

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102135692 A

(43) 申请公布日 2011. 07. 27

(21) 申请号 201010621351. 6

(22) 申请日 2010. 12. 31

(71) 申请人 泉州红瑞兴纺织有限公司

地址 362000 福建省泉州市经济技术开发区

(72) 发明人 庄碧双

(74) 专利代理机构 厦门市首创君合专利事务所

有限公司 35204

代理人 张松亭

(51) Int. Cl.

G02F 1/153 (2006. 01)

G02F 1/155 (2006. 01)

D06M 15/61 (2006. 01)

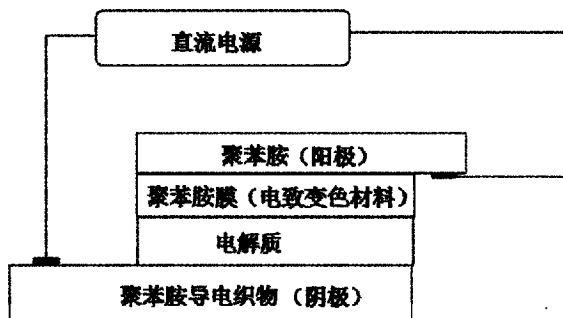
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种聚合物电致变色织物及其制备方法

(57) 摘要

一种电致变色织物及其制备方法, 涉及一种电致变色材料, 目的在于以原位化学方法合成一种低成本、易变色可控、循环可逆的电致变色织物。所述的电致变色织物由直流电源、阴阳电极、电解质溶液、电致变色材料等组成的三明治式电致变色器件。该种电致变色织物既具有导电聚合物的机敏感应特征, 又具有基质纤维的物理机械性能、柔软舒适性; 纤维表面的聚苯胺成膜厚度均一; 克服了传统电解质易泄漏和变色不均匀的缺陷; 导电性能优良; 颜色可控, 可逆循环, 断电后维持较久; 除此之外, 该种织物的抗静电、防腐蚀、电磁屏蔽功能佳; 是环境友好型制品, 且工艺流程简便、生产成本较低, 产品性能优异。



1. 一种电致变色器件,是实施电致变色织物的基本单元,为“三明治”层状结构,其特征在于包括直流电源、阴阳电极、电解质溶液、电致变色材料等的三明治式电致变色器件,其中,阳电极是聚苯胺膜,阴电极是导电聚苯胺织物,电解质溶液为 PVA-NH₄H₂PO₄ 复合电解质,电致变色材料为掺杂导电聚苯胺,位于最外面两层是透明导电层,两个次外层分别是电致变色层和对电极层,中间层是电解质层即离子导电层;当在两极之间加正向电压时,阴离子进入导电聚合物层(p-掺杂);反之,加反向电压时,掺杂的阴离子则离开导电聚合物层;随着掺杂和脱掺杂反应的进行,可观察到导电聚合物膜的颜色变化。

2. 一种电致变色织物的制备方法,其特征在于步骤如下:

1) 将 1 ~ 20mL 的 0.1 ~ 1mol/L 的苯胺、同苯胺等量的苯胺衍生物溶解在 1 ~ 10mL 的 0.1 ~ 1mol/L 的掺杂剂溶液中,得到溶液 A;

2) 将一定量(8 ~ 52g)的纤维放入 4 ~ 20mL 0.1 ~ 1mol/L 掺杂剂,再往溶液中加入 4 ~ 15mL 环己烷,在超声波中振荡 12h ~ 48h,得到溶液 B;

3) 将 B 浸泡在 A 溶液中,放入反应池中,超声分散 1h ~ 4h;

4) 将电极经过抛光处理及化学处理,再在 10 ~ 100mL 0.5 ~ 1mol/L 的稀酸溶液中、在 -0.10 ~ 0.95V 的电位范围内进行循环伏安扫描,直至得到稳定的循环伏安图,然后将极化的电极插入反应池中 10 ~ 30min,取出电极用无水环己烷浸泡,依次用盐酸、丙酮、水冲洗干净,用 N₂ 吹干,经 40°C ~ 60°C 下干燥 1 ~ 3h,得到聚苯胺阳极;

5) 在 0°C ~ 4°C 条件下往反应池中缓慢滴加 4 ~ 20mL 0.1 ~ 1mol/L 氧化剂,反应 3 ~ 24h,使苯胺单体在纤维表面缓慢且均匀的生长成膜,得到聚苯胺导电织物;

6) 将 5 ~ 10g 聚乙二醇(PVA)溶液加入到 10 ~ 50g 的 NH₄H₂PO₄ 中,得到 PVA-NH₄H₂PO₄ 复合聚合物电解质,涂在干燥后的电极上,自然放置 1 ~ 3h 后,然后把聚合物电解质、电极浸入反应池中,用 10 ~ 50g 环氧树脂密封反应池,装入直流电源,即得到电致变色器件,此织物具有电致变色性能。

3. 如权利要求 2 所述的一种电致变色织物的制备方法,其特征在于氧化剂是 (NH₄)₂S₂O₈、K₂S₂O₈、K₂Cr₂O₇、H₂O₂、(NH₄)₂CrO₇ 等中的至少一种。

4. 如权利要求 2 所述的一种电致变色织物的制备方法,其特征在于掺杂剂是 H₂SO₄、HCl、H₃PO₄、HBF₄、HBr、对甲苯磺酸、聚氯乙烯磺酸、十二烷基苯磺酸(DBSA)、磺基水杨酸、二壬基萘磺酸、丁二酸二辛酯磺酸、樟脑磺酸等中的至少一种。

5. 如权利要求 2 所述的一种电致变色织物的制备方法,其特征在于苯胺衍生物是邻胺基苯磺酸、邻胺基苯甲酸、N-(4-磺苯基)苯胺、邻甲氧基苯胺等中的至少一种。

6. 如权利要求 2 所述的一种电致变色织物的制备方法,其特征在于稀酸溶液是 H₂SO₄、HCl、H₃PO₄、HBr 等中的至少一种。

一种聚合物电致变色织物及其制备方法

技术领域

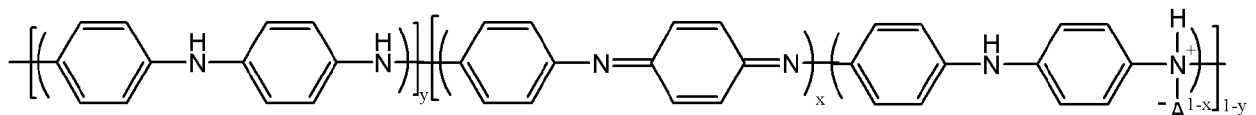
[0001] 本发明涉及一种电致变色材料,尤其是一种低成本、易变色可控、循环可逆的电致变色织物及其制备方法。

背景技术

[0002] 电致变色是指在外界电场的作用下,材料发生氧化或还原导致其对光透射或反射产生可逆变化,在外观上表现为颜色的可逆变色现象。按材料的结构划分,它一般可分为无机电致变色材料(如 WO_3 、 V_2O_5 、 NiO 等)和导电聚合物(聚苯胺类、聚噻吩类、聚吡咯类等)两大类。无机电致变色材料具有颜色对比度高、循环稳定性高、附着力强及热稳定性高等优点。与前者相比,导电聚合物电致变色材料具有以下优点:①具有良好的电化学氧化还原可逆性;②颜色变化的响应时间快;③颜色的变化是可逆的;④颜色变化灵敏度高;⑤有较高的循环寿命;⑥有一定的储存记忆功能;⑦有较好的化学稳定性。电致变色材料由于没有视角限制,且色彩丰富、响应时间快,具有广阔的市场应用前景。将电致变色材料添加到织物中,制成电致变色织物即人们梦寐以求的“变色龙”织物,它能够通过弱电调节自身的颜色与外界环境保持一致,在军事伪装、智能材料、新型显示器件及信息存储器件等方面具有潜在应用价值。在各种导电聚合物电致变色材料中,聚苯胺以其成本低、光学质量好、颜色转换快、循环可逆性好等优点倍受人们的关注。

[0003] 聚苯胺(PANI)属于典型的具有共轭电子体系的导电聚合物,它是由氧化单元 $\left(\text{C}_6\text{H}_4\text{=N-C}_6\text{H}_4\text{=N}\right)_x$ 和还原单元 $\left[\text{C}_6\text{H}_4\text{-NH-C}_6\text{H}_4\text{-NH}\right]_y$ 组成, x 代表它的氧化程度, y 代表它的还原程度, A^- 代表对阴离子,其结构式如下:

[0004]



[0005] 一般而言,PANI 可以通过化学掺杂、电化学掺杂、质子酸掺杂和物理掺杂等手段来实现导电,但以质子酸掺杂最为常见。通过质子酸掺杂,质子进入高聚物链上,使链带正电,为维持电中性,对阴离子也进入高聚物链,掺杂后链上电子数目不发生变化,其导电性能大大提高。

[0006] 聚苯胺的生成先由苯胺氧化成低聚物,再进一步自催化生成高聚物。它的室温电导率依赖于质子化程度和 PANI 的氧化态,并由质子化引起 PANI 的绝缘体-半导体-导体的转变。当电压在 $-0.2 \sim 1.0\text{V}$ 变化时,聚苯胺薄膜的颜色出现从无色、绿色、蓝色、紫色的变化,分别对应于聚苯胺的完全还原态、中间氧化态、高氧化态、全氧化态的变化。当电压控制在 $-0.2 \sim 0.6\text{V}$ 范围内,可实现无色、淡黄色、绿色的可逆变化,可循环使用,响应时间较短。

[0007] 许多研究者对聚苯胺的电致变色性能及机理进行了研究。夏都灵等【夏都灵. 聚苯胺导电膜电致变色机理研究 [J]. 电子科技大学学报, 2000, 19(6): 669-672】采用了乙

睛-高氯酸水溶液电解体系作为聚苯胺的掺杂剂,在 $\text{PH} = 1$ 及 $0.5 \sim 0.6\text{V}$ 恒电位的条件下电解聚合,得到了均匀、绿色、有光泽的聚苯胺导电膜,阐述了聚苯胺膜的电致变色机理。李辉等【李辉等. 电化学合成聚苯胺电致变色膜. 实验室研究与探索, 2005, 24(11) : 17-19】以导电玻璃为电极,讨论了电化学方法合成聚苯胺时电压、聚合时间及酸浓度等因素对聚苯胺导电膜电致变色性的影响。李星贵等【中国专利, CN 101020757A, 显示红绿蓝三原色的共聚苯胺电致变色膜及其制备方法】将苯胺和邻苯二胺两种单体通过化学氧化得到苯胺/邻苯二胺二元共聚物电致变色薄膜,此薄膜具有丰富的颜色,对电位变化敏感。Kitani A 等【Kitani A, Yano J, et al. ECD materials for the three primary colors developed by polyanilines[J]. Journal of Electro analytical Chemistry, 1986, 209(1) : 227-232.】曾采用电化学方法将聚邻苯二胺(无色、红色)、聚间氨基苯磺酸(无色、蓝色)和聚苯胺(无色、绿色)复合,制成了原理型全色电致变色材料;当聚苯胺-聚丙烯酸钠复合物与聚噻吩或者聚 3-甲基噻吩复合时,变色范围扩大为无色、红色、绿色、蓝色间的可逆变化。Li X G 等【Li X G, Wang H Y, et al. Synthesis, film-forming and electronic properties of o-phenylenediamine copolymers displaying an uncommon tricolor[J]. Macromolecules, 2007, 40 : 1489-1496.】通过化学氧化聚合,合成了不同比例的苯胺和邻苯二胺二元共聚物,其中,苯胺和邻苯二胺以 1:1 比例聚合时,得到的共聚物膜在 $-0.5 \sim 0\text{V}$ 显红色,在 $0 \sim +0.6\text{V}$ 呈现绿色,在 $+0.6 \sim +1.35\text{V}$ 为蓝色。董彦斌【中国专利, CN 101857802, 一种电化学合成的聚苯胺/聚乙烯醇电致变色复合膜及制备技术】采用质子酸、聚乙烯醇、苯胺类及衍生物通过电化学法制备出电致变色薄膜,合成过程易控,膜导电率高。

【0008】 目前利用聚苯胺制备电致变色材料的方法之中,用电化学聚合制备聚苯胺的方法很难用来制备大面积薄膜;传统的化学氧化法制备聚苯胺电致变色材料过程中,仍存在聚苯胺的溶解性差,难于加工,合成过程对环境产生污染,导电率不高等不足。原位聚合方法是指在聚合状态下直接将反应性单体加到分散填充物中,由于单体在单一相中是可溶的,而其聚合物是不可溶的,在分散相上发生聚合反应的一种方法。在酸性水溶液中,阴离子表面活性剂分子将吸附在棉纤维表面,苯胺单体通过与表面活性剂的静电吸附作用在基质纤维表面发生原位聚合反应,聚合后的导电聚合物将与基质纤维表面有机结合从而赋予织物基底优异的导电性能。

发明内容

【0009】 本发明的目的在于提供一种低成本、易变色可控、循环可逆的电致变色织物及其制备方法。

【0010】 电致变色织物的制备方法如下:

【0011】 1) 将 1~20 份 $0.1 \sim 1\text{mol/L}$ 的苯胺、同苯胺等量的苯胺衍生物溶解在 1~10 份 $0.1 \sim 1\text{mol/L}$ 的掺杂剂溶液中,得到溶液 A;

【0012】 2) 将一定量(8~52 份)的纤维放入 4~20 份 $0.1 \sim 1\text{mol/L}$ 掺杂剂,再往溶液中加入 4~15 份环己烷,在超声波中振荡 $12\text{h} \sim 48\text{h}$,得到溶液 B;

【0013】 3) 将 B 浸泡在 A 溶液中,放入反应池中,超声分散 $1\text{h} \sim 4\text{h}$ 。

【0014】 4) 将电极经过抛光处理及化学处理,再在 10~100 份 $0.5 \sim 1\text{mol/L}$ 的稀酸溶液

中、在 $-0.10 \sim 0.95\text{V}$ 的电位范围内进行循环伏安扫描,直至得到稳定的循环伏安图,然后将极化的电极插入反应池中 $10 \sim 30\text{min}$,取出电极用无水环己烷浸泡,依次用盐酸、丙酮、水冲洗干净,用 N_2 吹干,经 $40^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ 下干燥 $1 \sim 3\text{h}$,得到聚苯胺阳极。

[0015] 5) 在 $0^\circ\text{C} \sim 4^\circ\text{C}$ 条件下往反应池中缓慢滴加 $4 \sim 20$ 份 $0.1 \sim 1\text{mol/L}$ 氧化剂,反应 $3 \sim 24\text{h}$,使苯胺单体在纤维表面缓慢且均匀的生长成膜,得到聚苯胺导电织物。

[0016] 6) 将 $5 \sim 10$ 份聚乙二醇 (PVA) 溶液加入到 $10 \sim 50$ 份的 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 中,得到 PVA- $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 复合聚合物电解质,涂在干燥后的电极上,自然放置 $1 \sim 3\text{h}$ 后,然后把聚合物电解质、电极浸入反应池中,用 $10 \sim 50$ 份环氧树脂密封反应池,装入直流电源,即得到电致变色器件,此织物具有电致变色性能。

[0017] 电致变色器件是实施电致变色织物的基本单元,大多为“三明治”层状结构,由直流电源、阴阳电极、电解质溶液、电致变色材料等组成,其典型的结构如附图 1 所示。位于最外面两层是透明导电层,两个次外层分别是电致变色层和对电极层,中间层是电解质层即离子导电层。当在两极之间加正向电压时,阴离子进入导电聚合物层 (p-掺杂);反之,加反向电压时,掺杂的阴离子则离开导电聚合物层。随着掺杂和脱掺杂反应的进行,观察到导电聚合物膜的颜色变化。对于阳离子掺杂体系 (n-掺杂),类似的颜色变化也会发生。这种颜色的变化能够可逆地响应电场的变化,具有开路记忆的功能,且显色无视角限制。聚苯胺则属于质子酸掺杂,其掺杂过程中没有电子得失。随着聚苯胺所施加的电压不同,对聚苯胺的掺杂程度就会有变化,其分子的导带和价带之间出现极子能级、孤子能级和双极子能级,当价带电子向不同能级跃迁时,则会使吸收光谱发生不同程度的变化,从而显示出颜色的变化。

[0018] 所说的氧化剂是 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 、 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 H_2O_2 、 $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_7$ 等中的至少一种;所说的掺杂剂是 H_2SO_4 、 HCl 、 H_3PO_4 、 HBF_4 、 HBr 、对甲苯磺酸、聚氯乙烯磺酸、十二烷基苯磺酸 (DBSA)、磺基水杨酸、二壬基萘磺酸、丁二酸二辛酯磺酸、樟脑磺酸等中的至少一种;所说的苯胺衍生物是邻氨基苯磺酸、邻氨基苯甲酸、N-(4-磺苯基)苯胺、邻甲氧基苯胺等中的至少一种;所说的稀酸溶液是 H_2SO_4 、 HCl 、 H_3PO_4 、 HBr 等中的至少一种。

[0019] 本发明的优势在于:

[0020] 1) 通过这种聚合制得的导电织物既有导电聚合物的机敏感应特征,又具有基质纤维的物理机械性能和柔软舒适性。

[0021] 2) 聚苯胺在纤维表面生长均匀,成膜厚度均一,制备方法简单、成熟。

[0022] 3) 所制备的导电织物的导电性能优良持久。

[0023] 4) 利用 PVA- $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 电解质,克服了传统电解质易泄漏和变色不均匀的缺陷。

[0024] 5) 制备出的织物还具有抗静电、防腐蚀、电磁屏蔽功能。

[0025] 6) 在 $-0.2 \sim 0.8\text{V}$ 的直流电压条件下,实现了黄-黄绿-绿-蓝的可逆循环变化,且断电后持续时间较长。

[0026] 7)

附图说明

[0027] 图 1 为电致变色器件结构示意图

具体实施方式

[0028] 下面通过实施例对本发明做进一步说明。

[0029] 实施例 1：

[0030] 步骤 1、将 1mL 的 0.1mol/L 的苯胺、同苯胺等量的邻胺基苯磺酸溶解在 1mL 的 0.1mol/L 的 H_2SO_4 溶液中，得到溶液 A；

[0031] 步骤 2、将一定量 (8mg) 的纤维放入 4mL 的 0.1mol/L 的 H_2SO_4 ，再往溶液中加入 4mL 环己烷，在超声波中振荡 12h，得到溶液 B；

[0032] 步骤 3、将 B 浸泡在 A 溶液中，放入反应池中，超声分散 1h。

[0033] 步骤 4、将电极经过抛光处理及化学处理，在 50mL 的 0.5mol/L 的 HCl 溶液中、在 -0.10 ~ 0.95V 的电位范围内进行循环伏安扫描，直至得到稳定的循环伏安图，然后将极化的电极插入反应池中 10min，取出电极用无水环己烷浸泡，依次用盐酸、丙酮、水冲洗干净，用 N_2 吹干，经 40℃ 下干燥 1h。

[0034] 步骤 5、在 0℃ 条件下往反应池中缓慢滴加 4mL 的 0.1mol/L $(NH_4)_2S_2O_8$ ，反应 3h，使苯胺单体在纤维表面缓慢且均匀的生长成膜。

[0035] 步骤 6、将 5g 聚乙二醇 (PVA) 溶液加入到 10mL 的 $NH_4H_2PO_4$ 中，得到 PVA- $NH_4H_2PO_4$ 复合聚合物电解质，涂在干燥后的电极上，自然放置 1h 后，然后把聚合物电解质、电极浸入反应池中，用 10g 环氧树脂密封反应池，装入直流电源，即得到电致变色织物。

[0036] 实施例 2：

[0037] 步骤 1、将 5mL 的 0.2mol/L 的苯胺、同苯胺等量的邻胺基苯甲酸溶解在 2mL 的 0.5mol/L 的对甲苯磺酸溶液中，得到溶液 A；

[0038] 步骤 2、将一定量 (14mg) 的纤维放入 12mL 的 0.4mol/L 对甲苯磺酸，再往溶液中加入 6mL 环己烷，在超声波中振荡 16h，得到溶液 B；

[0039] 步骤 3、将 B 浸泡在 A 溶液中，放入反应池中，超声分散 2h。

[0040] 步骤 4、将电极经过抛光处理及化学处理，在 60mL 的 0.55mol/L 的 H_2SO_4 溶液中、在 -0.10 ~ 0.95V 的电位范围内进行循环伏安扫描，直至得到稳定的循环伏安图，然后将极化的电极插入反应池中 15min，取出电极用无水环己烷浸泡，依次用盐酸、丙酮、水冲洗干净，用 N_2 吹干，经 45℃ 下干燥 1.5h。

[0041] 步骤 5、在 1℃ 条件下往反应池中缓慢滴加 8mL 的 0.12mol/L $K_2S_2O_8$ ，反应 5h，使苯胺单体在纤维表面缓慢且均匀的生长成膜。

[0042] 步骤 6、将 6g 聚乙二醇 (PVA) 溶液加入到 15mL 的 $NH_4H_2PO_4$ 中，得到 PVA- $NH_4H_2PO_4$ 复合聚合物电解质，涂在干燥后的电极上，自然放置 1.5h 后，然后把聚合物电解质、电极浸入反应池中，用 15g 环氧树脂密封反应池，装入直流电源，即得到电致变色织物。

[0043] 实施例 3：

[0044] 步骤 1、将 13mL 的 0.34mol/L 的苯胺、同苯胺等量的 N-(4-磺苯基)苯胺溶解在 8mL 的 0.55mol/L 的樟脑磺酸溶液中，得到溶液 A；

[0045] 步骤 2、将一定量 (12mg) 的纤维放入 10mL 的 0.4mol/L 聚氯乙烯磺酸，再往溶液中加入 8mL 环己烷，在超声波中振荡 18h，得到溶液 B；

[0046] 步骤 3、将 B 浸泡在 A 溶液中，放入反应池中，超声分散 2.5h。

[0047] 步骤 4、将电极经过抛光处理及化学处理，在 0.7mol/L 的 H_3PO_4 溶液中、在 -0.10 ~

0.95V 的电位范围内进行循环伏安扫描,直至得到稳定的循环伏安图,然后将极化的电极插入反应池中 25min,取出电极用无水环己烷浸泡,依次用盐酸、丙酮、水冲洗干净,用 N₂ 吹干,经 55℃ 下干燥 2.5h。

[0048] 步骤 5、在 3℃ 条件下往反应池中缓慢滴加 15mL 的 0.8mol/LK₂Cr₂O₇,反应 18h,使苯胺单体在纤维表面缓慢且均匀的生长成膜。

[0049] 步骤 6、将 7g 聚乙二醇 (PVA) 溶液加入到 42mL 的 NH₄H₂PO₄ 中,得到 PVA-NH₄H₂PO₄ 复合聚合物电解质,涂在干燥后的电极上,自然放置 2.5h 后,然后把聚合物电解质、电极浸入反应池中,用 40g 环氧树脂密封反应池,装入直流电源,即得到电致变色织物。

[0050] 实施例 4:

[0051] 步骤 1、将 20mL 的 1mol/L 的苯胺、同苯胺等量的邻甲氧基苯胺溶解在 10mL 的 1mol/L 的十二烷基苯磺酸溶液中,得到溶液 A;

[0052] 步骤 2、将一定量 (52mg) 的纤维放入 20mL 的 1mol/L 十二烷基苯磺酸 (DBSA),再往溶液中加入 15mL 环己烷,在超声波中振荡 48h,得到溶液 B;

[0053] 步骤 3、将 B 浸泡在 A 溶液中,放入反应池中,超声分散 4h。

[0054] 步骤 4、将电极经过抛光处理及化学处理,在 70mL 的 1mol/L 的 HCl 溶液中、在 -0.10 ~ 0.95V 的电位范围内进行循环伏安扫描,直至得到稳定的循环伏安图,然后将极化的电极插入反应池中 30min,取出电极用无水环己烷浸泡,依次用盐酸、丙酮、水冲洗干净,用 N₂ 吹干,经 60℃ 下干燥 3h。

[0055] 步骤 5、在 4℃ 条件下往反应池中缓慢滴加 20mL 的 1mol/L (NH₄)₂CrO₇,反应 24h,使苯胺单体在纤维表面缓慢且均匀的生长成膜。

[0056] 步骤 6、将 10g 聚乙二醇 (PVA) 溶液加入到 50mL 的 NH₄H₂PO₄ 中,得到 PVA-NH₄H₂PO₄ 复合聚合物电解质,涂在干燥后的电极上,自然放置 3h 后,然后把聚合物电解质、电极浸入反应池中,用 50g 环氧树脂密封反应池,装入直流电源,即得到电致变色织物。

[0057] 将上述制备的电致变色织物通过相关测试,测试结果见表 1。

[0058] 表 1 电致变色织物测试结果

[0059]

性能 \ 样品	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4
电导率 (S/cm)	2.5×10^{-3}	3.8×10^{-3}	5×10^{-3}	5.3×10^{-3}
表面电阻 (Ω/cm^2)	1.9×10^5	1.7×10^5	1.4×10^5	1.3×10^5
颜色变化	黄-黄绿-绿-蓝	黄-黄绿-绿-蓝	黄-黄绿-绿-蓝	黄-黄绿-绿-蓝
可逆循环次数	2×10^6	1.7×10^6	1.9×10^6	1.9×10^6
响应时间 (ms)	70	61	66	63
断电后颜色维持 时间(s)	140	160	157	162
耐洗色牢度 变色(级)	4	5	5	4
沾色(级)	4	4	4	4
400MHz 电磁屏蔽 性能 (dB)	56	60	64	62
耐碱性 (48h 无 变化)	无变化	无变化	无变化	无变化

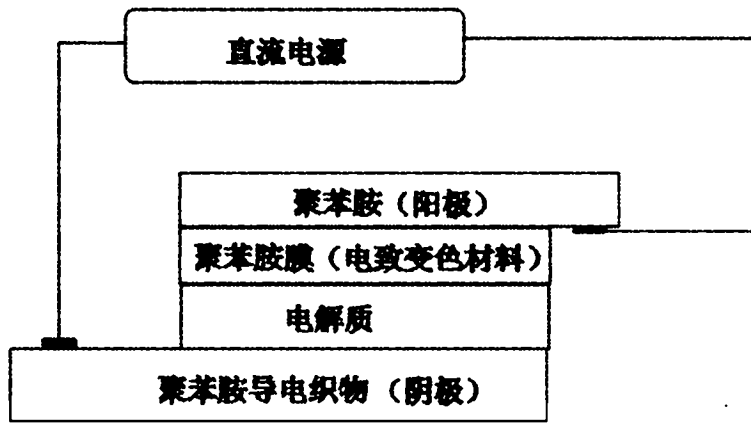


图 1