



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104852051 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 19

(21) 申请号 201410050901. 1

(22) 申请日 2014. 02. 14

(71) 申请人 东丽先端材料研究开发(中国)有限公司

地址 200241 上海市闵行区紫竹高新技术产
业开发区紫日路 500 号

(72) 发明人 杜宁 王健 孙培育

(51) Int. Cl.

H01M 4/62(2006. 01)

H01M 10/0525(2010. 01)

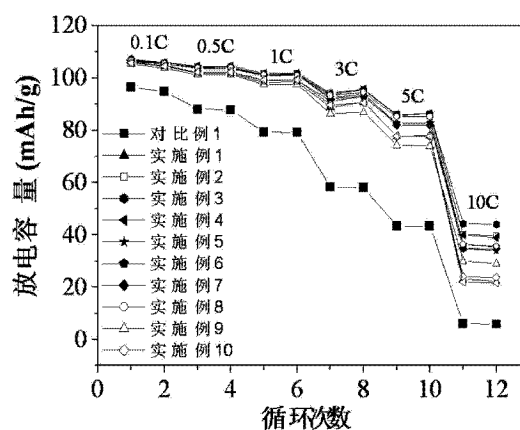
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种石墨烯粉末及制备方法与含石墨烯粉末的锂离子电池

(57) 摘要

本发明公开了一种石墨烯粉末及其制备方法,以及含有该石墨烯粉末的锂离子电池。本发明的石墨烯粉末含有吡啶啉酮结构的分子,其制备方法是由氧化石墨在具有吡啶啉酮结构的分子存在的条件下还原得到石墨烯粉末。该石墨烯粉末在极性溶剂中具有高分散性同时具有高导电性。可作为导电添加剂应用于锂离子电池的电极浆料,在电极浆料中易分散并可大幅提高电极的导电性,适用于大倍率充放电并具有较高循环保持率的锂离子二次电池。还可应用于导电材料、防静电材料、电子产品的电磁屏蔽材料、微波吸收材料等领域。



1. 一种石墨烯粉末,其特征在于:所述石墨烯粉末含有具有吡唑啉酮结构的分子。
2. 根据权利要求1所述的石墨烯粉末,其特征在于:所述具有吡唑啉酮结构的分子中,吡唑啉酮结构的1位的取代基为芳基,同时吡唑啉酮结构的3位的取代基选自甲基或羧基。
3. 根据权利要求2所述的石墨烯粉末,其特征在于:所述具有吡唑啉酮结构的分子中的芳基选自苯基、氯苯基或磺酸苯基。
4. 根据权利要求3所述的石墨烯粉末,其特征在于:所述的具有吡唑啉酮结构的分子选自安替比林、氨基吡啉、4-氨基安替吡啉、1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮、1-苯基-3-甲基-4-苯甲酰基-5-吡唑啉酮、1-(2-氯苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮、1-苯基-5-吡唑啉酮-3-羧酸、1-(2-氯基-5-磺酸苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮、1-(4-氯基苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮或1-(4-磺酸基苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮中的一种或几种。
5. 根据权利要求2所述的石墨烯粉末,其特征在于:所述具有吡唑啉酮结构的分子中,吡唑啉酮结构的2位的取代基为甲基。
6. 根据权利要求5所述的石墨烯粉末,其特征在于:所述具有吡唑啉酮结构的分子选自安替比林、氨基吡啉或4-氨基安替吡啉中的一种或几种。
7. 一种锂离子电池,其特征在于:所述锂离子电池的电极包含权利要求1所述的石墨烯粉末、电极活性物质和聚偏氟乙烯。
8. 一种制备权利要求1所述的石墨烯粉末的方法,其特征在于:由氧化石墨在具有吡唑啉酮结构的分子存在的条件下还原得到石墨烯粉末。
9. 根据权利要求8所述的制备方法,其特征在于:所述具有吡唑啉酮结构的分子选自安替比林、氨基吡啉、4-氨基安替吡啉、1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮、1-苯基-3-甲基-4-苯甲酰基-5-吡唑啉酮、1-(2-氯苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮、1-苯基-5-吡唑啉酮-3-羧酸、1-(2-氯基-5-磺酸苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮、1-(4-氯基苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮或1-(4-磺酸基苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮中的一种或几种。
10. 根据权利要求8所述的制备方法,其特征在于:所述还原,其中使用还原剂选自连二亚硫酸钠、连二亚硫酸钾、亚硫酸氢钠、亚硫酸氢钾、硫代硫酸钠、硫代硫酸钾、抗坏血酸钠、抗坏血酸钾、铁粉、铝粉、或水合肼中的一种或几种。

一种石墨烯粉末及制备方法与含石墨烯粉末的锂离子电池

技术领域

[0001] 本发明属于石墨烯材料领域,具体涉及一种石墨烯粉末及其制备方法,以及含有该石墨烯粉末的锂离子电池,特别是一种可用于高倍率充放电的锂离子电池。

背景技术

[0002] 锂离子二次电池作为高性能储能装置,相比传统储能装置具有比容量高,电压高、自放电小以及无记忆效应等优越性能,近几年在电子产品、日常交通工具、航空航天等领域得到广泛使用,有望在能源的产生和存储技术方面对社会可持续发展产生重大影响。锂离子二次电池的电极活性材料具有较高的比容量,但是制成电池后往往难以充分发挥其充放电的能力。重要原因之一是由于电极的内阻偏高导致电子传导能力较差,因此在电极制备中有必要添加导电添加剂。现代社会越来越讲究可持续发展强调清洁能源的使用,相应地锂离子二次电池的应用领域除了传统的如电子便携设备、小型交通工具,逐渐扩大至清洁能源汽车,航空航天等产业,对锂离子二次电池的要求也转向了大倍率充放电的能力上来。因此需要开发一种导电添加剂,只需较低的添加量即可获得优秀的导电性能,从而充分发挥活性物质的倍率性能,有效提高锂离子二次电池的能量密度,同时降低电池成本。传统导电添加剂多为碳黑。碳黑粒径多为纳米级,在电极浆料中容易发生团聚,需要通过增大添加量改善其导电效果。碳纳米管虽然也可作为导电添加剂,但由于价格偏高使其应用受到了限制。

[0003] 石墨烯材料作为一种新兴材料具有诸多优异的性能,如电子传导性能、导热性能、高模量等。特别是具有高导电性,其中的电子运动速率可达光速的 $1/300$ 。同时具备高比表面积,有望作为导电添加剂添加在电池电极中并减少导电添加剂的用量。但是由于石墨烯表面为大 π 共轭结构,缺少能与电极浆料相亲和的基团,并且石墨片层间有较强的范德华力作用,容易发生团聚,难以发挥应有的导电效果。石墨烯材料在极性溶剂中较差的分散性限制了其在电子材料、复合材料等领域的实际应用。

[0004] 目前通常采用表面修饰的方法改善石墨烯在极性溶剂中的分散性,修饰方法分为共价键修饰和非共价键修饰。共价修饰往往利用氧化石墨表面的羧基、羟基或环氧基团作为反应的活性点,对石墨烯表面进行接枝改性。经共价修饰的纳米石墨衍生物由于引入了新的官能团因此具有好的分散性,但是其表面的大 π 共轭结构被破坏,影响了电子在石墨烯表面的传导,从而破坏了导电性能。而非共价键修饰可有效的保持石墨烯材料的导电性。通过该方法通过引入具有特定结构的分子与石墨片间形成较强作用力,如 $\pi-\pi$ 堆积力、范德华力、氢键作用等,从而避免石墨片间的堆积。相关文献多利用该方法改善石墨烯材料在水中的分散性,但现有技术尚不能在保证导电性的同时有效改善石墨烯在其他极性溶剂中的分散性。同时,用于修饰石墨烯的分散剂大多价格昂贵,不易购买或合成困难,难以实现实际应用,如茚丁酸、四氰苯醌、茚二酰胺衍生物,因此有必要开发价格更低且在极性溶剂中分散效果好的导电石墨烯材料的制备方法。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术中的问题,本发明提供了一种在极性溶剂中具有高导电性同时在极性溶剂中具有良好分散性的石墨烯材料。

[0006] 本发明的目的可以通过以下措施达到:

[0007] 一种石墨烯粉末,该粉末含有具有吡唑啉酮结构的分子。

[0008] 考虑到与石墨烯表面能形成 $\pi-\pi$ 键的相互作用,该具有吡唑啉酮结构的分子中,吡唑啉酮结构的 1 位的取代基优选为芳基,同时考虑到提高石墨烯粉末的极性,吡唑啉酮结构的 3 位的取代基优选为甲基或羧基。考虑到在水中的溶解性,具有吡唑啉酮结构的分子中的芳基更优选为苯基、氯苯基或磺酸苯基,最优选为安替比林(CAS:60-80-0)、氨基吡啶(CAS:58-15-1)、4-氨基安替吡啶(CAS:83-07-8)、1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮(CAS:89-25-8)、1-苯基-3-甲基-4-苯甲酰基-5-吡唑啉酮(CAS:4551-69-3)、1-(2-氯苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮(CAS:14580-22-4)、1-苯基-5-吡唑啉酮-3-羧酸(CAS:119-18-6)、1-(2-氯基-5-磺酸苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮(CAS:88-76-6)、1-(4-氯基苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮(CAS:13024-90-3)或 1-(4-磺酸基苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮(CAS:89-36-1)中的一种或几种。

[0009] 由于石墨烯表面具有大 Π 共轭结构,具有上述吡唑啉酮结构的分子中的苯环结构容易与石墨烯形成共轭相互作用,从而对石墨烯进行了表面改性。由于这种表面改性方法不会破坏石墨烯表面原有的共轭结构,使石墨烯的导电性得以保留。同时具有吡唑啉酮结构的分子具有的极性可以改善石墨烯在溶剂中的分散性,使改性后的石墨烯更容易且更稳定的分散于电极浆料中。

[0010] 考虑到对石墨烯在溶剂中的分散效果的改善,上述石墨烯粉末中具有吡唑啉酮结构的分子的含量(质量百分比)优选为 0.01%-60%。含量过低则对改善石墨烯分散性的效果可能不明显。含量过高则可能会影响石墨烯的导电性能,不利于进一步的应用。

[0011] 为了提高石墨烯粉末的极性,具有吡唑啉酮结构的分子优选为吡唑啉酮结构的 2 位的取代基为烷基。考虑到具有吡唑啉酮结构的分子要具有更小的体积和更低的空间位阻,具有吡唑啉酮结构的分子优选为吡唑啉酮结构的 2 位的取代基为甲基。考虑到具有吡唑啉酮结构的分子要具有更低的价格,进一步优选为安替比林、氨基吡啶或 4-氨基安替吡啶中的一种或几种。

[0012] 本发明的另一个目的是提供一种锂离子电池,使用了含有上述石墨烯粉末作为导电添加剂的锂离子电池。使用本发明的石墨烯材料作为电极导电添加剂,可实现在较低的导电添加剂添加量条件下提高电池在不同放电倍率下放电容量,特别是提高了高放电倍率时的放电容量。该锂离子电池的电极包含前述的石墨烯粉末、电极活性物质和聚偏氟乙烯。

[0013] 所述电极活性物质为锂离子二次电池的正极活性物质或锂离子电池的负极活性材料。正极活性物质具体可以列举为磷酸铁锂、磷酸锰锂、磷酸钒锂、氟磷酸钒锂、钒酸锂、锰酸锂、钴酸锂、镍酸锂、镍钴锰酸锂三元材料、镍钴酸锂、或层状富锂高锰材料中的一种或几种,负极活性材料具体可以列举为硬碳、软碳、钛酸锂、二氧化锡、锂合金、镁合金、硅碳材料、锡碳材料、石墨或石墨烯中的一种或几种。

[0014] 本发明的第三个目的是提供一种制备上述石墨烯粉末的方法。

[0015] 所述的石墨烯粉末的制备方法为由氧化石墨在具有吡唑啉酮结构的分子存在的

条件下还原得到石墨烯粉末。根据还原的效果,制备条件优选为在 0℃至 90℃条件下将氧化石墨、具有吡啶啉酮结构的分子、及还原剂在极性溶剂或水中均匀混合后保持 1 分钟到 60 分钟后,经后处理后得到。其中,具有吡啶啉酮结构的分子如前所述。考虑到还原反应的反应速率及反应条件的温和性,优选还原中使用还原剂并选自连二亚硫酸钠、连二亚硫酸钾、亚硫酸氢钠、亚硫酸氢钾、硫代硫酸钠、硫代硫酸钾、抗坏血酸钠、抗坏血酸钾、铁粉、铝粉、或水合肼中的一种或几种。根据反应速率的要求,进一步优选为连二亚硫酸钠、或连二亚硫酸钾中的一种或两种。考虑到还原反应的彻底进行同时尽量降低还原剂的用量,所述的还原剂与氧化石墨的质量比优选为 0.1:1-5:1。

[0016] 由于所制备得到的产物中还含有多余的还原剂和分散剂,上述的制备方法一般包含后处理过程,其中后处理方法包括清洗步骤和干燥步骤。清洗步骤的目的是洗去多余的还原剂和分散剂,为了提高清洗效果并缩短清洗时间,可以使用水或乙醇或丙酮清洗。干燥步骤目的为获得干燥的石墨烯材料。可以使用烘干、喷雾干燥或冷冻干燥的方法。由于冷冻干燥有利于保持石墨片的分散状态,避免再团聚,因此优选冷冻干燥法。

[0017] 考虑到有必要降低成本,同时为了缩短产品的后处理时间,因此要尽量降低分散剂的用量,所述具有吡啶啉酮结构的分子与氧化石墨的质量比优选为 0.25:100-50:100。

[0018] 由于使用了上述的技术方案,其有益效果具体体现在:所制备的石墨烯粉末的导电性好,并且在极性溶剂中分散性好。由于所制备的石墨烯表面原有的大 π 键共轭结构得到了保持,因此保持了良好的导电性能。当作为导电添加剂应用在锂离子电池电极中时,容易在电极中形成高效的导电网络,从而可以降低导电添加剂的用量并提高电池的容量密度,充分发挥出活性材料的倍率性能,特别适用于大倍率充放电的场合。同时显著提供了锂离子电池的循环性能。与现有技术相比,本发明所用的具有吡啶啉酮结构的分子价格更便宜,且容易购买或合成,因此具有成本优势。该制备方法简单易操作,氧化石墨的还原和提高分散性同步完成,反应条件温和,步骤简单,容易实现工艺放大及大批量生产。

[0019] 本发明提供的一种石墨烯粉末,在极性溶剂中具有高分散性同时具有高导电性。可作为一种导电添加剂应用于锂离子二次电池的电极,还可广泛应用于导电材料、抗静电材料、电子产品的电磁屏蔽材料、微波吸收材料等领域。

附图说明

[0020] 图 1 为使用了不同导电添加剂的锂离子电池在 0.1c,0.5c,1c,3c,5c,10c 倍率下放电性能曲线。所用的活性物质为锰酸锂。导电添加剂组成为导电炭黑:石墨烯粉末=5:5,其中石墨烯粉末为实施例 1-10 所制备的石墨烯粉末,或以对比例 1 中提到的导电炭黑代替石墨烯粉末。导电添加剂添加量为活性物质的质量的 1.5%。

[0021] 图 2 为使用了不同导电添加剂的锂离子电池在 0.1c,0.5c,1c,3c,5c,10c 倍率下放电性能曲线。所用的活性物质为磷酸铁锂。导电添加剂组成为导电炭黑:石墨烯粉末=5:5,其中石墨烯粉末为实施例 1-7 及 11 所制备的石墨烯粉末,或以对比例 1 中提到的导电炭黑代替石墨烯粉末。导电添加剂添加量为活性物质的质量的 1.5%。

具体实施方式

[0022] 本发明中所涉及的具体化学药品:

[0023] 天然石墨粉末 :1500 目,上海一帆石墨有限公司。

[0024] 安替比林、氨基吡啶、4-氨基安替吡啶、1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮、1-苯基-3-甲基-4-苯甲酰基-5-吡唑啉酮、1-(2-氯苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮、1-苯基-5-吡唑啉酮-3-羧酸、1-(2-氯基-5-磺酸苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮或 1-(4-氯基苯基)-3-甲基-5-吡唑啉酮。连二亚硫酸钠。高锰酸钾、硝酸钠、浓硫酸、盐酸。N-甲基吡咯酮(NMP)、丙酮、乙醇。国药。

[0025] 磷酸铁锂 :Tatung。锰酸锂 :Hohsen。导电炭黑 :Denka, powder grade。聚偏氟乙烯 :Kynar, HSV-900。

[0026] 测试方法 :

[0027] 电池性能测试 :

[0028] 使用所制备的石墨烯粉末作为导电添加剂制备了电极浆料,所组装的锂离子电池在不同倍率下测试了充放电性能。其中电极浆料各组分的质量比为 :活性物质 :聚偏氟乙烯 :导电添加剂 =100 :5 :x,其中 $x=1.5$ 。导电添加剂组成为导电炭黑 :石墨烯粉末 =5:5。电极浆料所用的溶剂为 N-甲基吡咯酮(NMP)。石墨烯粉末为下述实施例 1-11 制备得到的。活性物质为锰酸锂或磷酸铁锂。

[0029] 充放电测试中各循环的充电倍率为 1C,循环 1 和 2 的放电倍率为 0.1C,循环 3 和 4 的放电倍率为 0.5C,循环 5 和 6 的放电倍率为 1C,循环 7 和 8 的放电倍率为 3C,循环 9 和 10 的放电倍率为 5C,循环 11 和 12 的放电倍率为 10C。

[0030] 氧化石墨的制备方法 :

[0031] 原材料为 1500 目的天然石墨粉末,220ml98% 的浓硫酸,3.5g 硝酸钠,21g 高锰酸钾 ;将上述物质加入到 10g 天然石墨粉末中,在冰浴中将混合液搅拌 1 小时,将混合液的温度控制在 20℃左右。将上述混合液取出,35℃水浴中边搅拌边反应 4 小时 ;加入 500ml 去离子水后,将得到的悬浮液在 90℃反应 15 分钟。最后,加入 600ml 去离子水和 50ml 过氧化氢,进行 5 分钟反应后得到氧化石墨分散液。趁热将得到的分散液过滤,用稀盐酸溶液洗出金属离子,用去离子水洗除酸,重复洗直到 pH 值为 7,制备出氧化石墨凝胶。

[0032] 实施例 1

[0033] 在 25℃条件下将氧化石墨、安替比林及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 50 分钟,将所得产物用去离子水、及乙醇洗涤后,进行过滤,去除滤液并冷冻干燥,得到石墨烯粉末。安替比林与氧化石墨的质量比为 10:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0034] 实施例 2

[0035] 在 40℃条件下将氧化石墨、氨基吡啶及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 10 分钟,将所得产物用去离子水洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。氨基吡啶与氧化石墨的质量比为 28:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0036] 实施例 3

[0037] 在 35℃条件下将氧化石墨、4-氨基安替吡啶及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 10 分钟,将所得产物用去离子水、乙醇洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。4-氨基安替吡啶与氧化石墨的质量比为 27:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0038] 实施例 4

[0039] 在 85℃条件下将氧化石墨、1- 苯基 -3- 甲基 -5- 吡唑啉酮及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 15 分钟,将所得产物用去离子水、乙醇洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。1- 苯基 -3- 甲基 -5- 吡唑啉酮与氧化石墨的质量比为 24:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0040] 实施例 5

[0041] 在 40℃条件下将氧化石墨、1- 苯基 -3- 甲基 -4- 苯甲酰基 -5- 吡唑啉酮及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 20 分钟,将所得产物用去离子水及乙醇洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。1- 苯基 -3- 甲基 -4- 苯甲酰基 -5- 吡唑啉酮与氧化石墨的质量比为 3:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0042] 实施例 6

[0043] 在 30℃条件下将氧化石墨、1- (2- 氯苯基) -3- 甲基 -5- 吡唑啉酮及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 15 分钟,将所得产物用去离子水、乙醇及丙酮洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。1- (2- 氯苯基) -3- 甲基 -5- 吡唑啉酮与氧化石墨的质量比为 0.25:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0044] 实施例 7

[0045] 在 45℃条件下将氧化石墨、1- 苯基 -5- 吡唑啉酮 -3- 羧酸及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 50 分钟,将所得产物用去离子水、乙醇及丙酮洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。1- 苯基 -5- 吡唑啉酮 -3- 羧酸与氧化石墨的质量比为 28:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0046] 实施例 8

[0047] 在 80℃条件下将氧化石墨、1- (2- 氯基 -5- 磺酸苯基) -3- 甲基 -5- 吡唑啉酮及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 60 分钟,将所得产物用去离子水、乙醇及丙酮洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。1- (2- 氯基 -5- 磺酸苯基) -3- 甲基 -5- 吡唑啉酮与氧化石墨的质量比为 31:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0048] 实施例 9

[0049] 在 35℃条件下将氧化石墨、1- (4- 氯基苯基) -3- 甲基 -5- 吡唑啉酮及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 60 分钟,将所得产物用去离子水、乙醇及丙酮洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。1- (4- 氯基苯基) -3- 甲基 -5- 吡唑啉酮与氧化石墨的质量比为 29:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0050] 实施例 10

[0051] 在 50℃条件下将氧化石墨、1- (4- 磺酸基苯基) -3- 甲基 -5- 吡唑啉酮及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 10 分钟,将所得产物用去离子水、乙醇及丙酮洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。1- (4- 磺酸基苯基) -3- 甲基 -5- 吡唑啉酮与氧化石墨的质量比为 50:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0052] 实施例 11

[0053] 在 40℃条件下将氧化石墨、安替比林、4- 氨基安替吡啉在水中均匀混合后加入连二亚硫酸钠保持 10 分钟,将所得产物用去离子水及丙酮洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。安替比林、4- 氨基安替吡啉与氧化石墨的质量比为 5:5:100。连二亚硫酸

酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。

[0054] 将上述实施例 1 至 11 所制备的石墨烯粉末根据测试方法部分所述的组成及含量,制备锂离子电池并进行了电池性能测试。测试结果见图 1 及图 2。

[0055] 对比例 1

[0056] 以导电炭黑(Denka)代替电极浆料中的石墨烯粉末,即导电添加剂完全由导电炭黑组成,制备锂离子电池并进行了电池性能测试。测试结果见图 1 及图 2 的对比例 1。

[0057] 对比例 2

[0058] 在 50℃条件下将氧化石墨、氨基嘧啶及连二亚硫酸钠在水中均匀混合后保持 60 分钟,将所得产物用去离子水、乙醇及丙酮洗涤后,过滤并冷冻干燥处理,得到石墨烯粉末。氨基嘧啶与氧化石墨的质量比为 50:100。连二亚硫酸钠与氧化石墨的质量比为 3:1。所得到的粉末根据测试方法部分所述的组成及含量,制备锂离子电池并进行了电池性能测试。结果放电容量为 0。

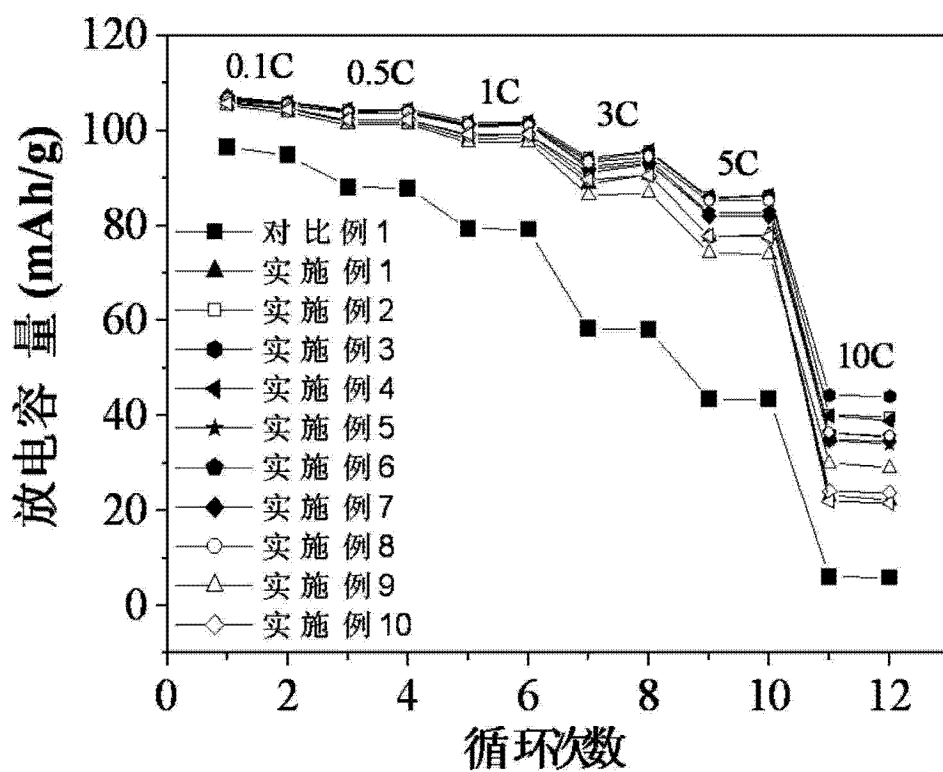


图 1

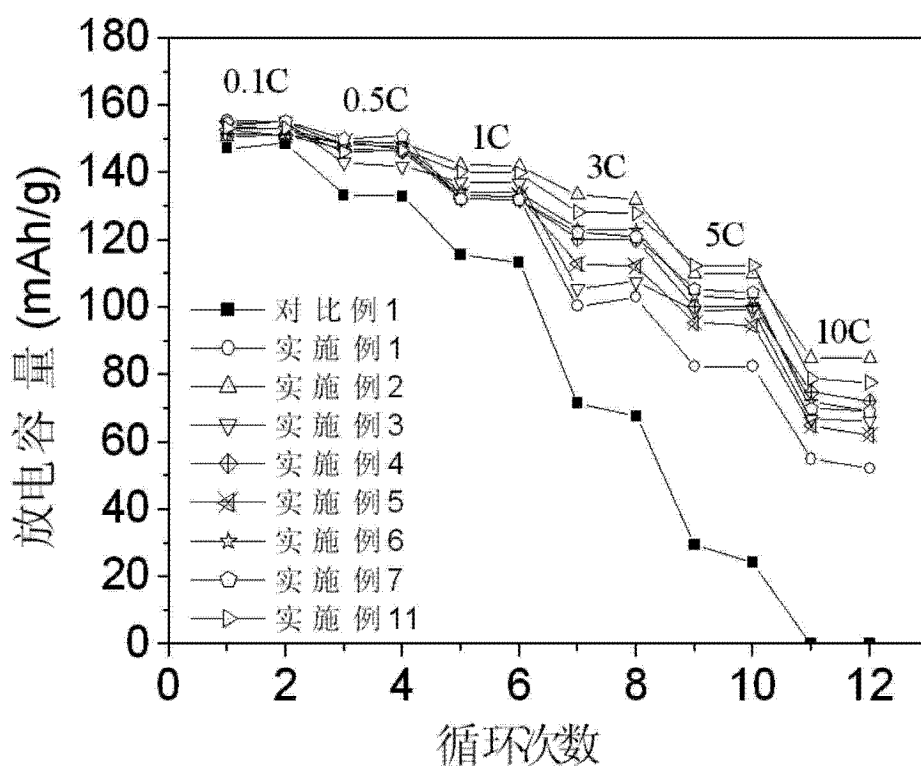


图 2