



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106751264 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(21)申请号 201611037298.9

C08K 7/24(2006.01)

(22)申请日 2016.11.23

C08J 3/075(2006.01)

(66)本国优先权数据

C08J 3/24(2006.01)

201610829496.2 2016.09.18 CN

(71)申请人 南京林业大学

地址 210037 江苏省南京市龙蟠路159号

(72)发明人 韩景泉 王慧祥 徐信武 岳一莹

丁琴琴 鲍雅倩 陆凯悦 王思伟

陈敏峰 尤立行 郁辰

(74)专利代理机构 南京天华专利代理有限责任

公司 32218

代理人 刘成群 徐冬涛

(51)Int.Cl.

C08L 29/04(2006.01)

C08L 1/02(2006.01)

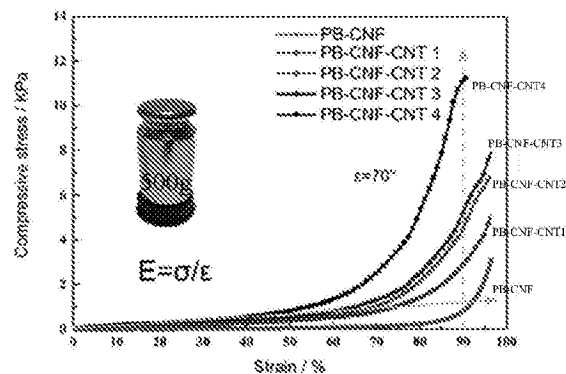
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶及其制备方法和应用

(57)摘要

本发明属于高分子复合导电材料领域,公开了一种碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶及其制备方法和应用。该凝胶采用下列方法制备得到的:a.制备碳纳米管分散液;b.制备纳米纤维素悬浮液;c.取碳纳米管和纳米纤维素的混合物,加入到聚乙烯醇水溶液中,加入交联剂,搅拌直至形成凝胶,即得。该凝胶可用于制备柔性导电材料,具有较好的应用前景。



1. 一种碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶,其特征在于该凝胶采用下列方法制备得到:

a. 制备碳纳米管分散液;

b. 制备纳米纤维素悬浮液;

c. 碳纳米管分散液与纳米纤维素悬浮液混合,加入到聚乙烯醇水溶液中,加入交联剂,搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶。

2. 根据权利要求1所述的复合导电凝胶,其特征在于步骤a中碳纳米管分散液的制备方法包括下列步骤:

1) 称取十二烷基苯磺酸钠粉末,加入去离子水中,搅拌溶解,配制成质量分数0.5-1.5%的十二烷基苯磺酸钠水溶液,作为碳纳米管分散剂;

2) 加入碳纳米管,在300-700W的功率下超声分散5-10分钟,制得质量分数为0.2-0.5%的碳纳米管悬浮液;

其中,碳纳米管优选为多层壁碳纳米管或单层壁碳纳米管;多层壁碳纳米管,直径10-20纳米,长度30-100微米,纯度大于95%;单层壁碳纳米管,直径1-2纳米,长度5-30微米,纯度大于85%。

3. 根据权利要求1所述的复合导电凝胶,其特征在于步骤b中纳米纤维素悬浮液的制备方法包括下列步骤:

1) 配制质量分数30-50%的硫酸;

2) 取配制的硫酸加热搅拌,使温度维持在44-45℃,然后取粉碎的脱脂棉,缓慢加入硫酸中,持续搅拌;

3) 30-120分钟后加入去离子水终止酸解反应,将所得混合物用去离子水反复漂洗后转移至透析袋中透析至pH中性;

4) 取上述混合物,加水稀释,在500-900W功率下超声粉碎100-150分钟,即制备出纳米纤维素悬浮液。

4. 根据权利要求1所述的复合导电凝胶,其特征在于步骤c中复合导电凝胶的制备方法包括下列步骤:

1) 取1-10g聚乙烯醇粉末加入100-500ml去离子水中,70-90℃加热搅拌,至聚乙烯醇完全溶解形成均一透明的溶液;聚乙烯醇优选分子量14-20万,醇解度大于99%。

2) 取碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液,加入聚乙烯醇水溶液中,70-90℃机械搅拌,加入1-5g交联剂,继续搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶;其中,交联剂优选硼酸盐或戊二醛,碳纳米管含量占固体组分中质量百分比为1~10%,纳米纤维素含量占固体组分中质量百分比为1~2%。

5. 权利要求1所述的碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶的制备方法,其特征在于该方法包括下列步骤:

a. 制备碳纳米管分散液;

b. 制备纳米纤维素悬浮液;

c. 碳纳米管分散液与纳米纤维素悬浮液混合,加入到聚乙烯醇水溶液中,加入交联剂,搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于步骤a中碳纳米管分散液的制备方法包括下

列步骤:

1) 称取十二烷基苯磺酸钠粉末,加入去离子水中,搅拌溶解,配制成质量分数0.5-1.5%的十二烷基苯磺酸钠水溶液,作为碳纳米管分散剂;

2) 加入碳纳米管,在300-700W的功率下超声分散5-10分钟,制得质量分数为0.2-0.5%的碳纳米管悬浮液;

其中,碳纳米管优选为多层壁碳纳米管或单层壁碳纳米管;多层壁碳纳米管,直径10-20纳米,长度30-100微米,纯度大于95%;单层壁碳纳米管,直径1-2纳米,长度5-30微米,纯度大于85%。

7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于步骤b中纳米纤维素悬浮液的制备方法包括下列步骤:

1) 配制质量分数30-50%的硫酸;

2) 取制备的硫酸加热搅拌,使温度维持在44-45℃,然后取粉碎的脱脂棉,缓慢加入硫酸中,持续搅拌;

3) 30-120分钟后加入去离子水终止酸解反应,将所得混合物用去离子水反复漂洗后转移至透析袋中透析至pH中性;

4) 取上述混合物,加水稀释,在500-900W功率下超声粉碎100-150分钟,即制备出纳米纤维素悬浮液。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于步骤c中复合导电凝胶的制备方法包括下列步骤:

1) 取1-10g聚乙烯醇粉末加入100-500ml去离子水中,70-90℃加热搅拌,至聚乙烯醇完全溶解形成均一透明的溶液;聚乙烯醇优选分子量14-20万,醇解度大于99%。

2) 取碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液,加入聚乙烯醇水溶液中,70-90℃机械搅拌,加入1-5g交联剂,继续搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶;其中,交联剂优选硼酸盐或戊二醛,碳纳米管含量占固体组分中质量百分比为1~10%,纳米纤维素含量占固体组分中质量百分比为1~2%。

9. 权利要求1所述的碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶在制备柔性导电材料中的应用。

一种碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶及其制备方法和应用

技术领域

[0001] 本发明属于高分子复合导电材料领域,涉及一种碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶及其制备方法和应用。

背景技术

[0002] 聚乙烯醇(PVA)水凝胶是亲水性聚乙烯醇大分子经交联后形成的网络状结构的水溶胀体。PVA分子链上有许多羟基很容易形成氢键,因此PVA水凝胶具有稳定的化学性质、易于成型、良好的生物相容性、无毒无害,这些特性使PVA水凝胶可以用作伤口敷料、药物释放载体、组织工程等生物医学领域。为了改善PVA水凝胶的力学性能以及拓展应用领域,常把PVA水凝胶与其它材料进行复合。PVA水凝胶加入纳米纤维素来增强力学性能,PVA水凝胶加入导电材料(聚苯胺、聚吡咯、碳纳米管、石墨烯等)形成导电凝胶。

[0003] 碳纳米管(CNTs)的碳原子间以碳-碳 π 键结合,实验推算出CNT的杨氏模量平均为1.8Tpa,抗拉强度近250Gpa。此外,CNT还有很高的热稳定性和化学稳定性,优异的热传导能力、超导性能。是良好的力学增强物质和导电材料。

[0004] 纤维素是自然界里储量最丰富的可再生高分子生物,它在地球上每年的产量可以达到750亿吨。纳米纤维素纤维(CNF)长度为10-1000nm,横截面尺寸只有5~20nm。轴向杨氏模量在110到220GPa之间,横向杨氏模量约为10至50GPa,抗拉强度约为7.6GPa,而密度仅为1.6g/cm⁻³,是一种高强度的轻质纳米材料。因此,非常适合作为水凝胶的力学增强相。

[0005] 导电水凝胶不仅拥有一般水凝胶的高含水率及生物相容性,还由于导电物质的加入增强了其导电性及机械强度,在兼具传统水凝胶优点的同时,良好的导电性使其具有更高的实际应用价值。比如在保持固相尺寸稳定性的前提下,根据不同的电导率特点,其能应用在导电薄膜,涂层,电化促动器,传感器,化学阀,生物材料和人造肌肉等诸多方面。

[0006] 目前市场上还没有具有较好力学性能及导电性能的碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶。

[0008] 本发明的另一个目的是提供上述复合导电凝胶的制备方法。

[0009] 本发明还有一个目的是提供上述复合导电凝胶在制备柔性导电材料中的应用。

[0010] 本发明的目的是通过下列技术方案实现的:

[0011] 一种碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶,该凝胶采用下列方法制备得到:

[0012] a. 制备碳纳米管分散液;

[0013] b. 制备纳米纤维素悬浮液;

[0014] c. 碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液混合,加入到聚乙烯醇水溶液中,加入交

联剂,搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶。

[0015] 所述的复合导电凝胶,其中步骤a中碳纳米管分散液的制备方法包括下列步骤:

[0016] 1) 称取十二烷基苯磺酸钠粉末,加入去离子水中,搅拌溶解,配制成质量分数0.5-1.5%的十二烷基苯磺酸钠水溶液,制备碳纳米管分散剂;

[0017] 2) 加入碳纳米管,在300-700W的功率下超声分散5-10分钟,制得质量分数为0.2-0.5%的碳纳米管悬浮液,保存备用;

[0018] 其中,碳纳米管为多层壁碳纳米管或单层壁碳纳米管;多层壁碳纳米管,直径10-20纳米,长度30-100微米,纯度大于95%;单层壁碳纳米管,直径1-2纳米,长度5-30微米,纯度大于85%。

[0019] 超声时间,超声功率,对碳纳米管分散程度有影响。

[0020] 所述的复合导电凝胶,其中步骤b中纳米纤维素悬浮液的制备方法包括下列步骤:

[0021] 1) 配制质量分数30-50%的硫酸;

[0022] 2) 取步骤一制备的硫酸加热搅拌,使温度维持在44~45℃,然后取粉碎的脱脂棉,缓慢加入硫酸中,持续搅拌;

[0023] 3) 30-120分钟后加入去离子水终止酸解反应,将所得混合物用去离子水反复漂洗后转移至透析袋中透析3-5天至pH中性;

[0024] 4) 取上述混合物,加水稀释,在500-900W功率下超声粉碎100-150分钟,即制备出纳米纤维素悬浮液。调节纳米纤维素浓度至1.0-2.0%,1℃冷藏备用。

[0025] 不同超声时间和功率处理,得到的纳米纤维素尺寸大小不同,其对凝胶材料的力学增强效果不同。

[0026] 所述的复合导电凝胶,其中步骤c中复合导电凝胶的制备方法包括下列步骤:

[0027] 1) 取1-10g聚乙烯醇粉末加入100-500ml去离子水中,70-90℃加热搅拌,至聚乙烯醇完全溶解形成均一透明的溶液;聚乙烯醇优选分子量14-20万,醇解度大于99%。

[0028] 2) 取碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液,加入聚乙烯醇水溶液中,70-90℃机械搅拌,加入1-5g交联剂,继续搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶;其中,交联剂优选硼酸盐或戊二醛,碳纳米管含量占固体组分中质量百分比为1~10%,纳米纤维素含量占固体组分中质量百分比为1~2%。

[0029] 所述的碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶的制备方法,该方法包括下列步骤:

[0030] a. 制备碳纳米管分散液;

[0031] b. 制备纳米纤维素悬浮液;

[0032] c. 碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液混合,加入到聚乙烯醇水溶液中,最后加入交联剂,搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶。

[0033] 所述的方法,其中步骤a中碳纳米管分散液的制备方法包括下列步骤:

[0034] 1) 称取十二烷基苯磺酸钠粉末,加入去离子水中,搅拌溶解,配制成质量分数0.5-1.5%的十二烷基苯磺酸钠水溶液,作为碳纳米管分散剂;

[0035] 2) 加入碳纳米管,在300-700W的功率下超声分散5-10分钟,制得质量分数为0.2-0.5%的碳纳米管悬浮液,保存备用;

[0036] 其中,碳纳米管为多层壁碳纳米管或单层壁碳纳米管;多层壁碳纳米管,直径10-

20纳米,长度30-100微米,纯度大于95%;单层壁碳纳米管,直径1-2纳米,长度5-30微米,纯度大于85%。

[0037] 所述的方法,其中步骤b中纳米纤维素悬浮液的制备方法包括下列步骤:

[0038] 1) 配制质量分数30-50%的硫酸;

[0039] 2) 取步骤一配置的硫酸加热搅拌,使温度维持在44~45℃,然后取粉碎的脱脂棉,缓慢加入硫酸中,持续搅拌;

[0040] 3) 30-120分钟后加入去离子水终止酸解反应,将所得混合物用去离子水反复漂洗后转移至透析袋中透析3-5天至pH中性;

[0041] 4) 取上述混合物,加水稀释,在500-900W功率下超声粉碎100-150分钟,即制备出纳米纤维素悬浮液。调节纳米纤维素浓度至1.0-2.0%,1℃冷藏备用。

[0042] 所述的方法,其中步骤c中复合导电凝胶的制备方法包括下列步骤:

[0043] 1) 取1-10g聚乙烯醇粉末加入100-500ml去离子水中,70-90℃加热搅拌,至聚乙烯醇完全溶解形成均一透明的溶液;聚乙烯醇优选分子量14-20万,醇解度大于99%。

[0044] 2) 取碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液,加入聚乙烯醇水溶液中,70-90℃机械搅拌,加入1-5g交联剂,继续搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶;其中,交联剂优选硼酸盐或戊二醛,碳纳米管含量占固体组分中质量百分比为1~10%,纳米纤维素含量占固体组分中质量百分比为1~2%。

[0045] 所述的碳纳米管-纳米纤维素-聚乙烯醇复合导电凝胶在制备柔性导电材料中的应用。

[0046] 制备纳米纤维素采用的脱脂棉也可以用漂白木浆纤维等其他植物纤维替代。

[0047] 本发明的优点:

[0048] 本专利采用化学交联法,制备一种碳纳米管纳米纤维素聚乙烯醇复合水凝胶。该水凝胶内部具有双层互穿网络结构:PVA分子网络结构;纳米纤维素与碳纳米管复合物形成的网络结构。前者构成凝胶的基体,后者构成凝胶的力学增强网络和导电网络,使此种凝胶抗压性达到12KPa,电导率达到0.8s/m。在电极、传感器领域有巨大的应用前景。

[0049] 1) 使用化学交联方法制作水凝胶,工艺流程更简洁,能耗更低,且不会产生有毒物质。产品生物相容性好,可应用于医用材料。

[0050] 2) 纳米纤维素采用超声粉碎分散的方法,尺寸均匀,在凝胶体内的分布均匀,不仅增强胶体的力学性能还协助分散碳纳米管。

[0051] 3) 碳纳米管采用更合适的分散剂加以超声处理,在水凝胶内分散效果更好,使凝胶电导率达到0.8s/m。

附图说明

[0052] 图1是实施例1所得的复合导电凝胶的扫描电镜图。

[0053] 图2是实施例6所得的复合导电凝胶的扫描电镜图。

[0054] 图3是实施例1所得的复合导电凝胶的导电实物照片。

[0055] 图4是4种多层壁碳纳米管含量不同的水凝胶的应力-应变图。

具体实施方式

[0056] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本发明的保护范围。

[0057] 实施例中碳纳米管参数:

[0058] 多层壁碳纳米管,直径10-20纳米,长度30-100微米,纯度大于95%;单层壁碳纳米管,直径1-2纳米,长度5-30微米,纯度大于85%;碳纳米管为从市场购买的成品。

[0059] 实施例1:

[0060] 步骤1,碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液的制备,其具体方法步骤包括:

[0061] (1) 配制质量分数1%的十二烷基苯磺酸钠水溶液。(2) 加入多层壁碳纳米管,在700w的功率下超声分散10分钟,制成质量分数0.35%的碳纳米管分散液,保存备用。(3) 取20g粉碎的脱脂棉加入400g质量分数48%的硫酸中,在45℃恒温水浴下磁力搅拌进行酸解。(4) 60分钟后加入去离子水终止酸解反应,将所得混合物用去离子水反复漂洗后转移至透析袋中透析3天至pH中性。(5) 把上述混合物在900w功率下超声粉碎150分钟,再调节浓度至1.0%,制备出纳米纤维素悬浮液。

[0062] 步骤2,复合导电凝胶的制备,其具体方法步骤包括:

[0063] (1) 取5g分子量14万-18万,醇解度99%的聚乙烯醇粉末加入300ml去离子水,90℃加热搅拌溶解。(2) 取17.67g碳纳米管分散液(浓度0.35%) 和12.37g纳米纤维素悬浮液(浓度1.0%),加入聚乙烯醇水溶液中,90℃机械搅拌30分钟,加入1g四硼酸钠交联剂,继续搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管纳米纤维素聚乙烯醇复合导电凝胶。

[0064] 实施例2:

[0065] 步骤1,碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液的制备,其具体方法步骤包括:

[0066] (1) 配制质量分数1%的十二烷基苯磺酸钠水溶液。(2) 加入多层壁碳纳米管,在700w的功率下超声分散10分钟,制成质量分数0.35%的碳纳米管分散液,保存备用。(3) 取20g粉碎的脱脂棉加入400g质量分数48%的硫酸中,在45℃恒温水浴下磁力搅拌进行酸解。(4) 60分钟后加入去离子水终止酸解反应,将所得混合物用去离子水反复漂洗后转移至透析袋中透析3天至pH中性。(5) 把上述混合物在900w功率下超声粉碎150分钟,再调节浓度至1.0%,制备出纳米纤维素悬浮液。

[0067] 步骤2,复合导电凝胶的制备,其具体方法步骤包括:

[0068] (1) 取5g分子量14-18万,醇解度99%的聚乙烯醇溶于300ml去离子水。(2) 取54.00g碳纳米管分散液(浓度0.35%) 和12.60g纳米纤维素悬浮液(浓度1.0%),加入聚乙烯醇水溶液中,90℃机械搅拌30分钟,加入1g四硼酸钠交联剂,继续搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管纳米纤维素聚乙烯醇复合导电凝胶。

[0069] 实施例3:

[0070] 步骤1,碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液的制备,其具体方法步骤包括:

[0071] (1) 配制质量分数1%的十二烷基苯磺酸钠水溶液。(2) 加入多层壁碳纳米管,在700w的功率下超声分散10分钟,制成质量分数0.35%的碳纳米管分散液,保存备用。(3) 取20g粉碎的脱脂棉加入400g质量分数48%的硫酸中,在45℃恒温水浴下磁力搅拌进行酸解。(4) 60分钟后加入去离子水终止酸解反应,将所得混合物用去离子水反复漂洗后转移至透析袋中透析3天至pH中性。(5) 把上述混合物在900w功率下超声粉碎150分钟,再调节浓度至

1.0%，即制备出纳米纤维素悬浮液。

[0072] 步骤2,复合导电凝胶的制备,其具体方法步骤包括:

[0073] (1)取5g分子量14万-18万,醇解度99%的聚乙烯醇粉末加入300ml去离子水,90℃加热搅拌溶解。(2)取131.43g碳纳米管分散液(浓度0.35%)和13.00g纳米纤维素悬浮液(浓度1.0%),加入聚乙烯醇水溶液中,90℃机械搅拌30分钟,加入1g四硼酸钠交联剂,继续搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管纳米纤维素聚乙烯醇复合导电凝胶。

[0074] 实施例4:

[0075] 步骤1,碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液的制备,其具体方法步骤包括:

[0076] (1)配制质量分数1%的十二烷基苯磺酸钠水溶液。(2)加入多层壁碳纳米管,在700w的功率下超声分散10分钟,制成质量分数0.35%的碳纳米管分散液,保存备用。(3)取20g粉碎的脱脂棉加入400g质量分数48%的硫酸中,在45℃恒温水浴下磁力搅拌进行酸解。(4)60分钟后加入去离子水终止酸解反应,将所得混合物用去离子水反复漂洗后转移至透析袋中透析3天至pH中性。(5)把上述混合物在900w功率下超声粉碎150分钟,再调节浓度至1.0%,即制备出纳米纤维素悬浮液。

[0077] 步骤2,复合导电凝胶的制备,其具体方法步骤包括:

[0078] (1)取5g分子量14-18万,醇解度99%的聚乙烯醇粉末加入300ml去离子水,90℃加热搅拌溶解。(2)取194.28g碳纳米管分散液(浓度0.35%)和13.60g纳米纤维素悬浮液(浓度1.0%),加入聚乙烯醇水溶液中,90℃机械搅拌30分钟,加入1g四硼酸钠交联剂,继续搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管纳米纤维素聚乙烯醇复合导电凝胶。

[0079] 实施例5:

[0080] 步骤1,碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液的制备,其具体方法步骤包括:

[0081] (1)配制质量分数1%的十二烷基苯磺酸钠水溶液。(2)加入单层壁碳纳米管,在700w的功率下超声分散10分钟,制成质量分数0.35%的碳纳米管分散液,保存备用。(3)取20g粉碎的脱脂棉加入400g质量分数48%的硫酸中,在45℃恒温水浴下磁力搅拌进行酸解。(4)60分钟后加入去离子水终止酸解反应,将所得混合物用去离子水反复漂洗后转移至透析袋中透析3天至pH中性。(5)把上述混合物在900w功率下超声粉碎150分钟,再调节浓度至1.0%,即制备出纳米纤维素悬浮液。

[0082] 步骤2,复合导电凝胶的制备,其具体方法步骤包括:

[0083] (1)取5g分子量14万-18万,醇解度99%的聚乙烯醇粉末加入300ml去离子水,90℃加热搅拌溶解。(2)取194.28g碳纳米管分散液(浓度0.35%)和13.60g纳米纤维素悬浮液(浓度1.0%),加入聚乙烯醇水溶液中,90℃机械搅拌30分钟,加入1g四硼酸钠交联剂,继续搅拌直至形成凝胶,即制成碳纳米管纳米纤维素聚乙烯醇复合导电凝胶。

[0084] 实施例6

[0085] 步骤1,碳纳米管分散液和纳米纤维素悬浮液的制备,其具体方法步骤包括:

[0086] (1)配制质量分数1%的十二烷基苯磺酸钠水溶液。(2)加入单层壁碳纳米管,在700w的功率下超声分散10分钟,制成质量分数0.35%的碳纳米管分散液,保存备用。(3)取20g粉碎的脱脂棉加入400g质量分数48%的硫酸中,在45℃恒温水浴下磁力搅拌进行酸解。(4)60分钟后加入去离子水终止酸解反应,将所得混合物用去离子水反复漂洗后转移至透析袋中透析3天至pH中性。(5)把上述混合物在900w功率下超声粉碎150分钟,再调节浓度至

1.0%，即制备出纳米纤维素悬浮液。步骤2，复合导电凝胶的制备，其具体方法步骤包括：

[0087] 取5g分子量20万，醇解度99%的聚乙烯醇粉末加入300ml去离子水，90℃加热搅拌溶解。(2)取194.28g碳纳米管分散液(浓度0.35%)和13.60g纳米纤维素悬浮液(浓度1.0%)，加入聚乙烯醇水溶液中，90℃机械搅拌30分钟，加入2g戊二醛交联剂，继续搅拌直至形成凝胶，即制成碳纳米管纳米纤维素聚乙烯醇复合导电凝胶。

[0088] 图4中用于对比的PB-CNF按实施例1不加碳纳米管制备。

[0089] 从图1，图2可以看出，水凝胶的内部为蜂窝状多孔结构。在聚乙烯醇形成的基体中碳纳米管和纳米纤维素形成的网络结构提供力学性能和导电性能。碳纳米管含量越多形成的网络越密集。图2可以看出大量碳纳米管形成连续的导电网络。表一中电导率随着碳纳米管含量的增加而增加，且在碳纳米管含量达到7%时有一个跃迁，说明此含量下的碳管能够在胶体内部形成连续导电网络。图3显示该复合导电凝胶具有良好的导电性能。图4的应力-应变图说明碳纳米管含量越高凝胶的力学性能越好。

[0090] 表一是实施例1-4中多层壁碳纳米管含量不同的水凝胶的电导率列表。

[0091]

组号	CNT质量分数(%)	CNF质量分数(%)	电导率(s/m)
1	1.0	2.0	0.21×10^{-2}
2	3.0	2.0	0.6×10^{-2}
3	7.0	2.0	0.6
4	10.0	2.0	0.8

[0092] (含量为GNT及CNF在水凝胶中固体组分中的质量百分比，固体组分是指GNT、CNF、PVA及四硼酸钠)。

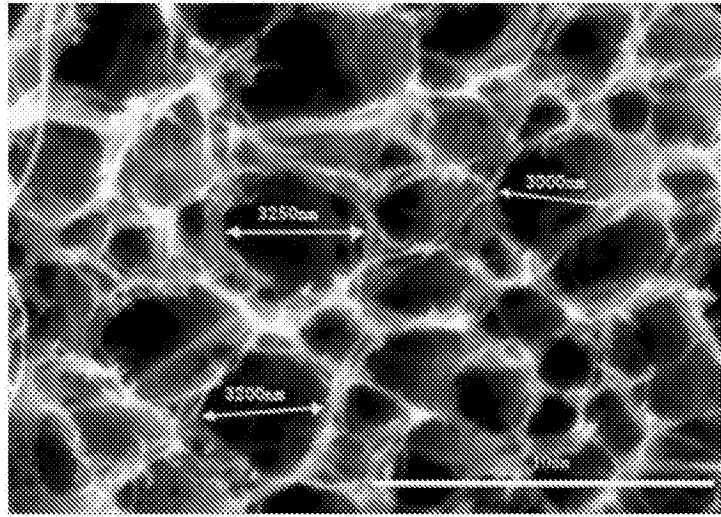


图1

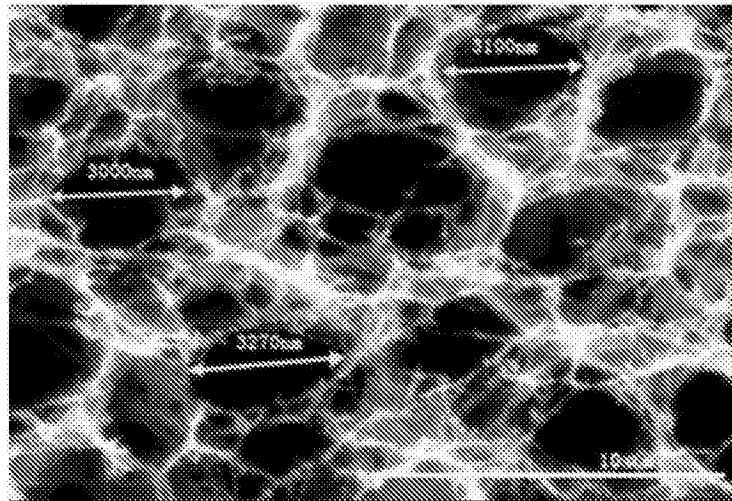


图2

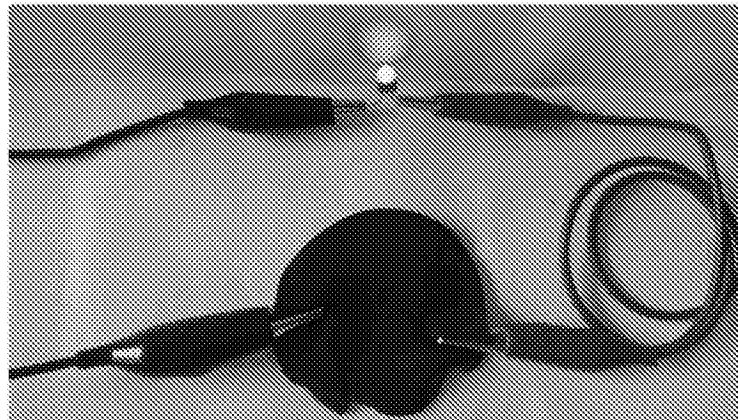


图3

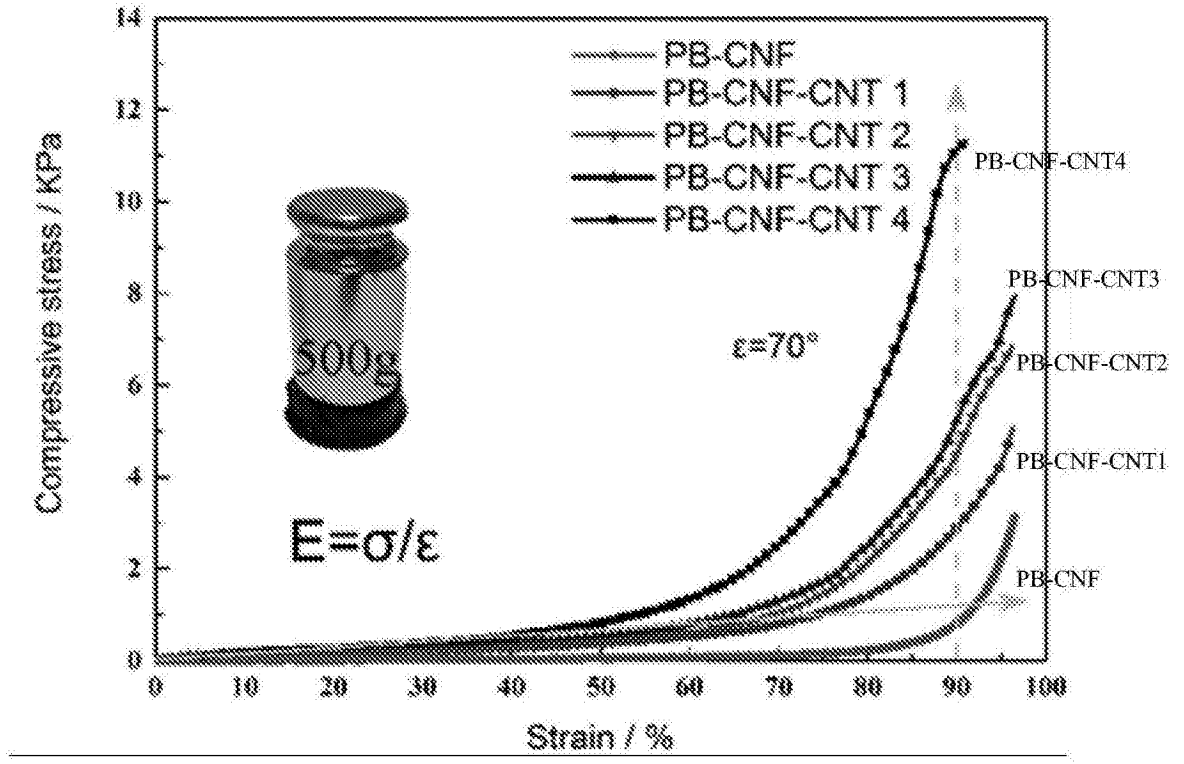


图4