



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116598583 A

(43) 申请公布日 2023.08.15

(21) 申请号 202310624304.4

H01M 50/403 (2021.01)

(22) 申请日 2023.05.30

H01M 50/489 (2021.01)

H01M 50/497 (2021.01)

(71) 申请人 沧州中孚新能源材料有限公司

地址 061000 河北省沧州市经济开发区靖
烨科技园3号楼402房间

(72) 发明人 张国峰 张国冲 张国福

(74) 专利代理机构 北京鑫瑞森知识产权代理有
限公司 11961

专利代理师 王前明

(51) Int. Cl.

H01M 10/0565 (2010.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

H01M 50/457 (2021.01)

H01M 50/451 (2021.01)

H01M 50/446 (2021.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图6页

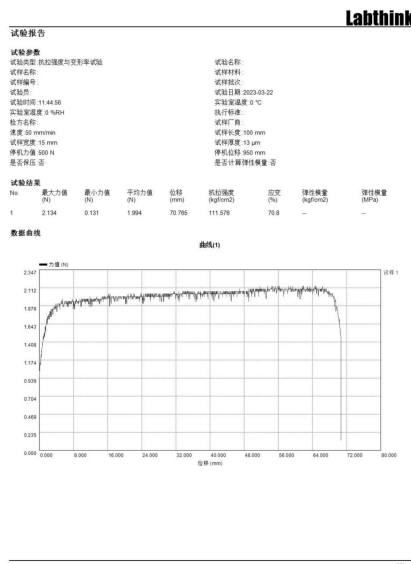
(54) 发明名称

一种改性凝胶电解质隔膜及其制备方法和应用

(57) 摘要

本发明提供了一种改性凝胶电解质隔膜及其制备方法和应用,属于新型电池隔膜材料技术领域。本发明中的改性凝胶电解质隔膜由包括以下重量分数原料的改性浆料浸润后制成:纳米功能性材料:2%-12%;高分子聚合物:2%-1%;分散剂:5%-2%;粘结剂:5%-3%;有机溶剂:85%-97%;所述纳米功能性材料为二氧化硅;所述高分子聚合物为聚氧化乙烯;所述分散剂为改性高分子嵌段共聚物;所述粘结剂为以NMP为溶剂的丙烯酸系粘结剂;所述有机溶剂为二氯甲烷。本发明中的改性凝胶电解质隔膜具有高温耐热性、阻燃性、高延展率,力学性能和电化学性能也都明显提升,在锂离子电池制备中具有广阔的应用前景。

CN 116598583 A



1. 一种改性凝胶电解质隔膜,其特征在于,由包括以下重量分数原料的改性浆料浸润后制成:

纳米功能性材料: 2%-12%;

高分子聚合物: 2‰-1‰;

分散剂: 5‰-2‰;

粘结剂: 5‰-3‰;

有机溶剂: 85%-97%;

所述纳米功能性材料为二氧化硅;所述高分子聚合物为聚氧化乙烯;所述分散剂为改性高分子嵌段共聚物;所述粘结剂为丙烯酸系粘结剂;所述有机溶剂为二氯甲烷。

2. 用于制备权利要求1所述的改性凝胶电解质隔膜的改性浆料,其特征在于,包括以下重量分数的原料:

纳米功能性材料: 2%-12%;

高分子聚合物: 2‰-1‰;

分散剂: 5‰-2‰;

粘结剂: 5‰-3‰;

有机溶剂: 85%-97%;

所述纳米功能性材料为二氧化硅;所述高分子聚合物为聚氧化乙烯;所述分散剂为改性高分子嵌段共聚物;所述粘结剂为丙烯酸系粘结剂;所述有机溶剂为二氯甲烷。

3. 权利要求1所述的改性凝胶电解质隔膜的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 按配方将纳米功能性材料、分散剂和75-90%的有机溶剂加入至搅拌罐中至少搅拌30min,制得浆1;

(2) 按配方将高分子聚合物、粘结剂和剩余有机溶剂加入至搅拌罐中至少搅拌30min,制得浆2;

(3) 将浆1和浆2加入搅拌罐中至少搅拌10min,然后使搅拌罐内的物料与球磨机同时工作,对浆料同时进行搅拌与研磨,搅拌研磨完成后将浆料降温至15-30℃,即制得所述改性浆料;

(4) 将凝胶电解质隔膜浸润到所述改性浆料中,超声波启动将改性浆料均匀分布于凝胶电解质隔膜的孔道与表面,然后烘干,即制成所述改性凝胶电解质隔膜。

4. 根据权利要求3所述的制备方法,其特征在于,所述搅拌罐的主搅拌转速为50-200r/min,剪切搅拌速度 ≥ 500 r/min,搅拌温度为5-45℃。

5. 根据权利要求4所述制备方法,其特征在于,所述搅拌罐的搅拌温度20-45℃。

6. 根据权利要求5所述制备方法,其特征在于,所述球磨机的温度为20-40℃,球磨速度 ≥ 1500 r/min。

7. 根据权利要求6所述制备方法,其特征在于,所述步骤(3)中保证在球磨机内全循环至少5次。

8. 根据权利要求7所述制备方法,其特征在于,搅拌研磨完成后将浆料降温至15-25℃。

9. 根据权利要求8所述制备方法,其特征在于,所述步骤(4)中的烘干温度为20~120℃。

10. 权利要求1所述的改性凝胶电解质隔膜、权利要求2所述的改性浆料和/或使用权利要求3~9任一所述的制备方法制成的改性凝胶电解质隔膜在电池制备中的应用。

一种改性凝胶电解质隔膜及其制备方法和应用

技术领域

[0001] 本发明属于新型电池隔膜材料技术领域,尤其涉及一种改性凝胶电解质隔膜及其制备方法和应用。

背景技术

[0002] 随着全球经济的不断发展,人民生活水平的不断提高,能源和环境问题也日益突出。作为能量储存的载体,二次锂离子电池由于其能量密度高、循环寿命长、自放电效应小、对环境友好等优势已经广泛应用在移动电话、数码便携产品、电动汽车等诸多领域。作为锂离子电池的重要组成部分,电解质在电池中起着传导锂离子的重要作用。然而,目前商用锂离子电池的电解液普遍采用极易燃烧的碳酸酯类有机溶剂,其泄露和燃烧的风险导致了锂离子电池存在巨大的安全隐患,手机和电动车燃烧起火事故也频繁发生。为了避免电解液的泄漏科研人员研究开发了凝胶聚合物电解质。

[0003] 凝胶聚合物电解质是一种介于全固体聚合物电解质和液态电解质之间的新型功能高分子材料,电化学性能分为氧化物和硫化物稳定,能够以隔膜和电解质材料的形式应用于锂离子电池。但是现有的凝胶聚合物电解质的室温电导率较低,为了提高其室温电导率需要向凝胶聚合物电解质中添加无机填料形成复合电解质体系。无机填料可以分为惰性填料和活性填料两类,常见惰性填料包括 Al_2O_3 、 SiO_2 或 TiO_2 ,惰性填料不直接参与离子传输的过程,而是增加自由 Li^+ 的数目以及促进 Li^+ 的快速传输,从而提高离子电导率。活性填料指的是无机固态电解质,其能直接参与离子传输,提供锂源,进一步提高离子电导率。

[0004] 添加常见惰性填料包括 Al_2O_3 、 SiO_2 、 TiO_2 、活性填料等进行共混,抑制凝胶电解的结晶度从而提升凝胶电解质离子电导率,以及离子迁移数,但结晶度的降低致使凝胶电解质隔膜脆化,力学性能不佳,难以生产。

发明内容

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种改性凝胶电解质隔膜及其制备方法和应用。本发明中的改性凝胶电解质隔膜由包括以下重量分数原料的改性浆料浸润后制成:纳米功能性材料:2%-12%;高分子聚合物:2%-1%;分散剂:5%-2%;粘结剂:5%-3%;有机溶剂:85%-97%;所述纳米功能性材料为二氧化硅;所述高分子聚合物为聚氧化乙烯;所述分散剂为改性高分子嵌段共聚物;所述粘结剂为以NMP为溶剂的丙烯酸系粘结剂;所述有机溶剂为二氯甲烷。本发明中的改性凝胶电解质隔膜具有高温耐热性、阻燃性、高延展率,力学性能和电化学性能也都明显提升,在锂离子电池制备中具有广阔的应用前景。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:

[0007] 本发明提供了一种改性凝胶电解质隔膜,由包括以下重量分数原料的改性浆料浸润后制成:

纳米功能性材料： 2%-12%；

高分子聚合物： 2‰-1%；

[0008] 分散剂： 5‰-2%；

粘结剂： 5‰ -3%；

有机溶剂： 85%-97%；

[0009] 所述纳米功能性材料为二氧化硅；所述高分子聚合物为聚氧化乙烯；所述分散剂为改性高分子嵌段共聚物；所述粘结剂为丙烯酸系粘结剂；所述有机溶剂为二氯甲烷。

[0010] 其中：惰性填料二氧化硅的粒径尺寸范围为20-600纳米，可配合商用锂电池体系选择不同粒径的二氧化硅作填料，纳米级二氧化硅在总质量中固含量2%-12%。

[0011] 高分子聚合物聚氧化乙烯(PEO)作为粘结剂和增稠剂使用，PEO可和许多锂盐发生络合，对锂盐溶解性好，而且PEO在高于其熔点(65℃)的温度时具有高锂离子导电率以及与电极材料间较小的界面阻抗。因此PEO可以被用作无液体固态电解质的基底以增加锂离子电导率和减少界面阻抗。不足之处是，PEO室温下结晶度高、离子电导率低，机械强度差，需要对其进行一定的改性提高离子电导率提高机械强度以及耐温性和电化学窗口，PEO的添加量为总质量的2‰-1%。

[0012] 分散剂选择改性高分子嵌段共聚物无挥发液体的材料，其目的为分散惰性填料在体液中均匀分布、不沉淀、不团聚，使其浆料稳定，分散添加量根据二氧化硅的固含量而定，在凝胶电解质体系中，分散剂的添加量为总质量的5‰-2%。

[0013] 粘结剂以丙烯酸系的粘结剂为主，该类粘结剂具有较高的耐温性及电化学窗口，和聚合物PEO混合后，可提高PEO的耐温性以及电化学窗口。但因丙烯酸系粘结剂中含有NMP溶剂，所以不宜大量添加到凝胶电解质隔膜改性浆料当中，过量添加会溶解凝胶聚合物基体，并且会增加电池体系的电阻，同时也会影响凝胶聚合物电解质的离子迁移数以及电导率。因此该类粘结剂的添加量占比总质量为5‰-3%。

[0014] 有机溶剂应选二氯甲烷，因为二氯甲烷对凝胶聚合物电解质隔膜具有较小的溶胀，具有不易燃、不溶胀等特性，二氯甲烷占比整体系总质量85%-97%。

[0015] 本发明还提供了一种用于制备所述改性凝胶电解质隔膜的改性浆料，包括以下重量分数的原料：

纳米功能性材料： 2%-12%；

高分子聚合物： 2‰-1%；

[0016] 分散剂： 5‰-2%；

粘结剂： 5‰ -3%；

有机溶剂： 85%-97%；

[0017] 所述纳米功能性材料为二氧化硅；所述高分子聚合物为聚氧化乙烯；所述分散剂为改性高分子嵌段共聚物；所述粘结剂为丙烯酸系粘结剂；所述有机溶剂为二氯甲烷。

[0018] 本发明还提供了一种所述改性凝胶电解质隔膜的制备方法，包括以下步骤：

[0019] (1)按配方将纳米功能性材料、分散剂和75-90%的有机溶剂加入至搅拌罐中至少

搅拌30min,制得浆1;

[0020] (2)按配方将高分子聚合物、粘结剂和剩余有机溶剂加入至搅拌罐中至少搅拌30min,制得浆2;

[0021] (3)将浆1和浆2加入搅拌罐中至少搅拌10min,然后使搅拌罐内的物料与球磨机同时工作,对浆料同时进行搅拌与研磨,搅拌研磨完成后对浆料降温至15-30℃,即制得所述改性浆料;

[0022] (4)将凝胶电解质隔膜浸润到所述改性浆料中,超声波启动将改性浆料均匀分布于凝胶电解质隔膜的孔道与表面,然后烘干,即制成所述改性凝胶电解质隔膜。

[0023] 优选的,所述搅拌罐的主搅拌转速为50-200r/min,剪切搅拌速度 \geq 500r/min,搅拌温度为5-45℃。

[0024] 优选的,所述搅拌罐的搅拌温度20-45℃。

[0025] 优选的,所述球磨机的温度为20-40℃,球磨速度 \geq 1500r/min。

[0026] 优选的,所述步骤(3)中保证在球磨机内全循环至少5次。

[0027] 优选的,搅拌研磨完成后对浆料降温至15-25℃。

[0028] 优选的,所述步骤(4)中的烘干温度为20~120℃。

[0029] 本发明还提供了一种所述改性凝胶电解质隔膜、所述改性浆料和/或使用所述制备方法制成的改性凝胶电解质隔膜在电池制备中的应用。

[0030] 与现有技术相比,本发明具有如下技术效果:

[0031] 本发明中纳米级别的二氧化硅具有较高的耐温性,较高的比表面积,较高的电化学窗口,可抑制凝胶电解质的结晶度,增加凝胶聚合物电解质的吸液率,同时纳米级颗粒还能有效阻挡阴离子的迁移,增加锂离子的迁移数,从而提升电化学性能,以及凝胶电解质的力学性能,但不足之处在于需要粘结剂的引入。本领域公知任何粘结剂的引入势必增加电池电阻,所以此时需要降低粘结剂的电阻。PEO的优点在PEO可和许多锂盐发生络合,对锂盐溶解性好,而且PEO在引入电解液后锂离子导电率可以得到有效的提升。但是PEO易结晶,耐温性较差,并且电化学窗口较低,很难应用到高能量密度的电池体系里面,因此需要对其进行改性。二氧化硅可以抑制PEO的结晶度,增加PEO的耐温性,以及增加PEO的电化学窗口,但PEO在此体系中不宜过量添加。此时引入电阻较高的丙烯酸体系粘结剂,丙烯酸体系的粘结剂与PEO混合后,PEO本身的电化性能、耐温性能、均有提升,此时丙烯酸体系的粘结剂电阻也得到了有效改善,这两款材料作为粘结剂既有一定的粘结力,同时降低电阻也进一步得到有效提升。二氯甲烷在此体系中对凝胶聚合物电解质隔膜具有较小的溶胀,保持凝胶电解质隔膜的孔径不会因为溶胀而变小,这使得二氧化硅可以在孔内进行大量填充,使凝胶聚合物电解质隔膜具有一定的耐温性,增加力学性能,并使电化学性能得到提升。因此,使用本发明中方法制成的改性凝胶电解质隔膜具有高温耐热性、阻燃性、高延展率,力学性能和电化学性能也都明显提升,因此在锂离子电池制备中具有广阔的应用前景。

附图说明

[0032] 图1~图3为本发明实施例4中改性前凝胶电解质隔膜断面的电子显微镜扫描图;

[0033] 图4~图5为本发明实施例4中改性后凝胶电解质隔膜断面的电子显微镜扫描图;

[0034] 图6~图7为本发明实施例5中改性凝胶电解质隔膜的机械强度测试结果;

- [0035] 图8为本发明实施例5中改性凝胶电解质隔膜的离子电导率测试结果；
[0036] 图9为本发明实施例5中改性凝胶电解质隔膜的离子迁移数测试结果；
[0037] 图10为本发明实施例5中改性凝胶电解质隔膜的抗压强度和变形率检测结果。

具体实施方式

[0038] 以下实施例用于说明本发明，但不用来限制本发明的范围。在不背离本发明精神和本质的情况下，对本发明方法、步骤或条件所作的修改或替换，均属于本发明的范围。

[0039] 下面结合实施例，对本发明的技术方案进行进一步详细阐述。

[0040] 本发明中的二氧化硅购自湖北汇富纳米材料股份有限公司，规格为HB-151；分散剂为沃克尔VOR-Disperse9900；二氯甲烷纯度 ≥ 99.9 ；粘结剂为日本瑞翁BM-520B，购自上海瑞翁中国公司；聚氧化乙烯购自上海攻碧克有限公司，100万分子量产品。

[0041] 实施例1

[0042] 将1kg二氧化硅（粒径尺寸为40-60nm），0.1kg分散剂，13kg二氯甲烷，投入到双行星搅拌机当中搅拌，主搅拌转速为：66r/min，剪切盘分散转速为4000r/min，搅拌温度40℃，搅拌时间为60分钟，制成浆1。

[0043] 将0.3kg粘结剂，0.1kg聚氧化乙烯，2kg二氯甲烷，投入到双行星搅拌机当中搅，主搅拌转速为：66r/min，剪切盘分散转速为4000r/min，搅拌温度40℃，搅拌时间为60分钟，制成浆2。

[0044] 以上两种浆制作完成后先在双行星搅拌机进行混合，主搅拌转速为：66r/min，剪切盘分散转速为4000r/min，搅拌温度40℃，搅拌时间为30分钟，然后使用双行星搅拌机与球磨机同时进行搅拌与研磨，时间为60分钟，待搅拌研磨完成后将浆料降温至20℃，即制得改性浆料。

[0045] 改性将料制成后倒入胶槽中，将凝胶电解质隔膜铸片浸润到浆料当中，超声波启动将浆料均匀分布于凝胶聚合物电解质隔膜的孔道与表面当中。然后在主机设备：线速每分钟5米，烘箱温度80℃，鼓风频率20HZ，抽风频率25HZ条件下烘干制成改性凝胶电解质隔膜。

[0046] 实施例2

[0047] 将0.5kg二氧化硅（粒径尺寸为40-60nm），0.1kg分散剂，13kg二氯甲烷，投入到双行星搅拌机当中搅拌，主搅拌转速为：66r/min，剪切盘分散转速为4000r/min，搅拌温度40℃，搅拌时间为60分钟，制成浆1。

[0048] 将0.2kg粘结剂，0.05kg聚氧化乙烯，2kg二氯甲烷，投入到双行星搅拌机当中搅，主搅拌转速为：66r/min，剪切盘分散转速为4000r/min，搅拌温度40℃，搅拌时间为60分钟，制成浆2。

[0049] 以上两种浆制作完成后先在双行星搅拌机进行混合，主搅拌转速为：66r/min，剪切盘分散转速为4000r/min，搅拌温度40℃，搅拌时间为30分钟，然后使用双行星搅拌机与球磨机同时进行搅拌与研磨，时间为60分钟，待搅拌研磨完成后将浆料降温至20℃，即制得改性浆料。

[0050] 改性将料制成后倒入胶槽中，将凝胶电解质隔膜铸片浸润到浆料当中，超声波启动将浆料均匀分布于凝胶聚合物电解质隔膜的孔道与表面当中。然后在主机设备：线速每

分钟5米,烘箱温度80℃,鼓风频率20HZ,抽风频率25HZ条件下烘干制成改性凝胶电解质隔膜。

[0051] 实施例3

[0052] 将0.61kg二氧化硅(粒径尺寸为40-60nm),0.12kg分散剂,35kg二氯甲烷,投入到双行星搅拌机当中搅拌,主搅拌转速为:66r/min,剪切盘分散转速为4000r/min,搅拌温度40℃,搅拌时间为60分钟,制成浆1。

[0053] 将0.37kg粘结剂,0.041kg聚氧化乙烯,10kg二氯甲烷,投入到双行星搅拌机当中搅,主搅拌转速为:66r/min,剪切盘分散转速为4000r/min,搅拌温度40℃,搅拌时间为60分钟,制成浆2。

[0054] 以上两种浆制作完成后先在双行星搅拌机进行混合,主搅拌转速为:66r/min,剪切盘分散转速为4000r/min,搅拌温度40℃,搅拌时间为30分钟,然后使用双行星搅拌机与球磨机同时进行搅拌与研磨,时间为60分钟,待搅拌研磨完成后将浆料降温至20℃,即制得改性浆料。

[0055] 改性将料制成后倒入胶槽中,将凝胶电解质隔膜铸片浸润到浆料当中,超声波启动将浆料均匀分布于凝胶聚合物电解质隔膜的孔道与表面当中。然后在主机设备:线速每分钟5米,烘箱温度80℃,鼓风频率20HZ,抽风频率25HZ条件下烘干制成改性凝胶电解质隔膜。

[0056] 实施例4

[0057] 电子显微镜下观察实施例3中改性前后凝胶电解质隔膜样品的断面,扫描结果如图1~图5所示。

[0058] 结果发现:改性前凝胶电解质隔膜的孔道直径3-5um深度8-9um。加温加压后凝胶电解质隔膜被软化,此过程中凝胶电解质孔道结构则会发生崩塌,电芯短路以及电导率与离子迁移数均不同程度受到影响,降低了凝胶电解质隔膜的电化学性能以及力学性能。而本申请中的改性凝胶电解质隔膜孔道中则有纳米材料二氧化硅填充,能够有效解决凝胶电解质离子电导率、离子迁移数等电化学性能不满足商用条件,耐热性不高,延伸率差等问题。

[0059] 实施例5

[0060] 1.采用万能拉力机对实施例3中改性凝胶电解质隔膜的MD/TD拉伸机械性能进行检测,结果如表1和图6~图7所示。

[0061] 表1改性凝胶电解质隔膜的MD/TD方向拉伸机械性能

[0062]	实施例	最大力值 (N)	最小力值 (N)	平均力值 (N)	位移 (mm)	抗拉强度 (kgf/cm ²))	应变(%)

[0063]	实施例3	MD 方向 拉伸	2.659	0.755	2.533	92.832	139.041	92.8%
		TD 方向 拉伸	2.134	0.131	1.994	70.765	111.576	70.8%

[0064] 结果显示:采用本发明方法制成的改性凝胶电解质隔膜具有优异的机械性能。

[0065] 2.采用热烘箱对实施例3中改性凝胶电解质隔膜进行热缩处理,分别检测热缩前后改性凝胶电解质隔膜的MD/TD方向拉伸机械性能,结果如表2。

[0066] 表2改性凝胶电解质隔膜热缩前后MD/TD方向

热缩前 (mm)		热缩后 (mm)		收缩率	
130℃		130℃/1h			
TD	MD	TD	MD	TD	MD
100	100	98.5	98	1.5%	2%
热缩前 (mm)		热缩后 (mm)		收缩率	
150℃		150℃/1h			
TD	MD	TD	MD	TD	MD
100	100	96.5	95.5	3.5%	4%

[0068] 结果显示:凝胶电解质隔膜经过改性浆料的浸润后具有优异的耐热性,在高温环境中其收缩性较小。

[0069] 3.采用测试阻抗仪器和计时电流仪器分别对实施例3中改性凝胶电解质隔膜的离子迁移数和电导率进行检测,检测结果如表3和图8~图9所示。

[0070] 表3改性凝胶电解质隔膜的离子迁移数和电导率

	方法	测试值
[0071] 离子电导率	电导率的计算: 组装不锈钢对称电池,测试阻抗,频率: 100K Hz-10m Hz。 利用公式 $\sigma=L/R_b \cdot A$ 计算, σ 代表电导率, L 代表膜厚度, R_b 代表电阻值, A 代表电极面积	$3.7 \times 10^{-3} \text{Scm}^{-1}$

[0072] 离子迁移数	<p>离子迁移数的计算： 组装锂对称电池，先测试极化前阻抗，频率：100K Hz-10m Hz，再用计时电流法测试稳态电流，$\Delta V=10\text{mV}$，时间=1000s，然后再测试极化后阻抗。</p> <p>利用 $t^+=I_s(\Delta v-I_0R_0)/I_0(\Delta v-I_S R_S)$ 计算离子迁移数，t^+ 代表离子迁移数，I_s 代表稳态电流，I_0 代表初始电流，R_s 代表极化后阻抗，R_0 代表极化前阻抗。</p>	0.99
-----------------	--	------

[0073] 结果显示：凝胶聚合物电解质隔膜在经过改性后具有较小的电阻，和较高的离子迁移数。

[0074] 4. 对实施例3中改性凝胶电解质隔膜的抗压强度和变形率进行检测，检测结果如图10所示。

[0075] 结果显示，使用本发明的发明制成的改性凝胶电解质隔膜确实具有优异的力学性能和电化学性能。

[0076] 以上所述的实施例仅是对本发明的优选方式进行描述，并非对本发明的范围进行限定，在不脱离本发明设计精神的前提下，本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进，均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

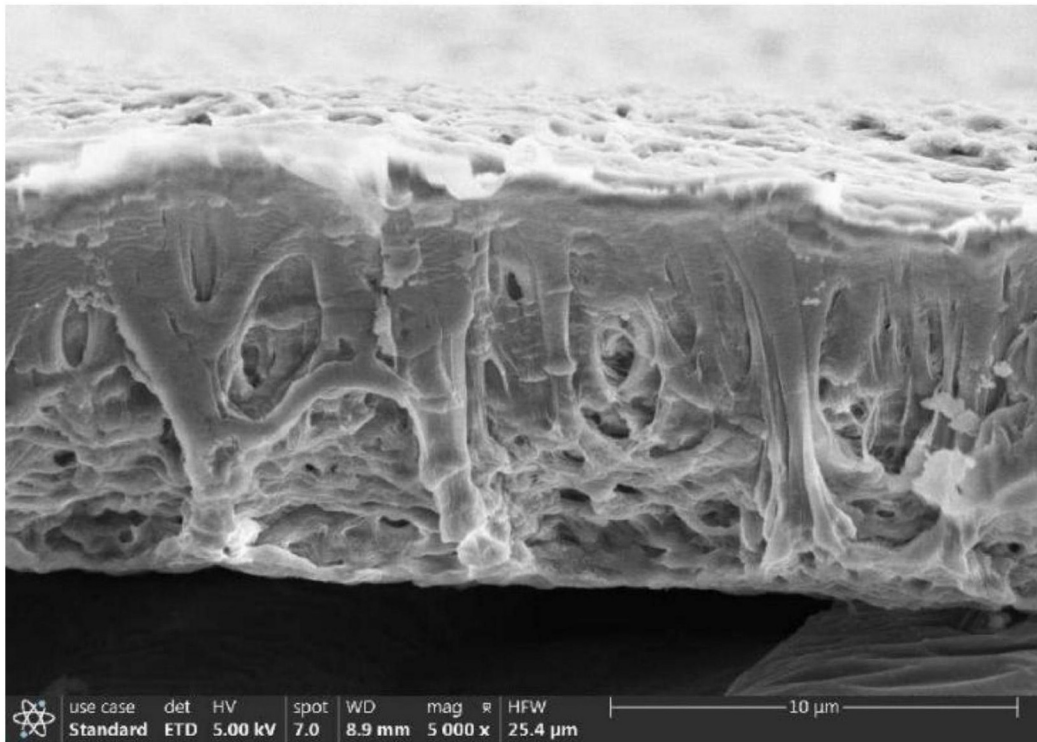


图1

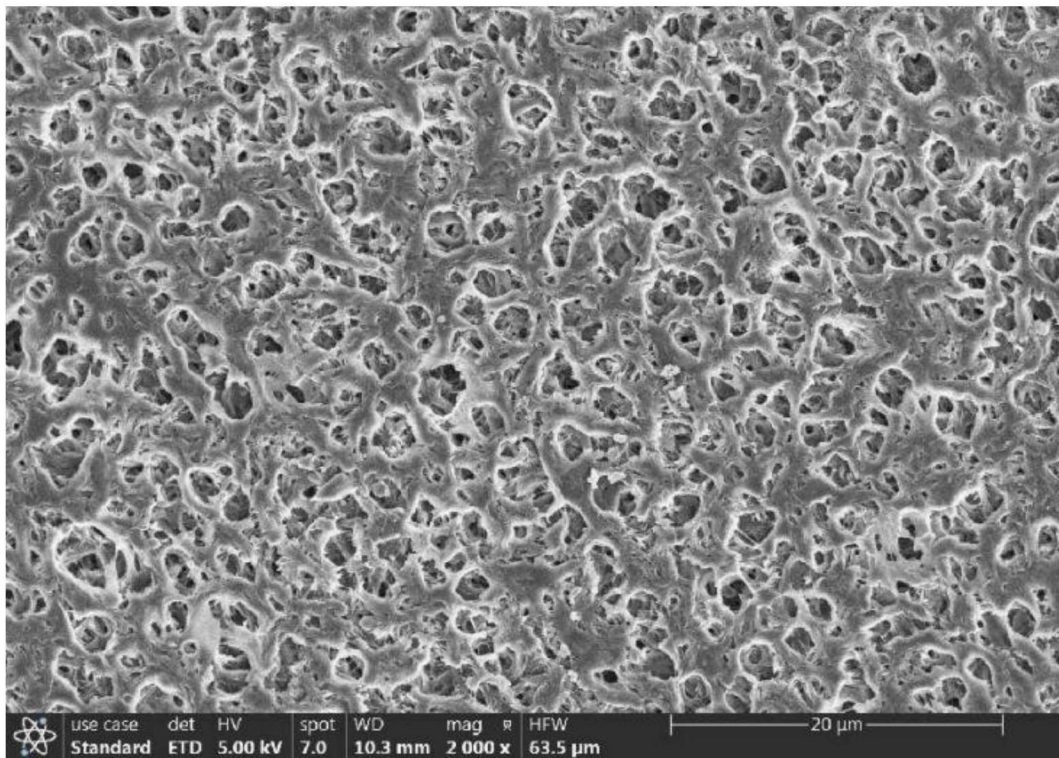


图2

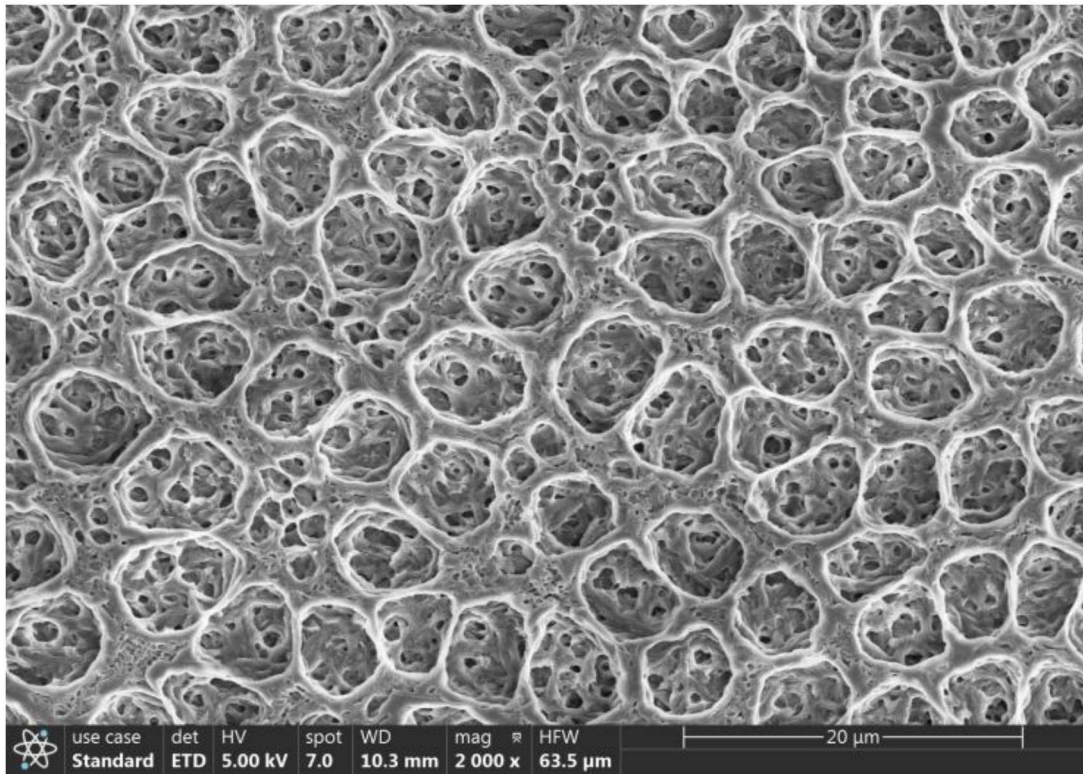


图3

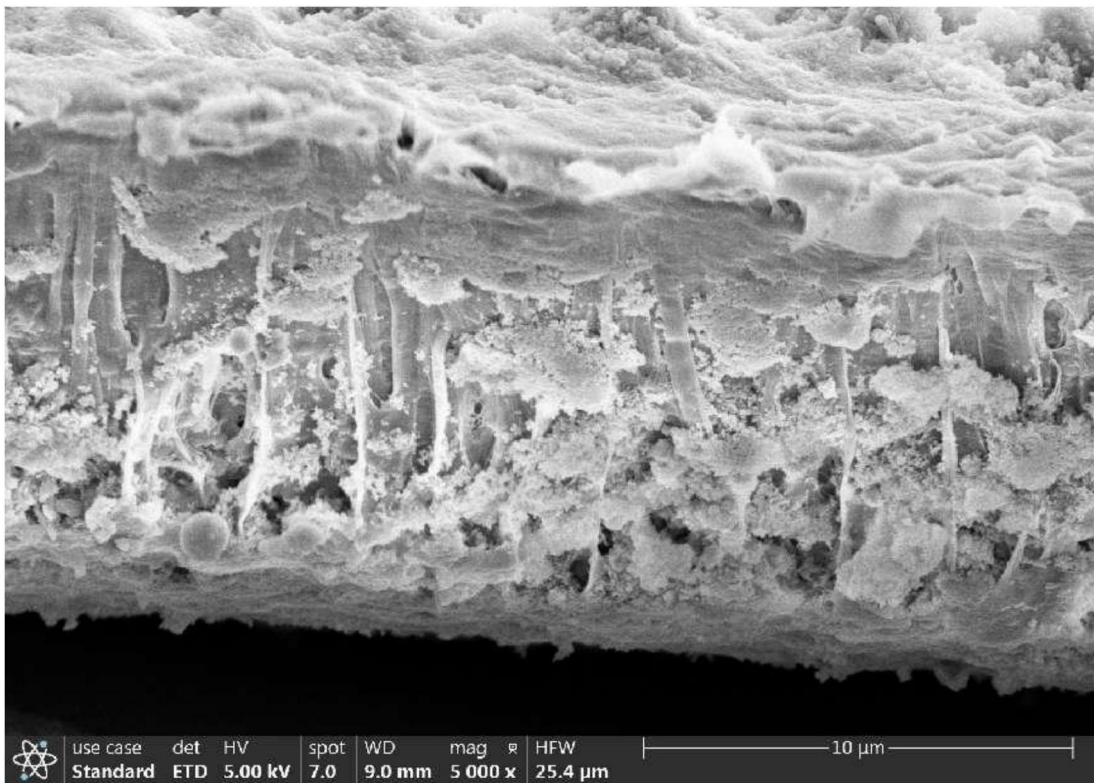


图4

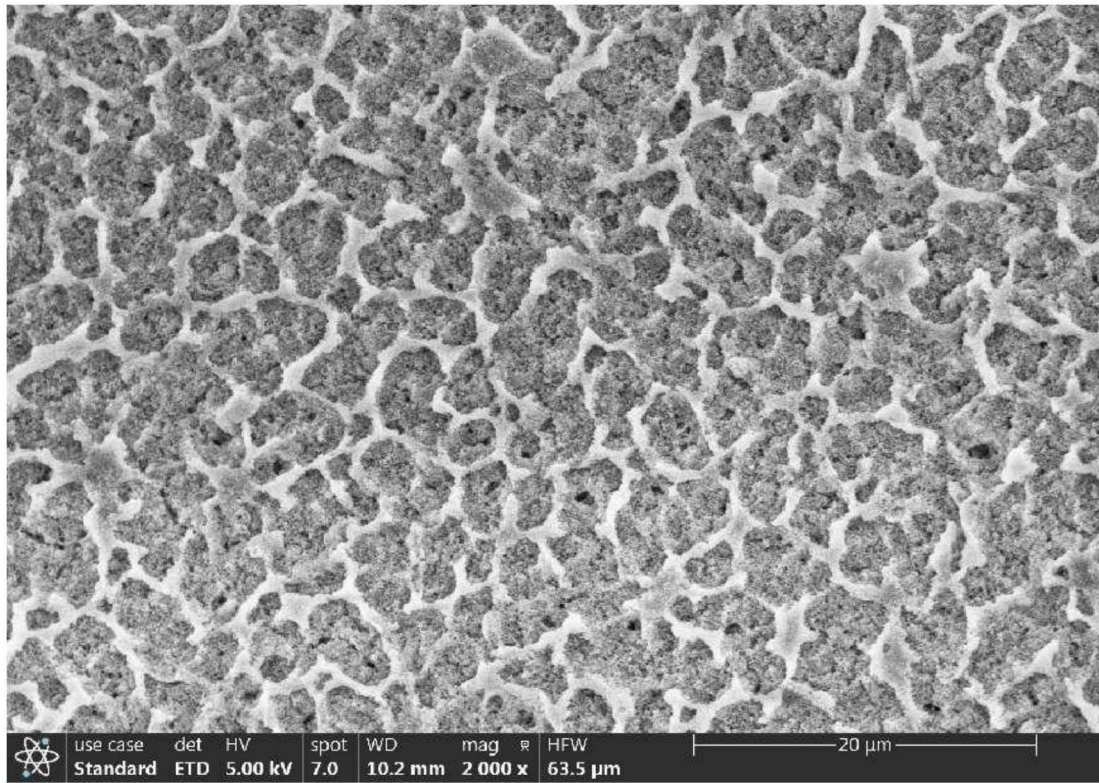


图5

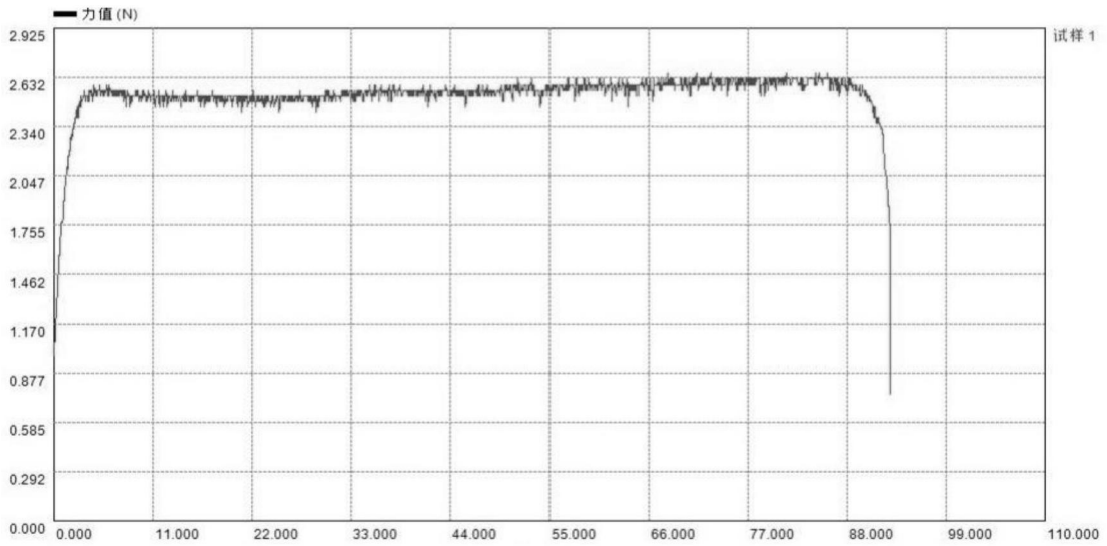


图6

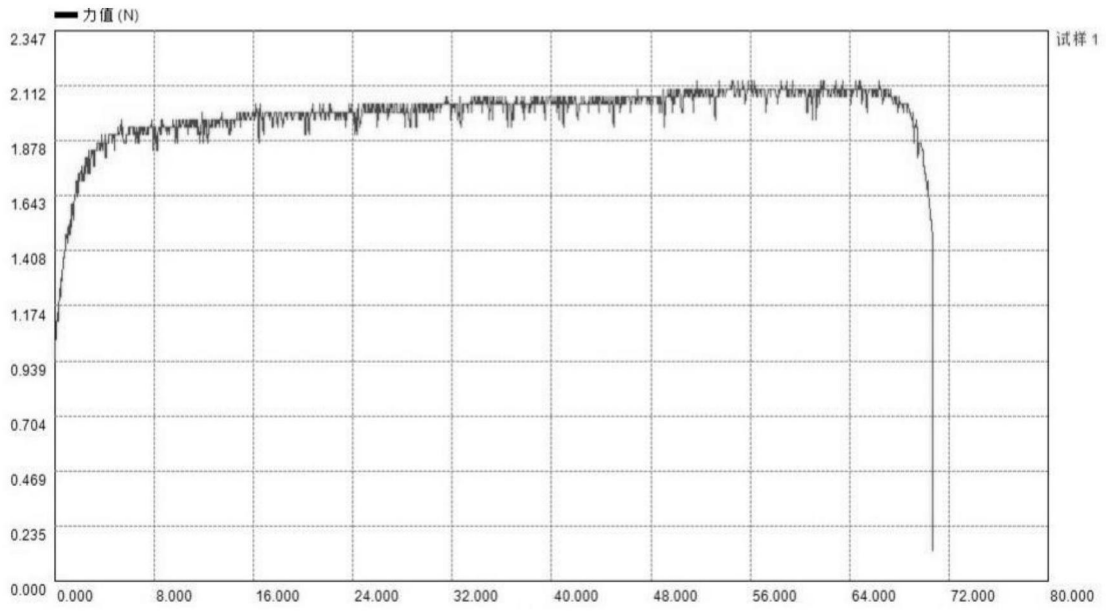


图7

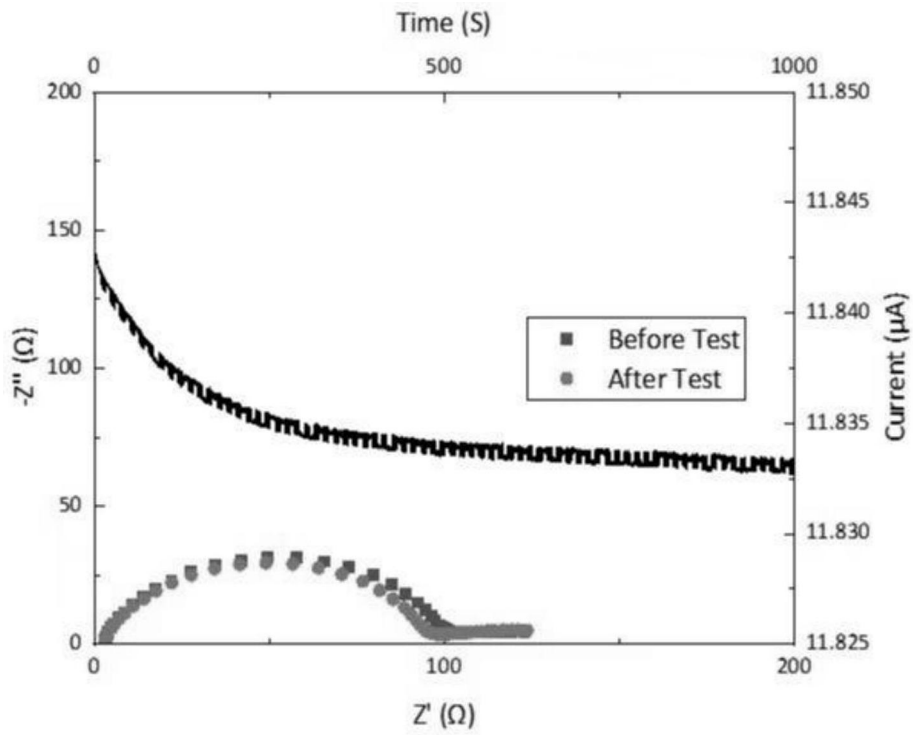


图8

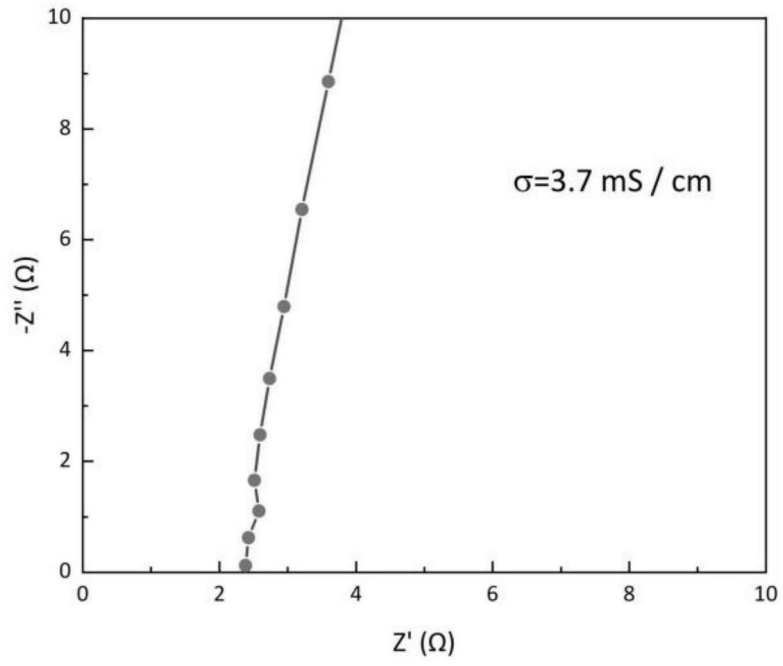


图9



试验报告

试验参数

试验类型: 抗拉强度与变形率试验
 试验名称:
 试样名称:
 试样编号:
 试验员:
 试验时间: 11:44:56
 实验室湿度: 0 %RH
 检方名称:
 速度: 50 mm/min
 试样宽度: 15 mm
 停机力值: 500 N
 是否保压: 否

试验名称:
 试样材料:
 试样批次:
 试验日期: 2023-03-22
 实验室温度: 0 °C
 执行标准:
 试样厂商:
 试样长度: 100 mm
 试样厚度: 13 μm
 停机位移: 950 mm
 是否计算弹性模量: 否

试验结果

No.	最大力值 (N)	最小力值 (N)	平均力值 (N)	位移 (mm)	抗拉强度 (kgf/cm ²)	应变 (%)	弹性模量 (kgf/cm ²)	弹性模量 (MPa)
1	2.134	0.131	1.994	70.765	111.576	70.8	--	--

数据曲线

曲线(1)

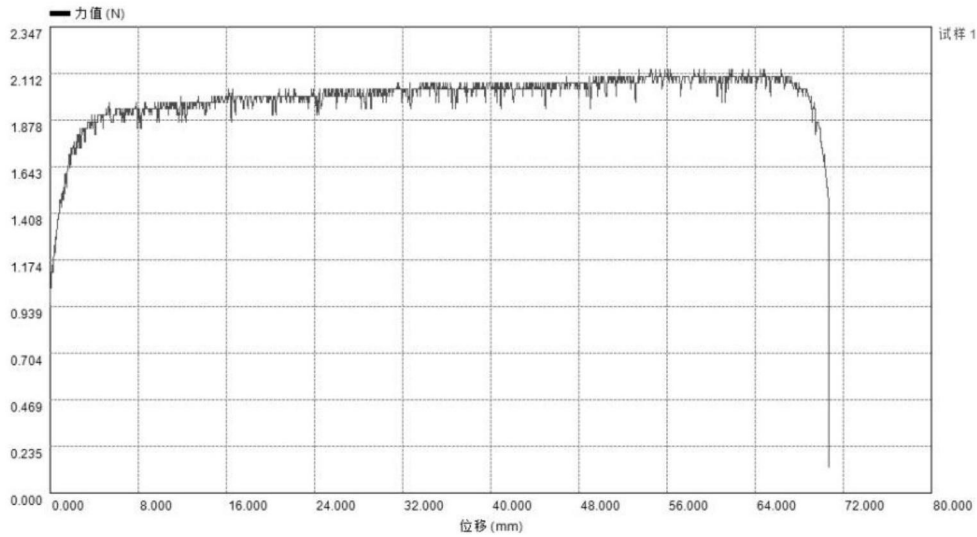


图10