(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2024 年 10 月 31 日 (31.10.2024)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2024/221900 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 50/449 (2021.01) *H01M 50/457* (2021.01)
H01M 10/056 (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/134693

(22) 国际申请日: 2023 年 11 月 28 日 (28.11.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310473685.0 2023年4月27日 (27.04.2023) CN

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

(72) 发明人:宋少康**(SONG, Shaokang)**; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。薛文文**(XUE, Wenwen)**; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。刘成勇**(LIU, Chengyong)**; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。何晓宁**(HE, Xiaoning)**; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(74) 代理人: 北京励诚知识产权代理有限公司**(BEIJING LISENG INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.)**; 中国北京市海淀区阜成路73号裕惠大厦B座807, Beijing 100142 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) Title: SEPARATOR FILM, PREPARATION METHOD THEREFOR, BATTERY, AND ELECTRICAL APPARATUS

(54) 发明名称: 隔离膜及其制备方法、电池和用电装置

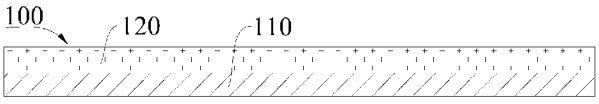


图 1

(57) Abstract: Disclosed in the present application are a separator film, a preparation method therefor, a battery and an electrical apparatus. The separator film comprises: a first substrate and a middle layer located on at least one side surface of the first substrate. The porosity of the separator film at a first temperature is a, and the porosity of the separator film at a second temperature is b, the first temperature being -20 ℃~100 ℃, 40% ≤ a ≤ 70%, the second temperature being not lower than 120℃, and b≤2%.

(57) 摘要: 本申请公开了隔离膜及其制备方法、电池和用电装置。所述隔离膜包括：第一基材，以及位于所述第一基材至少一侧表面的中间层，所述隔离膜在第一温度下的孔隙率为a，所述隔离膜在第二温度下的孔隙率为b，所述第一温度为-20℃～100℃，40%≤a≤70%，所述第二温度不低于120℃，b≤2%。

WO 2024/221900 A1

隔离膜及其制备方法、电池和用电装置

相关申请的交叉引用

本申请要求于 2023 年 4 月 27 日提交的申请号为 202310473685.0 的中国专利申请的优先权权益，并将其全部引入本文。

技术领域

本申请涉及电池技术领域，具体地，涉及隔离膜及其制备方法、电池和用电装置。

背景技术

在电池结构中，隔离膜是关键的内层结构之一，隔离膜起到隔离正极和负极的作用，防止正极和负极接触短路，在电池使用过程中，隔离膜还需要起到传导离子的作用。目前的隔离膜在较高温度下的稳定性较差，导致电池存在热失控风险。

因此，目前的隔离膜及其制备方法、电池和用电装置仍有待改进。

发明内容

本申请旨在至少一定程度上缓解或解决上述提及问题中的至少一个。

在本申请的一方面，本申请提出了一种隔离膜。在本申请的一些实施例中，所述隔离膜包括：第一基材，以及位于所述第一基材至少一侧的中间层，所述隔离膜在第一温度下的孔隙率为a，所述隔离膜在第二温度下的孔隙率为b，所述第一温度为-20℃~100℃，40%≤a≤70%，所述第二温度不低于120℃，b≤2%。由此，隔离膜在较低温度下具有较高的孔隙率，有利于离子通过；在较高温度下，隔离膜的孔隙率显著降低，隔离膜孔道阻塞，可以至少在一定程度上隔绝离子传导，从而缓解较高温度下正负离子交换而产生的持续升温，进而降低电池热失控的概率。

在本申请的一些实施例中，第三温度为-20℃~120℃，在所述第三温度下，所述中间层包括第一单体，所述第一单体满足以下条件的至少一种：所述第一单体的分子中含有环状结构，所述环状结构的原子数小于等于7，所述环状结构上具有第一官能团；所述第一单体的分子量不低于90；所述第一单体的聚合温度不低于120℃。由此，第一单体在较低温度下较难发生聚合反应，可以使隔离膜保持较高的孔隙率，有利于离子的传导。

在本申请的一些实施例中，基于所述隔离膜的总质量，所述第一单体的质量含量为0.1wt%-20wt%。由此，隔离膜中含有适量的第一单体，在较高温度下第一单体发生聚合，可以显著降低隔离膜的孔隙率，从而提高隔离膜的热稳定性。

在本申请的一些实施例中，所述中间层进一步包括无机填料，所述无机填料满足以下条件中的至少一种：所述无机填料包括惰性无机填料，所述惰性无机填料包括二氧化硅、二氧化钛、氧化锌、氧化锆、氧化镁、氧化钡、三氧化二铝、钛酸钡和氢氧化镁中的至少一种；所述无机填料包括活性无机填料，所述活性无机填料包括石榴石型固态电解质、钙钛矿型固态电解质、反钙钛矿型固态电解质、钠超离子导体型固态电解质和锂磷氮氧型固态电解质中的至少一种；所述无机填料的表面具有第二官能团，所述第二官能团包括氨基、环氧基、碳碳双键、醛基、羟基、糠酯基、酰亚胺基和异腈酸酯基中的至少一种。由此，无机填料可以降低隔离膜的热收缩率、提高隔离膜的抗刺穿能力，从而有利于进一步提高隔离膜的性能。

在本申请的一些实施例中，基于所述隔离膜的总质量，所述无机填料的质量含量为1wt%-20wt%。由此，上述含量的无机填料可以显著提高隔离膜的热收缩率和抗刺穿能力，并且，不会对离子的传导造成明显的不利影响。

在本申请的一些实施例中，所述中间层进一步包括寡聚物，所述寡聚物含有稳定自由基，所述寡聚物满足以下条件中的至少之一：所述寡聚物是由2-20个重复单元所组成的聚合物；所述寡聚物的分子量为200-10000；所述稳定自由基包括三苯甲基、硝基和氮氧化物自由基中的至少一种。由此，寡聚物含有的稳定自由基可以在较高温度下与第一单体反应，使第一单体更快聚合，从而降低较高温度下隔离膜的孔隙率。

在本申请的一些实施例中，所述氮氧化物自由基包括4-羟基-2,2,6,6-四甲基哌啶-N-氧单体、聚-2,2,6,6-四甲基哌啶-4-甲基丙烯酸酯-1-氮氧自由基和2,2,6,6-四甲基-哌啶氮氧自由基中的至少一种。

在本申请的一些实施例中，所述寡聚物包括聚噻吩基苯氧基聚合物、芳基甲基自由基聚合物、氮氧自由基官能化聚丙烯胺树枝状聚合物、共轭自由基聚合物、梳状氮氧自由基聚合物、聚乙烯胺负载的氮氧自由基聚合物和聚乙烯胺负载的硝基自由基聚合物中的至少一种。

在本申请的一些实施例中，基于所述隔离膜的总质量，所述寡聚物的质量含量为0.1wt%-10%wt。由此，在较高温度下，寡聚物可以使第一单体快速聚合，快速降低隔离膜的孔隙率。

在本申请的一些实施例中，所述隔离膜进一步包括第二基材，所述第二基材位于所述中间层远离所述第一基材的一侧。由此，第二基材可以与第一基材配合，将中间层包覆起来，形成结构稳定的膜层。

在本申请的一些实施例中，所述第一基材和所述第二基材各自独立地包括聚酰胺、聚酰胺酰亚胺、聚酮、聚砜、聚苯硫醚、聚苯醚、聚偏二氟乙烯、聚四氟乙烯、聚氯乙烯、

聚烯烃、全氟烷氧基烷烃、聚酯、液晶聚合物、聚甲醛、丙烯腈苯乙烯丙烯酸酯、苯乙烯丙烯腈、丙烯腈丁二烯苯乙烯、聚苯并咪唑、聚对苯撑共聚物、聚丙烯腈、聚乙烯亚胺、乙烯四氟乙烯、聚氯三氟乙烯、芳纶、聚醚酰亚胺、聚对苯撑苯并二噁唑和纤维素中的至少一种。由此，第一基材和第二基材均具有良好的电子绝缘性能，可以较好的隔离正极和负极，具有良好的离子传导性能，可以在充放电过程中传导离子；并且，具有一定的机械强度，可以在一定程度上抵抗枝晶刺穿。

在本申请的另一方面，本申请提出了一种制备前面所述的隔离膜的方法。在本申请的一些实施例中，制备前面所述的隔离膜的方法包括：提供第一基材；制备中间层前驱液，所述中间层前驱液包括电解液和第一单体；将所述中间层前驱液涂覆在所述第一基材的至少一侧表面，形成中间层前驱液涂覆层，加热处理，得到隔离膜。由此，制备得到的隔离膜具有前面所述的隔离膜所具有的全部特征以及优点，在此不再赘述；该方法操作简便，易实现，有利于提高产品良率。

在本申请的一些实施例中，在所述加热处理之前，制备前面所述的隔离膜的方法进一步包括：在所述中间层前驱液涂覆层远离所述第一基材的一侧设置第二基材。由此，第二基材可以与第一基材配合，起到固定中间层前驱液涂覆层的作用。

在本申请的一些实施例中，所述中间层前驱液进一步包括无机填料、寡聚物、第二单体和引发剂中的至少一种。由此，无机填料具有较好的热稳定性，有利于提高隔离膜的热稳定性；寡聚物可以在较高温度下与第一单体反应，快速降低隔离膜的孔隙率；第二单体可以在较低温度下固化；引发剂可以引发中间层前驱液中部分组分的微交联固化，使中间层前驱液涂覆层快速形成中间层。

在本申请的一些实施例中，制备前面所述的隔离膜的方法满足以下条件中的至少之一：所述电解液包括碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯和双氟磺酰亚胺锂盐；所述第二单体包括季戊四醇三丙烯酸酯；所述加热处理的温度为60℃-70℃；所述加热处理的时间为1h-20h。由此，电解液可以起到传导锂离子的作用；加热处理的温度或时间设置在上述范围内，可以使中间层前驱液中的部分组分发生微交联固化，得到性能优异的隔离膜。

在本申请的又一方面，本申请提出了一种电池。在本申请的一些实施例中，所述电池包括正极极片、负极极片，以及位于所述正极极片和所述负极极片之间的隔离件，所述隔离件包括前面所述的隔离膜。由此，该电池具有前面所述的隔离膜所具有的全部特征以及优点，在此不再赘述。总的来说，该电池具有良好的热稳定性，热失控的概率较低。

在本申请的又一方面，本申请提出了一种用电装置。在本申请的一些实施例中，所述用电装置包括前面所述的电池。由此，该用电装置具有前面所述的电池所具有的全部特征以及优点，在此不再赘述。

附图说明

本申请的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 显示了根据本申请一个实施例的隔离膜的结构示意图；

图 2 显示了根据本申请另一个实施例的隔离膜的结构示意图；

图 3 显示了根据本申请又一个实施例的隔离膜的结构示意图；

图 4 显示了根据本申请又一个实施例的隔离膜的结构示意图；

图 5 显示了根据本申请一个实施例的电池的结构示意图；

图 6 显示了图 5 中电池的爆炸图；

图 7 显示了根据本申请一个实施例的电池模块的结构示意图；

图 8 显示了根据本申请一个实施例的电池包的结构示意图；

图 9 显示了图 8 中电池包的爆炸图；

图 10 显示了根据本申请一个实施例的电池用作电源的用电装置的结构示意图。

附图标记说明：

100：隔离膜；110：第一基材；120：中间层；130：第二基材；1：电池包；2：上箱体；3：下箱体；4：电池模块；5：电池；51：壳体；52：电极组件；53：盖板。

具体实施方式

下面详细描述本申请的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本申请，而不能理解为对本申请的限制。

在本文中提及“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是，本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

为了简明，本文仅具体地公开了一些数值范围。然而，任意下限可以与任意上限组合形成未明确记载的范围；以及任意下限可以与其它下限组合形成未明确记载的范围，同样任意上限可以与任意其它上限组合形成未明确记载的范围。此外，每个单独公开的点或单个数值自身可以作为下限或上限与任意其它点或单个数值组合或与其它下限或上限组合形成未明确记载的范围。

除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同；本文中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本申请；本申请的说明书和权利要求书及上述附图说明中的术语“包括”和“具有”以及它们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。

在电池结构中，隔离膜起到隔离正负极以及传导离子的作用，在较高的温度下，隔离膜如果继续传导离子，则可能会由于高温下正负离子交换产生持续升温的问题，导致电池可能出现热失控的风险。通过在隔离膜基材的一侧设置中间层，使得隔离膜在较低的温度下具有较高的孔隙率，充放电过程中可以较好的传导离子，另外，使得隔离膜在较高的温度下孔隙率较低，可以阻碍高温下离子的传导，从而缓解高温下正负离子交换产生的持续升温问题，进而降低电池热失控的风险。

通常情况下，隔离膜可以应用于液态电解质电池或半固态电解质电池中，例如，隔离膜可以应用于液态电解质锂离子电池、半固态电解质锂离子电池等中。

本申请实施例公开的电池可以用于使用电池作为电源的用电装置或者使用电池作为储能元件的各种储能系统。用电装置可以为但不限于手机、平板、笔记本电脑、电动玩具、电动工具、电瓶车、电动汽车、轮船、航天器等等。其中，电动玩具可以包括固定式或移动式的电动玩具，例如，游戏机、电动汽车玩具、电动轮船玩具和电动飞机玩具等等，航天器可以包括飞机、火箭、航天飞机和宇宙飞船等等。

在本申请的一方面，本申请提出了一种隔离膜。在本申请的一些实施例中，参考图1至图4，隔离膜100可以包括第一基材110以及位于第一基材110至少一侧的中间层120。其中，隔离膜100在第一温度下的孔隙率为a，隔离膜100在第二温度下的孔隙率为b，第一温度可以为-20℃~100℃，40%≤a≤70%，例如，第一温度可以为-20℃、-10℃、-5℃、0℃、10℃、30℃、50℃、80℃、100℃等，a可以为40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%等，第二温度可以不低于120℃，b≤2%，例如，第二温度可以为120℃、130℃、150℃、170℃等，b可以为0.2%、0.5%、1%、1.5%、1.8%、2%等。

本文中，术语“孔隙率”是指隔离膜中孔隙的总体积占隔离膜在自然状态下的总体积的百分比。在较低的温度下，隔离膜具有较大的孔隙率，隔离膜在充放电过程中可以起到较好的离子传导作用；在较高的温度下，中间层中的部分组分会发生聚合反应，使隔离膜的孔隙率降低，电池的内阻增大，可以至少在一定程度上隔绝离子传导，从而有效缓解甚至解决较高温度下正负离子交换产生的持续升温问题，进而降低电池热失控的概率，有利于提高电池的热稳定性。

在本申请的一些实施例中，参考图1和图3，隔离膜100中，第一基材110的一侧表面可以设置有中间层120。在本申请的另一些实施例中，参考图2和图4，隔离膜100中，第一基材110的两个表面可以均设置有中间层120。

在本申请的一些实施例中，参考图3和图4，隔离膜100可以进一步包括第二基材130，第二基材130位于中间层120远离第一基材110的一侧。由此，第二基材可以与第一基材配合，将中间层牢固包覆起来，从而有利于提高隔离膜的结构稳定性。

在本申请的一些实施例中，参考图3，隔离膜100包括依次层叠设置的第一基材110、中间层120和第二基材130。在本申请的另一些实施例中，参考图4，第一基材110的两个表面均设置有中间层120，在每个中间层120远离第一基材110的表面上均设置有第二基材130。

在本申请的一些实施例中，第一基材110和第二基材130可以各自独立地包括聚酰胺（PA）、聚酰胺酰亚胺（PAI）、聚酮、聚砜（PSU）、聚苯硫醚（PPS）、聚苯醚（PPE）、聚偏二氟乙烯（PVDF）、聚四氟乙烯（PTFE）、聚氯乙烯（PVC）、聚烯烃、全氟烷氧基烷烃（PFA）、聚酯、液晶聚合物（LCP）、聚甲醛（POM）、丙烯腈苯乙烯丙烯酸酯（ASA）、苯乙烯丙烯腈（SAN）、丙烯腈丁二烯苯乙烯（ABS）、聚苯并咪唑（PBI）、聚对苯撑共聚物（PPP）、聚丙烯腈、聚乙烯亚胺、乙烯四氟乙烯（ETFE）、聚氯三氟乙烯（PCTFE）、芳纶、聚醚酰亚胺（PEI）、聚对苯撑苯并二噁唑和纤维素等中的至少一种。在本申请的一些实施例中，第一基材110和第二基材130可以各自独立地由上述材料中的一种构成；在本申请的一些实施例中，第一基材110和第二基材130可以各自独立地由上述材料中的两种或更多种构成。上述材料作为基材，具有一定的强度，可以为中间层提供较好的支撑作用；上述材料均具有良好的电子绝缘性能以及良好的离子传导性能，可以起到隔绝正极和负极的作用以及传导离子的作用。

需要说明的是，聚对苯撑共聚物可以包括聚对苯撑乙炔类共聚物、聚对苯撑乙烯类共聚物等中的至少之一。

在本申请的一些实施例中，第一基材和第二基材可以各自独立地包括聚酮，例如，聚醚酮（PEK）、聚醚醚酮（PEEK）、聚醚酮醚酮酮（PEKEKK）等。

在本申请的一些实施例中，第一基材和第二基材可以各自独立地包括聚酰胺，例如，聚酰胺46（PA46）、聚酰胺66（PA66）、聚酰胺12（PA12）、聚酰胺11（PA11）、聚酰胺6（PA6）、聚酰胺6.6（PA6.6）、聚酰胺6.6/6（PA6.6/6）、无定形聚酰胺（PA6-3-T）、聚邻苯二甲酰胺（PPA）等。

在本申请的一些实施例中，第一基材和第二基材可以各自独立地包括聚砜，例如，聚苯砜（PPSU）、聚醚砜（PES）等。

在本申请的一些实施例中，第一基材和第二基材可以各自独立地包括聚酯，例如，聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚碳酸酯（PC）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）等。

在本申请的一些实施例中，第一基材和第二基材可以各自独立地包括聚烯烃，例如，聚丙烯（PP）、聚乙烯（PE）、高密度聚乙烯（HDPE）、聚甲基戊烯（PMP）等。

在本申请的一些实施例中，第一基材和第二基材可以各自独立地包括芳纶，例如，噻吩基芳纶、吡咯基芳纶、呋喃基芳纶等。

在本申请的一些实施例中，第一基材和第二基材可以各自独立地包括聚酰亚胺、聚丙烯、芳纶、噻吩基芳纶、吡咯基芳纶、呋喃基芳纶、吡啶基聚酰胺、聚酰胺酰亚胺、聚醚酰亚胺、聚砜、聚酮、聚对苯撑苯并二噁唑和纤维素中的至少一种，上述材料具有较好的耐高温收缩性能，在较高温度下收缩率较小，可以降低较高温度下正极和负极短路的风险。

在本申请的一些实施例中，中间层可以包括第一单体。

“单体”是指能够与同种或他种分子聚合的小分子。

在本申请的一些实施例中，第一单体的分子中可以含有环状结构，环状结构的原子数小于等于7，环状结构上具有第一官能团，由此，第一单体具有较大的位阻，第一单体反应活性较低，在较低温度下不易发生聚合反应，不易阻塞隔离膜的孔隙。

根据本申请的一些实施例，第一官能团可以包括但不限于碳氧双键、烃基官能团（例如，甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、乙烯基、丙烯基等）、羧基、醚键、羰基等。

根据本申请的一些具体实施例，第一单体可以包括马来酸酐，马来酸酐的分子中含有环状结构，马来酸酐中环状结构的原子数是5，环状结构上具有第一官能团碳氧双键，该单体具有较大的位阻，反应活性较低，在较低温度下不易发生聚合反应。

需要说明的是，环状结构上的第一官能团不包括仅由构成环的原子形成的官能团，例如，马来酸酐中的碳碳双键、碳氧单键不属于马来酸酐环状结构上的第一官能团。

本文中，“位阻”指的是分子内部基团在空间排布造成的相互排斥作用。前述单体具有较大的位阻，对该单体的反应活性影响较大。

在本申请的一些实施例中，第一单体分子的环状结构中可以含有氮原子、氧原子等杂原子中的至少一种。

在本申请的一些实施例中，第一单体的分子量不低于90，由此，第一单体具有较大的分子量，第一单体混合物较为粘稠，不易聚合。

在本申请的一些实施例中，第一单体的聚合温度不低于120℃，由此，第一单体在较低温度下不易发生聚合反应，有利于离子的传导。

在本申请的一些实施例中，基于隔离膜的总质量，第一单体的质量含量可以为0.1wt%-20wt%，例如，第一单体的质量含量可以为0.1wt%、0.5wt%、1wt%、5wt%、10wt%、15wt%、20wt%等，由此，隔离膜中含有适量的第一单体，第一单体在较低温度下不易阻塞隔离膜的孔隙，隔离膜在较低温度下具有较好的离子传导性能；在较高温度下第一单体会发生聚合反应，阻塞孔隙，使隔离膜的孔隙率下降，隔绝离子传导，从而缓解高温下正负离子交换而产生的持续升温问题，降低电池热失控的概率。

在本申请的一些实施例中，中间层可以进一步包括无机填料。无机填料具有较好的强度，有利于提高隔离膜的抗刺穿能力；无机填料具有较好的热稳定性，有利于降低隔离膜的热收缩率，从而提高隔离膜的热稳定性。

在本申请的一些实施例中，无机填料可以包括惰性无机填料和/或活性无机填料，其中，惰性无机填料包括二氧化硅、二氧化钛、氧化锌、氧化锆、氧化镁、氧化钡、三氧化二铝、钛酸钡和氢氧化镁中的至少一种；活性无机填料包括石榴石型固态电解质、钙钛矿型固态电解质、反钙钛矿型固态电解质、钠超离子导体（NASICON）型固态电解质和锂磷氮氧（LiPON）型固态电解质中的至少一种。上述无机填料可以具有较好的热稳定性，可以至少在一定程度上提高隔离膜的热稳定性，并且，上述无机填料具有较高的强度，可以提高隔离膜的抗刺穿能力；上述活性无机填料还可以促进充放电过程中的离子传导。

在本申请的一些实施例中，无机填料的表面具有第二官能团，无机填料表面的第二官能团可以包括氨基、环氧基、碳碳双键、醛基、羟基、糠酯基、酰亚胺基和异腈酸酯基中的至少一种。由此，无机填料表面的上述第二官能团可以在较高温度下发生自聚合反应或者与第一单体反应，从而阻塞隔离膜中的孔隙，降低较高温度下隔离膜的孔隙率，从而降低正负离子的传导，进而缓解高温下正负离子交换而产生的持续升温问题，降低电池热失控的概率。

在本申请的一些实施例中，基于隔离膜的总质量，无机填料的质量含量可以为1wt%-20wt%，例如，无机填料的质量含量可以为1wt%、5wt%、10wt%、15wt%、20wt%等，上述含量的无机填料可以至少在一定程度上提高隔离膜的热稳定性和抗刺穿能力。

在本申请的一些实施例中，中间层进一步包括寡聚物，寡聚物含有稳定自由基。由此，寡聚物的稳定自由基可以在较高温度下与第一单体反应，使第一单体更快聚合，阻塞隔离膜的孔隙，从而隔绝离子的传导，缓解较高温度下正负离子交换产生的持续升温问题。

在本申请的一些实施例中，寡聚物是由2-20个重复单元所组成的聚合物，由此，寡聚物在较低的温度下不易阻塞孔隙，对较低温度下离子的传导没有明显的不良影响。

在本申请的一些实施例中，寡聚物的分子量为200-10000，由此，寡聚物的分子量较低，在较低温度下，寡聚物不易阻塞孔隙。

在本申请的一些实施例中，稳定自由基可以包括三苯甲基、硝基和氮氧化物自由基等中的至少一种，上述稳定自由基在较高温度下可以与第一单体反应，使第一单体更快聚合，从而快速阻塞隔离膜的孔隙。

在本申请的一些实施例中，氮氧化物自由基可以包括4-羟基-2,2,6,6-四甲基哌啶-N-氧单体、聚-2,2,6,6-四甲基哌啶-4-甲基丙烯酸酯-1-氮氧自由基和2,2,6,6-四甲基-哌啶氮氧自由基中的至少一种，由此，在较高温度下，上述自由基可以促进第一单体更快聚合，阻塞孔隙。

在本申请的一些实施例中，寡聚物可以包括聚噻吩基苯氧基聚合物、芳基甲基自由基聚合物、氮氧自由基官能化聚丙烯胺树枝状聚合物、共轭自由基聚合物、梳状氮氧自由基聚合物、聚乙烯胺负载的氮氧自由基聚合物和聚乙烯胺负载的硝基自由基聚合物中的至少一种。在较高温度下，上述寡聚物均可以与第一单体反应，促进第一单体快速聚合，从而快速降低隔离膜的孔隙率，隔绝离子的传导。

在本申请的一些实施例中，基于隔离膜的总质量，寡聚物的质量含量可以为0.1wt%-10%wt，例如，寡聚物的质量含量可以为0.1wt%、0.5wt%、1wt%、5wt%、10%wt等，由此，隔离膜中含有适量的寡聚物，可以在较高温度下促进第一单体的聚合，快速阻塞孔隙，减少离子的传导；在较低温度下，上述含量的寡聚物对离子的传导没有明显不良影响。

在本申请的另一方面，本申请提出了一种制备前面所述的隔离膜的方法。在本申请的一些实施例中，制备前面所述的隔离膜的方法可以包括以下步骤：

S100：提供第一基材。

关于第一基材的具体材料，已在前面进行了详细说明，在此不再赘述。

S200：制备中间层前驱液。

在本申请的一些实施例中，制备中间层前驱液，其中，中间层前驱液可以包括电解液和第一单体。

在本申请的一些实施例中，电解液可以包括碳酸酯，例如，碳酸乙酯（EC）、碳酸二乙酯（DEC）、碳酸二甲酯（DMC）、碳酸丙烯酯（PC）、碳酸甲乙酯（EMC）等，上述电解液可以在中间层中承担离子传导功能。

在本申请的一些实施例中，电解液还可以包括氟代碳酸乙烯酯，电解液中添加氟代碳酸乙烯酯，可以提高SEI膜（固态电解质膜）的性能，可以至少在一定程度上阻止电解液进一步分解，从而提高电解液的性能。

在本申请的一些实施例中，电解液还可以包括锂盐，例如双氟磺酰亚胺锂盐、六氟磷锂等。

在本申请的一些具体实施例中，电解液可以包括碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯和双氟磺酰亚胺锂盐，上述电解液可以在中间层中起到良好的传导离子的功能。

关于第一单体的分子结构、分子量、聚合温度等特征，均已在前面进行了详细说明，在此不再赘述。

S300：将中间层前驱液涂覆在第一基材的至少一侧表面，形成中间层前驱液涂覆层，加热处理，得到隔离膜。

在本申请的一些实施例中，中间层前驱液可以涂覆在第一基材的一侧表面。在本申请的另一些实施例中，中间层前驱液可以涂覆在第一基材的两个表面。

将中间层前驱液涂覆在第一基材的表面后，部分中间层前驱液会渗入第一基材的孔隙中，加热处理过程中，中间层前驱液会发生部分微交联固化，电解液微凝胶化，形成中间层。

在本申请的一些实施例中，加热处理的温度可以为60℃-70℃，例如，加热处理的温度可以为60℃、63℃、65℃、68℃、70℃等，在上述温度下，中间层前驱液可以发生部分微交联固化，从而得到具有微交联结构的隔离膜。

在本申请的一些实施例中，加热处理的时间可以为1h-20h，例如，加热处理的时间可以为1h、3h、5h、8h、10h、12h、15h、20h等，由此，在上述时间范围内，中间层前驱液可以发生部分微交联固化，不易发生过量的交联反应。

在本申请的一些实施例中，在加热处理之前，制备前面所述的隔离膜的方法可以进一步包括：在中间层前驱液涂覆层远离第一基材的一侧表面设置第二基材。由此，第二基材可以与第一基材配合，对中间层前驱液涂覆层进行更好的包覆和固定，在加热处理后可以得到整体结合更为牢固的膜材。

在本申请的一些实施例中，中间层前驱液可以进一步包括无机填料、寡聚物、第二单体和引发剂中的至少一种。添加无机填料可以提高制备得到的隔离膜的热稳定性；添加寡聚物可以使得制备得到的隔离膜在较高温度下的孔隙率快速降低，从而提高隔离膜的热稳定性；第二单体可以在较低温度下固化，在加热处理过程中，即可固化，有利于形成微交联结构；引发剂可以在加热处理过程中引发中间层前驱液发生部分微交联固化，从而使得加热处理后得到微交联固化的中间层。

关于无机填料、寡聚物的具体材料，均已在前面进行了详细说明，在此不再赘述。

在本申请的一些实施例中，第二单体可以包括季戊四醇三丙烯酸酯等，在加热处理过程中，第二单体可以发生交联固化，有利于得到微交联结构的隔离膜。

利用上述方法制备得到的隔离膜，在较低温度下，孔隙率较高，有利于离子的传导；在较高温度下，隔离膜的孔隙率显著下降，孔隙阻塞，离子较难通过，从而可以有效缓解

较高温度下正负离子交换而产生的持续升温问题，进而降低电池热失控的概率；上述方法操作简便，易实现，有利于提高产品的良率，并且，便于大规模生产。

在本申请的又一方面，本申请提出了一种电池。在本申请的一些实施例中，该电池包括正极极片、负极极片以及位于正极极片和负极极片之间的隔离件，所述隔离件包括前面所述的隔离膜。由此，该电池具有前面所述的隔离膜所具有的全部特征以及优点，在此不再赘述。总的来说，该电池具有良好的热稳定性，热失控的概率较低。

作为示例，本申请对电池的形状没有特别的限制，其可以是圆柱形、方形或其他任意的形状。例如，图5是作为一个示例的方形结构的电池5。具体地，参照图6，电池5的外包装可包括壳体51和盖板53。其中，壳体51可包括底板和连接于底板上的侧板，底板和侧板围合形成容纳腔。壳体51具有与容纳腔连通的开口，盖板53能够盖设于开口，以封闭容纳腔。

作为示例，正极极片、负极极片和隔离膜可经卷绕工艺或叠片工艺形成电极组件52。电极组件52封装于容纳腔内，电解质填充电极组件52的内部空间。电池5所含电极组件52的数量可以为一个或多个，本领域技术人员可根据具体实际需求进行选择。

作为示例，电池可以组装成电池模块，电池模块所含电池的数量可以为一个或多个，具体数量本领域技术人员可根据电池模块的应用和容量进行选择。图7是作为一个示例的电池模块4。参照图7，在电池模块4中，多个电池5可以是沿电池模块4的长度方向依次排列设置。当然，也可以按照其他任意的方式进行排布。进一步可以通过紧固件将该多个电池5进行固定。电池模块4还可以包括具有容纳空间的外壳，多个电池5容纳于该容纳空间。

作为示例，上述电池模块还可以组装成电池包，电池包所含电池模块的数量可以为一个或多个，具体数量本领域技术人员可根据电池包的应用和容量进行选择。图8和图9是作为一个示例的电池包1。参照图8和图9，在电池包1中可以包括电池箱和设置于电池箱中的多个电池模块4。电池箱包括上箱体2和下箱体3，上箱体2能够盖设于下箱体3，并形成用于容纳电池模块4的封闭空间。多个电池模块4可以按照任意的方式排布于电池箱中。

在本申请的一些实施例中，该电池可以为锂离子电池，正极极片的正极活性材料可以包括磷酸铁锂、镍钴锰三元材料、钴酸锂、锰酸锂、镍酸锂、钒酸锂等中的一种或多种。

在本申请的一些实施例中，负极极片的负极活性材料可以包括石墨、硅基负极材料、中间相碳微球、硬碳、软碳等中的一种或多种。

在本申请的一些实施例中，正极极片和负极极片中可以包括导电剂和粘结剂，其中，正极极片中的导电剂和负极极片中的导电剂可以各自独立地包括碳纳米管、碳黑、碳纤维、石墨烯等中的一种或多种，正极极片中的粘结剂和负极极片中的粘结剂可以各自独立地包

括聚乙烯醇、聚氨酯、聚丙烯酸酯、聚偏二氟乙烯、丁腈橡胶、环氧树脂、醋酸乙烯树脂、氯化橡胶等中的一种或多种。

在本申请的又一方面，本申请提出了一种用电装置。在本申请的一些实施例中，该用电装置包括前面所述的电池。由此，该用电装置具有前面所述的电池所具有的全部特征以及优点，在此不再赘述。

电池、电池模块或电池包可以用作用电装置的电源，也可以用作用电装置的能量存储单元。用电装置可以包括移动设备（例如手机、笔记本电脑等）、电动车辆（例如纯电动车、混合动力电动车、插电式混合动力电动车、电动自行车、电动踏板车、电动高尔夫球车、电动卡车等）、电气列车、船舶及卫星、储能系统等，但不限于此。用电装置可以根据其使用需求来选择电池、电池模块或电池包。

作为示例，图 10 是作为一个示例的用电装置。该用电装置为纯电动车、混合动力电动车、或插电式混合动力电动车等。为了满足该用电装置对电池的高功率和高能量密度的需求，可以采用电池包或电池模块。

作为示例，用电装置还可以是手机、平板电脑、笔记本电脑等。该装置通常要求轻薄化，可以采用电池作为电源。

下面通过具体的实施例对本申请进行说明，本领域技术人员能够理解的是，下面的具体实施例仅仅是为了说明的目的，而不以任何方式限制本申请的范围。另外，在下面的实施例中，除非特别说明，所采用的材料和设备均是市售可得的。如果在后面的实施例中，未对具体的处理条件和处理方法进行明确描述，则可以采用本领域中公知的条件和方法进行处理。

实施例 1

提供第一基材，第一基材的材料为聚酰亚胺，第一基材的厚度为8微米；在电解液（碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯、双氟磺酰亚胺锂盐的质量比为3:2:1）中加入马来酸酐单体（第一单体）、第二单体季戊四醇三丙烯酸酯和引发剂偶氮二异丁腈，其中，电解液、马来酸酐单体、季戊四醇三丙烯酸酯、偶氮二异丁腈的质量比为70:20:10:0.2，常温下搅拌6h，混合均匀，得到中间层前驱液；将中间层前驱液涂覆在第一基材的一侧表面，形成厚度为3微米的中间层前驱液涂覆层，在中间层前驱液涂覆层远离第一基材的一侧表面贴合第二基材，第二基材的材料为聚酰亚胺，第二基材的厚度为8微米，加热处理，加热处理的温度为70℃，保温时间为10h，得到隔离膜。

加热处理过程中，中间层前驱液中的部分组分微交联固化（主要为季戊四醇三丙烯酸酯的固化），电解液微凝胶化，得到的隔离膜的中间层具有微交联结构，微凝胶化的电解液可以承担离子传导功能。

隔离膜中，第一单体的质量含量为10wt%。

实施例 2

提供第一基材，第一基材的材料为聚酰亚胺，第一基材的厚度为 8 微米，在电解液（碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯、双氟磺酰亚胺锂盐的质量比为 3:2:1）中加入马来酸酐单体（第一单体）、表面含有碳碳双键官能团的无机填料 SiO_2 和聚噻吩基苯氧基聚合物（寡聚物），其中，电解液、马来酸酐单体、无机填料 SiO_2 和聚噻吩基苯氧基聚合物的质量比为 70:15:15:1.5，常温下搅拌 6h，混合均匀，得到中间层前驱液；将中间层前驱液涂覆在第一基材的一侧表面，形成厚度为 5 微米的中间层前驱液涂覆层，在中间层前驱液涂覆层远离第一基材的一侧表面贴合第二基材，第二基材的材料为聚酰亚胺，第二基材的厚度为 8 微米，加热处理，加热处理的温度为 70℃，保温时间为 10h，得到隔离膜。

隔离膜中，第一单体的质量含量为 10wt%，无机填料的质量含量为 10wt%，寡聚物的质量含量为 1wt%。

实施例 3

提供第一基材，第一基材的材料为聚酰亚胺，第一基材的厚度为 8 微米；在电解液（碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯、双氟磺酰亚胺锂盐的质量比为 3:2:1）中加入马来酸酐单体（第一单体）、第二单体季戊四醇三丙烯酸酯和引发剂偶氮二异丁腈，其中，电解液、马来酸酐单体、季戊四醇三丙烯酸酯、偶氮二异丁腈的质量比为 80:10:10:0.2，常温下搅拌 6h，混合均匀，得到中间层前驱液；将中间层前驱液涂覆在第一基材的一侧表面，形成厚度为 3 微米的中间层前驱液涂覆层，在中间层前驱液涂覆层远离第一基材的一侧表面贴合第二基材，第二基材的材料为聚酰亚胺，第二基材的厚度为 8 微米，加热处理，加热处理的温度为 70℃，保温时间为 10h，得到隔离膜。

加热处理过程中，中间层前驱液中的部分组分微交联固化（主要为季戊四醇三丙烯酸酯的固化），电解液微凝胶化，得到的隔离膜的中间层具有微交联结构，微凝胶化的电解液可以承担离子传导功能。

隔离膜中，第一单体的质量含量为 5wt%。

实施例 4

提供第一基材，第一基材的材料为聚酰亚胺，第一基材的厚度为 8 微米；在电解液（碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯、双氟磺酰亚胺锂盐的质量比为 3:2:1）中加入马来酸酐单体（第一单体）、第二单体季戊四醇三丙烯酸酯和引发剂偶氮二异丁腈，其中，电解液、马来酸酐单体、季戊四醇三丙烯酸酯、偶氮二异丁腈的质量比为 60:30:10:0.2，常温下搅拌 6h，混合均匀，得到中间层前驱液；将中间层前驱液涂覆在第一基材的一侧表面，形成厚度为 3 微米的中间层前驱液涂覆层，在中间层前驱液涂覆层远离第一基材的一侧表面贴合第二基

材，第二基材的材料为聚酰亚胺，第二基材的厚度为 8 微米，加热处理，加热处理的温度为 70℃，保温时间为 10h，得到隔离膜。

加热处理过程中，中间层前驱液中的部分组分微交联固化（主要为季戊四醇三丙烯酸酯的固化），电解液微凝胶化，得到的隔离膜的中间层具有微交联结构，微凝胶化的电解液可以承担离子传导功能。

隔离膜中，第一单体的质量含量为 15wt%。

实施例 5

提供第一基材，第一基材的材料为聚酰亚胺，第一基材的厚度为 8 微米；在电解液（碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯、双氟磺酰亚胺锂盐的质量比为 3:2:1）中加入马来酸酐单体（第一单体）、第二单体季戊四醇三丙烯酸酯和引发剂偶氮二异丁腈，其中，电解液、马来酸酐单体、季戊四醇三丙烯酸酯、偶氮二异丁腈的质量比为 50:40:10:0.2，常温下搅拌 6h，混合均匀，得到中间层前驱液；将中间层前驱液涂覆在第一基材的一侧表面，形成厚度为 3 微米的中间层前驱液涂覆层，在中间层前驱液涂覆层远离第一基材的一侧表面贴合第二基材，第二基材的材料为聚酰亚胺，第二基材的厚度为 8 微米，加热处理，加热处理的温度为 70℃，保温时间为 10h，得到隔离膜。

加热处理过程中，中间层前驱液中的部分组分微交联固化（主要为季戊四醇三丙烯酸酯的固化），电解液微凝胶化，得到的隔离膜的中间层具有微交联结构，微凝胶化的电解液可以承担离子传导功能。

隔离膜中，第一单体的质量含量为 20wt%。

实施例 6

与实施例 1 不同的是，加热处理的温度为 60℃，保温时间为 20h。其余参数和步骤与实施例 1 相同。

实施例 7

与实施例 1 不同的是，马来酸酐单体替换为 2-氯马来酸酐单体。隔离膜中，2-氯马来酸酐单体的质量含量为 10wt%。其余参数和步骤与实施例 1 相同。

实施例 8

与实施例 2 不同的是，加热处理的温度为 60℃。其余参数和步骤与实施例 2 相同。

实施例 9

与实施例 2 不同的是，在电解液（碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯、双氟磺酰亚胺锂盐的质量比为 3:2:1）中加入了马来酸酐单体和表面含有碳碳双键官能团的无机填料 SiO_2，未添加寡聚物，其中，电解液、马来酸酐单体（第一单体）和无机填料 SiO_2 的质量比为 62.5:15:22.5。隔离膜中，第一单体的质量含量为 10wt%，无机填料的质量含量为 15wt%。

其余参数和步骤与实施例 2 相同。

实施例 10

与实施例 2 不同的是，在电解液（碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯、双氟磺酰亚胺锂盐的质量比为 3:2:1）中加入了马来酸酐单体和聚噻吩基苯氧基聚合物，未添加无机填料，其中，电解液、马来酸酐单体（第一单体）和聚噻吩基苯氧基聚合物（寡聚物）的质量比为 85:15:1.5，中间层前驱液涂覆层的厚度为 3 微米。隔离膜中，第一单体的质量含量为 10wt%，寡聚物的质量含量为 1wt%。其余参数和步骤与实施例 2 相同。

实施例 11

与实施例 2 不同的是，电解液、马来酸酐单体（第一单体）、无机填料 SiO_2 和聚噻吩基苯氧基聚合物（寡聚物）的质量比为 55:15:30:1.5，中间层前驱液涂覆层的厚度为 6 微米。隔离膜中，第一单体的质量含量为 10wt%，无机填料的质量含量为 20wt%，寡聚物的质量含量为 1wt%。其余参数和步骤与实施例 2 相同。

实施例 12

与实施例 2 不同的是，电解液、马来酸酐单体（第一单体）、无机填料 SiO_2 和聚噻吩基苯氧基聚合物（寡聚物）的质量比为 83.5:15:1.5:1.5，中间层前驱液涂覆层的厚度为 4 微米。隔离膜中，第一单体的质量含量为 10wt%，无机填料的质量含量为 1wt%，寡聚物的质量含量为 1wt%。其余参数和步骤与实施例 2 相同。

实施例 13

与实施例 2 不同的是，电解液、马来酸酐单体（第一单体）、无机填料 SiO_2 和聚噻吩基苯氧基聚合物(寡聚物)的质量比为70:15:15:15。隔离膜中，第一单体的质量含量为10wt%，无机填料的质量含量为 10wt%，寡聚物的质量含量为 10wt%。其余参数和步骤与实施例 2 相同。

实施例 14

与实施例 2 不同的是，电解液、马来酸酐单体（第一单体）、无机填料 SiO_2 和聚噻吩基苯氧基聚合物（寡聚物）的质量比为 70:15:15:0.15。隔离膜中，第一单体的质量含量为 10wt%，无机填料的质量含量为 10wt%，寡聚物的质量含量为 0.1wt%。其余参数和步骤与实施例 2 相同。

对比例 1

与实施例 1 不同的是，电解液中未添加马来酸酐，电解液、季戊四醇三丙烯酸酯、偶氮二异丁腈的质量比为 90:10:0.2。隔离膜中，第一单体的质量含量为 0。其余参数和步骤与实施例 1 相同。

对比例 2

由一个聚酰亚胺基材形成隔离膜，厚度为 13 微米。

电池的制备：

正极极片制备：将正极活性材料 NCM811（正极活性材料中，镍、钴、锰的摩尔比为 8:1:1）、粘结剂聚偏二氟乙烯（PVDF）、导电剂（乙炔黑）加入一定量的 N-甲基吡咯烷酮（NMP）中，正极活性材料：粘结剂：导电剂的质量比例为 9:0.5:0.5，在干燥房中搅拌制成均匀的正极浆料，控制粘度为 3000mPa·S-10000mPa·S，在铝箔上涂覆上述正极浆料，经过烘干处理得到正极极片。对正极极片进行压实处理，正极极片的压实密度为 3.4g/cm^3。

负极极片制备：将负极活性材料石墨、羧甲基纤维素钠（CMC）、丁苯橡胶（SBR）、导电剂（碳纤维）加入一定量的去离子水中，石墨：羧甲基纤维素钠：丁苯橡胶：导电剂的质量比例为 9:0.3:0.2:0.5，搅拌制成均匀的负极浆料，控制粘度为 3000mPa·S-10000mPa·S，在铜箔上涂覆上述负极浆料，经过烘干处理得到负极极片。对负极极片进行压实处理，负极极片的压实密度为 1.5g/cm^3。

将制备好的正极极片、负极极片和隔离膜（实施例 1-14 或对比例 1-2 中的隔离膜）按照 Z 字型叠片结构制成相应电芯，将电芯在 90℃的环境下真空烘干 12h，随后进行正负极极耳超声焊接，正极采用铝极耳，负极采用镍极耳，正负极极耳位于电芯同侧，将极耳焊接后的电芯装入合适尺寸的铝塑膜中进行顶侧封封装，顶侧封温度为 145℃，注液（电池的电解液由碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯和双氟磺酰亚胺锂盐组成，碳酸甲乙酯：氟代碳酸乙烯酯：双氟磺酰亚胺锂盐的质量比为 3:2:1），静置，化成，老化，排气，二封，容量测试即可得到制备好的软包叠片电池。

测试各实施例和对比例的隔离膜中第一单体、无机填料、寡聚物的质量含量，各实施例和对比例的隔离膜在不同温度下的孔隙率以及电池的热失控数据，并将测试结果记录于表 1 中。

隔离膜中各组分的质量含量测试方法：

将隔离膜的初始总质量记为 A。

隔离膜中电解液的质量含量测试：采用抽真空的方法，隔离膜在 40℃，真空度-0.1Mpa 下，保持 20h 后，剩余质量记为 B，则（A-B）/A 的比值记为电解液的质量含量。

隔离膜中无机填料的质量含量测试方法：将隔离膜燃烧（空气气氛下，温度不低于 800 摄氏度的环境下）后的质量记为 C，则 C/A 的比值记为无机填料的质量含量。

第一单体、寡聚物的质量含量测试方法：将隔离膜上的中间层刮下来，然后对刮下来的物质采用高效液相色谱法测定第一单体和寡聚物的质量，分别记为 D 和 E。则 D/A 与 E/A 的比值分别记为第一单体的质量含量和寡聚物的质量含量。

将隔离膜上的中间层刮下来，剩余为隔离膜基材，其质量记为 F。

第二单体的质量含量：（A-B-C-D-E-F）/A 的比值记为第二单体的质量含量。

隔离膜孔隙率的具体测试方法可参照 GB/T 21650.2-2008《压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度第 2 部分：气体吸附法分析介孔和大孔》。

电池热失控测试方法：热箱测试：将电池放在高温箱中，高温箱以 1℃/min 的速率升温，120℃开始，每 5℃保温 30min，直到电池失效（失效标准为起火或者爆炸）。若电池在 A 温度下未失效则视为通过 A 温度热箱测试，则该电池热箱温度大于 A 温度。

表 1 隔离膜中各组分的质量含量、隔离膜孔隙率及电池热失控测试结果

	隔离膜中第一单体的质量含量（wt%）	隔离膜中无机填料的质量含量（wt%）	隔离膜中寡聚物的质量含量（wt%）	中间层前驱液涂覆层的厚度（μm）	加热处理的温度（℃）	加热处理的时间（h）	25℃下隔离膜的孔隙率（%）	140℃下隔离膜的孔隙率（%）	电池热失控测试结果（热箱温度）
实施例 1	10	0	0	3	70	10	45	1.5	大于 150℃
实施例 2	10	10	1	5	70	10	60	1.2	大于 170℃
实施例 3	5	0	0	3	70	10	45	1.7	大于 140℃
实施例 4	15	0	0	3	70	10	45	1.4	大于 160℃
实施例 5	20	0	0	3	70	10	45	1.35	大于 165℃
实施例 6	10	0	0	3	60	20	47	1.5	大于 150℃
实施例 7	10	0	0	3	70	10	45	1.65	大于 140℃
实施例 8	10	10	1	5	60	10	65	1.2	大于 170℃
实施例 9	10	15	0	5	70	10	56	1.3	大于 165℃
实施例 10	10	0	1	3	70	10	55	1.35	大于 160℃
实施例 11	10	20	1	6	70	10	62	1.15	大于 175℃
实施例 12	10	1	1	4	70	10	50	1.3	大于 165℃
实施例 13	10	10	10	5	70	10	62	1.15	大于 175℃
实施例 14	10	10	0.1	5	70	10	52	1.3	大于 165℃
对比例 1	0	0	0	3	70	10	42	38	大于 130℃
对比例 2	0	0	0	3	70	10	70	65	大于 120℃

通过表 1 可以看出，实施例 1-14 中，隔离膜的中间层中具有第一单体，在较低温度下，隔离膜具有较高的孔隙率，在较高温度下，隔离膜中的第一单体聚合，从而阻塞隔离膜的孔隙，使隔离膜的孔隙率显著降低，从而抑制高温下离子的传导，缓解较高温度下正负离

子交换产生的持续升温问题。而对比例 1 和 2 中，由于没有添加第一单体，隔离膜在第一温度和第二温度下的孔隙率相差较小，在较高的第二温度下，隔离膜的孔隙率较高，电池热失控测试的热箱温度均较低。

实施例 1、实施例 3-5 相比，可以看出，在一定范围内，隔离膜中第一单体的含量越高，在较高温度下隔离膜的孔隙率越低，电池热失控测试的热箱温度越高。

实施例 2、实施例 13 和实施例 14 相比，隔离膜中寡聚物的含量越高，第一温度下的孔隙率越高，第二温度下的孔隙率越低，电池热失控测试的热箱温度越高。

实施例 11 和实施例 12 相比，隔离膜中无机填料的含量越高，第一温度下的孔隙率越高，第二温度下的孔隙率越低，电池热失控测试的热箱温度越高。

实施例 1 和实施例 6 相比，实施例 6 中加热处理温度较低，隔离膜在第一温度下的孔隙率较高。实施例 2 和实施例 8 相比，实施例 8 中加热温度较低，隔离膜在第一温度下的孔隙率较高。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“另一个实施例”、“一些实施例”、“另一些实施例”等的描述意指结合该实施例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。另外，需要说明的是，本说明书中，术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。

尽管上面已经示出和描述了本申请的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本申请的限制，本领域的普通技术人员在本申请的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1.一种隔离膜，其中，包括：第一基材，以及位于所述第一基材至少一侧的中间层，所述隔离膜在第一温度下的孔隙率为a，所述隔离膜在第二温度下的孔隙率为b，所述第一温度为-20℃~100℃，40%≤a≤70%，所述第二温度不低于120℃，b≤2%。

2.根据权利要求1所述的隔离膜，其中，第三温度为-20℃~120℃，在所述第三温度下，所述中间层包括第一单体，所述第一单体满足以下条件的至少一种：

所述第一单体的分子中含有环状结构，所述环状结构的原子数小于等于7，所述环状结构上具有第一官能团；

所述第一单体的分子量不低于90；

所述第一单体的聚合温度不低于120℃。

3.根据权利要求2所述的隔离膜，其中，基于所述隔离膜的总质量，所述第一单体的质量含量为0.1wt%-20wt%。

4.根据权利要求2或3所述的隔离膜，其中，所述中间层进一步包括无机填料，所述无机填料满足以下条件中的至少一种：

所述无机填料包括惰性无机填料，所述惰性无机填料包括二氧化硅、二氧化钛、氧化锌、氧化锆、氧化镁、氧化钡、三氧化二铝、钛酸钡和氢氧化镁中的至少一种；

所述无机填料包括活性无机填料，所述活性无机填料包括石榴石型固态电解质、钙钛矿型固态电解质、反钙钛矿型固态电解质、钠超离子导体型固态电解质和锂磷氮氧型固态电解质中的至少一种；

所述无机填料的表面具有第二官能团，所述第二官能团包括氨基、环氧基、碳碳双键、醛基、羟基、糠酯基、酰亚胺基和异腈酸酯基中的至少一种。

5.根据权利要求4所述的隔离膜，其中，基于所述隔离膜的总质量，所述无机填料的质量含量为1wt%-20wt%。

6.根据权利要求2-5中任一项所述的隔离膜，其中，所述中间层进一步包括寡聚物，所述寡聚物含有稳定自由基，所述寡聚物满足以下条件中的至少之一：

所述寡聚物是由2-20个重复单元所组成的聚合物；

所述寡聚物的分子量为200-10000；

所述稳定自由基包括三苯甲基、硝基和氮氧化物自由基中的至少一种。

7.根据权利要求6所述的隔离膜，其中，所述氮氧化物自由基包括4-羟基-2,2,6,6-四甲基哌啶-N-氧单体、聚-2,2,6,6-四甲基哌啶-4-甲基丙烯酸酯-1-氮氧自由基和2,2,6,6-四甲基-哌啶氮氧自由基中的至少一种。

8.根据权利要求6或7所述的隔离膜，其中，所述寡聚物包括聚噻吩基苯氧基聚合物、芳基甲基自由基聚合物、氮氧自由基官能化聚丙烯胺树枝状聚合物、共轭自由基聚合物、梳状氮氧自由基聚合物、聚乙烯胺负载的氮氧自由基聚合物和聚乙烯胺负载的硝基自由基聚合物中的至少一种。

9.根据权利要求6-8中任一项所述的隔离膜，其中，基于所述隔离膜的总质量，所述寡聚物的质量含量为0.1wt%-10%wt。

10.根据权利要求1-9中任一项所述的隔离膜，其中，进一步包括第二基材，所述第二基材位于所述中间层远离所述第一基材的一侧。

11.根据权利要求10所述的隔离膜，其中，所述第一基材和所述第二基材各自独立地包括聚酰胺、聚酰胺酰亚胺、聚酮、聚砜、聚苯硫醚、聚苯醚、聚偏二氟乙烯、聚四氟乙烯、聚氯乙烯、聚烯烃、全氟烷氧基烷烃、聚酯、液晶聚合物、聚甲醛、丙烯腈苯乙烯丙烯酸酯、苯乙烯丙烯腈、丙烯腈丁二烯苯乙烯、聚苯并咪唑、聚对苯撑共聚物、聚丙烯腈、聚乙烯亚胺、乙烯四氟乙烯、聚氯三氟乙烯、芳纶、聚醚酰亚胺、聚对苯撑苯并二噁唑和纤维素中的至少一种。

12.一种制备权利要求1-11中任一项所述的隔离膜的方法，其中，包括：

提供第一基材；

制备中间层前驱液，所述中间层前驱液包括电解液和第一单体；

将所述中间层前驱液涂覆在所述第一基材的至少一侧表面，形成中间层前驱液涂覆层，加热处理，得到隔离膜。

13.根据权利要求12所述的方法，其中，在所述加热处理之前进一步包括：在所述中间层前驱液涂覆层远离所述第一基材的一侧设置第二基材。

14.根据权利要求12或13所述的方法，其中，所述中间层前驱液进一步包括无机填料、寡聚物、第二单体和引发剂中的至少一种。

15.根据权利要求14所述的方法，其中，满足以下条件中的至少之一：

所述电解液包括碳酸甲乙酯、氟代碳酸乙烯酯和双氟磺酰亚胺锂盐；

所述第二单体包括季戊四醇三丙烯酸酯；

所述加热处理的温度为60℃-70℃；

所述加热处理的时间为1h-20h。

16.一种电池，其中，包括正极极片、负极极片，以及位于所述正极极片和所述负极极片之间的隔离件，所述隔离件包括权利要求1-11中任一项所述的隔离膜或利用权利要求12-15中任一项所述的方法制备的隔离膜。

17.一种用电装置，其中，包括权利要求16所述的电池。

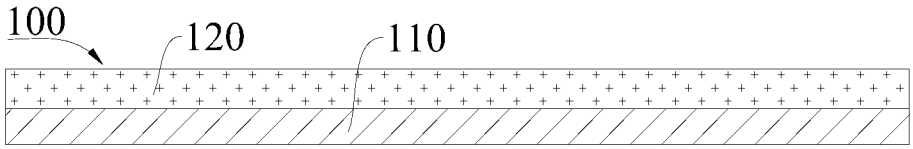

100
120
110

图 1

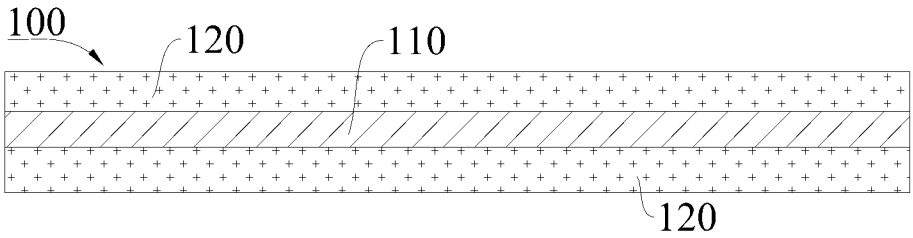

100
120
110
120

图 2

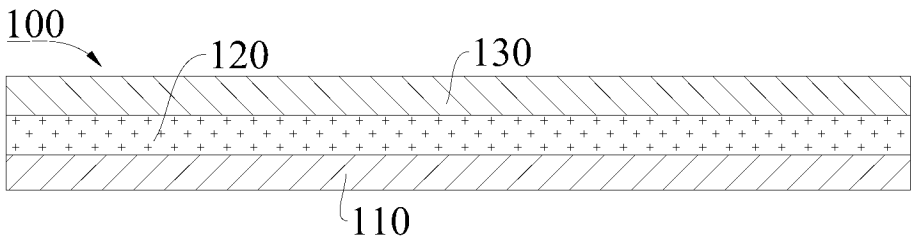

100
120
130
110

图 3

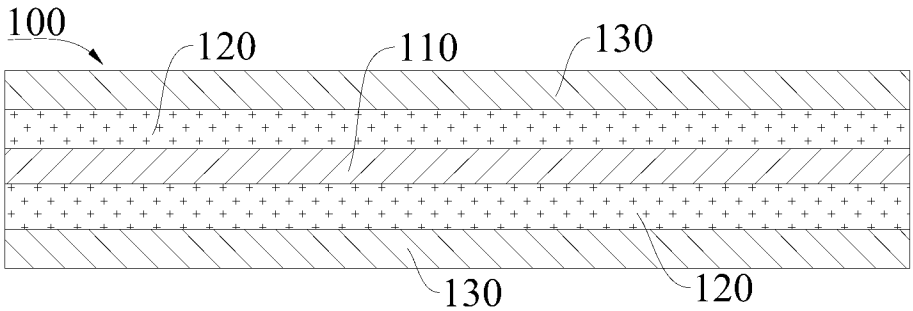

100
120
110
130
130
120

图 4

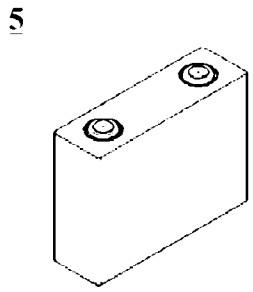


图 5

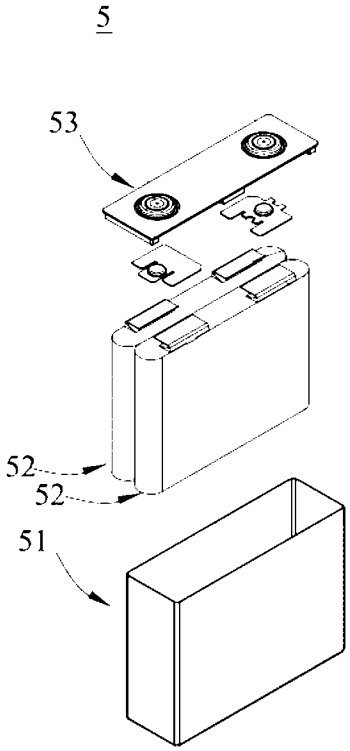


图 6

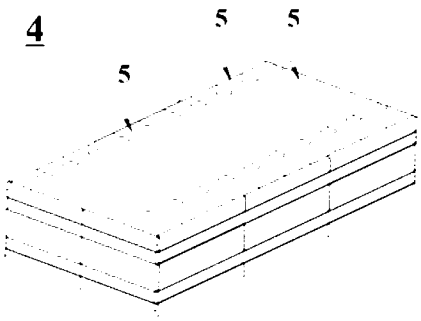


图 7

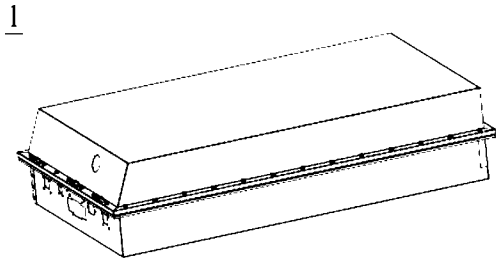


图 8

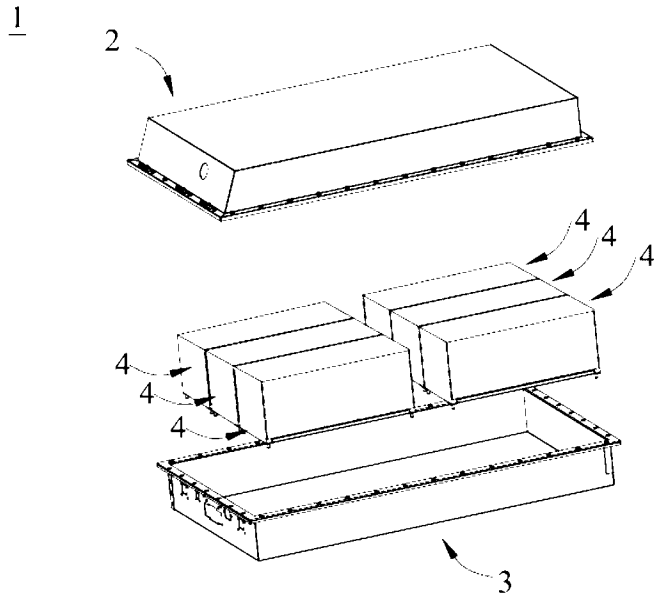


图 9

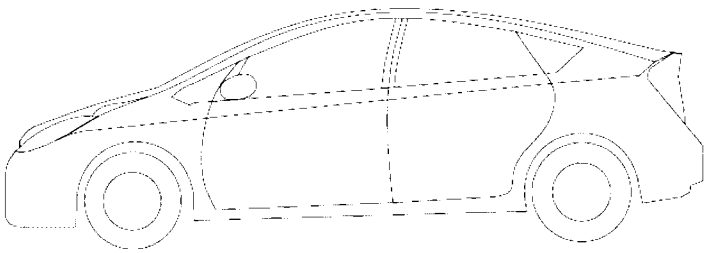


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2023/134693

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M50/449(2021.01)i; H01M10/056(2010.01)n; H01M50/457(2021.01)n

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:H01M

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

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

CNTXT, ENTXTC, VEN, WPABSC, ENTXT, CNKI, ISI: 宁德, 发明人, 隔膜, 隔离膜, 隔板, 分隔, 孔隙, 多孔, 微孔, 闭孔, 封, 关, 通道, 洞, 高温, 温度, ℃, 单体, 聚合, 马来酸酐, separator, porous, porosity, shutdown, shutoff, close+, pore, hole, high temperature, monomer, polymeriz+, Maleic anhydride

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103113607 A (QINGDAO ZHONGKE HUALIAN NEW MATERIAL CO., LTD.) 22 May 2013 (2013-05-22) description, paragraphs 3-4 and 6-41	1-3, 10-17
A	CN 102160211 A (TEIJIN LTD.) 17 August 2011 (2011-08-17) entire document	1-17
A	CN 110311138 A (AMPRIUS (WUXI) CO., LTD.) 08 October 2019 (2019-10-08) entire document	1-17
A	CN 111834591 A (BYD CO., LTD.) 27 October 2020 (2020-10-27) entire document	1-17
A	CN 115832623 A (NINGDE CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LTD.) 21 March 2023 (2023-03-21) entire document	1-17
A	CN 115939516 A (STATE GRID HUNAN ELECTRIC POWER CO., LTD. et al.) 07 April 2023 (2023-04-07) entire document	1-17

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 January 2024	**30 January 2024**

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2023/134693

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 103113607 A	22 May 2013	CN 103113607 B	04 February 2015
CN 102160211 A	17 August 2011	US 2011143185 A1	16 June 2011
		US 8815435 B2	26 August 2014
		WO 2010021248 A1	25 February 2010
		TW 201027827 A	16 July 2010
		TWI 478420 B	21 March 2015
		KR 20110050517 A	13 May 2011
		KR 101716907 B1	15 March 2017
		JP 2010092882 A	22 April 2010
		JP 4550936 B2	22 September 2010
		JP 4575521 B2	04 November 2010
		JPWO 2010021248 A1	26 January 2012
		JP 2010092881 A	22 April 2010
		JP 4653849 B2	16 March 2011
		CN 102160211 B	22 April 2015
CN 110311138 A	08 October 2019	CN 110311138 B	31 May 2022
CN 111834591 A	27 October 2020	WO 2020211621 A1	22 October 2020
		CN 111834591 B	15 April 2022
CN 115832623 A	21 March 2023	None	
CN 115939516 A	07 April 2023	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2023/134693

A. 主题的分类

H01M50/449(2021.01)i；H01M10/056(2010.01)n；H01M50/457(2021.01)n

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC:H01M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNTXT,ENTXTC,VEN,WPABSC,ENTXT,CNKI,ISI:宁德，发明人，隔膜，隔离膜、隔板、分隔、孔隙、多孔、微孔、闭孔、封、关、通道、洞、高温、温度、℃、单体、聚合、马来酸酐、separator、porous、porosity、shutdown、shutoff、close+、pore、hole、high temperature、monomer、polymeriz+、Maleic anhydride

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 103113607 A (青岛中科华联新材料有限公司) 2013年5月22日 (2013 - 05 - 22) 说明书第3-4、6-41段	1-3,10-17
A	CN 102160211 A (帝人株式会社) 2011年8月17日 (2011 - 08 - 17) 全文	1-17
A	CN 110311138 A (安普瑞斯（无锡）有限公司) 2019年10月8日 (2019 - 10 - 08) 全文	1-17
A	CN 111834591 A (比亚迪股份有限公司) 2020年10月27日 (2020 - 10 - 27) 全文	1-17
A	CN 115832623 A (宁德时代新能源科技股份有限公司) 2023年3月21日 (2023 - 03 - 21) 全文	1-17
A	CN 115939516 A (国网湖南省电力有限公司 等) 2023年4月7日 (2023 - 04 - 07) 全文	1-17

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

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

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

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

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

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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2024年1月26日	2024年1月30日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	受权官员 朱军 电话号码 (+86) 028-62967752

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/134693

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	103113607	A	2013年5月22日	CN	103113607	B	2015年2月4日
CN	102160211	A	2011年8月17日	US	2011143185	A1	2011年6月16日
				US	8815435	B2	2014年8月26日
				WO	2010021248	A1	2010年2月25日
				TW	201027827	A	2010年7月16日
				TWI	478420	B	2015年3月21日
				KR	20110050517	A	2011年5月13日
				KR	101716907	B1	2017年3月15日
				JP	2010092882	A	2010年4月22日
				JP	4550936	B2	2010年9月22日
				JP	4575521	B2	2010年11月4日
				JPWO	2010021248	A1	2012年1月26日
				JP	2010092881	A	2010年4月22日
				JP	4653849	B2	2011年3月16日
				CN	102160211	B	2015年4月22日
CN	110311138	A	2019年10月8日	CN	110311138	B	2022年5月31日
CN	111834591	A	2020年10月27日	WO	2020211621	A1	2020年10月22日
				CN	111834591	B	2022年4月15日
CN	115832623	A	2023年3月21日		无		
CN	115939516	A	2023年4月7日		无		