(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2024 年 9 月 19 日 (19.09.2024)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2024/187294 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 50/457 (2021.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/080663

(22) 国际申请日: 2023 年 3 月 10 日 (10.03.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

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

(72) 发明人: 令月霞(**LING, Yuexia**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 范玉磊(**FAN, Yulei**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 刘锋(**LIU, Feng**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 关文浩(**GUAN, Wenhao**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 钟韡(**ZHONG, Wei**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 葛销明(**GE, Xiaoming**); 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: 北京东方亿思知识产权代理有限责任公司 (**BEIJING EAST IP LTD.**); 中国北京市东城区东长安街1号东方广场东方经贸城东2座1601室, Beijing 100738 (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,

(54) **Title:** SEPARATOR, BATTERY AND ELECTRIC DEVICE

(54) 发明名称: 隔离膜、电池和用电装置

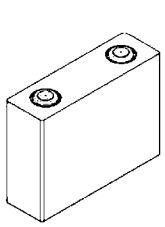


图 1

(57) **Abstract:** The present application provides a separator, a battery and an electric device. The separator comprises a porous base material, and a first coating and a second coating which are respectively located on the two surfaces of the porous base material; when the separator is used for a battery, the first coating faces a negative electrode, and the second coating faces a positive electrode; the first coating comprises first particles, the first particles comprise a solid electrolyte, and the content of the first particles in the first coating is greater than 50 wt%; the second coating comprises second particles, the second particles comprise inorganic particles capable of reacting with lithium dendrites, and the content of the second particles in the second coating is greater than 50 wt%.

(57) 摘要: 本申请提供一种隔离膜、电池和用电装置，所述隔离膜包括多孔基材以及分别位于所述多孔基材的两个表面上的第一涂层和第二涂层，用于电池时，所述第一涂层面向负极，所述第二涂层面向正极；所述第一涂层包括第一颗粒，所述第一颗粒包括固态电解质，且所述第一涂层中的所述第一颗粒的含量大于50重量%；所述第二涂层包括第二颗粒，所述第二颗粒包括能与锂枝晶反应的无机颗粒，且所述第二涂层中的所述第二颗粒的含量大于50重量%。

WO 2024/187294 A1

[见续页]

IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

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

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

隔离膜、电池和用电装置

技术领域

本申请涉及一种隔离膜、电池和用电装置。

背景技术

近年来，电池被广泛应用于水力、火力、风力和太阳能电站等储能电源系统，以及消费电子、电动工具、电动自行车、电动摩托车、电动汽车、军事装备、航空航天等多个领域。随着电池的应用及推广，其可靠性和使用寿命受到越来越多的关注。电池充放电过程中，负极上的枝晶问题是影响电池可靠性和使用寿命的重要原因之一，如何在减缓枝晶生长的同时不影响电池的电化学性能和/或动力学性能是目前亟待解决的技术问题。上述的陈述仅用于提供与本申请有关的背景技术信息，而不必然地构成现有技术。

发明内容

本申请提供一种隔离膜、电池和用电装置，其能使电池具有良好的循环性能和动力学性能。

本申请第一方面提供一种隔离膜，其中，所述隔离膜包括多孔基材以及分别位于所述多孔基材的两个表面上的第一涂层和第二涂层，用于电池时，所述第一涂层面向负极，所述第二涂层面向正极；所述第一涂层包括第一颗粒，所述第一颗粒包括固态电解质，且所述第一涂层中的所述第一颗粒的含量大于 50 重量%；所述第二涂层包括第二颗粒，所述第二颗粒包括能与锂枝晶反应的无机颗粒，且所述第二涂层中的所述第二颗粒的含量大于 50 重量%。

本申请的实施例提供的隔离膜可兼具良好的耐热性、机械强度、电解液浸润特性和离子导通能力，并且可以有效降低电池内部短路的概率，同时还可以使电池具有良好的循环性能和动力学性能。

在本申请的任意实施例中，所述第一涂层中的所述第一颗粒的含量大于等于 60 重量%，可选为大于等于 65 重量%，更可选为 65-85 重量%。由此能够使第一涂层更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，从而有助于减少局部生成尖锐的锂枝晶，进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并提升电池的循环性能和动力学性能。

在本申请的任意实施例中，所述第二涂层中的所述第二颗粒的含量大于等于 60 重量%，可选为大于等于 65 重量%，更可选为 65-85 重量%。由此能够使第二涂层更好地起到与锂枝晶反、及时消耗掉锂枝晶、减缓甚至避免锂枝晶进一步生长的效果，进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并延长电池的循环寿命。

在本申请的任意实施例中，所述第一涂层还包括第三颗粒。

在本申请的任意实施例中，所述第三颗粒包括能与锂枝晶反应的无机颗粒。第一涂

层包含少量能与锂枝晶反应的无机颗粒时，能在不影响第一涂层起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果的前提下，有助于第一涂层还起到与锂枝晶反应、消耗锂枝晶、减缓锂枝晶生长的效果，由此可以进一步降低电池内部短路的概率，并使电池具有更长的循环寿命。

在本申请的任意实施例中，所述第一涂层中的所述第三颗粒的含量大于 0 且小于等于 10 重量%，可选为大于 0 且小于等于 5 重量%。

在本申请的任意实施例中，所述第三颗粒的体积分布粒径 Dv50 为 0.05-3μm，可选为 0.1-1μm。

在本申请的任意实施例中，所述固态电解质包括无机固态电解质，可选地，所述无机固态电解质的电导率大于等于 10^{-7}S/cm，更可选为大于等于 10^{-4}S/cm。

在本申请的任意实施例中，所述无机固态电解质包括氧化物型无机固态电解质、硫化物型无机固态电解质和卤化物型无机固态电解质中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述氧化物型无机固态电解质包括 NASICON 型固态电解质、石榴石型固态电解质、钙钛矿型固态电解质、LISICON 型固态电解质中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述硫化物型无机固态电解质包括硫化物型晶态固态电解质和硫化物玻璃型固态电解质中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述无机固态电解质包括磷酸钛锂（$Li_xTi_y(PO_4)_3$，$0<x<2$，$0<y<3$）、磷酸钛铝锂（$Li_xAl_yTi_z(PO_4)_3$，LATP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、磷酸锗铝锂（$Li_xAl_yGe_z(PO_4)_3$，LAGP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、磷酸锆铝锂（$Li_xAl_yZr_z(PO_4)_3$，LAZP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、磷酸铬铝锂（$Li_xAl_yCr_z(PO_4)_3$，LACP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、$(LiAlTiP)_xO_y$ 型玻璃（$0<x<4$，$0<y<13$）、钛酸镧锂（$Li_xLa_yTiO_3$，$0<x<2$，$0<y<3$）、锂澜锆氧化物（$Li_7La_3Zr_2O_{12}$，LLZO）、锂澜钽氧化物（$Li_5La_3Ta_2O_{12}$，LLTA）、锂锌锗氧化物（$Li_{14}ZnGe_4O_{16}$）、锂硫银锗矿电解质 Li_6PS_5X（X 包括选自 Cl、Br、I 中的一种或多种）、SiS_2 型玻璃（$Li_xSi_yS_z$，$0<x<3$，$0<y<2$，$0<z<4$）、P_2S_5 型玻璃（$Li_xP_yS_z$，$0<x<3$，$0<y<3$，$0<z<7$）、Li_3PS_4、$Li_7P_3S_{11}$、$Li_{10}GeP_2S_{12}$、及其各自的掺杂化合物中的一种或多种。

可选地，所述无机固态电解质包括磷酸钛锂（$Li_xTi_y(PO_4)_3$，$0<x<2$，$0<y<3$）、磷酸钛铝锂（$Li_xAl_yTi_z(PO_4)_3$，LATP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、磷酸锗铝锂（$Li_xAl_yGe_z(PO_4)_3$，LAGP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、磷酸锆铝锂（$Li_xAl_yZr_z(PO_4)_3$，LAZP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、磷酸铬铝锂（$Li_xAl_yCr_z(PO_4)_3$，LACP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、及其各自的掺杂化合物中的一种或多种。由此可以更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，从而可以使得锂的沉积更均匀，减少局部生成尖锐的锂枝晶，进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并提升电池的循环性能和动力学性能。

在本申请的任意实施例中，所述能与锂枝晶反应的无机颗粒包括无机陶瓷颗粒。

在本申请的任意实施例中，所述无机陶瓷包括氧化铝、二氧化硅、氧化亚硅、三氧化二铁、四氧化三铁、一氧化钴、四氧化三钴、一氧化锡、二氧化锡、氧化镍、磷酸铁、氧化铜、氧化钛、氧化锆、氧化钡、氧化钙、氧化镁、氮化铝、氮化硅、氮化硼、

钛酸锆、钛酸钡、及其各自的改性材料中的一种或多种，可选为包括氧化铝、二氧化硅、氧化亚硅、一氧化钴、四氧化三钴、一氧化锡、二氧化锡、氧化镍、磷酸铁、氧化铜、氧化钛、及其各自的改性材料中的一种或多种。由此可以更好地起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶、减缓甚至避免锂枝晶进一步生长的效果，进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并延长电池的循环寿命。

在本申请的任意实施例中，所述第一颗粒的体积分布粒径 Dv50 为 0.05-3μm，可选为 0.1-1μm。第一颗粒的体积分布粒径 Dv50 在上述范围内时，更有利于起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，并且能够更好地减缓甚至抑制锂枝晶的生长。

在本申请的任意实施例中，所述第二颗粒的体积分布粒径 Dv50 为 0.5-5μm，可选为 1-3μm。第二颗粒的体积分布粒径 Dv50 在上述范围内时，可以更好地起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶以及避免锂枝晶进一步生长的效果。

在本申请的任意实施例中，所述第一涂层还包括第一粘结剂、第一分散剂和第一增稠剂中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述第一颗粒与所述第一粘结剂的质量比为 100:（1-25），可选为 100:（5-22）。适量的第一粘结剂可以提升第一涂层的耐热性和均一性，并可以有效避免出现如掉粉等问题，还有利于隔离膜具有良好的离子导通能力。

在本申请的任意实施例中，所述第一颗粒与所述第一分散剂的质量比为 100:（1.0-3.5），可选为 100:（1.2-2.5）。适量的第一分散剂可以使得浆料分散均匀，有利于涂布，还有利于提升第一涂层的膜层质量。

在本申请的任意实施例中，所述第一颗粒与所述第一增稠剂的质量比为 100:（10-30），可选为 100:（12-26）。适量的第一增稠剂可以提升浆料的稳定性，有利于涂布，还有利于提升第一涂层的膜层质量。

在本申请的任意实施例中，所述第一粘结剂包括偏氟乙烯均聚物和/或共聚物、羧甲基纤维素钠、丁苯橡胶中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述第一分散剂包括水解聚马来酸酐、聚丙烯酸、丙烯酸嵌段共聚物、聚酯嵌段共聚物、聚乙二醇型多元醇、聚乙烯亚胺、及其各自的衍生物中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述第一增稠剂包括羟甲基纤维素钠、甲基纤维素、羟乙基纤维素、羟丙基甲基纤维素、聚丙烯酸盐、聚氨酯、聚醚中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述第二涂层还包括第二粘结剂、第二分散剂和第二增稠剂中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述第二颗粒与所述第二粘结剂的质量比为 100:（1-25），可选为 100:（8-22）。适量的第二粘结剂可以提升第二涂层的耐热性和均一性，并可以有效避免出现如掉粉等问题，还有利于隔离膜具有良好的离子导通能力。

在本申请的任意实施例中，所述第二颗粒与所述第二分散剂的质量比为 100:（0.5-4.0），可选为 100:（1.0-2.0）。适量的第二分散剂可以使得浆料分散均匀，有利于涂布，还有利于提升第二涂层的膜层质量。

在本申请的任意实施例中，所述第二颗粒与所述第二增稠剂的质量比为100:（5-30），可选为100：（10-25）。适量的第二增稠剂可以提升浆料的稳定性，有利于涂布，还有利于提升第二涂层的膜层质量。

在本申请的任意实施例中，所述第二粘结剂包括偏氟乙烯均聚物和/或共聚物、羧甲基纤维素钠、丁苯橡胶中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述第二分散剂包括水解聚马来酸酐、聚丙烯酸、丙烯酸嵌段共聚物、聚酯嵌段共聚物、聚乙二醇型多元醇、聚乙烯亚胺、及其各自的衍生物中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述第二增稠剂包括羟甲基纤维素钠、甲基纤维素、羟乙基纤维素、羟丙基甲基纤维素、聚丙烯酸盐、聚氨酯、聚醚中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述第一涂层的面密度为 9-12 g/m^2，可选为 10-11.5 g/m^2。第一涂层的面密度在上述范围内时，有助于在隔离膜表面形成致密且均匀的中间层，更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果；还可以使隔离膜可具有较低的内阻、较短的锂离子传输路径和较高的锂离子传输速率，由此可以使电池兼具良好的循环性能和动力学性能。

在本申请的任意实施例中，所述第二涂层的面密度为 4-14 g/m^2，可选为 8-12 g/m^2。第二涂层的面密度在上述范围内时，可以使第二涂层更好地起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶以及避免锂枝晶进一步生长的效果；还可以使隔离膜具有较低的内阻、较短的锂离子传输路径和较高的锂离子传输速率，由此可以使电池兼具良好的循环性能和动力学性能。

在本申请的任意实施例中，所述第一涂层的厚度与所述第二涂层的厚度之比为(0.2-5):1，可选为(0.25-4):1。由此可以更好地发挥第一涂层和第二涂层的作用效果，有利于第一涂层更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，还有利于第二涂层更好地起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶、减缓甚至避免锂枝晶进一步生长的效果。进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并延长电池的循环寿命。

在本申请的任意实施例中，所述第一涂层的厚度为 1-7μm，可选为 1.5-6μm。第一涂层的厚度在上述范围内时，有助于在隔离膜表面形成致密且均匀的中间层，更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果；还可以使隔离膜可具有较低的内阻、较短的锂离子传输路径和较高的锂离子传输速率，由此可以使电池兼具良好的循环性能和动力学性能。

在本申请的任意实施例中，所述第二涂层的厚度为 1-7μm，可选为 1.5-6μm。第二涂层的厚度在上述范围内时，可以使第二涂层更好地起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶以及避免锂枝晶进一步生长的效果；还可以使隔离膜具有较低的内阻、较短的锂离子传输路径和较高的锂离子传输速率，由此可以使电池兼具良好的循环性能和动力学性能。

在本申请的任意实施例中，所述隔离膜的总厚度为 8-25μm，可选为 8-18μm。由此可以使隔离膜具有较低的内阻、较短的锂离子传输路径和较高的锂离子传输速率，从而可以使电池兼具良好的循环性能和动力学性能。

在本申请的任意实施例中，所述多孔基材包括聚烯烃、卤代聚烯烃、聚酰胺、聚

酯、及其各自的衍生物中的一种或多种。

在本申请的任意实施例中，所述多孔基材的厚度为 4-15μm，可选为 5-10μm。

在本申请的任意实施例中，所述隔离膜的孔隙率为 40%-80%，可选为 45%-70%。

在本申请的任意实施例中，所述隔离膜的横向拉伸强度为 1000-1500 kgf/cm^2，可选为 1100-1300 kgf/cm^2。

在本申请的任意实施例中，所述隔离膜的第一涂层与多孔基材的剥离强度为 8.9-13.2 N/m，可选为 9.1-11.8 N/m。

在本申请的任意实施例中，所述隔离膜的第二涂层与多孔基材的剥离强度为 12.9-20.6 N/m，可选为 13.5-17.8 N/m。

在本申请的任意实施例中，所述隔离膜的穿刺强度为 9.60-11.50 N•μm^{-1}，可选为 9.80-10.90 N•μm^{-1}。

在本申请的任意实施例中，所述隔离膜 25℃的离子电导率为 1.40-2.50 mS•cm^{-1}，可选为 1.60-2.15 mS•cm^{-1}。

本申请第二方面提供一种电池，包括电池单体以及箱体，所述电池单体包括正极极片、负极极片以及本申请第一方面的隔离膜，且所述隔离膜的第一涂层面向所述负极极片，所述隔离膜的第二涂层面向所述正极极片。

在本申请的任意实施例中，所述电池单体包括锂离子电池单体、锂金属电池单体、无负极锂金属电池单体、锂硫电池单体、锂空气电池单体中的至少一种。

本申请第三方面提供一种用电装置，包括本申请第二方面的电池。

本申请的用电装置包括本申请提供的电池，因而至少具有与所述电池相同的优势。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对本申请实施例中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地，下面所描述的附图仅仅是本申请的一些实施方式，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据附图获得其他的附图。

图 1 是本申请的电池单体的一实施方式的示意图。

图 2 是本申请的电池单体的一实施方式的分解示意图。

图 3 是本申请的电池模块的一实施方式的示意图。

图 4 是本申请的电池包的一实施方式的示意图。

图 5 是图 4 所示的电池包的实施方式的分解示意图。

图 6 是本申请的隔离膜的一实施方式的示意图。

图 7 是包含本申请的电池作为电源的用电装置的一实施方式的示意图。

在附图中，附图未必按照实际的比例绘制。附图标记说明如下：1 电池包，2 上箱体，3 下箱体，4 电池模块，5 电池单体，51 壳体，52 电极组件，53 盖板，10 隔离膜，101 多孔基材，102 第一涂层，103 第二涂层。

具体实施方式

以下，适当地参照附图详细说明具体公开了本申请的隔离膜、电池和用电装置的实施方式。但是会有省略不必要的详细说明的情况。例如，有省略对已众所周知的事项的详细说明、实际相同结构的重复说明的情况。这是为了避免以下的说明不必要地变得冗长，便于本领域技术人员的理解。此外，附图及以下说明是为了本领域技术人员充分理解本申请而提供的，并不旨在限定权利要求书所记载的主题。

本申请所公开的“范围”以下限和上限的形式来限定，给定范围是通过选定一个下限和一个上限进行限定的，选定的下限和上限限定了特别范围的边界。这种方式进行限定的范围可以是包括端值或不包括端值的，并且可以进行任意地组合，即任何下限可以与任何上限组合形成一个范围。例如，如果针对特定参数列出了 60-120 和 80-110 的范围，理解为 60-110 和 80-120 的范围也是预料到的。此外，如果列出的最小范围值 1 和 2，和如果列出了最大范围值 3，4 和 5，则下面的范围可全部预料到：1-3、1-4、1-5、2-3、2-4 和 2-5。在本申请中，除非有其他说明，数值范围“a-b”表示 a 到 b 之间的任意实数组合的缩略表示，其中 a 和 b 都是实数。例如数值范围“0-5”表示本文中已经全部列出了“0-5”之间的全部实数，“0-5”只是这些数值组合的缩略表示。另外，当表述某个参数为≥2 的整数，则相当于公开了该参数为例如整数 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 等。

如果没有特别的说明，本申请的所有实施方式以及可选实施方式可以相互组合形成新的技术方案，并且这样的技术方案应被认为包含在本申请的公开内容中。

如果没有特别的说明，本申请的所有技术特征以及可选技术特征可以相互组合形成新的技术方案，并且这样的技术方案应被认为包含在本申请的公开内容中。

如果没有特别的说明，本申请的所有步骤可以顺序进行，也可以随机进行，优选是顺序进行的。例如，所述方法包括步骤（a）和（b），表示所述方法可包括顺序进行的步骤（a）和（b），也可以包括顺序进行的步骤（b）和（a）。例如，所述提到所述方法还可包括步骤（c），表示步骤（c）可以任意顺序加入到所述方法，例如，所述方法可以包括步骤（a）、（b）和（c），也可包括步骤（a）、（c）和（b），也可以包括步骤（c）、（a）和（b）等。

如果没有特别的说明，本申请所提到的“包括”和“包含”表示开放式，也可以是封闭式。例如，所述“包括”和“包含”可以表示还可以包括或包含没有列出的其他组分，也可以仅包括或包含列出的组分。

如果没有特别的说明，在本申请中，术语“或”是包括性的。举例来说，短语“A 或 B”表示“A，B，或 A 和 B 两者”。更具体地，以下任一条件均满足条件“A 或 B”：A 为真（或存在）并且 B 为假（或不存在）；A 为假（或不存在）而 B 为真（或存在）；或 A 和 B 都为真（或存在）。

如果没有特别的说明，在本申请中，术语“第一”、“第二”、“第三”等是用于区别不同对象，而不是用于描述特定顺序或主次关系。

除非另有说明，本申请中使用的术语具有本领域技术人员通常所理解的公知含义。

除非另有说明，本申请中提到的各参数的数值可以用本领域常用的各种测试方法进行测定，例如，可以按照本申请的实施例中给出的测试方法进行测定。除非另有说明，参数的测试温度均为 25℃。

本申请的实施例中所提到的电池是指包括一个或多个电池单体以提供更高的电压和

容量的单一的物理模块。例如，本申请中所提到的电池可以包括电池单体、电池模块或电池包等。电池单体是组成电池的最小单元，其独自能够实现充放电的功能。本申请对电池单体的形状没有特别的限制，其可以是圆柱体、长方体或其他任意的形状。如图 1 是作为一个示例的长方体结构的电池单体 5。多个电池单体之间可以串联或并联或混联，混联是指串联和并联的混合。本申请的实施例中多个电池单体可以直接组成电池包，也可以先组成电池模块，电池模块再组成电池包。

电池一般包括用于封装一个或多个电池单体的箱体。箱体可以避免液体或其他异物影响电池单体的充电或放电。箱体可以是单独的长方体或者圆柱体或球体等简单立体结构，也可以是由长方体或者圆柱体或球体等简单立体结构组合而成的复杂立体结构，本申请实施例对此并不限定。箱体的材质可以是如铝合金、铁合金等合金材料，也可以是如聚碳酸酯、聚异氰脲酸酯泡沫塑料等高分子材料，或者是如玻璃纤维加环氧树脂的复合材料，本申请实施例对此也并不限定。

本申请的实施例中所提到的电池单体可以是锂离子电池单体、锂金属电池单体、无负极锂金属电池单体、锂硫电池单体、锂空气电池单体中的至少一种。

本申请的实施例提供的电池单体包括电极组件和电解液。电极组件包括正极极片、负极极片以及位于正极极片和负极极片之间的隔离膜。电极组件可为卷绕结构或叠片结构，本申请实施例对此并不限定。

电池单体还包括外包装。该外包装可用于封装上述电极组件及电解液。外包装可以是硬壳，例如硬塑料壳、铝壳、钢壳等。外包装也可以是软包，例如袋式软包。软包的材质可以是塑料，如聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）和聚丁二酸丁二醇酯（PBS）中的一种或多种。

如图 2 所示，外包装可包括壳体 51 和盖板 53。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 用于盖设开口，以封闭容纳腔。电极组件 52 封装于容纳腔。电池单体 5 所含电极组件 52 的数量可以为一个或多个，可根据需求来调节。

电池单体可以组装成电池模块，电池模块所含电池单体的数量可以为多个，具体数量可根据电池模块的应用和容量来调节。图 3 是作为一个示例的电池模块 4 的示意图。如图 3 所示，在电池模块 4 中，多个电池单体 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单体 5 进行固定。

电池模块 4 还可以包括具有容纳空间的外壳，多个电池单体 5 容纳于该容纳空间。

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根据电池包的应用和容量进行调节。图 4 和图 5 是作为一个示例的电池包 1 的示意图。如图 4 和图 5 所示，在电池包 1 中可以包括箱体和设置于箱体中的多个电池模块 4。箱体包括上箱体 2 和下箱体 3，上箱体 2 用于盖设下箱体 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箱体中。

隔离膜作为电池单体的重要组成部件，其性能对于电池的性能至关重要，隔离膜位于正极极片和负极极片之间，主要起到防止短路的作用。目前商业化电池采用的隔离膜通常为聚烯烃（例如聚乙烯、聚丙烯等）多孔膜，但是，这类隔离膜的电解液浸润性和

热稳定性较差。此外，随着电池充放电次数的增加，负极界面会形成一些锂枝晶，锂枝晶持续生长会刺穿隔离膜，引发内部短路，严重时甚至出现燃烧、爆炸等安全事故。

因此，开发一种热稳定性好、电解液浸润性优良且可靠性高的隔离膜，是本领域亟待解决的技术问题。

鉴于此，发明人对隔离膜进行了改进。

图 6 是本申请的隔离膜的一实施方式的示意图。

如图 6 所示，隔离膜 10 包括多孔基材 101 以及分别位于多孔基材 101 的两个表面上的第一涂层 102 和第二涂层 103，用于电池时，第一涂层 102 面向负极，第二涂层 103 面向正极。第一涂层 102 包括第一颗粒，第一颗粒包括固态电解质，且第一涂层中的第一颗粒的含量大于 50 重量%；第二涂层 102 包括第二颗粒，第二颗粒包括能与锂枝晶反应的无机颗粒，且第二涂层中的第二颗粒的含量大于 50 重量%。

第一涂层主要包括固态电解质。固态电解质本身拥有较高的离子电导率和较低的电子导电率，由此可具有较好的离子导通性和电子绝缘性，用于第一涂层时不会大幅增加隔离膜阻抗，且还可以减少电子通过隔离膜进行转移。此外，第一涂层面向负极，可以在隔离膜表面形成致密且均匀的中间层，起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，由此可以诱导锂均匀的沉积，减缓甚至抑制锂枝晶的生长，并可以有效减少局部生成尖锐的锂枝晶，进而可以减少甚至避免由于锂枝晶刺破隔离膜而出现电池内部短路的问题。

第二涂层面向正极且主要包括能与锂枝晶反应的无机颗粒，由此当负极表面生成的锂枝晶在反复充放电过程中刺破多孔基材时，第二涂层可以起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶以及避免锂枝晶进一步生长的效果，由此可以减少甚至避免锂枝晶接触正极而出现电池内部短路的问题。

第一涂层和第二涂层分别位于多孔基材的两侧，隔离膜中不存在第一涂层与第二涂层的界面。由于第一颗粒与第二颗粒的离子电导率不同，从而导致第一涂层与第二涂层位于多孔基材的同侧时，第一涂层与第二涂层界面处锂离子的浓度不同，而发明人注意到，当界面浓度差过大时反而容易导致锂枝晶形成，进而还会增加电池内部短路的概率，降低电池的使用寿命。本申请的实施例提供的隔离膜不存在第一涂层与第二涂层的界面，由此可以避免由于界面浓度差过大而形成锂枝晶的问题。

多孔基材疏水性较强，而电解液通常采用极性溶剂，由此导致多孔基材的电解液浸润性差、离子传输阻抗高。在本申请的实施例提供的隔离膜中引入的第一涂层和第二涂层与电解液的相容性较好，从而能够提升隔离膜对电解液的浸润特性、降低隔离膜的离子传输阻抗，进而有助于电池具有良好的循环性能和动力学性能。此外，在本申请的实施例提供的隔离膜中引入的第一涂层和第二涂层还可以提升隔离膜的耐热性和机械强度。

因此，本申请的实施例提供的隔离膜可兼具良好的耐热性、机械强度、电解液浸润特性和离子导通能力，并且可以有效降低电池内部短路的概率，同时还可以使电池具有良好的循环性能和动力学性能。

在第一涂层中，第一颗粒包括固态电解质，且第一颗粒的含量大于 50 重量%。通过使第一涂层主要包括固态电解质，可以起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，从而可以使得锂的沉积更均匀，减少局部生成尖锐的锂枝晶，进而可以降低电池内部短路的概率，同时还可以使电池具有良好的循环性能和动力学性能。而当第一涂层中的固态

电解质的含量过少时，其对锂离子传输的促进效果以及对锂离子流的均匀效果较差，进而对锂枝晶生长的减缓效果较差，电池内部短路的概率较大，且电池的循环寿命不够优异。

在一些实施例中，第一涂层中的第一颗粒的含量可大于等于 60%重量%，可选为大于等于 65 重量%，更可选为大于等于 68 重量%。由此能够使第一涂层更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，从而有助于减少局部生成尖锐的锂枝晶，进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并提升电池的循环性能和动力学性能。例如，第一涂层中的第一颗粒的含量可为 55-90 重量%，58-90 重量%，60-90 重量%，62-90 重量%，65-90 重量%，68-90 重量%，55-88 重量%，58-88 重量%，60-88 重量%，62-88 重量%，65-88 重量%，68-88 重量%，55-85 重量%，58-85 重量%，60-85 重量%，62-85 重量%，65-85 重量%，68-85 重量%，55-82 重量%，58-82 重量%，60-82 重量%，62-82 重量%，65-82 重量%，68-82 重量%。

在第二涂层中，第二颗粒包括能与锂枝晶反应的无机颗粒，且第二颗粒的含量大于 50 重量%。通过使第二涂层主要包括能与锂枝晶反应的无机颗粒，可以使第二涂层及时消耗掉锂枝晶，减少锂枝晶进一步生长接触正极而出现电池内部短路的问题，从而可以降低电池内部短路的概率，同时还可以延长电池的循环寿命。而当能与锂枝晶反应的无机颗粒的含量较少时，第二涂层不能及时消耗掉锂枝晶，由此可能出现锂枝晶刺破隔离膜而导致电池内部短路的问题，且电池的循环寿命不够优异。

在一些实施例中，第二涂层中的第二颗粒的含量可大于等于 60%重量%，可选为大于等于 65 重量%，可选为大于等于 68 重量%。由此能够使第二涂层更好地起到与锂枝晶反、及时消耗掉锂枝晶、减缓甚至避免锂枝晶进一步生长的效果，进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并延长电池的循环寿命。例如，第二涂层中的第二颗粒的含量可为 55-90 重量%，58-90 重量%，60-90 重量%，62-90 重量%，65-90 重量%，55-88 重量%，58-88 重量%，68-90 重量%，60-88 重量%，62-88 重量%，65-88 重量%，68-88 重量%，55-85 重量%，58-85 重量%，60-85 重量%，62-85 重量%，65-85 重量%，68-85 重量%，55-82 重量%，58-82 重量%，60-82 重量%，62-82 重量%，65-82 重量%，68-82 重量%。

在一些实施例中，固态电解质可包括无机固态电解质。可选地，无机固态电解质的电导率可大于等于 10^{-7}S/cm，更可选为大于等于 10^{-4}S/cm。

在一些实施例中，无机固态电解质可包括氧化物型无机固态电解质、硫化物型无机固态电解质和卤化物型无机固态电解质中的一种或多种。

在一些实施例中，氧化物型无机固态电解质可包括 NASICON 型固态电解质、石榴石型固态电解质、钙钛矿型固态电解质、LISICON 型固态电解质中的一种或多种，可选为包括 NASICON 型固态电解质。NASICON 型固态电解质具有电导率高和电化学窗口宽的优势，可以更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，从而可以使得锂的沉积更均匀，减少局部生成尖锐的锂枝晶，进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并提升电池的循环性能和动力学性能。

在一些实施例中，硫化物型无机固态电解质可包括硫化物型晶态固态电解质和硫化物玻璃型固态电解质中的一种或多种。

作为示例，无机固态电解质可包括磷酸钛锂（$Li_xTi_y(PO_4)_3$，$0<x<2$，$0<y<3$）、磷酸

钛铝锂（$Li_xAl_yTi_z(PO_4)_3$，LATP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、磷酸锗铝锂（$Li_xAl_yGe_z(PO_4)_3$，LAGP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、磷酸锆铝锂（$Li_xAl_yZr_z(PO_4)_3$，LAZP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、磷酸铬铝锂（$Li_xAl_yCr_z(PO_4)_3$，LACP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、$(LiAlTiP)_xO_y$ 型玻璃（0<x<4，0<y<13）、钛酸镧锂（$Li_xLa_yTiO_3$，0<x<2，0<y<3）、锂澜锆氧化物（$Li_7La_3Zr_2O_{12}$，LLZO）、锂澜铊氧化物（$Li_5La_3Ta_2O_{12}$，LLTA）、锂锌锗氧化物（$Li_{14}ZnGe_4O_{16}$）、锂硫银锗矿电解质 Li_6PS_5X（X 包括选自 Cl、Br、I 中的一种或多种）、SiS_2 型玻璃（$Li_xSi_yS_z$，0<x<3，0<y<2，0<z<4）、P_2S_5 型玻璃（$Li_xP_yS_z$，0<x<3，0<y<3，0<z<7）、Li_3PS_4、$Li_7P_3S_{11}$、$Li_{10}GeP_2S_{12}$、及其各自的掺杂化合物中的一种或多种。可选地，无机固态电解质可包括磷酸钛锂（$Li_xTi_y(PO_4)_3$，0<x<2，0<y<3）、磷酸钛铝锂（$Li_xAl_yTi_z(PO_4)_3$，LATP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、磷酸锗铝锂（$Li_xAl_yGe_z(PO_4)_3$，LAGP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、磷酸锆铝锂（$Li_xAl_yZr_z(PO_4)_3$，LAZP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、磷酸铬铝锂（$Li_xAl_yCr_z(PO_4)_3$，LACP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、及其各自的掺杂化合物中的一种或多种。由此可以更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，从而可以使得锂的沉积更均匀，减少局部生成尖锐的锂枝晶，进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并提升电池的循环性能和动力学性能。

掺杂化合物通常是在化合物中掺杂其他元素，例如金属元素得到的产物。掺杂元素的种类没有特别限制，只要不有损本申请的主旨即可。

例如，磷酸钛锂可包括 $LiTi_2(PO_4)_3$，磷酸钛铝锂可包括 $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$，磷酸锗铝锂可包括 $Li_{1.5}A1_{0.5}Ge_{1.5}(PO_4)_3$，钛酸镧锂可包括 $Li_{0.5}La_{0.5}TiO_3$，锂硫银锗矿电解质 Li_6PS_5X 可包括 Li_6PS_5Cl、Li_6PS_5Br。

在一些实施例中，能与锂枝晶反应的无机颗粒可包括无机陶瓷颗粒。

在一些实施例中，无机陶瓷可包括氧化铝、二氧化硅、氧化亚硅、三氧化二铁、四氧化三铁、一氧化钴、四氧化三钴、一氧化锡、二氧化锡、氧化镍、磷酸铁、氧化铜、氧化钛、氧化锆、氧化钡、氧化钙、氧化镁、氮化铝、氮化硅、氮化硼、钛酸锆、钛酸钡、及其各自的改性材料中的一种或多种。

可选地，无机陶瓷可包括氧化铝、二氧化硅、氧化亚硅、一氧化钴、四氧化三钴、一氧化锡、二氧化锡、氧化镍、磷酸铁、氧化铜、氧化钛、及其各自的改性材料中的一种或多种。由此可以更好地起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶、减缓甚至避免锂枝晶进一步生长的效果，进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并延长电池的循环寿命。

改性方式包括物理改性和/或化学改性。化学改性包括偶联剂改性（例如采用硅烷偶联剂、钛酸酯偶联剂等）、表面活性剂改性、聚合物接枝改性等。物理改性方式可为机械力分散、超声分散、高能处理等。

在一些实施例中，第一颗粒的体积分布粒径 Dv50 可为 0.05-3μm，可选为 0.05-2μm，0.08-2μm，0.1-2μm，0.1-1μm。

第一颗粒的体积分布粒径 Dv50 在上述范围内时，更有利于起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，并且能够更好地减缓甚至抑制锂枝晶的生长。并且可以有效避免以下情况：第一颗粒的粒径过大时，浆料粘度较大、均匀性不能保证，难以均匀涂布到多

孔基材上，且在涂布过程中第一颗粒难以在多孔基材表面附着，易发生掉粉现象，导致涂布效果较差，同时还会影响电池的电化学性能；第一颗粒的粒径过小时，涂布过程中第一颗粒更易进入多孔基材的孔中，既降低了隔离膜的透气性，又阻碍了锂离子的传输，由此使得电池的容量损失增加、循环寿命变短。

在一些实施例中，第二颗粒的体积分布粒径 Dv50 可为 0.5-5μm，可选为 0.5-4μm，0.8-4μm，1-3μm。

第二颗粒的体积分布粒径 Dv50 在上述范围内时，可以更好地起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶以及避免锂枝晶进一步生长的效果。并且可以有效避免以下情况：第二颗粒的粒径过大时，浆料粘度较大、均匀性不能保证，难以均匀涂布到多孔基材上，且在涂布过程中第二颗粒难以在多孔基材表面附着，易发生掉粉现象，导致涂布效果较差，同时还会影响电池的电化学性能；第二颗粒的粒径过小时，涂布过程中第二颗粒更易进入多孔基材的孔中，既降低了隔离膜的透气性，又丧失了第二涂层消掉锂枝晶的效果，由此使得电池的容量损失增加、循环寿命变短。

在一些实施例中，第一涂层还可以包括第三颗粒。可选地，第一涂层中的第三颗粒的含量可大于 0 且小于等于 10 重量%，可选为大于 0 且小于等于 5 重量%。

在一些实施例中，第三颗粒可包括能与锂枝晶反应的无机颗粒。第一涂层包含少量能与锂枝晶反应的无机颗粒时，能在不影响第一涂层起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果的前提下，有助于第一涂层还起到与锂枝晶反应、消耗锂枝晶、减缓锂枝晶生长的效果，由此可以进一步降低电池内部短路的概率，并使电池具有更长的循环寿命。

在一些实施例中，第三颗粒的体积分布粒径 Dv50 可为 0.05-3μm，可选为 0.1-1μm。

在一些实施例中，所述第一涂层的厚度与所述第二涂层的厚度之比可为(0.2-5):1，可选为(0.25-4):1。由此可以更好地发挥第一涂层和第二涂层的作用效果，有利于第一涂层更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，还有利于第二涂层更好地起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶、减缓甚至避免锂枝晶进一步生长的效果，进而可以进一步降低电池内部短路的概率，并延长电池的循环寿命。

在一些实施例中，第一涂层还可包括第一粘结剂。本申请对第一粘结剂的种类没有特别的限制，作为示例，第一粘结剂可包括但不限于偏氟乙烯均聚物（PVDF）和/或共聚物、羧甲基纤维素钠、丁苯橡胶中的一种或多种。

在一些实施例中，第一颗粒与第一粘结剂的质量比可为 100:（1-25），可选为 100:（5-22）。适量的第一粘结剂可以提升第一涂层的耐热性和均一性，并可以有效避免出现如掉粉等问题，还有利于隔离膜具有良好的离子导通能力。

在一些实施例中，第一涂层还可包括第一分散剂。本申请对第一分散剂的种类没有特别的限制，作为示例，第一分散剂可包括但不限于水解聚马来酸酐、聚丙烯酸、丙烯酸嵌段共聚物、聚酯嵌段共聚物、聚乙二醇型多元醇、聚乙烯亚胺、及其各自的衍生物中的一种或多种。衍生物通常指在聚合物中的氢原子或原子团被其他原子或原子团取代而衍生的产物。

在一些实施例中，第一颗粒与第一分散剂的质量比可为 100:（1.0-3.5），可选为 100:（1.2-2.5）。适量的第一分散剂可以使得浆料分散均匀，有利于涂布，还有利于提升第一涂层的膜层质量。

在一些实施例中，第一涂层还可包括第一增稠剂。本申请对第一增稠剂的种类没有特别的限制，作为示例，第一增稠剂可包括但不限于羟甲基纤维素钠、甲基纤维素、羟乙基纤维素、羟丙基甲基纤维素、聚丙烯酸盐、聚氨酯、聚醚中的一种或多种。

在一些实施例中，第一颗粒与第一增稠剂的质量比可为 100:（10-30），可选为 100:（12-26）。适量的第一增稠剂可以提升浆料的稳定性，有利于涂布，还有利于提升第一涂层的膜层质量。

在一些实施例中，第一涂层的厚度可为 1-7μm，可选为 1.5-6μm。第一涂层的厚度在上述范围内时，有助于在隔离膜表面形成致密且均匀的中间层，更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，由此可以更好地诱导锂均匀的沉积，减缓甚至抑制锂枝晶的生长，并可以有效减少局部生成尖锐的锂枝晶，进而可以减少甚至避免由于锂枝晶刺破隔离膜而出现电池内部短路的问题。此外，第一涂层的厚度在上述范围内时，隔离膜可具有较低的内阻、较短的锂离子传输路径和较高的锂离子传输速率，由此可以使电池兼具良好的循环性能和动力学性能。

在一些实施例中，第一涂层的面密度可为 9-12 g/m^2，可选为 10-11.5 g/m^2。第一涂层的面密度在上述范围内时，有助于在隔离膜表面形成致密且均匀的中间层，更好地起到促进锂离子传输、均匀锂离子流的效果，由此可以更好地诱导锂均匀的沉积，减缓甚至抑制锂枝晶的生长，并可以有效减少局部生成尖锐的锂枝晶，进而可以减少甚至避免由于锂枝晶刺破隔离膜而出现电池内部短路的问题。此外，第一涂层的面密度在上述范围内时，隔离膜可具有较低的内阻、较短的锂离子传输路径和较高的锂离子传输速率，由此可以使电池兼具良好的循环性能和动力学性能。

在一些实施例中，第二涂层还可包括第二粘结剂。本申请对第二粘结剂的种类没有特别的限制，作为示例，第二粘结剂可包括但不限于偏氟乙烯均聚物和/或共聚物、羧甲基纤维素钠、丁苯橡胶中的一种或多种。

在一些实施例中，第二颗粒与第二粘结剂的质量比可为 100:（1-25），可选为 100:（8-22）。适量的第二粘结剂可以提升第二涂层的耐热性和均一性，并可以有效避免出现如掉粉等问题，还有利于隔离膜具有良好的离子导通能力。

在一些实施例中，第二涂层还可包括第二分散剂。本申请对第二分散剂的种类没有特别的限制，作为示例，第二分散剂可包括但不限于水解聚马来酸酐、聚丙烯酸、丙烯酸嵌段共聚物、聚酯嵌段共聚物、聚乙二醇型多元醇、聚乙烯亚胺、及其各自的衍生物中的一种或多种。衍生物通常指在聚合物中的氢原子或原子团被其他原子或原子团取代而衍生的产物。

在一些实施例中，第二颗粒与第二分散剂的质量比可为 100:（0.5-4.0），可选为 100:（1.0-2.0）。适量的第二分散剂可以使得浆料分散均匀，有利于涂布，还有利于提升第二涂层的膜层质量。

在一些实施例中，第二涂层还可包括第二增稠剂。本申请对第二增稠剂的种类没有特别的限制，作为示例，第二增稠剂可包括但不限于羟甲基纤维素钠、甲基纤维素、羟乙基纤维素、羟丙基甲基纤维素、聚丙烯酸盐、聚氨酯、聚醚中的一种或多种。

在一些实施例中，第二颗粒与第二增稠剂的质量比可为 100:（5-30），可选为 100：（10-25）。适量的第二增稠剂可以提升浆料的稳定性，有利于涂布，还有利于提升第二涂层的膜层质量。

在一些实施例中，第二涂层的厚度可为 1-7μm，可选为 1.5-6μm。第二涂层的厚度在上述范围内时，可以使第二涂层更好地起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶以及避免锂枝晶进一步生长的效果，由此可以有效减少甚至避免锂枝晶接触正极而出现电池内部短路的问题。此外，第二涂层的厚度在上述范围内时，隔离膜可具有较低的内阻、较短的锂离子传输路径和较高的锂离子传输速率，由此可以使电池兼具良好的循环性能和动力学性能。

在一些实施例中，第二涂层的面密度可为 4-14 g/m^2，可选为 8-12 g/m^2。第二涂层的面密度在上述范围内时，可以使第二涂层更好地起到与锂枝晶反应、及时消耗掉锂枝晶以及避免锂枝晶进一步生长的效果，由此可以有效减少甚至避免锂枝晶接触正极而出现电池内部短路的问题。此外，第二涂层的面密度在上述范围内时，隔离膜可具有较低的内阻、较短的锂离子传输路径和较高的锂离子传输速率，由此可以使电池兼具良好的循环性能和动力学性能。

在一些实施例中，多孔基材的厚度可为 4-15μm，可选为 5-10μm。

在一些实施例中，多孔基材可包括但不限于聚烯烃（例如聚乙烯、聚丙烯等）、卤代聚烯烃（例如聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯、聚氯乙烯等）、聚酰胺、聚酯（例如聚对苯二甲酸乙二醇酯等）、及其各自的衍生物中的一种或多种。

衍生物通常指聚合物中的氢原子或原子团被其他原子或原子团取代而衍生的产物。

在一些实施例中，多孔基材的重均分子量可为 100000-1000000。

多孔基材的重均分子量具有本领域公知的含义，可以采用本领域已知的方法进行测量。例如，可通过凝胶渗透色谱法（GPC）进行测试。

在一些实施例中，隔离膜的总厚度可为 8-25μm，可选为 8-18μm。由此可以使隔离膜具有较低的内阻、较短的锂离子传输路径和较高的锂离子传输速率，从而可以使电池兼具良好的循环性能和动力学性能。

在一些实施例中，隔离膜的孔隙率可为 40%-80%，可选为 45%-70%。由此有助于隔离膜具有良好的透气性和较高的离子传输能力。

隔离膜的孔隙率具有本领域公知的含义，可以采用本领域已知的方法进行测量。例如，可参照标准 GB/T 36363-2018 进行测试。

在一些实施例中，隔离膜的横向（TD）拉伸强度可为 1000-1500 kgf/cm^2，可选为 1100-1300 kgf/cm^2。由此可以提升电池的可靠性。

隔离膜的横向拉伸强度具有本领域公知的含义，可以采用本领域已知的方法进行测量。例如，可参照标准 GB/T 36363-2018 进行测试。测试时，拉伸速率可为 50mm/min。

在一些实施例中，隔离膜的第一涂层与多孔基材的剥离强度可为 8.9-13.2 N/m，可选为 9.1-11.8 N/m。

在一些实施例中，隔离膜的第二涂层与多孔基材的剥离强度可为 12.9-20.6 N/m，可选为 13.5-17.8 N/m。

隔离膜具有高剥离强度，由此可以提升电池的可靠性。

隔离膜的剥离强度具有本领域公知的含义，可以采用本领域已知的方法进行测量。例如，可参照标准 GB/T 36363-2018 进行测试。

在一些实施例中，隔离膜的穿刺强度可为 9.60 - 11.50 $N•\mu m^{-1}$，可选为 9.80 - 10.90 $N•\mu m^{-1}$。由此可以提升电池的可靠性。

隔离膜的穿刺强度具有本领域公知的含义，可以采用本领域已知的方法进行测量。例如，可参照标准 GB/T 36363-2018 进行测试。

在一些实施例中，隔离膜 25℃的离子电导率可为 1.40-2.50 $mS•cm^{-1}$，可选为 1.60-2.15 $mS•cm^{-1}$。由此可以提升电池的循环性能和动力学性能。

隔离膜的离子电导率可通过电化学阻抗谱实验测试得到。例如，可将隔离膜裁成一定面积的圆片，烘干后，置于两个不锈钢电极之间，待吸收足够量的电解液后密封形成扣式电池，进行电化学阻抗谱实验。使用限域性对称电池电化学阻抗谱法测得不同隔离膜层数 n 的电阻 Rs 作为隔离膜电阻，以 Rs 和 n 作图得到斜率 k（对应单层隔离膜的电阻），根据单层隔离膜的电阻、隔离膜的面积、隔离膜的厚度（单层厚度），计算得到隔离膜的离子电导率。

颗粒的体积分布粒径 Dv50 为本领域公知的含义，可采用本领域已知的仪器及方法进行测定。例如可以参照 GB/T 19077-2016，采用激光粒度分析仪（例如 Master Size 3000）进行测试。

[隔离膜的制备方法]

本申请的实施例还提供一种隔离膜的制备方法。

制备方法包括如下步骤：提供多孔基材；提供第一涂层浆料和第二涂层浆料，第一涂层浆料包括第一颗粒，第一颗粒包括固态电解质，且干燥后的第一涂层中的第一颗粒的含量大于 50 重量%，第二涂层浆料包括第二颗粒，第二颗粒包括能与锂枝晶反应的无机颗粒，且干燥后的第二涂层中的第二颗粒的含量大于 50 重量%；将第一涂层浆料和第二涂层浆料分别涂布在多孔基材的两个表面上，干燥后，获得隔离膜。

在一些实施例中，第一涂层浆料还可包括第三颗粒。

在一些实施例中，第一涂层浆料还可包括第一粘结剂、第一分散剂和第一增稠剂中的一种或多种。

在一些实施例中，提供第一涂层浆料的步骤可包括如下步骤：将第一颗粒、第一分散剂、可选的第三颗粒加入到第一溶剂中进行一次分散，得到一次分散溶液；向所得一次分散溶液中加入第一增稠剂进行二次分散，得到二次分散溶液；向所得二次分散溶液中加入第一粘结剂搅拌均匀，得到第一涂层浆料。

可选地，提供第一涂层浆料的步骤中，第一溶剂可以包括去离子水、N,N-二甲基甲酰胺（DMF）、N-甲基吡咯烷酮（NMP）、N,N-二甲基乙酰胺（DMAC）、四氢呋喃（THF）中的一种或多种。

可选地，提供第一涂层浆料的步骤中，一次分散工艺可为超声分散。可选地，超声分散的时间在 2h 以上。

可选地，提供第一涂层浆料的步骤中，二次分散过程中需要进行搅拌。例如，搅拌转速可为 500-1200 rpm，搅拌时间可为 0.5-1.5h。

可选地，提供第一涂层浆料的步骤中，向所得二次分散溶液中加入第一粘结剂后，

可以 500-1200 rpm 的转速搅拌时间 0.5-1.5h。

在一些实施例中，第一涂层浆料的固含量可为 30%-50%，可选为 34%-45%。由此有利于涂布。

在一些实施例中，第二涂层浆料还可包括第二粘结剂、第二分散剂和第二增稠剂中的一种或多种。

在一些实施例中，提供第二涂层浆料的步骤可包括如下步骤：将第二颗粒、第二分散剂加入到第二溶剂中进行一次分散，得到一次分散溶液；向所得一次分散溶液中加入第二增稠剂进行二次分散，得到二次分散溶液；向所得二次分散溶液中加入第二粘结剂搅拌均匀，得到第二涂层浆料。

可选地，提供第二涂层浆料的步骤中，第二溶剂可以包括去离子水、N,N-二甲基甲酰胺（DMF）、N-甲基吡咯烷酮（NMP）、N,N-二甲基乙酰胺（DMAC）、四氢呋喃（THF）中的一种或多种。

可选地，提供第二涂层浆料的步骤中，一次分散工艺可为超声分散。可选地，超声分散的时间在 2h 以上。

可选地，提供第二涂层浆料的步骤中，二次分散过程中需要进行搅拌。例如，搅拌转速可为 500-1200 rpm，搅拌时间可为 0.5-1.5h。

可选地，提供第二涂层浆料的步骤中，向所得二次分散溶液中加入第二粘结剂后可以 500-1200 rpm 的转速搅拌 0.5-1.5h。

在一些实施例中，第二涂层浆料的固含量为 30%-50%，可选为 34%-45%。由此有利于涂布。

在一些实施例中，将第一涂层浆料和第二涂层浆料分别涂布在多孔基材的两个表面上进行干燥时，干燥温度可为 60-120°C。

在一些实施例中，第一涂层浆料和第二涂层浆料的涂布方式可以采用转移涂布、旋转喷涂、浸涂、线棒刮涂等，本申请实施例对此并不限定。

本申请的实施例提供的隔离膜的制备方法中使用的一些原料及其含量等参数可以参考本申请实施方式第一方面的隔离膜，此处不再赘述。

如果没有特别的说明，在本申请的实施例提供的隔离膜的制备方法中所使用的各原料均可以通过商购获得。

[正极极片]

正极极片的结构和组成可根据电池单体的种类进行选择，本申请的实施例对此并不限定。

在一些实施例中，正极极片包括正极集流体以及设置在正极集流体至少一个表面且包括正极活性材料的正极膜层。例如，正极集流体具有在自身厚度方向相对的两个表面，正极膜层设置在正极集流体的两个相对表面中的任意一者或两者上。

正极活性材料包括能够脱出和嵌入锂离子的材料，例如，正极活性材料可包括但不限于锂过渡金属氧化物、含锂磷酸盐、层状结构的金属硫族化物、及其各自的改性化合物中的一种或多种。锂过渡金属氧化物的示例可包括但不限于锂钴氧化物、锂镍氧化物、锂锰氧化物、锂镍钴氧化物、锂锰钴氧化物、锂镍锰氧化物、锂镍钴锰氧化物、锂镍钴铝氧化物、锂钛氧化物、及其各自的改性化合物中的一种或多种。含锂磷酸盐的示例可

包括但不限于磷酸铁锂、磷酸铁锂与碳的复合材料、磷酸锰锂、磷酸锰锂与碳的复合材料、磷酸锰铁锂、磷酸锰铁锂与碳的复合材料、及其各自的改性化合物中的一种或多种。

在一些实施例中，为了进一步提升电池的能量密度，正极活性材料可以包括通式为$Li_aNi_bCo_cM_dO_eD_f$的锂过渡金属氧化物及其改性化合物中的一种或多种。$0.8\leqslant a\leqslant 1.2$，$0.5\leqslant b<1$，$0<c<1$，$0<d<1$，$1\leqslant e\leqslant 2$，$0\leqslant f\leqslant 1$，M包括Ge、Mo、Sn、Mn、Al、Zr、Zn、Cu、Cr、Mg、Fe、V、Ti和B中的一种或多种，D包括N、F、S和Cl中的一种或多种。

作为示例，正极活性材料可包括$LiCoO_2$、$LiNiO_2$、$LiMnO_2$、$LiMn_2O_4$、$LiNi_{1/2}Mn_{1/2}O_2$、$LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$（NCM333）、$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$（NCM523）、$LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$（NCM622）、$LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$（NCM811）、$LiNi_{0.85}Co_{0.15}Al_{0.05}O_2$、$LiFePO_4$、$LiMnPO_4$、$Li_{1.13}Ti_{0.57}Fe_{0.3}S_2$中的一种或多种。

上述各正极活性材料的改性化合物可以是对正极活性材料进行掺杂改性和/或表面包覆改性。

在一些实施例中，正极膜层还可选地包括正极导电剂。本申请对正极导电剂的种类没有特别的限制，作为示例，正极导电剂包括超导碳、导电石墨、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯和碳纳米纤维中的一种或多种。

在一些实施例中，正极膜层还可选地包括正极粘结剂。本申请对正极粘结剂的种类没有特别的限制，作为示例，正极粘结剂可包括聚偏氟乙烯（PVDF）、聚四氟乙烯（PTFE）、偏氟乙烯-四氟乙烯-丙烯三元共聚物、偏氟乙烯-六氟丙烯-四氟乙烯三元共聚物、四氟乙烯-六氟丙烯共聚物、含氟丙烯酸酯类树脂、聚环氧乙烷中的一种或多种。

在一些实施例中，正极集流体可采用金属箔片或复合集流体。作为金属箔片的示例，可采用铝箔。复合集流体可包括高分子材料基层以及形成于高分子材料基层至少一个表面上的金属材料层。作为示例，金属材料可包括铝、铝合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银和银合金中的一种或多种。作为示例，高分子材料基层可包括聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚苯乙烯（PS）和聚乙烯（PE）中的一种或多种。

正极膜层通常是将正极浆料涂布于正极集流体上，经干燥、冷压而成的。正极浆料通常是将正极活性材料、可选的导电剂、可选的粘结剂以及任意的其他组分分散于溶剂中并搅拌均匀而形成的。溶剂可以是N-甲基吡咯烷酮（NMP），但不限于此。

[负极极片]

负极极片的结构和组成可根据电池单体的种类进行选择，本申请的实施例对此并不限定。

在一些实施例中，负极极片可包括负极集流体以及设置在负极集流体至少一个表面上的负极膜层，负极膜层包括负极活性材料，负极活性材料包括能够脱出和嵌入活性离子的材料。例如，负极集流体具有在自身厚度方向相对的两个表面，负极膜层设置在负极集流体的两个相对表面中的任意一者或两者上。

负极活性材料可采用本领域公知的负极活性材料。作为示例，负极活性材料可包括但不限于碳基材料、硅基材料、锡基材料和钛酸锂中的一种或多种。碳基材料可包括天然石墨、人造石墨、软碳、硬碳、热解碳、焦炭、玻璃状碳、有机高分子化合物的烧成体、中间相碳微珠中的一种或多种。硅基材料可包括单质硅、硅氧化物、硅碳复合物、

硅氮复合物和硅合金材料中的一种或多种。锡基材料可包括单质锡、锡氧化物和锡合金材料中的一种或多种。

在一些实施例中，负极膜层还可选地包括负极导电剂。本申请对负极导电剂的种类没有特别的限制，作为示例，负极导电剂可包括超导碳、导电石墨、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯和碳纳米纤维中的一种或多种。

在一些实施例中，负极膜层还可选地包括负极粘结剂。本申请对负极粘结剂的种类没有特别的限制，作为示例，负极粘结剂可包括丁苯橡胶（SBR）、水溶性不饱和树脂SR-1B、水性丙烯酸类树脂（例如，聚丙烯酸 PAA、聚甲基丙烯酸 PMAA、聚丙烯酸钠PAAS）、聚丙烯酰胺（PAM）、聚乙烯醇（PVA）、海藻酸钠（SA）和羧甲基壳聚糖（CMCS）中的一种或多种。

在一些实施例中，负极膜层还可选地包括其他助剂。作为示例，其他助剂可包括增稠剂，例如，羧甲基纤维素钠（CMC）、PTC 热敏电阻材料等。

在一些实施例中，负极集流体可采用金属箔片或复合集流体。作为金属箔片的示例，可采用铜箔。复合集流体可包括高分子材料基层以及形成于高分子材料基层至少一个表面上的金属材料层。作为示例，金属材料可包括铜、铜合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银和银合金中的一种或多种。作为示例，高分子材料基层可包括聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚苯乙烯（PS）和聚乙烯（PE）中的一种或多种。

负极膜层通常是将负极浆料涂布于负极集流体上，经干燥、冷压而成的。负极浆料通常是将负极活性材料、可选的导电剂、可选地粘结剂、其他可选的助剂分散于溶剂中并搅拌均匀而形成的。溶剂可以是 N-甲基吡咯烷酮（NMP）或去离子水，但不限于此。

负极极片并不排除除了负极膜层之外的其他附加功能层。例如，在一些实施例中，负极极片还包括夹在负极集流体和负极膜层之间、设置在负极集流体表面的导电底涂层（例如由导电剂和粘结剂组成）。在一些实施例中，负极极片还包括覆盖在负极膜层表面的保护层。

在一些实施例中，负极极片还可不包括能够脱出和嵌入活性离子的材料，如石墨等。例如，在一些实施例中，负极极片可包括锂片或锂合金片；在另一些实施例中，负极极片包括网状或泡沫状三维骨架层，例如，泡沫铜（或铜合金）、泡沫镍（或镍合金）、铜（或铜合金）网、镍（或镍合金）网等。

[电解液]

电解液包括电解质盐和溶剂。电解质盐和溶剂的种类不受具体的限制，可根据实际需求进行选择。

作为示例，电解质盐可包括但不限于六氟磷酸锂（$LiPF_6$）、四氟硼酸锂（$LiBF_4$）、高氯酸锂（$LiClO_4$）、六氟砷酸锂（$LiAsF_6$）、双氟磺酰亚胺锂（LiFSI）、双三氟甲磺酰亚胺锂（LiTFSI）、三氟甲磺酸锂（LiTFS）、二氟草酸硼酸锂（LiDFOB）、二草酸硼酸锂（LiBOB）、二氟磷酸锂（$LiPO_2F_2$）、二氟二草酸磷酸锂（LiDFOP）和四氟草酸磷酸锂（LiTFOP）中的一种或多种。

在一些实施例中，电解质盐的浓度可为 0.3mol/L 以上，可选为 0.7mol/L 以上，电解质盐的浓度进一步可为 4mol/L 以下，可选为 2.5mol/L 以下、1.7mol/L 以下。

溶剂可包括酯类（例如碳酸酯、磷酸酯、羧酸酯、硫酸酯、磺酸酯等）、醚类、砜类、腈类等中的一种或多种。

例如，当电池单体为锂离子电池单体时，作为示例，溶剂可包括但不限于碳酸乙烯酯（EC）、碳酸丙烯酯（PC）、碳酸丁烯酯、碳酸甲乙酯（EMC）、碳酸二乙酯（DEC）、碳酸二甲酯（DMC）、碳酸二丙酯（DPC）、碳酸甲丙酯（MPC）、碳酸乙丙酯（EPC）、碳酸亚丁酯（BC）、氟代碳酸乙烯酯（FEC）、甲酸甲酯（MF）、乙酸甲酯（MA）、乙酸乙酯（EA）、乙酸丙酯（PA）、丙酸甲酯（MP）、丙酸乙酯（EP）、丙酸丙酯（PP）、丁酸甲酯（MB）、丁酸乙酯（EB）、1,4-丁内酯（GBL）、环丁砜（SF）、二甲砜（MSM）、甲乙砜（EMS）、二乙砜（ESE）、二甲醚四甘醇（TEGDME）、乙二醇二甲醚（DME）、1,3-二氧戊烷（DOL）、磷酸三甲酯、3-甲氧基丙腈中的一种或多种。

例如，当电池单体为锂金属电池单体、无负极锂金属电池单体时，溶剂可包括醚类溶剂和/或氟醚类溶剂，例如可以包括二甲醚四甘醇（TEGDME）、乙二醇二甲醚（DME）、1,3-二氧戊烷（DOL）、$H(CF_2)_2OCH_3$、$C_4F_9OCH_3$、$H(CF_2)_2OCH_2CH_3$、$H(CF_2)_2OCH_2CF_3$、$H(CF_2)_2CH_2O(CF_2)_2H$、$CF_3CHFCF_2OCH_3$、$CF_3CHFCF_2OCH_2CH_3$、2-三氟甲基六氟丙基甲醚、2-三氟甲基六氟丙基乙醚、2-三氟甲基六氟丙基丙醚、3-三氟甲基八氟丁基甲醚、3-三氟甲基八氟丁基乙醚、3-三氟甲基八氟丁基丙醚、4-三氟甲基十氟戊基甲醚、4-三氟甲基十氟戊基乙醚、4-三氟甲基十氟戊基丙醚、5-三氟甲基十二氟己基甲醚、5-三氟甲基十二氟己基乙醚、5-三氟甲基十二氟己基丙醚、6-三氟甲基十四氟庚基甲醚、6-三氟甲基十四氟庚基乙醚、6-三氟甲基十四氟庚基丙醚、7-三氟甲基十六氟辛基甲醚、7-三氟甲基十六氟辛基乙醚、7-三氟甲基十六氟辛基丙醚中的一种或多种。

在一些实施例中，电解液中还可选地包括添加剂。例如，添加剂可以包括负极成膜添加剂，也可以包括正极成膜添加剂，还可以包括能够改善电池某些性能的添加剂，例如改善电池过充性能的添加剂、改善电池高温性能的添加剂、改善电池低温功率性能的添加剂等。

本申请的实施例还提供一种用电装置，用电装置包括本申请的电池。电池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。用电装置可以但不限于是移动设备（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。

用电装置可以根据其使用需求来选择电池的具体种类，例如可为电池单体、电池模块或电池包。

图 7 是作为一个示例的用电装置的示意图。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电源。

作为另一个示例的用电装置可以是手机、平板电脑、笔记本电脑等。该用电装置通常要求轻薄化，可以采用电池单体作为电源。

实施例

下述实施例更具体地描述了本申请公开的内容，这些实施例仅仅用于阐述性说明，

因为在本申请公开内容的范围内进行各种修改和变化对本领域技术人员来说是明显的。除非另有声明，以下实施例中所报道的所有份、百分比和比值都是基于质量计，而且实施例中使用的所有试剂都可商购获得或是按照常规方法进行合成获得，并且可直接使用而无需进一步处理，以及实施例中使用的仪器均可商购获得。

实施例 1-27 的隔离膜均按照如下方法进行制备。

多孔基材的制备

将厚度为 7μm 聚乙烯多孔膜经过乙醇或丙酮清洗后、在 60°C 下干燥和铺平后进行等离子处理 4min，获得多孔基材，备用。

第一涂层浆料的制备

将表 1 所示第一颗粒、第三颗粒、第一分散剂丙烯酸嵌段共聚物和第一溶剂 NMP 混合，在超声清洗机中超声分散 2h，得到一次分散溶液。向所得一次分散溶液中加入第一增稠剂羟甲基纤维素钠进行二次分散，得到二次分散溶液，搅拌转速为 1100rpm，搅拌时间为 1h。向所得二次分散溶液中加入第一粘结剂 PVDF，以 900rpm 搅拌 60min，结束后得到第一涂层浆料。实施例 1-27 中，第一颗粒、第三颗粒、第一粘结剂、第一增稠剂、第一分散剂的质量比如表 1 所示。表 1 中，$Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ 简写为 LATP，$LiTi_2(PO_4)_3$ 简写为 LTP，$Li_7La_3Zr_2O_{12}$ 简写为 LLZO。

第二涂层浆料的制备

将表 1 所示第二颗粒、第二分散剂丙烯酸嵌段共聚物和第二溶剂 NMP 混合，在超声清洗机中超声分散 2h，得到一次分散溶液。向所得一次分散溶液中加入第二增稠剂羟甲基纤维素钠进行二次分散，得到二次分散溶液，搅拌转速为 1100rpm，搅拌时间为 1h。向所得二次分散溶液中加入第二粘结剂 PVDF，以 900rpm 搅拌 60min，结束后得到第二涂层浆料。实施例 1-27 中，第二颗粒、第二粘结剂、第二增稠剂、第二分散剂的质量比如表 1 所示。

隔离膜的制备

将第一涂层浆料和第二涂层浆料分别通过线棒涂布的方式涂覆在多孔基材的两侧，在 60°C 下真空烘干 30min，得到隔离膜。实施例 1-27 中，第一涂层和第二涂层的厚度如表 1 所示。

对比例 1

多孔基材的制备

将厚度为 7μm 聚乙烯多孔膜经过乙醇或丙酮清洗后、在 60°C 下干燥和铺平后进行等离子处理 4min，获得多孔基材，备用。

涂层浆料的制备

将 $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$、分散剂丙烯酸嵌段共聚物和溶剂 NMP 混合，在超声清洗机中超声分散 2h，得到一次分散溶液。向所得一次分散溶液中加入增稠剂羟甲基纤维素钠进行二次分散，得到二次分散溶液，搅拌转速为 1100rpm，搅拌时间为 1h。向所得二次分散溶液中加入粘结剂 PVDF，以 900rpm 搅拌 60min，结束后得到涂层浆料。$Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$、粘结剂、增稠剂、分散剂的质量比为 100:25.0:2.5:30.0。

隔离膜的制备

将涂层浆料通过线棒涂布的方式涂覆在多孔基材的两侧，在60°C下真空烘干30min，得到隔离膜。位于多孔基材两侧的涂层的厚度均为4μm。

对比例 2

多孔基材的制备

将厚度为 7μm 聚乙烯多孔膜经过乙醇或丙酮清洗后、在 60°C 下干燥和铺平后进行等离子处理 4min，获得多孔基材，备用。

涂层浆料的制备

将 SiO 颗粒、分散剂丙烯酸嵌段共聚物和溶剂 NMP 混合，在超声清洗机中超声分散 2h，得到一次分散溶液。向所得一次分散溶液中加入增稠剂羟甲基纤维素钠进行二次分散，得到二次分散溶液，搅拌转速为1100rpm，搅拌时间为1h。向所得二次分散溶液中加入粘结剂 PVDF，以 900rpm 搅拌 60min，结束后得到涂层浆料。SiO 颗粒、粘结剂、增稠剂、分散剂的质量比为 100:25.0:2.5:30.0。

隔离膜的制备

将涂层浆料通过线棒涂布的方式涂覆在多孔基材的两侧，在60°C下真空烘干30min，得到隔离膜。位于多孔基材两侧的涂层的厚度均为4μm。

对比例 3

多孔基材的制备

将厚度为 7μm 聚乙烯多孔膜经过乙醇或丙酮清洗后、在 60°C 下干燥和铺平后进行等离子处理 4min，获得多孔基材，备用。

第一涂层浆料的制备

将第一颗粒 $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$（体积分布粒径 Dv50 为 0.5μm）、第一分散剂丙烯酸嵌段共聚物和第一溶剂 NMP 混合，在超声清洗机中超声分散 2h，得到一次分散溶液。向所得一次分散溶液中加入第一增稠剂羟甲基纤维素钠进行二次分散，得到二次分散溶液，搅拌转速为 1100rpm，搅拌时间为 1h。向所得二次分散溶液中加入第一粘结剂 PVDF，以 900rpm 搅拌 60min，结束后得到第一涂层浆料。第一颗粒、第一粘结剂、第一增稠剂、第一分散剂的质量比为 100:65:5:75。

第二涂层浆料的制备

将第二颗粒 SiO（体积分布粒径 Dv50 为 1μm）、第二分散剂丙烯酸嵌段共聚物和第二溶剂 NMP 混合，在超声清洗机中超声分散 2h，得到一次分散溶液。向所得一次分散溶液中加入第二增稠剂羟甲基纤维素钠进行二次分散，得到二次分散溶液，搅拌转速为1100rpm，搅拌时间为1h。向所得二次分散溶液中加入第二粘结剂PVDF，以900rpm搅拌60min，结束后得到第二涂层浆料。第二颗粒、第二粘结剂、第二增稠剂、第二分散剂的质量比为100:65:5:75。

将第一涂层浆料和第二涂层浆料分别通过线棒涂布的方式涂覆在多孔基材的两侧，在 60°C 下真空烘干 30min，得到隔离膜。第一涂层和第二涂层的厚度均为4μm。

上述实施例 1-27 和对比例 1-3 中，当隔离膜用于电池中时，第一涂层均面向负极、第二涂层均面向正极。

对比例 4

隔离膜的制备方法与实施例 1 相同，不同之处在于，当隔离膜用于电池中时，将实施

例 1 制备的隔离膜的第一涂层设置成面向正极、第二涂层设置成面向负极。

性能测试

（1）隔离膜的横向拉伸强度测试

依据 GB/T 36363-2018 测试隔离膜横向方向的拉伸强度。将隔离膜裁切成宽度 10mm、长度 150mm 的样品（长度方向平行于隔离膜横向方向）进行测试。测试仪器可为万能拉力机，拉伸速率可为 50mm/min。测试时，隔离膜样品的数量可为 6 个以上，测试结果取平均值。

（2）隔离膜的穿刺强度测试

依据 GB/T 36363-2018 测试隔离膜的穿刺强度。将隔离膜裁切成宽度 10mm、长度 150mm 的样品，用钢针以 50mm/min 的速率进行穿刺，读取钢针穿透隔离膜时的最大负荷。测试时，隔离膜样品的数量可为 6 个以上，每个隔离膜样品取 3 个点，测试结果取平均值。钢针的直径可为 1mm，球形顶端半径可为 0.5mm，钢针的表面光洁、无锈蚀、氧化层及油污。

（3）隔离膜的离子电导率测试

隔离膜的离子电导率通过电化学阻抗谱实验测试得到。具体地，将隔离膜裁成直径为 22mm 的圆片，烘干后，置于两个不锈钢电极之间，待吸收足够量的电解液后密封形成扣式电池，采用电化学工作站进行电化学阻抗谱实验。电解液的电解质盐为 LiDFOB，浓度为 1.2mol/L；电解液的溶剂采用碳酸乙烯酯（EC）和碳酸甲乙酯（EMC）的混合物，质量比为 30:70。使用限域性对称电池电化学阻抗谱法测得不同隔离膜层数 n 的电阻 Rs 作为隔离膜电阻，以 Rs 和 n 作图得到斜率 k（对应单层隔离膜的电阻），根据单层隔离膜的电阻、隔离膜的面积、隔离膜的厚度（单层厚度），计算得到隔离膜的离子电导率。

电化学工作站可采用上海辰华 CHI 660C 电化学工作站，交流信号频率范围为 0.01Hz 至 1MHz，正弦波电位幅值为 5mV。为了准确性，取 6 个平行样品的平均值作为测试结果。

测试结果示出在表 2 中。

表 1

序号	第一涂层					第二涂层			
	第一颗粒	第三颗粒	第一颗粒和第三颗粒的 Dv50 (μm)	第一颗粒：第三颗粒：第一粘结剂：第一分散剂：第一增稠剂	厚度 (μm)	第二颗粒	第二颗粒的 Dv50 (μm)	第二颗粒：第二粘结剂：第二分散剂：第二增稠剂	厚度 (μm)
实施例 1	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 2	LATP	/	0.5	100:0:20.6:1.6:20.6	4	SiO	1	100:20.6:1.6:20.6	4
实施例 3	LATP	/	0.5	100:0:21.3:1.8:25.0	4	SiO	1	100:21.3:1.8:25.0	4
实施例 4	LATP	/	0.5	100:0:20.0:1.7:23.9	4	SiO	1	100:20.0:1.7:23.9	4
实施例 5	LATP	/	0.5	100:0:25.0:2.5:30.0	4	SiO	1	100:25.0:2.5:30.0	4
实施例 6	LATP	/	0.5	100:0:8.5:1.5:12.0	4	SiO	1	100:8.5:1.5:12.0	4
实施例 7	LLZO	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 8	LTP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 9	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO_2	1	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 10	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	4	Al_2O_3	1	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 11	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	4	Fe_2O_3	1	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 12	LATP	/	0.1	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 13	LATP	/	1	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 14	LATP	/	3	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 15	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO	0.5	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 16	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO	2	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 17	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO	3	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 18	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	4	SiO	5	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 19	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	1	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	7
实施例 20	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	1.5	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	6.5
实施例 21	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	2	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	6
实施例 22	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	3	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	5
实施例 23	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	5	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	3
实施例 24	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	6	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	2
实施例 25	LATP	/	0.5	100:0:13.5:1.5:23.6	7	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	1
实施例 26	LATP	SiO	0.5	95:5:13.5:1.5:23.6	4	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	4
实施例 27	LATP	SiO	0.5	84:16:13.5:1.5:23.6	4	SiO	1	100:13.5:1.5:23.6	4

接下来将上述隔离膜组装成扣式电池后，进行电化学性能的测试。

扣式电池可按照如下方法制备。

将磷酸铁锂、导电剂炭黑（Super P）、粘结剂聚偏氟乙烯（PVDF）按照质量比 8:1:1 在适量的溶剂 N-甲基吡咯烷酮（NMP）中混合均匀，得到正极浆料；将正极浆料涂布于正极集流体铝箔上，干燥后，得到正极极片。在氩气保护的手套箱中，将正极极片、隔离膜、锂片组装成 CR2430 型扣式电池。电解液的电解质盐为 LiDFOB，浓度为 1.2mol/L；电解液的溶剂采用碳酸乙烯酯（EC）和碳酸甲乙酯（EMC）的混合物，质量比为 30:70。

实施例 1-27 和对比例 1-3 的隔离膜的第一涂层均面向锂片，第二涂层均面向正极极片。对比例 4 采用与实施例 1 相同的隔离膜，不同之处在于将实施例 1 制备的隔离膜的第一涂层设置成面向正极极片、第二涂层面向锂片。

在 25°C 下，将扣式电池以 0.1C 恒流充电至 3.65V，接着以 3.65V 恒压充电至 0.02C；将扣式电池静置 10min 后，以 0.1C 恒流放电至 2.5V。将扣式电池按照上述方法循环两圈后，再进行如下循环性能测试。

首先，将扣式电池以 0.33C 恒流充电至 3.65V，接着以 3.65V 恒压充电至 0.02C，使扣式电池满充；接着将扣式电池静置 10min 后，以 0.33C 恒流放电至 2.5V，此为一个循环充放电过程，记录此时的放电容量，即为第 1 圈的放电容量。

将扣式电池按照上述方法循环 100 圈。计算扣式电池第 21 圈至第 100 圈的库伦效率的平均值，作为扣式电池的平均库伦效率。库伦效率=放电容量/充电容量。扣式电池循环 100 圈后的容量保持率=第 100 圈的放电容量/第 20 圈的放电容量。

将扣式电池按照上述方法进行循环充放电测试，记录每圈循环后的放电容量，直至扣式电池的放电容量衰减为第 1 圈放电容量的 70%，用此时的循环圈数表征电池的循环性能。

测试结果示出在表 2 中。

表 2

序号	隔离膜的性能					电池性能		
	第一涂层中的第一颗粒的含量	第二涂层中的第二颗粒的含量	横向拉伸强度 kgf/cm^2	穿刺强度 N·μm^{-1}	离子电导率 mS·cm^{-1}	平均库伦效率	循环 100 圈容量保持率	循环圈数
实施例 1	72.2%	72.2%	1200	10.13	1.79	99.59%	97.00%	362
实施例 2	70.0%	70.0%	1185	10.12	1.76	99.61%	96.20%	346
实施例 3	68.7%	68.7%	1183	10.11	1.74	99.51%	96.00%	331
实施例 4	67.5%	67.5%	1183	10.01	1.72	99.42%	95.60%	308
实施例 5	63.5%	63.5%	1180	9.98	1.69	99.21%	94.78%	284
实施例 6	82.0%	82.0%	1221	10.14	1.81	99.63%	96.82%	351
实施例 7	72.2%	72.2%	1185	9.91	1.73	99.15%	95.50%	327
实施例 8	72.2%	72.2%	1190	10.22	1.77	99.26%	96.00%	339
实施例 9	72.2%	72.2%	1198	10.11	1.69	99.52%	95.30%	297
实施例 10	72.2%	72.2%	1195	10.03	1.71	99.48%	96.00%	343
实施例 11	72.2%	72.2%	1194	10.06	1.43	99.02%	94.52%	328

实施例 12	72.2%	72.2%	1205	10.02	1.72	99.56%	96.97%	357
实施例 13	72.2%	72.2%	1156	10.14	1.80	99.54%	96.00%	339
实施例 14	72.2%	72.2%	1143	10.17	1.89	99.45%	95.70%	335
实施例 15	72.2%	72.2%	1172	10.11	1.75	99.42%	96.21%	341
实施例 16	72.2%	72.2%	1153	10.16	1.80	99.57%	96.62%	320
实施例 17	72.2%	72.2%	1150	10.20	1.78	99.54%	95.00%	319
实施例 18	72.2%	72.2%	1142	10.23	1.77	99.35%	94.42%	298
实施例 19	72.2%	72.2%	1142	10.01	1.73	99.49%	95.79%	330
实施例 20	72.2%	72.2%	1155	10.02	1.75	99.52%	96.00%	332
实施例 21	72.2%	72.2%	1169	10.05	1.76	99.54%	96.02%	334
实施例 22	72.2%	72.2%	1182	10.07	1.79	99.60%	96.21%	341
实施例 23	72.2%	72.2%	1201	10.14	1.82	99.55%	96.93%	349
实施例 24	72.2%	72.2%	1202	10.15	1.82	99.47%	96.00%	329
实施例 25	72.2%	72.2%	1205	10.15	1.83	99.40%	95.91%	325
实施例 26	68.6%	72.2%	1167	10.15	1.75	99.52%	99.65%	371
实施例 27	60.6%	72.2%	1157	10.13	1.72	99.49%	96.21%	351
对比例 1	/	/	1098	10.01	1.83	98.50%	93.20%	197
对比例 2	/	/	973	9.38	1.46	98.10%	91.70%	164
对比例 3	40.8%	40.8%	989	9.54	1.55	98.22%	90.25%	152
对比例 4	72.2%	72.2%	1200	10.13	1.79	98.82%	93.21%	224

综合表 1 和表 2 可知，通过在多孔基材的两个表面上分别设置面向负极的第一涂层和面向正极的第二涂层，使第一涂层包括第一颗粒（固态电解质），且第一涂层中的第一颗粒的含量大于 50 重量%，使第二涂层包括第二颗粒（能与锂枝晶反应的无机颗粒），且第二涂层中的第二颗粒的含量大于 50 重量%，由此获得的隔离膜可兼具良好的机械强度和良好的离子导通能力。

综合表 1 和表 2 还可知，本申请的实施例提供的隔离膜可使电池具有良好的循环性能，并可以有效降低电池内部短路的概率。

综合表 1 和表 2 还可知，当第一涂层除包括固态电解质之外，还包括少量，例如不超过 10 重量%的第三颗粒（能与锂枝晶反应的无机颗粒）时，可以进一步改善电池的循环性能。

需要说明的是，本申请不限定于上述实施方式。上述实施方式仅为示例，在本申请的技术方案范围内具有与技术思想实质相同的构成、发挥相同作用效果的实施方式均包含在本申请的技术范围内。此外，在不脱离本申请主旨的范围内，对实施方式施加本领域技术人员能够想到的各种变形、将实施方式中的一部分构成要素加以组合而构筑的其他方式也包含在本申请的范围内。

权 利 要 求 书

1．一种隔离膜，其中，所述隔离膜包括多孔基材以及分别位于所述多孔基材的两个表面上的第一涂层和第二涂层，用于电池时，所述第一涂层面向负极，所述第二涂层面向正极；

所述第一涂层包括第一颗粒，所述第一颗粒包括固态电解质，且所述第一涂层中的所述第一颗粒的含量大于 50 重量%；

所述第二涂层包括第二颗粒，所述第二颗粒包括能与锂枝晶反应的无机颗粒，且所述第二涂层中的所述第二颗粒的含量大于 50 重量%。

2．根据权利要求 1 所述的隔离膜，其中，

所述第一涂层中的所述第一颗粒的含量大于等于 60 重量%，可选为大于等于 65 重量%，更可选为 65-85 重量%；和/或，

所述第二涂层中的所述第二颗粒的含量大于等于 60 重量%，可选为大于等于 65 重量%，更可选为 65-85 重量%。

3．根据权利要求 1 或 2 所述的隔离膜，其中，所述第一涂层还包括第三颗粒；

可选地，所述第三颗粒包括能与锂枝晶反应的无机颗粒；和/或，

可选地，所述第一涂层中的所述第三颗粒的含量大于 0 且小于等于 10 重量%，可选为大于 0 且小于等于 5 重量%；和/或，

可选地，所述第三颗粒的体积分布粒径 Dv50 为 0.05-3μm，可选为 0.1-1μm。

4．根据权利要求 1-3 任一项所述的隔离膜，其中，所述固态电解质包括无机固态电解质；

可选地，所述无机固态电解质的电导率大于等于 10^{-7} S/cm，更可选为大于等于 10^{-4} S/cm。

5．根据权利要求 4 所述的隔离膜，其中，所述无机固态电解质包括氧化物型无机固态电解质、硫化物型无机固态电解质和卤化物型无机固态电解质中的一种或多种；

可选地，所述氧化物型无机固态电解质包括 NASICON 型固态电解质、石榴石型固态电解质、钙钛矿型固态电解质、LISICON 型固态电解质中的一种或多种；和/或，

可选地，所述硫化物型无机固态电解质包括硫化物型晶态固态电解质和硫化物玻璃型固态电解质中的一种或多种。

6．根据权利要求 4 或 5 所述的隔离膜，其中，所述无机固态电解质包括磷酸钛锂（$Li_xTi_y(PO_4)_3$，$0<x<2$，$0<y<3$）、磷酸钛铝锂（$Li_xAl_yTi_z(PO_4)_3$，LATP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、磷酸锗铝锂（$Li_xAl_yGe_z(PO_4)_3$，LAGP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、磷酸锆铝锂（$Li_xAl_yZr_z(PO_4)_3$，LAZP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、磷酸铬铝锂（$Li_xAl_yCr_z(PO_4)_3$，LACP，$0<x<2$，$0<y<1$，$0<z<3$）、$(LiAlTiP)_xO_y$ 型玻璃（$0<x<4$，$0<y<13$）、钛酸镧锂（$Li_xLa_yTiO_3$，$0<x<2$，$0<y<3$）、锂澜锆氧化物（$Li_7La_3Zr_2O_{12}$，LLZO）、锂澜铊氧化物（$Li_5La_3Ta_2O_{12}$，LLTA）、锂锌锗氧化物（$Li_{14}ZnGe_4O_{16}$）、锂硫银锗矿电解质 Li_6PS_5X（X 包括选自 Cl、Br、I 中的一种或多种）、SiS_2 型玻璃（$Li_xSi_yS_z$，$0<x<3$，$0<y<2$，$0<z<4$）、P_2S_5 型玻璃（$Li_xP_yS_z$，$0<x<3$，$0<y<3$，$0<z<7$）、Li_3PS_4、$Li_7P_3S_{11}$、$Li_{10}GeP_2S_{12}$、及其各自的掺杂化合物中的一种或多种；可选地包括磷酸

钛锂（$Li_xTi_y(PO_4)_3$，0<x<2，0<y<3）、磷酸钛铝锂（$Li_xAl_yTi_z(PO_4)_3$，LATP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、磷酸锗铝锂（$Li_xAl_yGe_z(PO_4)_3$，LAGP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、磷酸锆铝锂（$Li_xAl_yZr_z(PO_4)_3$，LAZP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、磷酸铬铝锂（$Li_xAl_yCr_z(PO_4)_3$，LACP，0<x<2，0<y<1，0<z<3）、及其各自的掺杂化合物中的一种或多种。

7．根据权利要求 1-6 任一项所述的隔离膜，其中，所述能与锂枝晶反应的无机颗粒包括无机陶瓷颗粒；

可选地，所述无机陶瓷包括氧化铝、二氧化硅、氧化亚硅、三氧化二铁、四氧化三铁、一氧化钴、四氧化三钴、一氧化锡、二氧化锡、氧化镍、磷酸铁、氧化铜、氧化钛、氧化锆、氧化钡、氧化钙、氧化镁、氮化铝、氮化硅、氮化硼、钛酸锆、钛酸钡、及其各自的改性材料中的一种或多种，

更可选为包括氧化铝、二氧化硅、氧化亚硅、一氧化钴、四氧化三钴、一氧化锡、二氧化锡、氧化镍、磷酸铁、氧化铜、氧化钛、及其各自的改性材料中的一种或多种。

8．根据权利要求 1-7 任一项所述的隔离膜，其中，

所述第一颗粒的体积分布粒径 Dv50 为 0.05-3μm，可选为 0.1-1μm；和/或，

所述第二颗粒的体积分布粒径 Dv50 为 0.5-5μm，可选为 1-3μm。

9．根据权利要求 1-8 任一项所述的隔离膜，其中，所述第一涂层还包括第一粘结剂、第一分散剂和第一增稠剂中的一种或多种；

可选地，所述第一颗粒与所述第一粘结剂的质量比为 100:（1-25），更可选为 100:（5-22）；和/或，

可选地，所述第一颗粒与所述第一分散剂的质量比为 100:（1.0-3.5），更可选为 100:（1.2-2.5）；和/或，

可选地，所述第一颗粒与所述第一增稠剂的质量比为 100:（10-30），更可选为 100:（12-26）。

10．根据权利要求 9 所述的隔离膜，其中，

所述第一粘结剂包括偏氟乙烯均聚物和/或共聚物、羧甲基纤维素钠、丁苯橡胶中的一种或多种；和/或，

所述第一分散剂包括水解聚马来酸酐、聚丙烯酸、丙烯酸嵌段共聚物、聚酯嵌段共聚物、聚乙二醇型多元醇、聚乙烯亚胺、及其各自的衍生物中的一种或多种；和/或，

所述第一增稠剂包括羟甲基纤维素钠、甲基纤维素、羟乙基纤维素、羟丙基甲基纤维素、聚丙烯酸盐、聚氨酯、聚醚中的一种或多种。

11．根据权利要求 1-10 任一项所述的隔离膜，其中，所述第二涂层还包括第二粘结剂、第二分散剂和第二增稠剂中的一种或多种；

可选地，所述第二颗粒与所述第二粘结剂的质量比为 100:（1-25），更可选为 100:（8-22）；和/或，

可选地，所述第二颗粒与所述第二分散剂的质量比为 100:（0.5-4.0），更可选为 100:（1.0-2.0）；和/或，

可选地，所述第二颗粒与所述第二增稠剂的质量比为 100:（5-30），更可选为 100：（10-25）。

12．根据权利要求 11 所述的隔离膜，其中，

所述第二粘结剂包括偏氟乙烯均聚物和/或共聚物、羧甲基纤维素钠、丁苯橡胶中的一种或多种；和/或，

所述第二分散剂包括水解聚马来酸酐、聚丙烯酸、丙烯酸嵌段共聚物、聚酯嵌段共聚物、聚乙二醇型多元醇、聚乙烯亚胺、及其各自的衍生物中的一种或多种；和/或，

所述第二增稠剂包括羟甲基纤维素钠、甲基纤维素、羟乙基纤维素、羟丙基甲基纤维素、聚丙烯酸盐、聚氨酯、聚醚中的一种或多种。

13．根据权利要求 1-12 任一项所述的隔离膜，其中，

所述第一涂层的面密度为 9-12 g/m^2，可选为 10-11.5 g/m^2；和/或，

所述第二涂层的面密度为 4-14 g/m^2，可选为 8-12 g/m^2。

14．根据权利要求 1-13 任一项所述的隔离膜，其中，所述第一涂层的厚度与所述第二涂层的厚度之比为(0.2-5):1，可选为(0.25-4):1。

15．根据权利要求 1-14 任一项所述的隔离膜，其中，

所述第一涂层的厚度为 1-7μm，可选为 1.5-6μm；和/或，

所述第二涂层的厚度为 1-7μm，可选为 1.5-6μm；和/或，

所述隔离膜的总厚度为 8-25μm，可选为 8-18μm。

16．根据权利要求 1-15 任一项所述的隔离膜，其中，

所述多孔基材包括聚烯烃、卤代聚烯烃、聚酰胺、聚酯、及其各自的衍生物中的一种或多种；和/或，

所述多孔基材的厚度为 4-15μm，可选为 5-10μm。

17．根据权利要求 1-16 任一项所述的隔离膜，其中，所述隔离膜满足如下中的至少一者：

（1）所述隔离膜的孔隙率为 40%-80%，可选为 45%-70%；

（2）所述隔离膜的横向拉伸强度为 1000-1500 kgf/cm^2，可选为 1100-1300 kgf/cm^2；

（3）所述隔离膜的第一涂层与多孔基材的剥离强度为 8.9-13.2 N/m，可选为 9.1-11.8 N/m；

（4）所述隔离膜的第二涂层与多孔基材的剥离强度为 12.9-20.6 N/m，可选为 13.5-17.8 N/m；

（5）所述隔离膜的穿刺强度为 9.60-11.50 N•μm^{-1}，可选为 9.80-10.90 N•μm^{-1}；

（6）所述隔离膜 25℃的离子电导率为 1.40-2.50 mS•cm^{-1}，可选为 1.60-2.15 mS•cm^{-1}。

18．一种电池，包括电池单体以及箱体，所述电池单体包括正极极片、负极极片以及权利要求 1-17 任一项所述的隔离膜，且所述隔离膜的第一涂层面向所述负极极片，所述隔离膜的第二涂层面向所述正极极片。

19. 根据权利要求 18 所述的电池，其中，所述电池单体包括锂离子电池单体、锂金属电池单体、无负极锂金属电池单体、锂硫电池单体、锂空气电池单体中的至少一种。

20．一种用电装置，包括权利要求 18 或 19 所述的电池。

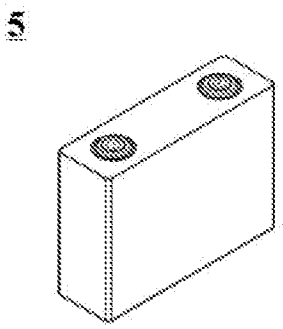


图 1

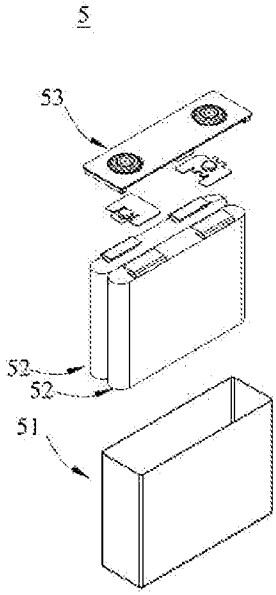


图 2

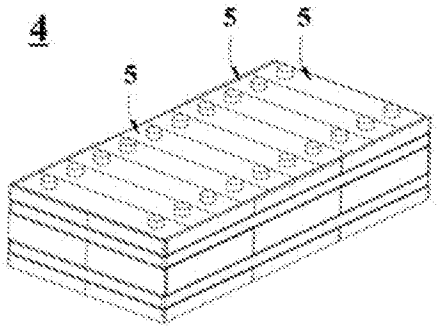


图 3

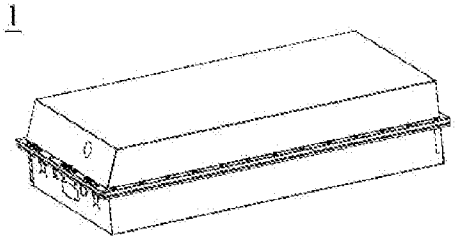


图 4

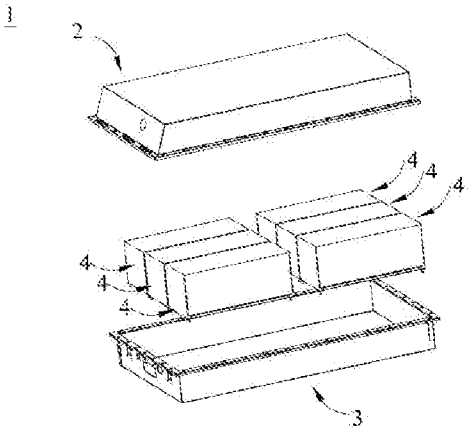


图 5

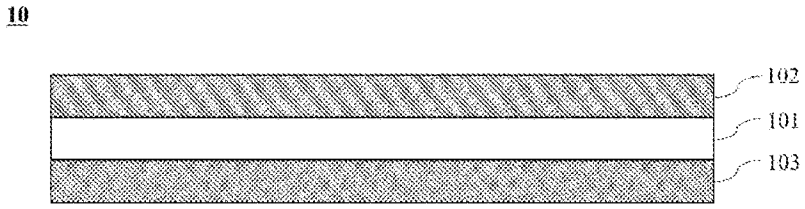


图 6

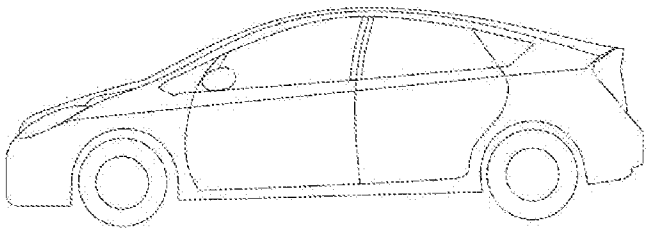


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2023/080663

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M50/457(2021.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H01M

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

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

CNTXT, ENTXT, ENTXTC, DWPI, CNKI: 电池, 电芯, 隔膜, 隔离膜, 隔板, 涂层, 涂覆, 固体, 固态, 电解质, 无机, 陶瓷, 颗粒, batter+, cell?, separator?, membrane?, diaphragm?, coat+, solid, electrolyte?, inorganic, ceramic, particle?

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 113363669 A (TIANJIN EV ENERGIES CO., LTD.) 07 September 2021 (2021-09-07) description, paragraphs 8-64, 103, and 158	1-20
A	CN 114552129 A (A123 SYSTEMS LLC) 27 May 2022 (2022-05-27) entire document	1-20
A	CN 111900315 A (INSTITUTE OF PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 06 November 2020 (2020-11-06) entire document	1-20
A	CN 114464960 A (BEIJING WELION NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 10 May 2022 (2022-05-10) entire document	1-20

☐ 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
03 November 2023	**10 November 2023**

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/CN2023/080663

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 113363669 A	07 September 2021	None	
CN 114552129 A	27 May 2022	None	
CN 111900315 A	06 November 2020	None	
CN 114464960 A	10 May 2022	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2023/080663

A. 主题的分类

H01M50/457(2021.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC：H01M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNTXT，ENTXT，ENTXTC，DWPI，CNKI：电池，电芯，隔膜，隔离膜，隔板，涂层，涂覆，固体，固态，电解质，无机，陶瓷，颗粒，batter+，cell?，separator?， membrane?， diaphragm?，coat+, solid, electrolyte?, inorganic, ceramic, particle?

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 113363669 A (天津市捷威动力工业有限公司) 2021年9月7日 (2021 - 09 - 07) 说明书第8-64、103、158段	1-20
A	CN 114552129 A (万向一二三股份公司) 2022年5月27日 (2022 - 05 - 27) 全文	1-20
A	CN 111900315 A (中国科学院物理研究所) 2020年11月6日 (2020 - 11 - 06) 全文	1-20
A	CN 114464960 A (北京卫蓝新能源科技有限公司 等) 2022年5月10日 (2022 - 05 - 10) 全文	1-20

☐ 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
2023年11月3日	2023年11月10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 郭翠霞 电话号码 (+86) 010-53961288

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/080663

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 113363669 A	2021年9月7日	无	
CN 114552129 A	2022年5月27日	无	
CN 111900315 A	2020年11月6日	无	
CN 114464960 A	2022年5月10日	无	