



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115207573 A

(43) 申请公布日 2022. 10. 18

(21) 申请号 202211020680.4

H01M 50/403 (2021.01)

(22) 申请日 2022.08.24

H01M 10/42 (2006.01)

(71) 申请人 清华大学合肥公共安全研究院

H01M 10/0525 (2010.01)

地址 236000 安徽省合肥市经济技术开发区  
习友路5999号清华大学合肥公共安全研究院

C01F 7/782 (2022.01)

申请人 清华大学

(72) 发明人 刘凯 苏国锋 刘生洲

(74) 专利代理机构 合肥市浩智运专利代理事务所(普通合伙) 34124

专利代理师 缪璐欢

(51) Int. Cl.

H01M 50/451 (2021.01)

H01M 50/446 (2021.01)

H01M 50/489 (2021.01)

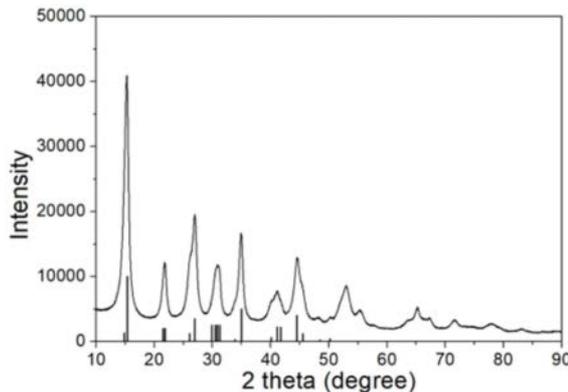
权利要求书1页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种阻燃材料涂布隔膜及其制备方法和高安全性能锂离子电池

(57) 摘要

本发明公开了一种阻燃材料涂布隔膜及其制备方法和高安全性能锂离子电池,具体涉及锂离子电池技术领域。阻燃材料涂布隔膜包括隔膜基膜和阻燃材料涂层,阻燃材料涂层均匀覆盖在所述隔膜基膜的单面;阻燃材料涂层的成分组成包括:按重量计,60%~95%阻燃剂、5%~40%粘结剂和0%~10%分散剂。有益效果:本发明通过特殊配比的阻燃剂、粘结剂和分散剂组成阻燃材料涂层,将该涂层涂覆在隔膜基膜上,形成一种阻燃效果非常好的阻燃材料涂布隔膜,将该阻燃材料涂布隔膜应用于锂离子电池中,大大提高了锂离子电池的安全性。



1. 一种阻燃材料涂布隔膜,其特征在于,包括隔膜基膜和阻燃材料涂层,所述阻燃材料涂层均匀覆盖在所述隔膜基膜的单面;所述阻燃材料涂层的成分组成包括:按重量计,60%~95%阻燃剂、5%~40%粘结剂和0%~10%分散剂。

2. 根据权利要求1所述的阻燃材料涂布隔膜,其特征在于,所述隔膜基膜的材质为聚乙烯、聚丙烯、聚丙烯腈、聚偏氟乙烯、聚环氧乙烷中的一种或多种的混合物。

3. 根据权利要求1或2所述的阻燃材料涂布隔膜,其特征在于,所述分散剂为聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醇、聚乙二醇、聚乙二醇辛基苯基醚、烷基酚环氧乙烷缩合物乳化剂、聚偏氟乙烯中的一种或多种的混合物。

4. 根据权利要求3所述的阻燃材料涂布隔膜,其特征在于,所述粘结剂为聚偏氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚丙烯腈中的一种或多种的混合物。

5. 根据权利要求4所述的阻燃材料涂布隔膜,其特征在于,所述阻燃剂为碳酸铝铵。

6. 根据权利要求5所述的阻燃材料涂布隔膜,其特征在于,所述碳酸铝铵的合成方法包括以下步骤:

(1) 将配置好的碳酸氢铵溶液置于容器中,持续搅拌,向容器中加入聚乙二醇,得到混合溶液;所述碳酸氢铵溶液浓度为1.5-4.5mol/L;所述聚乙二醇的分子量为1000-8000;

(2) 将配置好的硫酸铝铵溶液滴加到步骤(1)混合溶液中后,持续搅拌,静置陈化;所述硫酸铝铵溶液浓度为0.1-0.3mol/L;

(3) 将步骤(2)的产物依次用无水乙醇、超纯水清洗,真空干燥,获得碳酸铝铵。

7. 根据权利要求5所述的阻燃材料涂布隔膜,其特征在于,所述步骤(1)中聚乙二醇的质量与碳酸氢铵溶液的体积比为(0.3-5)g/100mL。

8. 根据权利要求5所述的阻燃材料涂布隔膜,其特征在于,所述步骤(1)中碳酸氢铵溶液与步骤(2)中硫酸铝铵溶液的体积比为1/2.5。

9. 制备如权利要求1-8任一项所述的阻燃材料涂布隔膜的方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:按重量计,将0%~10%分散剂分散到溶剂中,搅拌,制得备用浆料1;所述溶剂为NMP、乙醇、丙酮、DMF、DMSO中的一种或多种的混合物;

S2:按重量计,将5%~40%粘结剂溶于步骤(1)制得的浆料1中,搅拌,制得备用浆料2;

S3:按重量计,将60%~95%阻燃剂分散到步骤(2)制得的浆料2中,搅拌,制得涂敷浆料;

S4:采用辊涂或喷涂工艺,将步骤(3)制得的涂敷浆料均匀涂敷在隔膜基膜的单面,烘干、收卷,获得阻燃材料涂布隔膜。

10. 一种含有权利要求1-8任一项所述的阻燃材料涂布隔膜的锂离子电池,其特征在于,包括电池壳,所述电池壳内设有正极片、负极片、电解液以及正极片、负极片之间设置的阻燃材料涂布隔膜。

## 一种阻燃材料涂布隔膜及其制备方法和高安全性能锂离子电池

### 技术领域

[0001] 本发明涉及锂离子电池技术领域,具体涉及一种阻燃材料涂布隔膜及其制备方法和高安全性能锂离子电池。

### 背景技术

[0002] 锂离子电池因其具备绿色环保、能量密度高、平均输出电压高、输出功率大、自放电小、无记忆效应、工作温度范围宽、使用寿命长等优点备受青睐,发展锂离子电池被视为解决能源匮乏和环境问题的有效途径之一。

[0003] 近年来,锂离子电池产业得到迅速发展,使用场景更加多元化,机械滥用、电滥用、热滥用等情况时有发生,而这些情况会导致电池内部温度过高,电解液等电池材料之间副反应加剧,进而导致电池发生起火、爆炸等热失控行为,极大地威胁客户的生命财产安全,解决锂离子电池安全问题迫在眉睫。当前,抑制锂离子电池热失控起火、爆炸的安全性改进策略众多,如采用阻燃电解液、固态电解质、结构稳定性更高的电极材料等。

[0004] 但这些策略大多制备工艺复杂、要求苛刻、价格昂贵,不利于商业化。

[0005] 公布号为CN111224049A的中国专利文献公开了,一种阻燃型锂电池涂覆隔膜及其制备方法。本阻燃型锂电池涂覆隔膜包括:基膜、涂布在基膜表面的浆料;其中所述浆料包括以下原料:水滑石类插层材料、分散剂、胶黏剂、增稠剂、去离子水;以及所述水滑石类插层材料的质量份数为1-20%。在阻燃过程中,水滑石类插层材料吸热量大,有利于降低燃烧时产生的高温,其显著的阻燃效果和特殊的理化性能,可以在较少添加量下达到高的阻燃效率,从而实现阻燃型锂电池涂覆隔膜的真正高效阻燃。但该方法工艺复杂、要求苛刻。

### 发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题在于如何解决现有的抑制锂离子电池热失控起火、爆炸的安全性改进策略存在的工艺复杂、要求苛刻的问题。

[0007] 本发明通过以下技术手段实现解决上述技术问题的:

[0008] 一种阻燃材料涂布隔膜,包括隔膜基膜和阻燃材料涂层,所述阻燃材料涂层均匀覆盖在所述隔膜基膜的单面;所述阻燃材料涂层的成分组成包括:按重量计,60%~95%阻燃剂、5%~40%粘结剂和0%~10%分散剂。

[0009] 有益效果:通过特殊配比的阻燃剂、粘结剂和分散剂组成阻燃材料涂层,将该涂层涂覆在隔膜基膜上,形成一种阻燃效果非常好的阻燃材料涂布隔膜,工艺简单,易于制备,将该阻燃材料涂布隔膜应用于锂离子电池中,大大提高了锂离子电池的安全性。

[0010] 优选的,所述隔膜基膜的涂层负载为 $0.1-20\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

[0011] 优选的,所述隔膜基膜的材质为聚乙烯、聚丙烯、聚丙烯腈、聚偏氟乙烯、聚环氧乙烷中的一种或多种的混合物。

[0012] 优选的,所述分散剂为聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醇、聚乙二醇、聚乙二醇辛基苯基

醚、烷基酚环氧乙烷缩合物乳化剂、聚偏氟乙烯中的一种或多种的混合物。

[0013] 优选的,所述粘结剂为聚偏氟乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚丙烯腈中的一种或多种的混合物。

[0014] 优选的,所述阻燃剂为碳酸铝铵。

[0015] 优选的,所述碳酸铝铵的合成方法包括以下步骤:

[0016] (1) 将配置好的碳酸氢铵溶液置于容器中,持续搅拌,向容器中加入聚乙二醇,得到混合溶液;

[0017] (2) 将配置好的硫酸铝铵溶液滴加到步骤(1)混合溶液中后,持续搅拌,静置陈化;

[0018] (3) 将步骤(2)的产物依次用无水乙醇、超纯水清洗,真空干燥,获得碳酸铝铵。

[0019] 优选的,所述步骤(1)中碳酸氢铵溶液浓度为1.5-4.5mol/L,聚乙二醇的分子量为1000-8000。

[0020] 优选的,所述步骤(1)中聚乙二醇的质量与碳酸氢铵溶液的体积比为(0.3-5)g/100mL。

[0021] 优选的,所述步骤(1)和步骤(2)中搅拌的速率为300-1200r/min。

[0022] 优选的,所述步骤(1)中容器为圆底烧瓶。

[0023] 优选的,所述步骤(1)中碳酸氢铵溶液与步骤(2)中硫酸铝铵溶液的体积比为1/2.5。

[0024] 优选的,所述步骤(2)中硫酸铝铵溶液浓度为0.1-0.3mol/L;所述滴加的速率为20-120滴/min。

[0025] 优选的,所述步骤(2)搅拌的时间为25-45min。

[0026] 优选的,所述步骤(2)静置陈化的时间为6-36h。

[0027] 优选的,所述步骤(3)清洗次数为2-5次。

[0028] 优选的,所述步骤(3)中干燥温度为40-60℃,干燥时间为6-24h。

[0029] 本发明还提供一种制备如上述阻燃材料涂布隔膜的方法,包括以下步骤:

[0030] S1:按重量计,将0%~10%分散剂分散到溶剂中,搅拌,制得备用浆料1;

[0031] S2:按重量计,将5%~40%粘结剂溶于步骤(1)制得的浆料1中,搅拌,制得备用浆料2;

[0032] S3:按重量计,将60%~95%阻燃剂分散到步骤(2)制得的浆料2中,搅拌,制得涂敷浆料;

[0033] S4:采用辊涂或喷涂工艺,将步骤(3)制得的涂敷浆料均匀涂敷在隔膜基膜的单面,烘干、收卷,获得阻燃材料涂布隔膜。

[0034] 优选的,所述步骤S1中溶剂为NMP(N-甲基吡咯烷酮)、乙醇、丙酮、DMF(N,N-二甲基甲酰胺)、DMSO(二甲基亚砷)中的一种或多种的混合物。

[0035] 优选的,所述步骤S1、步骤S2、步骤S3中搅拌的速率均为300-1200r/min。

[0036] 优选的,所述步骤S1、步骤S2中搅拌的时间均为0.5-6h。

[0037] 优选的,所述步骤S3中搅拌的时间为2-24h。

[0038] 优选的,所述步骤S3中涂敷浆料的固含量为20-80%。

[0039] 优选的,所述步骤S3中烘干的温度为40-60℃。

[0040] 本发明还提供一种含有上述阻燃材料涂布隔膜的锂离子电池,包括电池壳,所述

电池壳内设有正极片、负极片、电解液以及正极片、负极片之间设置的如上所述的阻燃材料涂布隔膜。

[0041] 本发明的优点在于：

[0042] (1) 本发明通过特殊配比的阻燃剂、粘结剂和分散剂组成阻燃材料涂层，将该涂层涂覆在隔膜基膜上，形成一种阻燃效果非常好的阻燃材料涂布隔膜，工艺简单，易于制备，将该阻燃材料涂布隔膜应用于锂离子电池中，大大提高了锂离子电池的安全性。

[0043] (2) 本发明创新性设计了一种新型无机阻燃添加剂碳酸铝铵，采用该添加剂制备阻燃隔膜并应用于锂离子电池，在电化学性能和安全性能均得以保证的前提下，极大的提高了电池地安全性能。

[0044] (3) 本发明具有合成工艺简单、经济性强、便于商业化、阻燃性提升明显等诸多优点。

[0045] (4) 采用本发明制备的锂离子电池交流阻抗较低，倍率循环性能和安全性能得到明显提升。

## 附图说明

[0046] 图1为本发明实施例1中合成碳酸铝铵的XRD分析图；

[0047] 图2为本发明实施例1中合成碳酸铝铵的TG分析图；

[0048] 图3为本发明中实施例4的锂离子电池结构示意图；

[0049] 图4为本发明中实施例4的锂离子电池在80%SOC下热失控测试图；

[0050] 图5为本发明中实施例5的锂离子电池在80%SOC下热失控测试图；

[0051] 图6为本发明中实施例6的锂离子电池在80%SOC下热失控测试图；

[0052] 图7为本发明中实施例7的锂离子电池在80%SOC下热失控测试图；

[0053] 图8为对比例1的锂离子电池在80%SOC下热失控测试图。

[0054] 1-电池壳,2-正极,3-负极,4-隔膜基膜,5-阻燃材料涂层,6-电解液。

## 具体实施方式

[0055] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，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，都属于本发明保护的范围。

[0056] 实施例1：

[0057] 一种碳酸铝铵( $\text{NH}_4\text{Al}(\text{OH})\text{CO}_3$ )的合成方法，包括以下步骤：

[0058] (1) 将配置好的100mL浓度为3mol/L的碳酸氢铵溶液置于圆底烧瓶中，600r/min持续搅拌，向圆底烧瓶中加入2g分子量为2000的聚乙二醇，得到混合溶液；

[0059] (2) 用配置好的250mL浓度为0.2mol/L的硫酸铝铵溶液滴加到步骤(1)混合溶液后，600r/min持续搅拌30min，静置陈化12h；所述滴加的速率为60滴/min；

[0060] (3) 将步骤(2)的产物先用无水乙醇清洗3次、再用超纯水清洗3次，然后移至真空干燥50℃干燥12h，获得碳酸铝铵。

[0061] 图1为本发明实施例1中合成碳酸铝铵的XRD分析图；从图1中可以看出，制得的碳

酸铝铵具有较高的纯度,在XRD中未观测到杂峰;

[0062] 图2为本发明实施例1中合成碳酸铝铵的TG分析图;从图2中可以看出,制得的碳酸铝铵的热重分析与理论值十分接近。

[0063] 实施例2:

[0064] 一种碳酸铝铵( $\text{NH}_4\text{AlO}(\text{OH})\text{CO}_3$ )的合成方法,包括以下步骤:

[0065] (1)将配置好的100mL浓度为4.5mol/L的碳酸氢铵溶液置于圆底烧瓶中,300r/min持续搅拌,向圆底烧瓶中加入5g分子量为1000的聚乙二醇,得到混合溶液;

[0066] (2)用配置好的250mL浓度为0.3mol/L的硫酸铝铵溶液滴加到步骤(1)混合溶液中后,300r/min持续搅拌45min,静置陈化6h;所述滴加的速率为20滴/min;

[0067] (3)将步骤(2)的产物先用无水乙醇清洗2次、再用超纯水清洗2次,然后移至真空干燥40°C干燥24h,获得碳酸铝铵。

[0068] 实施例3:

[0069] 一种碳酸铝铵( $\text{NH}_4\text{AlO}(\text{OH})\text{CO}_3$ )的合成方法,包括以下步骤:

[0070] (1)将配置好的100mL浓度为1.5mol/L的碳酸氢铵溶液置于圆底烧瓶中,1200r/min持续搅拌,向圆底烧瓶中加入0.3g分子量为8000的聚乙二醇,得到混合溶液;

[0071] (2)用配置好的250mL浓度为0.1mol/L的硫酸铝铵溶液滴加到步骤(1)混合溶液中后,1200r/min持续搅拌25min,静置陈化36h;所述滴加的速率为120滴/min;

[0072] (3)将步骤(2)的产物先用无水乙醇清洗5次、再用超纯水清洗5次,然后移至真空干燥60°C干燥6h,获得碳酸铝铵。

[0073] 实施例4:

[0074] 一种阻燃材料涂布隔膜,包括隔膜基膜和阻燃材料涂层,阻燃材料涂层均匀覆盖在所述隔膜基膜的单面;隔膜基膜的材质为聚乙烯;阻燃材料涂层的成分组成包括:按重量计,90%实施例1的碳酸铝铵、9%聚偏氟乙烯和1%聚乙烯吡咯烷酮;隔膜基膜的涂层负载为 $0.5\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

[0075] 该实施例的阻燃材料涂布隔膜的制备方法,包括以下步骤:

[0076] S1:将0.25g聚乙烯吡咯烷酮分散到25g丙酮中,600r/min搅拌3h,制得备用浆料1;

[0077] S2:将2.25g聚偏氟乙烯溶于步骤(1)制得的浆料1中,600r/min搅拌3h,制得备用浆料2;

[0078] S3:将22.5g实施例1的碳酸铝铵分散到步骤(2)制得的浆料2中,600r/min搅拌12h,制得涂敷浆料;

[0079] S4:采用喷涂工艺,将步骤(3)制得的涂敷浆料均匀涂敷在隔膜基膜的单面,50°C烘干、收卷,获得阻燃材料涂布隔膜。

[0080] 一种含有上述阻燃材料涂布隔膜的锂离子电池,包括电池壳,电池壳内设有正极片、负极片、电解液以及正极片、负极片之间设置的上述阻燃材料涂布隔膜。

[0081] 图3为本发明中实施例4的锂离子电池结构示意图;从图3中可以看出,1-电池壳,2-正极,3-负极,4-隔膜基膜,5-阻燃材料涂层,6-电解液。

[0082] 实施例5:

[0083] 一种阻燃材料涂布隔膜,包括隔膜基膜和阻燃材料涂层,阻燃材料涂层均匀覆盖在所述隔膜基膜的单面;隔膜基膜的材质为聚乙烯;阻燃材料涂层的成分组成包括:按重量

计,80%实施例1的碳酸铝铵、10%聚偏氟乙烯和10%聚乙烯吡咯烷酮;隔膜基膜的涂层负载为 $1\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

[0084] 该实施例的阻燃材料涂布隔膜的制备方法,包括以下步骤:

[0085] S1:将2.5g聚乙烯吡咯烷酮分散到25g丙酮中,300r/min搅拌6h,制得备用浆料1;

[0086] S2:将2.5g聚偏氟乙烯溶于步骤(1)制得的浆料1中,300r/min搅拌6h,制得备用浆料2;

[0087] S3:将20g实施例1的碳酸铝铵分散到步骤(2)制得的浆料2中,300r/min搅拌24h,制得涂敷浆料;

[0088] S4:采用喷涂工艺,将步骤(3)制得的涂敷浆料均匀涂敷在隔膜基膜的单面,40℃烘干、收卷,获得阻燃材料涂布隔膜。

[0089] 一种含有上述阻燃材料涂布隔膜的锂离子电池,包括电池壳,电池壳内设有正极片、负极片、电解液以及正极片、负极片之间设置的上述阻燃材料涂布隔膜。

[0090] 实施例6:

[0091] 一种阻燃材料涂布隔膜,包括隔膜基膜和阻燃材料涂层,阻燃材料涂层均匀覆盖在所述隔膜基膜的单面;隔膜基膜的材质为聚乙烯;阻燃材料涂层的成分组成包括:按重量计,95%实施例1的碳酸铝铵和5%聚偏氟乙烯;隔膜基膜的涂层负载为 $2\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

[0092] 该实施例的阻燃材料涂布隔膜的制备方法,包括以下步骤:

[0093] S1:将25g丙酮,1200r/min搅拌0.5h,制得备用浆料1;

[0094] S2:将1.25g聚偏氟乙烯溶于步骤(1)制得的浆料1中,1200r/min搅拌0.5h,制得备用浆料2;

[0095] S3:将23.75g实施例1的碳酸铝铵分散到步骤(2)制得的浆料2中,1200r/min搅拌2h,制得涂敷浆料;

[0096] S4:采用喷涂工艺,将步骤(3)制得的涂敷浆料均匀涂敷在隔膜基膜的单面,60℃烘干、收卷,获得阻燃材料涂布隔膜。

[0097] 一种含有上述阻燃材料涂布隔膜的锂离子电池,包括电池壳,电池壳内设有正极片、负极片、电解液以及正极片、负极片之间设置的上述阻燃材料涂布隔膜。

[0098] 实施例7:

[0099] 一种阻燃材料涂布隔膜,包括隔膜基膜和阻燃材料涂层,阻燃材料涂层均匀覆盖在所述隔膜基膜的单面;隔膜基膜的材质为聚乙烯;阻燃材料涂层的成分组成包括:按重量计,85%实施例1的碳酸铝铵和15%聚偏氟乙烯;隔膜基膜的涂层负载为 $3\text{mg}/\text{cm}^2$

[0100] 该实施例的阻燃材料涂布隔膜的制备方法,包括以下步骤:

[0101] S1:将25g丙酮中,300r/min搅拌6h,制得备用浆料1;

[0102] S2:将3.75g聚偏氟乙烯溶于步骤(1)制得的浆料1中,300r/min搅拌6h,制得备用浆料2;

[0103] S3:将21.25g实施例1的碳酸铝铵分散到步骤(2)制得的浆料2中,300r/min搅拌24h,制得涂敷浆料;

[0104] S4:采用喷涂工艺,将步骤(3)制得的涂敷浆料均匀涂敷在隔膜基膜的单面,45℃烘干、收卷,获得阻燃材料涂布隔膜。

[0105] 一种含有上述阻燃材料涂布隔膜的锂离子电池,包括电池壳,电池壳内设有正极

片、负极片、电解液以及正极片、负极片之间设置的上述阻燃材料涂布隔膜。

[0106] 实施例8:

[0107] 本实施例与实施例4的区别在于:将隔膜基膜的材质聚乙烯改为聚丙烯,其他步骤与实施例4相同。

[0108] 实施例9:

[0109] 本实施例与实施例4的区别在于:将隔膜基膜的材质聚乙烯改为聚丙烯和聚偏氟乙烯的混合物,其他步骤与实施例4相同。

[0110] 实施例10:

[0111] 本实施例与实施例4的区别在于:将隔膜基膜的材质聚乙烯改为聚丙烯腈和聚环氧乙烷的混合物,其他步骤与实施例4相同。

[0112] 实施例11:

[0113] 本实施例与实施例4的区别在于:将隔膜基膜的材质聚乙烯改为聚乙烯、聚丙烯腈和聚偏氟乙烯的混合物,其他步骤与实施例4相同。

[0114] 实施例12:

[0115] 本实施例与实施例4的区别在于:将分散剂聚乙烯吡咯烷酮改为聚乙烯醇,其他步骤与实施例4相同。

[0116] 实施例13:

[0117] 本实施例与实施例4的区别在于:将分散剂聚乙烯吡咯烷酮改为聚乙二醇辛基苯基醚,其他步骤与实施例4相同。

[0118] 实施例14:

[0119] 本实施例与实施例4的区别在于:将分散剂聚乙烯吡咯烷酮改为聚乙二醇和聚偏氟乙烯的混合物,其他步骤与实施例4相同。

[0120] 实施例15:

[0121] 本实施例与实施例4的区别在于:将分散剂聚乙烯吡咯烷酮改为聚乙烯吡咯烷酮、聚乙二醇辛基苯基醚和烷基酚环氧乙烷缩合物乳化剂的混合物,其他步骤与实施例4相同。

[0122] 实施例16:

[0123] 本实施例与实施例4的区别在于:将粘结剂聚偏氟乙烯改为聚丙烯腈,其他步骤与实施例4相同。

[0124] 实施例17:

[0125] 本实施例与实施例4的区别在于:将粘结剂聚偏氟乙烯改为聚丙烯,其他步骤与实施例4相同。

[0126] 实施例18:

[0127] 本实施例与实施例4的区别在于:将粘结剂聚偏氟乙烯改为聚乙烯和聚丙烯的混合物,其他步骤与实施例4相同。

[0128] 实施例19:

[0129] 本实施例与实施例4的区别在于:将粘结剂聚偏氟乙烯改为聚乙烯、聚丙烯和聚丙烯腈的混合物,其他步骤与实施例4相同。

[0130] 实施例20:

[0131] 本实施例与实施例4的区别在于:将溶剂丙酮改为NMP,其他步骤与实施例4相同。

[0132] 实施例21:

[0133] 本实施例与实施例4的区别在于:将溶剂丙酮改为DMF,其他步骤与实施例4相同。

[0134] 实施例22:

[0135] 本实施例与实施例4的区别在于:将溶剂丙酮改为乙醇和DMF的混合物,其他步骤与实施例4相同。

[0136] 实施例23:

[0137] 本实施例与实施例4的区别在于:将溶剂丙酮改为丙酮、DMF和DMSO的混合物,其他步骤与实施例4相同。

[0138] 实施例24:

[0139] 本实施例与实施例7的区别在于:将85%实施例1的碳酸铝铵和15%聚偏氟乙烯改为60%实施例1的碳酸铝铵和40%聚偏氟乙烯;将21.25g实施例1的碳酸铝铵、3.75g聚偏氟乙烯改为15g实施例1的碳酸铝铵、10g聚偏氟乙烯,其他步骤与实施例7相同。

[0140] 实施例25:

[0141] 本实施例与实施例4的区别在于:将隔膜基膜的涂层负载为 $0.5\text{mg}/\text{cm}^2$ 改为隔膜基膜的涂层负载为 $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$ 其他步骤与实施例4相同。

[0142] 实施例26:

[0143] 本实施例与实施例4的区别在于:将隔膜基膜的涂层负载为 $0.5\text{mg}/\text{cm}^2$ 改为隔膜基膜的涂层负载为 $20\text{mg}/\text{cm}^2$ 其他步骤与实施例4相同。

[0144] 对比例1:

[0145] 采用商业化氧化铝涂布聚乙烯隔膜按图3组装锂离子电池,包括电池壳,壳内设有正极片、负极片、电解液以及正极片、负极片之间设置的商业化氧化铝涂布聚乙烯隔膜。

[0146] 对实施例4-7和对比例1制得的锂离子电池的性能进行检测,检测结果如下表1-3所示:

[0147] 表1电池交流阻抗

组别	交流阻抗 ( $\text{m}\Omega$ )
实施例4	100
实施例5	98
实施例6	95
实施例7	90
对比例1	190

[0149] 表2不同充放电倍率下的电池容量保持率

组别	1/3C (%) 循环 400 圈	1C (%) 循环 500 圈

[0151]	实施例 4	90	87
	实施例 5	90	87
	实施例 6	91	87
	实施例 7	91	88
	对比例 1	90	84

[0152] 表3不同SOC下的电池热失控表现

组别	60%SOC	80%SOC
实施例 4	不燃烧	不燃烧、伴随大量浓烟、最高温度为 515℃
实施例 5	不燃烧	不燃烧、伴随大量浓烟、最高温度为 502℃
实施例 6	不燃烧	不燃烧、伴随大量浓烟、最高温度为 489℃
实施例 7	不燃烧	不燃烧、伴随大量浓烟、最高温度为 456℃
对比例 1	不燃烧	燃烧、火势较大、最高温度为 668℃

[0154] 从表1可以看出,采用本发明中阻燃材料涂布隔膜制作的锂离子电池交流阻抗相较于商业化氧化铝涂布隔膜将近缩小一倍,说明本发明中阻燃材料涂布隔膜具有更好的电解液浸润性,有利于提升电池倍率性能。

[0155] 从表2可以看出,采用本发明中阻燃材料涂布隔膜制作的锂离子电池与采用商业化氧化铝涂布隔膜在1/3C倍率下循环400圈后,容量保持率基本一致,均为90%左右;在1C倍率下循环500圈后,容量保持率有所提升,说明采用本发明中阻燃材料涂布隔膜有利于提升电池倍率循环性能。

[0156] 从表3可以看出,在60%SOC下进行热失控测试,采用本发明的阻燃材料涂布隔膜制作的锂离子电池与采用商业化氧化铝涂布隔膜均未发生热失控行为;在80%SOC下进行热失控测试,采用本发明中阻燃材料涂布隔膜制作的锂离子电池未发生热失控行为,具体表现为不燃烧、伴随大量浓烟明显(如图4-7所示)、最高温度均低于515℃,而采用商业化氧化铝涂布隔膜制作的锂离子电池则发生热失控行为,具体表现为燃烧、火势较大(如图8所示)、最高温度为668℃;说明本发明中阻燃材料涂布隔膜具有良好的阻燃效果,能够大幅提升锂离子电池的安全性能。

[0157] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

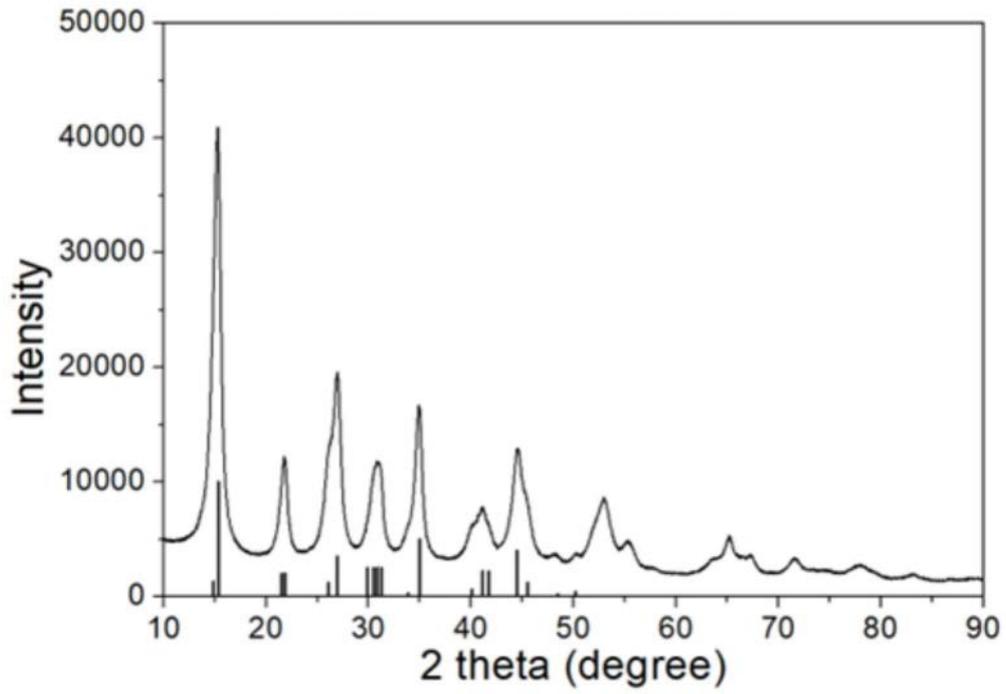


图1

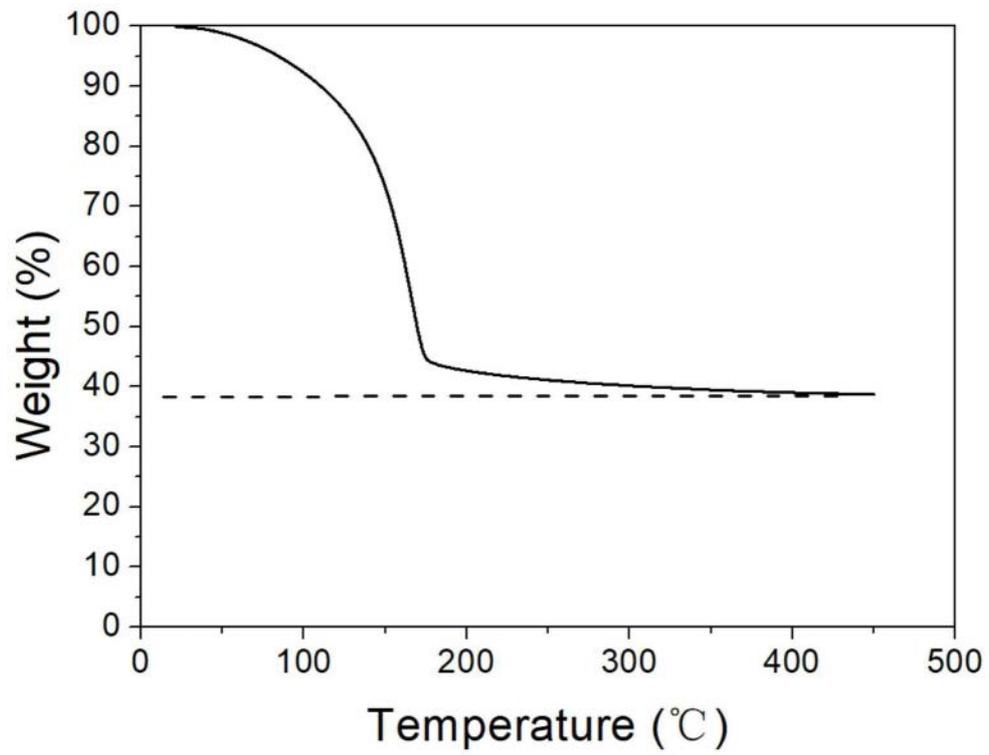


图2

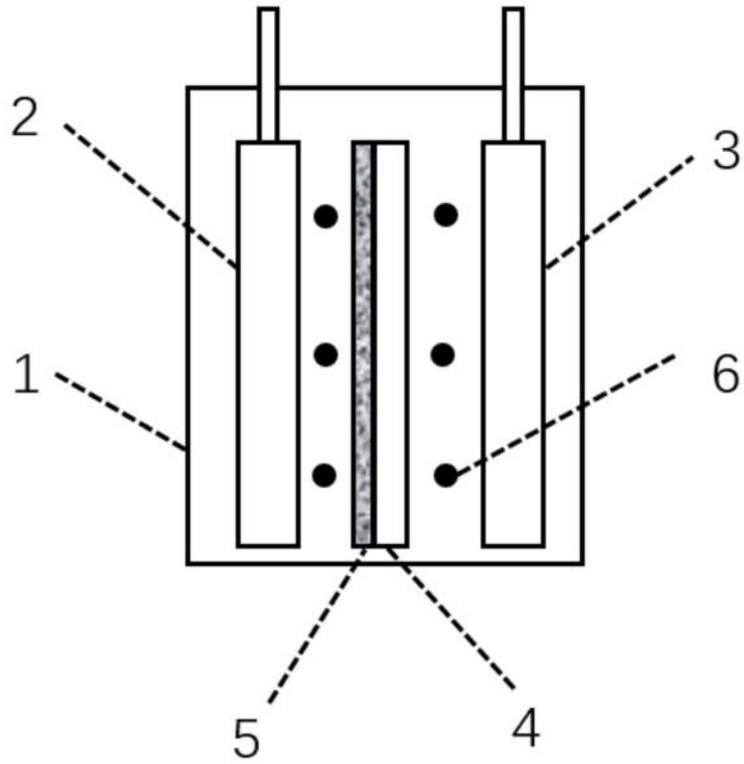


图3



图4



图5



图6



图7



图8