



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113871603 A

(43) 申请公布日 2021.12.31

(21) 申请号 202111152337.0

H01M 10/0525 (2010.01)

(22) 申请日 2021.09.29

C01G 23/00 (2006.01)

(71) 申请人 蜂巢能源科技有限公司

C01G 25/00 (2006.01)

地址 213200 江苏省常州市金坛区鑫城大道8899号

C01G 51/00 (2006.01)

C01G 53/00 (2006.01)

(72) 发明人 马加力 张树涛 王壮 王亚州 白艳

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

代理人 刘凯强 张奎燕

(51) Int. Cl.

H01M 4/36 (2006.01)

H01M 4/505 (2010.01)

H01M 4/525 (2010.01)

H01M 4/62 (2006.01)

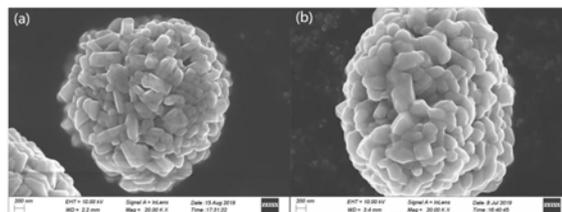
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种高镍三元正极材料及其制备方法

(57) 摘要

一种高镍三元正极材料及其制备方法,所述高镍三元正极材料,包括正极活性材料和包覆层,所述正极活性材料中包括纳米氧化物;所述纳米氧化物包括:氧化锆、氧化钛、氧化钨、氧化钼、氧化铝和氧化钼中的任意一种或更多种;所述包覆层包括锆酸锂、钛酸锂和钴酸锂。本申请提供的三元正极材料及其制备方法降低高镍正极材料表面残余碱,同时增加了材料的电子电导率,有利于改善正极材料循环过程中的产气以及循环稳定性。



1. 一种高镍三元正极材料,包括正极活性材料和包覆层,所述正极活性材料中包括纳米氧化物;

所述纳米氧化物包括:氧化锆、氧化钛、氧化钨、氧化钼、氧化铝和氧化钇中的任意一种或更多种;

所述包覆层包括锆酸锂、钛酸锂和钴酸锂。

2. 根据权利要求1所述的高镍三元正极材料,其中,当仅涉及一种所述纳米氧化物时,所述纳米氧化物占所述正极活性材料中镍钴锰三种金属总质量的900ppm至6000ppm;

当仅涉及两种以上所述纳米氧化物时,每一种所述纳米氧化物占所述正极活性材料中镍钴锰三种金属总质量的900ppm至6000ppm。

3. 根据权利要求1所述的高镍三元正极材料,其中,所述正极活性材料中的镍、钴和锰中镍的含量不低于80mol.%以上;所述镍、钴和锰的总量与锂元素的摩尔比为1:(1至1.1)。

4. 根据权利要求1所述的高镍三元正极材料,其中,所述包覆层中锆元素占正极材料的质量百分含量为1000ppm至3000ppm;

可选地,所述包覆层中钛元素占正极材料的质量百分含量为1000ppm至3000ppm;

可选地,所述包覆层中钴元素占正极材料的质量百分含量为5000ppm至15000ppm。

5. 一种权利要求1至4中任一项所述的高镍三元正极材料的制备方法,包括以下步骤:

1) 将镍钴锰前驱体与锂源和所述纳米氧化物混合均匀;

2) 将步骤1)中得到的混合物进行一次烧结;

3) 将用于制备包覆层的原料与步骤2)中一次烧结后的产物在去离子水中混合均匀得到混合液,干燥后即得锆源、钴源和钛源包覆的正极材料;

4) 将步骤3)制得的锆源、钴源和钛源包覆的正极材料进行二次烧结,烧结后即得高镍三元正极材料。

6. 根据权利要求5所述的高镍三元正极材料的制备方法,其中,

所述镍钴锰前驱体为镍钴锰氢氧化物前驱体 $\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z(\text{OH})_2$ ($x \geq 0.8, x+y+z=1$);

可选地,所述锂源选自氢氧化锂、醋酸锂、硝酸锂、氯化锂、碳酸锂、硫酸锂和氟化锂中的任意一种或更多种;

可选地,所述纳米氧化物的平均粒径为100nm至500nm;

可选地,用于制备包覆层的原料包括锆源、钛源和钴源;

优选地,所述锆源选自氧化锆、氢氧化锆、硝酸锆、磷酸锆和氯化锆中的任意一种或更多种;

优选地,所述钛源选自氧化钛、氢氧化钛或硫酸钛中的任意一种或更多种;

优选地,所述钴源选自四氧化三钴、氯化钴、乙酸钴、硝酸钴、氢氧化钴和硫酸钴中的任意一种或更多种。

7. 根据权利要求5所述的高镍三元正极材料的制备方法,其中,

步骤1)中的混合转速为1000rpm至3000rpm;所述混合的时间为10min至30min;

可选地,步骤2)中一次烧结的温度为650℃至850℃,可选地,升温速度为2℃/min至5℃/min;可选地,所述烧结的温度的保温时间为5h至20h;

可选地,所述烧结的气氛为氧气气氛,所述氧气的浓度不小于99.99%,可选地,所述氧气的流量为5L/min至30L/min;

可选地,烧结完成后自然降温至100℃以下,破碎过300目至400目筛,完成一次烧结。

8. 根据权利要求5所述的高镍三元正极材料的制备方法,其中,

步骤3)中所述一次烧结后的产物与锆源、钴源和钛源的质量比为(50至60):(0.1至0.5):(0.4至2.0):(0.2至1.0);可选地,一次烧结后的产物的浓度为50-60g/ml;

可选地,所述混合先进行锆源钛源钴源的混合,搅拌速率为200rpm至500rpm;优选地,所述混合的时间为10min至60min;优选地,所述混合的温度为40℃至60℃;

可选地,步骤3)中所述干燥包括以下步骤:在-0.04至0.20MPa的负压条件下,100℃至150℃的干燥温度下对所述混合液进行干燥;可选地,所述干燥的时间为1h至10h;优选地,所述干燥使用的干燥机为双锥真空干燥机。

9. 根据权利要求5所述的高镍三元正极材料的制备方法,其中,

步骤4)中二次烧结的温度为300℃至800℃,可选地,升温速度为2℃/min至10℃/min;可选地,所述烧结的温度的保温时间为3h至15h;

可选地,所述烧结的气氛为氧气气氛,所述氧气的浓度不小于99.99%,可选地,所述氧气的流量为5L/min至30L/min。

10. 一种降低高镍三元正极材料碱性锂盐含量的同时提升高镍三元正极材料性能的方法,包括:

设置高镍三元正极材料为核壳结构,在核中引入纳米氧化物,当纳米氧化物的种类为一种时,纳米氧化物的量占核中镍钴锰三种金属总摩尔量的1000ppm至6000ppm;当纳米氧化物的种类为两种以上时,每一种纳米氧化物的量占核中镍钴锰三种金属总摩尔量的1000ppm至6000ppm;

所述纳米氧化物包括:氧化锆、氧化钛、氧化钨、氧化钼、氧化铝和氧化钇中的任意一种或更多种;

设置外壳包覆层材料为锆酸锂、钛酸锂和钴酸锂;可选地,所述包覆层中锆元素占正极材料的质量百分含量为1000ppm至3000ppm;

可选地,所述包覆层中钛元素占正极材料的质量百分含量为1000至3000ppm;

可选地,所述包覆层中钴元素占正极材料的质量百分含量为5000至15000ppm。

一种高镍三元正极材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本文涉及但不限于锂电池技术领域,尤其涉及但不限于一种低表面残余碱高镍正极材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 低成本、高能量密度及低毒性的高镍三元镍钴锰酸锂正极材料(NCM)正极材料或者镍钴铝酸锂(NCA)正极材料被大量用于新能源动力汽车领域。不过,单纯的高镍三元正极材料在电池充放电过程中存在严重的锂镍混排现象,循环过程中结构会坍塌;同时,高镍三元正极材料表面残余碱含量较高,一般以碳酸锂、氢氧化锂和氧化锂等形式存在,从而导致正极材料具有高碱度以及高吸水性。一方面,对于正极材料后续的涂覆造成困难,同时在耐碱性方面对电解液提出了更高的要求,高碱度会导致电池在循环过程中胀气,进而影响电池的循环性能;另一方面在充电状态下,因正极材料颗粒表面上存在 Ni^{4+} , Ni^{4+} 活性较高,易与电解液发生副反应,从而增加了电池的阻抗以及带来不可逆容量的损失。共包覆正极材料是一种非常有效的阻止副反应发生的方法,但是怎样选择掺杂剂以及共包覆剂才可使锂离子电池达到较好的综合性能依然是技术人员重点研究的课题。

发明内容

[0003] 以下是对本文详细描述的主题的概述。本概述并非是为了限制本申请的保护范围。

[0004] 本申请的目的在于提供一种集水洗与包覆同时进行的一步湿法共包覆基体材料的方法制备低表面残余碱含量的高镍三元镍钴锰酸锂正极材料,同时容量保持率也保持在很高水平,增加了材料的电子电导率,有利于改善正极材料循环过程中的产气以及循环稳定性;从而减少了工艺流程,降低了成本,且易于工业化生产。

[0005] 本申请提供了一种高镍三元正极材料,包括正极活性材料和包覆层,所述正极活性材料中包括纳米氧化物;

[0006] 所述纳米氧化物包括:氧化锆、氧化钛、氧化钨、氧化钼、氧化铝和氧化钇中的任意一种或更多种;

[0007] 所述包覆层包括锆酸锂、钛酸锂和钴酸锂。

[0008] 在本申请提供的一种实施方式中,当仅涉及一种所述纳米氧化物时,所述纳米氧化物占所述正极活性材料中镍钴锰三种金属总质量的900ppm至6000ppm(可选地,占比为982ppm至5930ppm);当仅涉及两种以上所述纳米氧化物时,每一种所述纳米氧化物占所述正极活性材料中镍钴锰三种金属总质量的900ppm至6000ppm(可选地,占比为982ppm至5930ppm);

[0009] 在本申请提供的一种实施方式中,所述正极活性材料中的镍、钴和锰中镍的含量不低于80mol.%以上;所述镍、钴和锰的总量与锂元素的摩尔比为1:(1至1.1)。

[0010] 在本申请提供的一种实施方式中,所述包覆层中锆元素占正极材料的质量百分含

量为1000ppm至3000ppm；

[0011] 在本申请提供的一种实施方式中，所述包覆层中钛元素占正极材料的质量百分含量为1000ppm至3000ppm；

[0012] 在本申请提供的一种实施方式中，所述包覆层中钴元素占正极材料的质量百分含量为5000ppm至15000ppm。

[0013] 又一方面，本申请提供了上述的高镍三元正极材料的制备方法，包括以下步骤：

[0014] 1) 将镍钴锰前驱体与锂源和所述纳米氧化物混合均匀；

[0015] 2) 将步骤1) 中得到的混合物进行一次烧结；

[0016] 3) 将用于制备包覆层的原料与步骤2) 中一次烧结后的产物在去离子水中混合均匀得到混合液，干燥后即得锆源、钴源和钛源包覆的正极材料；

[0017] 4) 将步骤3) 制得的锆源、钴源和钛源包覆的正极材料进行二次烧结，烧结后即得高镍三元正极材料；

[0018] 在本申请提供的一种实施方式中，所述制备方法由以上步骤组成。

[0019] 本申请提供了一种由上述制备方法制备得到的正极材料。

[0020] 在本申请提供的一种实施方式中，所述镍钴锰前驱体为镍钴锰氢氧化物前驱体 $\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z(\text{OH})_2$ ($x \geq 0.8, x+y+z=1$)；

[0021] 在本申请提供的一种实施方式中，所述锂源选自氢氧化锂、醋酸锂、硝酸锂、氯化锂、碳酸锂、硫酸锂和氟化锂中的任意一种或更多种；

[0022] 在本申请提供的一种实施方式中，所述纳米氧化物的平均粒径为100nm至500nm；

[0023] 在本申请提供的一种实施方式中，用于制备包覆层的原料包括锆源、钛源和钴源；

[0024] 在本申请提供的一种实施方式中，所述锆源选自氧化锆、氢氧化锆、硝酸锆、磷酸锆和氯化锆中的任意一种或更多种；

[0025] 在本申请提供的一种实施方式中，所述钛源选自氧化钛、氢氧化钛或硫酸钛中的任意一种或更多种；

[0026] 在本申请提供的一种实施方式中，所述钴源选自四氧化三钴、氯化钴、乙酸钴、硝酸钴、氢氧化钴和硫酸钴中的任意一种或更多种。

[0027] 在本申请提供的一种实施方式中，步骤1) 中的混合转速为1000rpm至3000rpm；所述混合的时间为10min至30min；

[0028] 在本申请提供的一种实施方式中，步骤2) 中一次烧结的温度为650℃至850℃，可选地，升温速度为2℃/min至5℃/min；可选地，所述烧结的温度的保温时间为5h至20h；

[0029] 在本申请提供的一种实施方式中，所述烧结的气氛为氧气气氛，所述氧气的浓度不小于99.99%，可选地，所述氧气的流量为5L/min至30L/min；

[0030] 在本申请提供的一种实施方式中，烧结完成后自然降温至100℃以下，破碎过300目至400目筛，完成一次烧结。

[0031] 在本申请提供的一种实施方式中，步骤3) 中所述一次烧结后的产物与锆源、钴源和钛源的质量比为(50至60) : (0.1至0.5) : (0.4至2.0) : (0.2至1.0)；可选地，一次烧结后的产物的浓度为50-60g/ml；

[0032] 在本申请提供的一种实施方式中，所述混合先进行锆源钛源钴源的混合，搅拌速率为200rpm至500rpm；优选地，所述混合的时间为10min至60min；优选地，所述混合的温度

为40℃至60℃；

[0033] 在本申请提供的一种实施方式中,步骤3)中所述干燥包括以下步骤:在-0.04至0.20MPa的负压条件下,100℃至150℃的干燥温度下对所述混合液进行干燥;可选地,所述干燥的时间为1h至10h;优选地,所述干燥使用的干燥机为双锥真空干燥机。

[0034] 在本申请提供的一种实施方式中,步骤4)中二次烧结的温度为300℃至800℃,可选地,升温速度为2℃/min至10℃/min;可选地,所述烧结的温度的保温时间为3h至15h;

[0035] 在本申请提供的一种实施方式中,所述烧结的气氛为氧气气氛,所述氧气的浓度不小于99.99%,可选地,所述氧气的流量为5L/min至30L/min。

[0036] 又一方面,本申请提供了一种降低高镍三元正极材料碱性锂盐含量的同时提升高镍三元正极材料性能的方法,包括:

[0037] 设置高镍三元正极材料为核壳结构,在核中引入纳米氧化物,当纳米氧化物的种类为一种时,纳米氧化物的量占核中镍钴锰三种金属总摩尔量的1000ppm至6000ppm;当纳米氧化物的种类为两种以上时,每一种纳米氧化物的量占核中镍钴锰三种金属总摩尔量的1000ppm至6000ppm。

[0038] 所述纳米氧化物包括:氧化锆、氧化钛、氧化钨、氧化钼、氧化铝和氧化钇中的任意一种或更多种;

[0039] 设置外壳包覆层材料为锆酸锂、钛酸锂和钴酸锂;

[0040] 在本申请提供的一种实施方式中,所述包覆层中锆元素占正极材料的质量百分含量为1000ppm至3000ppm;可选地,所述包覆层中钛元素占正极材料的质量百分含量为1000至3000ppm;可选地,所述包覆层中钴元素占正极材料的质量百分含量为5000至15000ppm。

[0041] 在本申请提供的一种实施方式中,所述锆酸锂是烧结时锆源与碱性锂盐在烧结过程中反应生成的;所述钛酸锂是烧结时钛源与碱性锂盐在烧结过程中反应生成的;所述钴酸锂是烧结时钴源与碱性锂盐在烧结过程中反应生成的。

[0042] 本申请的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本申请而了解。本申请的其他优点可通过在说明书中所描述的方案来发明实现和获得。

附图说明

[0043] 附图用来提供对本申请技术方案的理解,并且构成说明书的一部分,与本申请的实施例一起用于解释本申请的技术方案,并不构成对本申请技术方案的限制。

[0044] 图1为本申请对比例1和实施例1制得的样品SEM图,其中(a)为对比例1,(b)为实施例1;

[0045] 图2为本申请实施例1制得的Zr/Ti/Co共包覆镍钴锰酸锂正极材料50周循环保持率曲线。

具体实施方式

[0046] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下文对本申请的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0047] 实施例1

[0048] 本实施例中,低表面残余碱高镍正极材料的合成方法如下:

[0049] S1.称取前驱体、氢氧化锂和纳米氧化物进行混合阶段

[0050] 将氢氧化物前驱体 $\text{Ni}_{0.83}\text{Co}_{0.11}\text{Mn}_{0.06}(\text{OH})_2$ ($x \geq 0.8, x+y+z=1$) 和氢氧化锂按镍钴锰的摩尔数之和与锂元素的摩尔比为1:1.05加入到高速混合机中,再加入占镍钴锰三种金属总质量2000ppm的纳米氧化锆和占镍钴锰三种金属总质量2000ppm的纳米氧化钪,在高速混合机内混合均匀.混合条件:转速2000rpm,混料20min,得到均匀的一次混合料。

[0051] 所述纳米氧化物原料的平均粒径为100nm至500nm;

[0052] S2.前驱体、氢氧化锂和纳米氧化物一次混合料一次烧结阶段:

[0053] 将S1中均匀的一次混合料放在箱式气氛炉中,氧气气氛(浓度 $\geq 99.99\%$,氧气流量:20L/min)下,以2-5°C/min的升温速率升至760°C,保温时间10h,然后自然降到100°C后得到一次烧结基体材料,将得到的一次烧结基体材料进行破碎、粉碎及过筛,筛网为300-400目。

[0054] S3.镍钴锰酸锂正极材料合成阶段:

[0055] (1)将锆源、钴源和钛源按设计比例分别加入到一定量的去离子水中,放置于磁力搅拌器上并加热到45°C,持续搅拌30min,搅拌转速为350rpm,最终得到混合均匀的锆源、钴源和钛源的混合液;

[0056] 锆源为氧化锆,钴源为氢氧化钴,钛源为氧化钛;

[0057] (2)称取上述S2中得到的一烧基体材料缓慢加入到去离子水中,边加边搅拌,再逐滴加入步骤(1)中锆源、钴源和钛源的混合液,使得一烧基体材料与锆源、钴源和钛源的质量比为1:0.0045:0.0145:0.0090,所述一次烧结后的产物的浓度为55g/ml;搅拌均匀后将水分蒸发呈糊状,进一步利用双锥真空干燥机(温度:135°C,负压:-0.025MPa,干燥的时间:5h)进行干燥,得到干燥性很好的由锆、钴和钛源包覆的正极材料粉料;

[0058] (3)将步骤(2)中所述的锆、钴和钛源包覆的正极材料粉料在纯氧气氛(氧气浓度 $\geq 99.99\%$,氧气流量:20L/min)的箱式炉中进行二次烧结,烧结温度:650°C,升温速率2-10°C/min,烧结保温时间:8h,最终得到锆、钴和钛(锆酸锂、钛酸锂、钴酸锂)包覆的镍钴锰酸锂正极材料。

[0059] 其中包覆层中的锆元素占正极材料的2000ppm;包覆层中钴元素占正极材料的8000ppm;包覆层中的钛元素占正极材料的1500ppm。

[0060] 实施例2

[0061] 本实施例与实施例1的区别仅在于,步骤S1中所述锂元素与镍钴锰元素总量的摩尔比为1.0,其他条件与参数与实施例1完全相同。

[0062] 实施例3

[0063] 本实施例与实施例1的区别仅在于,步骤S1中所述锂元素与镍钴锰元素总量的摩尔比为1.1:1,其他条件与参数与实施例1完全相同。

[0064] 实施例4

[0065] 本实施例与实施例1的区别仅在于,S1所述纳米氧化锆和纳米氧化钪加入量分别为2000ppm和3000ppm,其他条件与参数与实施例1完全相同。

[0066] 实施例5

[0067] 本实施例与实施例1的区别仅在于,S1所述纳米氧化镁和纳米氧化铌加入量分别为2000ppm和1000ppm,其他条件与参数与实施例1完全相同。

[0068] 实施例6

[0069] 本实施例与实施例1的区别仅在于,S1所述纳米氧化钛和纳米氧化硼加入量分别为1000ppm和2000ppm,其他条件与参数与实施例1完全相同。

[0070] 实施例7

[0071] 本实施例与实施例1的区别仅在于,S1所述纳米氧化锆和纳米五氧化二钽加入量分别为3000ppm和2000ppm,其他条件与参数与实施例1完全相同。

[0072] 实施例8

[0073] 本实施例与实施例1的区别仅在于,步骤S2中,所述一次烧结温度为650℃,其他条件与参数与实施例1完全相同。

[0074] 实施例9

[0075] 本实施例与实施例1的区别仅在于,步骤S2中,所述一次烧结温度为850℃,其他条件与参数与实施例1完全相同。

[0076] 实施例10

[0077] 本实施例与实施例1的区别仅在于,步骤S3中步骤(2)所述二次烧结的温度为300℃,其他条件与参数与实施例1完全相同。

[0078] 实施例11

[0079] 本实施例与实施例1的区别仅在于,步骤S3中步骤(2)所述二次烧结温度为800℃,其他条件与参数与实施例1完全相同。

[0080] 对比例1

[0081] 本对比例与实施例1的区别在于:正极活性材料不涉及纳米氧化物(氧化锆、氧化钇)掺杂,其他原料、原料用量以及制备方法与实施例1完全相同。

[0082] 对比例2

[0083] 本对比例与实施例1的区别仅在于:仅制备锆酸锂、钴酸锂包覆层的正极材料、不涉及钛酸锂包覆,其他的原料、原料用量以及制备方法与实施例1完全相同。

[0084] 对比例3

[0085] 本对比例与实施例1的区别仅在于:仅制备钛酸锂、钴酸锂包覆层的正极材料、不涉及锆酸锂包覆,其他的原料、原料用量以及制备方法与实施例1完全相同。

[0086] 对比例4

[0087] 本对比例与实施例1的区别仅在于:仅制备锆酸锂、钛酸锂包覆层的正极材料、不涉及钴酸锂包覆,其他的原料、原料用量以及制备方法与实施例1完全相同。

[0088] 性能测试:

[0089] 将各实施例和对比例制备的正极材料送测SEM、残碱等理化测试。并对不同的正极材料进行匀浆、涂布、辊压、裁片及扣电组装测试材料电性能。将得到的正极材料与炭黑导电剂SP、粘结剂聚偏氟乙烯PVDF以及N-甲基吡咯烷酮NMP进行匀浆,再进行涂布、辊压、裁片以及组装2032扣式电池,从而评价正极材料的电化学性能(充放电电压为3.0-4.3V,温度为25℃)。

[0090] 图1为对比例1与实施例1的SEM图,图1中(a)为对比例1,图1中(b)为实施例1,从图

1中(b)中可以看出,本申请所用湿法共包覆方法合成的高镍镍钴锰酸锂正极材料颗粒表面包覆层均一性较好。

[0091] 以实施例1制备的 $\text{Li}_{1.05}\text{Ni}_{0.83}\text{Co}_{0.11}\text{Mn}_{0.06}\text{O}_2$ 为例,测试一次烧结后包覆前得到的基体材料以及Zr/Ti/Co共包覆后得到的成品正极材料的残余碱含量,见表1:

[0092] 表1一烧基体材料和成品正极材料的残碱含量

样品名称	单位	残碱		
		LiOH	Li_2CO_3	总计
一烧基体材料	ppm	8900	5100	14000
成品正极材料		1100	700	1800

[0094] 由表1可知,一烧基体材料的残碱总量为14000ppm经过Zr/Ti/Co共包覆法所得到的成品正极材料的残碱总量降低幅度非常大,降至1800ppm,其中LiOH含量下降显著,降低了7800ppm。

[0095] 表2实施例和对比例成品正极材料残碱含量统计

	残碱量 (ppm)		
	LiOH	Li_2CO_3	总计
实施例 1	1100	700	1800
实施例 2	1240	830	2070
实施例 3	1520	1210	2730
实施例 4	1200	870	2070
实施例 5	1240	910	2150
[0096] 实施例 6	1200	800	2000
实施例 7	1280	960	2240
实施例 8	1550	1300	2850
实施例 9	1470	1110	2580
实施例 10	1680	1330	3010
实施例 11	1160	810	1970
对比例 1	1400	8600	10000
对比例 2	1350	5200	6550

[0097]	对比例 3	1270	5600	6870
	对比例 4	1470	6600	8070

[0098] 电化学性能分析(充电电压3.0-4.3V)

[0099] 表3实施例1Zr/Ti/Co共包覆法所得镍钴锰酸锂正极材料电化学性能

样品	0.1C 充电容量 (mAh/g)	0.1C 放电容量 (mAh/g)	1C 放电容量 (mAh/g)	首次库伦效率 (%)	50 周循环保持率 (%)
[0100] 实施例 1 成品正极材料	224.5	210.3	190.2	93.7	99.4

[0101] 图2和表3、表4分别为本申请技术方案方法合成的高镍镍钴锰酸锂正极材料的50周循环保持率曲线和0.1C充放电容量、首次放电库伦效率及50周循环保持率。材料0.1C放电容量为210.3mAh/g,首次放电库伦效率为93.7%,50周循环保持率高达99.4%,从循环曲线中可以看出循环性能非常好。

[0102] 表4实施例和对比例所得镍钴锰酸锂正极材料电化学性能

	0.1C 充电容量 (mAh/g)	0.1C 放电容量 (mAh/g)	1C 放电容量 (mAh/g)	首次库伦效率(%)	50 周循环保持率 (%)
实施例 1	224.5	210.3	190.2	93.7	99.4
实施例 2	223.6	208	187.5	93.0	98.3
实施例 3	222.4	204.1	185.2	91.8	97.2
实施例 4	223	207.8	187.1	93.2	98.4
实施例 5	222.9	205.4	186.3	92.1	97.7
实施例 6	224.2	208.5	187.3	93.0	97.8
[0103] 实施例 7	220.8	204.7	186	92.7	96.8
实施例 8	218.7	202.5	184.7	92.6	95.5
实施例 9	219.3	203.2	185.2	92.7	96.1
实施例 10	213.7	196.8	180.3	92.1	94.7
实施例 11	225.6	209.1	187.9	92.7	98.6
对比例 1	203.5	178.3	184.5	87.6	87.2
对比例 2	207.4	186	182	89.7	90.9
对比例 3	206.2	184.6	180	89.5	89.2
对比例 4	205.3	182.9	177.8	89.1	88.4

[0104] 虽然本申请所揭露的实施方式如上,但所述的内容仅为便于理解本申请而采用的实施方式,并非用以限定本申请。任何本申请所属领域内的技术人员,在不脱离本申请所揭露的精神和范围的前提下,可以在实施的形式及细节上进行任何的修改与变化,但本申请的专利保护范围,仍须以所附的权利要求书所界定的范围为准。

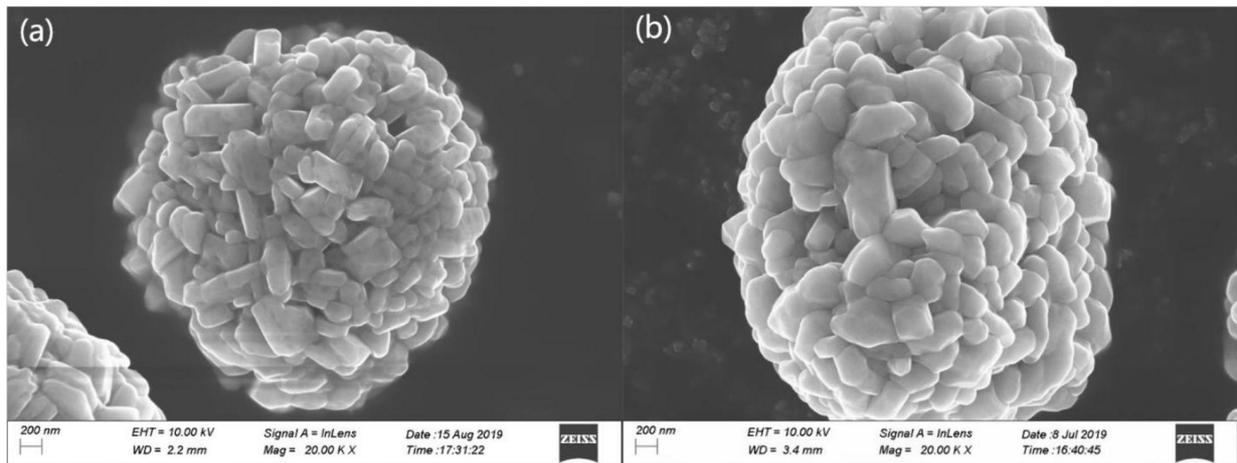


图1

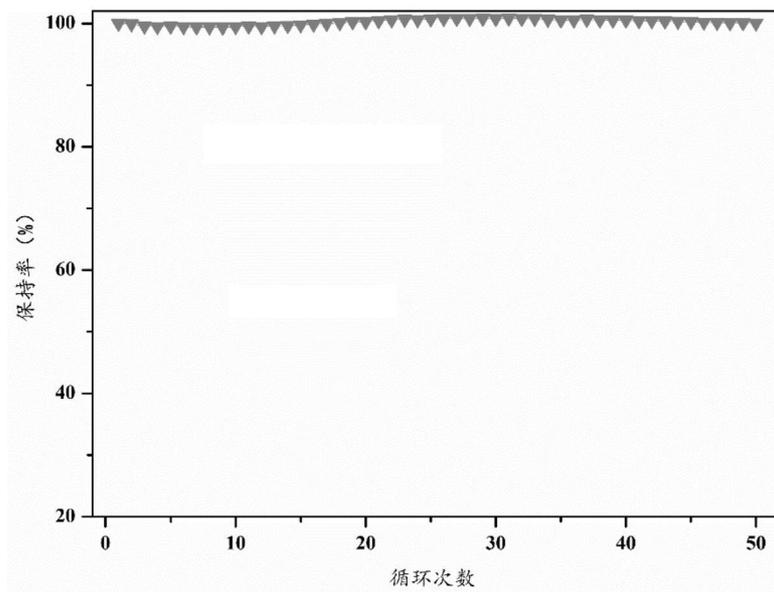


图2