



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106207058 A

(43)申请公布日 2016.12.07

(21)申请号 201610664142.7

(22)申请日 2016.08.12

(71)申请人 东莞新能源科技有限公司

地址 523808 广东省东莞市松山湖科技产  
业园区

(72)发明人 张新枝 张磊 易建建 陶兴华  
张盛武

(74)专利代理机构 北京汇思诚业知识产权代理  
有限公司 11444

代理人 王刚 龚敏

(51)Int.Cl.

H01M 2/16(2006.01)

H01M 2/18(2006.01)

权利要求书1页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种非水系二次电池用隔膜

(57)摘要

本申请涉及锂离子电池领域,具体讲,涉及一种非水系二次电池用隔膜。本申请的非水系二次电池用隔膜包括隔膜基材和附着于基材表面上的涂层,涂层的表层包括粘接区和电解液扩散区。本申请的种非水系二次电池用隔膜,可以提高隔膜与电极的粘接力,同时经过电池工艺制造过程后,仍然可以保持孔结构,利于电解液扩散传导,降低极化阻抗。

1. 一种非水系二次电池用隔膜,包括隔膜基材和附着于所述基材表面上的涂层,其特征在于,所述涂层的表层包括粘接区和电解液扩散区,所述粘接区中孔的面积占所述粘接区总面积的百分比为0~20%,所述电解液扩散区中孔的面积占所述电解液扩散区总面积的百分比为50~90%。

2. 根据权利要求1所述的非水系二次电池用隔膜,其特征在于,所述粘接区的孔径小于等于100nm,所述电解液扩散区的孔径为0.3~3 $\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求1所述的非水系二次电池用隔膜,其特征在于,所述粘接区的面积占所述隔膜总面积的25%~30%。

4. 根据权利要求1所述的非水系二次电池用隔膜,其特征在于,所述涂层中含有粘结剂和陶瓷材料颗粒,所述陶瓷材料颗粒中所含的化合物为含有极性基团的化合物;所述极性基团优选为氢氧根。

5. 根据权利要求4所述的非水系二次电池用隔膜,其特征在于,所述陶瓷材料颗粒的形状为多面体或球形。

6. 根据权利要求4所述的非水系二次电池用隔膜,其特征在于,所述陶瓷材料颗粒选自勃姆石、三氧化二铝粉末、氢氧化镁粉末。

7. 根据权利要求4所述的非水系二次电池用隔膜,其特征在于,所述涂层中陶瓷材料颗粒与粘结剂质量比为0.5~4:1,优选1.2~3:1。

8. 根据权利要求4所述的非水系二次电池用隔膜,其特征在于,所述涂层的湿膜厚度与陶瓷材料颗粒的中值粒径之比为1:0.5~1.5,优选为1:0.7~1.1。

9. 根据权利要求4所述的非水系二次电池用隔膜,其特征在于,所述陶瓷材料颗粒的中值粒径为1.0~2.5 $\mu\text{m}$ ,优选1.5 $\mu\text{m}$ 。

10. 根据权利要求1所述的非水系二次电池用隔膜,其特征在于,所述粘接区的最小面积为2.25 $\mu\text{m}^2$ ,所述电解液扩散区的最小面积为2.25 $\mu\text{m}^2$ 。

## 一种非水系二次电池用隔膜

### 技术领域

[0001] 本申请涉及锂离子电池领域,具体讲,涉及一种非水系二次电池用隔膜。

### 背景技术

[0002] 非水系二次电池特别是锂离子二次电池以其能量密度高倍率性能好等特性,广泛应用于笔记本电脑、数码相机、摄像机和手机等便携电子设备供电。近些年来锂离子二次电池作为新能源汽车供电电源,也在广泛发展中。近些年为了进一步提高能量密度,采用了铝复合软包电池。然而在循环过程中,随着充放电进行,电极与隔离膜之间会形成间隙,导致循环容量减少影响寿命。因此如何解决隔离膜和电极之间间隙问题是锂离子二次电池进步的关键之一。

[0003] 其中一个解决该问题的方案是在聚烯烃微多孔隔离膜上,使用聚偏氟乙烯(PVDF)树脂构成粘接性多孔层。在二次电池制作过程中,电极与隔离膜卷绕后进行注入电解液封装,然后进行热压,利用PVDF树脂层粘接电极与隔离膜,解决循环产生间隙的问题。已有技术采用通过对PVDF聚合物的结晶度控制,提高涂层的孔隙率,从而增加电解液的在涂层的扩散能力。也有采用多孔氧化铝陶瓷填料本身的孔隙以增加聚合物涂层的孔隙率的技术公开。然而,已有技术中所公开的方法,制作的涂层的孔隙孔径都较小,其孔径一般为50~200nm。在电池的制造过程中,涂层需要经过电解液浸泡,以及化成过程中的高温高压过程。在这些过程中,PVDF会发生溶胀,从而导致涂层的孔被堵死,发生涂层的孔结构崩塌。

[0004] 另外,为了提高涂层的粘接力,通常会选择粘结性较高的PVDF。然而高粘接性的PVDF通常也表现出很高的溶胀能力。因此需要提供一种涂层既能保证高粘接性,也要保持经过电池制作过程中不会发生孔结构崩塌。

[0005] 针对现有技术中存在的缺陷,特提出本申请。

### 发明内容

[0006] 本申请的发明目的在于提出一种非水系二次电池用隔膜。

[0007] 为了完成本申请的发明目的,采用的技术方案为:

[0008] 本申请涉及一种非水系二次电池用隔膜,包括隔膜基材和附着于所述基材表面上的涂层,其特征在于,所述涂层的表层包括粘接区和电解液扩散区,所述粘接区中孔的面积占所述粘接区总面积的百分比为0~20%,所述电解液扩散区中孔的面积占所述电解液扩散区总面积的百分比为50~90%。

[0009] 优选的,所述粘接区的孔径小于等于100nm,所述电解液扩散区的孔径为0.3~3 $\mu$ m。

[0010] 优选的,所述粘接区的面积占所述隔膜总面积的25%~30%。

[0011] 优选的,所述涂层中含有粘结剂和陶瓷材料颗粒,所述陶瓷材料颗粒中所含的化合物为含有极性基团的化合物;所述极性基团优选为氢氧根。

[0012] 优选的,所述陶瓷材料颗粒的形状为多面体或球形。

- [0013] 优选的,所述陶瓷材料颗粒选自勃姆石、三氧化二铝粉末、氢氧化镁粉末。
- [0014] 优选的,所述涂层中陶瓷材料颗粒与粘结剂质量比为0.5~4:1,优选1.2~3:1。
- [0015] 优选的,所述涂层的湿膜厚度与陶瓷材料颗粒的中值粒径之比为1:0.5~1.5,优选为1:0.7~1.1。
- [0016] 优选的,所述陶瓷材料颗粒的中值粒径为1.0~2.5 $\mu\text{m}$ ,优选1.5 $\mu\text{m}$ 。
- [0017] 优选的,所述粘结区的最小面积为2.25 $\mu\text{m}^2$ ,所述电解液扩散区的最小面积为2.25 $\mu\text{m}^2$ 。
- [0018] 本申请所能达到的有益效果至少为:
- [0019] 本申请的非水系二次电池用隔膜,可以提高隔离膜与电极的粘接力,同时经过电池工艺制造过程后,仍然可以保持孔结构,利于电解液扩散传导,降低极化阻抗。

### 附图说明

- [0020] 图1为本申请隔膜的电镜照片(3000倍);
- [0021] 图2为本申请隔膜的电镜照片(5000倍);
- [0022] 图3为本申请经浸泡和热压后的隔膜的电镜照片(2000倍);
- [0023] 图4为本申请经浸泡和热压后的隔膜的电镜照片(10000倍);
- [0024] 其中,N表示粘结区,C表示电解液扩散区。
- [0025] 下面结合具体实施例,进一步阐述本申请。应理解,这些实施例仅用于说明本申请而并不用于限制本申请的范围。

### 具体实施方式

- [0026] 本申请提出一种非水系二次电池用隔膜,包括隔膜基材和附着于所述基材表面上的涂层,涂层的表层包括粘接区和电解液扩散区,粘结区中孔的面积占粘结区总面积的百分比为0~20%,电解液扩散区中孔的面积占电解液扩散区总面积的百分比为50~90%。
- [0027] 本申请中粘接区和电解液扩散区的定义方式为:将隔膜的SEM照片划分为 $n \times n$ 个单元,逐一测定每一单元中孔的面积(M1)占该单元面积(M2)的百分比, $M1/M2 \times 100\%$ 。将孔的面积占该单元面积百分比为0~20%的单元且位置上相连接而形成的区域定义为粘结区,将孔的面积占该单元面积百分比为50~90%的单元且位置上相连接而形成的区域定义为电解液扩散区。其中,每个区域的面积划分得越小,对隔膜的分析就越精确。在实际操作过程中,选用面积为5nm $\times$ 5nm可满足对隔膜进行功能区划分的要求。
- [0028] 粘结区的最小面积为2.25 $\mu\text{m}^2$ ,电解液扩散区的最小面积为2.25 $\mu\text{m}^2$ 。粘结区中孔的面积占粘结区总面积的百分比就将粘结区内孔的总面积除以粘结区总面积即得;电解液扩散区中孔的面积占电解液扩散区总面积就将电解液扩散区内孔的总面积除以电解液扩散区总面积即得。
- [0029] 作为本申请隔膜的一种改进,粘接区的孔径小于等于100nm,电解液扩散区的孔径为0.3~3 $\mu\text{m}$ 。
- [0030] 在本申请中粘结区是指具有与极片粘结功能的区域,其结构的主要特点为孔所占该区域面积小且孔径小,在后续电池工艺过程中,可以和电极形成有效的粘接,减少间隙形成。电解液扩散区是指具有电解液进行扩散的区域,其结构的主要特点为孔所占该区域面

积大且孔径大,从而可使电解液在隔膜中充分扩散。

[0031] 作为本申请隔膜的一种改进,粘接区的孔径小于等于80nm,电解液扩散区的孔径为1~3 $\mu\text{m}$ ;更优选的,粘接区的孔径小于等于70nm,电解液扩散区的孔径为1.5~3 $\mu\text{m}$ 。

[0032] 在本申请中,粘结区孔径的最小值为电子显微镜2000倍下可观测到的值,为50nm。

[0033] 本申请的隔膜的电镜照片如图1所示;由图1中照片中所形成的结构可以发现,涂层的表面形成孔所占面积较小的区域和孔所占面积较大的区域。根据对涂层表面结构中孔隙率和孔径的计算和统计,划分出粘结区与电解液扩散区,功能划分后的结构的示意图如图2所示。

[0034] 由于本申请中电解液扩散区的性质,即便在电池的制造过程中,涂层经电解液浸泡及化成过程中的高温高压过程后,涂层仍具有较高的孔隙率。经过电解液浸泡和热压等电池工艺后,将隔离膜拆解后,隔膜的扫描电镜照片如图3和图4所示。由图3中可发现,涂层仍具有一定的孔隙率,电解液扩散区的放大照片如图4所示。由图4可看出,电解液扩散区仍具有清晰的空隙,没有发生堵塞。

[0035] 作为本申请隔膜的一种改进,粘接区的面积占隔膜总面积的25%~30%。在本申请的隔膜中,主要起到与极片粘结的区域的面积为隔膜总面积的25%~30%时,可以起到良好的粘结效果。粘接区过小会导致隔膜与电极粘接差,界面粘接差,影响电池循环。粘接区过大会导致电解液扩散困难,增加电池极化,导致倍率差,也会影响电池循环。

[0036] 在本申请中:

[0037] 孔径的测试设备和测试方法为:用SEM显微镜对多孔涂层表面需要测量孔径的区域进行观察并保存图片。对于每一个孔测量图片中孔的横向方向孔径L1和纵向方向孔径L2,孔径的计算方式为 $(L1+L2)/2$ 。测量100个孔的孔径取平均值为所测区域孔径。

[0038] 粘结区占总区域的比测试设备和测试方法为:按本申请中的方法定义粘结区并将粘结区的面积相加得到粘结区面积N1,待测定隔膜的总面积为N2,粘接区的面积所占比例为 $N1/N2 \times 100\%$ 。

[0039] 作为本申请隔膜的一种改进,涂层中含有粘结剂和陶瓷材料颗粒;在本申请中,陶瓷材料是指用天然或合成化合物经过成形和高温烧结制成的一类无机非金属材料。

[0040] 本申请中的陶瓷材料颗粒中所含的化合物为含有极性基团的化合物;极性基团优选为氢氧根,粘结剂主要为pvdf。采用含有极性基团的陶瓷材料颗粒,使陶瓷材料颗粒的表面更容易与水性的非溶剂结合,有利于非溶剂沿着陶瓷材料颗粒表面扩散进入涂层,从而在陶瓷材料颗粒的附近形成大孔,促进大孔形成。

[0041] 作为本申请隔膜的一种改进,本申请的陶瓷材料颗粒的形状为多面体或球形,并优选四面体、长方体、八面体。本申请通过实验发现,采用具有棱角的多面体或具有立体构型的球形,相对于片状材料来讲在形成涂层的过程中,不易产生多层堆叠,阻碍非溶剂与溶剂的交换扩散。多面体的陶瓷材料颗粒相对与球形来讲,其更促进非溶剂扩散效果更强。

[0042] 作为本申请隔膜的一种改进,陶瓷材料颗粒选自勃姆石、三氧化二铝粉末、氢氧化镁粉末。

[0043] 作为本申请隔膜的一种改进,涂层中陶瓷材料与颗粒粘结剂质量比为0.5~4:1,优选1.2~3:1。在本申请的陶瓷颗粒含量下,可以促进非溶剂扩散,形成更好的溶剂非溶剂交换,从而形成大孔。如果陶瓷材料颗粒添加量过低,在成膜过程中,促进溶剂非溶剂交换

作用不足,难以形成大孔;如果陶瓷材料颗粒添加量过高,涂层附着力低,容易从隔离膜表面剥离,使涂层破坏。

[0044] 作为本申请隔膜的一种改进,涂层的湿膜厚度与陶瓷材料颗粒的中值粒径之比为0.5~1.5:1,优选0.7~1.1:1。如果涂层厚度过大,陶瓷材料颗粒不能有效的露出涂层表面,从而不能促进溶剂非溶剂交换,从而不能起到增强扩散的作用,难以形成大孔结构;涂层厚度过小,则陶瓷材料颗粒大部分暴露在涂层表面,容易剥离,使涂层破坏。

[0045] 作为本申请隔膜的一种改进,陶瓷材料颗粒的中值粒径为1.0~2.5 $\mu\text{m}$ ,优选1.5 $\mu\text{m}$ 。

[0046] 作为本申请隔膜的一种改进,隔离膜基材为聚烯烃。本申请的聚烯烃材料为常用的聚烯烃材料。

[0047] 本申请还涉及该锂离子电池隔膜的制备方法,至少包括以下步骤:将粘合剂与陶瓷材料颗粒添加到有机溶剂中制成涂布液,将涂布液涂布于基材上,然后浸入凝固液中,形成具有涂层的基材,涂层的湿膜厚度为1~3 $\mu\text{m}$ ,优选为1.4~2.2 $\mu\text{m}$ 。

[0048] 本申请采用相转换法原理制备隔膜的涂层,其中,所用的溶剂是油性的,PVDF可以溶于溶剂;非溶剂是水性的,PVDF不溶于非溶剂;且溶剂和非溶剂互溶。采用油性溶剂溶解PVDF后,与陶瓷混合,形成涂布液。将涂布液涂布在隔离膜上,将隔离膜浸入非溶剂中,发生溶剂和非溶剂交换,PVDF由于溶剂被萃取到非溶剂中,凝固析出,形成涂层。非溶剂和溶剂进行交换过程中形成孔结构。

[0049] 作为本申请制备方法的一种改进,溶剂选自NMP,非溶剂中含有去离子水。

[0050] 作为本申请制备方法的一种改进,涂布液中粘合剂与溶剂的质量为1:45~50。

[0051] 作为本申请制备方法的一种改进,涂布液和凝固液温度均为15~25 $^{\circ}\text{C}$ ,并优选20~25 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0052] 作为本申请制备方法的一种改进,将涂层/多孔基材从凝固液中取出后进行干燥,干燥的条件为在60~70 $^{\circ}\text{C}$ 条件下烘干30~40min。

[0053] 作为本申请制备方法的一种改进,将隔离膜浸入到非溶剂中的浸泡时间为10~60秒;优选20~50秒。

[0054] 在本申请的制备方法中,陶瓷材料颗粒的具体选择如前所述。

[0055] 实施例1

[0056] 一种非水系二次电池用隔膜,包括隔膜基材和附着于基材表面上的涂层,涂层的表层包括粘接区和电解液扩散区。

[0057] 本申请的隔膜的制备方法为:

[0058] 1、将ARKEN公司生产的PVDF系树脂KYNAR2851溶解于溶剂二甲基乙酰胺中制作涂布液,树脂的固含量为5%,树脂与溶剂的质量比为5:93;添加陶瓷颗粒材料,陶瓷颗粒材料的种类、粒径、含量等参数如表1所示;

[0059] 2、将涂布液采用OSB-17线棒涂布于多孔基材(TN0901:SK公司,9 $\mu\text{m}$ 厚度,孔隙率43%)上,形成涂布液涂层,涂层与陶瓷材料颗粒的比例如表1所示;

[0060] 3、将涂布液涂层/多孔基材浸入去离子水凝固液中,诱发相转化,使涂布液凝固。涂布液和凝固液温度均为25 $^{\circ}\text{C}$ 。进入凝固液中20s后,将涂层/多孔基材从凝固液中取出后于60 $^{\circ}\text{C}$ 条件下烘干40min。

[0061] 表1:

[0062]

隔膜编号	陶瓷种类	陶瓷: 粘结剂 w%	陶瓷粒径: 湿膜厚度	陶瓷粒径
1	勃姆石/长方体	0.5: 1	0.9: 1	2 $\mu$ m
2	勃姆石/长方体	1.2: 1	0.9: 1	2 $\mu$ m
3	勃姆石/长方体	2: 1	0.9: 1	2 $\mu$ m
4	勃姆石/长方体	3: 1	0.9: 1	2 $\mu$ m
5	勃姆石/长方体	4: 1	0.9: 1	2 $\mu$ m
6	三氧化二铝/球形	2: 1	0.5: 1	2 $\mu$ m
7	三氧化二铝/球形	2: 1	0.7: 1	2 $\mu$ m
8	三氧化二铝/球形	2: 1	0.9: 1	2 $\mu$ m
9	三氧化二铝/球形	2: 1	1.1: 1	2 $\mu$ m
10	三氧化二铝/球形	2: 1	1.5: 1	2 $\mu$ m
11	勃姆石/球形	2: 1	0.9: 1	2 $\mu$ m

[0063]

12	三氧化二铝/长方体	2: 1	0.9: 1	2 $\mu$ m
13	氢氧化镁/球形	2: 1	0.9: 1	2 $\mu$ m
14	勃姆石/长方体	2: 1	0.9: 1	1.5 $\mu$ m
15	三氧化二铝/球形	2: 1	0.9: 1	1.5 $\mu$ m

[0064] 将制备得到的隔膜通过扫描电镜照片测量并统计孔隙率和孔径,计算粘结区和电解液扩散区的面积,具体数据如表2所示。

[0065] 表2:

[0066]

隔膜编号	粘结区		扩散区		粘结区占总区域比例
	孔占该区总面积的百分比	孔径	孔占该区总面积的百分比	孔径	
1	2%	15nm	70%	2.0 $\mu$ m	30%
2	2%	25nm	80%	2.4 $\mu$ m	27%
3	5%	30nm	90%	3.0 $\mu$ m	25%
4	10%	70nm	85%	2.5 $\mu$ m	25%
5	20%	90nm	85%	2.5 $\mu$ m	25%
6	15%	100nm	65%	1.5 $\mu$ m	25%
7	10%	50nm	80%	2.0 $\mu$ m	25%
8	5%	30nm	90%	3.0 $\mu$ m	25%
9	3%	20nm	80%	2.5 $\mu$ m	27%
10	1%	20nm	50%	0.3 $\mu$ m	30%
11	3%	20nm	80%	2.0 $\mu$ m	27%
12	5%	30nm	90%	3.0 $\mu$ m	25%
13	5%	30nm	90%	3.0 $\mu$ m	25%
14	5%	30nm	90%	3.0 $\mu$ m	25%
15	5%	30nm	90%	3 $\mu$ m	25%

[0067] 同时,将上述隔膜采用以下方法制备成锂离子电池,并对锂离子电池的性能进行检测。

[0068] 1、锂离子二次电池的初始负极片的制备

[0069] 将负极活性物质石墨与 $\text{SiO}_x$ ( $0 < x < 2$ )的混合物(重量比1:1,石墨的克容量为340mAh/g、首次库伦效率为91%, $\text{SiO}_x$ ( $0 < x < 2$ )的克容量为1135mAh/g、首次库伦效率为58.4%)、粘接剂丁苯橡胶、导电剂导电碳黑SP(比表面积BET为 $62\text{m}^2/\text{g}$ )按质量比92:3:5与溶剂N-甲基吡咯烷酮(NMP)混合均匀制成负极浆料,之后按照 $121\text{mg}/1540\text{mm}^2$ 的涂覆重量将负极浆料均匀涂覆在多孔集流体铜箔的正反两面上,然后在 $85^\circ\text{C}$ 下烘干后形成负极膜片,且负极膜片的水含量不超过300ppm,然后进行冷压、切边、裁片、分条、焊接负极极耳,得到宽度为160mm的锂离子二次电池的初始负极片。

[0070] 2、锂离子二次电池的正极片的制备

[0071] 将正极活性物质钴酸锂( $\text{LiCoO}_2$ )、粘结剂聚偏氟乙烯(PVDF)、导电剂导电碳黑SP(比表面积BET为 $62\text{m}^2/\text{g}$ )按质量比97:1.5:1.5溶于溶剂N-甲基吡咯烷酮(NMP)中,搅拌均匀制成正极浆料,然后将正极浆料均匀涂布在正极集流体铝箔的正反两个表面上,之后在 $85^\circ\text{C}$ 下烘干后得到 $118\mu\text{m}$ 厚的正极膜片,之后经过冷压、切片、分条、焊接正极极耳,得到锂离子二次电池的正极片。



[0072] 3、锂离子二次电池的电解液的制备

[0073] 将锂盐LiPF<sub>6</sub>与非水有机溶剂(碳酸乙烯酯(EC):碳酸二乙酯(DEC):碳酸甲乙酯(EMC):碳酸亚乙烯酯(VC)=8:85:5:2,质量比)按质量比8:92配制而成的溶液作为锂离子二次电池的电解液。

[0074] 4.锂离子二次电池的制备

[0075] 将正极片、隔离膜(PE膜)以及富锂负极片卷绕后,得到裸电芯,之后经过封装、注入电解液、化成,抽气成型,得到锂离子二次电池。

[0076] 采用实施例中制作涂层的隔离膜制作锂离子电池,仅改变隔离膜,其他部分不做改变。

[0077] 检测方法:

[0078] 倍率性能测试方法:

[0079] 通过0.7C恒流充电至4.4V,静置10min,以0.2C恒流放电至3.0V,测量放出电量记为Q1。通过0.7C恒流充电至4.4V,静置10min,以2C恒流放电至3.0V,测量放出电量记为Q2。倍率性能测试结果为 $Q2/Q1 \times 100\%$ 。

[0080] 循环性能测试方法:

[0081] 通过0.7C恒流充电至4.4V,静置10min;以1C恒流放电至3.0V,静置10min,放出的电量记为Q3。以上步骤作为一个循环充放电,进行200次循环。第200次循环放出的电量记为Q4。循环性能测试结果为 $Q4/Q3 \times 100\%$ 。具体数据如表3所示。

[0082] 表3:

[0083]

隔膜编号	倍率性能	循环性能
1	70.1%	85.3%
2	84.2%	92.8%
3	88.0%	95.2%
4	78.6%	91.1%
5	69.7%	80.3%
6	77.1%	84.7%
7	83.6%	86.2%
8	86.4%	93.2%
9	80.2%	91.3%
10	70.7%	82.3%
11	87.0%	94.3%
12	87.2%	94.4%
13	86.4%	93.2%
14	88.0%	95.2%
15	86.4%	93.2%

[0084] 对比例:

[0085] 按照实施例1的方法制备隔膜,区别在于,隔膜中添加陶瓷颗粒材料,陶瓷颗粒材料的种类、粒径、含量等参数如表4所示;

[0086] 表4:

[0087]

隔膜编号	陶瓷种类	陶瓷:粘结剂重量比	陶瓷粒径:湿膜厚度	陶瓷粒径
D1	勃姆石/长方体	0.2:1	0.9:1	2 $\mu$ m
D2	勃姆石/长方体	5:1	0.9:1	2 $\mu$ m
D3	勃姆石/长方体	2:1	0.3:1	2 $\mu$ m
D4	勃姆石/长方体	2:1	2:1	2 $\mu$ m
D5	勃姆石/长方体	2:1	0.9:1	3 $\mu$ m
D6	勃姆石/长方体	2:1	0.9:1	0.2 $\mu$ m
D7	氢氧化镁/片状	2:1	0.9:1	2 $\mu$ m

[0088] 将上述隔膜采用本申请实施例1的方法制备成锂离子电池,进行粘结区和电解液扩散区的测量和性能的检测,在扫描电子显微镜下观察,具体形态测定结果如表5所示;同时按照实施例1的实验方法测定倍率性能和循环性能,具体实验结果如表6所示。

[0089] 表5:

[0090]

隔膜编号	粘结区		扩散区		粘结区占总区域比例
	孔占该区总面积的百分比	孔径	孔占该区总面积的百分比	孔径	
D1	1%	10nm	30%	0.2 $\mu$ m	60%
D2	无粘接区		95%	5 $\mu$ m	0%
D3	1%	15nm	40%	0.3 $\mu$ m	55%
D4	1%	15nm	45%	0.3 $\mu$ m	40%
D5	30%	150nm	90%	3 $\mu$ m	15%
D6	1%	10nm	无扩散区		100%
D7	2%	10nm	80%	2 $\mu$ m	25%

[0091] 表6

[0092]

隔膜编号	倍率性能	循环性能
D1	51.2%	68%

[0093]

D2	65.3%	74.5%
D3	56.4%	69.8%
D4	67.7%	77.3%
D5	62.7%	70.3%
D6	55.5%	66.0%
D7	77.7%	86.5%

[0094] 本申请虽然以较佳实施例公开如上,但并不是用来限定权利要求,任何本领域技术人员在不脱离本申请构思的前提下,都可以做出若干可能的变动和修改,因此本申请的保护范围应当以本申请权利要求所界定的范围为准。

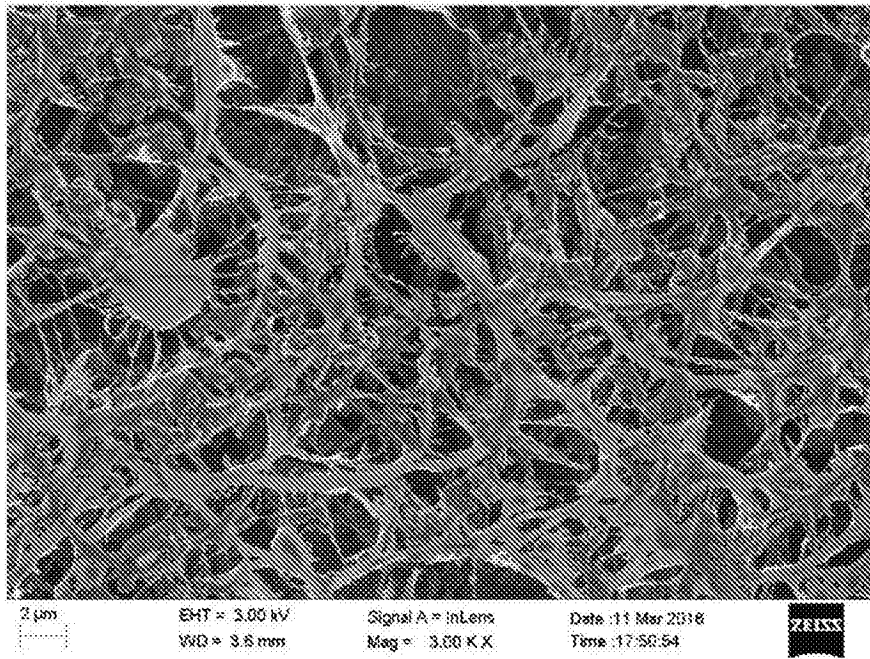


图1

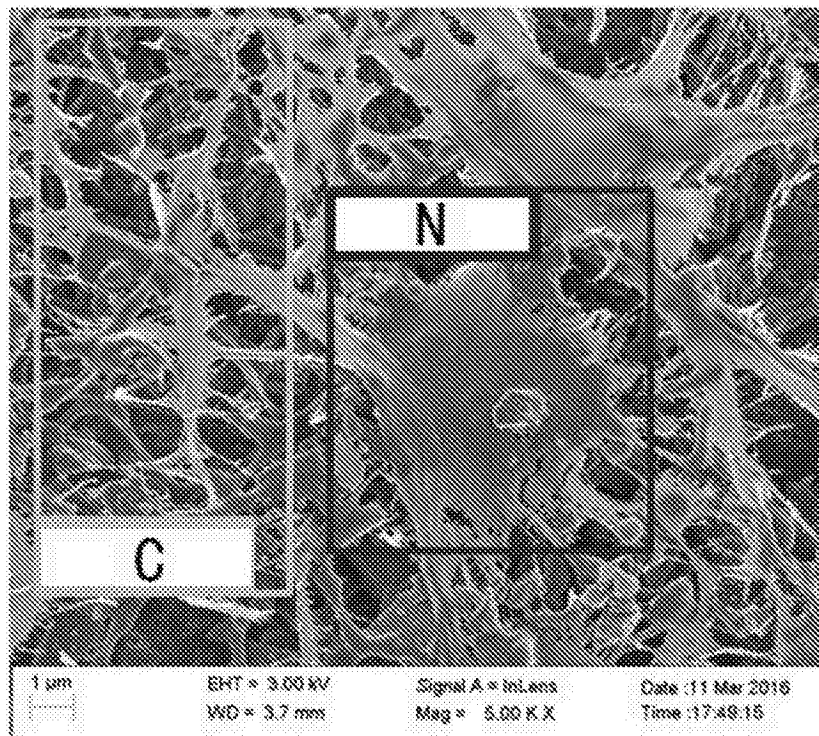


图2

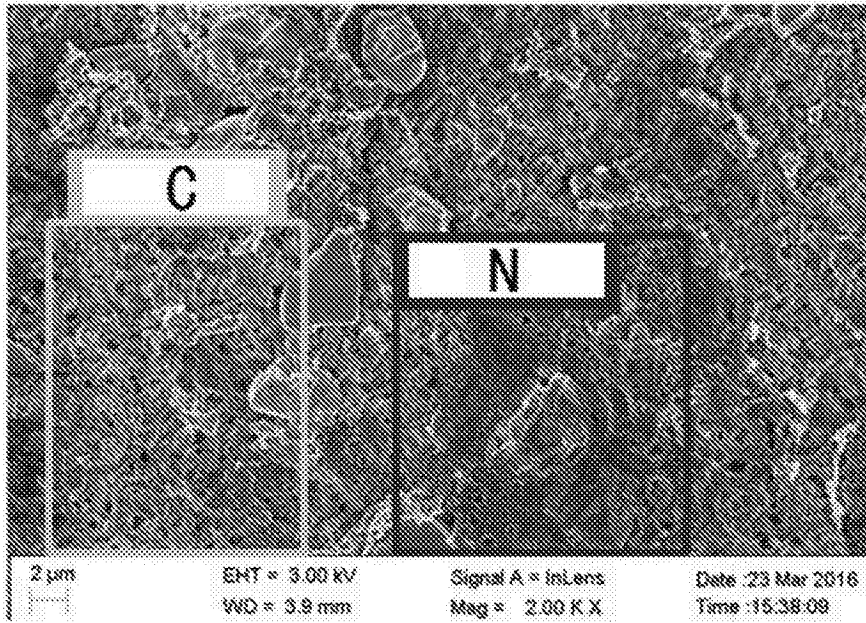


图3

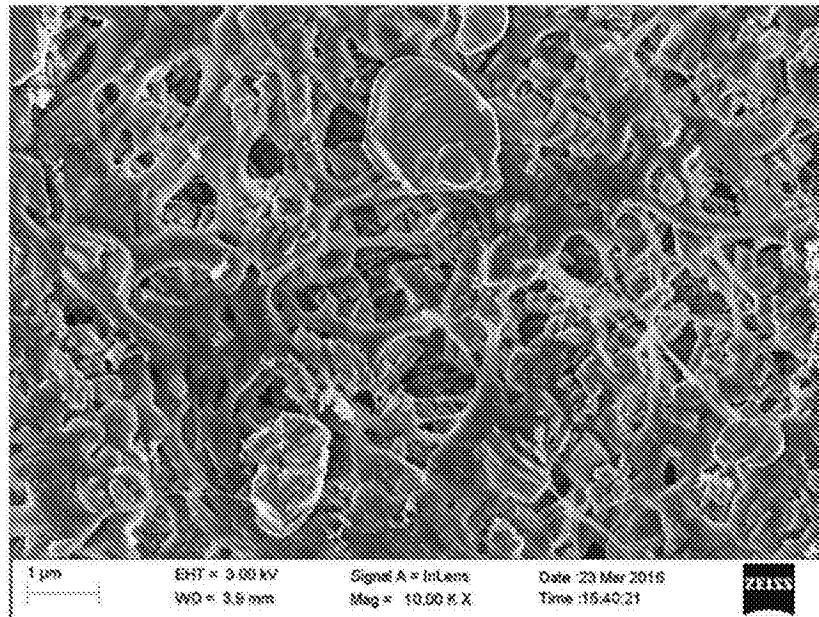


图4