

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023 年 3 月 9 日 (09.03.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/029002 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 4/66 (2006.01) *H01M 10/0525* (2010.01)
H01M 4/80 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/116532

(22) 国际申请日: 2021 年 9 月 3 日 (03.09.2021)

(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: 薛逸凡(XUE, Yifan); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。姚斌(YAO, Bin); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。吴译晨(WU, Yichen); 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: 北京龙双利达知识产权代理有限公司 (LONGSUN LEAD IP LTD.); 中国北京市海淀区北清路 81 号院二区 3 号楼 8 层 801-1室, Beijing 100094 (CN)。

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

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,

(54) Title: NEGATIVE CURRENT COLLECTOR AND SECONDARY BATTERY COMPRISING SAME, AND BATTERY MODULE, BATTERY PACK AND ELECTRIC DEVICE

(54) 发明名称: 负极集流体、含有其的二次电池、电池模块、电池包及用电装置

200

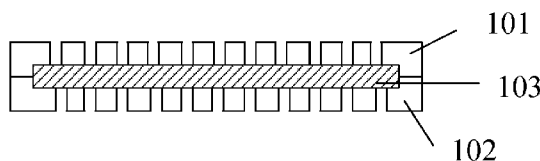


图 2a

(57) Abstract: The present application provides a negative current collector and a secondary battery comprising same, and a battery module, a battery pack and an electric device. The negative current collector comprises: a first metal layer, a pre-lithiation layer and a second metal layer, wherein the pre-lithiation layer is disposed between the first metal layer and the second metal layer, and at least one of the first metal layer and the second metal layer has a porous structure. The negative current collector provided in the embodiments of the present application can effectively prolong the cycle life of a secondary battery while improving the Coulomb efficiency and energy density of the battery.

(57) 摘要: 本申请提供了一种负极集流体、含有其的二次电池、电池模块、电池包及用电装置。负极集流体包括: 第一金属层、预锂化层以及第二金属层, 其中, 预锂化层设置于第一金属层与第二金属层之间, 第一金属层与第二金属层中的至少一个具有多孔结构。本申请实施例提供的负极集流体能够在提升二次电池的库伦效率与能量密度的同时, 有效延长电池的循环寿命。

IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

负极集流体、含有其的二次电池、电池模块、电池包及用电装置

5 技术领域

[1] 本申请涉及电池技术领域，特别是涉及一种负极集流体、含有其的二次电池、电池模块、电池包及用电装置。

背景技术

10 [2] 近年来，二次电池的应用范围越来越广泛，其广泛应用于水力、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。由于二次电池取得了极大的发展，因此对其能量密度、循环性能等也提出了更高的要求。

[3] 如何使二次电池同时兼顾较高的能量密度和较好的循环性能，是一
15 项亟待解决的技术问题。

发明内容

[4] 本申请是鉴于上述技术问题而进行的，其目的在于，提供一种负极集流体，在提升二次电池的库伦效率与能量密度的同时，有效延长电池的
20 循环寿命。

[5] 为了达到上述目的，本申请提供了一种负极集流体、含有其的二次电池、电池模块、电池包及用电装置。

[6] 第一方面，本申请提供一种负极集流体，包括：第一金属层、预锂化层以及第二金属层，其中，所述预锂化层设置于所述第一金属层与所述
25 第二金属层之间，所述第一金属层与所述第二金属层中的至少一个具有多孔结构。

[7] 本申请实施例中，负极集流体具有金属层-预锂化层-金属层的复合三明治结构，一方面，两个金属层中的至少一个具有多孔结构，使得设置于集流体表面的负极活性材料能够与预锂化层接触，预锂化层能够作为锂源预补偿锂离子电池在首周循环中由于负极 SEI（Solid electrolyte interphase）膜的形成等过程消耗的活性锂，有效提升电池的首圈库伦效率。锂层消耗后留下的空隙为负极材料在嵌锂过程中的体积膨胀预留空间，能够减少石墨的破裂和极化，提升负极机械稳定性和循环性能。另一方面，特殊的复合夹心结构使得预锂化层的消耗不会影响负极膜层与集流体之间的结合强度，即负极膜层不会因为预锂化层的消耗而从负极集流体上脱落，无损于电池的循环寿命。

[8] 在任意实施方式中，所述第一金属层与所述第二金属层均具有多孔结构。

[9] 当第一金属层和第二金属层均具有多孔结构时，可以进一步提升电池的库伦效率和能量密度。

[10] 在任意实施方式中，所述第一金属层与所述预锂化层的第一表面连接，所述第二金属层与所述预锂化层的第二表面连接。

[11] 应理解，预锂化层设置于第一金属层与第二金属层之间，预锂化层可以有多种设置方式。在一种实施方式中，预锂化层具有沿其厚度方向相对的第一表面和第二表面，第一金属层与第二金属层分别与预锂化层的第一表面、第二表面连接或部分连接。在另一种实施方式中，预锂化层通过金属压延结合设置于第一金属层与第二金属层之间。优选地，第一金属层与第二金属层分别与预锂化层的第一表面、第二表面固定连接，换言之，第一金属层与第二金属层分别与预锂化层的第一表面、第二表面紧密接触。

[12] 在任意实施方式中，所述第一金属层或所述第二金属层的面积大于所述预锂化层的面积。

[13] 在任意实施方式中，所述第一金属层的面积与所述预锂化层的面积的比值大于 1.1。

[14] 在任意实施方式中，所述第二金属层的面积与所述预锂化层的面积的比值大于或等于 1.1。

- 5 [15] 本申请实施例通过结构设计，使得负极集流体中金属层的面积大于预锂化层的面积，金属层部分覆盖或完全覆盖预锂化层，减少了预锂化层在电极/电解液固液界面的暴露面积或避免了预锂化层的直接暴露，从而有效抑制或避免预锂化层上锂枝晶的形成，降低安全风险，减少锂源的浪费，提升预锂化效果，从而进一步提高二次电池的库伦效率。

- 10 [16] 在任意实施方式中，所述第一金属层的面积与所述第二金属层的面积相等。

[17] 本申请实施例通过采用面积相等的第一金属层与第二金属层。采用面积相等的第一金属层与第二金属层便于工业加工，提高了二次电池的生产效率。

- 15 [18] 在任意实施方式中，所述预锂化层为锂箔。

[19] 本申请实施例通过采用锂箔作为预锂化层，无需其他粘结剂或黏合剂，锂箔可通过延压工艺制得上述复合三明治结构的负极集流体，工艺简单且锂金属与集流体和活性物质直接接触，有利于电化学反应中电子的传递、能够缩短锂离子的传质距离，提高二次电池的充放电效率。

- 20 [20] 在任意实施方式中，所述预锂化层为锂金属粉末。

[21] 在任意实施方式中，所述预锂化层为硅化锂粉。

[22] 在任意实施方式中，所述第一金属层和所述第二金属层的氧化还原电位大于或等于 0.337V。

- 25 [23] 在任意实施方式中，所述第一金属层和/或所述第二金属层为金属铜材料。

[24] 应理解，第一金属层与第二金属层的材料可以相同，也可以不同，优选地，第一金属层与第二金属层采用相同的材料。

[25] 在任意实施方式中，所述第一金属层和/或所述第二金属层为多孔铜箔。

5 [26] 在任意实施方式中，所述多孔铜箔中孔的孔径为 15-500 μm ，优选为 20-100 μm 。

[27] 在任意实施方式中，所述多孔铜箔的孔隙率 $\leq 50\%$ 。

[28] 在任意实施方式中，所述多孔铜箔的厚度为 2.5-6 μm ，优选为 2.5-4 μm 。

10 [29] 在任意实施方式中，所述第一金属层和/或所述第二金属层为泡沫铜。

[30] 应理解，第一金属层与第二金属层的结构可以相同，也可以不同。示例性地，第一金属层为多孔铜箔，第二金属层为泡沫铜。优选地，第一金属层与第二金属层采用相同结构的材料。

[31] 在任意实施方式中，所述泡沫铜中的孔的孔径为 0.3-7 mm。

15 [32] 在任意实施方式中，所述泡沫铜的孔隙率 $\geq 50\%$ ；可选为 50%-80%。

[33] 在任意实施方式中，所述泡沫铜的厚度为 0.8-10 mm。

[34] 在任意实施方式中，所述第一金属层和/或所述第二金属层为网状结构的铜丝。

[35] 在任意实施方式中，所述铜丝的直径为 0.02-2 mm。

20 [36] 在任意实施方式中，所述第一金属层和/或所述第二金属层为金属镍材料。

[37] 在任意实施方式中，所述第一金属层和/或所述第二金属层为不锈钢材料。

25 [38] 第二方面，本申请还提供一种二次电池，包括负极极片，所述负极极片包括本申请第一方面所述的负极集流体。

[39] 第三方面，本申请还提供一种电池模块，包括本申请第二方面所述的二次电池。

[40] 第四方面，本申请还提供一种电池包，包括本申请第二方面所述的二次电池、本申请第三方面所述的电池模块中的一种。

5 [41] 第五方面，本申请还提供一种用电装置，包括本申请第二方面所述的二次电池、本申请第三方面所述的电池模块、本申请第四方面所述的电池包中的至少一种。

[42] 本申请提供的负极集流体具有金属层-预锂化层-金属层组成的复合三明治结构，能够在预锂化层不暴露于电极/电解液的情况下，通过金属层
10 的多孔结构为负极活性材料提供充足的锂源，从而补充负极在形成 SEI 膜和电池循环过程中消耗的活性锂离子，有效提升了电池的首圈库伦效率，提高了电池的能量密度，延长了电池的循环寿命。

附图说明

15 [43] 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例，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。在附图中，附图并未按照实际的比例绘制。

20 [44] 图 1a 是本申请一种负极集流体的示意图。

[45] 图 1b 是本申请一种设置有活性材料的负极集流体的示意图。

[46] 图 2a 是本申请另一种负极集流体的示意图。

[47] 图 2b 是本申请另一种设置有活性材料的负极集流体的示意图。

[48] 图 3 是本申请一种制备负极集流体的示意性流程图。

25 [49] 图 4a 是本申请又一种负极集流体的示意图。

[50] 图 4b 是本申请再一种负极集流体的示意图。

[51] 图 5 是本申请一种二次电池的示意性结构图。

[52] 图 6 是本申请一种二次电池的方形结构示意图。

[53] 图 7 是本申请一种电池模块的示意图。

5 [54] 图 8 是本申请一种电池包的示意图。

[55] 图 9 是本申请一种电池包的分解图。

具体实施方式

[56] 以下，适当地参照附图详细说明具体公开了本申请的负极集流体、
10 含有其的二次电池、电池模块以及电学装置的实施方式。但是会有省略不必要的详细的情况。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
15 题。

[57] 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。
20 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
25 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。

[58] 在本申请的描述中，需要说明的是，除非另有说明，“多个”的含义
5 是两个以上；术语“上”、“下”、“左”、“右”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系仅是为了便于描述本申请和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请的限制。此外，术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。“垂直”并不是严格意义上的垂直，
10 而是在误差允许范围之内。“平行”并不是严格意义上的平行，而是在误差允许范围之内。

[59] 下述描述中出现的方位词均为图中示出的方向，并不是对本申请的具体结构进行限定。在本申请的描述中，还需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以
15 是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言，可视具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

[60] 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
20 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。

[61] 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
25 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）。

[62] 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。

[63] 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。

5 [64] 通常情况下，二次电池包括正极极片、负极极片、电解质和隔离膜。在电池充放电过程中，活性离子在正极极片和负极极片之间往返嵌入和脱出。电解质在正极极片和负极极片之间起到传导离子的作用。隔离膜设置在正极极片和负极极片之间，主要起到防止正负极短路的作用，同时可以使离子通过。

10 [65] 本申请以锂离子电池为例，锂离子电池是一种典型的二次电池，由于其依靠锂离子在正负极之间脱嵌的化学反应进行充放电，锂离子电池又被称为摇椅式电池。锂离子电池的充电过程中，锂离子从正极脱出，移动并嵌入到负极；而放电过程中，锂离子从负极脱出，移动并嵌入正极。

15 [66] 在锂离子电池的电化学反应中，由于电极材料在嵌锂、脱锂过程中的结构变化、活性材料的副反应等多种因素的影响，均会导致从正极材料中脱出的锂离子并不能完全回到正极，从而造成了锂离子电池容量的损失，库伦效率的下降，限制了高能量密度锂离子电池的发展。

[67] 对负极材料而言，SEI（Solid electrolyte interphase）膜的形成是导致负极首次放电容量小于充电容量的主要原因之一。

20 [68] 应理解，本申请所述“嵌锂”、“嵌入”过程指锂离子由于电化学反应在正极材料和负极材料中嵌入的过程，本申请所述“脱出”、“脱锂”、“脱嵌”过程指锂离子由于电化学反应在正极材料和负极材料中脱出的过程。

[69] [负极极片]

25 [70] 负极极片通常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。

[71] 本申请的负极集流体通过特殊的结构设计，解决了二次电池中由于锂离子的不可逆消耗导致的电池库伦效率低、寿命短的问题，以金属层-预锂化层-金属层的复合三明治结构作为二次电池的负极集流体，能够在提高二次电池能量密度以及库伦效率的同时，延长电池的循环寿命。具体地，

5 在一个实施例中，如图 1a 所示，负极集流体 100 包括：

[72] 第一金属层 101、预锂化层 103、以及第二金属层 102。

[73] 其中，预锂化层 103 用于在锂离子电池的电化学反应中为设置于负极集流体表面的活性物质补充锂离子，预锂化层 103 设置于第一金属层 101 和第二金属层 102 之间，第一金属层 101 与第二金属层 102 中的至少
10 一个具有多孔结构。

[74] 本实施例中，第一金属层、预锂化层以及第二金属层形成了特殊的复合三明治结构，负极活性物质设置于集流体的表面，即金属层表面，两个金属层中的至少一个具有多孔结构，使得设置于集流体表面的活性材料能够通过多孔结构与预锂化层接触，预锂化层能够作为锂源补充形成 SEI
15 膜以及电池循环过程中消耗的活性锂，有效提升二次电池的首圈库伦效率。另外，特殊的复合三明治结构使得预锂化层的消耗不会影响活性材料与集流体之间的结构，即活性材料不会因为预锂化层的消耗而从负极集流体上脱落，延长了电池的循环寿命。并且，当预锂化层全部消耗之后，负极集流体形成两层金属层构成的空心结构，一方面，能够改善解电池循环过程中的副产物在电极处堆积导致体积膨胀而造成的电池性能下降；另一方面，还能够为活性材料在电池循环过程中的结构变化提供膨胀的空间，降低因活性材料膨胀造成的电池动力学性能下降问题，进一步延长电池的循环寿命。

[75] 在本申请的负极集流体中，第一金属层 101 或第二金属层 102 中的
25 至少一个具有多孔结构。

[76] 在一些实施例中，第一金属层 101 和第二金属层 102 均具有多孔结构。当第一金属层和第二金属层均具有多孔结构时，负极集流体的两面均可通过多孔结构与负极活性材料接触，增大了预锂化层与负极活性材料的接触面积，进一步提升了锂离子电池的库伦效率；负极集流体的两面均可
5 设置活性材料且两面的活性材料均能参与锂离子电池反应，有效提高了锂离子电池的能量密度。

[77] 应理解，负极活性材料通过具有多孔结构的金属层与预锂化层接触。

[78] 预锂化层 103 具有在其自身厚度方向相对的第一表面和第二表面。

[79] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 与预锂化层 103 的第一
10 表面连接，第二金属层 102 与预锂化层 103 的第二表面连接或部分连接。

[80] 具体地，第一金属层、预锂化层和第二金属层可以通过延压等工艺，使得预锂化层的第一表面、第二表面分别与第一金属层和第二金属层连接或部分连接。

[81] 可选地，在一个实施例中，预锂化层 103 通过粘结剂设置于第一金
15 属层 101 与第二金属层 102 之间。

[82] 应理解，预锂化层可以通过多种方式设置于第一金属层与第二金属层之间，优选地，第一金属层 101 与第二金属层 102 分别与预锂化层 103 的第一表面、第二表面固定连接，换言之，第一金属层 101 与第二金属层 102 分别与预锂化层 103 的第一表面、第二表面紧密接触。

[83] 可选地，如图 2a 所示，在一个实施例中，第一金属层 101 与 102 第二金属层均具有多孔结构。该具有双面多孔结构的负极集流体 200 上设置有活性材料，优选地，如图 2b 所示，在负极集流体 200 具有多孔结构的第一金属层 101 和第二金属层 102 上设置活性材料。

[84] 本实施例中，负极集流体有两层具有多孔结构的金属层，使得负极
25 集流体的两面均可通过多孔结构与活性材料接触，增大了预锂化层与活性

材料的接触面积，进一步提升了二次电池的库伦效率；负极集流体的两面均可设置活性材料且两面的活性材料均能参与电池反应，有效提高了二次电池的能量密度。

[85] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 的面积和/或第二金属层 102 的面积大于预锂化层 103 的面积。具体地，第一金属层 101 的面积与预锂化层 103 的面积比值大于或等于 1.1；和/或，第二金属层 102 的面积与预锂化层 103 的面积比值大于或等于 1.1。

[86] 本申请实施例通过结构设计，使得负极集流体中金属层的面积大于预锂化层的面积，金属层部分覆盖或完全覆盖预锂化层，能够在预锂化层的边缘处闭合从而包裹预锂化层，减少了预锂化层在电极/电解液固液界面的暴露面积或避免了预锂化层的直接暴露，从而有效抑制或避免预锂化层上锂枝晶的形成，减少锂源的浪费，提升预锂化效果，进一步提高二次电池的库伦效率。

[87] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 具有第一区域和第二区域，第二金属层 102 具有第一区域和第二区域，其中第一金属层 101 的第一区域与预锂化层 103 的第一表面连接，第二金属层 102 的第一区域与预锂化层 103 的第二表面连接，第一金属层 101 的第二区域与第二金属层 102 的第二区域连接。

[88] 优选地，在一个实施例中，第一金属层 101 的第二区域包围第一金属层 101 的第一区域；第二金属层 102 的第二区域包围第二金属层 102 的第一区域。

[89] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 的面积与第二金属层 102 的面积相等。

[90] 本申请实施例通过采用面积相等的第一金属层与第二金属层，一方面，第一金属层的面积与第二金属层的面积均大于预锂化层的面积，使得

预锂化层被完全覆盖，避免了预锂化层暴露于电极/电解液固液界面中，提高了预锂化效果；同时，另一方面，采用面积相等的第一金属层与第二金属层便于工业加工，提高了二次电池的生产效率。

[91] 可选地，在一个实施例中，预锂化层 103 为锂箔。

- 5 [92] 具体地，如图 3 所示，为本申请实施例一种制备负极集流体的示意性流程图。在第一金属层和第二金属层中插入锂箔，通过延压的方式将三者连接在一起，得到金属层-锂箔-金属层的复合三明治结构。

[93] 本申请实施例通过采用锂箔作为预锂化层，无需其他粘结剂或黏合剂，锂箔可直接通过延压工艺与金属层连接，制备得到上述复合三明治结构的负极集流体，工艺简单且锂金属与集流体和活性物质直接接触，有利于电化学反应中电子的传递、能够缩短锂离子的传质距离，提高二次电池的充放电效率。

[94] 可选地，在一个实施例中，预锂化层 103 为锂金属粉末。

[95] 可选地，在一个实施例中，预锂化层 103 为硅化锂粉。

- 15 [96] 具体地，锂金属粉末或硅化锂粉可以直接设置于第一金属层 101 与第二金属层 102 之间，也可以通过粘结剂和/或其他助剂设置于第一金属层 101 与第二金属层 102 之间，本申请实施例对此不做限制。

[97] 可选地，在一个实施例中，预锂化层 103 为能够为活性材料提供锂离子的锂盐化合物。

- 20 [98] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 和第二金属层 102 的氧化还原电位大于或等于 0.337 V。

[99] 应理解，二次电池中，负极相对于正极电位较低。本实施例采用氧化还原电位大于或等于 0.377V 的金属材料作为集流体，能够在低电位下保持电化学稳定，即在低电位下不发生氧化还原反应，保证电池的化学反应正常进行。

25

[100] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 和/或第二金属层 102 为金属铜材料。

[101] 应理解，第一金属层 101 与第二金属层 102 的材料可以相同，也可以不同，优选地，第一金属层 101 与第二金属层 102 采用相同的材料。

5 [102] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 和/或第二金属层 102 为多孔铜箔。

[103] 可选地，在一个实施例中，多孔铜箔中孔的孔径为 15-500 μm ，优选为 20-100 μm 。

[104] 可选地，在一个实施例中，多孔铜箔的孔隙率 $\leq 50\%$ 。

10 [105] 可选地，在一个实施例中，多孔铜箔的厚度为 2.5-6 μm ，优选为 2.5-4 μm 。

[106] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 和/或第二金属层 102 为泡沫铜。

15 [107] 应理解，第一金属层 101 与第二金属层 102 的结构可以相同，也可以不同。示例性地，第一金属层 101 为多孔铜箔，第二金属层 102 为泡沫铜。优选地，第一金属层 101 与第二金属层 102 采用相同结构的材料。

[108] 本实施例采用泡沫铜作为负极集流体金属层材料，泡沫铜具有较大的比表面积，相比于平面材料，能够负载更多的活性材料，为二次电池的电化学反应提供更多的活性物质，进一步提升二次电池的能量密度。

20 [109] 图 4a 为本申请实施例又一种负极集流体 401 的示意图；图 4b 为本申请实施例再一种负极集流体 402 的示意图。

[110] 示例性地，在图 4a 中，负极集流体 401 的第一金属层 101 为多孔铜箔，第二金属层 102 为泡沫铜；在图 4b 中，负极集流体 402 的第一金属层 101 与第二金属层 102 均为泡沫铜。

25 [111] 可选地，在一个实施例中，泡沫铜中的孔的孔径为 0.3-7 mm。

[112] 可选地，在一个实施例中，泡沫铜的孔隙率为 50%-80%。

[113] 可选地，在一个实施例中，泡沫铜的厚度为 0.8-10 mm。

[114] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 和/或第二金属层 102 为网状结构的铜丝。

5 [115] 可选地，在一个实施例中，铜丝的直径为 0.02-2 mm。

[116] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 和/或第二金属层 102 为金属镍材料。

[117] 可选地，在一个实施例中，第一金属层 101 和/或第二金属层 102 为不锈钢材料。

10 [118] 优选地，第一铜箔与第二铜箔具有相同的面积、厚度、孔径以及孔隙率。

[119] 图 5 示出了本申请实施例一种二次电池的示意性结构图。

[120] 如图 5 所示，本申请还提供一种二次电池 500，包括：

[121] 负极极片 501，包括本申请任一实施例所述的负极集流体。

15 [122] 可选地，在一个实施例中，负极极片 501 还包括：

[123] 活性物质层 502，该活性物质层设置于负极集流体的表面并通过负极集流体的多孔结构与负极集流体的预锂化层接触；该活性物质层的面积大于该预锂化层的面积。

20 [124] 负极膜层可以仅设置于负极集流体的一个表面，也可以同时设置于负极集流体的两个表面。

[125] 可选地，在一个实施例中，负极活性材料可采用本领域公知的用于电池的负极活性材料。作为示例，负极活性材料可包括以下材料中的至少一种：人造石墨、天然石墨、软炭、硬炭、硅基材料、锡基材料和钛酸锂等。硅基材料可选自单质硅、硅氧化合物、硅碳复合物、硅氮复合物以及

25 硅合金中的至少一种。锡基材料可选自单质锡、锡氧化合物以及锡合金中

的至少一种。但本申请并不限于这些材料，还可以使用其他可被用作电池负极活性材料的传统材料。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。

[126] 如图 1b 所示，为本申请实施例一负极集流体与设置于其上的活性材料的示意图。具体地，负极活性材料与添加剂形成负极膜层被涂覆于负极集流体 100 上，形成负极膜层 104；优选地，在负极集流体 100 具有多孔结构的第一金属层 101 上设置活性材料。

[127] 可选地，在一个实施例中，负极膜层还包括粘结剂。粘结剂可选自丁苯橡胶（SBR）、聚丙烯酸（PAA）、聚丙烯酸钠（PAAS）、聚丙烯酰胺（PAM）、聚乙烯醇（PVA）、海藻酸钠（SA）、聚甲基丙烯酸（PMAA）及羧甲基壳聚糖（CMCS）中的至少一种。

[128] 可选地，在一个实施例中，负极膜层还包括导电剂。导电剂可选自超导碳、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯及碳纳米纤维中的至少一种。

[129] 可选地，在一个实施例中，负极膜层还包括其他助剂，例如增稠剂（如羧甲基纤维素钠（CMC-Na））等。

[130] [正极极片]

[131] 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的正极膜层，正极膜层包括本申请第一方面的正极活性材料。

[132] 作为示例，正极集流体具有在其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相对的两个表面的其中任意一者或两者上。

[133] 在一些实施方式中，正极集流体可采用金属箔片或复合集流体。例如，作为金属箔片，可采用铝箔。复合集流体可包括高分子材料基层和形成于高分子材料基层至少一个表面上的金属层。复合集流体可通过将金属材料（铝、铝合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银及银合金等）形成在高

分子材料基材（如聚丙烯（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）、聚乙烯（PE）等的基材）上而形成。

[134] 在一些实施方式中，正极活性材料可采用本领域公知的用于电池的正极活性材料。作为示例，正极活性材料可包括以下材料中的至少一种：橄榄石结构的含锂磷酸盐、锂过渡金属氧化物及其各自的改性化合物。但本申请并不限于这些材料，还可以使用其他可被用作电池正极活性材料的传统材料。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。其中，锂过渡金属氧化物的示例可包括但不限于锂钴氧化物（如 LiCoO_2 ）、锂镍氧化物（如 LiNiO_2 ）、锂锰氧化物（如 LiMnO_2 、 LiMn_2O_4 ）、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（如 $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ （也可以简称为 NCM333）、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$ （也可以简称为 NCM523）、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.25}\text{Mn}_{0.25}\text{O}_2$ （也可以简称为 NCM211）、 $\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$ （也可以简称为 NCM622）、 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ （也可以简称为 NCM811）、锂镍钴铝氧化物（如 $\text{LiNi}_{0.85}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ ）及其改性化合物等中的至少一种。橄榄石结构的含锂磷酸盐的示例可包括但不限于磷酸铁锂（如 LiFePO_4 （也可以简称为 LFP））、磷酸铁锂与碳的复合材料、磷酸锰锂（如 LiMnPO_4 ）、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中的至少一种。

[135] 在一些实施方式中，正极膜层还可选地包括粘结剂。作为示例，粘结剂可以包括聚偏氟乙烯（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-六氟丙烯共聚物及含氟丙烯酸酯树脂中的至少一种。

[136] 在一些实施方式中，正极膜层还可选地包括导电剂。作为示例，导电剂可以包括超导碳、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯及碳纳米纤维中的至少一种。

5 [137] 在一些实施方式中，可以通过以下方式制备正极极片：将上述用于制备正极极片的组分，例如正极活性材料、导电剂、粘结剂和任意其他的组分分散于溶剂（例如 N-甲基吡咯烷酮）中，形成正极浆料；将正极浆料涂覆在正极集流体上，经烘干、冷压等工序后，即可得到正极极片。

[138] [电解质]

10 [139] 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，电解质可以是液态的、凝胶态的或全固态的。

[140] 在一些实施方式中，电解质采用电解液。电解液包括电解质盐和溶剂。

15 [141] 在一些实施方式中，电解质盐可选自六氟磷酸锂、四氟硼酸锂、高氯酸锂、六氟砷酸锂、双氟磺酰亚胺锂、双三氟甲磺酰亚胺锂、三氟甲磺酸锂、二氟磷酸锂、二氟草酸硼酸锂、二草酸硼酸锂、二氟二草酸磷酸锂及四氟草酸磷酸锂中的至少一种。

20 [142] 在一些实施方式中，溶剂可选自碳酸亚乙酯、碳酸亚丙酯、碳酸甲乙酯、碳酸二乙酯、碳酸二甲酯、碳酸二丙酯、碳酸甲丙酯、碳酸乙丙酯、碳酸亚丁酯、氟代碳酸亚乙酯、甲酸甲酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸丙酯、丙酸甲酯、丙酸乙酯、丙酸丙酯、丁酸甲酯、丁酸乙酯、1,4-丁内酯、环丁砜、二甲砜、甲乙砜及二乙砜中的至少一种。

25 [143] 在一些实施方式中，电解液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、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、改善电池高温或低温性能

的添加剂等。

[144] [隔离膜]

[145] 在一些实施方式中，二次电池中还包括隔离膜。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隔离膜。

[146] 在一些实施方式中，隔离膜的材质可选自玻璃纤维、无纺布、聚乙烯、聚丙烯及聚偏二氟乙烯中的至少一种。隔离膜可以是单层薄膜，也可以是多层复合薄膜，没有特别限制。在隔离膜为多层复合薄膜时，各层的材料可以相同或不同，没有特别限制。

[147] 在一些实施方式中，正极极片、负极极片和隔离膜可通过卷绕工艺或叠片工艺制成电极组件。

[148] 在一些实施方式中，二次电池可包括外包装。该外包装可用于封装上述电极组件及电解质。

[149] 在一些实施方式中，二次电池的外包装可以是硬壳，例如硬塑料壳、铝壳、钢壳等。二次电池的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，作为塑料，可列举出聚丙烯、聚对苯二甲酸丁二醇酯以及聚丁二酸丁二醇酯等。

[150] 本申请对二次电池的形状没有特别的限制，其可以是圆柱形、方形或其他任意的形状。例如，图 6 是作为一个示例的方形结构的二次电池 500。

[151] 图 7 是作为一个示例的电池模块 700。参照图 7，在电池模块 700 中，多个二次电池 500 可以是沿电池模块 700 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二次电池 500 进行固定。

[152] 可选地，在一个实施例中，电池模块 700 还可以包括具有容纳空间

的外壳，多个二次电池 500 容纳于该容纳空间。

[153] 可选地，在一个实施例中，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为一个或多个，具体数量本领域技术人员可根据电池包的应用和容量进行选择。

5 [154] 图 8 和图 9 是作为一个示例的电池包 800。参照图 8 和图 9，在电池包 800 中可以包括电池箱和设置于电池箱中的多个电池模块 700。电池箱包括上箱体 801 和下箱体 802，上箱体 801 能够盖设于下箱体 802，并形成用于容纳电池模块 700 的封闭空间。多个电池模块 700 可以按照任意的方式排布于电池箱中。

10 [155] 另外，本申请还提供一种用电装置，用电装置包括本申请提供的二次电池、电池模块、或电池包中的至少一种。二次电池、电池模块、或电池包可以用作用电装置的电源，也可以用作用电装置的能量存储单元。用电装置可以包括移动设备（例如手机、笔记本电脑等）、电动车辆（例如
15 纯电动车、混合动力电动车、插电式混合动力电动车、电动自行车、电动踏板车、电动高尔夫球车、电动卡车等）、电气列车、船舶及卫星、储能系统等，但不限于此。

[156] 作为用电装置，可以根据其使用需求来选择二次电池、电池模块或电池包。

[157] 作为一个示例的用电装置。该用电装置为纯电动车、混合动力电动
20 车、或插电式混合动力电动车等。为了满足该用电装置对二次电池的高功率和高能量密度的需求，可以采用电池包或电池模块。

[158] 作为另一个示例的装置可以是手机、平板电脑、笔记本电脑等。该装置通常要求轻薄化，可以采用二次电池作为电源。

[159] 以下，说明本申请的实施例。下面描述的实施例是示例性的，仅用于
25 解释本申请，而不能理解为对本申请的限制。实施例中未注明具体技术

或条件的，按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者，均为可以通过市购获得的常规产品。

[160] 实施例 1-14

5 [161] (1) 负极集流体的制备：使用多孔铜箔、泡沫铜、铜丝分别作为第一金属层和第二金属层，与锂箔（预锂化层）通过延压工艺，制备得到的具有复合三明治结构的负极集流体作为二次电池负极的集流体，第一金属层的面积与第二金属层的面积相等，且第一金属层的面积和第二金属层的面积均大于预锂化层的面积，第一金属层的面积或第二金属层的面积与
10 预锂化层的面积的比值大于或等于 1.1。例如，面积相等的正方形第一金属层和第二金属层的边长比正方形的预锂化层的边长大 5-10 mm。第一金属层与第二金属层的具体参数参见表 1。

表 1

实 施 例	第一金属层				预锂 化层	第二金属层				X/Y
	材质	孔径	孔隙率	厚度		材质	孔径	孔隙率	厚度	
1	A	40μm	25%	3.5μm	3μm	A	40μm	25%	3.5μm	1.1
2	A	40μm	25%	3.5μm	3μm	A	40μm	25%	3.5μm	1.15
3	B	/	/	1.5m m	3μm	A	40μm	25%	3.5μm	1.1
4	B	/	/	1.5m m	3μm	B	/	/	1.5m m	1.1
5	C	0.3mm	50%	0.8m m	3μm	D	/	/	6μm	1.1
6	C	0.3mm	50%	0.8m m	3μm	C	0.3m m	50%	0.8m m	1.1
7	A	40μm	40%	3.5μm	3μm	A	40μm	25%	3.5μm	1.1

8	A	40μm	40%	3.5μm	3μm	A	40μm	40%	3.5μm	1.1
9	A	80μm	25%	3.5μm	3μm	A	40μm	25%	3.5μm	1.1
10	A	80μm	25%	3.5μm	3μm	A	80μm	25%	3.5μm	1.1
11	A	40μm	25%	5μm	3μm	A	40μm	25%	3.5μm	1.1
12	A	40μm	25%	5μm	3μm	A	40μm	25%	5μm	1.1
13	A	40μm	25%	3.5μm	2μm	A	40μm	25%	3.5μm	1.1
14	A	40μm	25%	3.5μm	5μm	A	40μm	25%	3.5μm	1.1

[162] 表 1 中, A 表示多孔铜箔, B 表示铜丝无纺布, C 表示泡沫铜, D 表示无孔铜箔, X/Y 表示第一金属层的面积或第二金属层的面积与预锂化层的面积的比值。

[163] (2) 负极极片的制备: 将负极活性材料人造石墨与导电剂乙炔黑、
5 粘结剂丁苯橡胶 (SBR)、增稠剂羧甲基纤维素钠 (CMC-Na) 按质量比 96:1:1:1 混合, 之后加入溶剂去离子水, 按照本领域公知方法充分搅拌成负极浆料; 将负极浆料均匀涂布在负极集流体铜箔上, 干燥后得到负极膜层, 然后经过冷压工序, 得到负极极片。

[164] (3) 正极极片的制备: 正极活性材料磷酸铁锂、粘结剂聚偏氟乙
10 烯、导电剂乙炔黑按质量比 97:2:1 进行混合, 之后加入溶剂 N-甲基吡咯烷酮 (NMP) 调节粘度, 按照本领域公知方法充分搅拌成正极浆料; 将正极浆料均匀涂布在正极集流体铝箔上, 干燥后得到正极膜层, 然后经过冷压工序, 得到正极极片。

[165] (4) 隔离膜的制备: 使用聚乙烯 (PE) 膜作为隔离膜。

15 [166] (5) 电解液的制备: 在含水量<10ppm 的氩气气氛手套箱中, 将碳酸乙烯酯 (EC)、碳酸二甲酯 (DMC)、碳酸甲乙酯 (EMC) 按照体积比 30:40:3 混合均匀, 得到有机溶剂, 加入质量分数为 1%的碳酸亚乙烯酯 (VC), 然后将 1mol/L 的 LiPF₆ 均匀溶解在上述有机溶剂中, 得到电解液。

[167] (6) 二次电池的制备：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；将电极组件装入铝制外壳，焊接顶盖，烘干后注入电解液，经静置、化成、密封焊接、老化、容量等工序，得到二次电池。

5 [168] 对比例 1

[169] 对比例 1 的制备步骤与实施例 1 相同，不同点在于：步骤 (1) 使用厚度 $6\ \mu\text{m}$ 的铜箔作为锂离子电池的负极集流体。

[170] 对比例 2

10 [171] 对比例 2 的制备步骤与实施例 1 相同，不同点在于：步骤 (1) 中的负极集流体包括第一金属层，第一金属层选用多孔铜箔，且通过压延工艺在第一金属层上设置锂箔。

[172] 电池性能测试

[173] 1、首圈库伦效率

15 [174] 25°C 下，将各实施例和对比例制备得到的二次电池以 $1\ \text{C}$ 倍率恒流充电至充电截止电压 V_1 ，之后恒压充电至电流 $\leq 0.05\text{C}$ ，静置 5min ；再将各实施例和对比例制备得到的二次电池以 $1\ \text{C}$ 倍率恒流放电至截止电压 V_2 ，静置 5min ，此为首圈充放电循环。分别记录首圈充电容量与首圈放电容量，首圈库伦效率即为首圈放电容量与首圈充电容量的比。测试结果如表 2 所示。

20 [175] 2、循环寿命测试

[176] 25°C 下，将各实施例和对比例制备得到的二次电池以 $1\ \text{C}$ 倍率恒流充电至充电截止电压 V_1 ，之后恒压充电至电流 $\leq 0.05\text{C}$ ，静置 5min ，再以 $0.33\ \text{C}$ 倍率恒流放电至放电截止电压 V_2 ，静置 5min ，此为一个充放电循环。按照此方法对电池进行循环充放电测试，直至电池容量衰减至 80% 。
25 此时的循环圈数即为电池的循环寿命。测试结果如表 2 所示。

表 2

	首圈库伦效率	循环寿命（圈）
实施例 1	99.80%	5849
实施例 2	99.76%	5137
实施例 3	98.90%	4457
实施例 4	97.20%	4186
实施例 5	98.50%	4964
实施例 6	99.10%	4050
实施例 7	99.84%	4832
实施例 8	99.84%	4597
实施例 9	99.60%	4854
实施例 10	99.41%	4525
实施例 11	99.74%	5461
实施例 12	99.53%	5206
实施例 13	98.26%	4967
对比例 1	93.00%	2800
对比例 2	95.30%	4000

[177] 通过上述锂离子电池性能测试可知，本申请提供的负极集流体能够有效提高锂离子电池的首圈库伦效率及循环寿命。

[178] 需要说明的是，本申请不限于上述实施方式。上述实施方式仅为
5 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。

权 利 要 求 书

1. 一种负极集流体，包括：

第一金属层、预锂化层以及第二金属层；

5 其中，所述预锂化层设置于所述第一金属层与所述第二金属层之间，
所述第一金属层与所述第二金属层中的至少一个具有多孔结构。

2. 根据权利要求 1 所述的负极集流体，其中，所述第一金属层与所述
第二金属层均具有多孔结构。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的负极集流体，其中，所述第一金属层或
10 所述第二金属层的面积大于所述预锂化层的面积；

 可选地，所述第一金属层的面积与所述预锂化层的面积的比值大于或
等于 1.1；

 可选地，所述第二金属层的面积与所述预锂化层的面积的比值大于或
等于 1.1。

15 4. 根据权利要求 3 所述的负极集流体，其中，所述第一金属层的面积
与所述第二金属层的面积相等。

5. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的负极集流体，其中，所述预锂化
层为锂箔。

6. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的负极集流体，其中，所述预锂化
20 层为锂金属粉末。

7. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的负极集流体，其中，所述预锂化
层为硅化锂粉。

8. 根据权利要求 1-7 中任一项所述的负极集流体，其中，所述第一金
属层和所述第二金属层的氧化还原电位大于或等于 0.337 V。

9. 根据权利要求 1-8 中任一项所述的负极集流体, 其中, 所述第一金属层和/或所述第二金属层为金属铜材料。

10. 根据权利要求 9 所述的负极集流体, 其中, 所述第一金属层和/或所述第二金属层为多孔铜箔。

5 11. 根据权利要求 10 所述的负极集流体, 其中, 所述多孔铜箔中孔的孔径为 15-500 μm 。

12. 根据权利要求 10 所述的负极集流体, 其中, 所述多孔铜箔的孔隙率 $\leq 50\%$ 。

10 13. 根据权利要求 10 所述的负极集流体, 其中, 所述多孔铜箔的厚度为 2.5-6 μm 。

14. 根据权利要求 1-13 中任一项所述的负极集流体, 其中, 所述第一金属层和/或所述第二金属层为泡沫铜。

15 15. 根据权利要求 14 所述的负极集流体, 其中, 所述泡沫铜中的孔的孔径为 0.3-7 mm。

16. 根据权利要求 14 所述的负极集流体, 其中, 所述泡沫铜的孔隙率 $\geq 50\%$; 可选为 50%-80%。

17. 根据权利要求 14 所述的负极集流体, 其中, 所述泡沫铜的厚度为 0.8-10 mm。

20 18. 根据权利要求 1-17 中任一项所述的负极集流体, 其中, 所述第一金属层和/或所述第二金属层为网状结构的铜丝。

19. 根据权利要求 18 所述的负极集流体, 其中, 所述铜丝的直径为 0.02-2 mm。

20. 根据权利要求 1-7 中任一项所述的负极集流体, 其中, 所述第一金属层和/或所述第二金属层为金属镍材料。

21. 根据权利要求 1-7 中任一项所述的负极集流体，其中，所述第一金属层和/或所述第二金属层为不锈钢材料。

22. 一种二次电池，包括负极极片，所述负极极片包括如权利要求 1-21 中任一项所述的负极集流体。

5 23. 根据权利要求 22 所述的二次电池，其中，所述负极极片还包括：
活性物质层，所述活性物质层设置于所述负极集流体的表面并通过所述负极集流体的多孔结构与所述负极集流体的预锂化层接触；所述活性物质层的面积大于所述预锂化层的面积。

24. 一种电池模块，包括根据权利要求 22 或 23 所述的二次电池。

10 25. 一种电池包，包括根据权利要求 22 或 23 所述的二次电池、根据权利要求 24 所述的电池模块中的一种。

26. 一种用电装置，包括根据权利要求 22 或 23 所述的二次电池、根据权利要求 24 所述的电池模块、根据权利要求 25 所述的电池包中的至少一种。

15

1/4

100

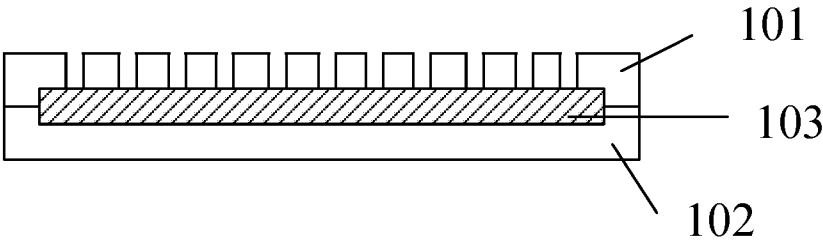


图 1a

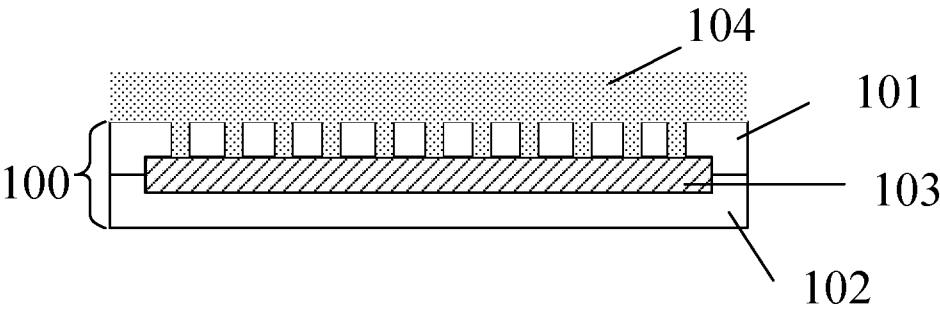


图 1b

200

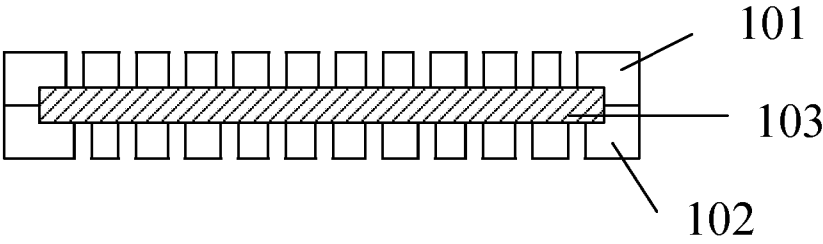


图 2a

2/4

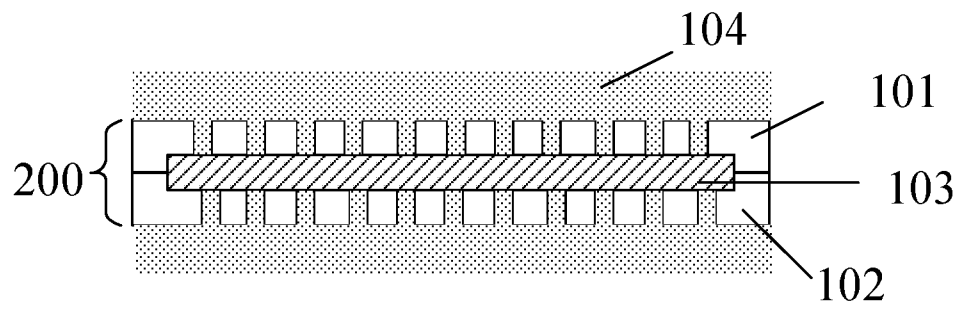


图 2b

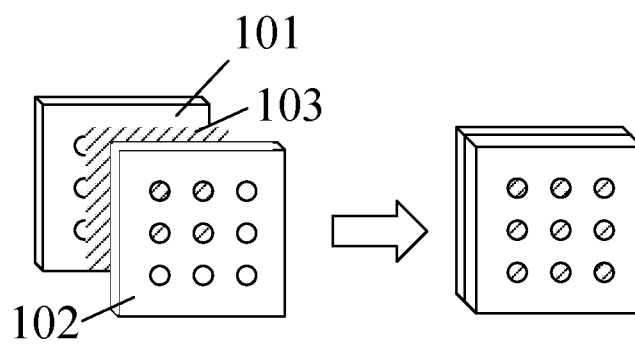


图 3

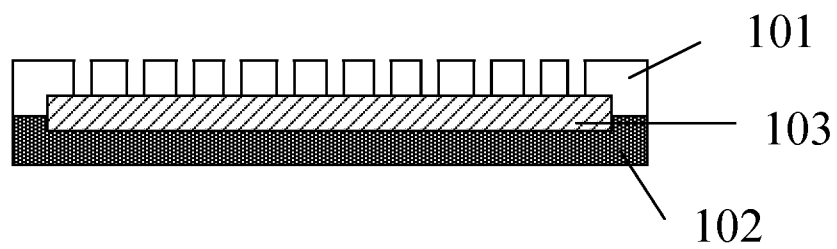


图 4a

3/4

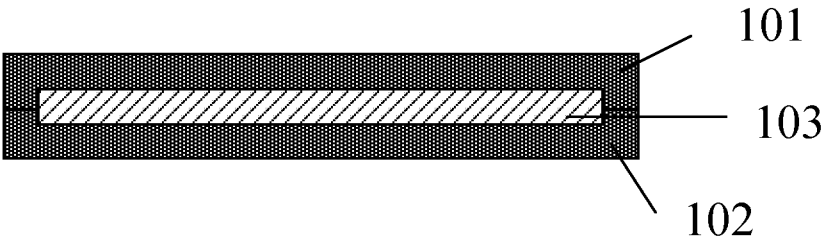


图 4b

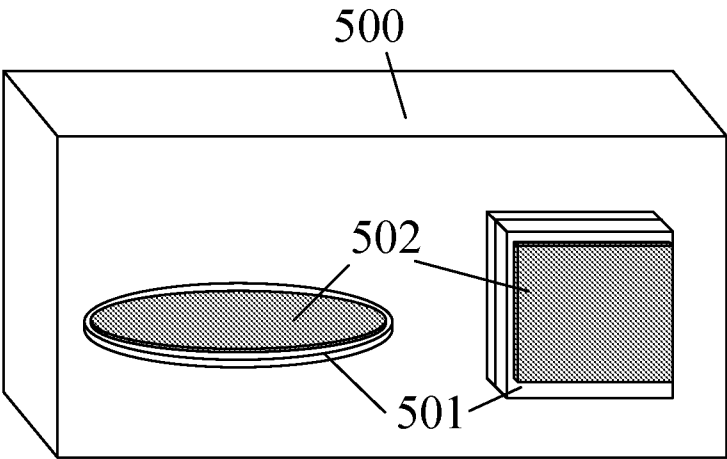


图 5

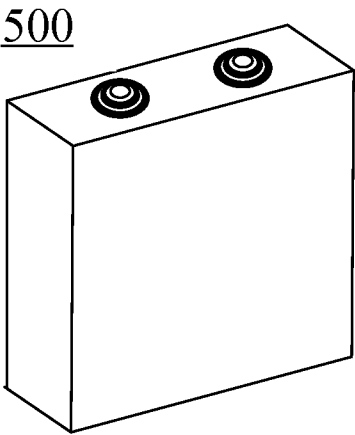


图 6

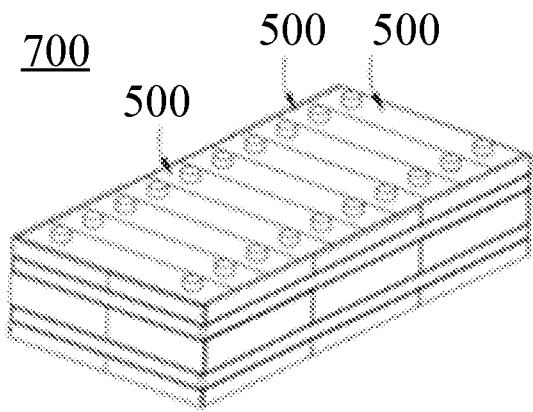


图 7

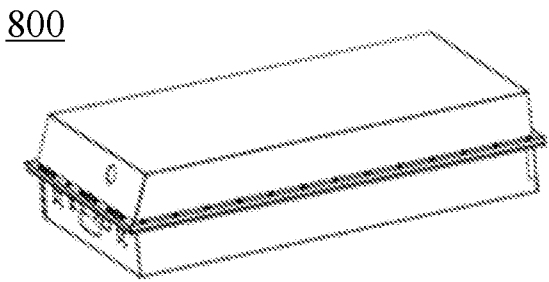


图 8

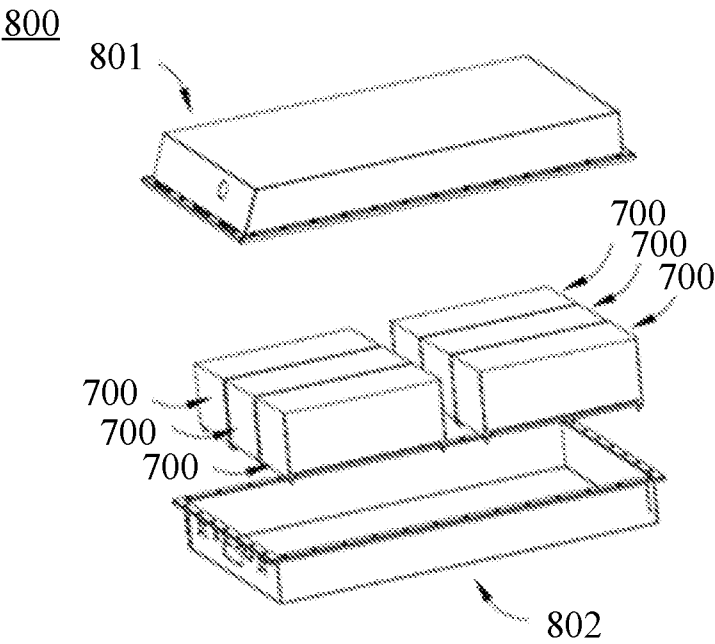


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/116532

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 4/66(2006.01)i; H01M 4/80(2006.01)i; H01M 10/0525(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)

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: 负极, 阳极, 集流体, 集电体, 集流器, 集电器, 补锂, 预锂化, 孔, 泡沫, negative, anode, collector, lithium replenishing, prelithiated, hole, foam

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 113299883 A (HUNAN LIFANG NEW ENERGY SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 August 2021 (2021-08-24) description, paragraphs 6-96, and figure 1	1-26
A	CN 110350202 A (JIANGSU TAFEL NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 18 October 2019 (2019-10-18) entire document	1-26
A	CN 209626322 U (ZHUHAI GREE ELECTRIC APPLIANCES INC.) 12 November 2019 (2019-11-12) entire document	1-26
A	CN 212113927 U (AOPU (SHANGHAI) NEW ENERGY CO., LTD.) 08 December 2020 (2020-12-08) entire document	1-26
A	US 2013045427 A1 (NANOTECK INSTRUMENTS, INC.) 21 February 2013 (2013-02-21) entire document	1-26



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 May 2022

Date of mailing of the international search report

20 May 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/116532

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113299883	A	24 August 2021	CN	214848691	U	23 November 2021
CN	110350202	A	18 October 2019	None			
CN	209626322	U	12 November 2019	CN	109244474	A	18 January 2019
CN	212113927	U	08 December 2020	None			
US	2013045427	A1	21 February 2013	US	9385397	B2	05 July 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/116532

A. 主题的分类

H01M 4/66(2006.01)i; H01M 4/80(2006.01)i; H01M 10/0525(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)

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:负极, 阳极, 集流体, 集电体, 集流器, 集电器, 补锂, 预锂化, 孔, 泡沫, negative, anode, collector, lithium replenishing, prelithiated, hole, foam

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 113299883 A (湖南立方新能源科技有限责任公司) 2021年8月24日 (2021 - 08 - 24) 说明书第6-96段和附图1	1-26
A	CN 110350202 A (江苏塔菲尔新能源科技股份有限公司等) 2019年10月18日 (2019 - 10 - 18) 全文	1-26
A	CN 209626322 U (珠海格力电器股份有限公司) 2019年11月12日 (2019 - 11 - 12) 全文	1-26
A	CN 212113927 U (傲普上海新能源有限公司) 2020年12月8日 (2020 - 12 - 08) 全文	1-26
A	US 2013045427 A1 (NANOTECK INSTR INC) 2013年2月21日 (2013 - 02 - 21) 全文	1-26

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

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

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

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

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

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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2022年5月10日

国际检索报告邮寄日期

2022年5月20日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

伍俊霞

电话号码 (86-10)62412324

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/116532

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	113299883	A	2021年8月24日	CN 214848691 U	2021年11月23日
CN	110350202	A	2019年10月18日	无	
CN	209626322	U	2019年11月12日	CN 109244474 A	2019年1月18日
CN	212113927	U	2020年12月8日	无	
US	2013045427	A1	2013年2月21日	US 9385397 B2	2016年7月5日