(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
2025 年 1 月 9 日 (09.01.2025)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2025/007595 A1

(51) 国际专利分类号:
C08G 61/12 (2006.01) *H01M 4/62* (2006.01)
H01M 4/131 (2010.01) *H01M 10/0525* (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/083548

(22) 国际申请日: 2024 年 3 月 25 日 (25.03.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310806166.1 2023年7月3日 (03.07.2023) 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: 张昕晖 (**ZHANG, Xinhui**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 邢祁 (**XING, Qi**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 刘会会 (**LIU, Huihui**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 张振旭 (**ZHANG, Zhenxu**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

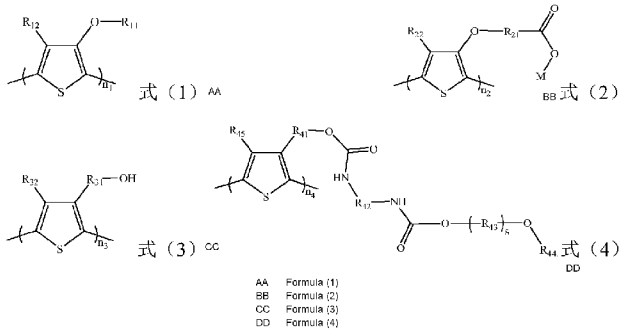
(74) 代理人: 北京东方亿思知识产权代理有限责任公司 (**BEIJING EAST IP LTD.**); 中国北京市东城区东长安街1号东方广场东方经贸城东2座1601室, Beijing 100738 (CN)。

(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, 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,

(54) **Title:** POLYTHIOPHENE CONDUCTIVE POLYMER, POSITIVE ELECTRODE SLURRY, POSITIVE ELECTRODE SHEET AND PREPARATION METHOD THEREFOR, BATTERY CELL, BATTERY, AND ELECTRIC DEVICE

(54) 发明名称: 聚噻吩导电聚合物、正极浆料、正极极片及其制备方法、电池单体、电池和用电装置



5

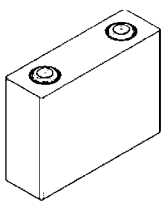


图 1

(57) **Abstract:** The present application discloses a polythiophene conductive polymer, a positive electrode slurry, a positive electrode sheet and a preparation method therefor, a battery cell, a battery, and an electric device. The polythiophene conductive polymer comprises a first structural unit shown in formula (1) and at least one of a second structural unit shown in formula (2), a third structural unit shown in formula (3) and a fourth structural unit shown in formula (4).

(57) 摘要: 本申请公开了一种聚噻吩导电聚合物、正极浆料、正极极片及其制备方法、电池单体、电池和用电装置，聚噻吩导电聚合物包括式(1)所示的第一结构单元以及式(2)所示的第二结构单元、式(3)所示的第三结构单元和式(4)所示的第四结构单元中的至少一者。

WO 2025/007595 A1

[见续页]

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))。

聚噻吩导电聚合物、正极浆料、正极极片及其制备方法、电池单体、电池和用电装置

相关申请的交叉引用

本申请要求享有于2023年07月03日提交的名称为“聚噻吩导电聚合物、正极浆料、正极极片及其制备方法、电池单体、电池和用电装置”的中国专利申请 202310806166.1的优先权，该申请的全部内容通过引用并入本文中。

技术领域

本申请涉及一种聚噻吩导电聚合物、正极浆料、正极极片及其制备方法、电池单体、电池和用电装置。

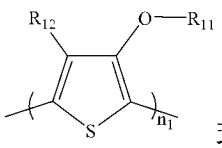
背景技术

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。近年来，随着电池应用领域的不断拓展，对电池综合性能的要求也不断增加。但是，如何使电池兼具高能量密度以及良好的加工性能和倍率性能，仍是目前需要解决的技术难题。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。

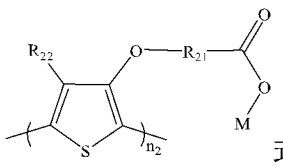
发明内容

本申请提供一种聚噻吩导电聚合物、正极浆料、正极极片及其制备方法、电池单体、电池和用电装置，其能使电池兼顾高能量密度和良好的倍率性能。

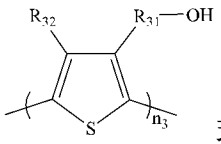
本申请第一方面提供一种聚噻吩导电聚合物，包括：式（1）所示的第一结构单元；以及式（2）所示的第二结构单元、式（3）所示的第三结构单元和式（4）所示的第四结构单元中的至少一者。



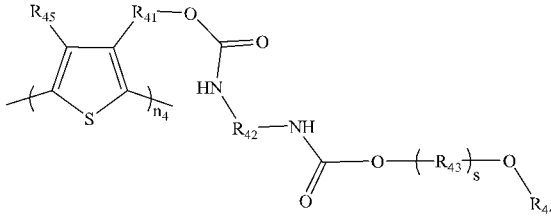
式（1）



式（2）



式（3）



式（4）

R_{11}包括C1-C8烷基或C1-C8烷基烷氧基，R_{12}包括氢原子或C1-C3烷基；R_{21}包括C1-C5亚烷基，R_{22}包括氢原子或C1-C3烷基，M包括一价金属；R_{31}包括C1-C5亚烷基，R_{32}包括氢原子或C1-C3烷基；R_{41}包括C1-C5亚烷基，R_{42}包括二异氰酸酯的残基，R_{43}包括C2-C6亚烷基，R_{44}包括C1-C3烷基，R_{45}包括氢原子或C1-C3烷基，$s\geq 1$；$n1>0$；$n2\geq 0$，$n3\geq 0$，$n4\geq 0$，且$n2+n3+n4>0$。

通过使正极极片包括本申请的聚噻吩导电聚合物，可以提升正极极片的内聚力和粘结力、提升正极极片的电解液浸润性、改善正极极片的加工性能和动力学性能，进而可以使电池兼顾高能量密度和良好的倍率性能。

在任意实施例中，所述聚噻吩导电聚合物的数均分子量为3000-45000，可选为5000-34000。聚噻吩导电聚合物的数均分子量在上述范围内时，可以使正极极片具有良好的柔韧性，由此可以改善正极极片和电池的加工性能；另外，还可以使正极浆料具有良好的分散性，由此可以更好地改善电池的性能。

在任意实施例中，所述聚噻吩导电聚合物满足如下条件（1）至（13）中的至少一者：

（1）R_{11}包括C4-C6烷基或C4-C6烷基烷氧基；

（2）R_{12}包括氢原子；

（3）R_{21}包括C1-C3亚烷基；

（4）R_{22}包括氢原子；

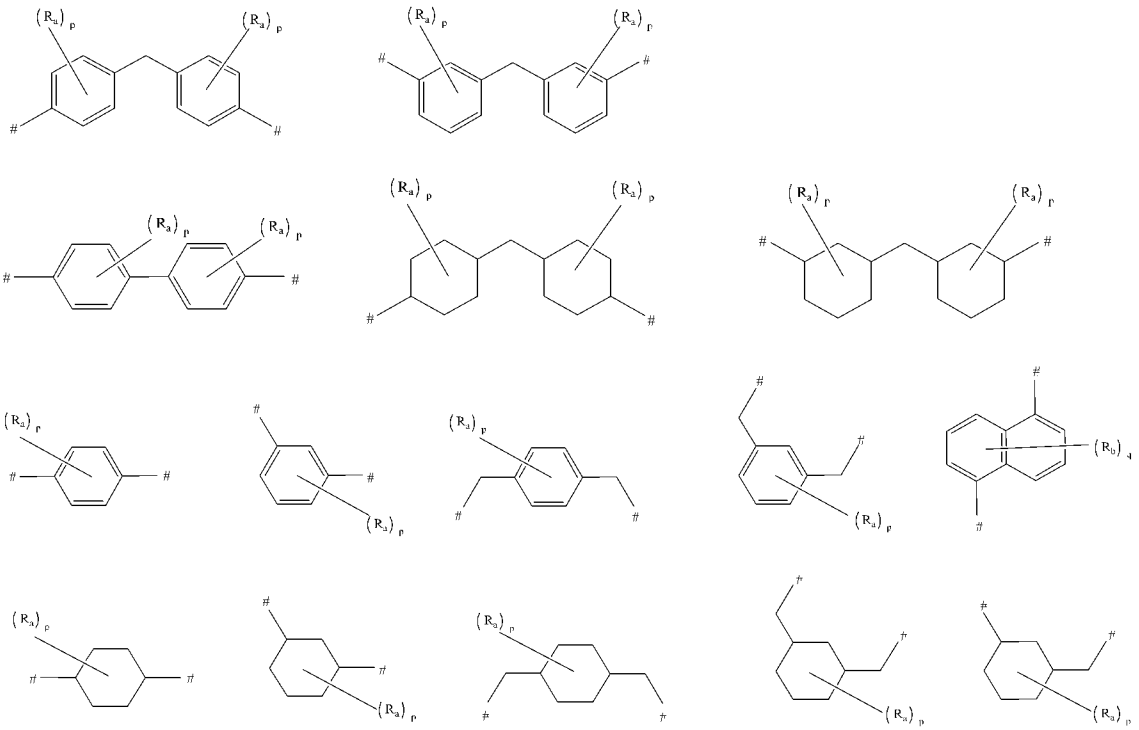
（5）M包括Li和/或Na；

（6）R_{31}包括C1-C3亚烷基；

（7）R_{32}包括氢原子；

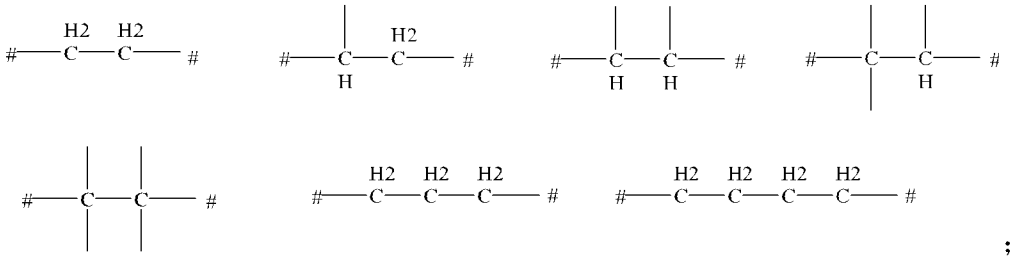
（8）R_{41}包括C1-C3亚烷基；

（9）R_{42}包括R_a取代或未取代的C1-C6亚烷基、以及如下基团中的一种：



#表示连接位置，R_a分别独立地包括C1-C3烷基，R_b分别独立地包括C1-C3烷基，p表示0-4的整数，q表示0-6的整数；

（10）R_{43}包括如下基团：



；

（11）R_{44}包括甲基；

（12）R_{45}包括氢原子；

（13）s为3-140，可选为10-90。

在任意实施例中，n2＞0，n3＝0，n4＝0；或者，n2＝0，n3＞0，n4＝0；或者，n2＝0，n3＞0，n4＞0；或者，n2＞0，n3＞0，n4＞0。

本申请第二方面提供一种正极浆料，包括溶剂以及非溶剂组分，所述非溶剂组分包括正极活性材料、正极粘结剂以及正极导电剂，所述正极导电剂包括本申请第一方面的聚噻吩导电聚合物。

在任意实施例中，所述溶剂包括非水溶剂，可选为包括N-甲基吡咯烷酮，所述正极粘结剂包括油性粘结剂，且0.35≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.65；可选地，0.40≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。n1/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提升非水性正极浆料的分散性，提升制备的正极极片的加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括聚偏氟乙烯、聚酰亚胺、聚氨酯中的一种或多种。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括油性粘结剂，且0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.25，可选地，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.10。由此可以提升非水性正极浆料的分散性，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括油性粘结剂，且0.35≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.65，可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括油性粘结剂，且0≤n4/(n3+n4)≤0.20，可选地，0＜n4/(n3+n4)≤0.15。n4/(n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片和电池的加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述溶剂包括水，所述正极粘结剂包括水性粘结剂，且0.05≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.25；可选地，0.08≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22。n1/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提升水性正极浆料的分散性，提升制备的正极极片的粘结力和加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括羧甲基纤维素及其衍生物、海藻酸钠、聚丙烯酸及其衍生物、琼脂糖、明胶、卡拉胶、黄原胶、瓜尔胶、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺中的一种或多种。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括水性粘结剂，且0.15≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.45，可选地，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.40。n2/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括水性粘结剂，且0.30≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.80，可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括水性粘结剂，且0≤n4/(n3+n4)≤0.20，可选地，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。n4/(n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片和电池的加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极活性材料包括锂过渡金属氧化物、含锂磷酸盐、及其各自的改性化合物中的一种或多种。

在任意实施例中，所述正极浆料还包括第二导电剂，所述第二导电剂包括超导碳、导电石墨、乙炔黑、碳黑、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。

在任意实施例中，所述非溶剂组分中的所述聚噻吩导电聚合物的含量为0.2-4%，可选为0.5-3%，基于所述非溶剂组分的总重量计。

本申请第三方面提供一种正极极片，包括正极集流体以及设置在所述正极集流体至少一个表面上的正极膜层，所述正极膜层包括正极活性材料、正极粘结剂以及正极导电剂，所述正极导电剂包括本申请第一方面的聚噻吩导电聚合物。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括油性粘结剂，且0.35≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.65；可选地，0.40≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。n1/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提升正极膜层的均一性，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括聚偏氟乙烯、聚酰亚胺、聚氨酯中的一种或多种。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括油性粘结剂，且0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.25，可选地，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.10。由此可以提升正极膜层的均一性，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括油性粘结剂，且0.35≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.65，可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括油性粘结剂，且0≤n4/(n3+n4)≤0.20，可选地，0<n4/(n3+n4)≤0.15。n4/(n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片和电池的加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括水性粘结剂，且0.05≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.25；可选地，0.08≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22。

n1/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提升正极膜层的均一性，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括羧甲基纤维素及其衍生物、海藻酸钠、聚丙烯酸及其衍生物、琼脂糖、明胶、卡拉胶、黄原胶、瓜尔胶、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺中的一种或多种。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括水性粘结剂，且0.15≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.45，可选地，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.40。n2/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括水性粘结剂，且0.30≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.80，可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极粘结剂包括水性粘结剂，且0≤n4/(n3+n4)≤0.20，可选地，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。n4/(n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片和电池的加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在任意实施例中，所述正极活性材料包括锂过渡金属氧化物、含锂磷酸盐、及其各自的改性化合物中的一种或多种。

在任意实施例中，所述正极极片还包括第二导电剂，所述第二导电剂包括超导碳、导电石墨、乙炔黑、碳黑、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。

在任意实施例中，所述正极膜层中的所述聚噻吩导电聚合物的含量为0.2-4%，可选为0.5-3%，基于所述正极膜层的总重量计。

本申请第四方面提供一种正极极片的制备方法，包括如下步骤：将本申请第二方面的正极浆料涂布在正极集流体至少一个表面上，干燥、辊压后获得初始正极极片；使用激光照射所获得的初始正极极片，结束后获得正极极片，所述激光波长为445-505nm。

通过将上述聚噻吩导电聚合物用于正极极片中，并通过蓝光照射正极极片，可以快速进行光热转换、提高加热效率，还可以降低蓝光照射对正极活性材料的不利影响。

通过蓝光照射可以使聚噻吩导电聚合物被快速加热，由此可以释放部分应力，从而有利于形成孔隙率较高的正极膜层，进而可以降低残余的溶剂量，还可以提升正极极片的电解液浸润性。通过蓝光照射还可以去除正极极片加工过程中引入的分散剂与表面活性剂等物质，同时加热效率高，且加热温度通常高于正极粘结剂的软化点，由此还使得正极粘结剂可以在正极极片厚度方向均匀分布，从而有助于提升正极极片的内聚力和粘结力、降低正极电阻，进而可以提升电池的倍率性能。

在任意实施例中，激光发生方式为连续发射。

在任意实施例中，激光器的数量为1-10，总功率为100-2500W。

在任意实施例中，所述初始正极极片经过激光器光斑的时间为0.05-0.5s。

在任意实施例中，激光器与所述初始正极极片的垂直距离为5-15cm。

本申请第五方面提供一种电池单体，包括本申请第三方面的正极极片或通过本申请第四方面的制备方法制备得到的正极极片。

本申请第六方面提供一种电池，包括本申请第五方面的电池单体。

本申请第七方面提供一种用电装置，其包括本申请第六方面的电池。

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 是本申请一些实施例提供的电池单体的结构示意图。

图 2 是本申请一些实施例提供的电池单体的分解示意图。

图 3 是本申请一些实施例提供的电池模块的结构示意图。

图 4 是本申请一些实施例提供的电池包的结构示意图。

图 5 是图 4 所示的电池包的分解示意图。

图 6 是本申请一些实施例提供的用电装置的示意图。

图 7 是实施例 1-1 和对比例 1-1 的电池在不同倍率下的放电曲线。

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。

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聚噻吩导电聚合物、正极浆料、正极极片及其制备方法、电池单体、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，在本申请中，术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”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。

在本申请中，术语“多个”、“多种”是指两个或两种以上。

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，各参数的测试温度均为25℃。

术语“烷基”涵盖直链烷基和支链烷基。

术语“亚烷基”涵盖直链亚烷基和支链亚烷基。

术语“烷基烷氧基”涵盖直链烷基烷氧基和支链烷基烷氧基。

术语“氢原子”涵盖 ^{1}H（H）、^{2}H（D）和 ^{3}H（T）。

在本说明书的各处，“#”出现时表示连接位置。

在本说明书的各处，单键穿过环或环体系的表示方法是指单键可以连接在该环或环体系的任意可接入位置。

在本说明书的各处，化合物的取代基以组或范围公开。明确地预期这种描述包括这些组和范围的成员的每一个单独的子组合。例如，明确地预期术语“C1-C6 烷基”单独地公开 C1、C2、C3、C4、C5、C6、C1-C6、C1-C5、C1-C4、C1-C3、C1-C2、C2-C6、C2-C5、C2-C4、C2-C3、C3-C6、C3-C5、C3-C4、C4-C6、C4-C5、C5-C6 烷基。作为其它实例，明确地预期范围为 3-10 的整数单独地公开 3、4、5、6、7、8、9 和 10。据此，可明确地预期其它组或范围。

本申请的实施例中所提到的电池可以为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。电池单体可呈圆柱体、长方体或其它形状等，本申请实施例对此并不限定。如图 1 是作为一个示例的长方体结构的电池单体 5。

电池单体有多个时，多个电池单体通过汇流部件串联、并联或混联。在一些实施例中，电池可以为电池模块；电池单体有多个时，多个电池单体排列并固定形成一个电池模块。在一些实施例中，电池可以为电池包，电池包包括箱体和电池单体，电池单体或

电池模块容纳于箱体中。在一些实施例中，箱体可以作为车辆的底盘结构的一部分。例如，箱体的部分可以成为车辆的底板的至少一部分，或者，箱体的部分可以成为车辆的横梁和纵梁的至少一部分。

在一些实施例中，电池可以为储能装置。储能装置包括储能集装箱、储能电柜等。

本申请的实施例提供的电池单体包括锂离子电池单体、锂金属电池单体等，本申请实施例对此并不限定。

电池单体一般包括电极组件和电解质。电极组件通常包括正极极片和负极极片，电极组件可以是卷绕式结构，也可以是叠片式结构，本申请实施例对此并不限定。

电池单体还可包括外包装，外包装可用于封装电极组件和电解质。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。

在一些实施例中，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。

在一些实施例中，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。

可选地，电池模块 4 还可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。

在一些实施例中，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。

正极极片作为电池的重要组成部件，其性能好坏对电池性能的影响至关重要。

为了进一步提升电池的能量密度，目前通常采用的做法是制备厚涂布的正极极片，或者制备高压实密度的正极极片。但是，厚涂布和/或高压实密度的正极极片的柔韧性和加工性能通常较差，在弯折、卷绕或者电极组件热压时，容易出现正极膜层开裂或者部分正极膜层从正极集流体表面脱落（即掉粉）等问题；并且正极极片中残余的溶剂（例如水、N-甲基吡咯烷酮等）还难以充分去除，由此还使得正极膜层的电解液浸润性较差，难以使电解液充分分布在正极膜层中，进而还影响了电池的倍率性能。

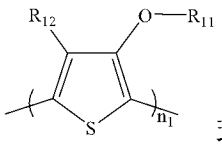
因此，如何使电池在具有高能量密度的前提下，还具备良好的加工性能和倍率性能仍是目前需要解决的技术难题。

鉴于此，发明人提出了一种新的聚噻吩导电聚合物，将其用于正极极片中，经过激

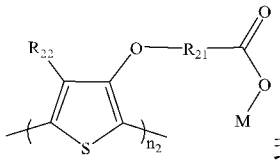
光照射处理后，可以提升正极极片的加工性能，还可以使电池兼顾高能量密度和良好的倍率性能。

[聚噻吩导电聚合物]

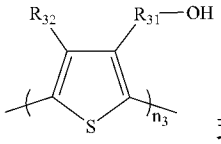
本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物包括式（1）所示的第一结构单元以及式（2）所示的第二结构单元、式（3）所示的第三结构单元和式（4）所示的第四结构单元中的至少一者。



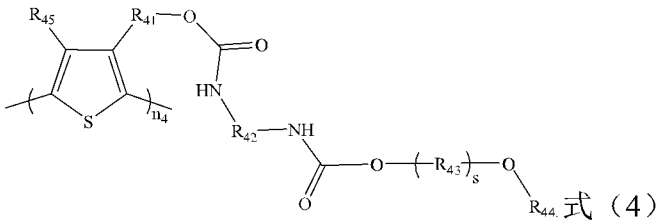
式（1）



式（2）



式（3）



式（4）

R_{11} 包括 C1-C8 烷基或 C1-C8 烷基烷氧基，R_{12} 包括氢原子或 C1-C3 烷基。

R_{21} 包括 C1-C5 亚烷基，R_{22} 包括氢原子或 C1-C3 烷基，M 包括一价金属。

R_{31} 包括 C1-C5 亚烷基，R_{32} 包括氢原子或 C1-C3 烷基。

R_{41} 包括 C1-C5 亚烷基，R_{42} 包括二异氰酸酯的残基，R_{43} 包括 C2-C6 亚烷基，R_{44} 包括 C1-C3 烷基，R_{45} 包括氢原子或 C1-C3 烷基，$s \geq 1$。R_{42} 包括二异氰酸酯的残基，即可以为二异氰酸酯 O=C=N—R_{42}—N=C=O 去掉两端的异氰酸酯基后的剩余基团。

$n1 > 0$。

$n2 \geq 0$，$n3 \geq 0$，$n4 \geq 0$，且 $n2+n3+n4 > 0$。

为了降低正极电阻，目前通常采用的做法是在配制正极浆料时提高正极导电剂，例如导电碳的用量，由此不仅可以降低正极膜层的整体电阻，而且可以改善电池的倍率性能。但是，对于高能量密度电池体系而言，由于正极极片的涂布重量大、压实密度高，导电碳的分散均匀性变差，因此采用上述方法对于电池内阻和倍率性能的改善作用有限，同时正极极片和电池的加工性能仍比较差。

发明人研究发现，通过使正极极片包括本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物，可以提升正极极片的内聚力和粘结力、提升正极极片的电解液浸润性、改善正极极片的加工性能和动力学性能，进而可以使电池兼顾高能量密度和良好的倍率性能。

正极极片中的正极活性材料对于蓝光的吸收率较低，而本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物则具有较高的蓝光吸收能力，因此，通过将本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物用于正极极片中，并通过蓝光照射正极极片，可以快速进行光热转换、提高加热效率，还可以降低蓝光照射对正极活性材料的不利影响。

本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物具有良好的导热性，将其用于正极极片并经蓝光照射正极极片时，聚噻吩导电聚合物可以被快速加热，由此可以释放部分应力，从而有利于形成孔隙率较高的正极膜层，进而可以降低残余的溶剂量，还可以提升正极极片的电解液浸润性；加热时还可以软化正极粘结剂，使聚噻吩导电聚合物和正极粘结剂

更均匀地分布在正极膜层中，由此可以增加正极极片的内聚力和粘结力，并还可以降低正极电阻，进而可以提升正极极片和电池的动力学性能。

本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物包括式（2）所示的第二结构单元、式（3）所示的第三结构单元和式（4）所示的第四结构单元中的至少一者，式（2）所示的第二结构单元、式（3）所示的第三结构单元、式（4）所示的第四结构单元具有强极性基团，例如羟基、酯基、氨基甲酸酯基等，这些强极性基团可以使聚噻吩导电聚合物的吸光波长红移，由此可以减少 HOMO 轨道与 LUMO 轨道的电化学带隙，进而可以增加聚噻吩导电聚合物的最大吸收峰出现位置，提高加热效率。本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物还包括式（1）所示的第一结构单元，由此既可以使正极膜层具有良好的电解液浸润性，又可以避免聚噻吩导电聚合物溶解。

本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物用于正极膜层后，还可以改善正极极片，特别是厚涂布和/或高压实密度的正极极片的柔韧性和加工性能。另外，本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物具有导电性，用于正极极片中时，还可以提供良好的电子导电通路。

因此，本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物可以提高正极极片的加工性能，提高正极极片的内聚力和粘结力，还可以降低正极电阻，将其用于电池时，可以获得兼顾高能量密度和良好的倍率性能的电池。

本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物包括式（1）所示的第一结构单元以及式（2）所示的第二结构单元、式（3）所示的第三结构单元和式（4）所示的第四结构单元中的至少一者。例如，在一些实施例中，聚噻吩导电聚合物包括式（1）所示的第一结构单元和式（2）所示的第二结构单元，此时，n2＞0，n3＝0，n4＝0；在一些实施例中，聚噻吩导电聚合物包括式（1）所示的第一结构单元和式（3）所示的第三结构单元，此时，n2＝0，n3＞0，n4＝0；在一些实施例中，聚噻吩导电聚合物包括式（1）所示的第一结构单元、式（3）所示的第三结构单元和式（4）所示的第四结构单元，此时，n2＝0，n3＞0，n4＞0；在一些实施例中，聚噻吩导电聚合物包括式（1）所示的第一结构单元、式（2）所示的第二结构单元、式（3）所示的第三结构单元和式（4）所示的第四结构单元，此时，n2＞0，n3＞0，n4＞0。

在一些实施例中，聚噻吩导电聚合物的数均分子量可以为3000-45000，例如，可以为3000、4000、5000、7600、8600、10000、12000、15000、18000、20500、23000、25200、28000、30000、34000、40000、45000、或上述任意数值组成的范围。在一些实施例中，可选地，聚噻吩导电聚合物的数均分子量可以为 5000-34000，7600-34000，10000-34000，5000-30000，7600-30000，10000-30000，5000-28000，7600-28000，10000-28000，5000-25200，7600-25200，10000-25200。

聚噻吩导电聚合物的数均分子量在上述范围内时，可以使正极极片具有良好的柔韧性，由此可以改善正极极片和电池的加工性能；另外，还可以使正极浆料具有良好的分散性，并可以避免聚噻吩导电聚合物在电解液中溶解，由此可以更好地改善电池的性能。

聚噻吩导电聚合物的数均分子量在上述范围内时，还可以使聚噻吩导电聚合物具有良好的导热性和电子电导性，由此既可以提高加热效率，又可以降低正极电阻。

聚噻吩导电聚合物的数均分子量具有本领域公知的含义，可以用本领域已知的仪器和方法进行测试，例如可以通过凝胶渗透色谱法（GPC）进行测试。

在一些实施例中，R_{11}可以包括 C4-C6 烷基或 C4-C6 烷基烷氧基。

在一些实施例中，R_{12}可以包括氢原子。

在一些实施例中，R_{11}包括 C4-C6 烷基或 C4-C6 烷基烷氧基，R_{12}包括氢原子。

在一些实施例中，R_{21}可以包括 C1-C3 亚烷基。

在一些实施例中，R_{22}可以包括氢原子。

在一些实施例中，M 可以包括 Li 和/或 Na。

在一些实施例中，R_{21}包括 C1-C3 亚烷基，R_{22}包括氢原子，M 包括 Li 和/或 Na。

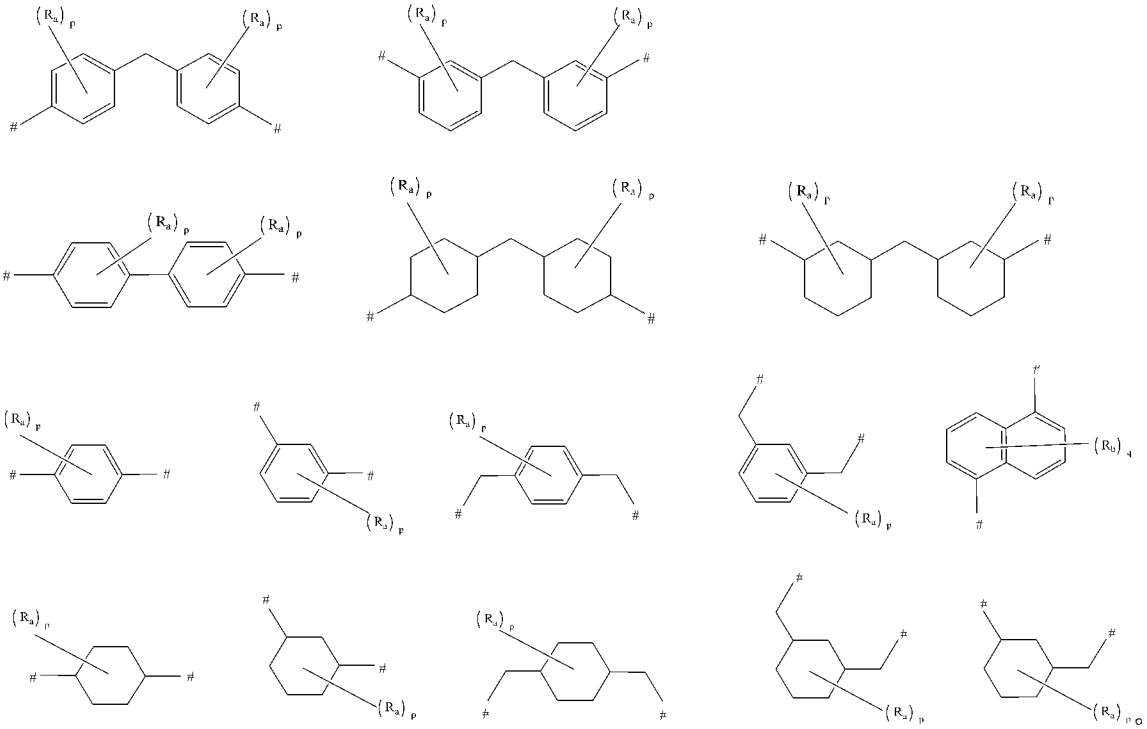
在一些实施例中，R_{31}可以包括 C1-C3 亚烷基。

在一些实施例中，R_{32}可以包括氢原子。

在一些实施例中，R_{31}包括 C1-C3 亚烷基，R_{32}包括氢原子。

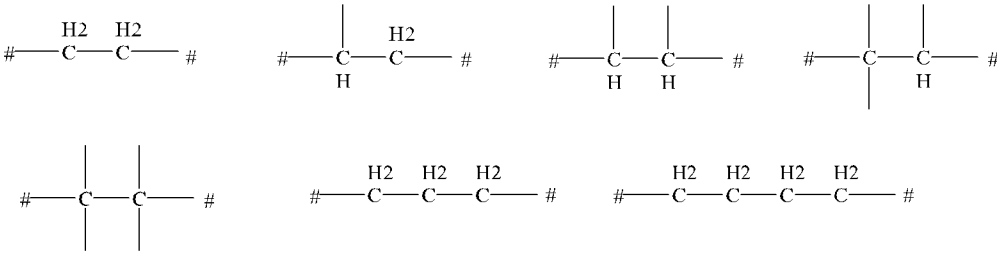
在一些实施例中，R_{41}可以包括 C1-C3 亚烷基。

在一些实施例中，R_{42}可以表示脂肪族、脂环族和/或芳香族二异氰酸酯的残基。可选地，R_{42}包括 R_a取代或未取代的 C1-C6 亚烷基、以及如下基团中的一种：



#表示连接位置，R_a分别独立地包括 C1-C3 烷基，R_b分别独立地包括 C1-C3 烷基，p 表示 0-4 的整数，q 表示 0-6 的整数。p 为 0 时，表示该位置未发生取代。q 为 0 时，表示该位置未发生取代。

在一些实施例中，R_{43}可以包括如下基团：



。

在一些实施例中，R_{44}可以包括甲基。

在一些实施例中，R_{45}可以包括氢原子。

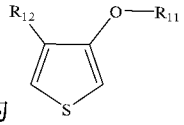
在一些实施例中，s 可以为 3-140，例如，可以为 3、10、15、20、25、30、40、50、60、70、80、90、100、110、120、130、140、或上述任意数值组成的范围。在一些实施例中，可选地，s 可以为 10-90，10-80，10-70，10-60，10-50，20-90，20-80，20-70，20-60，20-50，25-90，25-80，25-70，25-60，25-50。

[聚噻吩导电聚合物的制备方法]

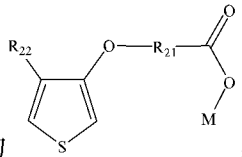
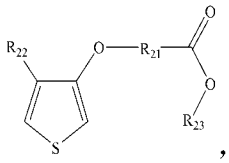
本申请实施例还提供一种制备上述聚噻吩导电聚合物的方法。

所述方法至少包括步骤：提供用于制备聚噻吩导电聚合物的单体化合物或其前体化合物；将单体化合物或其前体化合物通过氧化聚合法制备得到聚噻吩导电聚合物。氧化聚合法可以为化学氧化聚合法或电化学氧化聚合法。作为示例，化学氧化聚合法的氧化剂可以为 $FeCl_3$。

本领域技术人员可以根据目标产物选择合适的单体化合物或其前体化合物。

例如，用于形成第一结构单元的第一单体化合物可以为  。

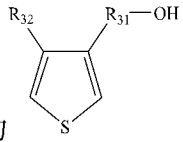
作为示例，第一单体化合物可以包括 3-丁氧基噻吩、3-戊氧基噻吩中的一种或多种。第一单体化合物可以使用甲氧基噻吩作为原料通过烷基链置换得到。在一些实施例中，在氮气环境中，将甲氧基噻吩、醇（例如正丁醇、正戊醇等）、无水硫酸氢钠、甲苯依次加入反应体系中于 80-100℃加热搅拌 2-5h，经减压蒸馏得到第一单体化合物。

用于形成第二结构单元的第二单体化合物可以为  ，或其前体化合物  ，R_{23}包括 C1-C8 烷基。

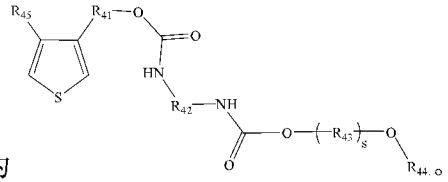
作为示例，第二单体化合物可以包括噻吩-3-氧基乙酸钠、噻吩-3-氧基乙酸锂、2-(噻吩-3-氧基)丙酸钠、2-(噻吩-3-氧基)丙酸锂、3-(噻吩-3-氧基)丙酸钠、3-(噻吩-3-氧基)丙酸锂中的一种或多种，第二单体化合物的前体化合物可以包括噻吩-3-氧基乙酸甲酯、噻吩-3-氧基乙酸乙酯、2-(噻吩-3-氧基)丙酸甲酯、2-(噻吩-3-氧基)丙酸乙酯、3-(噻吩-3-氧基)丙酸甲酯、3-(噻吩-3-氧基)丙酸乙酯中的一种或多种。

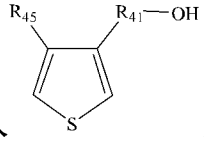
第二单体化合物的前体化合物可以使用甲氧基噻吩作为原料通过烷基链置换得到。在一些实施例中，在氮气环境中，将甲氧基噻吩、酯（例如乙醇酸甲酯、乙醇酸乙酯、乳酸甲酯、乳酸乙酯、β-羟基丙酸甲酯、β-羟基丙酸乙酯等）、无水硫酸氢钠、甲苯依次加入反应体系中于 80-100℃加热搅拌 2-5h，经减压蒸馏得到第二单体化合物的前体化合物。

第二单体化合物可以将第二单体化合物的前体化合物置于碱性溶液中，调节 pH，搅拌反应后得到第二单体化合物。碱性溶液可以包括 MOH，M 包括一价金属，可选为包括 Li 和/或 Na。

用于形成第三结构单元的第三单体化合物可以为  。

作为示例，第三单体化合物可以包括 3-噻吩甲醇、3-噻吩乙醇中的一种或多种。

用于形成第四结构单元的第四单体化合物可以为  。

第四单体化合物可以通过以下方法制备得到：在氮气环境下，将 OH—$(R_{43})_s$—O—R_{44}、二异氰酸酯 OCN—R_{42}—NCO 溶于溶剂（例如 N,N-二甲基甲酰胺）中，于 70℃搅拌反应 1-4h，随后加入  ，继续在氮气保护下于 70℃搅拌反应 4-8h，得到第四单体化合物。

OH—$(R_{43})_s$—O—R_{44} 可以包括聚乙二醇单甲醚（MPEG）、聚丁二醇单甲醚。

在一些实施例中，所述方法包括步骤：将单体化合物或其前体化合物溶于氯仿中，然后在氮气保护下加入至无水 $FeCl_3$ 的氯仿溶液中，在 20-25℃下进行聚合反应（例如 24-96h），之后加入甲醇使聚合产物沉淀，最后将沉淀物在乙醇中进行抽提（例如 24-96h），经干燥后得到聚噻吩导电聚合物。

在一些实施例中，所述方法包括步骤：将第一单体化合物、第二单体化合物和第三单体化合物溶于氯仿中，然后在氮气保护下加入至无水 $FeCl_3$ 的氯仿溶液中，在 20-25℃下进行聚合反应（例如 24-96h），之后加入甲醇使聚合产物沉淀，最后将沉淀物在乙醇中进行抽提（例如 24-96h）；在氮气环境下，将 OH—$(R_{43})_s$—O—R_{44}、二异氰酸酯 OCN—R_{42}—NCO 溶于溶剂（例如 N,N-二甲基甲酰胺）中，于 65-75℃搅拌反应 1-4h，随后加入上述沉淀物溶液（溶剂可以为 N,N-二甲基甲酰胺），继续在氮气保护下于 65-75℃搅拌反应 4-8h，之后用乙醇抽提（例如 12-48h），经真空干燥，得到聚噻吩导电聚合物。聚噻吩导电聚合物包括第一结构单元、第二结构单元、第三结果单元和第四结构单元。

在一些实施例中，所述方法包括步骤：将第一单体化合物、第二单体化合物的前体化合物和第三单体化合物溶于氯仿中，然后在氮气保护下加入至无水 $FeCl_3$ 的氯仿溶液中，在 20-25℃下进行聚合反应（例如 24-96h），之后加入甲醇使聚合产物沉淀，最后将沉淀物在乙醇中进行抽提（例如 24-96h）；在氮气环境下，将 OH—$(R_{43})_s$—O—R_{44}、二异氰酸酯 OCN—R_{42}—NCO 溶于溶剂（例如 N,N-二甲基甲酰胺）中，于 65-75℃搅拌反应 1-4h，随后加入上述沉淀物溶液（溶剂可以为 N,N-二甲基甲酰胺），继续在氮气保护下于 65-75℃搅拌反应 4-8h，之后用乙醇抽提（例如 12-48h），真空干燥后，将产物分散于水中，加入 MOH 调节体系的 pH（例如 7-9），搅拌反应后得到聚噻吩导电聚合物。聚噻吩导电聚合物包括第一结构单元、第二结构单元、第三结果单元和第四结构单元。

通过调节单体的种类及浓度、氧化剂的种类及浓度、反应温度、反应时间等参数，可以获得不同分子量的聚噻吩导电聚合物。

[正极浆料]

本申请实施例还提供一种正极浆料。

正极浆料包括溶剂以及非溶剂组分，非溶剂组分包括正极活性材料、正极粘结剂以及正极导电剂，正极导电剂包括本申请如上的聚噻吩导电聚合物。

本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物既可以用于非水性正极浆料中，也可以用于水性正极浆料中。

在一些实施例中，溶剂包括非水溶剂，可选为包括 N-甲基吡咯烷酮，正极粘结剂包括油性粘结剂，且 0.35≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.65。例如，n1/(n1+n2+n3+n4)可以为 0.35、0.40、0.45、0.50、0.55、0.60、0.65、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.40≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。

n1/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提升非水性正极浆料的分散性，提升制备的正极极片的加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，作为示例，正极粘结剂可以包括聚偏氟乙烯、聚酰亚胺、聚氨酯中的一种或多种。聚偏氟乙烯的重均分子量可以为 5 万-200 万，由此可以提升正极极片的粘结力，还可以提升正极极片的加工性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.25，例如，n2/(n1+n2+n3+n4)可以为 0、0.05、0.10、0.15、0.20、0.25、或上述任意数值组成的范围。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.10，可选地，n2/(n1+n2+n3+n4)＝0。

由此可以提升非水性正极浆料的分散性，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，0.35≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.65，例如，(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)可以为 0.35、0.40、0.45、0.50、0.55、0.60、0.65、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。

(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，0≤n4/(n3+n4)≤0.20，例如，n4/(n3+n4)可以为 0、0.05、0.10、0.12、0.15、0.20、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0＜n4/(n3+n4)≤0.15，0＜n4/(n3+n4)≤0.12。

n4/(n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片和电池的加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，溶剂包括非水溶剂，可选为包括 N-甲基吡咯烷酮，正极粘结剂包括油性粘结剂，且 0.35≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.65，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.25，0.35≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.65，0＜n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，溶剂包括非水溶剂，可选为包括 N-甲基吡咯烷酮，正极粘结剂包括油性粘结剂，且 0.40≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.10，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0＜n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，溶剂包括非水溶剂，可选为包括 N-甲基吡咯烷酮，正极粘结剂包括油性粘结剂，且 0.40≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，n2/(n1+n2+n3+n4) ＝ 0，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0＜n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，溶剂包括水，正极粘结剂包括水性粘结剂，且0.05≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.25。例如，n1/(n1+n2+n3+n4)可以为0.05、0.08、0.11、0.15、0.20、0.22、0.25、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.08≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22，0.11≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22。

n1/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提升水性正极浆料的分散性，提升制备的正极极片的粘结力和加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，作为示例，正极粘结剂可以包括羧甲基纤维素及其衍生物、海藻酸钠、聚丙烯酸及其衍生物、琼脂糖、明胶、卡拉胶、黄原胶、瓜尔胶、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺中的一种或多种。正极粘结剂在上述范围内时，一方面对环境更友好，另一方面还可以提升正极膜层的电解液亲和性。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，0.15≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.45，例如，n2/(n1+n2+n3+n4)可以为 0.15、0.20、0.25、0.30、0.36、0.40、0.45、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.40，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.36。

n2/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，0.30≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.80，例如，(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)可以为 0.30、0.35、0.40、0.42、0.45、0.50、0.55、0.60、0.65、0.70、0.75、0.80、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0.42≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。

(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，0≤n4/(n3+n4)≤0.20，例如，n4/(n3+n4)可以为 0、0.03、0.04、0.05、0.08、0.10、0.12、0.15、0.20、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。

n4/(n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片和电池的加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，溶剂包括水，正极粘结剂包括水性粘结剂，且0.05≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.25，0.15≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.45，0.30≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.80，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，溶剂包括水，正极粘结剂包括水性粘结剂，且0.08≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.40，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，溶剂包括水，正极粘结剂包括水性粘结剂，且0.11≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.36，0.42≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，正极活性材料可以包括锂过渡金属氧化物、含锂磷酸盐、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、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。本申请并不限定于这些材料，还可以使用其他可被用作电池正极活性材料的传统公知的材料。

在一些实施例中，正极活性材料可以包括含锂磷酸盐，可选地包括磷酸铁锂、磷酸锰锂、磷酸锰铁锂、及其各自的改性化合物中的一种或多种。这些正极活性材料可以仅单独使用一种，也可以将两种以上组合使用。

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，正极浆料还可以包括第二导电剂。作为示例，第二导电剂可以包括超导碳、导电石墨、乙炔黑、碳黑、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，非溶剂组分中的聚噻吩导电聚合物的含量可以为 0.2-4%，可选为 0.5-3%，基于非溶剂组分的总重量计。

聚噻吩导电聚合物中不同结构单元的相对含量可以通过核磁共振波谱法（NMR）进行测试。

[正极极片]

本申请实施例还提供一种正极极片。

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上的正极膜层，正极膜层包括正极活性材料、正极粘结剂以及正极导电剂，正极导电剂包括本申请如上的聚噻吩导电聚合物。

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。

在一些实施例中，正极集流体可以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。可选地，铝箔可以为 1060、1070、1100 或 1235，纯度可以大于 99%。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。

在一些实施例中，正极集流体的厚度可以为 10-20μm。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，作为示例，正极粘结剂可以包括聚偏氟乙烯、聚酰亚胺、聚氨酯中的一种或多种。聚偏氟乙烯的重均分子量可以为 5 万-200 万，由此可以提升正极极片的粘结力，还可以提升正极极片的加工性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，且 $0.35 \leqslant n1/(n1+n2+n3+n4) \leqslant 0.65$ 例如，n1/(n1+n2+n3+n4)可以为 0.35、0.40、0.45、0.50、0.55、0.60、0.65、或上述任意数值组成的范围。

可选地，$0.40 \leqslant n1/(n1+n2+n3+n4) \leqslant 0.60$。

n1/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提升正极膜层的均一性，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.25，例如，n2/(n1+n2+n3+n4)可以为 0、0.05、0.10、0.15、0.20、0.25、或上述任意数值组成的范围。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.10，可选地，n2/(n1+n2+n3+n4)＝0。

由此可以提升正极膜层的均一性，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，0.35≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.65，例如，(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)可以为 0.35、0.40、0.45、0.50、0.55、0.60、0.65、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。

(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，0≤n4/(n3+n4)≤0.20，例如，n4/(n3+n4)可以为 0、0.05、0.10、0.12、0.15、0.20、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0＜n4/(n3+n4)≤0.15，0＜n4/(n3+n4)≤0.12。

n4/(n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片和电池的加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，且 0.35≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.65，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.25，0.35≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.65，0＜n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，且 0.40≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.10，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0＜n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，正极粘结剂包括油性粘结剂，且 0.40≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，n2/(n1+n2+n3+n4)＝0，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0＜n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，作为示例，正极粘结剂可以包括羧甲基纤维素及其衍生物、海藻酸钠、聚丙烯酸及其衍生物、琼脂糖、明胶、卡拉胶、黄原胶、瓜尔胶、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺中的一种或多种。正极粘结剂在上述范围内时，一方面对环境更友好，另一方面还可以提升正极膜层的电解液亲和性。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，且 0.05≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.25。例如，n1/(n1+n2+n3+n4)可以为 0.05、0.08、0.11、0.15、0.20、0.22、0.25、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.08≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22，0.11≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22。

n1/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提升正极膜层的均一性，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，0.15≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.45，例如，n2/(n1+n2+n3+n4)可以为 0.15、0.20、0.25、0.30、0.36、0.40、0.45、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.40，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.36。

n2/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，0.30≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.80，例如，(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)可以为 0.30、0.35、0.40、0.42、0.45、0.50、0.55、0.60、0.65、0.70、0.75、0.80、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0.42≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60。

(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片的加热效率，提升正极极片的粘结力和内聚力，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，0≤n4/(n3+n4)≤0.20，例如，n4/(n3+n4)可以为 0、0.03、0.04、0.05、0.08、0.10、0.12、0.15、0.20、或上述任意数值组成的范围。

可选地，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。

n4/(n3+n4)在上述范围内时，可以提高正极极片和电池的加工性能，还可以改善正极极片和电池的动力学性能。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，且 0.05≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.25，0.15≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.45，0.30≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.80，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，且 0.08≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.40，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，正极粘结剂包括水性粘结剂，且 0.11≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.36，0.42≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。

在一些实施例中，正极导电剂还可以包括第二导电剂。作为示例，第二导电剂可以包括超导碳、导电石墨、乙炔黑、碳黑、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，正极膜层中的聚噻吩导电聚合物的含量可以为0.2-4%，可选为0.5-3%，基于正极膜层的总重量计。

在一些实施例中，正极膜层中的正极导电剂（包括聚噻吩导电聚合物和第二导电剂）的含量可以为0.5-4%，基于正极膜层的总重量计。

在一些实施例中，正极膜层中的正极活性材料的含量可以为 92-98%，基于正极膜层的总重量计。

在一些实施例中，正极膜层中的正极粘结剂的含量可以为 1-10%，基于正极膜层的总重量计。

正极活性材料可以采用本领域已知的材料，本申请实施例对此并不限定。在一些实施例中，正极活性材料包括能够可逆脱出和嵌入锂离子的材料。

在一些实施例中，正极活性材料可以包括锂过渡金属氧化物、含锂磷酸盐、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、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。本申请并不限定于这些材料，还可以使用其他可被用作电池正极活性材料的传统公知的材料。

在一些实施例中，正极活性材料可以包括含锂磷酸盐，可选地包括磷酸铁锂、磷酸锰锂、磷酸锰铁锂、及其各自的改性化合物中的一种或多种。这些正极活性材料可以仅单独使用一种，也可以将两种以上组合使用。

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，正极活性材料可以包括含锂磷酸盐，正极活性材料的体积分布粒径 Dv50 可以为 1-10μm。

在一些实施例中，正极活性材料可以包括含锂磷酸盐，正极极片的面密度可以为 0.2-0.8g/1540.25mm^2。

在一些实施例中，正极活性材料可以包括含锂磷酸盐，正极极片的压实密度可以为 2.2-2.5g/cm^3。由此可以使电池具有高能量密度。

[正极极片的制备方法]

本申请实施例还提供一种正极极片的制备方法。

所述方法包括如下步骤：将本申请如上的正极浆料涂布在正极集流体至少一个表面上，干燥、辊压后获得初始正极极片；使用激光照射所获得的初始正极极片，结束后获得正极极片。激光波长可以为 445-505nm。

正极极片中的正极活性材料对于蓝光（波长为 445-505nm）的吸收率较低，而本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物则具有较高的蓝光吸收能力，因此，通过将本申请实施例提供的聚噻吩导电聚合物用于正极极片中，并通过蓝光照射正极极片，可以快速进行光热转换、提高加热效率，还可以降低蓝光照射对正极活性材料的不利影响。

通过蓝光照射可以使聚噻吩导电聚合物被快速加热，由此可以释放部分应力，从而有利于形成孔隙率较高的正极膜层，进而可以降低残余的溶剂量，还可以提升正极极片的电解液浸润性。通过蓝光照射还可以去除正极极片加工过程中引入的分散剂与表面活性剂等物质，同时加热效率高，且加热温度通常高于正极粘结剂的软化点，由此还使得正极粘结剂可以在正极极片厚度方向均匀分布，从而有助于提升正极极片的内聚力和粘结力、降低正极电阻，进而可以提升电池的倍率性能。

在一些实施例中，激光发生方式可以为连续发射。

在一些实施例中，激光器的数量可以为 1-10，总功率可以为 100-2500W。

在一些实施例中，初始正极极片经过激光器光斑的时间可以为 0.05-0.5s。初始正极极片经过激光器光斑的时间是指初始正极极片相同位置从接触激光器光斑开始进行照射至离开激光器光斑停止照射的时间。

在一些实施例中，激光器与初始正极极片的垂直距离可以为 5-15cm。

[负极极片]

电池单体包括负极极片。负极极片的结构和组成可以根据电池单体的种类进行选择，本申请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。

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、铜合金箔、铝箔、铝合金箔。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。

负极活性材料可采用本领域公知的材料。在一些实施例中，作为示例，负极活性材料可包括但不限于天然石墨、人造石墨、软碳、硬碳、硅基材料、锡基材料和钛酸锂中的一种或多种。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。本申请并不限定于这些材料，还可以使用其他可被用作负极活性材料的传统公知的材料。这些负极活性材料可以仅单独使用一种，也可以将两种以上组合使用。

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、碳黑、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。

负极膜层通常是将负极浆料涂布在负极集流体上，经干燥、冷压而成的。负极浆料通常是将负极活性材料、可选的负极导电剂、可选地负极粘结剂、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，负极极片还可包括夹在负极集流体和负极膜层之间、设置于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，负极极片还可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第一金属层，第一金属层中的金属元素可包括锂元素。

在一些实施例中，第一金属层中的金属材料可包括锂单质、锂合金中的一种或多种。

锂合金可以是金属锂与其他金属元素或非金属元素形成的合金。作为示例，锂合金中的其他金属元素可包括锡、锌、铝、镁、银、金、镓、铟、铂中的一种或多种元素，

锂合金中的非金属元素可包括硼、碳、硅中的一种或多种元素。

在一些实施例中，负极极片可包括负极集流体、不包括第一金属层，以组装形成无负极金属电池单体。

在一些实施例中，负极极片还可以采用锂单质或锂合金的片材（或箔材）。

[电解质]

本申请实施例提供的电池单体包括电解质。电解质在正极极片和负极极片之间起到传导离子的作用。本申请对电解质的种类没有具体的限制，可根据需求进行选择。例如，电解质可包括固态电解质、凝胶态电解质及液态电解质（即电解液）中的一种或多种。

在一些实施例中，电解质采用电解液，电解液包括电解质盐和溶剂。

电解质盐的种类不受具体的限制，可根据实际需求进行选择。在一些实施例中，作为示例，电解质盐可包括六氟磷酸锂（$LiPF_6$）、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。

溶剂的种类不受具体的限制，可根据实际需求进行选择。在一些实施例中，溶剂可以包括酯类溶剂、砜类溶剂、醚类溶剂中的一种或多种。作为示例，溶剂可包括但不限于碳酸乙烯酯（EC）、碳酸亚丙酯（PC）、碳酸甲乙酯（EMC）、碳酸二乙酯（DEC）、碳酸二甲酯（DMC）、碳酸二丙酯（DPC）、碳酸甲丙酯（MPC）、碳酸乙丙酯（EPC）、碳酸亚丁酯（BC）、氟代碳酸亚乙酯（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）、四氢呋喃（THF）、2-甲基四氢呋喃、1,3-二氧戊烷、4-甲基-1,3-二氧环戊烷、二甲氧基甲烷、二乙氧基甲烷、二丙氧基甲烷、1,2-二甲氧基乙烷、1,2-二甲氧基丙烷、1,2-二乙氧基乙烷、乙二醇甲基乙基醚、二乙二醇二甲醚、三乙二醇二甲醚、四乙二醇二甲醚中的一种或多种。

在一些实施例中，电解液中还可选地包括添加剂。例如，添加剂可包括负极成膜添加剂，也可包括正极成膜添加剂，还可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。

[隔离膜]

本申请实施例提供的电池单体还可包括隔离膜。隔离膜可设置在正极极片和负极极片之间，主要起到防止内部短路的作用。本申请对隔离膜的种类没有特别的限制，可以选用任意公知的具有良好的化学稳定性和机械稳定性的多孔结构膜。

在一些实施例中，隔离膜的材质可包括玻璃纤维、无纺布、聚乙烯、聚丙烯、聚偏二氟乙烯、聚酰亚胺中的一种或多种。隔离膜可以是单层薄膜，也可以是多层复合薄膜。隔离膜为多层复合薄膜时，各层的材料相同或不同。

本申请实施例提供的电池单体的制备方法是公知的。在一些实施例中，可将正极极片、隔离膜、负极极片和电解液组装形成电池单体。作为示例，可将正极极片、隔离膜、

负极极片经卷绕工艺和/或叠片工艺形成电极组件，将电极组件置于外包装中，烘干后注入上述电解液，经过真空封装、静置、化成、整形等工序，得到电池单体。多个电池单体还可以进一步经由串联或并联或混联组成电池模块。多个电池模块还可以经由串联或并联或混联形成电池包。在一些实施例中，多个电池单体还可以直接组成电池包。

本申请实施例还提供一种用电装置，用电装置包括本申请实施例提供的电池。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、平板电脑、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类型，例如可以选择电池单体、电池模块或电池包。

图 6 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重量计，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 1-1

（1）聚噻吩导电聚合物的制备

在氮气环境中，将 1mol 甲氧基噻吩、1.5mol 正戊醇、2g 无水硫酸氢钠依次加入反应器中，于 110℃加热搅拌 3h，经减压蒸馏后得到 3-戊氧基噻吩。

将 3-戊氧基噻吩（第一单体化合物）、3-噻吩甲醇（第三单体化合物）按照摩尔比 3:4 干混，共取约 10g 溶于 100mL 氯仿中，之后在氮气环境中加入 500mL 浓度为 0.2mol/L 的无水 $FeCl_3$ 的氯仿溶液中，在 25℃下聚合反应约 24h；随后向反应体系中加入甲醇使聚合产物沉淀，将获得的沉淀物在乙醇中抽提 48h，经干燥得到中间体。

在氮气环境中，将约 5g 分子量为 1000 的聚乙二醇单甲醚（MPEG）与约 1g 二苯基甲烷二异氰酸酯溶于 100mL N,N-二甲基甲酰胺中，于 70℃搅拌约 2h，随后加入含有约 6g 上述中间体的 N,N-二甲基甲酰胺溶液 50mL，并继续在氮气环境中于 70℃搅拌约 6h；将反应产物用乙醇抽提 24h，经真空干燥，得到聚噻吩导电聚合物。聚噻吩导电聚合物包括表 1 所示的第一结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且 n1:n2:(n3+n4)为 3:0:4，n4/(n3+n4)为 0.12。聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 1 所示。采用核磁共振波谱法（NMR）可以得到聚噻吩导电聚合物中不同结构单元的相对含量。

（2）正极极片的制备

将体积分布粒径 Dv50 为 7μm 的正极活性材料磷酸铁锂与聚偏氟乙烯、聚噻吩导电聚

合物、导电炭黑（Super P）按照重量比 96:2:1.5:0.5 加入 NMP 中均匀分散，得到正极浆料；将正极浆料双面涂布于13μm厚的1060铝箔上，随后烘干蒸发溶剂，再经过冷压得到面密度为 0.6g/1540.25mm^2、压实密度为 2.5g/cm^3 的初始正极极片。

将上述初始正极极片的其中一个正极膜层按停留时间为0.5s在5个激光器组成的总功率为2000W的495nm蓝光下进行连续照射，激光器与初始正极极片的垂直距离为10cm；接着采用相同方式处理初始正极极片的另一个正极膜层，结束后得到正极极片。

（3）负极极片的制备

将负极活性材料人造石墨、导电剂导电碳黑（Super P）、增稠剂羧甲基纤维素、粘结剂丁苯橡胶（SBR）按照重量比 96:1:1:2 在适量的溶剂去离子水中充分搅拌混合，形成均匀的负极浆料；将负极浆料双面涂布于 6μm 厚的铜箔上，经干燥、冷压后，得到负极极片。

（4）电解液的制备

将碳酸亚乙酯（EC）、碳酸甲乙酯（EMC）、碳酸二乙酯（DEC）按照按体积比 1:1:1 进行混合得到有机溶剂，接着将充分干燥的 $LiPF_6$ 溶解于上述有机溶剂中，配制成浓度为 1mol/L 的电解液。

（5）隔离膜的制备

采用多孔聚乙烯膜作为隔离膜。

（6）电池的制备

将正极极片、隔离膜、负极极片按顺序堆叠并卷绕，得到电极组件；将电极组件置于外包装中，干燥后注入电解液，经过真空封装、静置、化成等工序，得到电池。

实施例 1-2

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物和正极极片制备工艺不同。

（1）聚噻吩导电聚合物的制备

在氮气环境中，将 1mol 甲氧基噻吩、1.5mol 正丁醇、2g 无水硫酸氢钠、100mL 甲苯依次加入反应器中，于 80℃加热搅拌 4h，经减压蒸馏后得 3-丁氧基噻吩。

将 3-丁氧基噻吩（第一单体化合物）、3-噻吩甲醇（第三单体化合物）按照摩尔比 3:4 干混，共取约 10g 溶于 100mL 氯仿中，之后在氮气环境中加入 500mL 浓度 0.2mol/L 的无水 $FeCl_3$ 的氯仿溶液中，在 25℃下聚合反应约 48h；随后向反应体系中加入甲醇使聚合产物沉淀，将获得的沉淀物在乙醇中抽提 36h，经干燥得到中间体。

在氮气环境中，将约 4g 分子量为 400 的聚乙二醇单甲醚（MPEG）与约 1g 二苯基甲烷二异氰酸酯溶于 100mL N,N-二甲基甲酰胺中，于 70℃搅拌 3h，随后加入含有约 7g 上述中间体的 N,N-二甲基甲酰胺溶液 50mL，并继续在氮气环境中于 70℃搅拌约 5h；将反应产物用乙醇抽提 48h，经真空干燥，得到聚噻吩导电聚合物。聚噻吩导电聚合物包括表 1 所示的第一结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且 n1:n2:(n3+n4)为 3:0:4，n4/(n3+n4)为 0.12。聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 1 所示。

（2）正极极片的制备

将体积分布粒径 Dv50 为 5μm 的正极活性材料磷酸铁锂与聚偏氟乙烯、聚噻吩导电聚合物、导电炭黑（Super P）按照重量比 97:1:1.3:0.7 加入 NMP 中均匀分散，得到正极浆

料；将正极浆料双面涂布于15μm厚的1070铝箔上，随后烘干蒸发溶剂，再经过冷压得到面密度为0.65g/1540.25mm^2、压实密度为2.45g/cm^{3}的初始正极极片。

将上述初始正极极片的其中一个正极膜层按停留时间为0.3s在4个激光器组成的总功率为2500w的455nm蓝光下进行连续照射，激光器与初始正极极片的垂直距离为5cm；接着采用相同方式处理初始正极极片的另一个正极膜层，结束后得到正极极片。

实施例 1-3

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物的过程中，使用3-噻吩乙醇替代3-噻吩甲醇。聚噻吩导电聚合物包括表1所示的第一结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表1所示。

实施例 1-4

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物的过程中，使用六亚甲基二异氰酸酯替代二苯基甲烷二异氰酸酯。

聚噻吩导电聚合物包括表1所示的第一结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表1所示。

实施例 1-5

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物的过程中，使用二环己基甲烷二异氰酸酯替代二苯基甲烷二异氰酸酯。

聚噻吩导电聚合物包括表1所示的第一结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量分别如表1所示。

实施例 1-6

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物时，未加入聚乙二醇单甲醚（MPEG）和二苯基甲烷二异氰酸酯。制备的聚噻吩导电聚合物包括表1所示的第一结构单元和第三结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表1所示。

实施例 1-7

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

（1）聚噻吩导电聚合物的制备

在氮气环境中，将1mol甲氧基噻吩、1.5mol乳酸甲酯、2g无水硫酸氢钠、100mL甲苯依次加入反应体系中于85℃加热搅拌3.5h，经减压蒸馏后得2-(噻吩-3-氧基)丙酸甲酯。

将3-戊氧基噻吩（第一单体化合物）、2-(噻吩-3-氧基)丙酸甲酯（第二单体化合物的前体化合物）、3-噻吩甲醇（第三单体化合物）按照摩尔比5:0.5:4.5干混，共取约10g溶

于 100mL 氯仿中，之后在氮气环境中加入 500mL 浓度为 0.2mol/L 的无水 $FeCl_3$ 的氯仿溶液中，在 25℃下聚合反应约 72h；随后向反应体系中加入甲醇使聚合产物沉淀，将获得的沉淀物在乙醇中抽提 36h，经干燥得到中间体。

取 5g 中间体分散于水中，加入 NaOH 调节 pH 至 8.5，并持续搅拌约 6h；随后干燥得到聚噻吩导电聚合物。

聚噻吩导电聚合物包括表 1 所示的第一结构单元、第二结构单元和第三结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 1 所示。

实施例 1-8

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

（1）聚噻吩导电聚合物的制备

将 3-戊氧基噻吩（第一单体化合物）、2-(噻吩-3-氧基)丙酸甲酯（第二单体化合物的前体化合物）、3-噻吩甲醇（第三单体化合物）按照摩尔比 5:1:4.5 干混，共取约 10g 溶于 100mL 氯仿中，之后在氮气环境中加入 500mL 浓度为 0.2mol/L 的无水 $FeCl_3$ 的氯仿溶液中，在 25℃下聚合反应约 96h；随后向反应体系中加入甲醇使聚合产物沉淀，将获得的沉淀物在乙醇中抽提 36h，经干燥得到第一中间体。

在氮气环境中，将 5g 分子量为 1000 的聚乙二醇单甲醚（MPEG）与 1g 二苯基甲烷二异氰酸酯溶于 100mL N,N-二甲基甲酰胺中，于 70℃搅拌约 2h，随后加入含有 6g 上述中间体的 N,N-二甲基甲酰胺溶液 50mL，并继续在氮气环境中于 70℃搅拌约 6h；将反应产物用乙醇抽提 24h，经真空干燥，得到第二中间体。

将 5g 第二中间体分散于水中，加入 NaOH 调节 pH 至 8.5，并持续搅拌 6h；随后干燥得到聚噻吩导电聚合物。

聚噻吩导电聚合物包括表 1 所示的第一结构单元、第二结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 1 所示。

实施例 1-9 至 1-12

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的数均分子量不同，具体详见表 3。

实施例 1-13 至 1-17

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物中各结构单元的含量以及数均分子量不同，具体详见表 3。

实施例 1-18 至 1-21

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物中各结构单元的含量以及数均分子量不同，具体详见表 3。

在制备上述各实施例的聚噻吩导电聚合物时，可以根据本领域已知的方法调节单体的种类及浓度、氧化剂 $FeCl_3$ 的浓度、反应温度以及反应时间等参数中的一者或者多者，以获得不同的数均分子量。

对比例 1-1

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于正极极片的制备工艺不同。

将体积分布粒径 Dv50 为 7μm 的正极活性材料磷酸铁锂与聚偏氟乙烯、导电炭黑

（Super P）按照重量比 96:2:2 加入 NMP 中均匀分散，得到正极浆料；将正极浆料双面涂布于 13μm 厚的 1060 铝箔上，随后烘干蒸发溶剂，再经过冷压得到面密度为 0.6g/1540.25mm^2、压实密度为 2.5g/cm^3 的正极极片。

对比例 1-2

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于正极极片的制备工艺不同。

将体积分布粒径 Dv50 为 7μm 的正极活性材料磷酸铁锂与聚偏氟乙烯、均聚聚噻吩（单体为噻吩，数均分子量在 15000-20000 之间）、导电炭黑（Super P）按照重量比 96:2:1.3:0.7 加入 NMP 中均匀分散，得到正极浆料；将正极浆料双面涂布于 13μm 厚的 1060 铝箔上，随后烘干蒸发溶剂，再经过冷压得到面密度为 0.6g/1540.25mm^2、压实密度为 2.5g/cm^3 的初始正极极片。

将上述初始正极极片的其中一个正极膜层按停留时间为 0.5s 在 5 个激光器组成的总功率为 2000W 的 495nm 蓝光下进行连续照射，激光器与初始正极极片的垂直距离为 10cm；接着采用相同方式处理初始正极极片的另一个正极膜层，结束后得到正极极片。

测试部分

（1）正极极片的电阻测试

将冷压后的正极极片裁成 5cm×5cm，之后放置于电阻测试仪的两电极之间，测试正极极片的电阻值。电阻测试仪可以采用元能科技 BER2500。测试温度为 25℃。

（2）正极极片的粘结力测试

将正极极片用 N-甲基吡咯烷酮洗去其中一面的正极膜层并烘干，然后将单面涂布的正极极片裁切为 20mm×100mm 的测试试样，备用；将测试试样用双面胶粘接需要测试的那一面，并用压辊压实，使双面胶与测试试样完全贴合；双面胶的另外一面粘贴于不锈钢表面，将测试试样的一端反向弯曲，弯曲角度为 180°；采用高铁拉力机测试，将不锈钢一端固定于拉力机下方夹具，测试试样弯曲末端固定于上方夹具，调整测试试样角度，保证上下端位于垂直位置，然后以 50mm/min 的速度拉伸测试试样，直到从测试试样全部从基板剥离，记录过程中的位移和作用力，以受力平衡时的力作为正极极片的粘结力。

（3）正极极片的孔隙率测试

将正极极片裁切为 14mm 直径的圆形极片，数量为 20 片，记录下正极极片重量、厚度，计算得到体积密度。将圆形极片装入真密度孔隙率测试仪的样品杯中，利用氦气置换，并结合阿基米德定律与玻尔定律得到正极极片的真体积，进而计算出正极极片的真密度。正极极片的孔隙率=(1-体积密度/真密度)。

（4）正极活性材料的克容量测试

将正极极片用N-甲基吡咯烷酮洗去其中一面的正极膜层并烘干，冲切成直径为14mm的单面圆形极片并称重；同时称重对应的正极集流体在直径为14mm圆片下的重量，得到正极膜层的重量，然后计算出正极活性材料的质量。

将 2032 扣式电池配套负极壳、泡沫镍、16mm 直径锂片、18mm 直径 Celgard2325 隔离膜、0.1g 1mol·L^{-1} $LiPF_6$的 EC:DMC:EMC(质量比 1:1:1)电解液、14mm 直径单面圆形极片、2032 扣式电池配套正极壳组装成 2032 型扣式电池。

将组装完成的扣式电池静置 12h 后进行测试。正极活性材料的质量乘以理论克容量即

为电池容量，记为 C。将扣式电池以 0.1C 的电流充电至上限截止电压，再以 0.1C 的电流放电至上限截止电压。用扣式电池的放电容量除以正极活性材料的质量即得到正极活性材料的克容量。

（5）电池的直流内阻（DCR）测试

在 25℃下，将各实施例和对比例制备的电池以 0.33C 恒流充电至满充状态（100%SOC），然后以 0.33C 恒流放电至 0.5Cn（Cn 表示电池容量）以将电池调节至 50%SOC；将电池静置 30 分钟，静置结束后的电压记为 V1；之后将电池以 3C 的电流（记为 I）放电 30 秒，放电截止电压记为 V2。电池的直流内阻 DCR=(V1-V2)/I，V1 表示静置结束电压，V2 表示放电截止电压，I 表示放电电流。

（6）电池的倍率性能测试

在 25℃下，将各实施例和对比例制备的电池以 0.33C 恒流充电至 3.65V，之后继续恒压充电至电流为 0.05C，静置 5 分钟后，再将电池以 0.33C 恒流放电至 2.5V，获得电池 0.33C 倍率下的放电容量；将电池静置 30 分钟后，以 0.33C 恒流充电至 3.65V，之后恒压充电至电流为 0.05C，静置 5 分钟后，再将电池以 3C 恒流放电至 2.5V，获得电池 3C 倍率下的放电容量。以电池 3C 倍率下的放电容量与电池 0.33C 倍率下的放电容量的比值表示电池的倍率性能。该比值越大，电池的倍率性能越好。

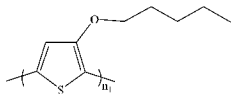
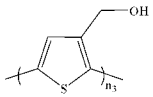
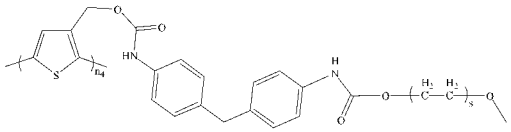
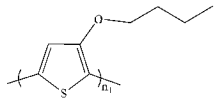
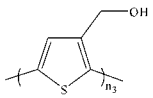
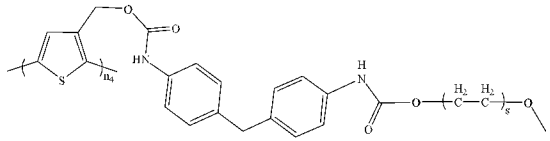
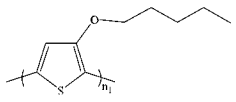
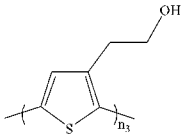
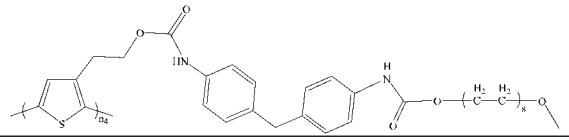
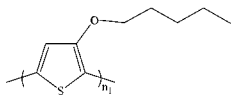
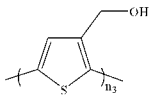
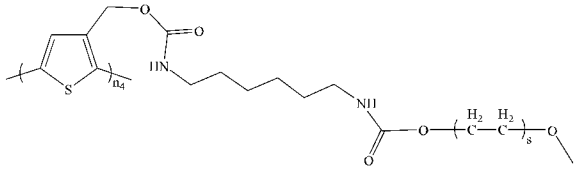
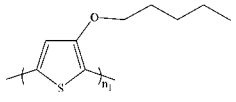
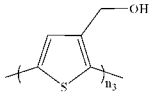
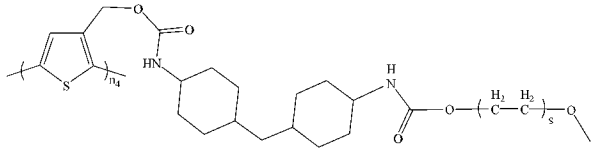
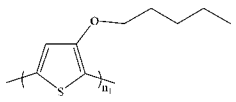
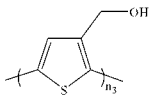
实施例 1-1 至 1-21 和对比例 1-1 至 1-2 的测试结果示出在表 2 和表 3 中。

由表 1 至表 3 可知，本申请实施例提供的正极极片经过蓝光照射后，具有电阻小、粘结力高、孔隙率高、克容量高的特点，应用于电池中，可以降低电池内阻并提升电池的倍率性能。图 7 是实施例 1-1 和对比例 1-1 的电池在不同倍率下的放电曲线。由图 7 可知，实施例 1-1 制备的电池在 3C 倍率下具有更高的放电容量保持率。

实施例 1-1 至 1-21 的正极极片中的正极导电剂包括官能团化的聚噻吩导电聚合物，其对蓝光波长的吸收率更高，蓝光照射时加热效率更高，由此可以更好地改善正极极片中的正极粘结剂的分布，从而可以提升正极极片的粘结力和内聚力，并还可以降低正极电阻；蓝光照射过程中还可以释放应力，从而有利于形成孔隙率较高的正极膜层，进而可以提升正极极片的电解液浸润性。

由对比例 1-2 的测试结果还可知，正极导电剂包括均聚聚噻吩时，由于缺少红移官能团，此时正极极片的最大吸收峰对应的波长不在蓝光波长区间内，由此导致蓝光照射吸收率不高，进而对正极极片和电池的改善效果不明显。

表 1

序号	第一结构单元	第二结构单元	第三结构单元	第四结构单元	n1:n2:(n3+n4)	n4/(n3+n4)	数均分子量
实施例1-1		/			3:0:4	0.12	15500
实施例1-2		/			3:0:4	0.12	14500
实施例1-3		/			3:0:4	0.12	17700
实施例1-4		/			3:0:4	0.12	16200
实施例1-5		/			3:0:4	0.12	15900
实施例1-6		/		/	3:0:4	0	27800

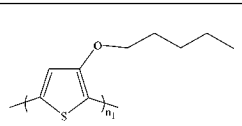
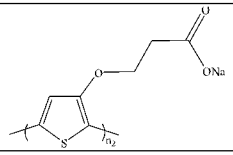
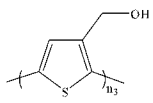
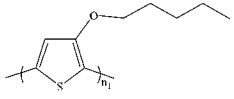
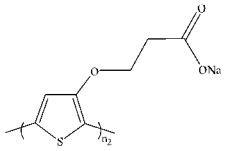
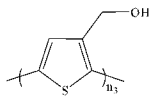
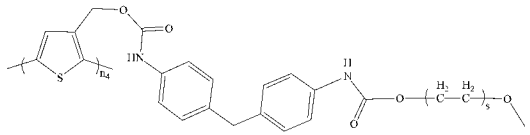
实施例 1-7				/	5:0.5:4.5	0	23300
实施例 1-8					5:1:4	0.12	20000

表 2

序号	正极膜片电阻(Ω)	正极极片粘结力(N/m)	正极极片孔隙率	克容量(mAh/g)	直流内阻(mΩ)	3C 放电倍率容量保持率
实施例 1-1	0.70	25.9	0.260	145.0	22.7	85.18%
实施例 1-2	0.72	25.1	0.238	144.2	23.4	85.14%
实施例 1-3	0.73	23.6	0.239	145.5	23.5	85.14%
实施例 1-4	0.73	26.1	0.236	145.6	23.4	85.08%
实施例 1-5	0.67	26.4	0.266	145.9	23.1	85.12%
实施例 1-6	0.73	26.5	0.259	143.6	22.8	84.85%
实施例 1-7	0.71	25.4	0.251	146.0	23.0	85.16%
实施例 1-8	0.70	23.9	0.252	145.5	23.4	85.03%
对比例 1-1	0.82	22.9	0.222	142.2	25.5	79.82%
对比例 1-2	0.76	22.9	0.226	143.5	24.2	82.67%

表 3

序号	n1:n2:(n3+n4)	n4/(n3+n4)	数均分子量	正极膜片电阻(Ω)	正极极片粘结力(N/m)	正极极片孔隙率	克容量(mAh/g)	直流内阻(mΩ)	3C 放电倍率容量保持率
实施例 1-9	3:0:4	0.12	4000	0.73	23.5	0.237	145.2	23.1	85.08%
实施例 1-10	3:0:4	0.12	24400	0.67	25.9	0.263	145.3	22.6	85.46%
实施例 1-11	3:0:4	0.12	33700	0.69	25.1	0.245	145.2	22.8	85.28%
实施例 1-12	3:0:4	0.12	45000	0.72	23.6	0.235	145.1	23.0	84.96%
实施例 1-13	2:0:8	0.12	20000	0.74	23.5	0.236	145.1	23.5	83.55%
实施例 1-14	3.5:0:6.5	0.12	16400	0.70	26.5	0.266	145.9	22.9	84.84%
实施例 1-15	5:0:5	0.12	16000	0.68	25.8	0.255	144.9	22.6	85.21%
实施例 1-16	6.5:0:3.5	0.12	20000	0.69	25.0	0.247	145.0	22.7	85.17%
实施例 1-17	8:0:2	0.12	18600	0.73	23.2	0.238	144.8	23.6	83.93%
实施例 1-18	3:0:4	0	32000	0.67	26.0	0.250	145.4	22.3	85.28%
实施例 1-19	3:0:4	0.04	30000	0.67	25.9	0.245	145.0	22.5	85.05%
实施例 1-20	3:0:4	0.08	23000	0.69	25.8	0.246	145.1	22.8	85.13%
实施例 1-21	3:0:4	0.20	8600	0.72	24.0	0.236	144.9	23.7	84.87%

实施例 2-1

电池的制备方法与实施例 1-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物和正极极片制备工艺不同。

（1）聚噻吩导电聚合物的制备

在氮气环境中，将 1mol 甲氧基噻吩、1.5mol 乙醇酸乙酯、2g 无水硫酸氢钠、100mL 甲苯依次加入反应体系中于 90℃加热搅拌 3h，经减压蒸馏后得噻吩-3-氧基乙酸乙酯。

将 3-戊氧基噻吩（第一单体化合物）、噻吩-3-氧基乙酸乙酯（第二单体化合物的前体化合物）、3-噻吩甲醇（第三单体化合物）按照摩尔比 15:20:45 干混，共取约 10g 溶于 100mL 氯仿中，之后在氮气环境中加入 500mL 浓度为 0.2mol/L 的无水 $FeCl_3$ 的氯仿溶液中，在 25℃下聚合反应约 48h；随后向反应体系中加入甲醇使聚合产物沉淀，将获得的沉淀物在乙醇中抽提 36h，经干燥得到第一中间体。

在氮气环境中，将约 8g 分子量为 6000 的聚乙二醇单甲醚与约 2g 二苯基甲烷二异氰酸酯溶于 100mL N,N-二甲基甲酰胺中，于 70℃搅拌 3h，随后加入含有约 7g 上述第一中间体的 N,N-二甲基甲酰胺溶液 50mL，并继续在氮气环境中于 70℃搅拌约 5h；将反应产物用乙醇抽提 36h，经真空干燥，得到第二中间体。

取 5g 第二中间体分散于水中，加入 NaOH 调节 pH 至 8.5，并持续搅拌约 6h；随后干燥得到中和后的聚噻吩导电聚合物。聚噻吩导电聚合物包括表 4 所示的第一结构单元、第二结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且 n1:n2:(n3+n4)为 15:20:45，n4/(n3+n4)为 0.05。聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 4 所示。

（2）正极极片的制备

将体积分布粒径 Dv50 为 7μm 的正极活性材料磷酸铁锂与羧甲基纤维素钠、聚噻吩导电聚合物、导电炭黑（Super P）按照重量比 96:2:1.3:0.7 加入去离子水中均匀分散，得到正极浆料；将正极浆料双面涂布于 20μm 厚的 1070 铝箔上，随后烘干蒸发溶剂，再经过冷压得到面密度为 0.7g/1540.25mm^2、压实密度为 2.4g/cm^3 的初始正极极片。

将上述初始正极极片的其中一个正极膜层按停留时间 0.25s 在 10 个激光器组成的总功率为 2500w 的 485nm 蓝光下进行连续照射，激光器与初始正极极片的垂直距离为 15cm；接着采用相同方式处理初始正极极片的另一个正极膜层，结束后得到正极极片。

实施例 2-2

电池的制备方法与实施例 2-1 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物和正极极片制备工艺不同。

将 3-戊氧基噻吩（第一单体化合物）、2-(噻吩-3-氧基)丙酸甲酯（第二单体化合物的前体化合物）、3-噻吩甲醇（第三单体化合物）按照摩尔比 15:20:45 干混，共取约 10g 溶于 100mL 氯仿中，之后在氮气环境中加入 500mL 浓度为 0.2mol/L 的无水 $FeCl_3$ 的氯仿溶液中，在 25℃下聚合反应约 24h；随后向反应体系中加入甲醇使聚合产物沉淀，将获得的沉淀物在乙醇中抽提 48h，经干燥得到第一中间体。

在氮气环境中，将约 6.5g 分子量为 500 的聚乙二醇单甲醚与约 1.5g 二苯基甲烷二异氰酸酯溶于 100mL N,N-二甲基甲酰胺中，于 70℃搅拌 3h，随后加入含有约 7g 上述第一中间体的 N,N-二甲基甲酰胺溶液 50mL，并继续在氮气环境中于 70℃搅拌约 6h；将反应产物用乙醇抽提 48h，经真空干燥，得到第二中间体。

取 5.5g 第二中间体分散于水中，加入 LiOH 调节 pH 至 7.5，并持续搅拌约 12h；随后干燥得到聚噻吩导电聚合物。聚噻吩导电聚合物包括表 4 所示的第一结构单元、第二结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且 n1:n2:(n3+n4)为 15:20:45，n4/(n3+n4)为 0.05。聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 4 所示。

（2）正极极片的制备

将体积分布粒径 Dv50 为 5μm 的正极活性材料磷酸铁锂与海藻酸钠、聚噻吩导电聚合物、导电炭黑（Super P）按照重量比 96.5:1.5:1.4:0.6 加入去离子水中均匀分散，得到正极浆料；将正极浆料双面涂布于 20μm 厚的 1070 铝箔上，随后烘干蒸发溶剂，再经过冷压得到面密度为 0.7g/1540.25mm^2、压实密度为 2.4g/cm^3 的初始正极极片。

将上述初始正极极片的其中一个正极膜层按停留时间 0.2s 在 8 个激光器组成的总功率为 1500w 的 505nm 蓝光下进行连续照射，激光器与初始正极极片的垂直距离为 7.5cm；接着采用相同方式处理初始正极极片的另一个正极膜层，结束后得到正极极片。

实施例 2-3

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物的过程中，使用 2-(噻吩-3-氧基)乳酸甲酯替代 2-(噻吩-3-氧基)丙酸甲酯。聚噻吩导电聚合物包括表 4 所示的第一结构单元、第二结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 4 所示。

实施例 2-4

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物的过程中，使用 3-噻吩乙醇替代 3-噻吩甲醇。聚噻吩导电聚合物包括表 4 所示的第一结构单元、第二结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 4 所示。

实施例 2-5

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物的过程中，使用六亚甲基二异氰酸酯替代二苯基甲烷二异氰酸酯。聚噻吩导电聚合物包括表 4 所示的第一结构单元、第二结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 4 所示。

实施例 2-6

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物的过程中，使用二环已基甲烷二异氰酸酯替代二苯基甲烷二异氰酸酯。聚噻吩导电聚合物包括表 4 所示的第一结构单元、第二结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 4 所示。

实施例 2-7

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物时，未加入第二单体化合物，也未加入聚乙二醇单甲醚（MPEG）和二苯基甲烷二异氰酸酯。制备的聚噻吩导电聚合物包括表 4 所示的第一结构单元和第三结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 4 所示。

实施例 2-8

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物时，未加入第二单体化合物。制备的聚噻吩导电聚合物包括表 4 所示的第一结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 4 所示。

实施例 2-9

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的结构和制备工艺不同。

在制备聚噻吩导电聚合物时，未加入第二单体化合物。制备的聚噻吩导电聚合物包括表 4 所示的第一结构单元、第三结构单元和第四结构单元，并且各结构单元的含量以及聚噻吩导电聚合物的数均分子量如表 4 所示。

实施例 2-10 至 1-14

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物的数均分子量不同，具体详见表 6。

实施例 2-15 至 1-18

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物中各结构单元的含量以及数均分子量不同，具体详见表 6。

实施例 2-19 至 1-22

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于聚噻吩导电聚合物中各结构单元的含量以及数均分子量不同，具体详见表 6。

实施例 2-23

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于第二中间体用 NaOH 调节 pH 至 7.5。

在制备上述各实施例的聚噻吩导电聚合物时，可以根据本领域已知的方法调节单体的种类及浓度、氧化剂 $FeCl_3$ 的浓度、反应温度以及反应时间等参数中的一者或者多者，以获得不同的数均分子量。

对比例 2-1

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于正极极片的制备工艺不同。

将体积分布粒径 Dv50 为 5μm 的正极活性材料磷酸铁锂与海藻酸钠、导电炭黑（Super P）按照重量比 96.5:1.5:2 加入去离子水中均匀分散，得到正极浆料；将正极浆料双面涂布于 20μm 厚的 1070 铝箔上，随后烘干蒸发溶剂，再经过冷压得到面密度为

0.7g/1540.25mm^2、压实密度为 2.4g/cm^3 的正极极片。

对比例 2-2

电池的制备方法与实施例 2-2 类似，不同之处在于正极极片的制备工艺不同。

将体积分布粒径 Dv50 为 5μm 的正极活性材料磷酸铁锂与海藻酸钠、均聚聚噻吩（单体为噻吩，数均分子量在 15000-20000 之间）、导电炭黑（Super P）按照重量比 96.5:1.5:1.4:0.6 加入去离子水中均匀分散，得到正极浆料；将正极浆料双面涂布于 20μm 厚的 1070 铝箔上，随后烘干蒸发溶剂，再经过冷压得到面密度为 0.7g/1540.25mm^2、压实密度为 2.4g/cm^3 的初始正极极片。

将上述初始正极极片的其中一个正极膜层按停留时间 0.2s 在 8 个激光器组成的总功率为 1500w 的 505nm 蓝光下进行连续照射，激光器与初始正极极片的垂直距离为 7.5cm；接着采用相同方式处理初始正极极片的另一个正极膜层，结束后得到正极极片。

实施例 2-1 至 2-23 和对比例 2-1 至 2-2 的测试方法与实施例 1-1 至 1-21 相同。结果示出在表 5 和表 6 中。

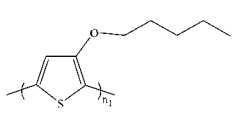
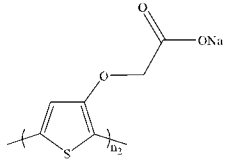
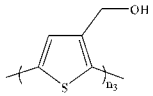
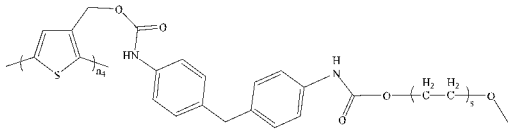
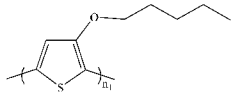
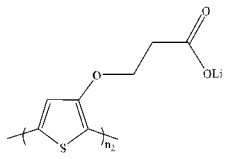
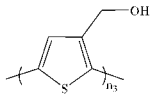
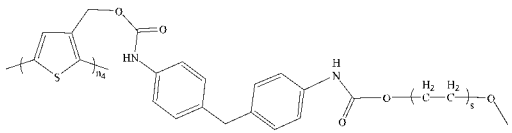
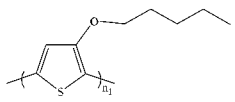
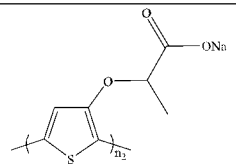
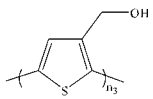
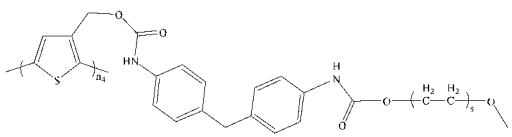
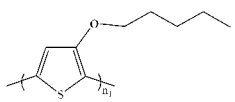
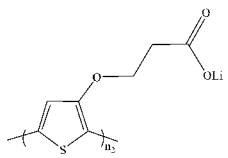
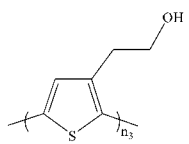
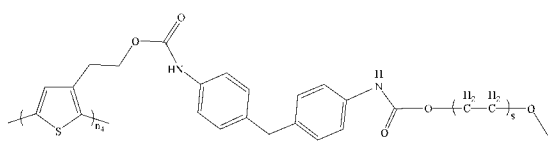
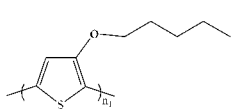
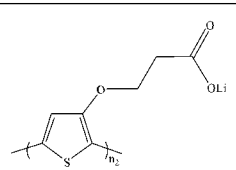
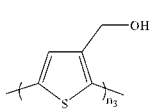
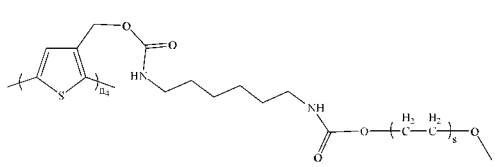
由表 4 至表 6 可知，本申请实施例提供的正极极片经过蓝光照射后，具有电阻小、粘结力高、孔隙率高、克容量高的特点，应用于电池中，可以降低电池内阻并提升电池的倍率性能。

实施例 2-1 至 2-23 的正极极片中的正极导电剂包括官能团化的聚噻吩导电聚合物，其对蓝光波长的吸收率更高，蓝光照射时加热效率更高，由此可以更好地改善正极极片中的正极粘结剂的分布，从而可以提升正极极片的粘结力和内聚力，并还可以降低正极电阻；蓝光照射过程中还可以释放应力，从而有利于形成孔隙率较高的正极膜层，进而可以提升正极极片的电解液浸润性。

由对比例 2-2 的测试结果还可知，正极导电剂包括均聚聚噻吩时，由于缺少红移官能团，此时正极极片的最大吸收峰对应的波长不在蓝光波长区间内，由此导致蓝光照射吸收率不高，进而对正极极片和电池的改善效果不明显。

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它方式也包含在本申请的范围内。

表 4

序号	第一结构单元	第二结构单元	第三结构单元	第四结构单元	n1:n2:(n3+n4)	n4/(n3+n4)	数均分子量
实施例 2-1					15:20:45	0.05	16700
实施例 2-2					15:20:45	0.05	17000
实施例 2-3					15:20:45	0.05	10500
实施例 2-4					15:20:45	0.05	12100
实施例 2-5					15:20:45	0.05	20500

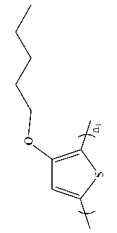
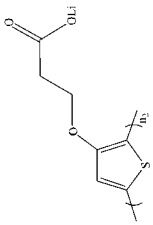
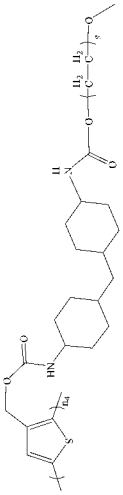
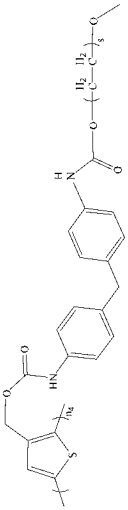
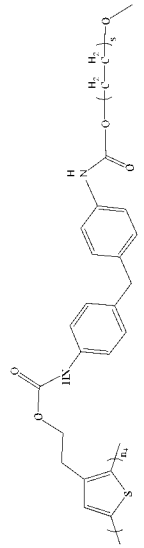
实施例 2-6					15:20:45	0.05	13500
实施例 2-7		/		/	2:0:8	0	30000
实施例 2-8		/			2:0:8	0.05	3000
实施例 2-9		/			2:0:8	0.05	7600

表 5

序号	正极膜片电阻(Ω)	正极极片粘结力(N/m)	正极极片孔隙率	克容量(mAh/g)	直流内阻(mΩ)	3C 放电倍率容量保持率
实施例 2-1	0.69	23.3	0.258	144.8	22.9	85.35%
实施例 2-2	0.68	24.2	0.244	144.9	22.9	85.19%
实施例 2-3	0.71	23.4	0.246	144.8	23.5	84.94%
实施例 2-4	0.73	23.1	0.262	143.7	22.6	85.06%
实施例 2-5	0.69	26.3	0.238	145.2	23.5	84.96%
实施例 2-6	0.67	25.9	0.266	146.4	23.1	85.11%
实施例 2-7	0.72	23.0	0.234	143.4	23.6	83.80%
实施例 2-8	0.68	25.3	0.254	145.7	23.1	84.81%
实施例 2-9	0.66	23.2	0.256	143.6	23.5	84.15%
对比例 2-1	0.82	22.9	0.215	142.4	24.9	81.77%
对比例 2-2	0.78	21.8	0.219	142.3	24.0	82.44%

表 6

序号	n1:n2:(n3+n4)	n4/(n3+n4)	数均分子量	正极膜片电阻(Ω)	正极极片粘结力(N/m)	正极极片孔隙率	克容量(mAh/g)	直流内阻(mΩ)	3C 放电倍率容量保持率
实施例 2-10	15:20:45	0.05	4500	0.71	23.9	0.233	144.2	23.4	85.06%
实施例 2-11	15:20:45	0.05	9200	0.69	24.1	0.245	144.8	23.3	85.12%
实施例 2-12	15:20:45	0.05	25200	0.75	25.5	0.240	144.1	23.0	85.05%
实施例 2-13	15:20:45	0.05	33000	0.75	23.3	0.230	143.3	23.6	84.56%
实施例 2-14	15:20:45	0.05	43000	0.76	23.1	0.229	142.7	23.8	84.24%
实施例 2-15	5:35:45	0.05	15300	0.72	24.7	0.259	143.3	23.4	84.83%
实施例 2-16	10:30:45	0.05	14600	0.71	24.5	0.249	143.9	23.1	85.13%
实施例 2-17	20:30:45	0.05	18000	0.74	24.8	0.251	144.2	23.2	85.14%
实施例 2-18	25:15:45	0.05	16600	0.76	25.3	0.254	144.1	23.5	84.02%
实施例 2-19	15:20:45	0	28800	0.71	23.0	0.235	143.7	23.5	84.14%
实施例 2-20	15:20:45	0.10	15000	0.67	25.5	0.245	144.5	22.8	85.15%
实施例 2-21	15:20:45	0.15	12000	0.63	25.9	0.263	145.2	22.5	85.57%
实施例 2-22	15:20:45	0.20	9000	0.68	25.3	0.249	144.9	23.2	84.96%
实施例 2-23	15:20:45	0.05	17000	0.71	24.2	0.244	144.7	23.4	84.93%

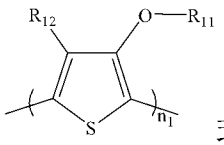
WO 2025/007595 PCT/CN2024/083548

权 利 要 求 书

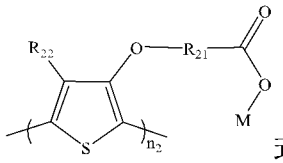
1．一种聚噻吩导电聚合物，包括：

式（1）所示的第一结构单元；以及

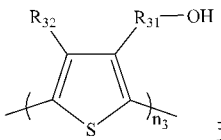
式（2）所示的第二结构单元、式（3）所示的第三结构单元和式（4）所示的第四结构单元中的至少一者，



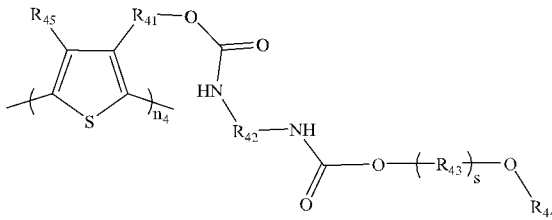
式（1）



式（2）



式（3）



式（4），

R_{11}包括 C1-C8 烷基或 C1-C8 烷基烷氧基，R_{12}包括氢原子或 C1-C3 烷基；

R_{21}包括 C1-C5 亚烷基，R_{22}包括氢原子或 C1-C3 烷基，M 包括一价金属；

R_{31}包括 C1-C5 亚烷基，R_{32}包括氢原子或 C1-C3 烷基；

R_{41}包括 C1-C5 亚烷基，R_{42}包括二异氰酸酯的残基，R_{43}包括 C2-C6 亚烷基，R_{44}包括 C1-C3 烷基，R_{45}包括氢原子或 C1-C3 烷基，$s \geq 1$；

$n1 > 0$；

$n2 \geq 0$，$n3 \geq 0$，$n4 \geq 0$，且 $n2+n3+n4 > 0$。

2．根据权利要求 1 所述的聚噻吩导电聚合物，其中，所述聚噻吩导电聚合物的数均分子量为 3000-45000，可选为 5000-34000。

3．根据权利要求 1 或 2 所述的聚噻吩导电聚合物，其中，所述聚噻吩导电聚合物满足如下条件（1）至（13）中的至少一者：

（1）R_{11}包括 C4-C6 烷基或 C4-C6 烷基烷氧基；

（2）R_{12}包括氢原子；

（3）R_{21}包括 C1-C3 亚烷基；

（4）R_{22}包括氢原子；

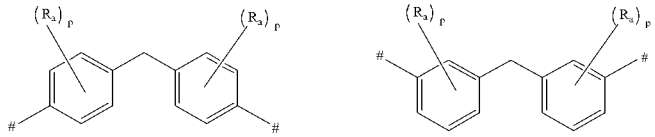
（5）M 包括 Li 和/或 Na；

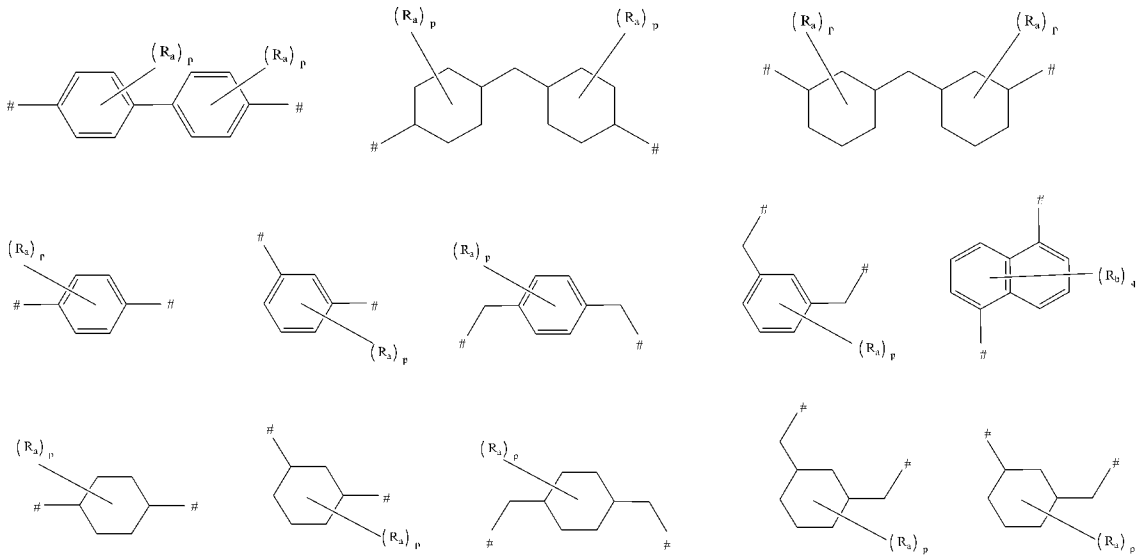
（6）R_{31}包括 C1-C3 亚烷基；

（7）R_{32}包括氢原子；

（8）R_{41}包括 C1-C3 亚烷基；

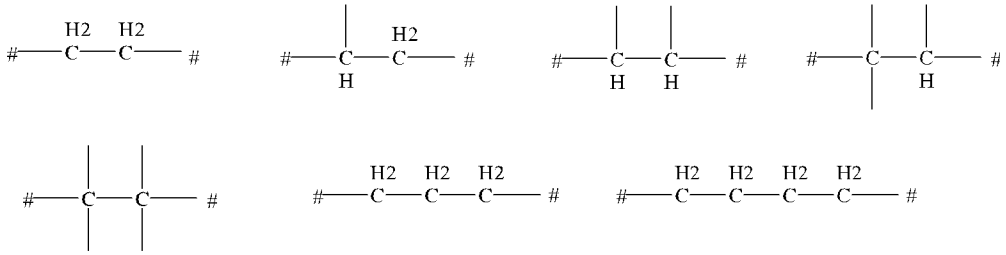
（9）R_{42}包括 R_a取代或未取代的 C1-C6 亚烷基、以及如下基团中的一种：





#表示连接位置，R_a 分别独立地包括 C1-C3 烷基，R_b 分别独立地包括 C1-C3 烷基，p 表示 0-4 的整数，q 表示 0-6 的整数；

（10）R_{43} 包括如下基团：



；

（11）R_{44} 包括甲基；

（12）R_{45} 包括氢原子；

（13）s 为 3-140，可选为 10-90。

4．根据权利要求 1-3 任一项所述的聚噻吩导电聚合物，其中，

n2＞0，n3＝0，n4＝0；或者，

n2＝0，n3＞0，n4＝0；或者，

n2＝0，n3＞0，n4＞0；或者，

n2＞0，n3＞0，n4＞0。

5．一种正极浆料，包括溶剂以及非溶剂组分，所述非溶剂组分包括正极活性材料、正极粘结剂以及正极导电剂，其中，所述正极导电剂包括权利要求 1-4 任一项所述的聚噻吩导电聚合物。

6．根据权利要求 5 所述的正极浆料，其中，所述溶剂非水溶剂，可选为包括包括 N-甲基吡咯烷酮，所述正极粘结剂包括油性粘结剂，且 $0.35 \leq n1/(n1+n2+n3+n4) \leq 0.65$；

可选地，$0.40 \leq n1/(n1+n2+n3+n4) \leq 0.60$；和/或，

可选地，所述正极粘结剂包括聚偏氟乙烯、聚酰亚胺、聚氨酯中的一种或多种。

7．根据权利要求 6 所述的正极浆料，其中，

$0 \leq n2/(n1+n2+n3+n4) \leq 0.25$，可选地，$0 \leq n2/(n1+n2+n3+n4) \leq 0.10$；和/或，

0.35≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.65，

可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60；和/或，

0≤n4/(n3+n4)≤0.20，可选地，0<n4/(n3+n4)≤0.15。

8．根据权利要求 5 所述的正极浆料，其中，所述溶剂包括水，所述正极粘结剂包括水性粘结剂，且 0.05≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.25；

可选地，0.08≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22；和/或，

可选地，所述正极粘结剂包括羧甲基纤维素及其衍生物、海藻酸钠、聚丙烯酸及其衍生物、琼脂糖、明胶、卡拉胶、黄原胶、瓜尔胶、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺中的一种或多种。

9．根据权利要求 8 所述的正极浆料，其中，

0.15≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.45，可选地，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.40；和/或，

0.30≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.80，

可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60；和/或，

0≤n4/(n3+n4)≤0.20，可选地，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。

10．根据权利要求 5-9 任一项所述的正极浆料，其中，

所述正极活性材料包括锂过渡金属氧化物、含锂磷酸盐、及其各自的改性化合物中的一种或多种；和/或，

所述正极浆料还包括第二导电剂，所述第二导电剂包括超导碳、导电石墨、乙炔黑、碳黑、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；和/或，

所述非溶剂组分中的所述聚噻吩导电聚合物的含量为 0.2-4%，可选为 0.5-3%，基于所述非溶剂组分的总重量计。

11．一种正极极片，包括正极集流体以及设置在所述正极集流体至少一个表面上的正极膜层，其中，所述正极膜层包括正极活性材料、正极粘结剂以及正极导电剂，所述正极导电剂包括权利要求 1-4 任一项所述的聚噻吩导电聚合物。

12．根据权利要求 11 所述的正极极片，其中，所述正极粘结剂包括油性粘结剂，且 0.35≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.65；

可选地，0.40≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.60；和/或，

可选地，所述正极粘结剂包括聚偏氟乙烯、聚酰亚胺、聚氨酯中的一种或多种。

13．根据权利要求 12 所述的正极极片，其中，

0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.25，可选地，0≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.10；和/或，

0.35≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.65，

可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60；和/或，

0≤n4/(n3+n4)≤0.20，可选地，0<n4/(n3+n4)≤0.15。

14．根据权利要求 11 所述的正极极片，其中，

所述正极粘结剂包括水性粘结剂，且 0.05≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.25；

可选地，0.08≤n1/(n1+n2+n3+n4)≤0.22；和/或，

可选地，所述正极粘结剂包括羧甲基纤维素及其衍生物、海藻酸钠、聚丙烯酸及其衍生物、琼脂糖、明胶、卡拉胶、黄原胶、瓜尔胶、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺中的一种或多种。

15．根据权利要求 14 所述的正极极片，其中，

0.15≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.45，可选地，0.25≤n2/(n1+n2+n3+n4)≤0.40；和/或，

0.30≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.80，

可选地，0.40≤(n3+n4)/(n1+n2+n3+n4)≤0.60；和/或，

0≤n4/(n3+n4)≤0.20，可选地，0.04≤n4/(n3+n4)≤0.15。

16．根据权利要求 11-15 任一项所述的正极极片，其中，

所述正极活性材料包括锂过渡金属氧化物、含锂磷酸盐、及其各自的改性化合物中的一种或多种；和/或，

所述正极极片还包括第二导电剂，所述第二导电剂包括超导碳、导电石墨、乙炔黑、碳黑、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；和/或，

所述正极膜层中的所述聚噻吩导电聚合物的含量为 0.2-4%，可选为 0.5-3%，基于所述正极膜层的总重量计。

17．一种正极极片的制备方法，其中，包括如下步骤：

将权利要求 5-10 任一项所述的正极浆料涂布在正极集流体至少一个表面上，干燥、辊压后获得初始正极极片；

使用激光照射所获得的初始正极极片，结束后获得正极极片，所述激光波长为 445-505nm。

18．根据权利要求 17 所述的制备方法，其中，

激光发生方式为连续发射；和/或，

激光器的数量为 1-10，总功率为 100-2500W；和/或，

所述初始正极极片经过激光器光斑的时间为 0.05-0.5s；和/或，

激光器与所述初始正极极片的垂直距离为 5-15cm。

19．一种电池单体，其中，包括权利要求 11-16 任一项所述的正极极片或通过权利要求 17-18 任一项所述的制备方法制备得到的正极极片。

20．一种电池，其中，包括权利要求 19 所述的电池单体。

21．一种用电装置，其中，包括权利要求 20 所述的电池。

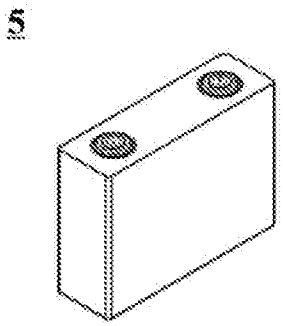


图 1

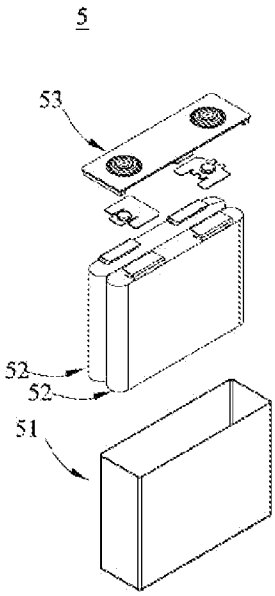


图 2

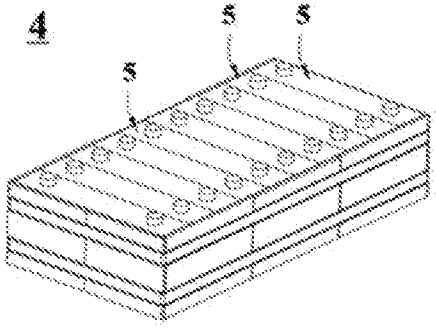


图 3

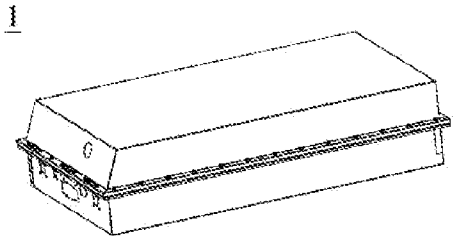


图 4

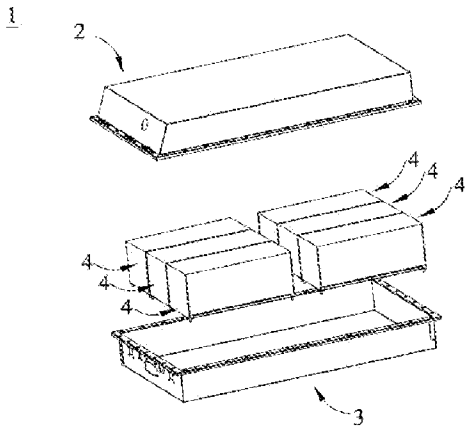


图 5

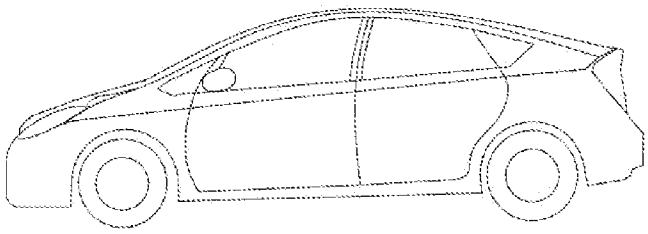


图 6

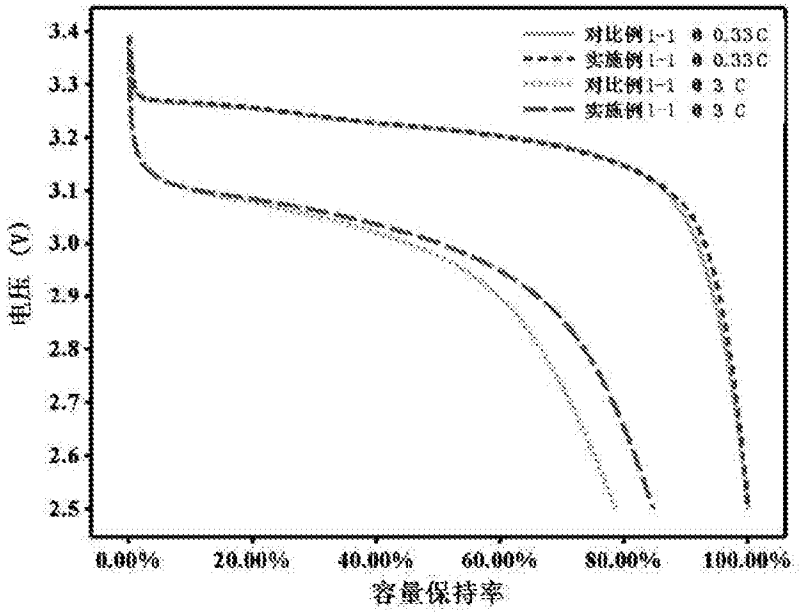

对比例1-1 @ 0.33C
实施例1-1 @ 0.33C
对比例1-1 @ 3 C
实施例1-1 @ 3 C
电压（V）
3.4
3.3
3.2
3.1
3.0
2.9
2.8
2.7
2.6
2.5
0.00%
20.00%
40.00%
60.00%
80.00%
100.00%
容量保持率

图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2024/083548

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C08G61/12(2006.01)i; H01M4/131(2010.01)i; H01M4/62(2006.01)i; H01M10/0525(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)

IPC:C08G,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)

CNKI, CNTXT, ENTXT(C), DWPI, ISI web of Knowledge, STN: 噻吩, 烷氧基噻吩, 甲氧基噻吩, 丁氧基噻吩, 戊氧基噻吩, 噻吩乙醇, 噻吩甲醇, 羟基, 正极, 浆料, 极片, 电池, thiophene, alkoxythiophene, methoxythiophene, butoxythiophene, pentoxythiophene, thiopheneethanol, thiophenemethanol, hydroxyl, positive electrode, slurry, pole piece, battery

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Marcos R. A. Alves etc. "Synthesis and Characterization of New 3-Substituted Thiophene Copolymers" *Journal of the Brazilian Chemical Society,* Vol. 22, No. 2, 31 December 2011 (2011-12-31), 248-256 experimental part	1, 3-4
A	TW 201100514 A (SANYO CHEMICAL INDUSTRIES, LTD.) 01 January 2011 (2011-01-01) entire document	1-21
A	CN 115832207 A (CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LTD.) 21 March 2023 (2023-03-21) entire document	1-21
A	CN 111269400 A (GUANGZHOU CHEMISTRY CO., LTD., CHINESE ACADEMY OF SCIENCES et al.) 12 June 2020 (2020-06-12) entire document	1-21

☑ 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
27 June 2024	**28 June 2024**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 110224140 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 10 September 2019 (2019-09-10) entire document	1-21
A	CN 101007866 A (WUHAN UNIVERSITY) 01 August 2007 (2007-08-01) entire document	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/083548

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
TW	201100514	A	01 January 2011	WO	2010113876	A1	07 October 2010
				JP	2014194951	A	09 October 2014
				JP	5863204	B2	16 February 2016
				JP	2010257954	A	11 November 2010
CN	115832207	A	21 March 2023	None			
CN	111269400	A	12 June 2020	CN	111269400	B	24 October 2023
CN	110224140	A	10 September 2019	None			
CN	101007866	A	01 August 2007	CN	101007866	B	24 August 2011

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2024/083548

A. 主题的分类

C08G61/12(2006.01)i；H01M4/131(2010.01)i；H01M4/62(2006.01)i；H01M10/0525(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)

IPC:C08G,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））

CNKI,CNTXT,ENTXT(C),DWPI,ISI web of Knowledge,STN:噻吩，烷氧基噻吩，甲氧基噻吩，丁氧基噻吩，戊氧基噻吩，噻吩乙醇，噻吩甲醇，羟基，正极，浆料，极片，电池，thiophene, alkoxythiophene, methoxythiophene, butoxythiophene, pentoxythiophene, thiopheneethanol, thiophenemethanol, hydroxyl, positive electrode, slurry, pole piece, battery

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	Marcos R. A. Alves etc. "Synthesis and Characterization of New 3-Substituted Thiophene Copolymers" J. Braz. Chem. Soc., 第22卷，第2期，2011年12月31日 (2011 - 12 - 31)，248-256 实验部分	1,3-4
A	TW 201100514 A (SANYO CHEMICAL IND LTD) 2011年1月1日 (2011 - 01 - 01) 全文	1-21
A	CN 115832207 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	1-21
A	CN 111269400 A (中科院广州化学有限公司等) 2020年6月12日 (2020 - 06 - 12) 全文	1-21
A	CN 110224140 A (华中科技大学) 2019年9月10日 (2019 - 09 - 10) 全文	1-21
A	CN 101007866 A (武汉大学) 2007年8月1日 (2007 - 08 - 01) 全文	1-21

☐ 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6月27日	2024年6月28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 李晨 电话号码 (+86) 010-62084450

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/083548

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)
TW	201100514	A	2011年1月1日	WO	2010113876	A1	2010年10月7日
				JP	2014194951	A	2014年10月9日
				JP	5863204	B2	2016年2月16日
				JP	2010257954	A	2010年11月11日
CN	115832207	A	2023年3月21日		无		
CN	111269400	A	2020年6月12日	CN	111269400	B	2023年10月24日
CN	110224140	A	2019年9月10日		无		
CN	101007866	A	2007年8月1日	CN	101007866	B	2011年8月24日