



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107785123 A

(43)申请公布日 2018.03.09

(21)申请号 201710886114.4

(22)申请日 2017.09.27

(71)申请人 林荣铨

地址 423000 湖南省郴州市桂阳县太和镇  
工业区

(72)发明人 林荣铨

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 任重 单香杰

(51) Int. Cl.

H01B 13/00(2006.01)

H01B 5/14(2006.01)

H01B 1/12(2006.01)

H01B 1/04(2006.01)

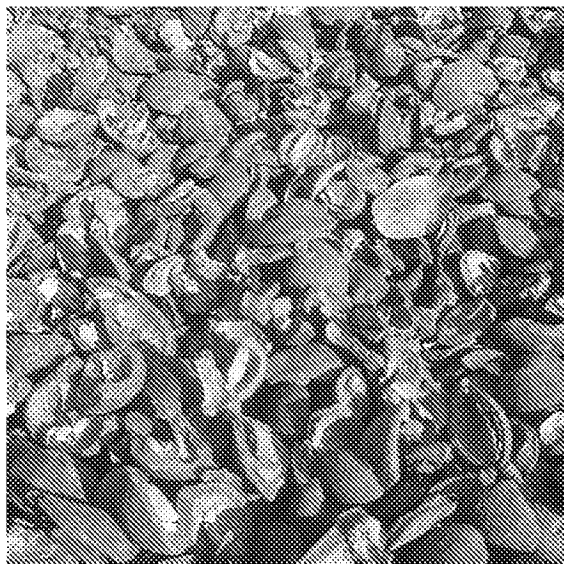
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

### (54)发明名称

一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法

### (57)摘要

一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,本发明以油茶果壳为原料,通过碱法蒸煮、碱处理、TEMPO体系氧化和高压均质等主要步骤分离得到油茶果壳纳米纤丝纤维素基底膜,以石墨烯为导电基质,在CTAB的作用下,通过抽滤的方法均匀铺展在基底膜表面,形成均匀连续的导电层,可以通过控制石墨烯的加入量,控制膜表面石墨烯的层数,使制得的柔性透明导电膜具有较好的柔性、可折叠性、弹性、刚性和热稳定性,其应用前景可观。



1. 一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,其特征在于,具体步骤为:

S1. 将晒干的油茶果壳截成小段,加入到的NaOH和Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>混合溶液中,加热至85~90℃反应90min,得到综纤维素;

S2. 将步骤S1所得的综纤维素加入到KOH溶液中,加热至70~80℃反应90min,得到纤维素;

S3. 将步骤S2所得纤维素分散至蒸馏水中,滴加适量H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液进行漂白,得到漂白后的纤维素;

S4. 将步骤S3得到的纤维素分散至蒸馏水中,加入一定量的TEMPO、NaBr和NaClO,室温下搅拌进行氧化反应,然后加入无水乙醇终止反应,再用蒸馏水反复冲洗,得到氧化纤维素;

S5. 将步骤S4所得的油茶果壳氧化纤维素分散至蒸馏水中,通过纳米微射流纳米均质机进行处理得呈淡蓝色的悬浮液,然后真空抽滤悬浮液,得基底膜;

S6. 往步骤S5得到的基底膜上加入混有活性剂的石墨烯溶液,通过层层抽滤成膜的方法,使石墨烯均匀铺展,得复合膜;

S7. 再重复步骤S6 n次,得n+1层复合膜;

S8. 取出步骤S7所得复合膜,在85℃下进行热压干燥,最终形成纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜。

2. 根据权利要求1所述的一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,其特征在于,所述步骤S1混合溶液中NaOH和Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>的质量分数为4~5wt%,混合溶液中NaOH与Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>的质量比为10~8:1。

3. 根据权利要求1所述的一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,其特征在于,所述步骤S2中KOH溶液的质量分数为15~20wt%,综纤维素与KOH的质量比为15~20:1。

4. 根据权利要求1所述的一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,其特征在于,所述步骤S3中H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液质量浓度为30wt%,纤维素与H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的质量比是5:1~2,在漂白时间为90min,漂白温度为65℃。

5. 根据权利要求1所述的一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,其特征在于,所述步骤S4中纤维素与蒸馏水的质量比为1:100,以绝干漂白后的纤维素的质量为对比,所述TEMPO、NaBr和NaClO的加入量分别为0.2mmol/g、1mmol/g和5~7mmol/g,反应时间为90~120min。

6. 根据权利要求1所述的一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,其特征在于,所述步骤S5氧化纤维素与蒸馏水的质量比为0.5:100,所述均质机选取 D5 喷嘴,所述喷嘴孔径为 130 um,调节均质机的压力为 25 kpsi,均质次数为6~8次。

7. 根据权利要求1所述的一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,其特征在于,所述步骤S6中混有活性剂的石墨稀溶液的制备方法为:将浓度为0.1mg/ml的石墨烯与浓度为0.02mol/l的CTAB溶液按体积比1:1超声混匀制备。

8. 根据权利要求1所述的一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,其特征在于,所述步骤S7中重复步骤S6不少于2次。

9. 根据权利要求1所述的一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,其特征在于,所述步骤S8热压干燥的时间为20h。

10. 一种根据权利要求1~9任一项所述的一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法制备得到的纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜。

## 一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种柔性透明导电膜的制备方法,更具体的,涉及一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法。

### 背景技术

[0002] 由于透明导电膜具有优异的光电性能,因为被广泛的应用于各种光电器件中,目前主要的应用领域有:用作触摸屏、太阳能电池、场致发电器件、平面液晶显示以及电致变色显示器件中的电极材料等,柔性衬底透明导电膜的开发是透明导电膜的潜在用途扩大到制造柔性发光器件、塑料液晶显示器、太阳能电池以及作为保温材料用于塑料大棚、玻璃粘贴膜等。

[0003] 纳米纤维素具有较好的透光性和柔韧性,使其作为柔性透明材料的基底材料,利用高长径比和高结晶度的纳米纤维素制成膜材料,具有比传统膜材料更好的透光性和力学强度,比玻璃和高分子膜更加的轻质、柔性、可折叠、比强度和热稳定性。近年来,纤维素基导电复合材料已逐渐引起国内外学者的广泛关注,以纳米纤维素纤丝为碳源,与导电物质复合,经碳化后的复合材料可以作为电极材料,纳米级的纤维素纤丝直径增加了与复合材料接触面积,生物炭纤维也可以作为高度导电的集电器,其高比面积和丰富的孔隙为电解液扩散提供了连续通道,并起到骨架之称的作用,增强电极循环特性,增加导电物质与电解液的界面面积,缩短了离子在氧化物内部的固态传输距离,从而达到提高综合电容性能的目的。

[0004] 油茶果壳中主要化学成分为粗纤维,含量达到73.4%。而纳米纤丝纤维素是一种拥有纳米尺度的天然材料,广泛存在于木质纤维中,其直径长度从100nm到几微米不等,具有优异的刚性强度和杨氏模量。同时纳米纤丝纤维素还具有高比表面积,作为纳米复合材料增强相。

[0005] 常见的透明导电膜由氧化铟、氧化锡、氧化锌等参杂的金属氧化物构成,目前应用最广的是掺锡的氧化铟。但是目前传统材料资源有限,石墨烯作为一种新型材料,有一层碳原子组成,各碳原子之间的连接非常柔韧,同时石墨烯具有优异的光学性能,也具有稳定的电化学性能和热力学性能,这些性能使石墨烯具备作为透明导电材料的用途,应用在导电膜领域。

[0006] 利用油茶果壳制备得到的纳米纤维素制成膜材料,然后以此为基底,制备纳米纤维素和石墨烯的导电膜材料,目前还没有利用油茶果壳制备纳米纤维素复合材料的研究。本发明通过研究对茶籽副产品油茶果壳的资源化利用,制备高附加值可再生纳米新材料,对切实提高我国油茶种植人员经济收入和高值化利用油茶果壳,然后将该材料与新型材料石墨烯相结合制备出性能优异的导电膜材料,实现可持续绿色发展经济。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种从油茶果壳中分离制备纳米纤丝纤维素作为基底制

备石墨烯柔性透明导电膜的方法,为高质化利用油茶果壳资源和制备高性能的透明导电膜材料提供了一条新的技术途径。

[0008] 本发明的另一目的在于提供一种有上述制备方法得到的纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜。

[0009] 本发明的目的通过以下技术方案予以实现:

一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法,具体步骤为:

S1.将晒干的油茶果壳截成小段,加入到的NaOH和Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>混合溶液中,加热至85~90℃反应90min,得到综纤维素;

S2.将步骤S1所得的综纤维素加入到KOH溶液中,加热至70~80℃反应90min,得到纤维素;

S3.将步骤S2所得纤维素分散至蒸馏水中,滴加适量H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液进行漂白,得到漂白后的纤维素;

S4.将步骤S3得到的纤维素分散至蒸馏水中,加入一定量的TEMPO、NaBr和NaClO,室温下搅拌进行氧化反应,然后加入无水乙醇终止反应,再用蒸馏水反复冲洗,得到氧化纤维素;

S5.将步骤S4所得的油茶果壳氧化纤维素分散至蒸馏水中,通过纳米微射流纳米均质机进行处理得呈淡蓝色的悬浮液,然后真空抽滤悬浮液,得基底膜;

S6.往步骤S5得到的基底膜上加入混有活性剂的石墨烯溶液,通过层层抽滤成膜的方法,使石墨烯均匀铺展,得复合膜;

S7.重复步骤S6 n次,得n层复合膜;

S8.取出步骤S7所得复合膜,在85℃下进行热压干燥,最终形成纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜。

[0010] 优选地,所述步骤S1混合溶液中NaOH和Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>的质量分数为4~5wt%,混合溶液中NaOH与Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>的质量比为10~8:1。

[0011] 优选地,所述步骤S2中KOH溶液的质量分数为15~20wt%,综纤维

优选地,所述步骤S3中H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液质量浓度为30wt%,纤维素与H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的质量比是5:1~2,在漂白时间为90min,漂白温度为65℃。

[0012] 优选地,所述步骤S4中纤维素与蒸馏水的质量比为1:100,以绝干漂白后的纤维素的质量为对比,所述TEMPO、NaBr和NaClO的加入量分别为0.2mmol/g、1mmol/g和5~7mmol/g,反应时间为90~120min。

[0013] 优选地,所述步骤S5氧化纤维素与蒸馏水的质量比为0.5:100,所述均质机选取D5喷嘴,所述喷嘴孔径为130 μm,调节均质机的压力为25 kpsi,均质次数为6~8次。

[0014] 优选地,所述步骤S6中混有活性剂的石墨烯稀溶液的制备方法为:将浓度为0.1mg/ml的石墨烯与浓度为0.02mol/l的CTAB溶液按体积比1:1超声混匀制备。

[0015] 优选地,所述步骤S7中重复步骤S6不少于2次。

[0016] 优选地,所述步骤S8热压干燥的时间为20h。

[0017] 本发明还提供一种纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的制备方法制备得到的纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜。

[0018] 相对现有技术,其本发明的有益效果在于:

(1) 本发明选取油茶籽加工副产物油茶果壳作为研究对象,经碱法蒸煮、碱处理、TEMPO体系氧化和高压均质等主要步骤分离得到油茶果壳纳米纤丝纤维素基底膜,具有大比表面积、强杨氏模量、高反应活性的油茶果壳纳米纤丝纤维素其长径比较大,制得的基底膜表面均匀光滑,具有较高的柔韧性、透光性、力学和热力学性能。

[0019] (2) 本发明以石墨烯为导电基质,在CTAB的作用下,通过抽滤的方法均匀铺展在基底膜表面,形成均匀连续的导电层,可以通过控制石墨烯的加入量,控制膜表面石墨烯的层数,使制得的柔性透明导电膜具有较好的柔性、可折叠性、弹性、刚性和热稳定性,其应用前景可观。

[0020] (3) 以本发明制得的纳米纤丝纤维素为基底膜,克服了单层或者多层石墨不能自持的缺点,其中本发明确定了石墨烯的加入量,在这个基础上,可以设置不同的石墨烯的加入量,可以调节复合膜的厚度、透光性和导电性能。

## 附图说明

[0021] 附图1为本发明实施例1~4原料油茶果壳的数码照片。

[0022] 附图2为本发明实施例1制备所得纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜SEM图。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合具体实施例进一步说明本发明。下述实施例仅用于示例性说明,不能理解为对本发明的限制。除非特别说明,下述实施例中使用的原材料和设备为本领域常规使用的原材料和设备。

### [0024] 实施例1

S1. 将晒干的油茶果壳截成小段,加入到的NaOH和Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>混合溶液中,加热至85℃反应90min,得到综纤维素;混合溶液中NaOH和Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的质量分数为4wt%,混合溶液中NaOH与Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的质量比为10:1

S2. 将步骤S1所得的综纤维素加入到KOH溶液中,加热至70℃反应90min,得到纤维素;KOH溶液的质量分数为15wt%,综纤维素与KOH的质量比为15:1。

[0025] S3. 将步骤S2所得纤维素分散至蒸馏水中,滴加适量H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液进行漂白,得到漂白后的纤维素; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液质量浓度为30wt%,纤维素与H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的质量比是5:1,在漂白时间为90min,漂白温度为65℃。

[0026] S4. 将步骤S3得到的纤维素分散至蒸馏水中,加入一定量的TEMPO、NaBr和NaClO,室温下搅拌进行氧化反应,然后加入无水乙醇终止反应,再用蒸馏水反复冲洗,得到氧化纤维素;所述步骤S4中纤维素与蒸馏水的质量比为1:100,以绝干漂白后的纤维素的质量为对比,所述TEMPO、NaBr和NaClO的加入量分别为0.2mmol/g、1mmol/g和5mmol/g,反应时间为90min。

[0027] S5. 将步骤S4所得的油茶果壳氧化纤维素分散至蒸馏水中,通过纳米微射流纳米均质机进行处理得呈淡蓝色的悬浮液,然后真空抽滤悬浮液,得基底膜;所述步骤S5氧化纤维素与蒸馏水的质量比为0.5:100,所述均质机选取 D5 喷嘴,所述喷嘴孔径为 130 μm,调节均质机的压力为 25 kpsi,均质次数为6次。

[0028] S6. 往步骤S5得到的基底膜上加入混有活性剂的石墨烯溶液,通过层层抽滤成膜

的方法,使石墨烯均匀铺展,得复合膜;混有活性剂的石墨稀溶液的制备方法为:将浓度为0.1mg/ml的石墨烯与浓度为0.02mol/l的CTAB溶液按体积比1:1超声混匀制备。

[0029] S7.重复步骤S6 2次,得3层复合膜;

S8.取出步骤S7所得复合膜,在85℃下进行热压干燥,热压干燥的时间为20h。最终形成纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜。

[0030] 本实施例所得纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜具有适中的导电性能(3.0S/cm)和透光性能(55%),杨氏模量为10.6Gpa,断裂功为473.2KJ/m,在室温至300℃区间具有良好的热稳定性。

[0031] 附图2为实施例1得到的纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜的扫描电镜图。

[0032] 实施例2

S1.将晒干的油茶果壳截成小段,加入到的NaOH和Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>混合溶液中,加热至85℃反应90min,得到综纤维素;混合溶液中NaOH和Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>的质量分数为5wt%,混合溶液中NaOH与Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>的质量比为8:1

S2.将步骤S1所得的综纤维素加入到KOH溶液中,加热至70℃反应90min,得到纤维素;KOH溶液的质量分数为15wt%,综纤维素与KOH的质量比为20:1。

[0033] S3.将步骤S2所得纤维素分散至蒸馏水中,滴加适量H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液进行漂白,得到漂白后的纤维素;H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液质量浓度为30wt%,纤维素与H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的质量比是5:2,在漂白时间为90min,漂白温度为65℃。

[0034] S4.将步骤S3得到的纤维素分散至蒸馏水中,加入一定量的TEMPO、NaBr和NaClO,室温下搅拌进行氧化反应,然后加入无水乙醇终止反应,再用蒸馏水反复冲洗,得到氧化纤维素;所述步骤S4中纤维素与蒸馏水的质量比为1:100,以绝干漂白后的纤维素的质量为对比,所述TEMPO、NaBr和NaClO的加入量分别为0.2mmol/g、1mmol/g和7mmol/g,反应时间为120min。

[0035] S5.将步骤S4所得的油茶果壳氧化纤维素分散至蒸馏水中,通过纳米微射流纳米均质机进行处理得呈淡蓝色的悬浮液,然后真空抽滤悬浮液,得基底膜;所述步骤S5氧化纤维素与蒸馏水的质量比为0.5:100,所述均质机选取 D5 喷嘴,所述喷嘴孔径为 130 um,调节均质机的压力为 25 kpsi,均质次数为7次。

[0036] S6.往步骤S5得到的基底膜上加入混有活性剂的石墨烯溶液,通过层层抽滤成膜的方法,使石墨烯均匀铺展,得复合膜;混有活性剂的石墨稀溶液的制备方法为:将浓度为0.1mg/ml的石墨烯与浓度为0.02mol/l的CTAB溶液按体积比1:1超声混匀制备。

[0037] S7.重复步骤S6 2次,得3层复合膜;

S8.取出步骤S7所得复合膜,在85℃下进行热压干燥,热压干燥的时间为20h。最终形成纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜。

[0038] 本实施例所得纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜具有适中的导电性能(2.9S/cm)和透光性能(56%),杨氏模量为11.4Gpa,断裂功为468.2KJ/m,在室温至300℃区间具有良好的热稳定性。

[0039] 实施例3

S1.将晒干的油茶果壳截成小段,加入到的NaOH和Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>混合溶液中,加热至90℃反应90min,得到综纤维素;混合溶液中NaOH和Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>的质量分数为4wt%,混合溶液中NaOH与

Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的质量比为10:1

S2.将步骤S1所得的综纤维素加入到KOH溶液中,加热至80℃反应90min,得到纤维素;KOH溶液的质量分数为15wt%,综纤维素与KOH的质量比为15:1。

[0040] S3.将步骤S2所得纤维素分散至蒸馏水中,滴加适量H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液进行漂白,得到漂白后的纤维素;H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液质量浓度为30wt%,纤维素与H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的质量比是5:1,在漂白时间为90min,漂白温度为65℃。

[0041] S4.将步骤S3得到的纤维素分散至蒸馏水中,加入一定量的TEMPO、NaBr和NaClO,室温下搅拌进行氧化反应,然后加入无水乙醇终止反应,再用蒸馏水反复冲洗,得到氧化纤维素;所述步骤S4中纤维素与蒸馏水的质量比为1:100,以绝干漂白后的纤维素的质量为对比,所述TEMPO、NaBr和NaClO的加入量分别为0.2mmol/g、1mmol/g和5mmol/g,反应时间为90min。

[0042] S5.将步骤S4所得的油茶果壳氧化纤维素分散至蒸馏水中,通过纳米微射流纳米均质机进行处理得呈淡蓝色的悬浮液,然后真空抽滤悬浮液,得基底膜;所述步骤S5氧化纤维素与蒸馏水的质量比为0.5:100,所述均质机选取D5喷嘴,所述喷嘴孔径为130μm,调节均质机的压力为25kpsi,均质次数为6次。

[0043] S6.往步骤S5得到的基底膜上加入混有活性剂的石墨烯溶液,通过层层抽滤成膜的方法,使石墨烯均匀铺展,得复合膜;混有活性剂的石墨烯稀溶液的制备方法为:将浓度为0.1mg/ml的石墨烯与浓度为0.02mol/l的CTAB溶液按体积比1:1超声混匀制备。

[0044] S7.重复步骤S6 4次,得5层复合膜;

S8.取出步骤S7所得复合膜,在85℃下进行热压干燥,热压干燥的时间为20h。最终形成纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜。

[0045] 本实施例所得纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜具有适中的导电性能(2.5S/cm)和透光性能(52%),杨氏模量为13.1Gpa,断裂功为498.2KJ/m,在室温至300℃区间具有良好的热稳定性。

[0046] 实施例4

S1.将晒干的油茶果壳截成小段,加入到的NaOH和Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>混合溶液中,加热至90℃反应90min,得到综纤维素;混合溶液中NaOH和Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的质量分数为5wt%,混合溶液中NaOH与Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的质量比为8:1

S2.将步骤S1所得的综纤维素加入到KOH溶液中,加热至80℃反应90min,得到纤维素;KOH溶液的质量分数为15wt%,综纤维素与KOH的质量比为20:1。

[0047] S3.将步骤S2所得纤维素分散至蒸馏水中,滴加适量H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液进行漂白,得到漂白后的纤维素;H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液质量浓度为30wt%,纤维素与H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的质量比是5:2,在漂白时间为90min,漂白温度为65℃。

[0048] S4.将步骤S3得到的纤维素分散至蒸馏水中,加入一定量的TEMPO、NaBr和NaClO,室温下搅拌进行氧化反应,然后加入无水乙醇终止反应,再用蒸馏水反复冲洗,得到氧化纤维素;所述步骤S4中纤维素与蒸馏水的质量比为1:100,以绝干漂白后的纤维素的质量为对比,所述TEMPO、NaBr和NaClO的加入量分别为0.2mmol/g、1mmol/g和7mmol/g,反应时间为120min。

[0049] S5.将步骤S4所得的油茶果壳氧化纤维素分散至蒸馏水中,通过纳米微射流纳米



均质机进行处理得呈淡蓝色的悬浮液,然后真空抽滤悬浮液,得基底膜;所述步骤S5氧化纤维素与蒸馏水的质量比为0.5:100,所述均质机选取 D5 喷嘴,所述喷嘴孔径为 130  $\mu\text{m}$ ,调节均质机的压力为 25 kpsi,均质次数为8次。

[0050] S6. 往步骤S5得到的基底膜上加入混有活性剂的石墨烯溶液,通过层层抽滤成膜的方法,使石墨烯均匀铺展,得复合膜;混有活性剂的石墨稀溶液的制备方法为:将浓度为0.1mg/ml的石墨烯与浓度为0.02mol/l的CTAB溶液按体积比1:1超声混匀制备。

[0051] S7. 重复步骤S6 3次,得4层复合膜;

S8. 取出步骤S7所得复合膜,在85 $^{\circ}\text{C}$ 下进行热压干燥,热压干燥的时间为20h。最终形成纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜。

[0052] 本实施例所得纳米纤丝纤维素/石墨烯柔性透明导电膜具有适中的导电性能(2.9S/cm)和透光性能(55%),杨氏模量为11.1Gpa,断裂功为488.2KJ/m,在室温至300 $^{\circ}\text{C}$ 区间具有良好的热稳定性。

[0053] 以上列举的仅是本发明的具体实施例。本发明不限于以上实施例,还可以有许多变形。本领域的普通技术人员能从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形,均应认为是本发明的保护范围。



图1

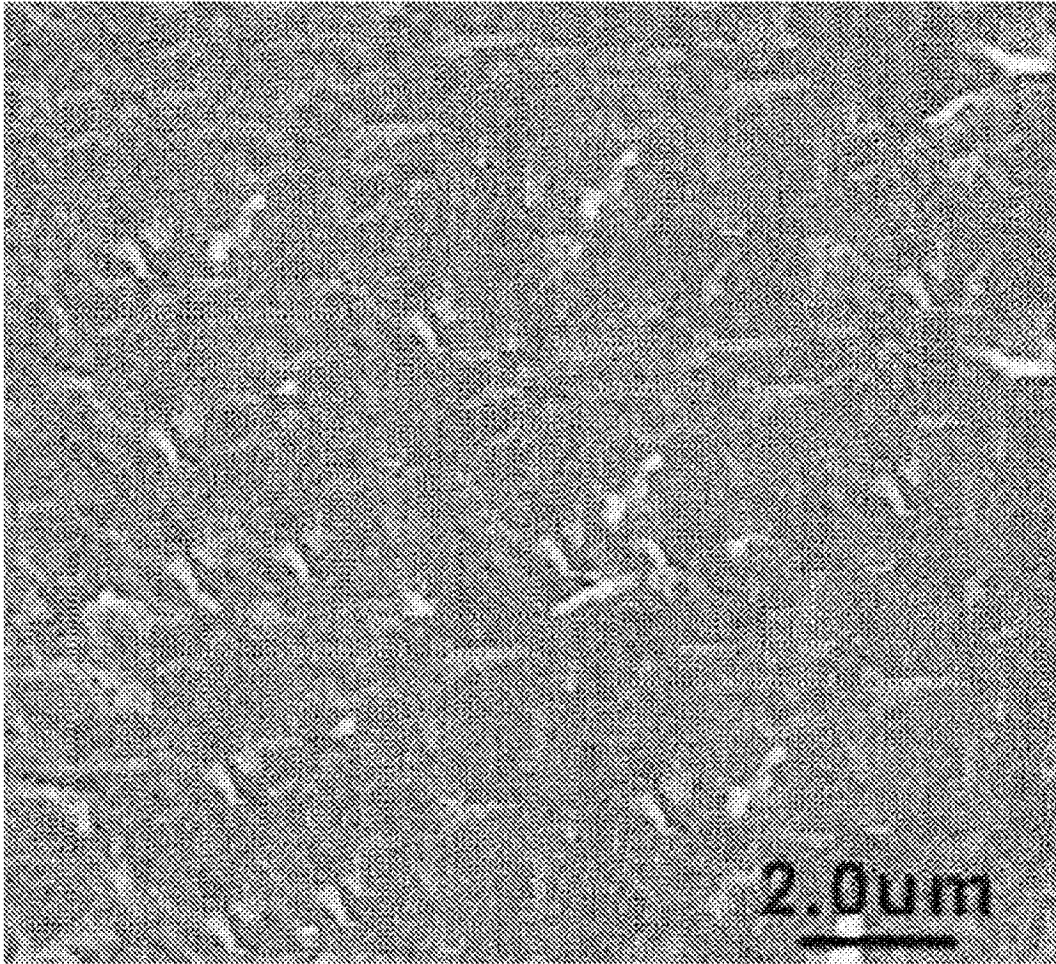


图2