，并且还提高正极活性材料与正极集流体的结合。

在一些实施例中，粘合剂包括丁苯橡胶（SBR）、水性丙烯酸树脂、羧甲基纤维素（CMC）、聚偏二氟乙烯（PVDF）、聚四氟乙烯（PTFE）、聚乙烯醇缩丁醛（PVB）、乙烯-醋酸乙烯酯共聚物（EVA）或聚乙烯醇（PVA）中的至少一种，但不限于此，可以根据实际需求来选择粘合剂。

在一些实施例中，基于正极活性材料层的总重量，粘结剂的重量百分比小于或等于 2.0%，以获得较低的正极膜片电阻。在一些实施例中，基于正极活性材料层的总重量，粘结剂的重量百分比为约 2.0%、约 1.8%、约 1.5%、约 1.2%、约 1.0%、约 0.8%、约 0.5%、约 0.3%、约 0.1%或可以为以上任意两数值组成的范围，例如约 0.1%至约 2.0%、约 0.5%至约 2.0%、约 0.1%至约 1.0%或约 1.0%至约 2.0%。

在一些实施例中，正极活性材料层还包括导电剂，导电剂包括石墨、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，但不限于此，可以根据实际需求来选择导电剂。

在一些实施例中，基于正极活性材料层的总重量，导电剂的重量百分比大于或等于 0.5%，以获得较低的正极膜片电阻。在一些实施例中，基于正极活性材料层的总重量，导电剂的重量百分比大于或等于 0.5%、大于或等于 1.0%或大于或等于 1.5%等。

在一些实施例中，正极集流体可以采用金属箔材或多孔金属板，例如使用铝、铜、镍、钛或银等金属或它们的合金的箔材或多孔板，例如铝箔，但不限于此。

在一些实施例中，正极集流体的厚度为约 5 $\mu\text{m}$  至约 20 $\mu\text{m}$ ，例如，约 5 $\mu\text{m}$ 、约 6 $\mu\text{m}$ 、约 7 $\mu\text{m}$ 、约 8 $\mu\text{m}$ 、约 10 $\mu\text{m}$ 、约 12 $\mu\text{m}$ 、约 14 $\mu\text{m}$ 、约 16 $\mu\text{m}$ 、约 18 $\mu\text{m}$ 、约 20 $\mu\text{m}$  或可以为以上任意两数值组成的范围，例如约 6 $\mu\text{m}$  至 18 $\mu\text{m}$  或约 8 $\mu\text{m}$  至约 16 $\mu\text{m}$ 。

在一些实施例中，正极活性材料层可以通过如下操作来制作：将正极活性材料和粘结剂（根据需要而使用的导电材料和增稠剂等）进行干式混合而制成片状，将得到的片压接于正极集流体，或者使这些材料溶解或分散于液体介质中而制成浆料状，涂布在正极集流体上并进行干燥。

在一些实施例中，正极可以通过本领域公知的制备方法制备。例如，正极可以通过如下方法获得：在溶剂中将正极活性材料、导电材料和粘合剂混合，以制备活性材料组合物，并将该活性材料组合物涂覆在正极集流体上。在一些实施例中，溶剂可以包括N-甲基吡咯烷酮（NMP）等，但不限于此。

在一些实施例中，负极可以是金属锂片，也可以是包括负极集流体及设置于负极集流体至少一个表面上的负极活性材料层。

在一些实施例中，负极活性材料层包括负极活性材料，并可选地包括导电剂、粘结剂和增稠剂。

在一些实施例中，负极活性材料可以包括天然石墨、人造石墨、中间相微碳球（MCMB）、硬碳、软碳、硅、硅-碳复合物、SiO、Li-Sn 合金、Li-Sn-O 合金、Sn、SnO、SnO<sub>2</sub>、尖晶石结构的钛酸锂 Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>、Li-Al 合金及金属锂中的一种或多种。

在一些实施例中，导电剂可以包括石墨、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。

在一些实施例中，粘结剂可以是丁苯橡胶、聚偏二氟乙烯、聚四氟乙烯、聚乙烯醇缩丁醛、水性丙烯酸树脂、羧甲基纤维素或聚丙烯酸（PAA）中的一种或多种。

在一些实施例中，增稠剂可以是羧甲基纤维素。

本申请的电化学装置中的负极不限定于以上材料，本申请还可以使用可被用作锂离子电池负极活性材料、导电剂、粘结剂和增稠剂的其它材料。

负极集流体可以使用金属箔材或多孔金属板等材料，例如使用铜，镍，钛或铁等金属或它们的合金的箔材或多孔板，如铜箔。

负极可以按照本领域常规方法制备。通常将负极活性材料及可选的导电剂，粘结剂和增稠剂分散于溶剂中，溶剂可以是N-甲基吡咯烷酮或去离子水，形成均匀的负极浆料，将负极浆料涂覆在负极集流体上，经烘干、冷压等工序得到负极极片。

本申请的电化学装置中的隔离膜没有特别的限制，可以选用任意公知的具有电化学

稳定性和化学稳定性的多孔结构隔离膜，例如玻璃纤维、无纺布、聚乙烯（PE），聚丙烯（PP）及聚偏二氟乙烯中的一种或多种的单层或多层薄膜。

本申请的电化学装置中的电解液除了氟代碳酸乙烯酯，还包括有机溶剂、电解质锂盐和添加剂。本申请对有机溶剂和电解质锂盐的种类不做具体限制，可以根据实际需求进行选择。

在一些实施例中，有机溶剂可以为碳酸乙烯酯（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）、碳酸丁烯酯（BC）、碳酸亚乙烯酯（VC）、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）、1,4-丁内酯（GBL）、环丁砜（SF）、二甲砜（MSM）、甲乙砜（EMS）及二乙砜（ESE）中的至少一种。在一些实施例中，有机溶剂包括上述化合物中的至少两种。

在一些实施例中，电解质锂盐可以为六氟磷酸锂（LiPF<sub>6</sub>）、四氟硼酸锂（LiBF<sub>4</sub>）、高氯酸锂（LiClO<sub>4</sub>）、六氟砷酸锂（LiAsF<sub>6</sub>）、双氟磺酰亚胺锂（LiFSI）、双三氟甲磺酰亚胺锂（LiTFSI）、三氟甲磺酸锂（LiTFS）、二氟草酸硼酸锂（LiDFOB）、二草酸硼酸锂（LiBOB）、二氟磷酸锂（LiPO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>）、二氟二草酸磷酸锂（LiDFOP）及四氟草酸磷酸锂（LiTFOP）中的一种或多种。

在一些实施例中，解液中还可选地包括其它添加剂，其它添加剂可以是任意可被用作锂离子电池的添加剂，在此不做具体限制，可以根据实际需求进行选择。在一些实施例中，添加剂可以是碳酸乙烯亚乙酯（VEC）、丁二腈（SN）、己二腈（AND）、1,3-丙烯磺酸内酯（PST）、磺酸酯环状季铵盐、三（三甲基硅烷）磷酸酯（TMSP）及三（三甲基硅烷）硼酸酯（TMSB）中的一种或多种。

本申请的电化学装置中的电解液可以按照本领域常规的方法制备。例如，将有机溶剂，电解质锂盐，氟代碳酸乙烯酯及其它可选的添加剂混合均匀，得到电解液，其中各物料的添加顺序并没有特别的限制。例如，将电解质锂盐，氟代碳酸乙烯酯及其它可选的添加剂加入到有机溶剂中混合均匀，得到电解液。其中可以是先将电解质锂盐加入有机溶剂中，然后再将氟代碳酸乙烯酯和其它可选的添加剂分别或同时加入有机溶剂中。

本申请的电化学装置可以按照本领域常规的方法制备。例如，将上述正极、隔离膜及负极按顺序堆叠好，使隔离膜处于正极与负极之间起到隔离的作用，得到电芯，也可

以是经卷绕后得到电芯；将电芯置于包装外壳中，注入电解液并封口，得到电化学装置。

## 二、电子装置

由本申请所述的电化学装置适用于各种领域的电子装置。

本申请的电化学装置的用途没有特别限定，其可用于现有技术中已知的任何用途。在一个实施例中，本申请的电化学装置可用于，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。

## 三、实施例

以下，举出实施例和对比例对本申请进一步具体地进行说明，但只要不脱离其主旨，则本申请并不限定于这些实施例。

### 锂离子电池的制备

#### (1) 正极的制备

将正极活性材料、粘结剂聚偏二氟乙烯及导电炭黑进行混合，其中正极活性材料、聚偏二氟乙烯及导电炭黑的重量比为 97.6 : 1.3 : 1.1，加入溶剂 NMP，在真空搅拌作用下搅拌至均匀，获得正极浆料；将正极浆料均匀涂覆在正极集流体铝箔上，之后转移至烘箱干燥，烘干温度为 120℃，再经过冷压，分切，得到正极。

#### (2) 负极的制备

将负极活性材料人造石墨、氧化亚硅、粘结剂聚丙烯酸及导电炭黑按照质量比 85.9 : 10 : 2.8 : 1.3 进行混合，加入溶剂去离子水，在真空搅拌机作用下获得负极浆料；将负极浆料均匀涂覆在负极集流体铜箔上；之后转移至烘箱干燥，烘干温度为 120℃，再经过冷压，分切，得到负极。

#### (3) 电解液的制备

将碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯及碳酸二乙酯按照体积比为 1:1:1 混合均匀，得到有机溶剂。将 1mol/L 的  $\text{LiPF}_6$  溶解于上述有机溶剂中，再加入一定含量的氟代碳酸乙烯酯，混合均匀，得到电解液。

## (4) 隔离膜的制备

隔膜采用厚度为 14 $\mu\text{m}$  的聚丙烯薄膜 (Celgard 公司提供)。

## (5) 锂离子电池的制备

将正极、隔离膜、负极按顺序叠好,使隔离膜处于正极和负极之间起到隔离的作用,然后卷绕得到裸电池;将裸电池置于外包装箱铝塑膜中,将上述制备好的电解液注入到干燥后的电池中,经过真空封装、静置、化成、整形等工序,即完成锂离子电池的制备。

按照上述制备方法制备实施例 1 至 21 以及对比例 1 至 5 的锂离子电池,各实施例和各对比例的正极活性材料、正极的电阻、正极的压实密度、正极的单面面密度以及电解液中的氟代碳酸乙烯酯相对于电解液总重量的重量百分比如下面的表 1 所示,并对制备好的锂离子电池进行下面测试。对比例 5 中的正极活性材料为  $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ ,其余参数与实施例 2 完全相同,在下面的高温循环性能测试中绘制实施例 2 和对比例 5 的首次充电曲线。

表 1

	正极活性材料	$I_A/I_B$	正极的电阻 R $\Omega$	正极的压实密度 P $\text{g/cm}^3$	正极的单面面密度 Q $\text{g}/1540.25\text{m}^2$	氟代碳酸乙烯酯的重量百分比 %
对比例 1	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	3.5	3.65	0.20	5
对比例 2	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	3.1	2.7	0.22	5
对比例 3	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.1	2.8	0.40	5
对比例 4	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.6	3.5	0.24	0
对比例 5	$\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	$\infty$	0.6	3.5	0.24	5
实施例 1	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.6	3.5	0.24	20
实施例 2	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.6	3.5	0.24	5
实施例 3	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.08}\text{Mn}_{0.1}\text{Al}_{0.02}\text{O}_2$	6.4	0.6	3.5	0.24	5
实施例 4	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{1.95}\text{F}_{0.05}$	5.6	0.6	3.5	0.24	5
实施例 5	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{1.9}\text{S}_{0.05}\text{F}_{0.05}$	5.1	0.6	3.5	0.24	5
实施例 6	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$	7.2	0.6	3.5	0.24	5
实施例 7	$\text{Li}_2\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	0	0.6	3.5	0.24	5
实施例 8	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.4	2.9	0.31	5
实施例 9	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	1.5	3.6	0.18	5
实施例 10	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.6	3.5	0.24	3
实施例 11	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.6	3.5	0.24	15
实施例 12	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	3.1	2.9	0.31	5
实施例 13	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	2.0	2.9	0.31	5
实施例 14	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.6	2.7	0.24	5
实施例 15	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.6	3.7	0.24	5
实施例 16	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.6	3.5	0.16	5
实施例 17	$\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	7.2	0.6	3.5	0.32	5
实施例 18	$\text{Li}_{1.01}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	99.1	0.6	3.5	0.24	5

实施例 19	$\text{Li}_{1.02}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	48.7	0.6	3.5	0.24	5
实施例 20	$\text{Li}_{1.05}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	22.6	0.6	3.5	0.24	5
实施例 21	$\text{Li}_{1.5}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$	1.7	0.6	3.5	0.24	5

## 测试方法

### (1) 正极的电阻测试

采用日置 BT3562 型电阻测试仪测试正极的电阻，具体测试步骤包括：将正极夹持于内阻测试仪的两个导电端子之间，并施加压力固定，测试正极的电阻 R，其中探针与正极极片的接触面积为  $49\pi \text{ mm}^2$ ，导电端子的直径为 14mm，施加压力为 15MPa~27MPa，采点时间的范围为 5s~17s。

### (2) 高温循环性能测试

将制备好的锂离子电池放至 45℃ 恒温箱中，将锂离子电池以 1.5C 倍率恒流充电至 4.3V，再在 4.3V 下恒压充电至电流小于或等于 0.05C，再以 1C 倍率恒流放电至 3.0V，此为一个充放电循环，将锂离子电池按照上述方法进行充放电循环，并记录锂离子电池的首次循环的放电容量以及之后的每一次循环的放电容量，直至锂离子电池的放电容量衰减至首次循环的放电容量的 80%，记录此时的充放电循环次数。

### (3) 倍率性能测试

在 25℃ 下，将锂离子电池以 0.2C 倍率恒流充电至 4.3V，再在 4.3V 下恒压充电至电流小于等于 0.05C，再以 0.2C 倍率恒流放电至 3.0V，记录 0.2C 倍率的放电容量。

在 25℃ 下，将锂离子电池以 0.2C 倍率恒流充电至 4.3V，再在 4.3V 下恒压充电至电流小于等于 0.05C，再以 2C 倍率恒流放电至 3.0V，记录 2C 倍率的放电容量。

锂离子电池的 2C 倍率放电容量保持率 (%) =  $2\text{C 倍率放电容量} / 0.2\text{C 倍率放电容量} \times 100\%$ 。

### (4) X 射线衍射测试

采用 X 射线衍射测试仪（荷兰帕纳科，XPertPro MPD），并设定测试条件：Cu  $K_\alpha$  辐射 ( $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ )，工作电流 250 mA，采用连续扫描，工作电压为 40 kV，扫描范围  $2\theta$  为  $10^\circ \sim 70^\circ$ ，步长  $0.1^\circ$ ，扫描速度 0.2 秒/步，对实施例的样品粉末进行衍射测试来确认样品物相。

## 测试结果

图1为本申请实施例1中的正极活性材料 $\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ 的X射线衍射(XRD)图。物相A在 $17^\circ$ 至 $19^\circ$ 处出现(003)晶面的特征衍射峰A1的强度 $I_A$ 与物相B在 $16^\circ$ 至 $18^\circ$ 处出现(001)晶面的特征衍射峰B1的强度 $I_B$ 的比值 $I_A/I_B=7.2$ 。

图2为实施例2以及对比例5的首次充电曲线图,从图2可以看出,本申请中的正极活性材料的首圈充电比容量高,可有效弥补因生成SEI所造成的活性锂损失,进而提高锂离子电池的能量密度。

表2是实施例1至21以及对比例1至5的锂离子电池的测试结果。

表 2

	R · P/Q	高温循环次数	2C 倍率放电容量保持率 (%)
对比例 1	63.88	266	96.5
对比例 2	38.05	282	96.7
对比例 3	0.7	231	94.7
对比例 4	8.75	188	97.8
对比例 5	8.75	302	98.0
实施例 1	8.75	345	97.1
实施例 2	8.75	392	97.5
实施例 3	8.75	399	97.7
实施例 4	8.75	421	97.6
实施例 5	8.75	436	97.6
实施例 6	8.75	482	98.1
实施例 7	8.75	430	97.2
实施例 8	3.74	381	97.0
实施例 9	30	386	97.4
实施例 10	8.75	379	97.9
实施例 11	8.75	478	97.2
实施例 12	29.0	336	96.6
实施例 13	18.71	369	96.7
实施例 14	6.75	353	96.5
实施例 15	9.25	368	96.8
实施例 16	13.13	371	97.0
实施例 17	6.56	356	96.7
实施例 18	8.75	324	98.0
实施例 19	8.75	347	98.0
实施例 20	8.75	368	97.9
实施例 21	8.75	412	97.3

通过比较实施例2和对比例5可知,本申请的正极活性材料的首圈充电比容量高,可有效弥补因生成SEI所造成的锂损失,进而提升电池能量密度。

通过比较实施例1、2和7与对比例1至3可知,本申请通过控制正极电阻R、压实密度P和单面面密度Q满足 $3.5 \leq R \cdot P/Q \leq 30$ ,能够使锂离子电池具有良好的循环性能



和倍率性能。

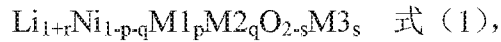
通过比较实施例 1、2、7、8 和 9 与对比例 1 可知，本申请中的电解液中添加的氟代碳酸乙烯酯可以与正极补锂策略能发挥协同作用。在首次充电时，由于大量活性锂嵌入负极，导致负极的真实电位进一步降低，造成电解液中溶剂的持续还原，影响循环性能，在电解液中添加氟代碳酸乙烯酯，可以诱导生成更加致密和轻薄的 SEI 层，阻止了电解液的持续消耗，此外，氟代碳酸乙烯酯更耐高压氧化，更有利于提升高电压区间的循环寿命。控制电解液中的氟代碳酸乙烯酯小于或等于 15% 可以实现更好的高温循环性能。

整个说明书中对“一些实施例”、“部分实施例”、“一个实施例”、“另一举例”、“举例”、“具体举例”或“部分举例”的引用，其所代表的意思是在本申请中的至少一个实施例或举例包含了该实施例或举例中所描述的特定特征、结构、材料或特性。因此，在整个说明书中的各处所出现的描述，例如：“在一些实施例中”、“在实施例中”、“在一个实施例中”、“在另一个举例中”，“在一个举例中”、“在特定举例中”或“举例”，其不必然是引用本申请中的相同的实施例或示例。此外，本文中的特定特征、结构、材料或特性可以以任何合适的方式在一个或多个实施例或举例中结合。

尽管已经演示和描述了说明性实施例，本领域技术人员应该理解上述实施例不能被解释为对本申请的限制，并且可以在不脱离本申请的精神、原理及范围的情况下对实施例进行改变，替代和修改。

# 权 利 要 求 书

1、一种电化学装置，其包括正极、负极、隔离膜和电解液，其中所述正极包含正极活性材料层，所述正极活性材料层包括式（1）所示的正极活性材料：



在式（1）中， $0 < r \leq 1$ ， $0 < p < 1$ ， $0 < q < 1$ ， $0 < p+q < 0.5$ ， $0 \leq s < 0.2$ ，M1 和 M2 各自独立地为 Co、Mn、Fe、Ti、Al、V、Cr、Nb、Zr、La 或 Y 中的至少一种，M3 是 S、N、F、Cl 或 Br 中的至少一种，

其中所述正极的电阻为  $R \Omega$ ，所述正极的压实密度为  $P \text{ g/cm}^3$ ，所述正极的单面面密度为  $Q \text{ g/1540.25mm}^2$ ，并且所述正极满足式（2）：

$$3.5 \leq R \cdot P/Q \leq 30 \quad \text{式（2）},$$

其中所述电解液包含氟代碳酸乙烯酯。

2、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中所述正极进一步满足式（3）：

$$5.0 \leq R \cdot P/Q \leq 12 \quad \text{式（3）}.$$

3、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中  $R$  满足  $R \leq 3$ 。

4、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中  $R$  满足  $R \leq 1.5$ 。

5、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中  $P$  满足  $2.8 < P \leq 3.6$ 。

6、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中  $Q$  满足  $0.16 < Q < 0.32$ 。

7、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中基于所述电解液的总重量，氟代碳酸乙烯酯的重量百分比为大于 0 且小于或等于 15%。

8、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中基于所述正极活性材料层的总重量，所述正极

活性材料的重量百分比为 80%至 98%。

9、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中所述正极活性材料包含物相 A 和物相 B，所述物相 A 在  $17^{\circ}$  至  $19^{\circ}$  处出现(003)晶面的特征衍射峰 A1，所述物相 B 在  $16^{\circ}$  至  $18^{\circ}$  处出现(001)晶面的特征衍射峰 B1，所述特征衍射峰 A1 的强度  $I_A$  与特征衍射峰 B1 的强度  $I_B$  满足式(4)： $0 \leq I_A/I_B < 100$  式 (4)。

10、一种电子装置，所述电子装置包含权利要求 1 至 9 中任一项所述的电化学装置。

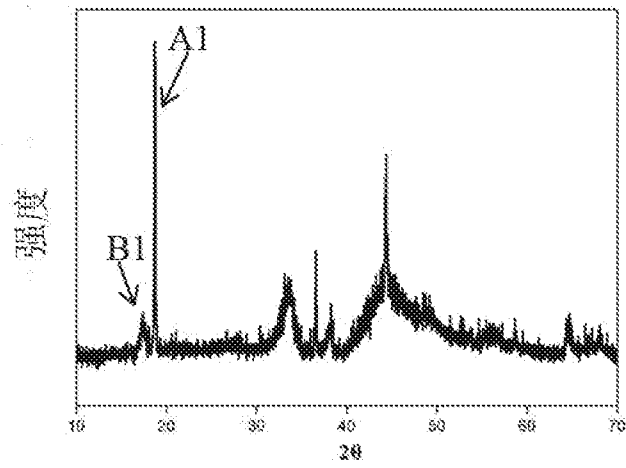


图 1

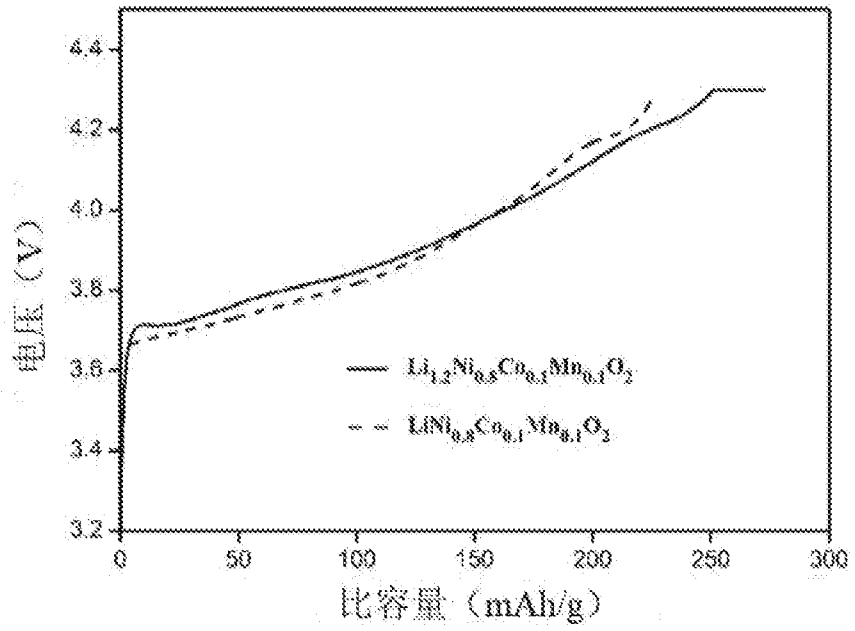


图 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/076462

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
H01M 4/131(2010.01)i; H01M 4/1315(2010.01)i; H01M 4/136(2010.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
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, CNKI, DWPI, VEN, USTXT, EPTXT, WOTXT, IEE: H01M10/0585/cpc, 活性, 正极, 负极, 隔离膜, 电解液, 宁德新能源, 密度, 周墨林, 电化学装置, 压实, 宁德, electrode, cell, powder, sulfide, pressure		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 110265627 A (NINGDE CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LTD.) 20 September 2019 (2019-09-20) description, paragraphs 0005-0135	1-10
A	CN 106531984 A (LUO SHIXIONG) 22 March 2017 (2017-03-22) entire document	1-10
A	US 2019372155 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS L.L.C.) 05 December 2019 (2019-12-05) entire document	1-10
A	CN 113471514 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 01 October 2021 (2021-10-01) entire document	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
15 June 2022		04 July 2022
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/CN2022/076462**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110265627	A	20 September 2019	WO	2020063371	A1	02 April 2020
				EP	3680965	A1	15 July 2020
				US	2020388829	A1	10 December 2020
				CN	110265627	B	29 September 2020
				EP	3680965	A4	25 November 2020
				US	11196041	B2	07 December 2021
CN	106531984	A	22 March 2017	CN	106531984	B	02 April 2019
US	2019372155	A1	05 December 2019	DE	102019111409	A1	05 December 2019
				CN	110556583	A	10 December 2019
CN	113471514	A	01 October 2021		None		

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/076462

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H01M 4/131(2010.01)i; H01M 4/1315(2010.01)i; H01M 4/136(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>B. 检索领域</b></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>CNABS, CNTXT, CNKI, DWPI, VEN, USTXT, EPTXT, WOTXT, IEEE: H01M10/0585/cpc, 活性, 正极, 负极, 隔离膜, 电解液, 宁德新能源, 密度, 周墨林, 电化学装置, 压实, 宁德, electrode, cell, powder, sulfide, pressure</p>																	
<p><b>C. 相关文件</b></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 110265627 A (宁德时代新能源科技股份有限公司) 2019年9月20日 (2019 - 09 - 20) 说明书第0005-0135段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106531984 A (罗仕雄) 2017年3月22日 (2017 - 03 - 22) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2019372155 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS LLC) 2019年12月5日 (2019 - 12 - 05) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 113471514 A (宁德新能源科技有限公司) 2021年10月1日 (2021 - 10 - 01) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 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          “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          “&amp;” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 110265627 A (宁德时代新能源科技股份有限公司) 2019年9月20日 (2019 - 09 - 20) 说明书第0005-0135段	1-10	A	CN 106531984 A (罗仕雄) 2017年3月22日 (2017 - 03 - 22) 全文	1-10	A	US 2019372155 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS LLC) 2019年12月5日 (2019 - 12 - 05) 全文	1-10	A	CN 113471514 A (宁德新能源科技有限公司) 2021年10月1日 (2021 - 10 - 01) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	CN 110265627 A (宁德时代新能源科技股份有限公司) 2019年9月20日 (2019 - 09 - 20) 说明书第0005-0135段	1-10															
A	CN 106531984 A (罗仕雄) 2017年3月22日 (2017 - 03 - 22) 全文	1-10															
A	US 2019372155 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS LLC) 2019年12月5日 (2019 - 12 - 05) 全文	1-10															
A	CN 113471514 A (宁德新能源科技有限公司) 2021年10月1日 (2021 - 10 - 01) 全文	1-10															
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																
2022年6月15日	2022年7月4日																
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																
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	徐盛辉																
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-27) 59371874																



国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/076462

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	110265627	A	2019年9月20日	WO	2020063371	A1	2020年4月2日
				EP	3680965	A1	2020年7月15日
				US	202038829	A1	2020年12月10日
				CN	110265627	B	2020年9月29日
				EP	3680965	A4	2020年11月25日
				US	11196041	B2	2021年12月7日
CN	106531984	A	2017年3月22日	CN	106531984	B	2019年4月2日
US	2019372155	A1	2019年12月5日	DE	102019111409	A1	2019年12月5日
				CN	110556583	A	2019年12月10日
CN	113471514	A	2021年10月1日	无			