(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
2022 年 3 月 31 日 (31.03.2022)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2022/061582 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 10/0567 (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/117118

(22) 国际申请日: 2020 年 9 月 23 日 (23.09.2020)

(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: **彭谢学 (PENG, Xiexue)**; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路1号, Fujian 352100 (CN)。 **郑建明 (ZHENG, Jianming)**; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路1号, Fujian 352100 (CN)。 **刘俊飞 (LIU, Junfei)**; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路1号, Fujian 352100 (CN)。 **唐超 (TANG, Chao)**; 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: 北京五洲洋和知识产权代理事务所 (普通合伙) (**BEIJING WUZHOUYANGHE & PARTNERS**); 中国北京市西城区阜成门外大街2号A1908陈丹, 张向琨, Beijing 100037 (CN)。

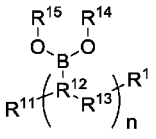
(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, 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)。

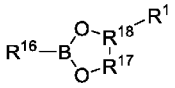
本国际公布:
— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(54) **Title:** ELECTROLYTE, ELECTROCHEMICAL DEVICE, AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 电解液、电化学装置及电子装置



(I-A)、



(I-B)

(57) **Abstract:** The present application provides an electrolyte, an electrochemical device, and an electronic device. The electrolyte comprises a compound A. The compound A comprises at least one of compounds represented by formula (I-A) and formula (I-B). The electrochemical device comprises a positive plate, a negative plate, an isolation film, and the electrolyte. The electronic device comprises the electrochemical device. The compound represented by formula I is added to the electrolyte, so that cycle performance and high-temperature storage performance of the electronic device comprising the electrochemical device using the electrolyte can be improved.

(57) 摘要: 本申请提供一种电解液、电化学装置及电子装置。所述电解液包括化合物A, 所述化合物A包括式 (I-A) 和式 (I-B) 表示的化合物中的至少一种。所述电化学装置包括正极片、负极片、隔离膜以及所述电解液。所述电子装置包括所述电化学装置。将式I表示的化合物添加于电解液中, 能够改善使用该电解液的电化学装置、电子装置的循环性能和高温存储性能。

WO 2022/061582 A1

电解液、电化学装置及电子装置

技术领域

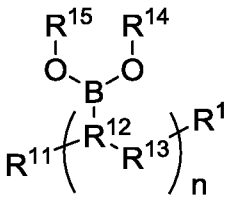
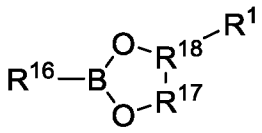
本申请涉及一种电解液、电化学装置及电子装置。

背景技术

电化学装置（例如锂离子电池）由于具有高能量密度、低维护、相对较低的自放电、长循环寿命、无记忆效应、工作电压稳定和环境友好等特性受到人们的广泛关注，并因此被广泛地运用。随着技术的快速发展以及市场需求的多样性，人们对锂离子电池提出了更多要求，例如更薄、更轻、更多样化的外形、更高的安全性、更高的能量密度等。

发明内容

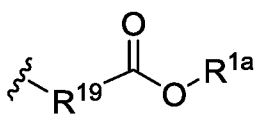
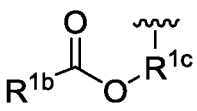
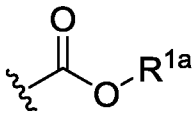
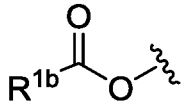
在一些实施例中，本申请提供了一种电解液，所述电解液包括化合物A，所述化合物A包括式（I-A）和式（I-B）表示的化合物中的至少一种；


式（I-A）、

式（I-B）

在式（I-A）和式（I-B）中，

n选自1-6的整数；

R^1选自式（I-C）、式（I-D）、式（I-E）、式（I-F）表示的结构式中的任意一种，


式（I-C）、

式（I-D）、

式（I-E）、

式（I-F）

≋表示与相邻原子的结合位点；

R^{11}选自氢、经取代或未经取代的C_1-C_{10}烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}烯基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}炔基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}芳基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}杂环基、经取代或未经取代的含杂原子的官能团，并且，当经取代时，取代基为卤素；

R^{17}、R^{19}、R^{1c}各自独立地选自经取代或未经取代的C_1-C_{10}亚烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}亚烯基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}亚炔基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}亚连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}亚芳基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}亚脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}亚杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素；

R^{14}、R^{15}、R^{16}、R^{1a}、R^{1b}各自独立地选自经取代或未经取代的C_1-C_{10}烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}烯基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}炔基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}芳基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素，其中，R^{14}和R^{15}之间可以键合而形成环结构；

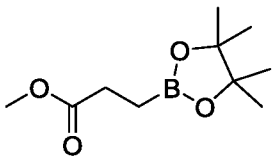
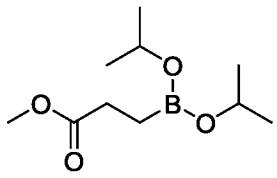
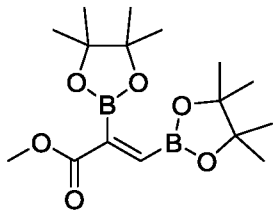
R^{18}选自经取代或未经取代的C_1-C_{10}次烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}次烯基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}次连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}次芳基、经取代或未经取代C_3-C_{10}次脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}次杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素；

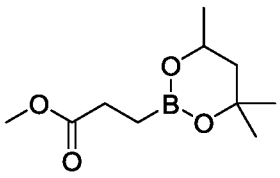
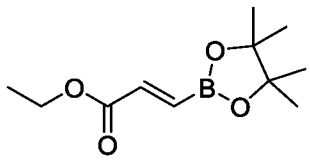
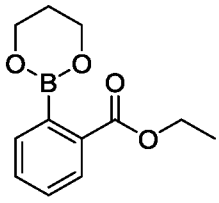
R^{12}选自经取代或未经取代的C_1-C_{10}次烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}次烯基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}次连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}次芳基、经取代或未经取代C_3-C_{10}次脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}次杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素；

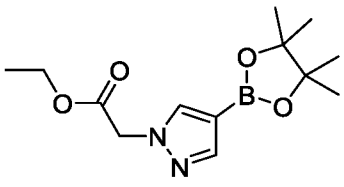
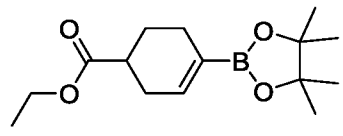
R^{13}选自共价单键、经取代或未经取代的C_1-C_{10}亚烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}亚烯基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}亚炔基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}亚连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}亚芳基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}亚脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}亚杂环基、经取代或未经取代的含杂原子的官能团，并且，当经取代时，取代基为卤素；

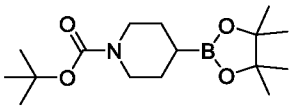
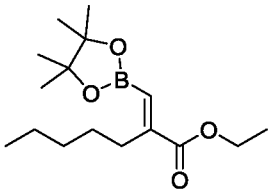
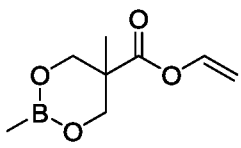
所述杂原子包括 B、N、O、Si、P、S 中的至少一种。

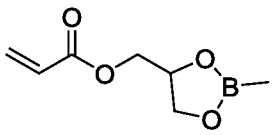
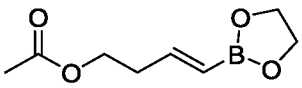
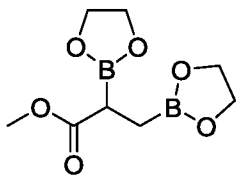
在一些实施例中，所述化合物 A 包括式（I-1）至式（I-20）表示的化合物中的至少一种；

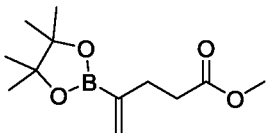
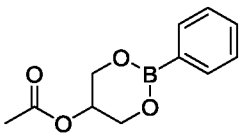
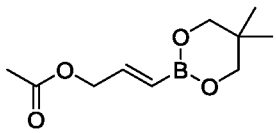
 （I-1）、  （I-2）、  （I-3）、

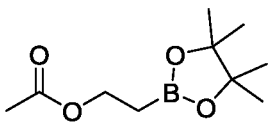
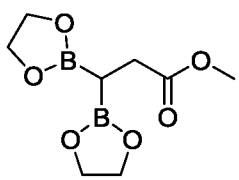
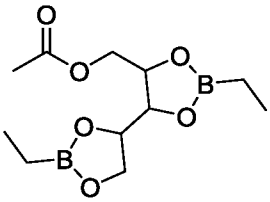
 （I-4）、  （I-5）、  （I-6）、

 （I-7）、  （I-8）、

 （I-9）、  （I-10）、  （I-11）、

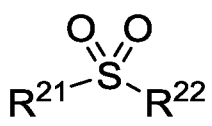
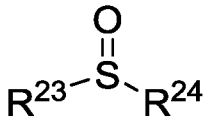
 （I-12）、  （I-13）、  （I-14）、

 （I-15）、  （I-16）、  （I-17）、

 （I-18）、  （I-19）；  （I-20）。

在一些实施例中，基于所述电解液的总质量，所述化合物 A 的质量百分含量为 0.01%-10%。

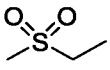
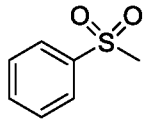
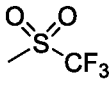
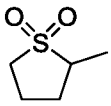
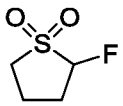
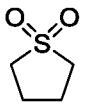
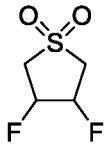
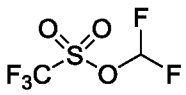
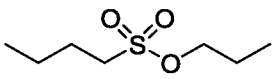
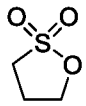
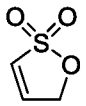
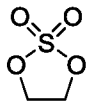
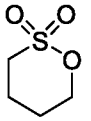
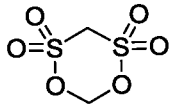
在一些实施例中，所述电解液还包括含硫氧双建的化合物，所述含硫氧双建的化合物包括式（II-A）和式（II-B）表示的化合物中的至少一种；


式（II-A）、

式（II-B）

在式（II-A）和式（II-B）中，

R^{21}、R^{22}、R^{23}和R^{24}各自独立地选自经取代或未经取代的C_1-C_5烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}烯基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}炔基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}脂环烃基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}芳基、经取代或未经取代的C_2-C_6杂环基中的任意一种，并且，当经取代时，取代基包括卤素和含杂原子的官能团中的至少一种，其中，R^{21}和R^{22}之间可以键合而形成环结构，R^{23}和R^{24}之间可以键合而形成环结构；所述杂原子包括B、N、O、Si、P、S中的至少一种。

在一些实施例中，所述含硫氧双建的化合物包括式（II-1）至式（II-15）表示的化合物中的至少一种；

（II-1）、

（II-2）、

（II-3）、

（II-4）、

（II-5）、

（II-6）、

（II-7）、

（II-8）、

（II-9）、

（II-10）、

（II-11）、

（II-12）、

（II-13）、

（II-14）、

（II-15）。

在一些实施例中，基于所述电解液的总质量，所述含硫氧双建的化合物的质量百分含量为0.01%-10%。

在一些实施例中，所述电解液还包括硼酸锂类化合物，所述硼酸锂类化合物包括四氟硼酸锂、二草酸硼酸锂、二氟草酸硼酸锂中的至少一种；

基于所述电解液的总质量，所述硼酸锂类化合物的质量百分含量为0.01%-1%。

在一些实施例中，所述电解液还包括磷酸锂类化合物，所述磷酸锂类化合物包括二氟磷酸锂、二氟双草酸磷酸锂、四氟草酸磷酸锂中的至少一种；

基于所述电解液的总质量，所述磷酸锂类化合物的质量百分含量为0.01%-1%。

在一些实施例中，本申请还提供了一种电化学装置，包括正极片、负极片、隔离膜以及上述电解液。

在一些实施例中，所述正极片的压实密度小于或等于 3.65g/cm^3。

在一些实施例中，所述正极片包括正极集流体以及正极活性物质层，所述正极活性物质层包括正极活性物质；

所述正极活性物质包括第一颗粒和第二颗粒，所述第一颗粒与第二颗粒的粒径不同。

在一些实施例中，所述正极活性物质满足条件（a）-（d）中的至少一种：

（a）所述第一颗粒的平均粒径为 0.1 μm-1.5 μm；

（b）所述第二次颗粒的 BET 比表面积为 0.14 m^2/g−0.95 m^2/g；

（c）所述正极活性物质的 Dv50 为 5.5 μm-14.5 μm；

（d）所述正极活性物质的 Dv10 小于或等于 18 μm。

在一些实施例中，本申请还提供了一种电子装置，包括上述电化学装置。

具体实施方式

将理解的是，所公开的实施例仅仅是本申请的示例，本申请可以以各种形式实施，因此，本文公开的具体细节不应被解释为限制，而是仅作为权利要求的基础且作为表示性的基础用于教导本领域普通技术人员以各种方式实施本申请。

在本申请的说明中，除非另有明确的规定和限定，术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”、“第五”、“第六”“式（I-A）”、“式（I-B）”、“式（I-C）”、“式（I-D）”、“式（I-E）”、“式（I-F）”、“式（II-A）”、“式（II-B）”、“式（III）”等仅用于说明的目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性以及相互存在关系。

在本申请的说明中，除非另有说明，所有化合物的官能团可以是经取代的或未经取代的。

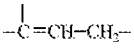
在本申请的说明中，术语“杂原子”表示除 C、H 以外的原子。在一些实施例中，杂原子包括 B、N、O、Si、P、S 中的至少一种。

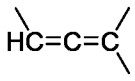
在本申请的说明中，术语“杂环基”是指包含至少一个杂原子的环基。在一些实施例中，所述杂环基包含脂杂环基和芳杂环基中的至少一种。在一些实施例中，杂环基为一价基团。在一些实施例中，亚杂环基为二价基团。在一些实施例中，次杂环基为三价基团。

在本申请的说明中，术语“含杂原子的官能团”是指包含至少一个杂原子的官能团。

在本申请的说明中，术语“亚烷基”是指二价烷基，术语“亚烯基”是指二价烯基，

术语“亚炔基”是指二价炔基，术语“亚芳基”是指二价芳基。

在本申请的说明中，术语“次烷基”意指直链或具支链的三价饱和烃基。代表性的次烷基包括但不限于次甲基（-CH-）、乙烷-1,1,2-三基（-$CHCH_2$-）、丙烷-1,2,2-三基、丙烷-1,1,3-三基、丁烷-1,1,4-三基、戊烷-1,1,5-三基等等。术语“次烯基”意指直链或具支链的三价烯基。当指定具有具体碳数的次烯基时，预期涵盖具有该碳数的所有几何异构体。代表性的次烯基包括但不限于次乙烯基（ ）、丙烯-1,1,3-三基（  ）、丙烯-1,2,2-三基、丙烯-1,3,3-三基、丁烯-1,1,4-三基、戊烯-1,1,5-三基等等。术语“次芳基”是指三价芳基。

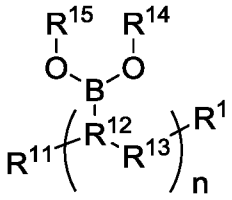
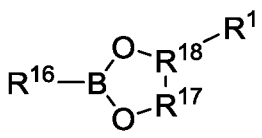
在本申请的说明中，术语“连烯基”表示两个烯基共用同一个碳的基团。在一些实施例中，连烯基为一价基团，化合结构式为-$CH=C=CH_2$。在一些实施例中，亚连烯基为二价基团，化学结构式为-CH=C=CH-。在一些实施例中，次连烯基为三价基团，化学结构式为  。

在本申请的说明中，术语“脂环烃基”表示具有脂肪族性质的环烃，分子中含有闭合的碳环。在一些实施例中，脂环烃基为一价基团。在一些实施例中，亚脂环烃基为二价基团。在一些实施例中，次脂环烃基为三价基团。

（电解液 ）

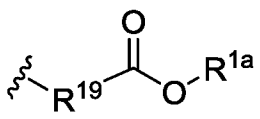
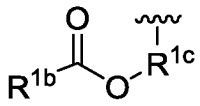
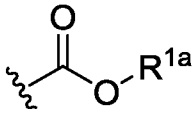
[第一添加剂]

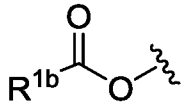
在一些实施例中，电解液包含第一添加剂，第一添加剂包含具有羧酸酯基团和硼酸酯基团的化合物 A，化合物 A 包含式（I-A）和式（I-B）表示的化合物中的至少一种；


式（I-A）、

式（I-B）

在式（I-A）和式（I-B）中，

R^1选自式（I-C）、式（I-D）、式（I-E）、式（I-F）表示的结构式中的任意一种，


式（I-C）、 
式（I-D）、 
式（I-E）、


式（I-F）

R^{11}选自氢、经取代或未经取代的C_1-C_{10}烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}烯基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}炔基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}芳基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}杂环基、经取代或未经取代的含杂原子的官能团，并且，当经取代时，取代基为卤素；

R^{17}、R^{19}、R^{1c}各自独立地选自经取代或未经取代的C_1-C_{10}亚烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}亚烯基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}亚炔基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}亚连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}亚芳基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}亚脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}亚杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素；

R^{14}、R^{15}、R^{16}、R^{1a}、R^{1b}各自独立地选自经取代或未经取代的C_1-C_{10}烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}烯基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}炔基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}芳基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素，其中，R^{14}和R^{15}之间可以键合而形成环结构；

R^{18}选自经取代或未经取代的C_1-C_{10}次烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}次烯基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}次连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}次芳基、经取代或未经取代C_3-C_{10}次脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}次杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素；

R^{12}选自经取代或未经取代的C_1-C_{10}次烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}次烯基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}次连烯基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}次芳基、经取代或未经取代C_3-C_{10}次脂环烃基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}次杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素；

R^{13}选自供价单键、经取代或未经取代的C_1-C_{10}亚烷基、经取代或未经取代的

C_2-C_{10}亚烯基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10}亚炔基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10}连烯基、经取代或未经取代的 C_6-C_{10}亚芳基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10}亚脂环烃基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10}亚杂环基、经取代或未经取代的含杂原子的官能团，并且，当经取代时，取代基为卤素；

~表示与相邻原子的结合位点；

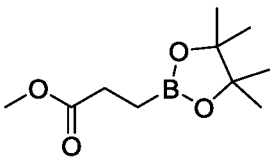
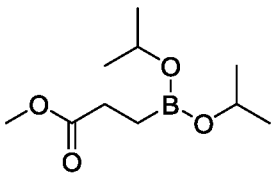
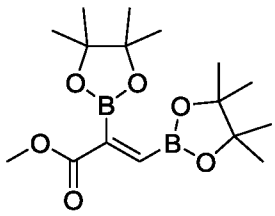
n 选自 1-6 的整数。

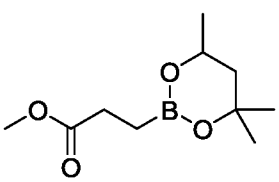
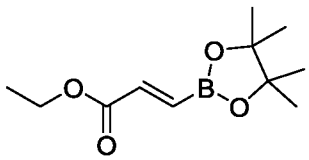
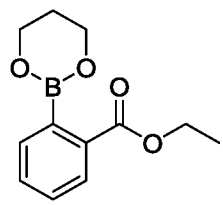
提高电化学装置能量密度的方式可以采用提高电化学装置的电压或增加电化学装置中活性物质的容量的方式。然而，这些方式均容易加速电化学装置中电解液的分解并导致产气，电芯膨胀，以及电化学装置的循环寿命变短。

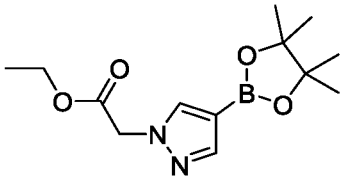
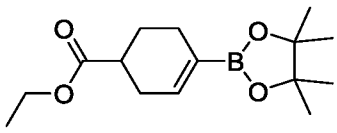
本申请在电解液中加入上述化合物 A，能够显著改善电化学装置的循环性能和高温存储性能，从而使电化学装置能够在具有较高能量密度的同时保持较好的循环性能和高温存储性能。

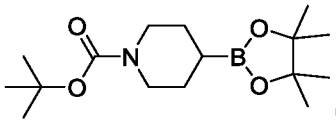
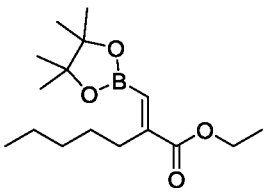
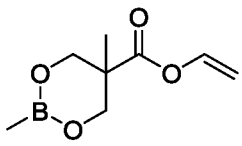
式（I-A）和式（I-B）表示的化合物能够在电化学装置的正极片的表面形成性能优良的保护膜，还能够在减小膜阻抗的同时提高膜的抗氧化性，从而能够减少膜的二次氧化分解，有助于抑制电解液的持续分解，因此，式（I-A）和式（I-B）表示的化合物可以有效抑制电化学装置在循环过程中阻抗的增加，改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

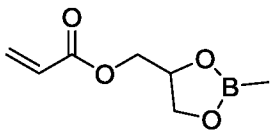
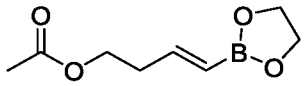
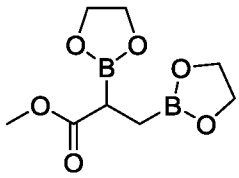
在一些实施例中，所述化合物 A 包含式（I-1）至式（I-20）表示的化合物中的至少一种；

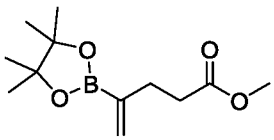
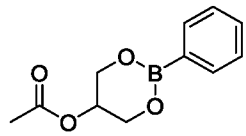
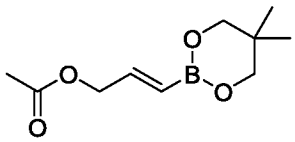

（I-1）、

（I-2）、

（I-3）、

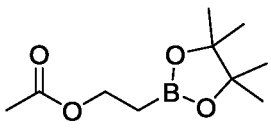
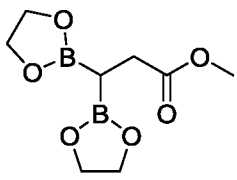
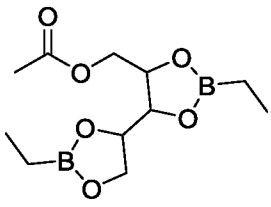

（I-4）、

（I-5）、

（I-6）、

 （I-7）、  （I-8）、

 （I-9）、  （I-10）、  （I-11）、

 （I-12）、  （I-13）、  （I-14）、

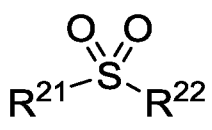
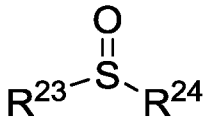
 （I-15）、  （I-16）、  （I-17）、

 （I-18）、  （I-19）；  （I-20）。

在一些实施例中，基于所述电解液的总质量，所述化合物 A 的质量百分含量为0.01%-10%。当所述化合物 A 的质量百分含量位于上述范围内时，能够进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

[第二添加剂]

在一些实施例中，电解液还包含第二添加剂，所述第二添加剂包含含硫氧双建的化合物，所述含硫氧双建的化合物包括式（II-A）和式（II-B）表示的化合物中的至少一种；

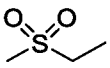
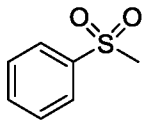
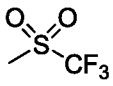
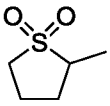

式（II-A）、

式（II-B）

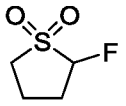
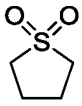
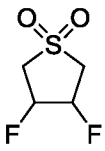
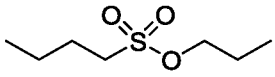
在式（II-A）和式（II-B）中，

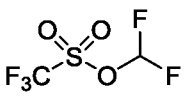
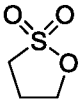
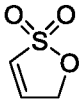
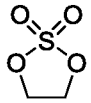
R^{21}、R^{22}、R^{23}和R^{24}各自独立地选自经取代或未经取代的C_1-C_5烷基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}烯基、经取代或未经取代的C_2-C_{10}炔基、经取代或未经取代的C_3-C_{10}脂环烃基、经取代或未经取代的C_6-C_{10}芳基、经取代或未经取代的C_2-C_6杂环基中的任意一种，并且，当经取代时，取代基包括卤素和含杂原子的官能团中的至少一种，其中，R^{21}和R^{22}之间可以键合而形成环结构，R^{23}和R^{24}之间可以键合而形成环结构。

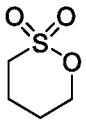
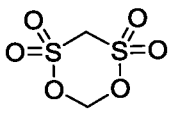
当在电解液中同时加入第一添加剂和第二添加剂时，能够进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。可能的原因是，一方面，第二添加剂具有较强的抗氧化能力，在正极材料中不易被氧化，另一方面，在阳极析锂的情况下，第二添加剂能够在金属锂表面还原，形成一层保护膜，抑制金属锂与电解液的分解产热，进一步增强对活性材料的保护，从而进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

在一些实施例中，所述含硫氧双建的化合物包含式（II-1）至式（II-15）表示的化合物中的至少一种；

（II-1）、

（II-2）、

（II-3）、

（II-4）、

（II-5）、


（II-6）、

（II-7）、

（II-8）、

（II-10）、


（II-9）、

（II-11）、

（II-12）、

（II-13）、

 （II-14）、  （II-15）。

在一些实施例中，基于所述电解液的总质量，所述含硫氧双建的化合物的质量百分含量为0.01%-10%。当含硫氧双建的化合物的质量百分含量位于上述范围内时，能够进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。在一些实施例中，基于所述电解液的总质量，所述含硫氧双建的化合物的质量百分含量为0.1%-8%。

[第三添加剂]

在一些实施例中，电解液还包含第三添加剂，第三添加剂包含硼酸锂类化合物，所述硼酸锂类化合物包括四氟硼酸锂（$LiBF_4$）、二草酸硼酸锂（LiBOB）、二氟草酸硼酸锂（LiDFOB）中的至少一种。

当在电解液中同时加入第一添加剂和第三添加剂时，能够进一步改善电化学装置的高温存储性能。可能的原因是，第三添加剂具有较高的热稳定性，当添加于电解液中时，能够在负极片的表面形成含氟的保护膜，减少FEC与负极片的反应，抑制气体产生，从而进一步改善电化学装置的高温存储性能。

在一些实施例中，基于所述电解液的总质量，所述硼酸锂类化合物的质量百分含量为0.01%-1%。

[第四添加剂]

在一些实施例中，电解液还包含第四添加剂，第四添加剂包含磷酸锂类化合物，所述磷酸锂类化合物包括二氟磷酸锂（$LiPO_2F_2$）、二氟双草酸磷酸锂（LiDFOP）、四氟草酸磷酸锂（LiTFOP）中的至少一种。

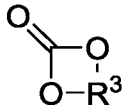
当在电解液中同时加入第一添加剂和第四添加剂时，能够进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。可能的原因是，第四添加剂能够在正极片的表面成膜，减少电解液与正极片的接触，抑制气体产生，从而进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

在一些实施例中，基于所述电解液的总质量，所述磷酸锂类化合物的质量百分含量为0.01%-1%。

[第五添加剂]

在一些实施例中，电解液还包含第五添加剂，第五添加剂包含环状碳酸酯类化合物。

在一些实施例中，环状碳酸酯类化合物包含式（III）表示的化合物；

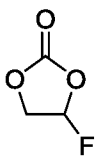
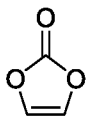
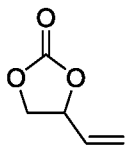
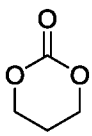
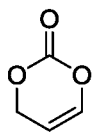

式（III）

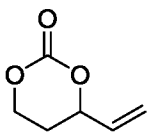
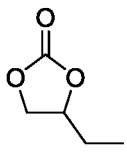
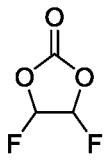
在式（III）中，

R^3选自经取代或未经取代的C_1-C_6亚烷基、经取代或未经取代的C_2-C_6亚烯基中的任意一种，并且，当经取代时，取代基包含卤素、C_1-C_6烷基、C_2-C_6烯基中的至少一种。

式（III）表示环状碳酸酯类化合物能够提高形成于电化学装置的电极片表面的SEI膜的柔性，从而有助于增强对于电极活性物质的保护作用，降低电极活性物质与电解液接触的几率，抑制电化学装置在循环过程中因副产物累积产生而导致的阻抗的增加。

在一些实施例中，式（III）表示的化合物包含式（III-1）至式（III-1）表示的化合物中的至少一种；


（III-1）、 
（III-2）、 
（III-3）、 
（III-4）、 
（III-5）、


（III-6）、 
（III-7）、 
（III-8）。

在一些实施例中，基于所述电解液的总质量，式（III）表示的化合物的质量百分含量为0.01%~30%。在一些实施例中，基于所述电解液的总质量，式（III）表示的化合物的质量百分含量为0.1%~10%。

[第六添加剂]

在一些实施例中，电解液还包含第六添加剂，第六添加剂包含盐类化合物，所述盐类化合物的阴离子选自 BF_4^-、POF_2^-、FSI^-、$TFSI^-$、二氟草酸硼酸根（$DFOB^-$）、二氟双草酸磷酸根（$DFOP^-$）、双草酸硼酸根（BOB^-）中的任意一种，所述盐类化合物的阳离子选自钠离子、钾离子中的任意一种。

在一些实施例中，所述盐类化合物可以单独使用或以混合物使用。

[有机溶剂]

在一些实施例中，电解液还包含有机溶剂。有机溶剂是本领域技术公知的适用于电化学装置的有机溶剂，例如通常使用非水有机溶剂。

在一些实施例中，非水有机溶剂为碳酸酯类、羧酸酯类、醚类、砜类或其他非质子溶剂。在一些实施例中，碳酸酯类非水有机溶剂包含碳酸二甲酯、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、碳酸乙烯酯、碳酸丙烯酯、碳酸丁烯酯中的至少一种。在一些实施例中，羧酸酯类非水有机溶剂包含乙酸乙酯、乙酸正丙酯、乙酸正丁酯、丙酸乙酯、γ-丁内酯、乙酸 2,2-二氟乙酯、戊内酯、丁内酯中的至少一种。在一些实施例中，醚类非水有机溶剂包含乙二醇二甲醚、二乙二醇二甲醚、四乙二醇二甲醚、二丁醚、四氢呋喃、2-甲基四氢呋喃中的至少一种。在一些实施例中，砜类非水有机溶剂包含乙基乙烯基砜、甲基异丙基砜、异丙基仲丁基砜、环丁砜中的至少一种。

非水有机溶剂可以单独使用或以混合物使用，当以混合物使用时，可以根据期望的电化学装置性能控制混合物的比例。

[电解质盐]

在一些实施例中，电解液还包含电解质盐。电解质盐是本领域技术公知的适用于电化学装置的电解质盐，针对不同的电化学装置，可以选用合适的电解质盐。例如对于锂离子电池，电解质盐通常使用锂盐。

在一些实施例中，锂盐包含有机锂盐或无机锂盐中的至少一种。

在一些实施例中，锂盐包含六氟磷酸锂（$LiPF_6$）。

在一些实施例中，基于所述电解液的总体积，所述锂盐中锂的摩尔浓度为0.5-3mol/L。在一些实施例中，基于所述电解液的总体积，所述锂盐中锂的摩尔浓度

为0.5-2mol/L。在一些实施例中，基于所述电解液的总体积，所述锂盐中锂的摩尔浓度为0.8-1.5mol/L。

（电化学装置 ）

本申请的电化学装置例如为一次电池、二次电池、燃料电池、太阳能电池或电容器。二次电池例如为锂二次电池，锂二次电池包含但不限于括锂金属二次电池、锂离子二次电池、锂聚合物二次电池或锂离子聚合物二次电池。

在一些实施例中，电化学装置包含正极片、负极片、隔离膜以及本申请前述的电解液。

[正极片]

正极片是本领域技术公知的可被用于电化学装置的正极片。在一些实施例中，正极片包含正极集流体以及正极活性物质层。正极活性物质层设置于正极集流体的表面上。正极活性物质层包含正极活性物质。

在一些实施例中，正极集流体为金属，金属例如但不限于铝箔。

正极活性物质可选用本领域技术公知的各种可被用作电化学装置的正极活性物质的能够可逆地嵌入、脱嵌活性离子的传统公知的物质。

在一些实施例中，正极活性物质包含锂与钴、锰、镍的金属或其组合的复合氧化物中的至少一种。

在一些实施例中，正极活性物质包含 $LiCoO_2$、$LiNiO_2$、$LiMnO_2$、$LiMn_2O_4$、$Li(Ni_aCo_bMn_c)O_2$ ($0<a<1$，$0<b<1$，$0<c<1$，$a+b+c=1$)、$LiMn_2O_4LiNi_{1-y}Co_yO_2$、$LiCo_{l-y}Mn_yO_2$、$LiNi_{l-y}Mn_yO_2$ ($0<y<1$)、$Li(Ni_aMn_bCo_c)O4$ ($0<a<2$，$0<b<2$，$0<c<2$，$a+b+c=2$)、$LiMn_{2-z}Ni_zO_4$、$LiMn_{2-z}Co_zO_4$ ($0<z<2$)、$Li(Ni_aCo_bAl_c)O_2$ ($0<a<1$，$0<b<1$，$0<c<1$，$a+b+c=1$)、$LiCoPO_4$、$LiFePO_4$ 中的至少一种。

在一些实施例中，正极活性物质包含硫化物、硒化物、卤化物中的至少一种。

在一些实施例中，正极活性物质包括第一颗粒和第二颗粒，第一颗粒与第二颗粒的粒径不同。其中，一次颗粒表示未团聚的颗粒，多个一次颗粒经团聚形成二次颗粒。

在一些实施例中，第一颗粒的平均粒径为0.1μm-1.5μm。

在一些实施例中，第二次颗粒的BET比表面积为0.14 m^2/g-0.95 m^2/g。

在一些实施例中，正极活性物质的Dv50为5.5μm～14.5μm。其中，Dv50表

示颗粒累积分布为50%的粒径。

在一些实施例中，正极活性物质的Dv10小于或等于18μm。其中，Dv10表示颗粒累积分布为10%的粒径。

在一些实施例中，正极活性物质具有包覆层，包覆层包覆于正极活性物质的表面。在一些实施例中，正极活性物质与具有包覆层的正极活性物质混合。在一些实施例中，包覆层中的包覆元素化合物包含包覆元素的氧化物、包覆元素的氢氧化物、包覆元素的羟基氧化物、包覆元素的碳酸氧盐（oxycarbonate）、包覆元素的碱式碳酸盐中的至少一种。在一些实施例中，包覆层中的包覆元素化合物为非晶形态或结晶形态。在一些实施例中，包覆层中的包覆元素包含Mg、Al、Co、K、Na、Ca、Si、Ti、V、Sn、Ge、Ga、B、As、Zr或它们的混合物。通过在包覆元素化合物中使用所述包覆元素，可以以对正极活性物质的性质没有不利影响的任何方法形成包覆层。形成包覆层的方法可以是本领域公知的任何方法，包括但不限于喷涂、浸渍等。

在一些实施例中，正极活性物质层还包含粘结剂和导电材料。粘结剂是本领域公知的可被用作正极活性物质层的粘结剂。在一些实施例中，粘结剂包含聚乙烯醇、羧甲基纤维素、羟丙基纤维素、二乙酰基纤维素、聚氯乙烯、羧化的聚氯乙烯、聚氟乙烯、含亚乙基氧的聚合物、聚乙烯吡咯烷酮、聚氨酯、聚四氟乙烯、聚偏二氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯、丁苯橡胶、丙烯酸(酯)化的丁苯橡胶、环氧树脂、尼龙中的至少一种。粘结剂用于改善正极活性物质颗粒彼此间以及正极活性物质颗粒与集流体之间的粘结性能。导电材料是本领域公知的可被用作正极活性物质层的导电材料。在一些实施例中，导电材料包含天然石墨、人造石墨、炭黑、乙炔黑、科琴黑、碳纤维、金属粉、金属纤维中的至少一种。在一些实施例中，金属粉包含铜、镍、铝、银的金属粉中的至少一种。在一些实施例中，金属纤维包含铜、镍、铝、银的金属纤维中的至少一种。导电材料用于为电极提供导电性。

在一些实施例中，正极片的结构为本领域技术公知的可被用于电化学装置的正极片的结构。

在一些实施例中，正极片的制备方法是本领域技术公知的可被用于电化学装置的正极片的制备方法。在一些实施例中，在正极浆料的制备中，通常加入溶剂，正极活性物质加入粘结剂并根据需要加入导电材料和增稠剂后溶解或分散于溶剂中制成正极浆料。溶剂在干燥过程中挥发去除。溶剂是本领域公知的可被用作正极活性物质层的溶剂，溶剂例如但不限于N-甲基吡咯烷酮（NMP）。

本申请对正极片的压实密度没有特别的限制，可以根据实际需要进行调整。在一些实施例中，正极片的压实密度小于或等于 3.65g/cm^3。

[负极片]

负极片是本领域技术公知的可被用于电化学装置的负极片。在一些实施例中，负极片包含负极集流体以及负极活性物质层。负极活性物质层设置于负极集流体的表面上。负极活性物质层包含负极活性物质。

在一些实施例中，负极集流体金属，例如但不限于铜箔、镍箔、不锈钢箔、钛箔、泡沫镍、泡沫铜、包覆有导电金属的聚合物基板或它们的组合。

负极活性物质可选用本领域技术公知的各种可被用作电化学装置的负极活性物质的能够可逆地嵌入、脱嵌活性离子的传统公知的物质或能够可逆地掺杂、脱掺杂活性离子的传统公知的物质。

在一些实施例中，负极活性物质包含锂金属、锂金属合金、碳材料中的至少一种。在一些实施例中，锂金属合金包含锂与选自 Na、K、Rb、Cs、Fr、Be、Mg、Ca、Sr、Si、Sb、Pb、In、Zn、Ba、Ra、Ge、Al、Sn 的金属的合金。碳材料可选用本领域技术公知的各种可被用作电化学装置的碳基负极活性物质的碳材料。在一些实施例中，碳材料包含结晶碳、非晶碳中的至少一种。在一些实施例中，结晶碳为天然石墨或人造石墨。在一些实施例中，结晶碳的形状为无定形、板形、小片形、球形或纤维形。在一些实施例中，结晶碳为低结晶碳或高结晶碳。在一些实施例中，低结晶碳包含软碳、硬碳中的至少一种。在一些实施例中，高结晶碳包含天然石墨、结晶石墨、热解碳、中间相沥青基碳纤维、中间相碳微珠、中间相沥青、高温锻烧炭中的至少一种。在一些实施例中，高温锻烧炭为石油或衍生自煤焦油沥青的焦炭。在一些实施例中，非晶碳包含软碳、硬碳、中间相沥青碳化产物、烧制焦炭中的至少一种。在一些实施例中，负极活性物质包含过渡金属氧化物。在一些实施例中，过渡金属氧化物包含氧化钒、氧化锂钒中的至少一种。在一些实施例中，负极活性物质包含 Si、SiOx(0<x<2)、Si/C 复合物、Si-Q 合金、Sn、 SnO_z、Sn-C 复合物、Sn-R 合金中的至少一种，其中，Q 选自碱金属、碱土金属、第 13 族至第 16 族元素、过渡元素、稀土元素中的至少一种且 Q 不为 Si，R 选自碱金属、碱土金属、第 13 族至第 16 族元素、过渡元素、稀土元素中的至少一种且 R 不为 Sn。在一些实施例中，Q 和 R 包含 Mg、Ca、Sr、Ba、Ra、Sc、Y、Ti、Zr、Hf、Rf、V、Nb、Ta、Db、Cr、Mo、W、Sg、Tc、Re、Bh、Fe、Pb、Ru、Os、Hs、Rh、Ir、Pd、Pt、Cu、Ag、Au、Zn、Cd、B、Al、

Ga、Sn、In、Tl、Ge、P、As、Sb、Bi、S、Se、Te、Po 中的至少一种。在一些实施例中，SiOx(0<x<2)为多孔性负极活性物质。在一些实施例中，SiOx 粒子的平均粒径(D_{50})为 1-20μm。在一些实施例中，在表面进行测定时，SiOx 粒子中气孔的平均直径为 30-500nm。在一些实施例中，SiOx 粒子的比表面积为 5-50 m^2/g。在一些实施例中，负极活性物质包含 SiOx(0<x<2)以及选自 Li_2SiO_3、Li_4SiO_4 中的至少一种。在一些实施例中，在 Si/C 复合物中，碳（C）不是以块状凝聚并分散在 Si 粒子的内部，而是以原子状态均匀地分散在 Si 粒子内。在一些实施例中，在 Si/C 复合物中，C 与 Si 的摩尔比满足：0<C/Si<18。在一些实施例中，基于 Si/C 复合物的总重量，C 的重量百分含量为 1wt%-50wt%。在一些实施例中，Si/C 复合物粒子的平均粒径为 10-100μm。

在一些实施例中，负极活性物质层还包含粘合剂。粘合剂是本领域公知的可被用作负极活性物质层的粘合剂。在一些实施例中，粘合剂为任何粘合剂聚合物，例如但不限于二氟乙烯一六氟丙烯共聚物(PVDF-co-HFP)，聚偏二氟乙烯、聚丙烯睛、聚甲基丙烯酸甲醋、聚乙烯醇、羧甲基纤维素、羟丙基纤维素、聚氯乙烯、羧化的聚氯乙烯、聚氟乙烯、含亚乙基氧的聚合物、聚乙烯吡咯烷酮、聚氨酯、聚四氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯、丁苯橡胶、丙烯酸(酯)化的丁苯橡胶、环氧树脂、尼龙。粘合剂用于改善负极活性物质颗粒之间以及负极活性物质颗粒与负极集流体之间的粘结性能。

在一些实施例中，负极活性物质层还包含导电材料。导电材料是本领域公知的可被用作负极活性物质层的导电材料。在一些实施例中，导电材料为任何不引起化学变化的导电材料，例如但不限碳基材料、金属基材料、导电聚合物，其中，碳基材料例如但不限于天然石墨、人造石墨、炭黑、乙炔黑、科琴黑、碳纤维，金属基材料例如但不限于铜、镍、铝、银等的金属粉或金属纤维，导电聚合物例如但不限于聚亚苯基衍生物。导电材料用于改善负极片的导电率。

在一些实施例中，负极片的结构为本领域技术公知的可被用于电化学装置的负极片的结构。

在一些实施例中，负极片的制备方法是本领域技术公知的可被用于电化学装置的负极片的制备方法。在一些实施例中，在负极浆料的制备中，通常加入溶剂，负极活性物质加入粘合剂并根据需要加入导电材料和增稠剂后溶解或分散于溶剂中制成负极浆料。溶剂在干燥过程中挥发去除。溶剂是本领域公知的可被用作负极活性物质层的溶剂，溶剂例如但不限于水。增稠剂是本领域公知的可被用作负极活性物

质层的增稠剂，增稠剂例如但不限于羧甲基纤维素钠。

本申请对负极片的压实密度没有特别的限制，可以根据实际需要进行调整。

[隔离膜]

隔离膜是本领域技术公知的可被用于电化学装置的隔离膜，例如但不限于聚烯烃类微多孔膜。在一些实施例中，隔离膜选自聚乙烯（PE）、乙烯-丙烯共聚物、聚丙烯（PP）、乙烯-丁烯共聚物、乙烯-己烯共聚、乙烯-甲基丙烯酸甲酯共聚物中的至少一种。

在一些实施例中，隔离膜为单层隔离膜或多层隔离膜。

在一些实施例中，聚烯烃类微多孔膜上涂覆有涂层。在一些实施例中，涂层包含有机涂层和无机涂层，其中，有机涂层选自聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯共 聚物、聚丙烯腈、聚酰亚胺、丙烯腈-丁二烯共聚物、丙烯腈-苯乙烯-丁二烯 共聚物、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丙烯酸甲酯、聚丙烯酸乙酯、丙烯酸-苯乙烯 共聚物、聚二甲基硅氧烷、聚丙烯酸钠、羧甲基纤维素钠中的至少一种，无机涂层选自 SiO_2、Al_2O_3、CaO、TiO_2、ZnO_2、MgO、ZrO_2 以及 SnO_2 中至少一种。

本申请对隔离膜的形态和厚度没有特别的限制。本申请对隔离膜的孔隙率没有特别的限制，可以根据实际需要进行调整。隔离膜的制备方法是本领域技术公知的可被用于电化学装置的隔离膜的制备方法。

[外包装壳体]

在一些实施例中，电化学装置还包含外包装壳体。外包装壳体是本领域技术公知的可被用于电化学装置并且对于所使用的电解液稳定的外包装壳体，例如但不限于金属类外包装壳体。

（电子装置 ）

本申请的电子装置是任何电子装置，例如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、锂离子电容器。注意的是，本申请的电化学装置除了适用于上述例举的电子装置外，还适用于储能电站、海运运载工具、空运运载工具。空运运载装置包含在大气层内的空运运载装置和大气层外的空运运载装置。

在一些实施例中，电子装置包含本申请前述的电化学装置。

下面结合实施例，进一步阐述本申请。应理解，这些实施例仅用于说明本申请而不用于限制本申请的范围。

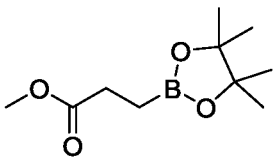
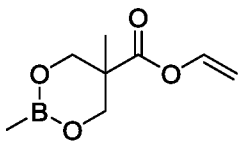
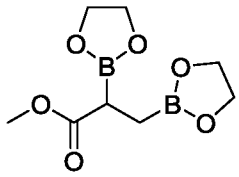
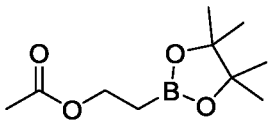
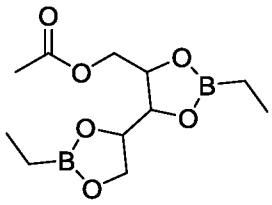
在下述实施例、对比例中，所使用到的试剂、材料以及仪器如没有特殊的说明，均可商购获得或合成获得。

电解液中具体所用到的试剂如下：

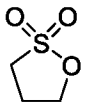
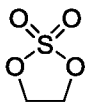
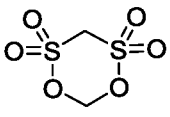
添加剂：

乙酸甲酯、甲基硼酸频哪醇酯；

第一添加剂：

 （I-1）、  （I-11）、  （I-14）、  （I-18）、  （I-20）；

第二添加剂：

 （II-11）、  （II-13）、  （II-15）

第三添加剂：

四氟硼酸锂（$LiBF_4$）、二氟草酸硼酸锂（LiDFOB）；

第四添加剂：

二氟磷酸锂（$LiPO_2F_2$）、四氟草酸磷酸锂（LiTFOP）；

有机溶剂：

碳酸乙烯酯（简写为 EC）；

碳酸丙烯酯（简写为 PC）；

碳酸二乙酯（简写为 DEC）；

锂盐：

六氟磷酸锂（$LiPF_6$）。

实施例 1-56 和对比例 1-9 的锂离子电池均按照下述方法制备

（1）电解液的制备

在含水量<10ppm 的氩气气氛手套箱中，将有机溶剂 EC、PC 和 DEC 按照 3:3:4 的质量比混合均匀，再加入充分干燥的锂盐 $LiPF_6$ 溶解于上述有机溶剂中，最后加入一定质量的添加剂，充分混合后得到锂盐浓度为 1mol/L 的电解液。

（2）正极片的制备

将正极活性物质 NCM811（分子式 $LiNi_{0.8}Mn_{0.1}Co_{0.1}O_2$）、导电剂乙炔黑、粘结剂聚偏二氟乙烯（简写为 PVDF）按重量比 96:2:2 在适量的 N-甲基吡咯烷酮（简写为 NMP）溶剂中充分搅拌混合，使其形成均匀的正极浆料；将此正极浆料涂覆于正极集流体 Al 箔上，烘干、冷压，得到正极片，得到的正极片的压实密度为 3.50 g/cm^3。

（3）隔离膜的制备

以单层聚乙烯（PE）多孔聚合物薄膜作为隔离膜，其厚度为 5 微米，孔隙率为 39%，无机涂层为 Al_2O_3，有机颗粒为聚偏二氟乙烯。

（4）负极片的制备

将负极活性物质石墨、粘结剂丁苯橡胶（简写为 SBR）、增稠剂羧甲基纤维素钠（简写为 CMC）按照重量比 97.4:1.4:1.2 在适量的去离子水溶剂中充分搅拌混合，使其形成均匀的负极浆料；将此负极浆料涂覆于负极集流体 Cu 箔上，烘干、冷压，得到负极片，得到的负极片的压实密度为 1.80 g/cm^3。

（5）锂离子电池的制备

将制得的正极片、隔离膜、负极片按次序层叠，使隔离膜处于正极片和负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，留下注液口，从注液口灌注上述制备的电解液，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。

实施例 1-56 和对比例 1-9 中，所用到的添加剂的种类及含量如表 1、表 2 所示，其中，各添加剂的含量为基于电解液的总质量计算得到的重量百分数。

表 1 对比例 1-5 以及实施例 1-21 中加入的添加剂种类及含量

编号	种类	含量（wt%）	种类	含量（wt%）	种类	含量（wt%）	种类	含量（wt%）
对比例 1	-	-	-	-	-	-	-	-
对比例 2	乙酸甲酯	0.5	-	-	-	-	-	-
对比例 3	甲基硼酸频哪醇酯	0.5	-	-	-	-	-	-
对比例 4	甲基硼酸频哪醇酯+乙酸甲酯	0.5+0.5	-	-	-	-	-	-
对比例 5	-	-	II-11	4	II-13	1	II-15	0.5
实施例 1	I-1	0.1	-	-	-	-	-	-
实施例 2	I-1	0.3	-	-	-	-	-	-
实施例 3	I-1	0.5	-	-	-	-	-	-
实施例 4	I-1	1	-	-	-	-	-	-
实施例 5	I-1	3	-	-	-	-	-	-
实施例 6	I-1	5	-	-	-	-	-	-
实施例 7	I-1	10	-	-	-	-	-	-
实施例 8	I-11	0.5	-	-	-	-	-	-
实施例 9	I-14	0.5	-	-	-	-	-	-
实施例 10	I-18	0.5	-	-	-	-	-	-
实施例 11	I-20	0.5	-	-	-	-	-	-
实施例 12	I-1	0.5	II-11	3	II-13	1	-	-
实施例 13	I-1	0.5	II-11	4	II-13	1	-	-
实施例 14	I-1	0.5	-	-	-	-	II-15	0.5
实施例 15	I-1	0.5	-	-	-	-	II-15	1
实施例 16	I-1	0.5	-	-	-	-	II-15	2
实施例 17	I-1	0.5	II-11	4	II-13	1	II-15	0.5
实施例 18	I-11	0.5	II-11	4	II-13	1	II-15	0.5
实施例 19	I-14	0.5	II-11	4	II-13	1	II-15	0.5
实施例 20	I-18	0.5	II-11	4	II-13	1	II-15	0.5
实施例 21	I-20	0.5	II-11	4	II-13	1	II-15	0.5

表2 对比例6-9以及实施例22-56中加入的添加剂种类及含量

编号	种类	含量（wt%）	种类	含量（wt%）	种类	含量（wt%）	种类	含量（wt%）	种类	含量（wt%）	种类	含量（wt%）	种类	含量（wt%）
对比例6	-	-	-	-	-	-	$LiBF_4$	0.2	-	-	-	-	-	-
对比例7	-	-	-	-	-	-	-	-	LiDFOB	0.5	-	-	-	-
对比例8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
对比例9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			LiTFOP	0.5
实施例22	I-1	0.5	-	-	-	-	$LiBF_4$	0.1	-	-	-	-	-	-
实施例23	I-1	0.5	-	-	-	-	$LiBF_4$	0.2	-	-	-	-	-	-
实施例24	I-1	0.5	-	-	-	-	-	-	LiDFOB	0.1	-	-	-	-
实施例25	I-1	0.5	-	-	-	-	-	-	LiDFOB	0.3	-	-	-	-
实施例26	I-1	0.5	-	-	-	-	-	-	LiDFOB	0.5	-	-	-	-
实施例27	I-1	0.5	-	-	-	-	-	-	LiDFOB	1	-	-	-	-
实施例28	I-11	0.5	-	-	-	-	$LiBF_4$	0.2	-	-	-	-	-	-
实施例29	I-14	0.5	-	-	-	-	$LiBF_4$	0.2	-	-	-	-	-	-
实施例30	I-18	0.5	-	-	-	-	$LiBF_4$	0.2	-	-	-	-	-	-
实施例31	I-20	0.5	-	-	-	-	$LiBF_4$	0.2	-	-	-	-	-	-
实施例32	I-11	0.5	-	-	-	-	-	-	LiDFOB	0.5	-	-	-	-
实施例33	I-14	0.5	-	-	-	-	-	-	LiDFOB	0.5	-	-	-	-
实施例34	I-18	0.5	-	-	-	-	-	-	LiDFOB	0.5	-	-	-	-
实施例35	I-20	0.5	-	-	-	-	-	-	LiDFOB	0.5	-	-	-	-
实施例36	I-1	0.5	II-11	4	II-13	1	-	-	$LiBF_4$	0.2	-	-	-	-
实施例37	I-1	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.2	-	-
实施例38	I-1	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.3	-	-
实施例39	I-1	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例40	I-1	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	LiTFOP	0.5
实施例41	I-11	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例42	I-14	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例43	I-18	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例44	I-20	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例45	I-11	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	LiTFOP	0.5
实施例46	I-14	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	LiTFOP	0.5
实施例47	I-18	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	LiTFOP	0.5
实施例48	I-20	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	LiTFOP	0.5
实施例49	I-1	0.5	II-11	4	II-13	1	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例50	I-1	0.5	II-11	4	-	-	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例51	I-1	0.5	II-11	4	II-13	1	II-15	0.5	-	-	-	-	LiTFOP	0.5
实施例52	I-11	0.5	II-11	4	II-13	1	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例53	I-14	0.5	II-11	4	II-13	1	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例54	I-18	0.5	II-11	4	II-13	1	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例55	I-20	0.5	II-11	4	II-13	1	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-
实施例56	I-1	0.5	II-11	4	II-13	1	-	-	-	-	$LiPO_2F_2$	0.5	-	-

接下来说明锂离子电池的性能测试过程以及测试结果。

（1）循环性能测试

在25℃条件下，将锂离子电池以1C恒流充电至4.25V，再在4.25V条件下恒压充电至0.05C，然后以4C的恒电流放电至2.8V，记录放电容量为D_0；按照上述条件使锂离子电池进行多次“1C充电-4C放电”的循环流程，循环进行800圈，记录第800次循环的放电容量为D。

常温循环后的容量保持率按照下式进行计算：

25℃循环800圈后的容量保持率(%)＝$D/D_0\times100\%$。

（2）高温存储性能测试

在25℃下，将锂离子电池以0.5C恒流充电至4.25V，然后恒压充电至电流为0.05 C，测试此时锂离子电池的厚度并记为d_0；之后将锂离子电池放入85℃烘箱中，6h后取出，测试此时锂离子电池的厚度并记为d。

高温存储6h后的厚度膨胀率按照下式进行计算：

85℃存储6h后的厚度膨胀率(%)＝$(d-d_0)/d_0\times100\%$。

（期间，若锂离子电池的厚度膨胀率超过50%，则暂停并结束测试。）

表3 对比例1-9以及实施例1-56的性能测试结果

编号	25℃循环800圈后的容量保持率（%）	85℃存储24h后的厚度膨胀率（%）
对比例1	无效	大于50%
对比例2	无效	大于50%
对比例3	69.50%	大于50%
对比例4	73.60%	48.20%
对比例5	82.20%	32.90%
对比例6	无效	大于50%
对比例7	无效	42.50%
对比例8	无效	33.60%
对比例9	无效	37.20%
实施例1	83.30%	32.80%
实施例2	86.70%	32.10%
实施例3	89.80%	30.00%
实施例4	91.30%	26.80%
实施例5	85.90%	25.20%
实施例6	82.10%	32.60%
实施例7	53.60%	39.20%
实施例8	89.30%	27.60%
实施例9	88.10%	26.50%
实施例10	89.20%	28.20%

实施例 11	90.10%	25.60%
实施例 12	91.20%	26.20%
实施例 13	91.90%	26.90%
实施例 14	90.30%	27.00%
实施例 15	90.60%	26.60%
实施例 16	90.50%	26.30%
实施例 17	92.50%	26.40%
实施例 18	92.10%	26.60%
实施例 19	91.70%	25.50%
实施例 20	91.90%	21.90%
实施例 21	92.20%	17.60%
实施例 22	90.50%	26.00%
实施例 23	89.70%	24.10%
实施例 24	89.50%	26.80%
实施例 25	90.50%	26.50%
实施例 26	91.20%	25.30%
实施例 27	91.80%	22.50%
实施例 28	89.00%	27.00%
实施例 29	88.90%	26.00%
实施例 30	86.90%	22.90%
实施例 31	90.90%	22.60%
实施例 32	88.90%	24.30%
实施例 33	89.30%	23.60%
实施例 34	90.20%	22.00%
实施例 35	90.70%	21.30%
实施例 36	92.20%	24.50%
实施例 37	90.10%	24.90%
实施例 38	90.50%	23.50%
实施例 39	91.20%	20.90%
实施例 40	90.70%	23.00%
实施例 41	90.50%	22.00%
实施例 42	90.20%	20.50%
实施例 43	89.90%	21.70%
实施例 44	91.70%	19.70%
实施例 45	90.20%	23.10%
实施例 46	89.50%	21.80%
实施例 47	90.60%	22.00%
实施例 48	91.00%	21.50%
实施例 49	92.50%	18.20%
实施例 50	92.00%	19.60%
实施例 51	92.60%	20.10%
实施例 52	91.80%	19.30%
实施例 53	91.50%	17.80%
实施例 54	91.20%	19.00%
实施例 55	92.60%	17.00%
实施例 56	92.30%	15.30%

注：无效表示电池无法循环 800 圈

由表 3 的相关数据分析可知，锂离子电池中加入式（I-A）或式（I-B）表示的化合物时能够具有较好的循环性能和高温存储性能。由表 1 和表 3 的数据可以看到，当仅加入含羧酸酯官能团的化合物，或者仅加入含硼酸酯官能团的化合物，或者同时加入含羧酸酯官能团的化合物和含硼酸酯官能团的化合物时，其改善效果均不如直接加入式（I-A）或式（I-B）表示的化合物，这是由于，在式（I-A）和式（I-B）表示的化合物中，硼酸酯官能团能够在正极表面形成保护膜，同时，由于化合物中还含有羧酸酯官能团，因此，羧酸酯官能团随着硼酸酯官能团在正极表面形成保护膜而能够同步附着在正极表面的保护膜上，从而能够较好地减小膜阻抗，同时，保护膜中的硼酸酯官能团能够提高膜的抗氧化性，减少膜的二次氧化分解。式（I-A）或式（I-B）表示的化合物中的羧酸酯官能团和硼酸酯官能团之间发生了上述相互协同作用，该协同作用能够较好地抑制电化学装置在循环过程中阻抗的增加，改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

根据实施例 1-11 的相关数据分析可知，当式（I-A）或式（I-B）表示的化合物的质量百分含量为 0.3%-3%时，对于锂离子电池的循环性能和高温存储性能的改善效果更佳。

根据对比例 5 和实施例 1-21 的相关数据分析可知，在加入了式（I-A）或式（I-B）表示的化合物的电解液中进一步加入本申请所述的含硫氧双建的化合物时，能够进一步地同时改善锂离子电池的循环性能和高温存储性能，可能的原因是，一方面，含硫氧双建的化合物具有较强的抗氧化能力，在正极材料中不易被氧化，另一方面，在阳极析锂的情况下，含硫氧双建的化合物能够在金属锂表面还原，形成一层保护膜，抑制金属锂与电解液的分解产热，进一步增强对活性材料的保护，从而进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

根据对比例 6、7 和实施例 1-11、22-35 的相关数据分析可知，在加入了式（I-A）或式（I-B）表示的化合物的电解液中进一步加入本申请所述的硼酸锂类化合物时，能够进一步地显著改善锂离子电池的高温存储性能，这是由于，第三添加剂具有较高的热稳定性，当添加于电解液中时，能够在负极片的表面形成含氟的保护膜，减少 FEC 与负极片的反应，抑制气体产生。根据实施例 22-35 的相关数据分析可知，当本申请所述的硼酸锂类化合物的质量百分含量为 0.3%-1%，对于锂离子电池的循环性能和高温存储性能的改善效果更佳。根据对比例 6 和实施例 1-36 的相关数据分析可知，在加入了式（I-A）或式（I-B）表示的化合的电解液中进一步加入本申请所述的含硫氧双建的化合物以及本申请所述的

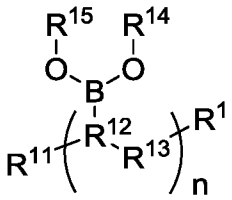
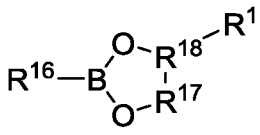
硼酸锂类化合物时，能够进一步地同时改善锂离子电池的循环性能和高温存储性能，说明式（I-A）或式（I-B）表示的化合物和本申请所述的含硫氧双建的化合物以及本申请所述的硼酸锂类化合物在负极表面形成保护膜的同时还能够同时在负极析锂的锂金属表面形成保护膜，增强对负极保护的同时，再与正极的成膜保护协同，可进一步抑制电解液的分解，实现对锂离子电池更好的改善效果。

根据对比例 8、9 和实施例 1-11、37-48 的相关数据分析可知，在加入了式（I-A）或式（I-B）表示的化合物的电解液中进一步加入本申请所述的磷酸锂类化合物时，能够进一步地同时改善锂离子电池的循环性能和高温存储性能，这是由于，第四添加剂能够在正极片的表面成膜，减少电解液与正极片的接触，抑制气体产生。根据对比例 8、9 和和实施例 1-56 的相关数据分析可知，在加入了式（I-A）或式（I-B）表示的化合物的电解液中进一步加入本申请所述的含硫氧双建的化合物以及本申请所述的磷酸锂类化合物时，能够进一步改善锂离子电池的循环性能和高温存储性能；在加入了式（I-A）或式（I-B）表示的化合物的电解液中进一步加入本申请所述的含硫氧双建的化合物以及本申请所述的硼酸锂类化合物、本申请所述的磷酸锂类化合物时，能够进一步改善锂离子电池的循环性能并显著改善锂离子电池的高温存储性能。说明，本申请所述的几种添加剂组合之间能够相互协作以实现对锂离子电池更好的改善效果。

上面详细的说明描述多个示范性实施例，但本文不意欲限制到明确公开的组合。因此，除非另有说明，本文所公开的各种特征可以组合在一起而形成出于简明目的而未示出的多个另外组合。

权 利 要 求 书

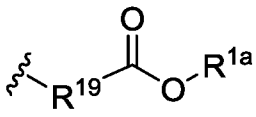
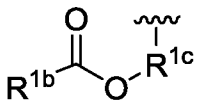
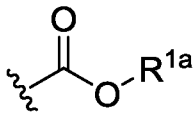
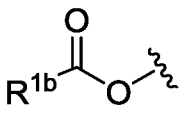
1. 一种电解液，其中，所述电解液包括化合物 A，所述化合物 A 包括式（I-A）和式（I-B）表示的化合物中的至少一种；


式（I-A）、

式（I-B）

在式（I-A）和式（I-B）中，

n 选自 1-6 的整数；

R^1 选自式（I-C）、式（I-D）、式（I-E）、式（I-F）表示的结构式中的任意一种，


式（I-C）、

式（I-D）、

式（I-E）、

式（I-F）

表示与相邻原子的结合位点；

R^{11} 选自氢、经取代或未经取代的 C_1-C_{10} 烷基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 烯基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 炔基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 连烯基、经取代或未经取代的 C_6-C_{10} 芳基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 脂环烃基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 杂环基、经取代或未经取代的含杂原子的官能团，并且，当经取代时，取代基为卤素；

R^{17}、R^{19}、R^{1c} 各自独立地选自经取代或未经取代的 C_1-C_{10} 亚烷基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 亚烯基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 亚炔基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 亚连烯基、经取代或未经取代的 C_6-C_{10} 亚芳基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 亚脂环烃基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 亚杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素；

R^{14}、R^{15}、R^{16}、R^{1a}、R^{1b} 各自独立地选自经取代或未经取代的 C_1-C_{10} 烷基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 烯基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 炔基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 连烯基、经取代或未经取代的 C_6-C_{10} 芳基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 脂环烃基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素，其中，R^{14} 和 R^{15} 之间可以键合而形成环结构；

R^{18} 选自经取代或未经取代的 C_1-C_{10} 次烷基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 次烯基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 次连烯基、经取代或未经取代的 C_6-C_{10} 次芳基、经取代或未经取代 C_3-C_{10} 次脂环烃基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 次杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素；

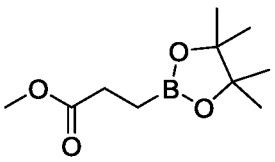
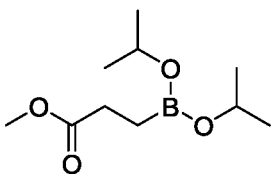
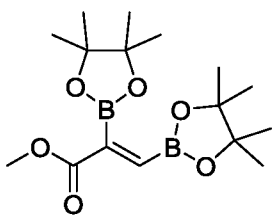
R^{12} 选自经取代或未经取代的 C_1-C_{10} 次烷基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 次烯基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 次连烯基、经取代或未经取代的 C_6-C_{10} 次芳基、经取代或未经取代 C_3-C_{10} 次脂环烃基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 次杂环基，并且，当经取代时，取代基为卤素；

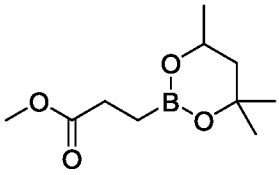
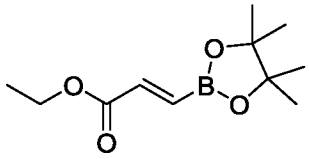
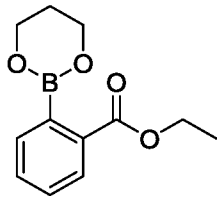
R^{13} 选自共价单键、经取代或未经取代的 C_1-C_{10} 亚烷基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 亚烯基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 亚炔基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 亚连烯基、经取代或未经取代的 C_6-C_{10} 亚芳基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 亚脂环烃基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 亚杂环基、经取代或未经取代的含杂原子的官能团，并且，当经取代时，取代基为卤素；

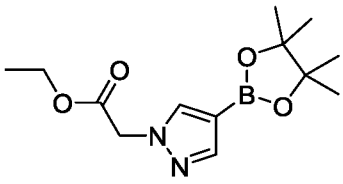
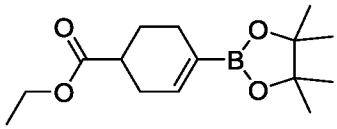
所述杂原子包括 B、N、O、Si、P、S 中的至少一种。

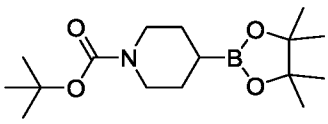
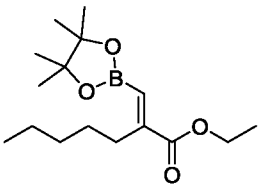
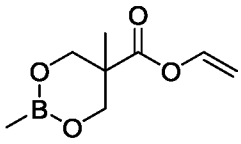
2. 根据权利要求 1 所述的电解液，其中，

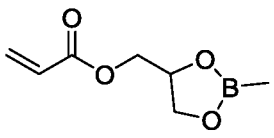
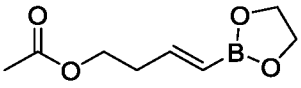
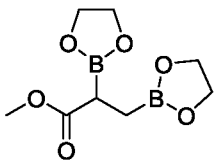
所述化合物 A 包括式（I-1）至式（I-20）表示的化合物中的至少一种；

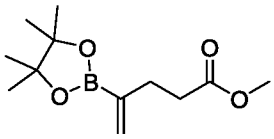
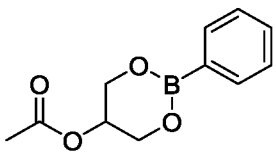
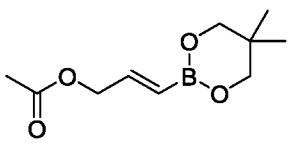

（I-1）、

（I-2）、

（I-3）、

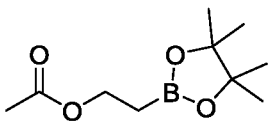
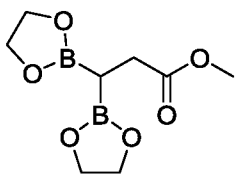
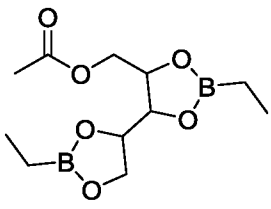

（I-4）、 
（I-5）、 
（I-6）、


（I-7）、 
（I-8）、


（I-9）、 
（I-10）、 
（I-11）、


（I-12）、 
（I-13）、 
（I-14）、

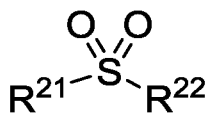
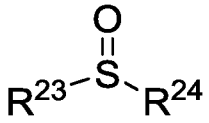

（I-15）、 
（I-16）、 
（I-17）、


（I-18）、 
（I-19）； 
（I-20）。

3. 根据权利要求 1 所述的电解液，其中，

基于所述电解液的总质量，所述化合物 A 的质量百分含量为 0.01%-10%。

4. 根据权利要求 1 所述的电解液，其中，还包括含硫氧双建的化合物，所述含硫氧双建的化合物包括式（II-A）和式（II-B）表示的化合物中的至少一种；

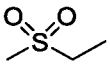
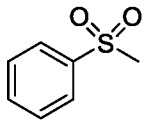
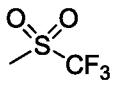
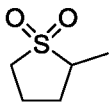

式（II-A）、

式（II-B）

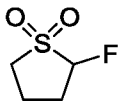
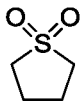
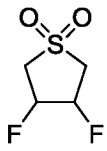
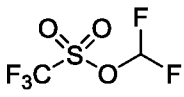
在式（II-A）和式（II-B）中，

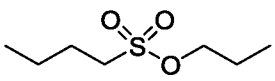
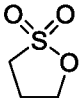
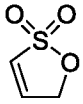
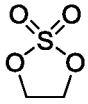
R^{21}、R^{22}、R^{23} 和 R^{24} 各自独立地选自经取代或未经取代的 C_1-C_5 烷基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 烯基、经取代或未经取代的 C_2-C_{10} 炔基、经取代或未经取代的 C_3-C_{10} 脂环烃基、经取代或未经取代的 C_6-C_{10} 芳基、经取代或未经取代的 C_2-C_6 杂环基中的任意一种，并且，当经取代时，取代基包括卤素和含杂原子的官能团中的至少一种，其中， R^{21} 和 R^{22} 之间可以键合而形成环结构，R^{23} 和 R^{24} 之间可以键合而形成环结构；

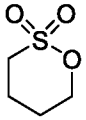
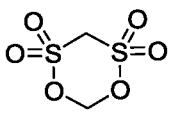
所述杂原子包括 B、N、O、Si、P、S 中的至少一种。

5. 根据权利要求 4 所述的电解液，其中，所述含硫氧双建的化合物包括式（II-1）至式（II-15）表示的化合物中的至少一种；

（II-1）、

（II-2）、

（II-3）、

（II-4）、

（II-5）、


（II-6）、

（II-7）、

（II-8）、

（II-9）、


（II-10）、

（II-11）、

（II-12）、

（II-13）、


（II-14）、

（II-15）。

6. 根据权利要求 4 所述的电解液，其中，基于所述电解液的总质量，所述含硫氧双建的化合物的质量百分含量为 0.01%-10%。

7. 根据权利要求 1 所述的电解液，其中，还包括硼酸锂类化合物，所述硼酸锂类化合物包括四氟硼酸锂、二草酸硼酸锂、二氟草酸硼酸锂中的至少一种；

基于所述电解液的总质量，所述硼酸锂类化合物的质量百分含量为 0.01%-1%。

8. 根据权利要求 1 所述的电解液，其中，还包括磷酸锂类化合物，所述磷酸锂类化合物包括二氟磷酸锂、二氟双草酸磷酸锂、四氟草酸磷酸锂中的至少一种；

基于所述电解液的总质量，所述磷酸锂类化合物的质量百分含量为 0.01%-1%。

9. 一种电化学装置，包括正极片、负极片、隔离膜以及根据权利要求 1-8 中任一项所述的电解液。

10.一种电子装置，包括根据权利要求 9 所述的电化学装置。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/117118

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 10/0567(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; JPABS; JPTXT; VEN; EPTXT; USTXT; WOTXT; CNKI; STN: 电解液, 硼, 硼酸, 硼酸盐, 羧酸, 酯, electrolyte, boron, boric acid, borate, carboxylic acid, ester

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2015090785 A (TOYOTA INDUSTRIES CORP.) 11 May 2015 (2015-05-11) description, paragraphs 5-57	1-3, 7, 9-10
Y	JP 2015090785 A (TOYOTA INDUSTRIES CORP.) 11 May 2015 (2015-05-11) description, paragraphs 5-57	4-6, 8
Y	CN 110061176 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 26 July 2019 (2019-07-26) description paragraphs 55-132	4-6, 8
A	CN 110085911 A (ZHUHAI GUANYU BATTERY CO., LTD.) 02 August 2019 (2019-08-02) entire document	1-10
A	JP 2020077542 A (TOYOTA INDUSTRIES CORP.) 21 May 2020 (2020-05-21) entire document	1-10

☐ 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
"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
09 June 2021	**01 July 2021**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088** **China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/117118

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2015090785 A	11 May 2015	None	
CN 110061176 A	26 July 2019	WO 2020224316 A1	12 November 2020
		CN 110061176 B	15 January 2021
CN 110085911 A	02 August 2019	None	
JP 2020077542 A	21 May 2020	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2020/117118

A. 主题的分类

H01M 10/0567(2010.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNABS;CNTXT;JPABS;JPTXT;VEN;EPTXT;USTXT;WOTXT;CNKI;STN：电解液，硼，硼酸，硼酸盐，羧酸，酯，electrolyte, boron, boric acid, borate, carboxylic acid, ester

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	JP 2015090785 A (TOYOTA IND CORP) 2015年 5月 11日 (2015-05-11) 说明书第5-57段	1-3，7，9-10
Y	JP 2015090785 A (TOYOTA IND CORP) 2015年 5月 11日 (2015-05-11) 说明书第5-57段	4-6，8
Y	CN 110061176 A (宁德新能源科技有限公司) 2019年 7月 26日 (2019-07-26) 说明书第55-132段	4-6，8
A	CN 110085911 A (珠海冠宇电池有限公司) 2019年 8月 2日 (2019-08-02) 全文	1-10
A	JP 2020077542 A (TOYOTA IND CORP) 2020年 5月 21日 (2020-05-21) 全文	1-10

☐ 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

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2021年 6月 9日	2021年 7月 1日
ISA/CN的名称和邮寄地址 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 传真号 (86-10)62019451	受权官员 梁曼 电话号码 86-(20)-28950885

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/117118

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)
JP	2015090785	A	2015年 5月 11日	无			
CN	110061176	A	2019年 7月 26日	WO	2020224316	A1	2020年 11月 12日
				CN	110061176	B	2021年 1月 15日
CN	110085911	A	2019年 8月 2日	无			
JP	2020077542	A	2020年 5月 21日	无			