

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 10 月 3 日 (03.10.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/198566 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 4/133 (2010.01) **H01M 4/38** (2006.01)
H01M 4/134 (2010.01) **H01M 4/587** (2010.01)
H01M 4/36 (2006.01) **H01M 10/0525** (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/141698

(22) 国际申请日: 2023 年 12 月 25 日 (25.12.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310303762.8 2023年3月27日 (27.03.2023) CN

(71) 申请人: 宁德新能源科技有限公司 (**NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LIMITED**) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号, Fujian 352100 (CN)。

(72) 发明人: 扶强 (**FU, Qiang**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号, Fujian 352100 (CN)。

(74) 代理人: 北京天达共和律师事务所 (**EAST & CONCORD PARTNERS**); 中国北京市朝阳区东三环北路 8 号亮马河大厦 1 座 25 层, Beijing 100004 (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:** ELECTROCHEMICAL DEVICE AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 电化学装置和电子装置

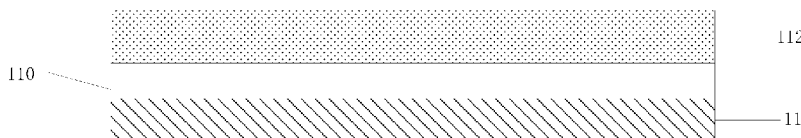


图 1

(57) **Abstract:** The embodiments of the present application provide an electrochemical device and an electronic device. The electrochemical device comprises a negative electrode sheet, wherein the negative electrode sheet comprises a negative electrode current collector, a first layer, and a second layer, the negative electrode current collector being located between the first layer and the second layer. The first layer includes a first negative electrode active material, and the second layer includes a second negative electrode active material, wherein the first negative electrode active material includes graphite, and the second negative electrode active material includes graphite and a silicon-based material. The ratio of the impedance of the first layer to that of the second layer is 0.7 to 0.9, and the negative electrode sheet of the present application can improve the capacity retention rate of the electrochemical device without substantially losing the energy density of the electrochemical device.

(57) 摘要: 本申请的实施例提供了电化学装置和电子装置。电化学装置包括负极极片, 负极极片包括负极集流体、第一层和第二层, 负极集流体位于第一层和第二层之间。第一层包括第一负极活性材料, 第二层包括第二负极活性材料, 第一负极活性材料包括石墨, 第二负极活性材料包括石墨和硅基材料。第一层的阻抗与第二层的阻抗的比值为 0.7 至 0.9, 本申请的负极极片能够在基本不损失电化学装置的能量密度的情况下, 提升电化学装置的容量保持率。

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))。

电化学装置和电子装置

相关申请的交叉引用

本申请基于申请号为 202310303762.8、申请日为 2023 年 03 月 27 日，名称为“电化学装置和电子装置”的中国专利申请提出，并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的全部内容在此引入本申请作为参考。

技术领域

本申请涉及电化学储能领域，具体地涉及电化学装置和电子装置。

背景技术

伴随电化学储能技术的发展，对电化学装置（例如，锂离子电池）的能量密度和循环性能提出了越来越高的要求。将硅基材料作为负极活性材料，能够大大地提升电化学装置的能量密度，但是硅基材料在锂离子脱嵌过程中伴随着 300% 以上的体积膨胀和收缩，导致容量衰减等问题。因此，期望这方面的进一步改进。

发明内容

本申请提供了一种电化学装置，电化学装置包括负极极片，负极极片包括负极集流体、第一层和第二层，负极集流体位于第一层和第二层之间。第一层包括第一负极活性材料，第二层包括第二负极活性材料，第一负极活性材料包括石墨，第二负极活性材料包括石墨和硅基材料。第一层的阻抗与第二层的阻抗的比值为 0.7 至 0.9。

在一些实施例中，第一层的容量与第二层的容量的比值为 0.6 至 1。在一些实施例中，第一层的容量与第二层的容量的比值为 0.7 至 1。在一些实施例中，第二层中的硅基材料的质量百分含量为 6% 至 40%。在一些实施例中，第二层中的硅基材料的质量百分含量为 12% 至 20%。在一些实施例中，第二层还包括粘结剂，第二层中的粘结剂的质量百分含量为 1.4% 至 5%。在一些实施例中，第二层还包括碳纳米管，第二层中的碳纳米管的质量百分含量为

0.3%至 0.7%。在一些实施例中，第二层还包括羧甲基纤维素钠，第二层中的羧甲基纤维素钠的质量百分含量为 0.3%至 0.7%。在一些实施例中，硅基材料包括硅、硅碳材料或硅氧材料中的至少一种。

本申请的实施例还提供了一种电子装置，包括上述的电化学装置。

本申请通过使得负极极片的第一层中的第一负极活性材料包括石墨，第二层中的第二负极活性材料包括石墨和硅基材料，第一层的阻抗与第二层的阻抗的比值为 0.7 至 0.9，使得第二负极活性层在充放电过程中倍率较小，能够在基本不损失电化学装置的能量密度的情况下，提升电化学装置的容量保持率。

附图说明

图 1 示出了根据一些实施例的负极极片的沿着宽度方向的截面图。

具体实施方式

下面的实施例可以使本领域技术人员更全面地理解本申请，但不以任何方式限制本申请。

本申请的一些实施例提供了一种电化学装置，电化学装置包括负极极片。图 1 示出了根据一些实施例的负极极片的沿着宽度方向的截面图。在一些实施例中，如图 1 所示，负极极片包括负极集流体 110、第一层 111 和第二层 112，负极集流体 110 位于第一层 111 和第二层 112 之间。在一些实施例中，第一层 111 包括第一负极活性材料，第一负极活性材料包括石墨而基本上不包括硅基材料。应该理解，第一负极活性材料中的硅基材料的质量百分含量为 0.2%以下时可以认为第一负极活性材料基本上不包括硅基材料。通过将硅基材料与第一层 111 中的石墨完全分离，达到减少循环过程中第一层 111 中的石墨间的无效孔隙，从而减小负极极片整体的膨胀。

在一些实施例中，第二层 112 包括第二负极活性材料，第二负极活性材料包括石墨和硅基材料。因此，本申请将硅基材料集中在负极集流体 110 的其中一侧上。通常地，负极集流体两侧的层的硅基材料的质量百分含量是相同的。在本申请中，相当于是将其中一侧的硅基材料替换为等容量的石墨，另一侧的石墨替换为等容量的硅基材料。

在一些实施例中，第一层 111 的阻抗与第二层 112 的阻抗的比值为 0.7 至 0.9。在一些实施例中，可以通过相应涂层的 Si 含量、导电剂含量、粘结剂类型、涂层配方、涂布质量、压实密度来调节第一层 111 的阻抗与第二层 112 的阻抗。由于第一层 111 的阻抗小于第二层 112 的阻抗，可以允许第一层 111 具有更大的充放电倍率，第二层 112 具有更小的充放电倍率，如此，在不改变电化学装置的整体充放电倍率的情况下，减小含有硅基材料的第二层 112 的充放电倍率可以减慢负极极片的容量衰减速度，提升电化学装置的容量保持率。

在一些实施例中，第一层 111 的容量与第二层 112 的容量的比值为 0.6 至 1。在一些实施例中，可以通过涂布质量来调节第一层 111 的容量，可以通过涂布质量和/或 Si 含量来调节第二层 112 中的容量。通过使得第一层 111 的容量与第二层 112 的容量的比值为 0.6 至 1，均可以实现提升电化学装置的容量保持率。

在一些实施例中，第一层 111 的容量与第二层 112 的容量的比值为 0.7 至 1。当第一层 111 的容量与第二层 112 的容量的比值为 0.7 至 1 时，电化学装置的容量保持率的提升效果更为显著。

在一些实施例中，第二层 112 中的硅基材料的质量百分含量为 6% 至 40%，或第二层 112 硅的质量百分含量为 4% 至 20%。在一些实施例中，由于硅基材料中只有硅发挥容量，第二层 112 中的硅基材料的质量百分含量小于 6% 时，硅的质量百分含量很小，电化学装置的能量密度收益下降显著；第二层 112 中的硅基材料的质量百分含量大于 40% 时，硅的质量百分含量较大，第二层 112 的循环膨胀会增大。在一些实施例中，第二层 112 中的硅基材料的质量百分含量为 12% 至 20%。当第二层 112 中的硅基材料的质量百分含量为 12% 至 20% 时，或第二层 112 中的硅的质量百分含量为 4% 至 10%，电化学装置的容量保持率的提升效果更为显著。

在一些实施例中，硅基材料包括硅、硅氧材料、硅碳材料或硅氧碳材料中的至少一种。在一些实施例中，负极集流体 110 可以采用铜箔、镍箔或碳基集流体中的至少一种。第一层 111 和第二层 112 均可以包括导电剂、粘结剂和增稠剂（例如，羧甲基纤维素钠）。在一些实施例中，第一层 111 和第二层 112 中的导电剂可以包括导电炭黑、科琴黑、片层石墨、石墨烯、碳

纳米管或碳纤维中的至少一种。在一些实施例中，第一层 111 和第二层 112 中的粘结剂可以包括羧甲基纤维素 (CMC)、聚丙烯酸、聚乙烯基吡咯烷酮、聚苯胺、聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、聚硅氧烷、丁苯橡胶、环氧树脂、聚酯树脂、聚氨酯树脂或聚芳中的至少一种。在一些实施例中，第一层中的第一负极活性材料的质量百分含量为 97% 至 98%。在一些实施例中，第二层中的第二负极活性材料的质量百分含量为 93.6% 至 98%。在一些实施例中，第一层 111 中的第一负极活性材料、增稠剂和粘结剂的质量比可以为 (97 至 98): (0.2 至 0.6): (1.8 至 2.4)。在一些实施例中，第二层 112 中的第二负极活性材料、导电剂、粘结剂和增稠剂的质量比可以为 (93.6 至 98): (0.3 至 0.7): (1.4 至 5): (0.3 至 0.7)。在一些实施例中，第二层 112 还包括粘结剂，第二层 112 中的粘结剂的质量百分含量为 1.4% 至 5%。在一些实施例中，第二层 112 还包括碳纳米管，第二层 112 中的碳纳米管的质量百分含量为 0.3% 至 0.7%。在一些实施例中，第二层 112 还包括羧甲基纤维素钠，第二层 112 中的羧甲基纤维素钠的质量百分含量为 0.3% 至 0.7%。

在一些实施例中，电化学装置还包括正极极片和隔离膜，正极极片和负极极片由设置在它们之间的隔离膜间隔开。

在一些实施例中，正极极片包括正极集流体和正极活性材料层，正极活性材料层位于正极集流体的一侧或两侧上。在一些实施例中，正极集流体可以采用铝箔，当然，也可以采用本领域常用的其他正极集流体。在一些实施例中，正极集流体的厚度可以为 1 μ m 至 50 μ m。

在一些实施例中，正极活性材料层可以包括正极活性材料、导电剂和粘结剂。在一些实施例中，正极活性材料可以包括钴酸锂、磷酸铁锂、铝酸锂、锰酸锂或镍钴锰酸锂中的至少一种。在一些实施例中，正极活性材料层中的导电剂可以包括导电炭黑、片层石墨、石墨烯或碳纳米管中的至少一种。在一些实施例中，正极活性材料层中的粘结剂可以包括聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯的共聚物、苯乙烯-丙烯酸酯共聚物、苯乙烯-丁二烯共聚物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、羧甲基纤维素钠、聚醋酸乙烯酯、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚甲基丙烯酸甲酯、聚四氟乙烯或聚六氟丙烯中的至少一种。在一些实施例中，正极活性材料层中的正极活性材料、导电剂和粘结剂的质量比为 (80-99): (0.1-10): (0.1-10)，但是这

仅是示例，可以采用任何其他合适的质量比。

在一些实施例中，隔离膜包括聚乙烯、聚丙烯、聚偏氟乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚酰亚胺或芳纶中的至少一种。例如，聚乙烯包括选自高密度聚乙烯、低密度聚乙烯或超高分子量聚乙烯中的至少一种。尤其是聚乙烯和聚丙烯，它们对防止短路具有良好的作用，并可以通过关断效应改善电池的稳定性。在一些实施例中，隔离膜的厚度在约 $3\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 的范围内。

在一些实施例中，隔离膜的表面还可以包括多孔层，多孔层设置在隔离膜的至少一个表面上，多孔层包括无机颗粒和粘结剂，无机颗粒选自氧化铝 (Al_2O_3)、氧化硅 (SiO_2)、氧化镁 (MgO)、氧化钛 (TiO_2)、二氧化铪 (HfO_2)、氧化锡 (SnO_2)、二氧化铈 (CeO_2)、氧化镍 (NiO)、氧化锌 (ZnO)、氧化钙 (CaO)、氧化锆 (ZrO_2)、氧化钇 (Y_2O_3)、碳化硅 (SiC)、勃姆石、氢氧化铝、氢氧化镁、氢氧化钙或硫酸钡中的至少一种。在一些实施例中，隔离膜的孔具有在约 $0.01\mu\text{m}$ 至 $1\mu\text{m}$ 的范围的直径。多孔层的粘结剂选自聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯的共聚物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、羧甲基纤维素钠、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚甲基丙烯酸甲酯、聚四氟乙烯或聚六氟丙烯中的至少一种。隔离膜表面的多孔层可以提升隔离膜的耐热性能、抗氧化性能和电解质浸润性能，增强隔离膜与极片之间的粘结性。

在一些实施例中，电化学装置包括锂离子电池，但是本申请不限于此。在一些实施例中，电化学装置还包括电解液，电解液包括氟醚、氟代碳酸乙烯酯或醚腈中至少一种。在一些实施例中，电解液还包括锂盐，锂盐包括双(氟磺酰基)酰亚胺锂和六氟磷酸锂，锂盐的浓度为 1mol/L 至 2mol/L ，且双(氟磺酰基)酰亚胺锂和六氟磷酸锂的质量比为 0.06 至 5 。在一些实施例中，电解液还可以包括非水溶剂。非水溶剂可为碳酸酯化合物、羧酸酯化合物、醚化合物、其它有机溶剂或它们的组合。

碳酸酯化合物可为链状碳酸酯化合物、环状碳酸酯化合物、氟代碳酸酯化合物或其组合。

链状碳酸酯化合物的实例为碳酸二乙酯 (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

甲乙酯 (MEC) 及其组合。环状碳酸酯化合物的实例为碳酸亚乙酯 (EC)、碳酸亚丙酯 (PC)、碳酸亚丁酯 (BC)、碳酸乙烯基亚乙酯 (VEC) 或者其组合。所述氟代碳酸酯化合物的实例为碳酸氟代亚乙酯 (FEC)、碳酸 1,2-二氟亚乙酯、碳酸 1,1-二氟亚乙酯、碳酸 1,1,2-三氟亚乙酯、碳酸 1,1,2,2-四氟亚乙酯、碳酸 1-氟-2-甲基亚乙酯、碳酸 1-氟-1-甲基亚乙酯、碳酸 1,2-二氟-1-甲基亚乙酯、碳酸 1,1,2-三氟-2-甲基亚乙酯、碳酸三氟甲基亚乙酯或者其组合。

羧酸酯化合物的实例为乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丙酯、乙酸叔丁酯、丙酸甲酯、丙酸乙酯、丙酸丙酯、 γ -丁内酯、癸内酯、戊内酯、甲瓦龙酸内酯、己内酯、甲酸甲酯或者其组合。

醚化合物的实例为二丁醚、四甘醇二甲醚、二甘醇二甲醚、1,2-二甲氧基乙烷、1,2-二乙氧基乙烷、乙氧基甲氧基乙烷、2-甲基四氢呋喃、四氢呋喃或者其组合。

其它有机溶剂的实例为二甲亚砜、1,2-二氧戊环、环丁砜、甲基环丁砜、1,3-二甲基-2-咪唑烷酮、N-甲基-2-吡咯烷酮、甲酰胺、二甲基甲酰胺、乙腈、磷酸三甲酯、磷酸三乙酯、磷酸三辛酯、和磷酸酯或者其组合。

本申请的实施例还提供了包括上述电化学装置的电子装置。本申请实施例的电子装置没有特别限定，其可以是用于现有技术中已知的任何电子装置。在一些实施例中，电子装置可以包括，但不限于，笔记本电脑、笔输入型计算机、移动电脑、电子书播放器、便携式电话、便携式传真机、便携式复印机、便携式打印机、头戴式立体声耳机、录像机、液晶电视、手提式清洁器、便携 CD 机、迷你光盘、收发机、电子记事本、计算器、存储卡、便携式录音机、收音机、备用电源、电机、汽车、摩托车、助力自行车、自行车、无人机、照明器具、玩具、游戏机、钟表、电动工具、闪光灯、照相机、家庭用大型蓄电池和锂离子电容器等。

下面列举了一些具体实施例和对比例以更好地对本申请进行说明，其中，采用锂离子电池作为示例。

对比例 1

负极极片的制备：将负极活性材料人造石墨、粘结剂聚偏氟乙烯和羧甲基纤维素钠按重量比 97.5: 2.1: 0.44 的比例溶于去离子水中，形成第一浆料。采用 6 μ m 厚的铜箔作为负极集流体，将第一浆料涂布于负极集流体的一侧上，涂布重量为 0.086mg/mm²，形成第一层。将负极活性材料人造石墨、Si、粘结剂聚丙烯酸、碳纳米管和羧甲基纤维素钠按重量比 59.7: 36: 3.5: 0.4: 0.4 的比例溶于去离子水中，形成第二浆料。将第二浆料涂布于负极集流体的另一侧上，涂布重量为 0.035.5mg/mm²，形成第二层。经过干燥、冷压、分切后得到负极极片。

正极极片制备：将正极活性材料钴酸锂、导电剂、粘结剂聚偏氟乙烯(PVDF)按重量比 97.6: 1.1: 1.3 的比例溶于 N-甲基吡咯烷酮(NMP)溶液中，形成正极浆料。采用 8 μ m 厚的铝箔作为正极集流体，将正极浆料涂覆于正极集流体的两侧上，涂布厚度均为 50 μ m。经过干燥、冷压、分切后得到正极极片。

隔离膜的制备：隔离膜基材为 8 μ m 厚的聚乙烯(PE)，在隔离膜基材的两侧各涂覆 2 μ m 氧化铝陶瓷层，最后在涂布了陶瓷层的两侧各涂覆 2.5mg 的粘结剂聚偏氟乙烯(PVDF)，烘干。

电解液的制备：在含水量小于 10 ppm 的环境下，将六氟磷酸锂与非水有机溶剂(碳酸乙烯酯(EC): 碳酸丙烯酯(PC): 聚丙烯(PP): 二乙基碳酸酯(DEC)=1: 1: 1: 1, 质量百分比)配制成锂盐浓度为 1.15mol/L 的电解液。

锂离子电池的制备：将正极极片、隔离膜、负极极片按顺序依次叠好，使隔离膜处于正极极片和负极极片中间起到隔离的作用，并卷绕得到电极组件。将电极组件置于外包装铝塑膜中，在 80°C 下脱去水分后，注入上述电解液并封装，经过化成、脱气、整形等工艺流程得到锂离子电池。

对比例 2 以及实施例 1 至 11 的区别在于负极极片的制备，具体地为第一层和第二层的参数不同，详见表 1 和表 2。

另外，在本申请中，采用如下方法测量相应的参数，且本申请中使用的单层叠片电池有效面积为 49.5*42 mm²。

1) 电池放电到 3.0V，拆解得到正积极片和负积极片，泡 碳酸二甲酯（DMC）溶液 15min 后干燥备用；

2) 手套箱干燥惰性气体环境，取 1) 中正积极片和负积极片冲片、正负极匹配加隔离膜制成单层叠片电池，封装注液带压力夹具保持界面接触，0.7C 恒流充电至充电截止电压然后恒压充电至电池达到满充状态，截止电流 0.02C，0.2C 直流放电至 3.0V 得到单层叠片电池的容量，然后计算得到负积极片单位面积容量（负积极片单位面积容量=单层叠片电池容量/单层叠片电池有效面积）再根据负积极片的活性涂层面积即可计算得到负积极片单侧的容量，重复上述方法可以得到另一侧的容量；

3) 使用 2) 中单层叠片电池使用交流阻抗法可以测试得到 R_s+R_{ct} (R_s 指欧姆阻抗， R_{ct} 指电化学转移阻抗)，由于制成的单层叠片电池面积、制作工艺等其他条件的影响， R_s+R_{ct} 的绝对值可能存在差异，但电极两侧 R_s+R_{ct} 的比值可作为电极两侧分流的依据。

4) 循环 500 周容量保持率=循环 500 周后容量/新鲜电池容量，容量测试条件为在 25℃，0.7C 恒流充电至 4.5V，然后恒压充电至 0.02C，然后以 0.2C 直流放电至 3.0V 作为一个循环，共循环 500 圈。

5) 将锂离子电池以 0.2C 的倍率恒流充电至 4.45V，然后恒压充电至 0.02C，完成锂离子电池满充；接下来使用 0.2C 的倍率恒流放电，直至电压降低至 3.0V，记录放电过程中，放出的总容量为 C 和电压平台 U，测量锂离子电池实际的厚度及长和宽，并计算实际的锂离子电池体积 V，能量密度 = $C*U/V$ 。

表 1 和表 2 示出了实施例 1 至 11 和对比例 1 至 4 的各项参数和评估结果。

表 1

	第二层中的硅基材料质量百分含量 (wt%)	第二层中的 Si 质量百分含量 (wt%)	第二层中的石墨含量 (wt%)	第二层中的碳纳米管含量 (wt%)	第二层中的聚丙烯酸含量 (wt%)	第二层中的羧甲基纤维素钠含量 (wt%)	第二层的阻抗 (mΩ)	第二层的涂布重量 (mg/m ²)	第二层的厚度 (mm)	第二层的容量 (mAh)
对比例 1	36%	17.3%	59.7%	0.40%	3.5%	0.4%	290	0.035	0.025	1250
实施例 1	25%	12.0%	71.3%	0.40%	2.9%	0.4%	250	0.043	0.031	1250
实施例 2	20%	9.6%	76.7%	0.40%	2.5%	0.4%	225	0.048	0.034	1250

实施例 3	15%	7.2%	82.2%	0.40%	2.0%	0.4%	200	0.056	0.040	1250
对比例 2	10%	4.8%	87.4%	0.40%	1.8%	0.4%	180	0.064	0.046	1250
实施例 4	36%	17.3%	59.6%	0.50%	3.5%	0.4%	249	0.035	0.025	1250
实施例 5	36%	17.3%	59.5%	0.60%	3.5%	0.4%	218	0.035	0.025	1250
实施例 6	36%	17.3%	59.4%	0.70%	3.5%	0.4%	193	0.035	0.025	1250
实施例 7	12%	5.8%	85.2%	0.70%	1.7%	0.4%	150	0.070	0.050	1563
实施例 8	12%	5.8%	85.1%	0.70%	1.8%	0.4%	165	0.066	0.047	1471
实施例 9	12%	5.8%	84.9%	0.70%	2.0%	0.4%	178	0.062	0.044	1389
实施例 10	12%	5.8%	85.0%	0.60%	2.0%	0.4%	189	0.059	0.042	1316
实施例 11	12%	5.8%	85.1%	0.50%	2.0%	0.4%	195	0.057	0.041	1282

表 2

	第一层中的石墨含量 (wt%)	第一层中的聚偏氟乙烯含量 (wt%)	第一层中的羧甲基纤维素钠含量 (wt%)	第一层的阻抗 (mΩ)	第一层的涂布重量 (mg/m ²)	第一层的厚度 (mm)	第一层的容量 (mAh)	第一层和第二层的阻抗的比值	第一层和第二层的容量的比值)	循环 500 周容量保持率	能量密度 (Wh/L)
对比例 1	97.5%	2.10%	0.40%	174	0.086	0.060	1250	0.6	1	76.10%	804
实施例 1	97.5%	2.10%	0.40%	175	0.086	0.060	1250	0.7	1	87.60%	753
实施例 2	97.5%	2.10%	0.40%	180	0.082	0.057	1250	0.8	1	91.30%	783
实施例 3	97.5%	2.10%	0.40%	180	0.082	0.057	1250	0.9	1	90.20%	740
对比例 2	97.5%	2.10%	0.40%	180	0.082	0.057	1250	1	1	89.30%	696
实施例 4	97.5%	2.10%	0.40%	174	0.086	0.060	1250	0.7	1	84.5%	804
实施例 5	97.5%	2.10%	0.40%	174	0.086	0.060	1250	0.8	1	83.2%	804
实施例 6	97.5%	2.10%	0.40%	174	0.086	0.060	1250	0.9	1	81.0%	804
实施例 7	97.5%	2.10%	0.40%	135	0.062	0.043	938	0.9	0.6	86.00%	770
实施例 8	97.5%	2.10%	0.40%	148	0.068	0.047	1029	0.9	0.7	93.0%	760
实施例 9	97.5%	2.10%	0.40%	160	0.073	0.051	1111	0.9	0.8	92.80%	751
实施例 10	97.5%	2.10%	0.40%	171	0.078	0.054	1184	0.9	0.9	91.50%	744
实施例 11	97.5%	2.10%	0.40%	175	0.080	0.055	1218	0.9	0.95	90.50%	737

通过比较实施例 1 至 3 和对比例 1 至 2 可知，在第一层的阻抗与第二层的阻抗的比值为 0.7 至 0.9 时，锂离子电池的能量密度损失较小，同时锂离子电池的容量保持率的提升效果较为显著。另外，随着第二层的硅质量含量的减小，锂离子电池的容量保持率呈现先增大后减小的趋势。

通过比较实施例 4 至 6 可知，随着第二层中的导电剂含量的增大，第二层的阻抗呈现减小的趋势，锂离子电池的容量保持率呈现减小的趋势。

通过比较实施例 7 至 11 可知,随着第一层的容量和第二层的容量的比值的增大,锂离子电池的能量密度呈现减小的趋势,锂离子电池的容量保持率呈现先增大后减小的趋势。

以上描述仅为本申请的较佳实施例以及对所运用技术原理的说明。本领域技术人员应当理解,本申请中所涉及的公开范围,并不限于上述技术特征的特定组合而成的技术方案,同时也应涵盖由上述技术特征或其等同特征进行任意组合而形成的其它技术方案。例如上述特征与本申请中公开的具有类似功能的技术特征进行互相替换而形成的技术方案。

权利要求书

1. 一种电化学装置，其包括：

负极极片，所述负极极片包括负极集流体、第一层和第二层，所述负极集流体位于所述第一层和所述第二层之间；

其中，所述第一层包括第一负极活性材料，所述第二层包括第二负极活性材料，所述第一负极活性材料包括石墨，所述第二负极活性材料包括石墨和硅基材料，所述第一层的阻抗与所述第二层的阻抗的比值为 0.7 至 0.9。

2. 根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述第一层的容量与所述第二层的容量的比值为 0.6 至 1。

3. 根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述第一层的容量与所述第二层的容量的比值为 0.7 至 1。

4. 根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述第二层中的所述硅基材料的质量百分含量为 6%至 40%。

5. 根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述第二层中的所述硅基材料的质量百分含量为 12%至 20%。

6. 根据权利要求 4 所述的电化学装置，其中，所述第二层中的硅的质量百分含量为 4%至 20%。

7. 根据权利要求 5 所述的电化学装置，其中，所述第二层中的硅的质量百分含量为 4%至 10%。

8. 根据权利要求 4 所述的电化学装置，其中，所述第二层还包括粘结剂，所述第二层中的所述粘结剂的质量百分含量为 1.4%至 5%。

9. 根据权利要求 4 所述的电化学装置，其中，所述第二层还包括碳纳米管，所述第二层中的所述碳纳米管的质量百分含量为 0.3%至 0.7%。

10. 根据权利要求 4 所述的电化学装置，其中，所述第二层还包括羧甲基纤维素钠，所述第二层中的所述羧甲基纤维素钠的质量百分含量为 0.3%至 0.7%。

11. 根据权利要求 1 所述的电化学装置，其中，所述硅基材料包括硅、硅碳材料或硅氧材料中的至少一种。

12. 一种电子装置，包括根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的电化学装置。

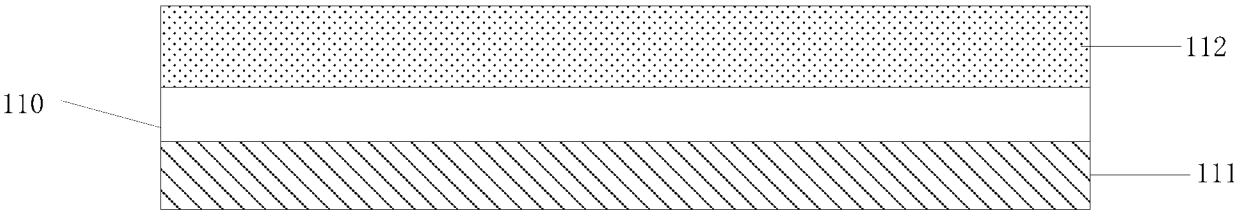


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/141698

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M4/133(2010.01)i; H01M4/134(2010.01)i; H01M4/36(2006.01)i; H01M 4/38(2006.01)i; H01M4/587(2010.01)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: H01M

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

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

CNABS; CNTXT; WPABS; VEN; ENTXT; CNKI: 电池, 负极, 层, 石墨, 硅, 阻抗, 比值, battery, negative electrode, layer, graphite, silicon, impedance, ratio

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116314608 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 23 June 2023 (2023-06-23) description, paragraphs 9-50, and figure 1	1-12
PX	WO 2023060494 A1 (CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LTD.) 20 April 2023 (2023-04-20) description, paragraphs 56-178, and figure 3	1-12
A	KR 20210039599 A (LG CHEMICAL LTD.) 12 April 2021 (2021-04-12) description, paragraphs 9-90, and figure 3	1-12
A	CN 115832185 A (CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LTD.) 21 March 2023 (2023-03-21) description, paragraphs 54-65, and figure 2	1-12
A	JP 2001155776 A (SHIN-KOBE ELECTRIC MACHINERY CO., LTD.) 08 June 2001 (2001-06-08) entire document	1-12



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

19 March 2024

Date of mailing of the international search report

22 March 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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/141698

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	116314608	A	23 June 2023	None			
WO	2023060494	A1	20 April 2023	US	2023112421	A1	13 April 2023
				KR	20230054313	A	24 April 2023
				EP	4195331	A1	14 June 2023
				CN	116783736	A	19 September 2023
				JP	2023550218	A	01 December 2023
KR	20210039599	A	12 April 2021	None			
CN	115832185	A	21 March 2023	WO	2024012166	A1	18 January 2024
JP	2001155776	A	08 June 2001	None			

A. 主题的分类

H01M4/133(2010.01)i; H01M4/134(2010.01)i; H01M4/36(2006.01)i; H01M 4/38(2006.01)i; H01M4/587(2010.01)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: H01M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS; CNTXT; WPABS; VEN; ENTXT; CNKI: 电池, 负极, 层, 石墨, 硅, 阻抗, 比值, battery, negative electrode, layer, graphite, silicon, impedance, ratio

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
PX	CN 116314608 A (宁德时代新能源科技有限公司) 2023年6月23日 (2023 - 06 - 23) 说明书第9-50段, 图1	1-12
PX	WO 2023060494 A1 (宁德时代新能源科技股份有限公司) 2023年4月20日 (2023 - 04 - 20) 说明书第56-178段, 图3	1-12
A	KR 20210039599 A (LG CHEMICAL LTD) 2021年4月12日 (2021 - 04 - 12) 说明书第9-90段, 图3	1-12
A	CN 115832185 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) 说明书第54-65段, 图2	1-12
A	JP 2001155776 A (SHIN KOBE ELECTRIC MACHINERY) 2001年6月8日 (2001 - 06 - 08) 全文	1-12

☐ 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

2024年3月19日

国际检索报告邮寄日期

2024年3月22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

授权官员

梁曼

电话号码 (+86) 020-28950885

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/141698

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	116314608	A	2023年6月23日	无	
WO	2023060494	A1	2023年4月20日	US	2023112421 A1 2023年4月13日
				KR	20230054313 A 2023年4月24日
				EP	4195331 A1 2023年6月14日
				CN	116783736 A 2023年9月19日
				JP	2023550218 A 2023年12月1日
KR	20210039599	A	2021年4月12日	无	
CN	115832185	A	2023年3月21日	WO	2024012166 A1 2024年1月18日
JP	2001155776	A	2001年6月8日	无	