



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109461927 A

(43)申请公布日 2019.03.12

(21)申请号 201711393239.X

(22)申请日 2017.12.21

(71)申请人 北京当升材料科技股份有限公司  
地址 100160 北京市丰台区南四环西路188  
号总部基地18区21号

(72)发明人 刘亚飞 邵宗普 王宵鹏 陈彦彬  
宋顺林

(51)Int.Cl.

H01M 4/505(2010.01)

H01M 4/525(2010.01)

H01M 4/62(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种高倍率复合镍钴锰多元正极材料及其制备方法

(57)摘要

本发明提供一种高倍率复合镍钴锰多元正极材料及其制备方法,所述正极材料是由化学式为 $\text{Li}(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y\text{O}_2$ 的基体以及包覆在所述基体表面的石墨烯组成,其中M为La、Cr、Mo、Ca、Fe、Hf、Ti、Zn、Y、Zr、W、Nb、Sm、V、Mg、B、Al中的至少一种元素,石墨烯包覆量为基体重量的0.01~3%。本发明的正极材料具有良好的倍率性能和循环稳定性,可用于锂离子动力电池。该材料的制备方法工艺简单,成本低廉,适于大规模生产。

1. 一种高倍率复合镍钴锰多元正极材料,其特征在于:包括基体和包覆在所述基体表面的石墨烯包覆层;所述基体的化学式为 $\text{Li}(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y\text{O}_2$ ,其中 $0.05 \leq x \leq 0.3$ , $0 \leq y \leq 0.01$ ,M为La、Cr、Mo、Ca、Fe、Hf、Ti、Zn、Y、Zr、W、Nb、Sm、V、Mg、B、Al中的至少一种元素;

所述石墨烯包覆层不含有羟基、羧基等官能团,平均粒径 $D_{50}$ 为 $0.1 \sim 25 \mu\text{m}$ ;包覆层的重量占基体重量的 $0.01 \sim 3\%$ ,包覆层厚度为 $0.3 \sim 500\text{nm}$ 。

2. 根据权利要求1所述的高倍率复合镍钴锰多元正极材料,其特征在于所述多元正极材料的平均粒径 $D_{50}$ 为 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ 。

3. 一种高倍率复合镍钴锰多元正极材料的制备方法,其特征在于包括以下步骤:

(1) 将镍、钴、锰以及掺杂元素的盐溶液按照化学式 $\text{Li}(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y\text{O}_2$ 中金属摩尔比溶解得到 $1 \sim 3\text{mol/L}$ 的混合盐溶液;将氢氧化钠溶解成浓度为 $4 \sim 10\text{mol/L}$ 的碱溶液;将氨水溶解成浓度为 $2 \sim 10\text{mol/L}$ 的络合剂溶液;将混合盐溶液、碱溶液、络合剂溶液一起并流加入到反应釜中进行反应,过程中保持搅拌,同时控制反应PH值和反应温度,制得的前驱体浆料经过固液分离、洗涤、烘干、筛分后,得到球形镍钴锰氢氧化物 $(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y(\text{OH})_2$ ;

(2) 将步骤(1)得到的 $(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y(\text{OH})_2$ 与锂盐混合均匀,在空气或氧气气氛中, $600 \sim 1000^\circ\text{C}$ 下煅烧 $4 \sim 20\text{h}$ ,经过破碎、筛分,得到锂离子电池用正极材料基体 $\text{Li}(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y\text{O}_2$ ;

(3) 将石墨烯和所述正极材料基体进行机械混合,然后将混合料放入马弗炉中,在 $100 \sim 500^\circ\text{C}$ 温度范围内热处理 $0.5 \sim 4\text{h}$ ,制得石墨烯包覆的复合镍钴锰多元正极材料。

4. 根据权利要求3所述的高倍率复合镍钴锰多元正极材料的制备方法,其特征在于所述石墨烯通过石墨机械剥离法、石墨插层法、化学气相沉积法、电弧放电法中的任意一种方法制得。

5. 根据权利要求3所述的高倍率复合镍钴锰多元正极材料的制备方法,其特征在于石墨烯平均粒径 $D_{50}$ 为 $10 \sim 30 \mu\text{m}$ ,比表面积大于 $20\text{m}^2/\text{g}$ ,石墨烯厚度 $\leq 5\text{nm}$ ,石墨烯层数平均为 $1 \sim 10$ 层。

6. 根据权利要求3所述的高倍率复合镍钴锰多元正极材料的制备方法,其特征在于步骤(1)所述反应pH值为 $10 \sim 13$ ,温度为 $50 \sim 70^\circ\text{C}$ 。

7. 根据权利要求3所述的高倍率复合镍钴锰多元正极材料的制备方法,其特征在于步骤(2)所述锂盐为碳酸锂、氢氧化锂中的一种或两种,锂盐的加入量为 $\text{Li}/(\text{Ni}+\text{Co}+\text{Mn})$ 的摩尔比 $=0.95 \sim 1.1$ 。

8. 根据权利要求3所述的高倍率复合镍钴锰多元正极材料的制备方法,其特征在于步骤(3)所述混合的设备为球磨罐、搅拌磨、犁刀混合机、V型混料机、高速混合机中的一种。

9. 根据权利要求3所述的高倍率复合镍钴锰多元正极材料的制备方法,其特征在于步骤(3)所述热处理气氛为空气或氧气,热处理温度为 $100 \sim 350^\circ\text{C}$ ,时间为 $0.5 \sim 4\text{h}$ 。

10. 根据权利要求9所述的高倍率复合镍钴锰多元正极材料的制备方法,其特征在于所述热处理温度为 $150 \sim 200^\circ\text{C}$ 。

## 一种高倍率复合镍钴锰多元正极材料及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种高倍率复合镍钴锰多元正极材料及制备方法,属于锂离子电池技术领域。

### 背景技术

[0002] 伴随着新能源汽车、无人机等领域的快速发展,开发高倍率性能、高能量密度的动力型锂离子电池成为当前市场的迫切需求。多元材料因其高电压,高比容量的特点被认为是最有前景的锂电池正极材料之一。但由于多元材料本身电导率低,团聚体间不可避免的界面阻抗阻碍其在高倍率条件下的应用。石墨烯具有良好的电导率和锂离子迁移率,作为包覆层可以一定程度改善上述问题。然而,以往的研究和专利报道中石墨烯作为包覆层存在与氧化物颗粒间作用力弱,循环过程中易脱落,导致倍率性能提升不明显,循环稳定性不佳等问题。

[0003] 中国专利CN104157854A公开了一种石墨烯复合锂离子电池三元正极材料的制备方法,专利中制备出三元正极材料后,将石墨烯片与十二烷基酚聚氧乙烯醚和乙醇等不同成分的溶液配置成分散液,将三元材料同分散液高速搅拌并干燥,最后在氩气氛下烧结得到成品。这种制备方法过程复杂,需要引入大量有机溶剂,并且对热处理气氛有特殊要求,成本较高;制得的正极材料在1C和2C倍率下性能改善不明显。

[0004] 中国专利CN106935830A公开了一种锂离子电池复合正极材料及其制备方法,专利中采用化学反应方法制备出三维石墨烯,将石墨烯在氮气保护下同三元材料在高能球磨机内进行球磨。该方法制备条件苛刻,对设备和气氛都要求较苛刻,且石墨烯的用量高达4%~10%,制备及使用成本较高,组装的电池活性物质占比低于80%,同产业化应用的要求差距较大。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种高倍率复合镍钴锰多元正极材料及制备方法,本发明提供的复合镍钴锰多元材料在保持高比容量的前提下,具有优异的倍率性能和良好的循环稳定性。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

本发明提供的高倍率复合镍钴锰多元正极材料,包括基体和包覆在所述基体表面的石墨烯包覆层;所述基体的化学式为 $\text{Li}(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y\text{O}_2$ ,其中 $0.05 \leq x \leq 0.3$ , $0 \leq y \leq 0.01$ ,M为La、Cr、Mo、Ca、Fe、Hf、Ti、Zn、Y、Zr、W、Nb、Sm、V、Mg、B、Al中的至少一种元素;

所述石墨烯包覆层不含有羟基、羧基等官能团,平均粒径 $D_{50}$ 为 $0.1 \sim 25 \mu\text{m}$ ;包覆层的重量占基体重量的 $0.01 \sim 3\%$ ,包覆层厚度为 $0.3 \sim 500 \text{nm}$ 。

[0007] 所述高倍率复合镍钴锰多元正极材料的平均粒径 $D_{50}$ 为 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ 。

[0008] 本发明还提供上述的高倍率复合镍钴锰多元正极材料的制备方法,包括以下步骤:

(1) 将镍、钴、锰以及掺杂元素的盐溶液按照化学式 $\text{Li}(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y\text{O}_2$ 中金属摩尔

比溶解得到1~3mol/L的混合盐溶液;将氢氧化钠溶解成浓度为4~10mol/L的碱溶液;将氨水溶解成浓度为2~10mol/L的络合剂溶液。将混合盐溶液、碱溶液、络合剂溶液一起并流加入到反应釜中进行反应,过程中保持搅拌,同时控制反应PH值和反应温度,制得的前驱体浆料经过固液分离、洗涤、烘干、筛分后,得到球形镍钴锰氢氧化物  $(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y(\text{OH})_2$ ;

(2) 将步骤(1)得到的  $(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y(\text{OH})_2$  与锂盐混合均匀,在空气或氧气气氛中,600~1000℃下煅烧4~20h,经过破碎、筛分,得到锂离子电池用正极材料基体  $\text{Li}(\text{Ni}_{1-2x}\text{Co}_x\text{Mn}_x)_{1-y}\text{M}_y\text{O}_2$ ;

(3) 将石墨烯和所述正极材料基体进行机械混合,然后将混合料放入马弗炉中,在100~500℃温度范围内热处理0.5~4h,制得石墨烯包覆的复合镍钴锰多元正极材料。

[0009] 优选的,所述石墨烯通过石墨机械剥离法、石墨插层法、化学气相沉积法、电弧放电法中的任意一种方法制得。

[0010] 优选的,所述石墨烯平均粒径 $D_{50}$ 为10~30 $\mu\text{m}$ ,比表面积大于20 $\text{m}^2/\text{g}$ ,石墨烯厚度 $\leq$ 5nm,石墨烯层数平均为1~10层。

[0011] 优选的,步骤(1)所述反应pH范围为10~13,温度为50~70℃。

[0012] 优选的,步骤(2)所述锂盐为碳酸锂、氢氧化锂中的一种或两种。

[0013] 优选的,步骤(2)所述锂盐的加入量为 $\text{Li}/(\text{Ni}+\text{Co}+\text{Mn})$ 的摩尔比=0.95~1.1。

[0014] 优选的,步骤(3)所述混合的设备为球磨罐、搅拌磨、犁刀混合机、V型混料机、高速混合机中的一种。

[0015] 优选的,步骤(3)所述热处理气氛为空气或氧气,热处理温度为100~350℃,时间为0.5~4h。进一步优选的,热处理温度为150~200℃。

[0016] 本发明具有以下优势:

(1) 本发明得到的高倍率复合镍钴锰多元正极材料,通过石墨烯的包覆有效降低了正极材料颗粒表面的界面阻抗,明显改善正极材料的倍率性能。

[0017] (2) 本发明得到的高倍率复合镍钴锰多元正极材料,经过热处理后,提高了石墨烯包覆层同正极材料颗粒的结合力,降低了正极材料在充放电过程中的极化,提升了产品的循环稳定性。

[0018] (3) 本发明制备方法工艺简单、无污染。石墨烯引入方式简单,用量少,热处理气氛无特殊要求。

## 附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域的普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他附图。

[0020] 图1为对比例1制备的镍钴锰多元正极材料基体的扫描电镜图。

[0021] 图2为实施例1制备的高倍率复合镍钴锰多元正极材料的扫描电镜图。

[0022] 图3为对比例1、实施例1制备的半电池在不同倍率下的放电比容量图。

[0023] 图4为对比例1、对比例2和实施例1制备的半电池测得的电化学交流阻抗图。

[0024] 图5为对比例1和实施例1制备的半电池在1C下的放电比容量循环性能图。

[0025] 图6为对比例1和实施例1制备的半电池在1C下的充放电曲线。

### 具体实施方式

[0026] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明的保护范围。

[0027] 对比例1

步骤一、将硫酸镍、硫酸钴、硫酸锰按照金属摩尔比3:1:1的比例溶解得到2mol/L的混合盐溶液,将氢氧化钠溶解成浓度为8mol/L的碱溶液;将氨水溶解成浓度为6mol/L的络合剂溶液。将100L混合盐溶液、碱溶液、络合剂溶液一起并流加入到反应釜中进行反应,过程保持搅拌转速120rpm恒定,控制pH为11.5~11.7,温度为60℃,当反应完成,保持温度、搅拌转速不变,继续搅拌20min,然后将制得的镍钴锰氢氧化物浆料进行固液分离、洗涤,滤饼105℃烘干5h后筛分,得到球形镍钴锰氢氧化物。

[0028] 步骤二、将步骤一得到的球形镍钴锰氢氧化物与碳酸锂混合均匀,其中碳酸锂按照摩尔比 $\text{Li}/(\text{Ni}+\text{Co}+\text{Mn})=1.05$ 加入。然后将混合物在850℃煅烧10小时,经过破碎、筛分后得到平均粒径 $D_{50}$ 为13 $\mu\text{m}$ 的镍钴锰多元正极材料基体 $\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$ 。

[0029] 如图1所示,本对比例中制备的镍钴锰多元正极材料基体微观形貌为类球状颗粒。

[0030] 本对比例中制备的镍钴锰多元正极材料基体组装成半电池进行电化学性能测试,其2C倍率下的放电比容量达到152mAh/g;其4C倍率下的放电比容量达到124mAh/g。

[0031] 对比例2

步骤一和步骤二同对比例1制备步骤保持一致。

[0032] 步骤三、将石墨烯和步骤二得到的正极材料基体按照0.5:100的质量比同时放入干燥的球磨混料罐,在100rpm的转速下球磨混合4小时,得到复合镍钴锰多元正极材料。

[0033] 如图4所示,本对比例中制备的复合镍钴锰多元正极材料表面膜阻抗明显小于对比例中制备的正极材料表面膜阻抗,这说明石墨烯的包覆有效提升了活性物质颗粒表面和颗粒之间的电子传输速率,因此对于材料的高倍率性能具有明显的提升效果。

[0034] 本对比例中制备的复合镍钴锰多元正极材料组装成半电池进行电化学性能测试,其2C倍率下的放电比容量达到158mAh/g,相对于对比例1提高了6 mAh/g;其4C倍率下的放电比容量达到140mAh/g,相对于对比例1提高了13%。

[0035] 实施例1

步骤一和步骤二同对比例1制备步骤保持一致。

[0036] 步骤三、将石墨烯和步骤二得到的正极材料基体按照0.5:100的质量比同时放入干燥的球磨混料罐,在100rpm的转速下球磨混合4小时,然后放入马弗炉中进行热处理,空气气氛中200℃下加热2h,得到平均粒径 $D_{50}$ 为13 $\mu\text{m}$ 的石墨烯包覆的复合镍钴锰多元材料。

[0037] 如图2所示,本实施例中制备的正极材料二次颗粒间未发现团聚的石墨烯片,二次颗粒团聚体表面存在粗糙的包覆物,可以推断石墨烯包覆在了二次颗粒团聚体表面上。

[0038] 如图3所示,本实施例中制备的复合镍钴锰多元正极材料组装成半电池进行电化学性能测试,其2C倍率下的放电比容量达到160mAh/g,相对于对比例1提高了8 mAh/g;其4C

倍率下的放电比容量达到143mAh/g,相对于对比例1提高了15%。

[0039] 如图4所示,本实施例中制备的复合镍钴锰多元正极材料表面膜阻抗小于对比例2中制备的正极材料表面膜阻抗,这说明热处理过程有效提高了与氧化物颗粒的结合力,进一步提升了活性物质颗粒表面和颗粒之间的电子传输速率,因此对于材料的高倍率性能和放电比容量具有明显的提升效果。

[0040] 如图5所示,本实施例中制备的复合镍钴锰多元正极材料组装成半电池进行电化学性能测试,其1C倍率下循环100周后放电比容量达到178mAh/g,相对于对比例1提高了20mAh/g,容量保持率提高了7.6%。

[0041] 如图6所示,本实施例中制备的复合镍钴锰多元正极材料组装成半电池进行电化学性能测试,其1C倍率下的充放电曲线显示石墨烯的包覆显著弱化了材料在充放电过程中的极化效应。因此,包覆的石墨烯对于材料的放电比容量具有显著的提升效果。

#### [0042] 实施例2

步骤一、将硫酸镍、硫酸钴、硫酸锰按照金属摩尔比2:1:1的比例溶解得到1.5mol/L的混合盐溶液,将硫酸铝与氢氧化钠按照摩尔比1:10混合配制得到铝离子浓度0.2mol/L的铝溶液;将氢氧化钠溶解成浓度为5mol/L的碱溶液;将氨水溶解成浓度为2mol/L的络合剂溶液。将混合盐溶液、铝溶液、碱溶液、络合剂溶液一起并流加入到反应釜中进行反应,过程保持搅拌转速115rpm恒定,控制pH为11.8~12.0,温度为55℃,当反应完成,保持温度、搅拌转速不变,继续搅拌20min,然后将制得的镍钴锰铝氢氧化物浆料进行固液分离、洗涤,滤饼110℃烘干3h后筛分,得到铝元素均匀掺杂的球形镍钴锰氢氧化物材料。

[0043] 步骤二、将步骤一得到的铝元素均匀掺杂的球形镍钴锰氢氧化物材料与碳酸锂混合均匀,其中碳酸锂按照摩尔比 $\text{Li}/(\text{Ni}+\text{Co}+\text{Mn})=1.03$ 加入。在空气气氛中,900℃烧结8h,经过破碎、筛分,得到锂离子电池用正极材料基体 $\text{Li}(\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_{0.25}\text{Mn}_{0.25})_{0.995}\text{Al}_{0.005}\text{O}_2$ 。

[0044] 步骤三、将石墨烯和步骤一得到的正极材料基体按照0.2:100的质量比同时放入高速混料机中,在1200rpm的转速下混合10min,然后放入马弗炉中进行热处理,在空气气氛下180℃加热4h,得到平均粒径 $D_{50}$ 为6 $\mu\text{m}$ 的石墨烯包覆的复合镍钴锰多元材料。

[0045] 本实施例中制备的复合镍钴锰多元正极材料组装成半电池进行电化学性能测试,其2C倍率下的放电比容量达到156mAh/g,4C倍率下的放电比容量达到140mAh/g。

#### [0046] 实施例3

步骤一、将硫酸镍、硫酸钴、硫酸锰按照金属摩尔比8:1:1的比例溶解得到2.5mol/L的混合盐溶液,将氢氧化钠溶解成浓度为6mol/L的碱溶液,将氨水溶解成浓度为6mol/L的络合剂溶液。将混合盐溶液、碱溶液、络合剂溶液一起并流加入到反应釜中进行反应,过程保持搅拌转速125rpm恒定,控制pH为11.9~12.1,温度为65℃,当反应完成,保持温度、搅拌转速不变,继续搅拌20min,然后将制得的镍钴锰氢氧化物浆料进行固液分离、洗涤,滤饼120℃烘干4h后筛分,得到球形镍钴锰氢氧化物材料。

[0047] 步骤二、将步骤一得到的球形镍钴锰氢氧化物材料与纳米氧化铝粉末、纳米二氧化钛粉末按照摩尔比 $(\text{Ni}+\text{Co}+\text{Mn}):\text{Al}:\text{Ti}=99:0.4:0.6$ 的比例混合。将上述混合料再与氢氧化锂混合均匀,其中氢氧化锂按照摩尔比 $\text{Li}/(\text{Ni}+\text{Co}+\text{Mn})=1.05$ 加入。在氧气气氛中,750℃烧结16h,经过破碎、筛分,得到锂离子电池用正极材料基体 $\text{Li}(\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1})_{0.99}\text{Al}_{0.004}\text{Ti}_{0.006}\text{O}_2$ 。

[0048] 步骤三、将石墨烯和步骤二得到的正极材料基体按照3:100的质量比同时放入高速混料机中,在1000rpm的转速下混合15min,然后放入马弗炉中进行热处理,氧气气氛下150℃加热1h,得到平均粒径 $D_{50}$ 为15 $\mu\text{m}$ 的石墨烯包覆的复合镍钴锰多元材料。

[0049] 本实施例中制备的复合镍钴锰多元正极材料组装成半电池进行电化学性能测试,其2C倍率下的放电比容量达到180mAh/g,4C倍率下的放电比容量达到156mAh/g。

[0050] 上述实施例及对比例中材料的微观形貌通过扫描电子显微镜测量。

[0051] 上述实施例及对比例中材料的电化学交流阻抗通过电化学工作站测量。

[0052] 上述实施例及比较例中的正极活性物质,按照下述方法对其进行了电性能评价。

[0053] 扣式电池的组装:

首先,将非水系电解质二次电池用复合镍钴锰多元正极活性物质、乙炔黑及聚偏二氟乙烯(PVDF)按照质量比95%:2.5%:2.5%进行混合,涂覆在铝箔上并进行烘干处理,用100Mpa的压力冲压成型为直径12mm、厚120 $\mu\text{m}$ 的正极极片,然后将正极极片放入真空烘干箱中120℃烘干12h。

[0054] 负极使用直径为17mm,厚度为1mm的Li金属片;隔膜使用厚度为25 $\mu\text{m}$ 的聚乙烯多孔膜;电解液使用1mol/L的 $\text{LiPF}_6$ 、碳酸乙烯酯(EC)和碳酸二乙酯(DEC)的等量混合液。

[0055] 将正极极片、隔膜、负极极片及电解液在水含量与氧含量均小于5ppm的Ar气手套箱内组装成2025型扣式电池,将此时的电池作为未活化电池。

[0056] 制作扣式电池后放置24h,开路电压稳定后,采用20mA/g的电流密度充电至截止电压4.3V,在4.3V恒压充电至截止电流0.024mA。随后以同样的电流密度放电至截止电压3.0V,按上述方式再重复一次,将此时的电池作为已活化电池。

[0057] 扣式电池的性能评价如下:

(1) 倍率性能测试:温度25℃,使用已活化电池,在3.0~4.3V的电压区间,分别以0.1C、0.2C、1C、2C、4C的电流密度循环1次考察材料的倍率性能。

[0058] (2) 循环性能测试:温度25℃,使用已活化电池,在3.0~4.5V的电压区间,以1C的电流密度循环100次考察材料的循环性能。

[0059] (3) 交流阻抗性能测试:使用未活化电池,在0.1Hz~100kHz测试频率范围内,5mV振幅下进行交流阻抗测试。

[0060]

以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。

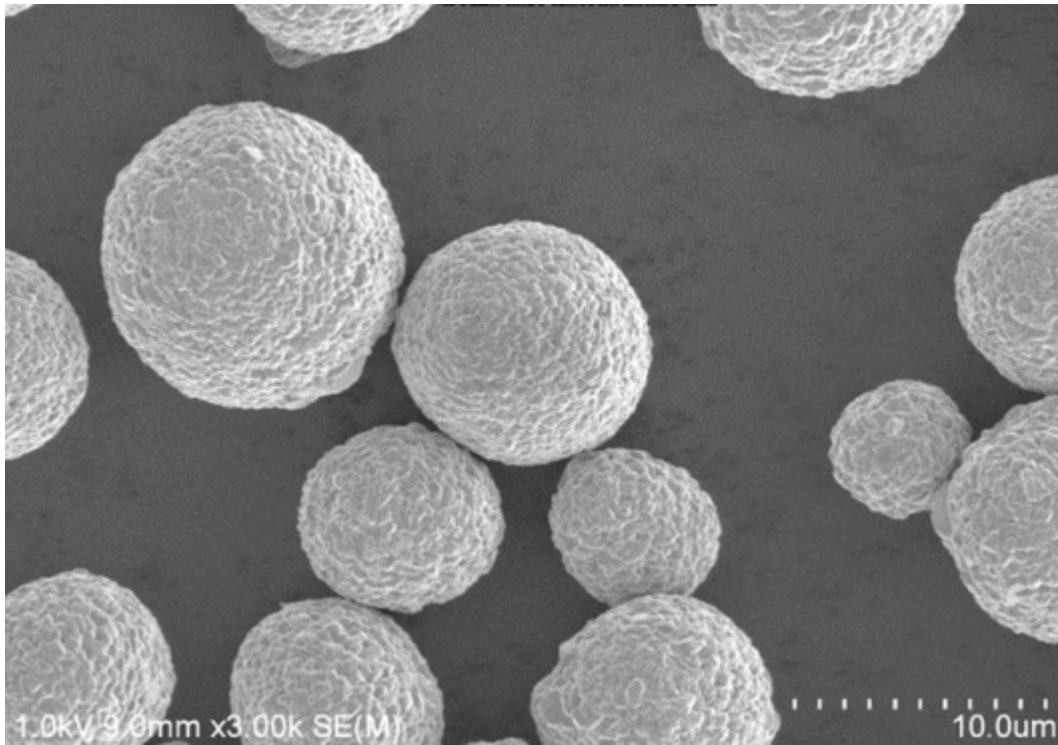


图 1

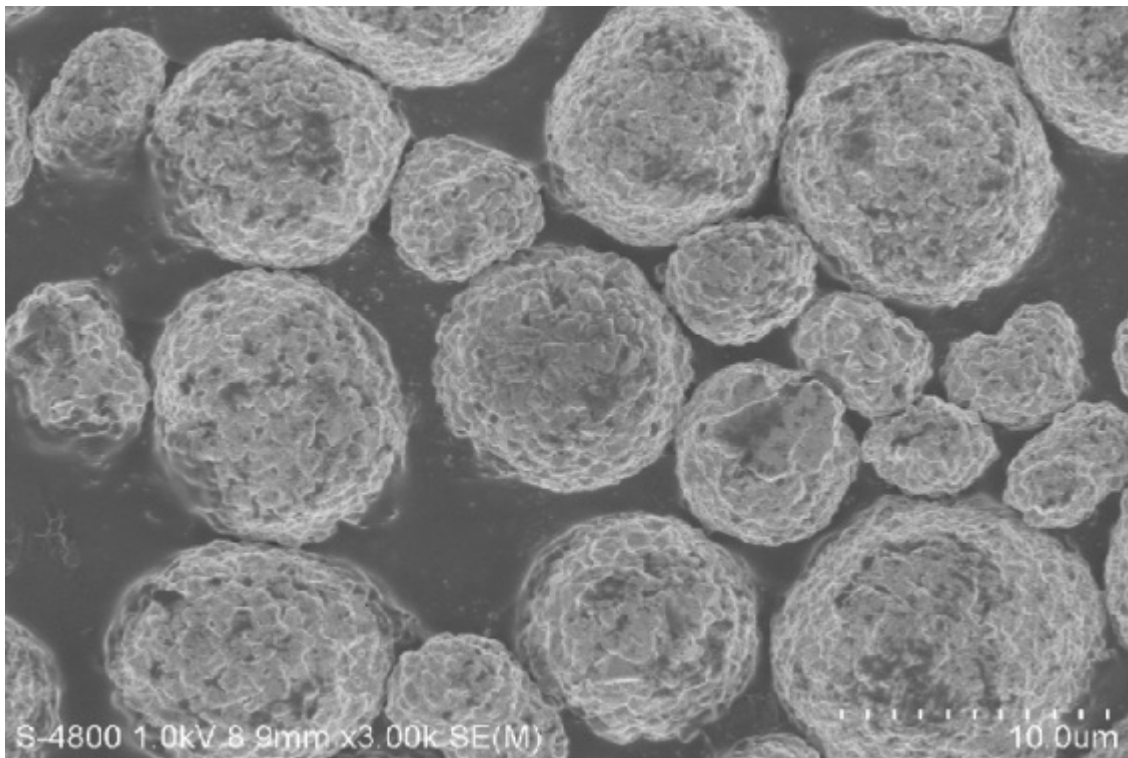


图 2



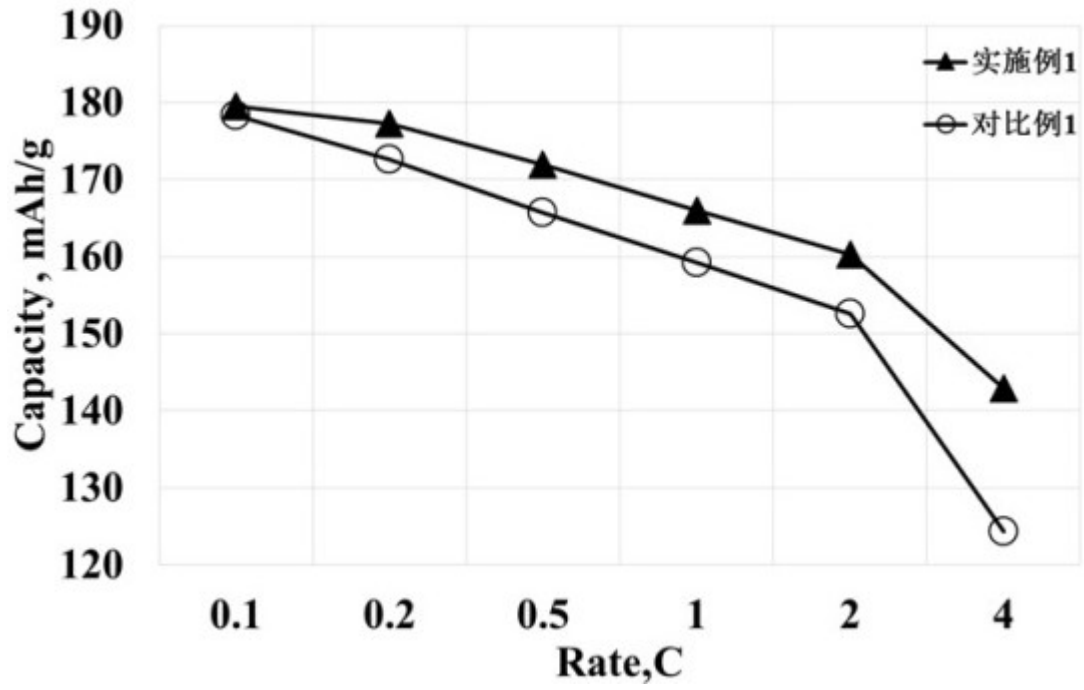


图 3

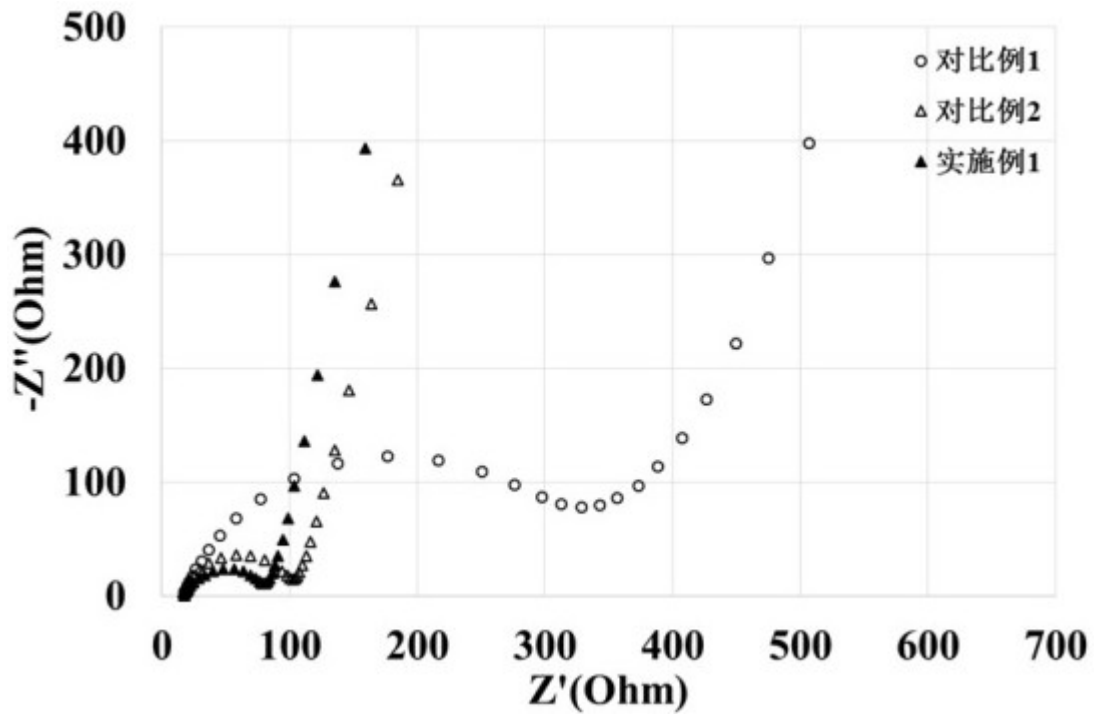


图 4

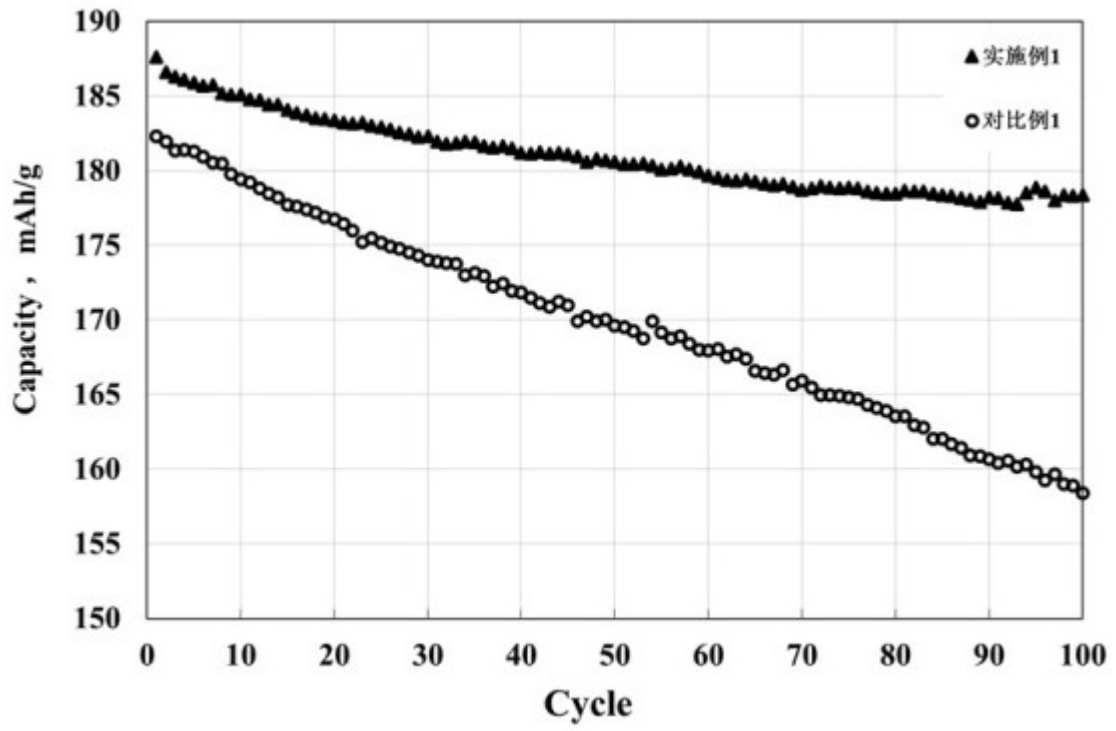


图 5

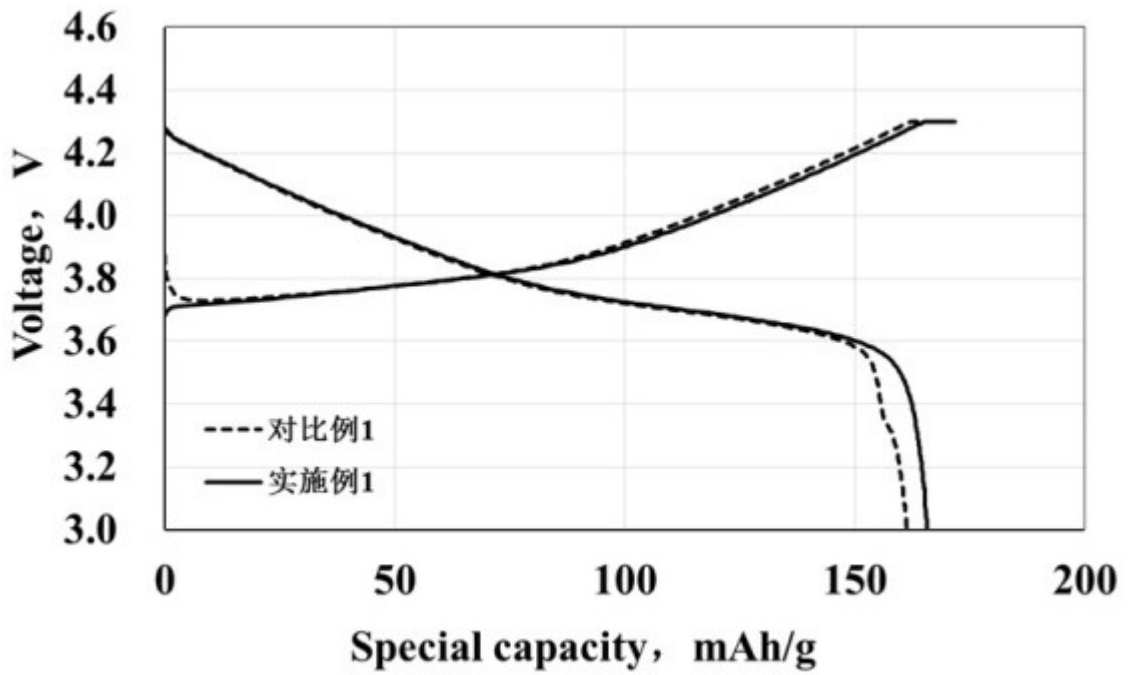


图 6