

(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
2020 年 7 月 23 日 (23.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/147302 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 4/36 (2006.01) *H01M 10/054* (2010.01)
H01M 4/58 (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/098954

(22) 国际申请日: 2019 年 8 月 2 日 (02.08.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910038426.9 2019 年 1 月 16 日 (16.01.2019) CN

(71) 申请人: 五邑大学(WUYI UNIVERSITY) [CN/CN];
中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号,
Guangdong 529000 (CN)。

(72) 发明人: 张业龙(ZHANG, Yelong); 中国广东省
江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000

(CN)。 孙宏阳(SUN, Hongyang); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 徐晓丹(XU, Xiaodan); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 凡雨渲(FAN, Yuxuan); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 汪达(WANG, Da); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 张弛(ZHANG, Chi); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 宋伟东(SONG, Weidong); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 陈梅(CHEN, Mei); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 温锦秀(WEN, Jinxiu); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 郭月(GUO, Yue); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。 曾庆光

(54) Title: TELLURIUM-DOPED MXENE COMPOSITE MATERIAL, AND PREPARATION METHOD THEREFOR AND APPLICATION

(54) 发明名称: 碲掺杂MXene复合材料及其制备方法和应用

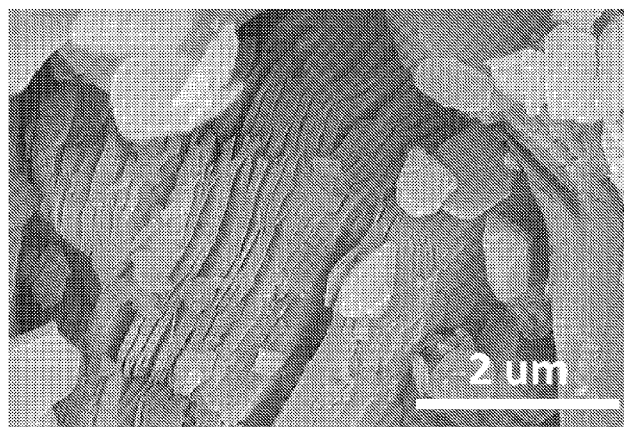


图 2

(57) Abstract: Disclosed are a tellurium-doped MXene composite material, and a preparation method therefor. The method comprises the following steps: (1) adding a MXene and a tellurium source to a dispersant at the mass ratio of 1:0.01-1 to formulate into a dispersed liquid having the concentration of 1-100 mg/ml, and then stirring for 1-5 hours; (2) heating the dispersed liquid to 100-220°C, reacting for 10-24 h, and then cooling to room temperature; (3) performing centrifugation on the product obtained in the step (2), washing with a washing agent, and then performing vacuum drying; and (4) placing the dried product obtained in the step (3) in a corundum crucible, and then transferring same to a tubular furnace, heating to 300-500°C under the protection of an inert gas, maintaining the temperature for 3-5 hours, and then cooling to room temperature to obtain the tellurium-doped MXene composite material. The composite material prepared in the present invention can be used as a negative electrode of a potassium ion battery to improve the layer-to-layer spacing and optimize an ion diffusion channel, thereby improving the electrochemical performance of the potassium ion battery.



WO 2020/147302 A1

(ZENG, Qingguang); 中国广东省江门市蓬江区东成村22号, Guangdong 529000 (CN)。 彭章泉 (PENG, Zhangquan); 中国广东省江门市蓬江区东成村22号, Guangdong 529000 (CN)。

(74) 代理人: 广州嘉权专利商标事务所有限公司 (JIAQUAN IP LAW FIRM); 中国广东省广州市天河区黄埔大道西100号富力盈泰广场A栋910郑勇, Guangdong 510627 (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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明公开了一种碲掺杂MXene复合材料及其制备方法, 包括以下步骤: (1)将MXene和碲源按照质量比为1: 0.01~1加入分散剂中, 配制成浓度为1-100mg/ml的分散液, 然后搅拌1-5小时; (2)将所述分散液升温至100-220℃, 反应10-24h, 然后冷却至室温; (3)将步骤(2)所得的产物离心后, 用洗涤剂进行洗涤, 然后真空干燥; (4)将步骤(3)得到的干燥产物放置在刚玉方舟中, 然后转移到管式炉中, 在惰性气体保护下, 加热至300-500℃, 保温3-5小时后冷至室温, 即得到碲掺杂MXene复合材料。本发明制备的复合材料可用作钾离子电池负极, 增大层间距, 优化离子扩散通道, 从而提高钾离子电池的电化学性能。

碲掺杂 MXene 复合材料及其制备方法和应用

技术领域

本发明属于新能源技术领域，具体涉及一种碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法及其在钾离子电池中的应用。

背景技术

随着工业水平的不断提高，能源问题日益突出，一方面，传统化石能源存储量有限，能源利用率低下，另一方面，人们环保意识的不断提高，传统化石燃料带来的污染越发难以忍受，人们迫切需要新型绿色能源来代替传统能源，在这一历史背景下，各国纷纷发力发展新型绿色能源，争夺新能源技术领域高地。

锂离子电池因其良好的化学稳定性及电化学性能，自诞生开始就是可充放电领域核心方向，然而锂的存储有限，开采难度较大，难以广泛应用。为寻找锂离子电池的替代品，化学性质相近，储量更大的钾开始引起研究者的兴趣。对于高性能钾离子电池负极的研究具有重要的科学意义。

钾离子半径大于锂离子半径，传统的商用石墨电极层间距较小而不能满足钾离子的快速脱嵌，MXene 材料作为一种新型二维层状材料，形似“书页状”。该材料具有良好的导电性，较高的比表面积，适合作为钾离子电池负极材料。但单纯的 MXene 材料用作钾离子电池负极材料，性能仍不能令人满意。通过对 MXene 进行碲掺杂可增大层间距，优化钾离子扩散通道，从而提高钾离子电池的电化学性能。

发明内容

针对现有技术存在的问题，本发明的目的之一在于提供一种碲掺杂 MXene 复合材料。本发明的另一目的在于提供上述碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法。进一步的，本发明提供一种碲掺杂 MXene 复合材料的应用，将所述碲掺杂 MXene 复合材料用作钾离子电池。

本发明采用以下技术方案：

一种碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，包括以下步骤：

(1) 将 MXene 和碲源按照质量比为 1: (0.01~1)，可选 1: (0.1~0.9)，可选 1: (0.2~0.8)，可选 1: (0.4~0.6) 加入分散剂中，配制成浓度为 1-100 mg/ml，可选 10-90 mg/ml，可选 20-80 mg/ml，可选 40-60 mg/ml 的分散液，然后搅拌 1-5 小时，可选 1、2、3、4、5h；

(2) 将所述分散液移入反应釜中密封后放置烘箱升温至 100-220℃，反应 10-24 h，然后冷却至室温；

(3) 将步骤(2)所得的产物用洗涤剂洗涤后离心, 然后真空干燥;

(4) 将步骤(3)得到的干燥产物放置在刚玉方舟中, 然后转移到管式炉中, 在惰性气体保护下, 加热至 300-500 °C, 保温 3-5 小时后冷至室温, 即得到碲掺杂 MXene 复合材料。

进一步地, 所述碲源为联苯二碲、亚碲酸钠、碲粉(粒径为 80-120 目, 例如 100 目)中的至少一种。

进一步地, 所述 MXene 为 $Ti_3C_2T_x$ 、 Ti_2CT_x 、 $Ti_3N_2T_x$ 、 $V_3C_2T_x$ 、 $V_3N_2T_x$ 、 $Mo_3N_2T_x$ 中的一种或多种, 可选 $Ti_3N_2T_x$, 可选 $V_3C_2T_x$, 可选 $V_3N_2T_x$, 优选质量比为 4~9: 1 的 $Ti_3C_2T_x$ 和 $V_3C_2T_x$, 可选 $Ti_3C_2T_x$ 、 $V_3N_2T_x$ 和 $V_3C_2T_x$ (例如质量比为 4~9: 1: 1), T_x 为表面官能团-O、-F 或-OH。

进一步地, 所述碲掺杂 MXene 复合材料中碲掺杂量为 0.5 wt%-15 wt%, 例如 1-13 wt%, 3-11 wt%, 5-12 wt%, 6-10 wt%。

进一步地, 所述分散剂为乙醇、N,N-二甲基甲酰胺中的至少一种; 所述洗涤剂为水和乙醇。

进一步地, 所述惰性气体为 Ar 或 N_2 。

进一步地, 步骤(3)中所述离心使用的转速为 4000-6000 r/min, 优选 5000 r/min, 离心 5-10min。

进一步地, 步骤(3)中真空干燥的温度为 50-70°C, 优选 60°C, 干燥时间 5-20 小时, 可选 5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20h, 真空度不超过 135 Pa, 例如不超过 133、130、120、110、100、90 Pa。

一种碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法制备得到的碲掺杂 MXene 复合材料。

一种碲掺杂 MXene 复合材料的应用, 将所述碲掺杂 MXene 复合材料用于钾离子电池。

本发明以 MXene 纳米材料为基体, 通过水热法和热处理相结合的方法制备碲掺杂的 MXene 材料。相比所报道其它方法掺杂元素, 先通过水热法使碲元素掺入 MXene, 然后通过高温退火, 使碲原子均匀扩散, 同时减少因掺杂带来的晶体应力。水热法和热处理操作简单, 可大规模生产。通过两种方法相结合方法能得到晶格畸变更大, 缺陷浓度更均匀、层间距更宽、活性位点更丰富的 MXene 材料, 在储能器件领域应用前景广阔。

本发明的有益效果:

(1) 本发明制备的复合材料可用作钾离子电池负极, 增大层间距, 优化离子扩散通道, 从而提高钾离子电池的电化学性能;

(2) 本发明的制备工艺简单、成本低, 可以大规模应用。

附图说明

图 1 是对比例 1 中未掺杂 MXene 材料的扫描电镜图；

图 2 是实施例 1 中碲掺杂 MXene 复合材料的扫描电镜图；

图 3 是实施例 1 中碲掺杂 MXene 钾离子电池负极循环性能图；

图 4 是对比例 1 中未掺杂 MXene 钾离子电池负极循环性能图；

图 5 为实施列 2 中碲掺杂 MXene 钾离子电池负极循环性能图；

图 6 为实施列 3 中碲掺杂 MXene 钾离子电池负极循环性能图。

具体实施方式

为了更好的解释本发明，现结合以下具体实施例做进一步说明，但是本发明不限于具体实施例。

实施例 1

一种碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，包括以下步骤：

(1) 取 50 mg MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) 和 0.5 mg 的联苯二碲加入到乙醇中，配置成 1 mg/ml 的乙醇分散液，磁力搅拌 1 小时；

(2) 将步骤(1)得到的分散液移至容量为 100 ml 反应釜中密封后放置在烘箱中，于 100℃ 下保温 10 小时，冷却至室温；

(3) 将步骤(2)得到的产物用离心机在 5000 r/min 条件下离心 5 分钟后，用超纯水和无水乙醇分别洗涤 3 次后移至真空干燥箱；干燥温度为 60℃，干燥时间 5 小时；

(4) 将步骤(3)得到的产物放置在刚玉方舟中，转移到管式炉中，在 Ar 气体保护下，以 5℃/min 的升温速率加热至 300℃，保温 3 小时后冷至室温，即得到碲掺杂 MXene 材料。

(5) 将(4)所得的碲掺杂 MXene 与碳黑、粘结剂按 8:1:1 的比例（质量比）混合，均匀涂覆在集流体上，经真空干燥、切片后，用于钾离子电池负极；

本实施例掺杂后的 MXene 比表面积为 170.8 m^2/g ，层间距为 0.74 nm，碲原子含量为 0.2%，远大于未掺杂 MXene 的比表面积 (38.2 m^2/g)、层间距 (0.62 nm)；图 3 所示掺杂的 MXene 钾离子电池负极在 100 mA/g 的电流密度下，循环 100 圈后的可逆容量为 234 mAh/g，是图 4 所示未掺杂 MXene 钾离子电池负极 (91.7 mAh/g) 的 2.6 倍。

实施例 2

一种碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，包括以下步骤：

(1) 取 1000 mg MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) 和 500 mg 的联苯二碲加入到乙醇中，配置成 50 mg/ml 的乙醇分散液，磁力搅拌 3 小时；

(2) 将步骤(1)得到的分散液移至容量为 50 ml 反应釜中密封后放置在烘箱中，于 150℃ 下保温 15 小时，冷却至室温；

(3) 将步骤(2)得到的产物用离心机在 5000 r/min 条件下离心 5 分钟后,用超纯水和无水乙醇分别洗涤 3 次后移至真空干燥箱;干燥温度为 60 °C,干燥时间 15 小时;

(4) 将步骤(3)得到的产物放置在刚玉方舟中,转移到管式炉中,在 Ar 气体保护下,以 5°C/min 的升温速率加热至 300°C,保温 3 小时后冷至室温,即得到碲掺杂 MXene 材料。

(5) 将(4)所得的碲掺杂 MXene 与碳黑、粘结剂按 8:1:1 的比例(质量比)混合,均匀涂覆在集流体上,经真空干燥、切片后,用于钾离子电池负极;

本实施例掺杂后的 MXene 比表面积为 300.5 m²/g,层间距为 0.78 nm,碲原子含量为 4%,远大于未掺杂 MXene 的比表面积(38.2 m²/g)、层间距(0.62 nm);图 5 所示掺杂的 MXene 钾离子电池负极在 100 mA/g 的电流密度下,循环 100 圈后的可逆容量为 312 mAh/g,是未掺杂 MXene 钾离子电池负极(91.7 mAh/g)的 3.4 倍。

实施例 3

一种碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法,包括以下步骤:

(1)取 2000 mg MXene(Ti₃C₂T_x)和 2000 mg 的亚碲酸钠加入到乙醇中,配置成 100 mg/ml 的乙醇分散液,磁力搅拌 5 小时;

(2)将步骤(1)得到的分散液移至容量为 50 ml 反应釜中密封后放置在烘箱中,于 220 °C 下保温 24 小时,冷却至室温;

(3) 将步骤(2)得到的产物用离心机在 5000 r/min 条件下离心 5 分钟后,用超纯水和无水乙醇分别洗涤 3 次后移至真空干燥箱;干燥温度为 60 °C,干燥时间 20 小时;

(4) 将步骤(3)得到的产物放置在刚玉方舟中,转移到管式炉中,在 Ar 气体保护下,以 5°C/min 的升温速率加热至 300°C,保温 3 小时后冷至室温,即得到碲掺杂 MXene 材料。

(5) 将(3)所得的碲掺杂 MXene 与碳黑、粘结剂按 8:1:1 的比例(质量比)混合,均匀涂覆在集流体上,经真空干燥、切片后,用于钾离子电池负极;

本实施例掺杂后的 MXene 比表面积为 254.4 m²/g,层间距为 0.77 nm,碲原子含量为 7%,远大于未掺杂 MXene 的比表面积(38.2 m²/g)、层间距(0.62 nm);图 6 所示掺杂的 MXene 钾离子电池负极在 100 mA/g 的电流密度下,循环 100 圈后的可逆容量为 308 mAh/g,是未掺杂 MXene 钾离子电池负极(91.7 mAh/g)的 3.3 倍。

实施例 4

一种碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法,包括以下步骤:

(1) 取 1000 mg MXene (900 mg Ti₃C₂T_x 和 100 mg V₃C₂T_x) 和 500 mg 的联苯二碲加入到乙醇中,配置成 50 mg/ml 的乙醇分散液,磁力搅拌 3 小时;

(2)将步骤(1)得到的分散液移至容量为 50 ml 反应釜中密封后放置在烘箱中,于 180 °C

下保温 16 小时，冷却至室温；

(3) 将步骤 (2) 得到的产物用离心机在 5000 r/min 条件下离心 5 分钟后，用超纯水和无水乙醇分别洗涤 3 次后移至真空干燥箱；干燥温度为 60 °C，干燥时间 5 小时；

(4) 将步骤 (3) 得到的产物放置在刚玉方舟中，转移到管式炉中，在 Ar 气体保护下，以 4°C/min 的升温速率加热至 300°C，保温 3 小时后冷至室温，即得到碲掺杂 MXene 材料。

(5) 将 (4) 所得的碲掺杂 MXene 与碳黑、粘结剂按 8:1:1 的比例（质量比）混合，均匀涂覆在集流体上，经真空干燥、切片后，用于钾离子电池负极；

本实施例掺杂后的 MXene 钾离子电池负极在 100 mA/g 的电流密度下，循环 100 圈后的可逆容量为 334 mAh/g，是未掺杂 MXene 钾离子电池负极（91.7 mAh/g）的 3.6 倍。

实施例 5

(1) 取 1000 mg MXene ($V_3C_2T_x$) 和 400 mg 的联苯二碲加入到乙醇中，配置成 50 mg/ml 的乙醇分散液，磁力搅拌 3 小时；

(2) 将步骤 (1) 得到的分散液移至容量为 50 ml 反应釜中密封后放置在烘箱中，于 120 °C 下保温 11 小时，冷却至室温；

(3) 将步骤 (2) 得到的产物用离心机在 5000 r/min 条件下离心 5 分钟后，用超纯水和无水乙醇分别洗涤 3 次后移至真空干燥箱；干燥温度为 60 °C，干燥时间 6 小时；

(4) 将步骤 (3) 得到的产物放置在刚玉方舟中，转移到管式炉中，在 Ar 气体保护下，以 6°C/min 的升温速率加热至 300°C，保温 3 小时后冷至室温，即得到碲掺杂 MXene 材料。

(5) 将 (4) 所得的碲掺杂 MXene 与碳黑、粘结剂按 8:1:1 的比例（质量比）混合，均匀涂覆在集流体上，经真空干燥、切片后，用于钾离子电池负极；

本实施例掺杂后的 MXene 钾离子电池负极在 100 mA/g 的电流密度下，循环 100 圈后的可逆容量为 347 mAh/g，是未掺杂 MXene 钾离子电池负极（91.7 mAh/g）的 3.8 倍。

对比例 1：未掺杂 MXene 钾离子电池负极，制备钾离子电池负极的过程同实施例 2。

表 1：性能测试

		比表 面积 (m^2/g)	层间距 (nm)	碲原子含量 质量分数 (%)	循环 100 圈后的 稳定容量 (mAh/g)
对比例 1	未掺杂 MXene	38.2	0.62	0	91.7
实施例 1	碲掺杂 MXene	170.8	0.74	0.2	234
实施例 2	碲掺杂 MXene	300.5	0.78	4	312

实施例 3	碲掺杂 MXene	254.4	0.77	7	308
实施例 4	碲掺杂 MXene	327.1	0.77	4.3	334
实施例 5	碲掺杂 MXene	335.4	0.78	3.6	347

以上所述仅为本发明的具体实施例，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明作的等效变换，或直接或间接运用在其它相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围之内。

权利要求书

1. 一种碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，其特征在于，包括以下步骤：

(1) 将 MXene 和碲源按照质量比为 1: 0.01~1 加入分散剂中，配制成浓度为 1-100 mg/ml 的分散液，然后搅拌 1-5 小时；

(2) 将所述分散液移入反应釜后升温至 100-220℃，反应 10-24 h，然后冷却至室温；

(3) 将步骤 (2) 所得的产物用洗涤剂洗涤后离心，然后进行真空干燥；

(4) 将步骤 (3) 得到的干燥产物放置在刚玉方舟中，然后转移到管式炉中，在惰性气体保护下，加热至 300-500 °C，保温 3-5 小时后冷至室温，即得到碲掺杂 MXene 复合材料。

2. 根据权利要求 1 所述的碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，其特征在于，所述碲源为联苯二碲、亚碲酸钠、碲粉中的至少一种。

3. 根据权利要求 1 所述的碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，其特征在于，所述 MXene 为 $Ti_3C_2T_x$ 、 Ti_2CT_x 、 $Ti_3N_2T_x$ 、 $V_3C_2T_x$ 、 $V_3N_2T_x$ 、 $Mo_3N_2T_x$ 中的一种或多种。

4. 根据权利要求 1 所述的碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，其特征在于，所述碲掺杂 MXene 复合材料中碲掺杂量为 0.5 wt%-15 wt%。

5. 根据权利要求 1 所述的碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，其特征在于，所述分散剂为乙醇、N,N-二甲基甲酰胺中的至少一种；所述洗涤剂为水和乙醇。

6. 根据权利要求 1 所述的碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，其特征在于，所述惰性气体为 Ar 或 N_2 。

7. 根据权利要求 1 所述的碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，其特征在于，步骤 (3) 中所述离心使用的转速为 4000-6000 r/min，离心 5-10min。

8. 根据权利要求 1 所述的碲掺杂 MXene 复合材料的制备方法，其特征在于，步骤 (3) 中真空干燥的温度为 50-70℃，干燥时间 5-20 小时，真空度不超过 135 Pa。

9. 一种碲掺杂 MXene 复合材料，其特征在于，所述碲掺杂 MXene 复合材料由权利要求 1-8 中任一项所述的制备方法制备得到。

10. 一种根据权利要求 9 所述的碲掺杂 MXene 复合材料的应用，其特征在于，将所述碲掺杂 MXene 复合材料用于钾离子电池。

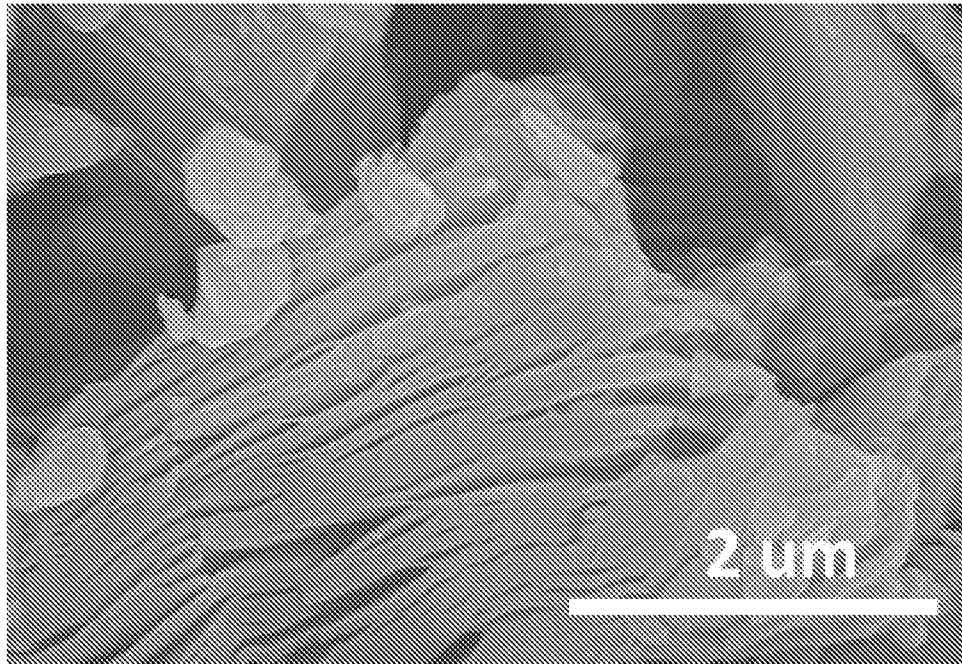


图 1

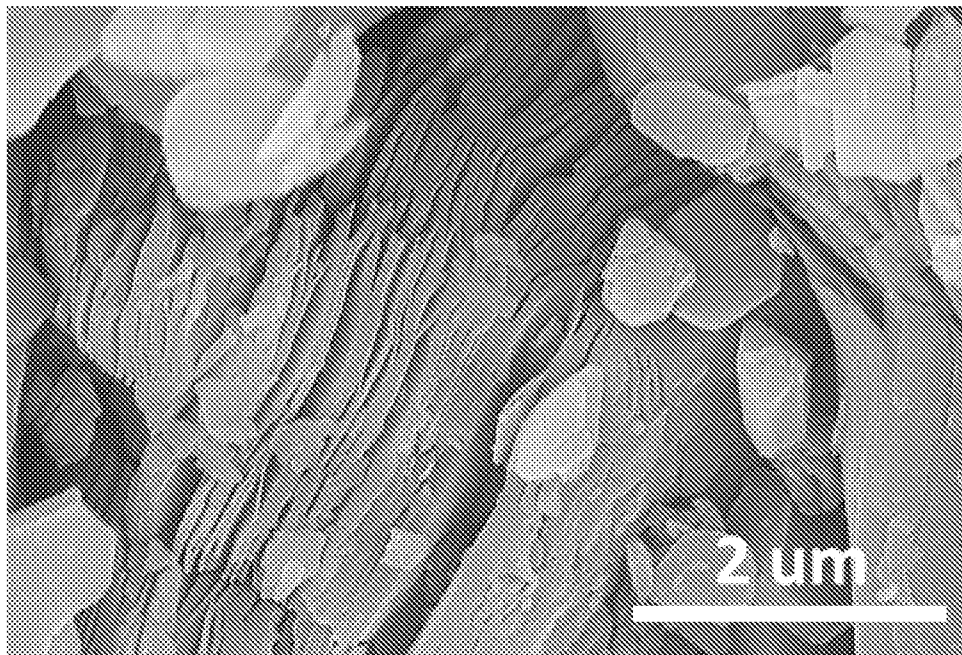


图 2

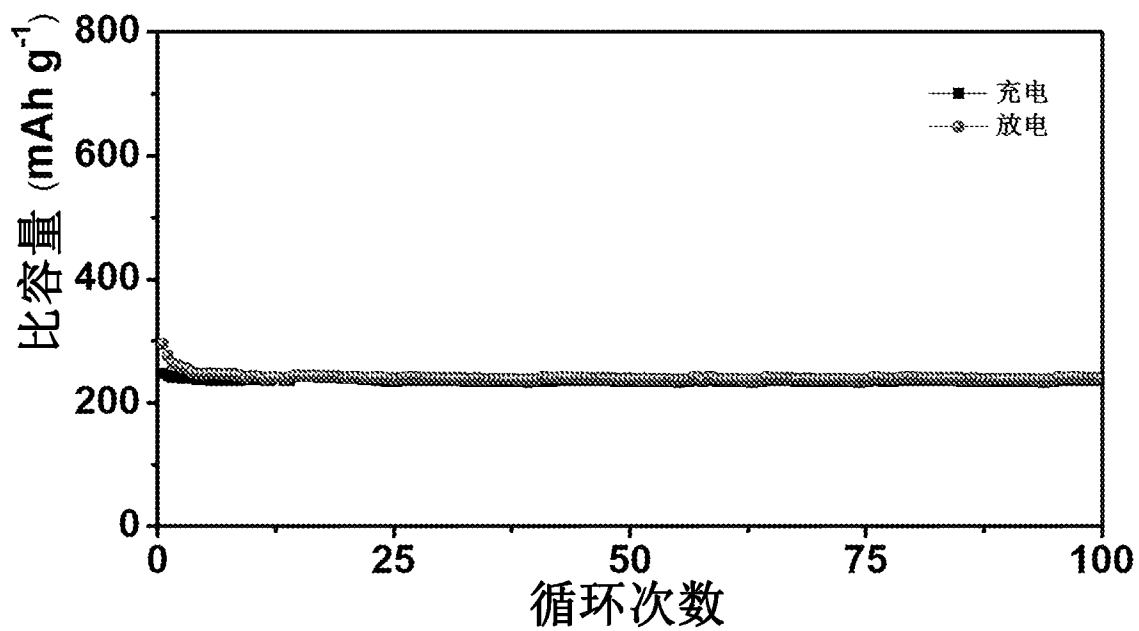


图 3

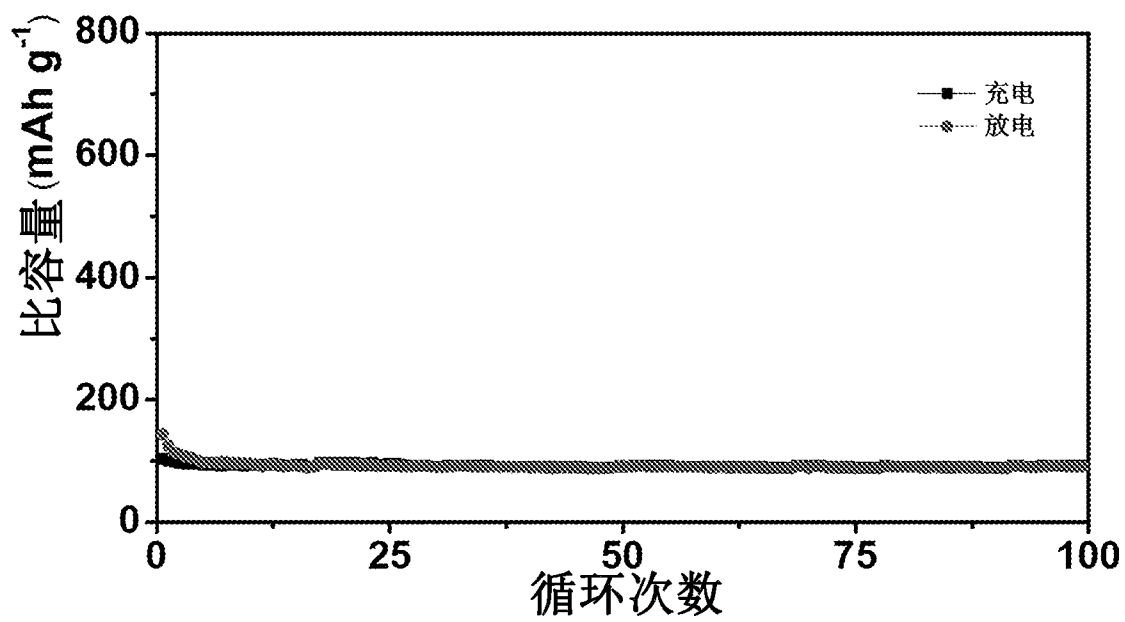


图 4

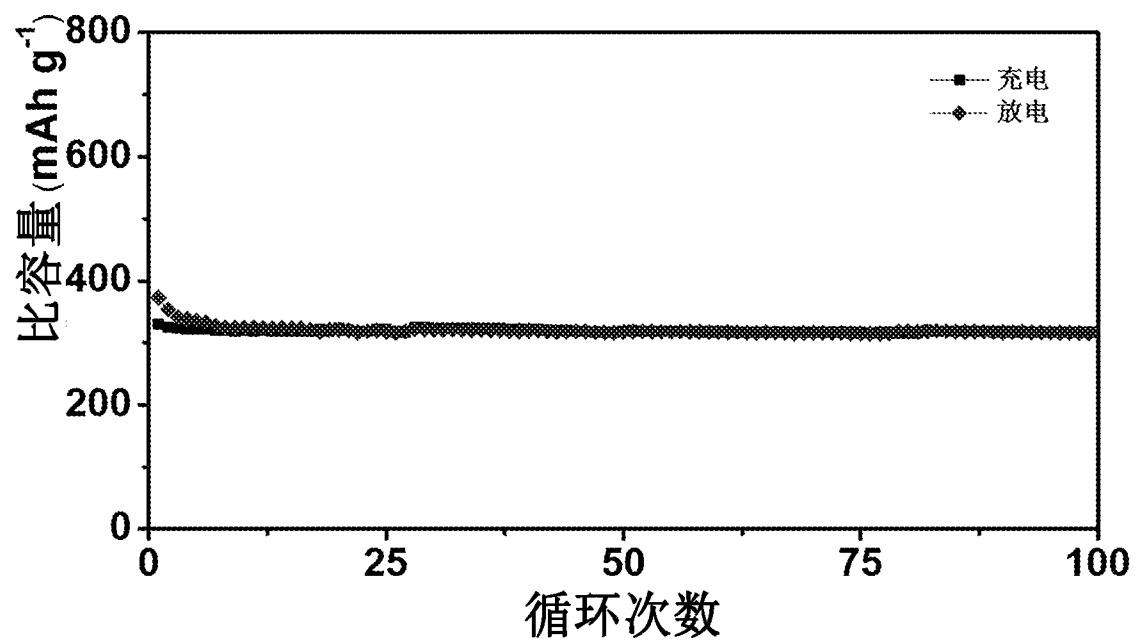


图 5

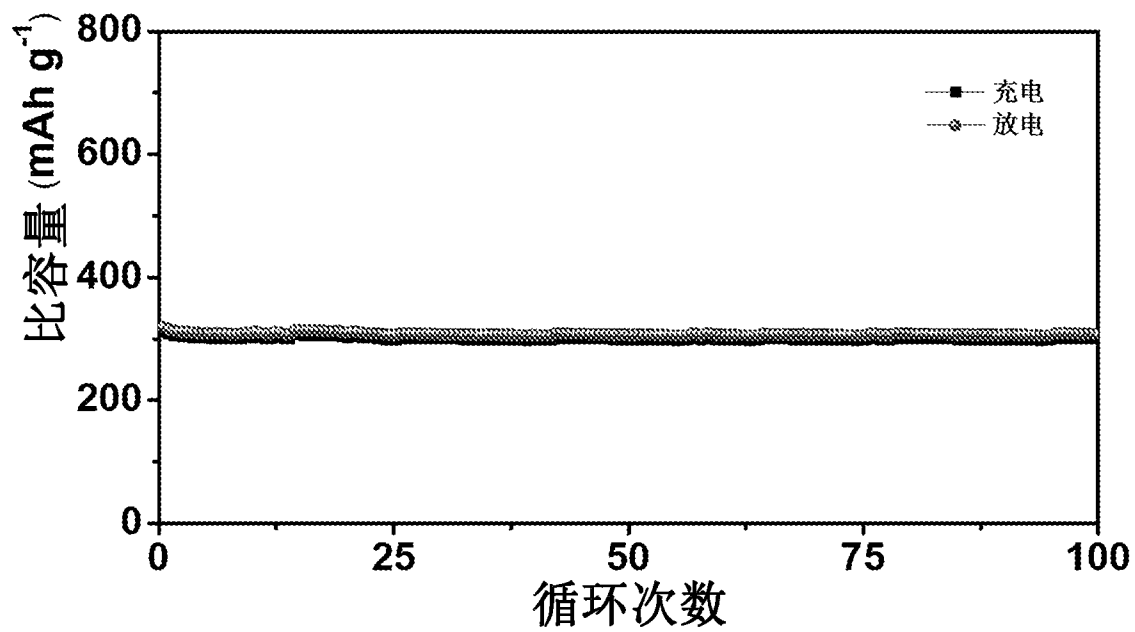


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/098954

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 4/36(2006.01)i; H01M 4/58(2010.01)i; H01M 10/054(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)

CNABS, DWPI, SIPOABS, CNTXT, CNKI: 二维, 碳, mxene, 碲, 硫, two, dimension, carbon, Te, S, sulfur, sulphur

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109888203 A (WUYI UNIVERSITY) 14 June 2019 (2019-06-14) claims 1-10	1-10
PX	CN 109830659 A (WUYI UNIVERSITY) 31 May 2019 (2019-05-31) claims 1-10	1-10
X	CN 106025236 A (SHAANXI UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) 12 October 2016 (2016-10-12) claims 1-3	1-10
X	CN 107579235 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 12 January 2018 (2018-01-12) claims 1-6, and description, paragraphs [0012]-[0044]	1-10



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

19 October 2019

Date of mailing of the international search report

29 October 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
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/CN2019/098954

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	109888203	A	14 June 2019	None	
CN	109830659	A	31 May 2019	None	
CN	106025236	A	12 October 2016	None	
CN	107579235	A	12 January 2018	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/098954

A. 主题的分类

H01M 4/36(2006.01)i; H01M 4/58(2010.01)i; H01M 10/054(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))

CNABS、DWPI、SIPOABS、CNTXT、CNKI:二维, 碳, mxene, 碲, 硫, two, dimension, carbon, Te, S, sulfur, sulphur

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 109888203 A (五邑大学) 2019年 6月 14日 (2019 - 06 - 14) 权利要求1-10	1-10
PX	CN 109830659 A (五邑大学) 2019年 5月 31日 (2019 - 05 - 31) 权利要求1-10	1-10
X	CN 106025236 A (陕西科技大学) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 权利要求1-3	1-10
X	CN 107579235 A (哈尔滨工业大学) 2018年 1月 12日 (2018 - 01 - 12) 权利要求1-6, 说明书第[0012]至[0044]段	1-10

☐ 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

2019年 10月 19日

国际检索报告邮寄日期

2019年 10月 29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

受权官员

常莎莎

电话号码 010-62412320

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/098954

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	109888203	A	2019年 6月 14日	无	
CN	109830659	A	2019年 5月 31日	无	
CN	106025236	A	2016年 10月 12日	无	
CN	107579235	A	2018年 1月 12日	无	