

(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7月6日 (06.07.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/122966 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 10/0525 (2010.01) **H01M 10/0567** (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/142110

(22) 国际申请日: 2021年12月28日 (28.12.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(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: 郑焯珍 (ZHENG, Yezhen); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路1号, Fujian 352100 (CN)。周邵云 (ZHOU, Shaoyun); 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: 北京柏杉松知识产权代理事务所 (普通合伙) (PATENTSINO IP FIRM); 中国北京市朝阳区小营北路53号院中源科技大厦3号楼4层, Beijing 100101 (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, 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: 一种电化学装置及包含其的电子装置

(57) Abstract: The present application provides an electrochemical device and an electronic device comprising same. The electrochemical device comprises a positive electrode, a negative electrode, a separator and an electrolyte solution, wherein the electrolyte solution comprises an additive; the liquid retention coefficient of the electrochemical device is a g/Ah, and satisfies $0.5 \leq a \leq 3.5$; on the basis of the total mass of the electrolyte solution, the mass percentage content of the additive is b%, and satisfies $0.005 \leq b \leq 3$; and the additive comprises at least one of lithium bis(oxalate)borate, vinyl ethylene carbonate, methylene methanedisulfonate, triallyl phosphate, trifluoromethyl ethylene carbonate and prop-1-ene-1,3-sultone. With regard to the electrochemical device of the present application, by means of using a suitable electrolyte solution retention amount and adding a suitable amount of the additive to the electrolyte solution, the low-temperature discharge performance and safety performance of the electrochemical device can be effectively improved. The electronic device comprising the electrochemical device also has a good low-temperature discharge performance and a good safety performance.

(57) 摘要: 本申请提供了一种电化学装置及包含其的电子装置, 所述电化学装置包含正极、负极、隔离膜和电解液, 所述电解液包含添加剂; 所述电化学装置的保液系数为a g/Ah, 满足 $0.5 \leq a \leq 3.5$; 基于所述电解液的总质量, 所述添加剂的质量百分含量为b%, 满足 $0.005 \leq b \leq 3$; 其中, 所述添加剂包括双草酸硼酸锂、碳酸乙烯亚乙酯、甲烷二磺酸亚甲酯、三烯丙基磷酸酯、三氟甲基碳酸乙烯酯或丙烯基-1,3-磺酸内酯中的至少一种。本申请的电化学装置通过采用适当的电解液保有量, 并在电解液中加入适量的上述添加剂, 能够有效提高电化学装置的低温放电性能和安全性。包含该电化学装置的电子装置, 也具有良好低温放电性能和安全性。



WO 2023/122966 A1

一种电化学装置及包含其的电子装置

技术领域

5 本申请涉及电化学技术领域，特别是涉及一种电化学装置及包含其的电子装置。

背景技术

10 二次电池（例如锂离子电池）作为一种新型的可移动储能装置，由于具有高能量密度、高工作电压、循环寿命长、无记忆效应、绿色环保等特点，在手机、笔记本电脑、摄像机等便携式电子设备领域得到了广泛应用，其使用范围也正从小型便携式电子设备向大型电动运输工具和可再生能源存储领域扩展。随着锂离子电池在上述领域中的广泛应用，人们对锂离子电池的性能提出更高的发展要求，例如提高能量密度、提高安全性能以及降低成本等方面。

发明内容

15 本申请的目的在于提供一种电化学装置及包含其的电子装置，以提高电化学装置的低温放电性能和安全性能。

20 本申请第一方面提供了一种电化学装置，其包含正极、负极、隔离膜和电解液，所述电解液包含添加剂；所述电化学装置的保液系数为 $a \text{ g/Ah}$ ，满足 $0.5 \leq a \leq 3.5$ ；基于所述电解液的总质量，所述添加剂的质量百分含量为 $b\%$ ，满足 $0.005 \leq b \leq 3$ ；其中，所述添加剂包括双草酸硼酸锂、碳酸乙烯亚乙酯、甲烷二磺酸亚甲酯、三烯丙基磷酸酯、三氟甲基碳酸乙烯酯或丙烯基-1,3-磺酸内酯中的至少一种。

在本申请第一方面的一些实施方式中，所述电化学装置的保液系数 $a \text{ g/Ah}$ 为 1 g/Ah 至 2.5 g/Ah ；满足： $-1.6 \leq \ln(a \times b) \leq 1.8$ 。

在本申请第一方面的一些实施方式中，所述隔离膜的迂曲度 d 为 1.5 至 3，满足： $0.6 \leq d/a \leq 3$ 。

25 在本申请第一方面的一些实施方式中，所述电解液还包含碳酸亚乙烯酯；基于所述电解液的总质量，所述碳酸亚乙烯酯的质量百分含量为 $c\%$ ，满足： $0.005 \leq c \leq 3$ ， $0.003 \leq c/a \leq 3$ 。

在本申请第一方面的一些实施方式中，所述电解液还包含磺酸酯类化合物；所述磺酸酯类化合物包括 1,3-丙烷磺酸内酯、1,4-丁烷磺酸内酯、1,3-丙烷二磺酸

-2-

酐或 2,4-丁烷磺酸内酯中的至少一种；基于所述电解液的总质量，所述磺酸酯类化合物的质量百分含量为 $e\%$ ，满足： $0.01 \leq e \leq 5$ 。

在本申请第一方面的一些实施方式中，所述电解液包含第一含氟锂盐添加剂；所述第一含氟锂盐添加剂包括双(三氟甲烷磺酰)亚胺锂或双(氟磺酰)亚胺锂中的至少一种，基于所述电解液的总质量，所述第一含氟锂盐添加剂的质量百分含量为 $f1\%$ ，满足： $0.08 \leq f1 \leq 6$ ；

和/或，所述电解液包含第二含氟锂盐添加剂；所述第二含氟锂盐添加剂包括二氟草酸硼酸锂、二氟草酸磷酸锂或四氟硼酸锂中的至少一种，基于所述电解液的总质量，所述第二含氟锂盐添加剂的质量百分含量为 $f2\%$ ，满足： $0.01 \leq f2 \leq 3$ 。

10 在本申请第一方面的一些实施方式中，所述电解液还包含多腈类化合物；所述多腈类化合物包括丁二腈、戊二腈、己二腈、1,4-二氰基-2-丁烯、1,2-二(2-氰乙氧基)乙烷、1,3,6-己烷三腈或 1,2,3-三(2-氰乙氧基)丙烷中的至少一种；基于所述电解液的总质量，所述多腈类化合物的质量百分含量为 $g\%$ ，满足： $0.08 \leq g \leq 3$ 。

15 在本申请第一方面的一些实施方式中，所述电解液还包含芳香族化合物；所述芳香族化合物包括联苯、环己基苯、氟苯或二氟联苯中的至少一种；基于所述电解液的总质量，所述芳香族化合物的质量百分含量为 $h\%$ ，满足： $0.008 \leq h \leq 7$ 。

在本申请第一方面的一些实施方式中，所述正极包含正极活性材料层，所述正极活性材料层的压实密度 j 为 1g/cm^3 至 4g/cm^3 。

20 在本申请第一方面的一些实施方式中，所述正极活性材料层包含正极活性材料，所述正极活性材料 $Dv50$ 为 k ， k 为 $2\mu\text{m}$ 至 $40\mu\text{m}$ ；所述隔离膜的厚度为 i ，满足： i 为 $3\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ ， $5\mu\text{m} \leq i+k \leq 60\mu\text{m}$ 。

本申请第二方面提供了一种电子装置，其包含本申请第一方面提供的电化学装置。

25 本申请提供了一种电化学装置及包含其的电子装置，所述电化学装置包含正极、负极、隔离膜和电解液，所述电解液包含添加剂；所述电化学装置的保液系数为 $a \text{ g/Ah}$ ，满足 $0.5 \leq a \leq 3.5$ ；基于所述电解液的总质量，所述添加剂的质量百分含量为 $b\%$ ，满足 $0.005 \leq b \leq 3$ ；其中，所述添加剂包括双草酸硼酸锂、碳酸乙烯亚乙酯、甲烷二磺酸亚甲酯、三烯丙基磷酸酯、三氟甲基碳酸乙烯酯或丙烯基-1,3-磺酸内酯中的至少一种。本申请的电化学装置通过采用适当的电解液保有量，

并在电解液中加入适量的上述添加剂，能够有效提高电化学装置的低温放电性能和安全性能。包含该电化学装置的设备装置，也具有好的低温放电性能和安全性能。

具体实施方式

5 为使本申请的目的、技术方案、及优点更加清楚明白，以下举实施例，对本申请进一步详细说明。显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。本领域普通技术人员基于本申请中的实施例所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

需要说明的是，本申请中，以锂离子电池作为电化学装置的例子来解释本申请，但是本申请的电化学装置并不仅限于锂离子电池。本领域技术人员应当理解，以下说明仅为举例说明，并不限定本申请的保护范围。

本申请第一方面提供了一种电化学装置，其包含正极、负极、隔离膜和电解液，所述电解液包含添加剂；所述电化学装置的保液系数为 $a \text{ g/Ah}$ ，满足 $0.5 \leq a \leq 3.5$ ；基于所述电解液的总质量，所述添加剂的质量百分含量为 $b\%$ ，满足 $0.005 \leq b \leq 3$ ；
15 其中，所述添加剂包括双草酸硼酸锂、碳酸乙烯亚乙酯、甲烷二磺酸亚甲酯、三烯丙基磷酸酯、三氟甲基碳酸乙烯酯或丙烯基-1,3-磺酸内酯中的至少一种。例如， a 的值可以为 0.5、0.8、1、1.5、2、2.5、3、3.2、3.5 或其间的任意范围； b 的值可以为 0.005、0.01、0.02、0.03、0.05、0.1、0.2、0.5、1、1.5、2、2.5、2.8、3 或其间的任意范围。不限于任何理论，发明人研究发现，本申请的电化学装置通过采用适当的电解液保有量，并在电解液中加入适量的上述添加剂，能够有效提高电化学装置的低温放电性能和安全性能。

不限于任何理论，发明人研究发现，当保液系数 a 的值过低时，例如低于 0.5 g/Ah ，在化成过程中，活性物质浸润不充分，电解液中的添加剂与活性材料难以形成有效协同，无法通过功能性界面的形成改善电化学装置的低温放电性能；
25 当保液系数 a 的值过高时，例如高于 3.5 g/Ah ，电极界面对活性材料的保护作用削弱，会致使锂离子电池中的活性锂成分不断被消耗，从而引起锂离子电池容量的加速衰减。在具有特定电解液保有量的电化学体系中加入所述添加剂，能够在正、负极形成界面保护膜，但是当添加剂过多时，例如多于 3%，会增加界面阻抗，对低温放电性能及放电温升造成影响。不限于任何理论，通过选择上述添加

剂, 并将 a 和 b 控制在上述范围内, 有利于提升电化学装置的低温放电性能和安全性能。

在本申请第一方面的一些实施方式中, 所述电化学装置的保液系数 a g/Ah 为 1g/Ah 至 2.5g/Ah; 满足: $-1.6 \leq \ln(a \times b) \leq 1.8$ 。例如, a 的值可以为 1、1.2、1.5、1.8、2、2.2、2.5 或其间的任意范围; $\ln(a \times b)$ 的值可以为 -1.6、-1.3、-1.0、-0.5、0、0.05、0.1、0.2、0.5、0.7、1、1.2、1.5、1.8 或其间的任意范围。本申请的发明人发现, 将 a 和 $\ln(a \times b)$ 的值控制在上述范围内, 能够进一步提高电化学装置的低温放电性能和安全性能。

在本申请第一方面的一些实施方式中, 所述隔离膜的迂曲度 d 为 1.5 至 3, 满足: $0.6 \leq d/a \leq 3$ 。例如, d 的值可以为 1.5、1.8、2、2.2、2.5、2.8、3 或其间的任意范围; d/a 的值可以为 0.6、0.8、1、1.2、1.5、1.8、2、2.2、2.5、2.8、3 或其间的任意范围。发明人发现, 通过控制 d 和 d/a 的值在上述范围内, 能够使电化学装置具有优良的低温放电性能和安全性能。

发明人发现, 增加隔离膜的迂曲度 d, 有利于提高隔离膜对毛刺和锂枝晶的阻隔作用, 进而改善电化学装置的安全性能; 当迂曲度 d 过低时, 例如低于 1.5, 不能对电化学装置起到很好的保护效果; 迂曲度 d 过高时, 例如高于 3, 会影响离子通过性, 进而影响电化学装置的低温放电性能; 通过控制 d 和 d/a 在上述范围内, 能够使电化学装置具有优良的低温放电性能和安全性能。

在本申请第一方面的一些实施方式中, 所述电解液还包含碳酸亚乙烯酯; 基于所述电解液的总质量, 所述碳酸亚乙烯酯的质量百分含量为 c%, 满足: $0.005 \leq c \leq 3$, $0.003 \leq c/a \leq 3$ 。例如 c 的值可以为 0.005、0.01、0.02、0.03、0.05、0.1、0.2、0.5、1、1.5、2、2.5、2.8、3 或其间的任意范围; c/a 的值可以为 0.003、0.005、0.01、0.02、0.03、0.05、0.1、0.2、0.5、1、1.5、2、2.5、2.8、3 或其间的任意范围。通过控制 c 和 c/a 的值在上述范围内, 能够使电化学装置具有优良的性能。

在电解液中添加碳酸亚乙烯酯 (VC), 可以进一步修饰负极的固体电解质界面 (SEI) 膜, 使形成的 SEI 膜具有更加紧密的结构, 性能更好的 SEI 膜能够阻止电解液进一步分解, 从而进一步改善电化学装置的性能; 但是当碳酸亚乙烯酯含量过多时, 例如多于 3%, 会造成阻抗上升, 出现界面析锂趋势, 不利于电化学装置的安全性能, 因此, 控制 c 和 c/a 的值在上述范围内。

在本申请第一方面的一些实施方式中，所述电解液还包含磺酸酯类化合物；本申请对所述磺酸酯类化合物的种类没有特别的限制，只要能实现本申请的目的即可，例如所述磺酸酯类化合物可以包括 1,3-丙烷磺酸内酯、1,4-丁烷磺酸内酯、1,3-丙烷二磺酸酐或 2,4-丁烷磺酸内酯中的至少一种；基于所述电解液的总质量，所述磺酸酯类化合物的质量百分含量为 $e\%$ ，满足： $0.01 \leq e \leq 5$ 。例如 e 的值可以为 0.01、0.1、0.2、0.5、1、1.5、2、2.5、3、3.5、4、4.5、5 或其间的任意范围。在电解液中添加磺酸酯类化合物，可以显著改善电化学装置的低温放电性能，并随磺酸酯类化合物含量的升高改善效果越明显；但是当磺酸酯类化合物用量过高时，例如高于 5%，电化学装置的低温放电性能则不会再改善。通过将 e 的值控制在上述范围内，能够进一步改善电化学装置的低温放电性能和安全性能。

在本申请第一方面的一些实施方式中，所述电解液还包含含氟锂盐添加剂；本申请对所述含氟锂盐添加剂的种类没有特别的限制，只要能实现本申请的目的即可。例如，所述电解液包含第一含氟锂盐添加剂；所述第一含氟锂盐添加剂包括双(三氟甲烷磺酰)亚胺锂或双(氟磺酰)亚胺锂中的至少一种，基于所述电解液的总质量，所述第一含氟锂盐添加剂的质量百分含量为 $f1\%$ ，满足： $0.08 \leq f1 \leq 6$ ；

和/或，所述电解液包含第二含氟锂盐添加剂；所述第二含氟锂盐添加剂包括二氟草酸硼酸锂、二氟草酸磷酸锂或四氟硼酸锂中的至少一种，基于所述电解液的总质量，所述第二含氟锂盐添加剂的质量百分含量为 $f2\%$ ，满足： $0.01 \leq f2 \leq 3$ 。

本申请中， $f1$ 的值可以为 0.08、0.1、0.2、0.5、1、1.5、2、2.5、3、3.5、4、4.5、5、5.5、6 或其间的任意范围； $f2$ 的值可以为 0.01、0.1、0.2、0.5、1、1.2、1.5、1.8、2、2.2、2.5、2.8、3 或其间的任意范围。含氟锂盐添加剂能够在负极成膜，较好的 SEI 膜能对负极进行保护，提高电化学装置的低温放电性能；但是当含氟锂盐添加剂的含量较高时，会导致形成的 SEI 膜过厚，致使阻抗增加。

本申请在电解液中添加第一含氟锂盐添加剂时，将 $f1$ 控制在 0.08% 至 6% 的范围内，能够改善电化学装置的低温放电性能和安全性能；本申请在电解液中添加第二含氟锂盐添加剂时，将 $f2$ 控制在 0.01% 至 3% 的范围内，能够改善电化学装置的低温放电性能和安全性能；第一含氟锂盐添加剂和第二锂盐添加剂可以单独使用，也可以组合使用。

在本申请第一方面的一些实施方式中，所述电解液还包含多腈类化合物；本

申请对所述多腈类化合物的种类没有特别的限制，只要能实现本申请的目的即可。例如，所述多腈类化合物可以包括丁二腈、戊二腈、己二腈、1,4-二氰基-2-丁烯、1,2-二(2-氰乙氧基)乙烷、1,3,6-己烷三腈或1,2,3-三(2-氰乙氧基)丙烷中的至少一种；基于所述电解液的总质量，所述多腈类化合物的质量百分含量为g%，满足：

5 0.08≤g≤3。例如g的值可以为0.08、0.1、0.2、0.5、1、1.2、1.5、1.8、2、2.2、2.5、2.8、3或其间的任意范围。多腈类化合物能够在正极上形成聚合物膜，能够对正极进行较好的保护。通过调控多腈类化合物的质量百分含量在上述范围内，能够有效改善电化学装置的低温放电性能和安全性能。通过选择上述多腈类化合物，可以进一步提升电化学装置的低温放电性能和安全性能。

10 在本申请第一方面的一些实施方式中，所述电解液还包含芳香族化合物；本申请对所述芳香族化合物的种类没有特别的限制，只要能实现本申请的目的即可。例如，所述芳香族化合物可以包括联苯、环己基苯、氟苯或二氟联苯中的至少一种；基于所述电解液的总质量，所述芳香族化合物的质量百分含量为h%，满足：0.008≤h≤7。例如h的值可以为0.008、0.01、0.02、0.05、0.1、0.5、1、1.5、2、

15 2.5、3、4、4.5、5、5.5、6、6.5、7或其间的任意范围，例如1至5。本申请在电解液中加入芳香族化合物，因芳香族化合物能够发生电聚合反应，生成的聚合物膜能够防止热失控，从而显著提高电化学装置的热箱性能，使电化学装置具有较好的安全性能；优选地，当h的值满足1≤h≤5时，电化学装置具有更好的安全性能。

20 在本申请中，电解液还可以包含其他非水溶剂，本申请对其他非水溶剂没有特别限制，只要能实现本申请的目的即可，例如可以包括但不限于羧酸酯类化合物、醚类化合物或其它有机溶剂中的至少一种。上述羧酸酯类化合物可以包括但不限于乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丙酯、乙酸正丁酯、丙酸甲酯、丙酸乙酯、丙酸丙酯、丙酸丁酯、丁酸甲酯、丁酸乙酯、丁酸丙酯、丁酸丁酯、γ-丁内酯、

25 乙酸2,2-二氟乙酯、戊内酯、丁内酯、2-氟乙酸乙酯、2,2-二氟乙酸乙酯或三氟乙酸乙酯中的至少一种。上述醚类化合物可以包括但不限于乙二醇二甲醚、二乙二醇二甲醚、四乙二醇二甲醚、二丁醚、四氢呋喃、2-甲基四氢呋喃、双(2,2,2-三氟乙基)醚、1,3-二氧六环或1,4-二氧六环中的至少一种。上述其它有机溶剂可以包括但不限于乙基乙烯基砜、甲基异丙基砜、异丙基仲丁基砜、环丁砜、碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、碳酸甲乙酯、碳酸甲丙酯、碳酸乙丙酯、碳酸二丙酯、

30

-7-

碳酸乙烯酯、碳酸丙烯酯、碳酸丁烯酯、二(2,2,2-三氟乙基)碳酸酯中的至少一种。基于电解液的总质量,上述其他非水溶剂的总含量为5%至90%,例如5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90%或其间的任何范围。

5 在本申请第一方面的一些实施方式中,所述正极包含正极活性材料层,所述正极活性材料层的压实密度 j 为 1g/cm^3 至 4g/cm^3 。例如 j 的值可以为 1、1.2、1.5、1.8、2、2.2、2.5、2.7、3、3.2、3.5、3.7、4 或其间的任意范围。增加正极活性材料层的压实密度,可以提高电化学装置的能量密度,但是压实密度过大时,例如大于 4g/cm^3 ,会导致极片浸润不良,电化学装置的动力学变差。发明人发现,10 通过控制 j 的值在上述范围内,能够使电化学装置具有较优的低温放电性能。

 在本申请第一方面的一些实施方式中,所述正极活性材料层包含正极活性材料,所述正极活性材料 $Dv50$ 为 k , k 为 $2\mu\text{m}$ 至 $40\mu\text{m}$;所述隔离膜的厚度为 i ,满足: i 为 $3\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$, $5\mu\text{m} \leq i+k \leq 60\mu\text{m}$ 。例如 k 的值可以为 2、3、5、8、10、13、15、18、20、22、25、27、30、32、35、37、40 或其间的任意范围; i 的值15 可以为 3、5、7、8、10、12、15、16、18、20 或其间的任意范围; $i+k$ 的值可以为 5、10、13、15、18、20、22、25、27、30、35、40、45、48、50、53、55、60 或其间的任意范围。不限于任何理论,本申请的发明人发现,通过控制 k 、 i 和 $i+k$ 的值在上述范围内,能够提高电化学装置的能量密度,提升电化学装置的低温放电性能。

20 本申请中,术语“ $Dv50$ ”表示颗粒累积分布为 50%的粒径;即小于此粒径的颗粒体积含量占全部颗粒的 50%。所述粒径用激光粒度仪进行测定。

 本申请的正极还可以包含正极集流体。本申请对正极集流体没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,正极集流体可以包含铝箔、铝合金箔或复合集流体等。本申请的正极活性材料层包含正极活性材料。本申请对正极活性材料25 的种类没有特别限制,只要能够实现本申请目的即可。例如,正极活性材料可以包含镍钴锰酸锂(811、622、523、111)、镍钴铝酸锂、磷酸铁锂、富锂锰基材料、钴酸锂、锰酸锂、磷酸锰铁锂或钛酸锂等中的至少一种。在本申请中,正极活性材料还可以包含非金属元素,例如非金属元素包括氟、磷、硼、氯、硅、硫等中的至少一种,这些元素能进一步提高正极活性材料的稳定性。在本申请中,30 对正极集流体和正极活性材料层的厚度没有特别限制,只要能够实现本申请目的

即可。例如，正极集流体的厚度为 $5\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ ，优选为 $6\mu\text{m}$ 至 $18\mu\text{m}$ 。单面正极活性材料层的厚度为 $30\mu\text{m}$ 至 $120\mu\text{m}$ 。在本申请中，正极活性材料层可以设置于正极集流体厚度方向上的一个表面上，也可以设置于正极集流体厚度方向上的两个表面上。需要说明，这里的“表面”可以是正极集流体的全部区域，也可以是正极集流体的部分区域，本申请没有特别限制，只要能实现本申请目的即可。5
任选地，正极还可以包含导电层，导电层位于正极集流体和正极活性材料层之间。导电层的组成没有特别限制，可以是本领域常用的导电层。导电层包括导电剂和粘结剂。

本申请的负极没有特别限制，只要能够实现本申请目的即可。例如，负极包含10 负极集流体和负极材料层。本申请对负极集流体没有特别限制，只要能够实现本申请目的即可。例如，负极集流体可以包含铜箔、铜合金箔、镍箔、不锈钢箔、钛箔、泡沫镍、泡沫铜或复合集流体等。本申请的负极材料层包含负极材料。本申请对负极材料的种类没有特别限制，只要能够实现本申请目的即可。例如，负极材料可以包含天然石墨、人造石墨、中间相微碳球 (MCMB)、硬碳、软碳、15 硅、硅-碳复合物、 SiO_x ($0 < x < 2$)、及金属锂等中的至少一种。在本申请中，对负极集流体和负极材料层的厚度没有特别限制，只要能够实现本申请目的即可。例如，负极集流体的厚度为 $6\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ ，单面负极材料层的厚度为 $30\mu\text{m}$ 至 $150\mu\text{m}$ 。在本申请中，负极材料层可以设置于负极集流体厚度方向上的一个表面上，也可以设置于负极集流体厚度方向上的两个表面上。需要说明，这里的“表20 面”可以是负极集流体的全部区域，也可以是负极集流体的部分区域，本申请没有特别限制，只要能实现本申请目的即可。任选地，负极还可以包含导电层，导电层位于负极集流体和负极材料层之间。导电层的组成没有特别限制，可以是本领域常用的导电层。导电层包括导电剂和粘结剂。

上述导电剂没有特别限制，只要能够实现本申请目的即可。例如，导电剂可以25 包括导电炭黑 (Super P)、碳纳米管 (CNTs)、碳纳米纤维、鳞片石墨、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管或石墨烯中的至少一种。上述粘结剂没有特别限制，只要能够实现本申请目的即可。例如，粘结剂可以包括聚丙烯醇、聚丙烯酸钠、聚丙烯酸钾、聚丙烯酸锂、聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、丁苯橡胶 (SBR)、聚乙烯醇 (PVA)、聚偏氟乙烯、聚偏二氟乙烯 (PVDF)、聚四氟乙烯 (PTFE)、30 聚乙烯醇缩丁醛 (PVB)、水性丙烯酸树脂、羧甲基纤维素 (CMC) 或羧甲基纤维素钠 (CMC-Na) 等中的至少一种。

本申请的隔离膜可以包括基材层和表面处理层。基材层可以为具有多孔结构

的无纺布、膜或复合膜，基材层的材料可以包括聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚酰亚胺等中的至少一种。任选地，可以使用聚丙烯多孔膜、聚乙烯多孔膜、聚丙烯无纺布、聚乙烯无纺布或聚丙烯-聚乙烯-聚丙烯多孔复合膜。任选地，基材层的至少一个表面上设置有表面处理层，表面处理层可以是聚合物层或无机物层，也可以是混合聚合物与无机物所形成的层。例如，无机物层包括无机颗粒和粘结剂，无机颗粒没有特别限制，例如可以选自氧化铝、氧化硅、氧化镁、氧化钛、二氧化铪、氧化锡、二氧化铈、氧化镍、氧化锌、氧化钙、氧化锆、氧化钇、碳化硅、勃姆石、氢氧化铝、氢氧化镁、氢氧化钙和硫酸钡等中的至少一种。粘结剂没有特别限制，例如可以选自聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯的共聚物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚甲基丙烯酸甲酯、聚四氟乙烯和聚六氟丙烯等中的至少一种。聚合物层中包含聚合物，聚合物的材料包括聚酰胺、聚丙烯腈、丙烯酸酯聚合物、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚偏氟乙烯或聚(偏氟乙烯-六氟丙烯)等中的至少一种。

15 本申请的电化学装置没有特别限制，其可以包括发生电化学反应的任何装置。在一些实施例中，电化学装置可以包括但不限于：锂金属二次电池、锂离子二次电池（锂离子电池）、锂聚合物二次电池或锂离子聚合物二次电池等。

20 电化学装置的制备过程为本领域技术人员所熟知的，本申请没有特别的限制，例如，可以包括但不限于以下步骤：将正极、隔离膜和负极按顺序堆叠，并根据需要将其卷绕、折叠等操作得到卷绕结构的电极组件，将电极组件放入包装袋内，将电解液注入包装袋并封口，得到电化学装置；或者，将正极、隔离膜和负极按顺序堆叠，然后用胶带将整个叠片结构的四个角固定好得到叠片结构的电极组件，将电极组件置入包装袋内，将电解液注入包装袋并封口，得到电化学装置。此外，也可以根据需要将防过电流元件、导板等置于包装袋中，从而防止电化学装置内
25 部的压力上升、过充放电。

本申请第二方面提供了一种电子装置，其包含本申请第一方面提供的电化学装置。该电子装置具有良好的低温放电性能和安全性能。

30 本申请的电子装置没有特别限制，其可以包括但不限于以下种类：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、和家庭用大型蓄电池等。

5 以下，举出实施例及对比例来对本申请的实施方式进行更具体地说明。各种的试验及评价按照下述的方法进行。另外，只要无特别说明，“份”、“%”为质量基准。

测试方法和设备：

低温放电测试：

10 将锂离子电池置于高低温箱中，调整温度至 25°C，静置 30 分钟，使锂离子电池达到恒温。将达到恒温的锂离子电池以 0.5C 的电流放电至 2.8V，之后以 0.5C 的电流充电至 4.2V，再以 4.2V 恒压充电至电流小于等于 0.05C。同样在 25°C 的温度下，以 0.5C 的电流放电至 3.0V，此时记录放电容量为初始放电容量。在 25°C 的温度下，以 0.5C 的电流充电至 4.2V，再以 4.2V 恒压充电至电流小于等于 0.05C。之后，将锂离子电池放置于 -20°C 温度下，静止 30 分钟以使得锂离子电池的温度
15 与外界温度保持一致。在 -20°C 的条件下，以 0.5C 的电流放电至 3.0V，此时记录放电容量为低温放电容量。

-20°C 低温放电容量保持率 = (低温放电容量 / 初始放电容量) × 100%。

温升测试：

20 将锂离子电池在 45°C 下静止 5min，以 0.5C 的电流放电至 2.8V，静置 60 分钟；之后以 0.5C 的电流恒流充电至 4.2V，再恒压充电至电流小于等于 0.05C，静置 60 分钟；以 5C 的电流将锂离子电池恒流放电至 2.8V，得到 5C 电流放电过程中的最高温度，最高温度减去测试温度 45°C，得到 5C 放电时的温度升高值（简称温升）。

过充测试：

25 将锂离子电池于室温下搁置 5 分钟，以 1C 倍率恒流放电至 2.8V，再以 1C 的倍率恒流充电至 4.2V，恒压充电至电流小于等于 0.05C，之后搁置 30 分钟，随后将锂离子电池转移至过充区域进行测试，以 1C 的倍率恒流充电至 5V，在 5V 下恒压充电 3 小时。通过的标准为锂离子电池不燃烧、不爆炸。每个实施例或对比例制得的锂离子电池各测试 10 个，记录通过测试的个数。

高温存储性能测试:

满充存储: 将锂离子电池置于 25°C 的恒温箱中搁置 5 分钟, 以 1C 的倍率恒流充电至 4.2V, 再恒压充电至电流小于等于 0.05C, 之后搁置 5 分钟, 以 1C 倍率恒流放电至 2.8V, 记录此时的放电容量为初始放电容量, 再以 1C 的倍率恒流充电至 4.2V, 恒压充电至电流小于等于 0.05C, 之后将满充状态的锂离子电池置入 60°C 的烘箱中存储 30 天, 在存储 30 天后, 将锂离子电池取出并置于 25°C 的恒温箱中搁置 3 小时。并按以下流程测试容量恢复: 以 1C 倍率恒流放电至 2.8V, 再以 1C 的倍率恒流充电至 4.2V, 恒压充电至电流小于等于 0.05C, 接着以 1C 恒流放电至电压为 2.8V, 记录此时的放电容量为存储后放电容量。

10 容量恢复率=存储后放电容量/初始放电容量×100%。

热箱测试:

将锂离子电池置于 25°C 恒温箱中, 静置 30 分钟, 使锂离子电池达到恒温。以 0.5C 恒流充电至 4.2V, 恒压充电至电流为 0.05C。之后将锂离子电池转移至热箱中, 以 2°C/min 的速率升温至 140°C, 并保持 30min。通过的标准为锂离子电池不燃烧、不爆炸, 每个实施例或对比例制得的锂离子电池各测试 10 个, 记录通过测试的个数。

保液系数测试:

按照如下表达式计算锂离子电池的保液系数:

保液系数=电解液保有量/锂离子电池首圈放电比容量。

20 电解液保有量测试: 取 1 块锂离子电池称重记为 m_0 , 之后将锂离子电池拆解, 离心分离出电解液, 将拆解后的铝塑膜、隔离膜、正极极片、负极极片、极耳放入乙腈溶液中, 之后将铝塑膜、隔离膜、正极极片、负极极片、极耳取出, 烘干, 称重记为 m_1 , 电解液的保有量为 $m_0 - m_1$ 。

隔离膜迂曲度测试:

25 采用麦克马林公式计算隔离膜的迂曲度: $(\text{迂曲度 } d)^2 = N_M \times \varepsilon$ 。

其中, N_M 表示麦克马林数, 为 σ_s 除以 σ_e 的值, 其中, σ_s 表示隔离膜电阻率, σ_e 表示电解液的电导率值, ε 表示隔离膜的孔隙率。

正极活性材料层压实密度测试:

30 取正极双面极片制成面积为 1540.25mm² 的小圆片, 取 20 片小圆片进行称重及测厚, 压实密度=(小圆片的重量-基材的重量)/(1540.25×(小圆片的双面厚度-基

材厚度)) \times 1000, 取测试平均值即为实施例中的正极压密。

基材(铜箔)的重量和厚度:取无活性物质区域进行称重和测厚得到;

小圆片的重量和基材重量:单位(mg),

小圆片的双面厚度和基材厚度:单位(μm)。

5 正极活性材料粒度测试:

采用 MasterSizer 2000 测试正极活性材料的粒度分布。

隔离膜厚度测试:

采用万分尺测试隔离膜的厚度。

10 实施例 1-1

<电解液的制备>

在含水量小于 10ppm 的氩气气氛手套箱中,将碳酸乙烯酯(EC)、六氟磷酸锂(LiPF_6)、双草酸硼酸锂(LiBOB)和碳酸二乙酯(DEC)混合均匀,得到电解液。基于电解液的总质量,EC 的质量百分含量为 26%, LiPF_6 的质量百分含量为 11%, LiBOB 的质量百分含量为 0.005%,余量为 DEC 的质量百分含量。

<正极极片的制备>

将正极材料镍钴锰酸锂($\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$)、导电剂导电炭黑(Super P)、粘结剂聚偏二氟乙烯(PVDF)按照重量比 96:2:2 进行混合,然后加入 N-甲基吡咯烷酮(NMP)作为溶剂,搅拌均匀,调配成固含量为 75wt%的正极浆料;将正极浆料均匀涂覆于厚度为 $10\mu\text{m}$ 的正极集流体铝箔的两个表面上, 90°C 条件下烘干,冷压后得到正极活性材料层厚度为 $100\mu\text{m}$ 的正极极片,将正极极片裁切成 $74\text{mm}\times 867\text{mm}$ 的规格并焊接极耳后待用。

<负极极片的制备>

将负极材料人造石墨、导电剂 Super P、增稠剂羧甲基纤维素钠(CMC)、粘结剂丁苯橡胶(SBR)按照重量比 95:2:2:1 进行混合,然后加入去离子水作为溶剂,搅拌均匀,调配成固含量为 70wt%的负极浆料;将负极浆料均匀涂覆于厚度为 $8\mu\text{m}$ 的负极集流体铜箔的两个表面上, 90°C 条件下烘干,冷压后得到负极活性材料层厚度为 $150\mu\text{m}$ 的负极极片,将负极极片裁切成 $74\text{mm}\times 867\text{mm}$ 的规格并

焊接极耳后待用。

<隔离膜的制备>

采用厚度为 5 μ m 的聚乙烯 (PE) 多孔薄膜作为隔离膜。

<锂离子电池的制备>

- 5 将正极极片、隔离膜、负极极片按顺序叠好，使隔离膜处于正极极片和负极极片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箔中，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、容量测试等工序，即完成锂离子电池的制备。

实施例 1-2 至实施例 1-17

- 10 除了相关制备参数和性能参数的变化如表 1 所示以外，其余与实施例 1-1 相同。

对比例 1-1 至对比例 1-4

除了相关制备参数和性能参数的变化如表 1 所示以外，其余与实施例 1-1 相同。

15

表 1

/	保液系数 a (g/Ah)	添加剂				ln(a×b)	-20°C低温 放电容量 保持率 (%)	45°C 5C 放 电温升 (°C)
		质量百分含量 b(%)						
		双草酸 硼酸锂	三烯丙 基磷酸 酯	丙烯基 -1,3-磺 酸内酯	总含量			
实施例 1-1	0.5	0.05	/	/	0.05	-3.69	77.4	6
实施例 1-2	1	0.44	/	/	0.44	-0.82	79.6	6
实施例 1-3	2	0.44	/	/	0.44	-0.13	81.8	5
实施例 1-4	2.3	0.44	/	/	0.44	0.01	83.3	4
实施例 1-5	2.5	0.44	/	/	0.44	0.10	83.2	4
实施例 1-6	3.5	3	/	/	3	2.35	76.9	7
实施例 1-7	2.3	0.089	/	/	0.089	-1.59	81.6	3
实施例 1-8	2.3	0.26	/	/	0.26	-0.51	84.9	3
实施例 1-9	2.3	0.89	/	/	0.89	0.72	82.7	5
实施例 1-10	2.3	2.6	/	/	2.6	1.79	79.5	6

实施例 1-11	2.3	0.26	0.05	/	0.31	-0.34	84.9	3
实施例 1-12	2.3	0.26	0.2	/	0.46	0.06	85.2	3
实施例 1-13	2.3	0.26	1.75	/	2.01	1.53	81.6	4
实施例 1-14	2.3	0.26	2.17	/	2.43	1.72	80.7	6
实施例 1-15	2.3	0.26	0.2	0.087	0.547	0.23	85.3	4
实施例 1-16	2.3	0.26	0.2	0.43	0.89	0.72	85.8	5
实施例 1-17	2.3	0.26	1.73	0.43	2.42	1.72	81.8	6
对比例 1-1	0.3	0.26	/	/	0.26	-2.55	63.3	8
对比例 1-2	4	0.26	/	/	0.26	0.04	73.4	9
对比例 1-3	2.3	/	/	/	/	/	75.5	4
对比例 1-4	2.3	0.85	2.55	0.85	4.25	2.29	71.2	9

“/”表示不含该物质或该组成。

根据实施例 1-1 至实施例 1-17、对比例 1-1 至对比例 1-4 可以看出，当保液系数 a 的值在 0.5 至 3.5 之间，添加剂的质量百分含量 b 的值在 0.005 至 3 之间时，锂离子电池具有较好的低温放电性能和安全性能；当 a 和 b 的值满足 $1 \leq a \leq 2.5$ 、 $-1.6 \leq \ln(a \times b) \leq 1.8$ 时，能够进一步提高锂离子电池的低温放电性能和安全性能。

实施例 2-1 至实施例 2-10

除了相关制备参数和性能参数的变化如表 2 所示以外，其余与实施例 1-16 相同。

表 2

/	保液系数 a(g/Ah)	隔离膜迂曲度 d	d/a	-20°C 低温放电容 量保持率(%)	过充测试
实施例 1-16	2.3	2.1	0.91	85.8	9/10 通过
实施例 2-1	2.3	1.5	0.65	85.3	8/10 通过
实施例 2-2	2.3	1.55	0.67	85.5	8/10 通过
实施例 2-3	2.3	1.85	0.80	85.6	9/10 通过
实施例 2-4	2.3	2.23	0.97	86.1	10/10 通过
实施例 2-5	2.3	2.65	1.24	86.8	10/10 通过
实施例 2-6	2.3	3	1.30	85.7	10/10 通过
实施例 2-7	1	3	3	82.5	8/10 通过
实施例 2-8	2.5	1.5	0.6	85.5	8/10 通过
实施例 2-9	3	1.5	0.5	80.2	6/10 通过
实施例 2-10	0.5	1.85	3.7	79.4	5/10 通过

根据实施例 1-16、实施例 2-1 至实施例 2-10 可以看出，当保液系数 a 和隔离膜迂曲度 d 的值满足 $1.5 \leq d \leq 3$ 、 $0.6 \leq d/a \leq 3$ 时，锂离子电池具有较好的低温放电性能和安全性能。

实施例 3-1 至实施例 3-8

5 <电解液的制备>

除了在电解液中按照表 3 的比例加入碳酸亚乙烯酯、相应减少 DEC 的质量百分含量使电解液的总质量为 100% 外，其余与实施例 1-16 相同，相关制备参数和性能参数的变化如表 3 所示。

10 <正极极片的制备>、<负极极片的制备>、<隔离膜的制备>及<锂离子电池的制备>的制备均与实施例 1-16 相同。

实施例 3-9

<电解液的制备>

15 除了在电解液中按照表 3 的比例加入碳酸亚乙烯酯、相应减少 DEC 的质量百分含量使电解液的总质量为 100% 外，其余与实施例 1-2 相同，相关制备参数和性能参数的变化如表 3 所示。

<正极极片的制备>、<负极极片的制备>、<隔离膜的制备>及<锂离子电池的制备>的制备均与实施例 1-2 相同。

表 3

/	保液系数 a (g/ Ah)	碳酸亚乙烯酯	c/a	60°C 满充存储 30 天 后容量恢复率(%)
		质量百分含量 c (%)		
实施例 1-2	1	/	/	77.3
实施例 1-16	2.3	/	/	85.6
实施例 3-1	2.3	0.0089	0.0039	85.8
实施例 3-2	2.3	0.089	0.039	85.9
实施例 3-3	2.3	0.44	0.19	86.1
实施例 3-4	2.3	0.71	0.31	86.4
实施例 3-5	2.3	0.88	0.38	86.6
实施例 3-6	2.3	1.32	0.57	86.7
实施例 3-7	2.3	1.75	0.76	86.5
实施例 3-8	2.3	2.6	1.13	86.2

实施例 3-9	1	2.6	2.6	80.9
---------	---	-----	-----	------

“/”表示不含该物质或该组成。

根据实施例 1-16、实施例 3-1 至实施例 3-9 可以看出，当保液系数 a 和碳酸亚乙烯酯含量 c 的值满足 $0.005 \leq c \leq 3$ ， $0.003 \leq c/a \leq 3$ 时，锂离子电池具有较好的高温存储性能。

5 实施例 4-1 至实施例 4-30

<电解液的制备>

除了在电解液中按照表 4 的比例加入磺酸酯类化合物、第一含氟锂盐添加剂、第二含氟锂盐添加剂、多腈类化合物或芳香族化合物中的至少一种，并相应减少 DEC 的质量百分含量使电解液的总质量为 100%外，其余与实施例 1-16 相同，

10 相关制备参数和性能参数的变化如表 4 所示。

<正极极片的制备>、<负极极片的制备>、<隔离膜的制备>及<锂离子电池的制备>的制备均与实施例 1-16 相同。

表 4

/	磺酸酯类化合物	含氟锂盐添加剂		多腈类化合物	芳香族化合物	-20°C 低温放电容量保持率 (%)	140°C热箱 (30min)
		第一含氟锂盐添加剂	第二含氟锂盐添加剂				
	质量百分含量 e(%)	质量百分含量 f1(%)	质量百分含量 f2(%)	质量百分含量 g(%)	质量百分含量 h(%)		
	1,3-丙烷磺酸内酯	双(氟磺酰)亚胺锂	二氟草酸磷酸锂	己二腈	环己基苯		
实施例 1-16	/	/	/	/	/	85.8	4/10 通过
实施例 4-1	0.01	/	/	/	/	85.9	4/10 通过
实施例 4-2	0.27	/	/	/	/	86.1	5/10 通过
实施例 4-3	1.75	/	/	/	/	86.3	5/10 通过
实施例 4-4	2.6	/	/	/	/	86.3	5/10 通过
实施例 4-5	5	/	/	/	/	86.3	5/10 通过
实施例 4-6	/	0.087	/	/	/	86.2	5/10 通过
实施例 4-7	/	3.7	/	/	/	87.8	6/10 通过
实施例 4-8	/	6	/	/	/	87.9	6/10 通过
实施例 4-9	/	/	0.01	/	/	86	5/10 通过

实施例 4-10	/	/	1.72	/	/	86.3	5/10 通过
实施例 4-11	/	/	3	/	/	86.1	5/10 通过
实施例 4-12	/	0.087	1.72	/	/	86.4	5/10 通过
实施例 4-13	/	6	1.72	/	/	88.2	6/10 通过
实施例 4-14	/	3.7	0.087	/	/	87.9	6/10 通过
实施例 4-15	/	3.7	3	/	/	87.6	6/10 通过
实施例 4-16	1.74	/	0.01	/	/	86.4	6/10 通过
实施例 4-17	1.73	/	0.26	/	/	86.6	6/10 通过
实施例 4-18	1.72	/	1.72	/	/	86.7	6/10 通过
实施例 4-19	1.69	/	3	/	/	86.8	7/10 通过
实施例 4-20	1.74	/	0.26	0.087	/	86.6	6/10 通过
实施例 4-21	1.74	/	0.26	0.26	/	86.7	6/10 通过
实施例 4-22	1.73	/	0.26	0.86	/	86.4	7/10 通过
实施例 4-23	1.73	/	0.26	1.71	/	86.3	7/10 通过
实施例 4-24	1.71	/	0.26	3	/	85.9	7/10 通过
实施例 4-25	1.74	3.7	0.26	0.26	0.0086	88.6	7/10 通过
实施例 4-26	1.73	3.7	0.26	0.26	0.43	88.6	7/10 通过
实施例 4-27	1.72	3.7	0.26	0.26	0.86	88.7	8/10 通过
实施例 4-28	1.69	3.6	0.25	0.25	2.54	88.7	9/10 通过
实施例 4-29	1.67	3.6	0.25	0.25	4.16	88.8	10/10 通过
实施例 4-30	1.67	3.6	0.25	0.25	7	88.4	10/10 通过

“/”表示不含该物质或该组成。

根据实施例 1-16、实施例 4-1 至实施例 4-5 可以看出，在电解液中添加磺酸酯类化合物，可以改善锂离子电池的低温放电性能，并随磺酸酯类化合物含量的升高改善效果越明显；当磺酸酯类化合物含量高于 5% 时，低温放电性能则不会再改善。当磺酸酯类化合物的质量百分含量 e 的值满足 $0.01 \leq e \leq 5$ 时，锂离子电池具有较好的低温放电性能和安全性能。

根据实施例 1-16、实施例 4-6 至实施例 4-15 可以看出，在电解液中添加第一含氟锂盐添加剂和/或第二含氟锂盐添加剂，能够改善锂离子电池的低温放电性能和热箱性能。根据实施例 1-16、实施例 4-1 至实施例 4-30 可以看出，本申请电解液中加入磺酸酯类化合物、第一含氟锂盐添加剂、第二含氟锂盐添加剂、多脒类化合物和芳香族化合物中的至少一种，均能够进一步改善锂离子电池的低

温放电性能和热箱性能。

实施例 5-1 至实施例 5-14

除了相关制备参数和性能参数的变化如表 5 所示以外，其余与实施例 1-16 相同。

5

表 5

/	隔离膜厚度 i(μm)	正极活性材料层 的压实密度 j	正极活性材料 Dv50 为 k(μm)	i+k	-20°C 低温放电 容量保持率/%
实施例 1-16	7	2.5	10	17	85.8
实施例 5-1	3	2.5	10	13	86.2
实施例 5-2	8	2.5	10	18	86.3
实施例 5-3	12	2.5	10	22	86
实施例 5-4	16	2.5	10	26	85.8
实施例 5-5	20	2.5	10	30	85.5
实施例 5-6	8	1.5	10	18	85.6
实施例 5-7	8	2.7	10	18	86.9
实施例 5-8	8	3	10	18	87
实施例 5-9	8	4	10	18	84.8
实施例 5-10	8	2.7	2	10	87.5
实施例 5-11	8	2.7	8	16	87.6
实施例 5-12	8	2.7	13	21	87.9
实施例 5-13	8	2.7	20	28	87
实施例 5-14	8	2.7	37	45	85.5

根据实施例 1-16、实施例 5-1 至实施例 5-14 可以看出，正极活性材料层的压实密度 j 在 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 至 $4\text{g}/\text{cm}^3$ 之间，锂离子电池具有较好的低温放电性能；隔离膜厚度 i 在 $3\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 之间，正极活性材料 Dv50 k 在 $2\mu\text{m}$ 至 $40\mu\text{m}$ 之间，并满足 $5\mu\text{m} \leq i+k \leq 60\mu\text{m}$ 时，锂离子电池具有较好的低温放电性能。

10

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

权 利 要 求

1、一种电化学装置，其包含正极、负极、隔离膜和电解液，所述电解液包含添加剂；所述电化学装置的保液系数为 a g/Ah，满足 $0.5 \leq a \leq 3.5$ ；基于所述电解液的总质量，所述添加剂的质量百分含量为 $b\%$ ，满足 $0.005 \leq b \leq 3$ ；其中，所述添加剂包括双草酸硼酸锂、碳酸乙烯亚乙酯、甲烷二磺酸亚甲酯、三烯丙基磷酸酯、三氟甲基碳酸乙烯酯或丙烯基-1,3-磺酸内酯中的至少一种。

2、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述电化学装置的保液系数 a g/Ah 为 1g/Ah 至 2.5g/Ah；满足： $-1.6 \leq \ln(a \times b) \leq 1.8$ 。

3、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述隔离膜的迂曲度 d 为 1.5 至 3，满足： $0.6 \leq d/a \leq 3$ 。

4、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述电解液还包含碳酸亚乙烯酯；基于所述电解液的总质量，所述碳酸亚乙烯酯的质量百分含量为 $c\%$ ，满足： $0.005 \leq c \leq 3$ ， $0.003 \leq c/a \leq 3$ 。

5、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述电解液还包含磺酸酯类化合物；所述磺酸酯类化合物包括 1,3-丙烷磺酸内酯、1,4-丁烷磺酸内酯、1,3-丙烷二磺酸酐或 2,4-丁烷磺酸内酯中的至少一种；基于所述电解液的总质量，所述磺酸酯类化合物的质量百分含量为 $e\%$ ，满足： $0.01 \leq e \leq 5$ 。

6、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述电解液包含第一含氟锂盐添加剂；所述第一含氟锂盐添加剂包括双(三氟甲烷磺酰)亚胺锂或双(氟磺酰)亚胺锂中的至少一种，基于所述电解液的总质量，所述第一含氟锂盐添加剂的质量百分含量为 $f1\%$ ，满足： $0.08 \leq f1 \leq 6$ ；

和/或，所述电解液包含第二含氟锂盐添加剂；所述第二含氟锂盐添加剂包括二氟草酸硼酸锂、二氟草酸磷酸锂或四氟硼酸锂中的至少一种，基于所述电解液的总质量，所述第二含氟锂盐添加剂的质量百分含量为 $f2\%$ ，满足： $0.01 \leq f2 \leq 3$ 。

7、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述电解液还包含多腈类化合物；所述多腈类化合物包括丁二腈、戊二腈、己二腈、1,4-二氰基-2-丁烯、1,2-二(2-氰乙氧基)乙烷、1,3,6-己烷三腈或 1,2,3-三(2-氰乙氧基)丙烷中的至少一种；基于所述电解液的总质量，所述多腈类化合物的质量百分含量为 $g\%$ ，满足： $0.08 \leq g \leq 3$ 。

8、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述电解液还包含芳香族化合物；所述芳香族化合物包括联苯、环己基苯、氟苯或二氟联苯中的至少一种；基于所述电解液的总质量，所述芳香族化合物的质量百分含量为 $h\%$ ，满足： $0.008 \leq h \leq 7$ 。

5 9、根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述正极包含正极活性材料层，所述正极活性材料层的压实密度 j 为 1g/cm^3 至 4g/cm^3 。

10、根据权利要求 9 所述的电化学装置，其中，所述正极活性材料层包含正极活性材料，所述正极活性材料 $Dv50$ 为 k ， k 为 $2\mu\text{m}$ 至 $40\mu\text{m}$ ；所述隔离膜的厚度为 i ，满足： i 为 $3\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ ， $5\mu\text{m} \leq i+k \leq 60\mu\text{m}$ 。

10 11、一种电子装置，其包含权利要求 1 至 10 的任一项所述的电化学装置。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/142110

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01M 10/0525(2010.01)i; H01M 10/0567(2010.01)j		
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; WPABS; VEN; ENTXT; CNKI: 电解液, 添加剂, 保液, g/Ah, 双草酸硼酸锂, 碳酸乙烯亚乙酯, 甲烷二磺酸亚甲酯, 三烯丙基磷酸酯, 三氟甲基碳酸乙烯酯, 丙烯基-1, 3-磺酸内酯, electrolyte, additive, electrolyte retention, lithium bis(oxalato)borate, vinyl ethylenecarbonate, methylene methanedisulfonate, triallyl phosphate, trifluoromethyl ethylene carbonate, prop-1-ene-1, 3-sultone		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 111628219 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 04 September 2020 (2020-09-04) description, paragraphs 37-117	1-2, 4-11
Y	CN 111628219 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 04 September 2020 (2020-09-04) description, paragraphs 37-117	3
Y	CN 110600658 A (TEIJIN LTD.) 20 December 2019 (2019-12-20) description, paragraphs 116-123	3
X	WO 2015079893 A1 (HITACHI MAXELL, LTD.) 04 June 2015 (2015-06-04) description, paragraphs 2 and 11-60	1-2, 4-11
Y	WO 2015079893 A1 (HITACHI MAXELL, LTD.) 04 June 2015 (2015-06-04) description, paragraphs 2 and 11-60	3
X	CN 109687028 A (SOUNDON NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 26 April 2019 (2019-04-26) description, paragraphs 2-38	1-2, 4-11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
26 August 2022		07 September 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

International application No.

PCT/CN2021/142110

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 109687028 A (SOUNDON NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 26 April 2019 (2019-04-26) description, paragraphs 2-38	3
X	CN 111540945 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 14 August 2020 (2020-08-14) description, paragraphs 40-195	1-2, 4-11
Y	CN 111540945 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 14 August 2020 (2020-08-14) description, paragraphs 40-195	3
A	CN 110148784 A (ZHUHAI GUANYU BATTERY CO., LTD.) 20 August 2019 (2019-08-20) entire document	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/CN2021/142110

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	111628219	A	04 September 2020	None	
CN	110600658	A	20 December 2019	JP	2019216033 A 19 December 2019
				KR	20190141082 A 23 December 2019
WO	2015079893	A1	04 June 2015	JP	2015103408 A 04 June 2015
				JP	6208560 B2 04 October 2017
CN	109687028	A	26 April 2019	None	
CN	111540945	A	14 August 2020	CN	111540945 B 21 September 2021
CN	110148784	A	20 August 2019	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/142110

<p>A. 主题的分类</p> <p>H01M 10/0525(2010.01)i; H01M 10/0567(2010.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H01M</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNABS; CNTXT; WPABS; VEN; ENTXT; CNKI; 电解液, 添加剂, 保液, g/Ah, 双草酸硼酸锂, 碳酸乙烯亚乙酯, 甲烷二磺酸亚甲酯, 三烯丙基磷酸酯, 三氟甲基碳酸乙烯酯, 丙烯基-1,3-磺酸内酯, electrolyte, additive, electrolyte retention, lithium bis(oxalato)borate, vinyl ethylenecarbonate, methylene methanedisulfonate, triallyl phosphate, trifluoromethyl ethylene carbonate, prop-1-ene-1,3-sultone</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 111628219 A (宁德新能源科技有限公司) 2020年9月4日 (2020 - 09 - 04) 说明书第37-117段</td> <td>1-2、4-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 111628219 A (宁德新能源科技有限公司) 2020年9月4日 (2020 - 09 - 04) 说明书第37-117段</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 110600658 A (帝人株式会社) 2019年12月20日 (2019 - 12 - 20) 说明书第116-123段</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>WO 2015079893 A1 (HITACHI MAXELL) 2015年6月4日 (2015 - 06 - 04) 说明书第2、11-60段</td> <td>1-2、4-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>WO 2015079893 A1 (HITACHI MAXELL) 2015年6月4日 (2015 - 06 - 04) 说明书第2、11-60段</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 109687028 A (桑顿新能源科技有限公司) 2019年4月26日 (2019 - 04 - 26) 说明书第2-38段</td> <td>1-2、4-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 109687028 A (桑顿新能源科技有限公司) 2019年4月26日 (2019 - 04 - 26) 说明书第2-38段</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 111628219 A (宁德新能源科技有限公司) 2020年9月4日 (2020 - 09 - 04) 说明书第37-117段	1-2、4-11	Y	CN 111628219 A (宁德新能源科技有限公司) 2020年9月4日 (2020 - 09 - 04) 说明书第37-117段	3	Y	CN 110600658 A (帝人株式会社) 2019年12月20日 (2019 - 12 - 20) 说明书第116-123段	3	X	WO 2015079893 A1 (HITACHI MAXELL) 2015年6月4日 (2015 - 06 - 04) 说明书第2、11-60段	1-2、4-11	Y	WO 2015079893 A1 (HITACHI MAXELL) 2015年6月4日 (2015 - 06 - 04) 说明书第2、11-60段	3	X	CN 109687028 A (桑顿新能源科技有限公司) 2019年4月26日 (2019 - 04 - 26) 说明书第2-38段	1-2、4-11	Y	CN 109687028 A (桑顿新能源科技有限公司) 2019年4月26日 (2019 - 04 - 26) 说明书第2-38段	3
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
X	CN 111628219 A (宁德新能源科技有限公司) 2020年9月4日 (2020 - 09 - 04) 说明书第37-117段	1-2、4-11																								
Y	CN 111628219 A (宁德新能源科技有限公司) 2020年9月4日 (2020 - 09 - 04) 说明书第37-117段	3																								
Y	CN 110600658 A (帝人株式会社) 2019年12月20日 (2019 - 12 - 20) 说明书第116-123段	3																								
X	WO 2015079893 A1 (HITACHI MAXELL) 2015年6月4日 (2015 - 06 - 04) 说明书第2、11-60段	1-2、4-11																								
Y	WO 2015079893 A1 (HITACHI MAXELL) 2015年6月4日 (2015 - 06 - 04) 说明书第2、11-60段	3																								
X	CN 109687028 A (桑顿新能源科技有限公司) 2019年4月26日 (2019 - 04 - 26) 说明书第2-38段	1-2、4-11																								
Y	CN 109687028 A (桑顿新能源科技有限公司) 2019年4月26日 (2019 - 04 - 26) 说明书第2-38段	3																								
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <table border="0"> <tr> <td> <p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> </td> <td> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p> </td> </tr> </table>			<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>	<p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																						
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>	<p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																									
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2022年8月26日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2022年9月7日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN)</p> <p>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>梁曼</p> <p>电话号码 86-(20)-28950885</p>																								

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 111540945 A (宁德新能源科技有限公司) 2020年8月14日 (2020 - 08 - 14) 说明书第40-195段	1-2、4-11
Y	CN 111540945 A (宁德新能源科技有限公司) 2020年8月14日 (2020 - 08 - 14) 说明书第40-195段	3
A	CN 110148784 A (珠海冠宇电池有限公司) 2019年8月20日 (2019 - 08 - 20) 全文	1-11

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2021/142110

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	111628219	A	2020年9月4日	无			
CN	110600658	A	2019年12月20日	JP	2019216033	A	2019年12月19日
				KR	20190141082	A	2019年12月23日
WO	2015079893	A1	2015年6月4日	JP	2015103408	A	2015年6月4日
				JP	6208560	B2	2017年10月4日
CN	109687028	A	2019年4月26日	无			
CN	111540945	A	2020年8月14日	CN	111540945	B	2021年9月21日
CN	110148784	A	2019年8月20日	无			