



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102995395 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 27

(21) 申请号 201110269365. 0

(22) 申请日 2011. 09. 15

(71) 申请人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 郑子剑 胡红 王晓龙

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理有限公司 44217

代理人 郭伟刚

(51) Int. Cl.

D06M 11/83 (2006. 01)

D06M 14/00 (2006. 01)

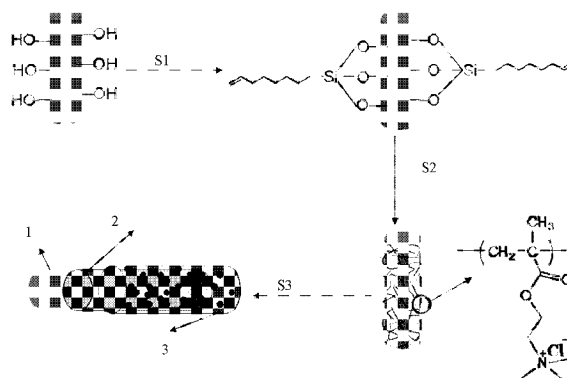
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种导电纺织品及其制作方法

(57) 摘要

本发明涉及一种导电纺织品及其制作方法, 该导电纺织品包括: 纺织品基底; 通过原位聚合方法在纺织品基底上形成的电解质粘结层; 通过化学镀在所述电解质粘结层上形成的金属涂层。本发明通过使用原位自由基聚合方法在导电基团和纺织基底之间制备电解质粘结层, 该电解质粘结层的修饰大大提高了导电基团到纺织基底之间的附着力, 这使得如此制得的电气元件在经受搓揉、拉伸和洗涤时更加可靠、强韧和耐用; 且原位自由基聚合方法制备聚电解质的过程是在温和的条件下进行的, 从单体到聚合物的原位自由基聚合的较高化学转化率, 降低了本发明的成本, 同时使得本发明易于进行大规模生产。



1. 一种导电纺织品,其特征在于,包括:
纺织品基底;
通过原位聚合方法在纺织品基底上形成的电解质粘结层;
通过化学镀在所述电解质粘结层上形成的金属涂层。
2. 根据权利要求1所述的导电纺织品,其特征在于,所述纺织品基底包括:棉、丝绸、羊毛、尼龙、聚酯、氨纶、莱卡、芳纶或弹性体。
3. 根据权利要求1所述的导电纺织品,其特征在于,所述电解质粘结层为聚[2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵]。
4. 根据权利要求1所述的导电纺织品,其特征在于,所述金属涂层为铜涂层、镍涂层、铜镍涂层或银涂层。
5. 一种根据权利要求1-4中任意一项所述的导电纺织品的制作方法,其特征在于,包括以下步骤:
 - 1) 在纺织品基底表面通过原位聚合制备电解质粘结层;
 - 2) 在步骤1)得到的纺织品基底的电解质粘结层表面通过化学镀制备金属涂层。
6. 根据权利要求5所述的导电纺织品的制作方法,其特征在于,所述步骤1)进一步包括:将纺织品基底浸泡在7-辛烯基三氯硅烷的无水甲苯溶液中进行硅烷化,随后冲洗硅烷化的纺织品基底,并干燥;随后将干燥的硅烷化的纺织品基底浸泡在含有2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵和 $K_2S_2O_8$ 的水溶液中,紧接着施压浸轧,再经过两次上述浸泡和浸轧过程,随后放入烤箱中加热以进行聚合。
7. 根据权利要求5所述的导电纺织品的制作方法,其特征在于,所述步骤2)进一步包括:将具有聚[2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵]涂层的纺织品基底浸入 $(NH_4)_2PdCl_4$ 水溶液中,在使用去离子水冲洗后,将其浸入铜化学镀液、镍化学镀液、铜镍化学镀液或银化学镀液中,随后用水冲洗和干燥得到导电纺织品。
8. 根据权利要求6所述的导电纺织品的制作方法,其特征在于,所述步骤1)具体为:将纺织品基底浸泡在2~20 mM的7-辛烯基三氯硅烷的无水甲苯溶液中1至6个小时,随后使用另外的无水甲苯和乙醇冲洗,再用清水洗净硅烷化的纺织品基底,在40~60℃的真空中干燥2~4小时;随后将干燥的硅烷化的纺织品基底浸泡在含有0.0622g/mL~0.622g/mL的2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵和0.0492~0.492g/L $K_2S_2O_8$ 的水溶液中5~15分钟,紧接着在2~5 kg/cm²的压力下浸轧;再经过反复两次上述浸泡和浸轧过程,随后放入70~120℃烤箱中加热1~3小时以进行聚合。
9. 根据权利要求7所述的导电纺织品的制作方法,其特征在于,所述步骤2)具体为:将具有聚[2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵]涂层的纺织品基底浸入5~10 mM的 $(NH_4)_2PdCl_4$ 水溶液中0.5~1小时,在使用去离子水冲洗后,将其浸入12 g/L NaOH, 13 g/L $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 29 g/L 酒石酸钠钾和9.5 mL/L HCHO组成的铜化学镀液中15~60分钟,随后用水冲洗和吹干得到导电纺织品。

一种导电纺织品及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及导电材料的制备,更具体地说,涉及一种导电纺织品及其制作方法。

背景技术

[0002] 已知有两种方式来获得导电的纤维、纱线、织物和薄膜,即采用在混纺纱或复合纱中嵌入金属线或其它导电线或导电材料的方式,以及在纺织品基底的表面上涂覆导电材料的方式。用于制造导电的纤维、纱线、织物和薄膜的导电材料中包括金属、金属氧化物、金属纳米粒子、导电聚合物和碳基材料。

[0003] 对于第一种方式而言,现有技术中已知几种生产方法。PCT 国际申请 W093/24689 就是采用这种方式使用相同或不同类型的纺织纤维制造复合纱的方法,在这些纺织纤维中捻合了金属线,退火的镀银或镀金的铜或者退火的不锈钢,其直径在 0.008mm 至 0.05mm 之间。在捻合了该复合纱/织物后,金属线基本上位于各个纺织纤维的相互接触区域之间的纵轴方向上。另一种类似的方法在欧洲专利文献 EP-A-0 644 283 中进行了描述。其中,金属线和纺织线在被带到一起时相互捻合。论文 (D. Marculescu et al. Proceedings of the IEEE 2003, 91, 1995 and S. Jung et al. ISSCC 2003/Session 22/TD: Embedded Technologies/Paper 22.1) 公开了整合了金属线的织物。专利号为 3987613 的美国专利、欧洲专利文献 EP-A-0 250 和专利号为 6032450 的美国专利中公开了其它一些纺纱方法。这些方法得到了广泛应用,是因为通过嵌入方法制备的复合纱的纺织线和金属线之间的结合非常紧密。但是,这些方法也存在不足,金属线已经在一定程度上承受了相当的机械预应力,且复合纱相对坚硬容易折断,这可能存在一定的风险,使得复合纱/织物在进一步的加工期间重新分离,并且当这些金属股通过焊接结合在一起时,在焊接工艺之前或过程中周围区域的纺织载体结构可能被破坏。碳基材料,例如碳纤维、石墨和碳纳米管,也可以直接纺入到导电纱线/织物中。但是,这不仅在成本上仍然存在局限,而且当被焊接连接时其导电性能仍然比金属差。

[0004] 另一种方式,即在常规纤维上覆盖一层金属、碳纳米管或导电聚合物,随后纺成纱线,是一种制作导电纱线的更加经济而富有成效的方式。在这些生产的纱线中,人们着重于关注金属涂层的纱线。专利号为 4522889 的美国专利公开了一种通过化学镀涂覆了铜和镍的导电芳香聚酰胺布料。但是,没有获得大致均匀的金属涂层,特别是在预纺织织物的纱线交叉处。而同样在专利号为 5302415 的美国专利中也出现了未被涂覆的细丝。专利号为 5935706 的美国专利描述了使用铜来对各种芳香聚酰胺纤维喷镀金属的工艺。该公开的工艺使用了 80% 至 90% 的硫酸溶液来修饰芳香聚酰胺纤维的表面。该修饰是通过解聚来控制纤维降解来实现的,从而为促进电解金属沉积的增敏剂的沉积提供位点。然而,这些专利中使用 80% 到 90% 的硫酸溶液,这将破坏所有的天然纤维,例如,棉、丝和羊毛,另一方面,通过湿化学方法沉积的铜意味着这种沉积直接位于聚合物表面,这将导致金属和芳香聚酰胺纤维表面之间的结合非常薄弱。在制作纺织电子器件时,这种薄弱的金属涂层纤维不能承受强韧的机织或针织工艺。

[0005] 最近,郑等人研制出一种制造聚电解质-桥连金属-涂层棉纱的技术。在该方法中,通过表面引发原子转移自由基聚合(SI-ATRP)在棉纱表面嫁接较薄的聚电解质层。包括铜和镍的导电金属随后通过离子交换和化学沉积法沉积到聚电解质层上。如此制得的导电棉在机械和洗涤测试中是非常耐用的。这项工作有力地证明了聚电解质可以作为软基地和硬金属涂层之间的一种非常有效的桥接层,以生产出具有良好的柔韧性和导电性的非常坚固的分层结构。然而,SI-ATRP 工艺存在几点不足,严重阻碍了大规模生产和商业化。首先,其对氧气非常敏感,需要进行氮气保护。因此,SI-ATRP 非常难以应用在大规模制造中,特别是在纺织行业。其次,从单体到聚合物的化学转化率是非常低的,使得大部分单体都被浪费。第三,反应速度慢,可能需要 24 小时。此外,目前的技术只能用于在特定的或有限的基底上制备导电织物。因此,亟待研制出一种能够普遍使用且产量高的技术来制造导电织物,该技术可被用于在温和地条件下在不同类型的基底上制造这些聚电解质-桥连金属-涂层棉纱和织物且适用于后续的卷到卷工艺。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有的导电纺织品制作方法中需要进行氮气保护且转化率低的缺陷,提供一种导电纺织品及其制作方法。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种导电纺织品及其制作方法,通过在纺织品基底表面通过原位聚合方法制备电解质粘结层;随后在制得的纺织品基底的电解质粘结层表面通过化学镀制备金属涂层。

[0008] 根据本发明的第一方面,提供了一种导电纺织品,包括:

[0009] 纺织品基底;

[0010] 通过原位聚合方法在纺织品基底上形成的电解质粘结层;

[0011] 通过化学镀在所述电解质粘结层上形成的金属涂层。

[0012] 在根据本发明第一方面所述的导电纺织品中,所述纺织品基底包括:棉、丝绸、羊毛、尼龙、聚酯、氨纶、莱卡、芳纶或弹性体。

[0013] 在根据本发明第一方面所述的导电纺织品中,所述电解质粘结层为聚[2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵]。

[0014] 在根据本发明第一方面所述的导电纺织品中,所述金属涂层为铜涂层、镍涂层、铜镍涂层或银涂层。

[0015] 根据本发明第二方面,提供了一种如上所述的导电纺织品的制作方法,包括以下步骤:

[0016] 1) 在纺织品基底表面通过原位聚合制备电解质粘结层;

[0017] 2) 在步骤 1) 得到的纺织品基底的电解质粘结层表面通过化学镀制备金属涂层。

[0018] 在根据本发明第二方面所述的导电纺织品的制作方法中,所述步骤 1) 进一步包括:将纺织品基底浸泡在 7-辛烯基三氯硅烷的无水甲苯溶液中进行硅烷化,随后冲洗硅烷化的纺织品基底,并干燥;随后将干燥的硅烷化的纺织品基底浸泡在含有 2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵和 $K_2S_2O_8$ 的水溶液中,紧接着施压浸轧,再经过两次上述浸泡和浸轧过程,随后放入烤箱中加热以进行聚合。所述步骤 2) 进一步包括:将具有聚[2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵]涂层的纺织品基底浸入 $(NH_4)_2PdCl_4$ 水溶液中,在使用去离子水

冲洗后,将其浸入铜化学镀液、镍化学镀液、铜镍化学镀液或银化学镀液中,随后用水冲洗和干燥得到导电纺织品。

[0019] 在根据本发明第二方面所述的导电纺织品的制作方法中,所述步骤 1) 具体为:将纺织品基底浸泡在 2 ~ 20mM 的 7-辛烯基三氯硅烷的无水甲苯溶液中 1 至 6 个小时,随后使用另外的无水甲苯和乙醇冲洗,再用清水洗净硅烷化的纺织品基底,在 40 ~ 60℃ 的真空中干燥 2 ~ 4 小时;随后将干燥的硅烷化的纺织品基底浸泡在含有 0.0622g/mL ~ 0.622g/mL 的 2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵和 0.0492 ~ 0.492g/L $K_2S_2O_8$ 的水溶液中 5 ~ 15 分钟,紧接着在 2 ~ 5kg/cm² 的压力下浸轧;再经过反复两次上述浸泡和浸轧过程,随后放入 70-120℃ 烤箱中加热 1 ~ 3 小时以进行聚合。所述步骤 2) 具体为:将具有聚[2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵]涂层的纺织品基底浸入 5 ~ 10mM 的 $(NH_4)_2PdCl_4$ 水溶液中 0.5 ~ 1 小时,在使用去离子水冲洗后,将其浸入 12g/L NaOH, 13g/L $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 29g/L 酒石酸钠钾和 9.5mL/L HCHO 组成的铜化学镀液中 15 ~ 60 分钟,随后用水冲洗和吹干得到导电纺织品。

[0020] 实施本发明的导电纺织品及其制备方法,具有以下有益效果:本发明使用原位自由基聚合方法在导电基团和纺织基底(纤维、纱线、织物和薄膜)之间制备电解质粘结层,首先,电解质粘结层的修饰大大提高了导电基团到纺织基底之间的附着力,这使得如此制得的电气元件在经受搓揉、拉伸和洗涤时更加可靠、强韧和耐用;其次,原位自由基聚合方法制备聚电解质,是在温和的条件下进行的,其通过浸轧-干燥-固化工艺对各种类型纤维、纱线、织物和薄膜进行修饰;再次,从单体到聚合物的原位自由基聚合的较高化学转化率,降低了本发明的成本,使得本发明易于进行大规模生产,且成本低廉。

附图说明

[0021] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0022] 图 1a 为根据本发明的通过原位自由基聚合的方法制作导电棉纱的过程示意图;图 1b、图 1c 和图 1d 分别为具有铜涂层、具有镍涂层和具有银涂层的导电棉织物的照片;

[0023] 图 2 为棉纱以及具有 PMETAC 涂层的棉纱的傅里叶变换红外光谱 (FTIR) 表征图;

[0024] 图 3 为经过不同修饰之后的棉纱的 X 射线光电子能谱仪 (XPS) 曲线图;

[0025] 图 4a、4b、4c 和 4d 分别为棉纱、硅烷化棉纱、具有 PMETAC 的涂层的棉纱以及继续覆有铜涂层的棉纱的 SEM 图;

[0026] 图 5 为化学镀的时间分别与沉积铜的质量,以及所制得的具有铜涂层的棉纤维的方阻之间的关系图;

[0027] 图 6a 和图 6b 所示分别为原材料和经过本发明方法制成的导电材料的外观图;

[0028] 图 7a 和 7b 分别为 PDMS 薄膜和化学镀后被拉紧至 70% 的 PDMS 薄膜的表面形态的 SEM 图;图 7c、图 7d、图 7e 和图 7f 分别为采用制得的导电 PDMS 作为电线的集成电路分别在电线被拉紧到 70%、被放松、被弯曲和被卷绕的外观图;图 7g 和图 7h 分别为采用制得的导电橡胶带作为电线集成电路分别在电线被拉伸至 300% 和放松后的外观图。

具体实施方式

[0029] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对

本发明进行进一步详细说明。

[0030] 本发明描述了一种通用和简便的方法,用于制备导电纺织品,如纤维、纱线、织物和薄膜,其在温和的条件下采用原位自由基聚合方法通过浸扎-干燥-固化工艺在纤维、纱线、织物和薄膜上沉积导电基团,其中采用聚电解质作为粘接层。制得的产品在经过多个搓揉-拉伸-洗涤的处理周期后,仍然具有较强的机械和电气稳定性以及功能特性。

[0031] 重量轻、灵活、可靠且可穿戴式的电子元件(纤维、纱线、织物和薄膜)对许多应用的发展产生重大影响,包括可穿戴式显示器、太阳能电池、驱动器、数据管理设备和多功能生物传感器。本发明能够在制造可穿戴电子产品的关键材料即导电元件(纤维、纱线、织物和薄膜)方面发挥重要作用。

[0032] 请参阅图 1a 为根据本发明的通过原位自由基聚合的方法制作导电棉纱的过程示意图;图 1b、图 1c 和图 1d 分别为最终制得的具有铜涂层、具有镍涂层和具有银涂层导电棉织物的照片。如图 1a 所示,主要步骤为:首先,通过在步骤 S1 中对纺织品基底进行硅烷化和在步骤 S2 中通过浸扎-干燥处理后通过在烤箱中进行原位自由基聚合以固化,从而在纺织品基底表面通过原位聚合制备电解质粘结层。随后,在上述得到的纺织品基底的电解质粘结层表面通过步骤 S3 化学镀制备金属涂层。由此得到的导电纺织品分为三层,分别为:纺织品基底 1、通过原位聚合方法在纺织品基底 1 上形成的电解质粘结层 2,以及通过化学镀在所述电解质粘结层 2 上形成的金属涂层 3。如图 1a 中在棉纱表面涂覆了聚[2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵](PMETAC)涂层,再通过化学镀在 PMETAC 涂层上沉积了金属层。

[0033] 其中纺织品基底可以采用:棉、丝绸、羊毛、尼龙、聚酯、氨纶、莱卡、芳纶或弹性体。电解质粘结层可以为 PMETAC。金属涂层可以为铜涂层、镍涂层、铜镍涂层或银涂层。

[0034] 下面对本发明的导电纺织品的制作方法的具体步骤进行说明。在该实施例中,本发明采用基于原位聚合方法的浸轧-干燥-固化工艺来制备聚[2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵](PMETAC)涂层棉纱。随后使用贵金属离子如 Pd^{2+} 在具有聚合物涂层的棉纱上化学沉积金属粒子,产生导电纱线。该工艺如图 1a 中所示。在一个典型实验中,首先将棉纱浸入含有 2~20mM 的 7-辛烯基三氯硅烷的无水甲苯溶液中 1 至 6 个小时,使得纤维素的羟基与硅烷分子发生缩合反应。然后使用另外的无水甲苯和乙醇彻底冲洗,以去除多余的物理吸收的硅烷和产品分子。最后用清水洗净硅烷化的棉纱,紧接着在 40~60℃ 的真空中干燥 2~4 小时。随后,将硅烷固定化的棉纱浸泡在含有 3.11~31.1g METAC 和 2.46~24.6mg $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的 50mL 的水溶液中 5~15 分钟,紧接着在 2~5kg/cm² 的压力下浸轧。再经过两次浸泡和浸轧,制得的棉纱在 70-120℃ 在烤箱中加热 1~3 小时以进行聚合。在自由基聚合过程中,硅烷的双键可以被自由基打开以与[2-(甲基丙烯酰氧)乙基三甲基氯化铵](METAC)聚合,使得棉纱表面的 PMETAC 不断增加。最后,将具有 PMETAC 涂层的棉纱浸入 5~10mM 的 $(\text{NH}_4)_2\text{PdCl}_4$ 水溶液中 0.5~1 小时,其中 PdCl_4^{2-} 基团由于对 QA^+ 具有较高的亲和性通过离子交换被固定到聚合物上。钯基团对化学沉积铜、镍及银具有有效的催化作用。在使用 4×200ml 去离子水冲洗后,纱线最后被浸入铜或镍化学镀液中 15~60 分钟,或银化学镀液中于 35-40℃ 反应 30-90 分钟,随后用水冲洗和吹干。所得具有铜涂层、镍涂层或银涂层的导电棉织物分别如图 1b、1c 和 1d 所示。铜化学镀液组成为 12g/L NaOH, 13g/L $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 29g/L 酒石酸钠钾和 9.5mL/L HCHO;镍化学镀液组成为 40g/L $\text{Ni}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$,

20g/L 柠檬酸钠, 10g/L 乳酸和 1g/L 二甲胺基硼烷。也可以采用该方法通过纱线在铜化学镀液和镍化学镀液交替浸泡制备具有铜镍涂层的导电棉织物。银化学镀液首先配制 1g/L AgNO₃ 溶液, 滴加适量 34% wt 氨水得到银氨溶液, 然后将其与等体积 5g/L 酒石酸钠钾溶液混合均匀。

[0035] 图 2 和图 3 分别示出了傅里叶变换红外光谱 (FTIR) 和 X 射线光电子能谱仪 (XPS) 表征结果, 证实本发明的制作过程成功地制备了所需的结构。在图 2 中, 1728cm⁻¹ 处的高峰是由于 PMETAC 的羰基, 表明在棉纱上成功地涂覆了 PMETAC。图 3 的 XPS 结果说明了整个过程的细节。第 2 条线上强烈的 Si2p 和 Si 2s 信号表明硅烷固定过程的成功, 随后在浸扎 - 干燥 - 固化处理后, 产生的棉纱在第 3 条线上示出了由于 PMETAC 产生的明显的 C1 和 N 信号, 这代表在棉纱表面成功地嫁接了 PMETAC。在离子交换后, 在第 4 条线上, 出现了强烈的 3d 信号, 它可以有效地促进铜或镍镀到棉纱表面上, 分别如第 5 条线和第 6 条线所示。这个明显且强烈的金属信号, 表明棉纱表面上具有均一且致密的铜和镍涂层。图 4a、4b、4c 和 4d 分别为棉纱、硅烷化棉纱、具有 PMETAC 的涂层的棉纱以及继续覆有铜涂层的棉纱的扫描电子显微镜示意图, 图 4d 中插入的图为覆有铜涂层的棉纱的剖面图。从图中可见, 硅烷化的棉纤维和具有 PMETAC 涂层的棉纤维的表面形态与原材料的表面形态没有明显区别, 这表明加工过程没有对棉纱的外观造成任何有害影响。

[0036] 通过控制化学镀的时间, 如此制得的具有铜涂层的棉纱的导电性是可调的。一般来说, 电镀时间长使得导电性高。我们随后通过扫描电镜观察 ELD 反应。随着时间的推移, 纱线逐步变得膨胀, 且铜层厚度增加, 从而产生电导率 (如图 5)。浸泡 60 分钟后, 铜层厚度增长到超过 250nm, 棉纱的电阻下降到 45 Ω / 平方米 (图 5), 从而可以作为电线使用。然而, 90 分钟 ELD 或更长的时间后, 铜层的厚度和电阻变化不大, 这表明饱和平稳期发生在约 60 分钟浸泡时。

[0037] 除棉外, 这种方法也可以用来在各类材料上制造导电纤维或织物, 如丝绸制品、羊毛、尼龙、聚酯、氨纶、莱卡和芳纶, 如图 6a 和图 6b 所示分别为原材料和经过本发明方法制成的导电材料。与棉不同的是, 在制造过程开始前, 其他材料的纤维或织物必须采用氧等离子体活化, 它可以产生活性羟基以通过与氯硅烷 (chlorosilane) 发生缩合反应来固定含有硅烷的双键。所有如此制得的以各种材料为基底的金属涂层纺织品表现出良好的导电性和耐久性。

[0038] 稍做修改, 该方法还可以用来修饰具有拉伸性的弹性材料, 例如聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 制成的纤维、薄膜和橡胶, 以制备可拉伸的导体, 被用来在可拉伸的电子器件中作为导线。在 PDMS 基底表面上产生 PMETAC 的过程与上述描述的 PET 和莱卡等的过程一样, 稍微的区别在于随后的化学镀过程是在 PMETAC 修饰的弹性体被拉伸到特定的应变程度时实施的。化学镀过程完成后, 弹性体被放松, 从而在表面上形成有规律的屈曲, 同时金属层仍然保持完整而不会产生任何破损或者剥落, 如图 7a 和 7b 所示。当金属化的弹性体在集成电路中被用作电线时, 它可以承受拉伸或弯曲, 因为其屈曲可以被拉直以提供较大的应变, 而在施加外力时金属层自身实际承受较小的压力, 如图 7c-f 所示。如此制得的金属化弹性体具有良好的电气性能, 它甚至可被拉长到 300%, 如在图 7g 和 7h 所示。这些结果表明, 该方法在制备可拉伸电子产品时具有较大的潜力。

[0039] 本发明是根据特定实施例进行描述的, 但本领域的技术人员应明白在不脱离本发

明范围时,可进行各种变化和等同替换。此外,为适应本发明技术的特定场合或材料,可对本发明进行诸多修改而不脱离其保护范围。因此,本发明并不限于在此公开的特定实施例,而包括所有落入到权利要求保护范围的实施例。

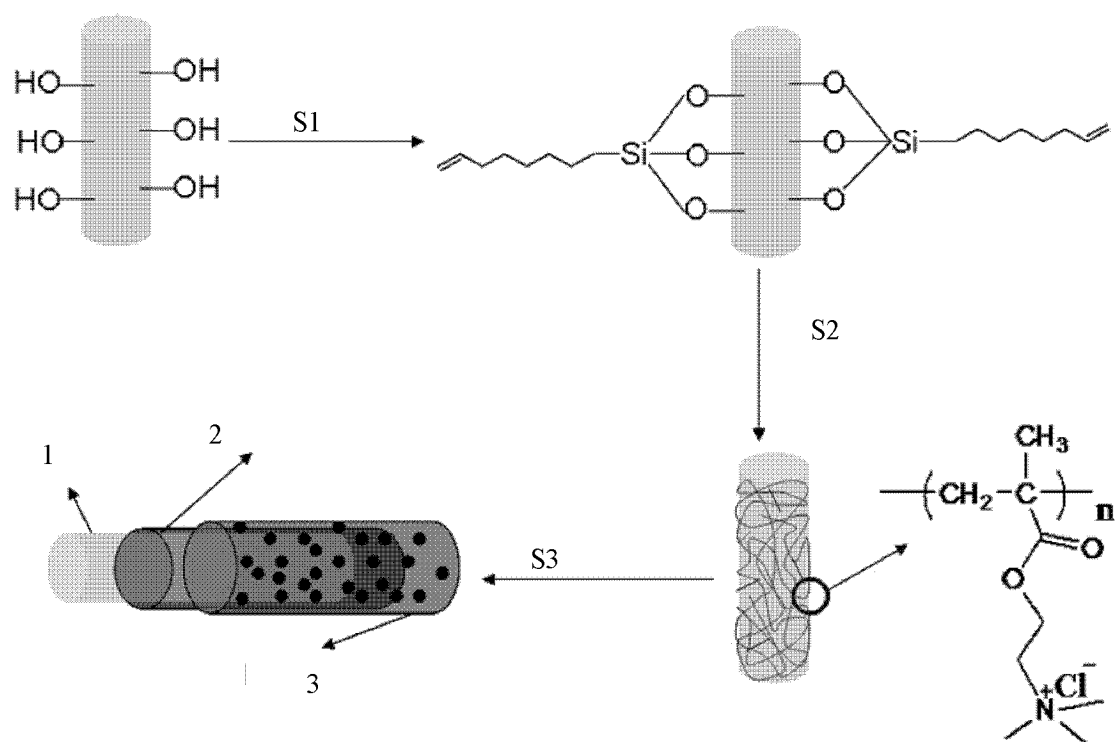


图 1a

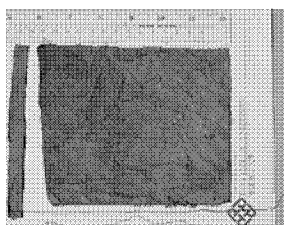


图 1b

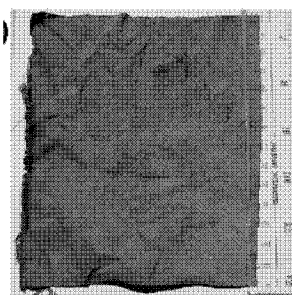


图 1c

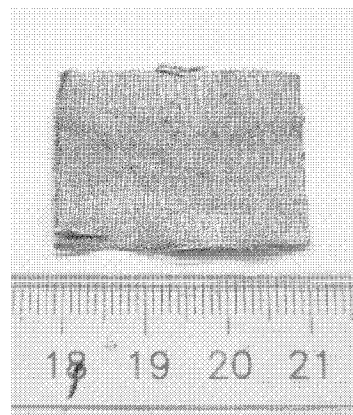


图 1d

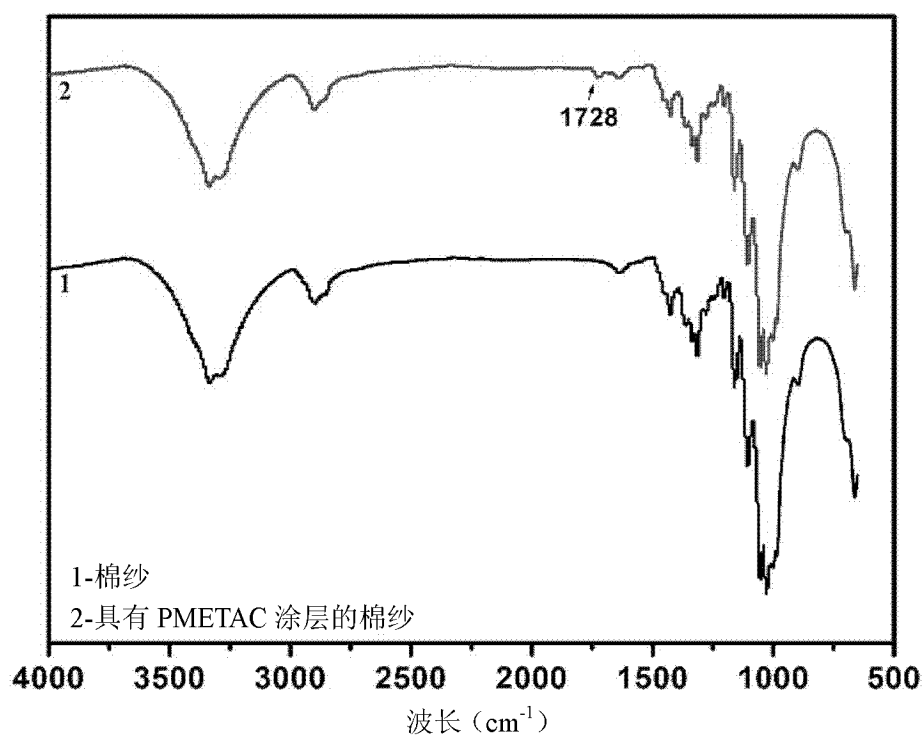


图 2

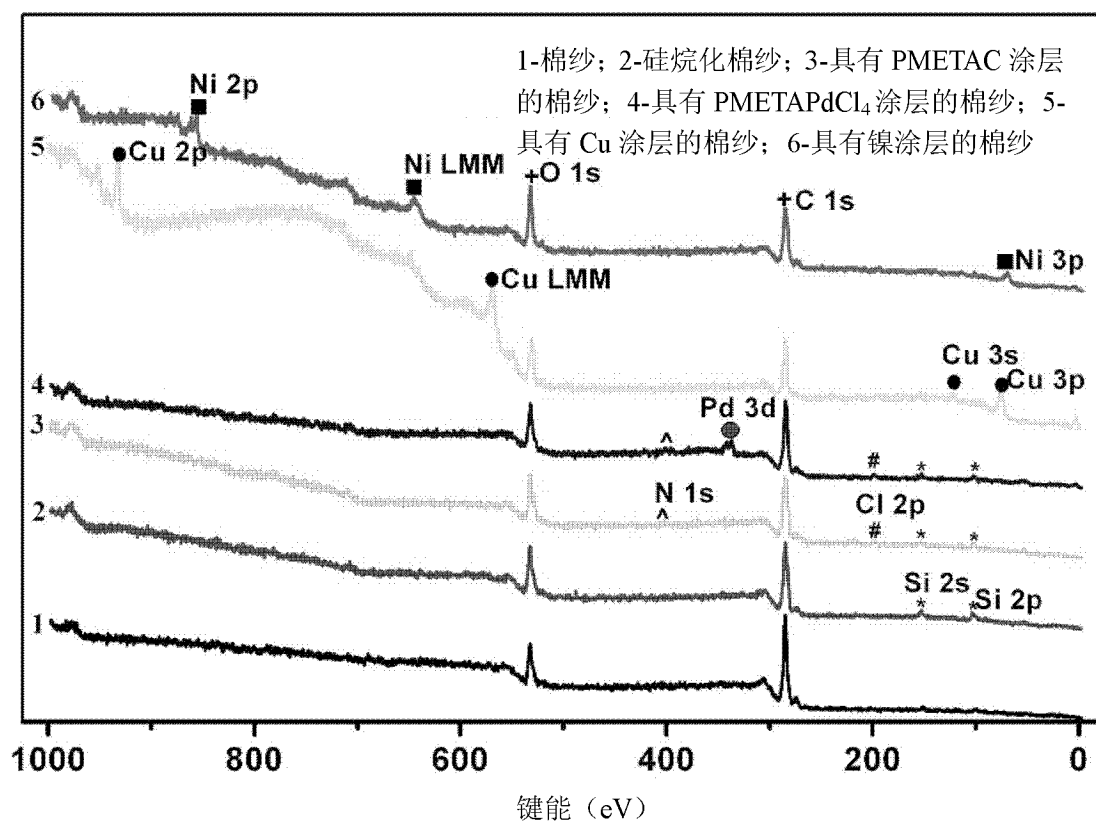


图 3

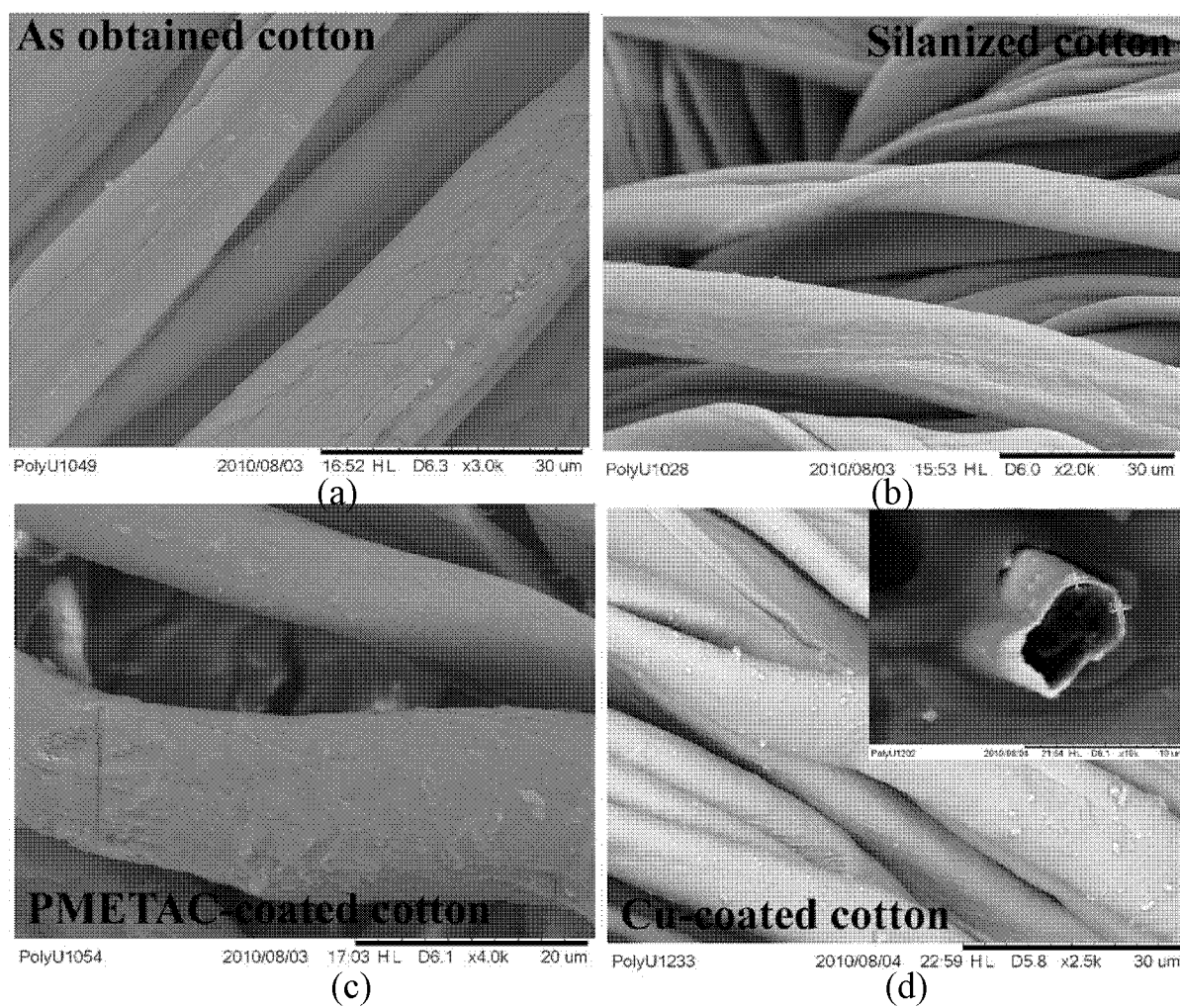


图 4

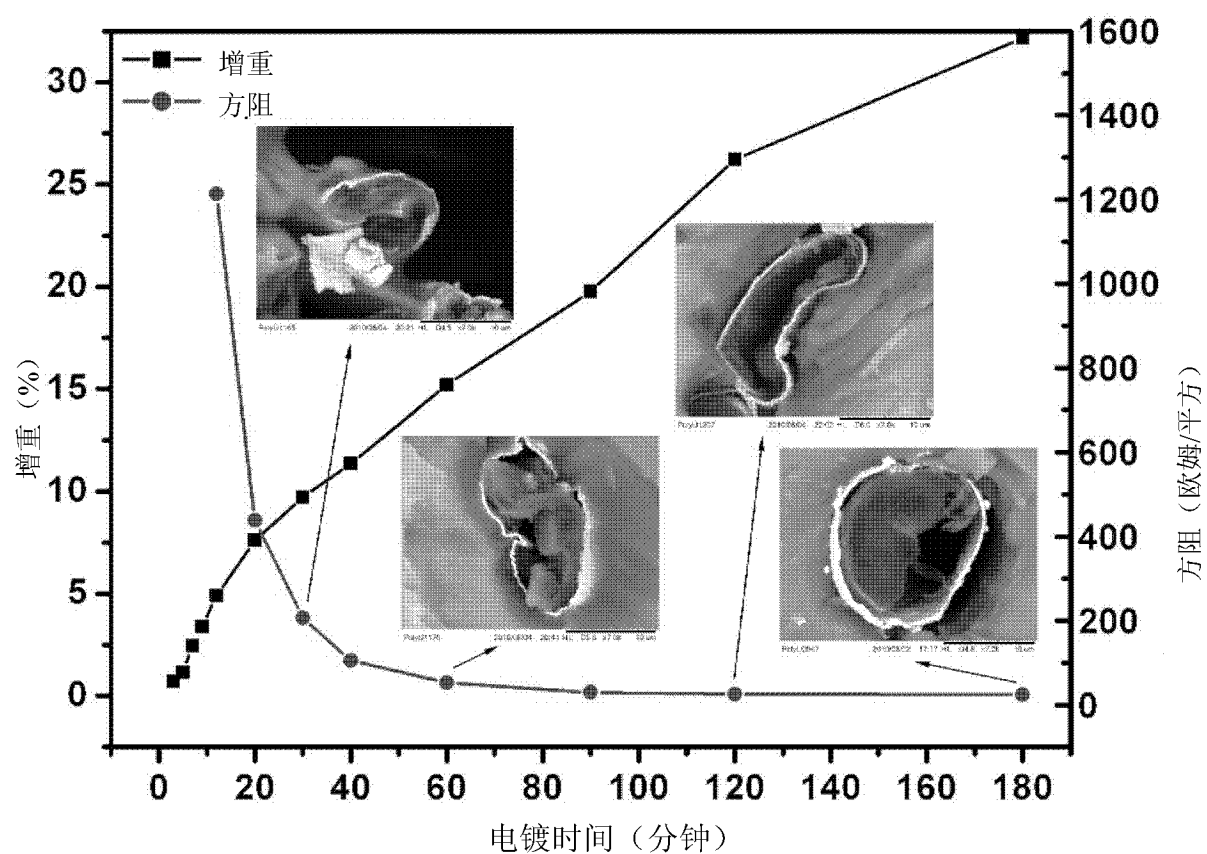


图 5

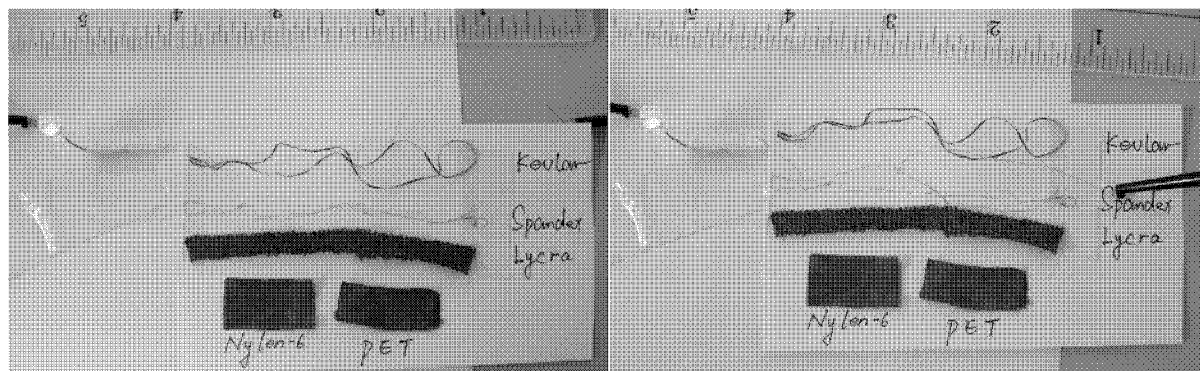


图 6a

图 6b

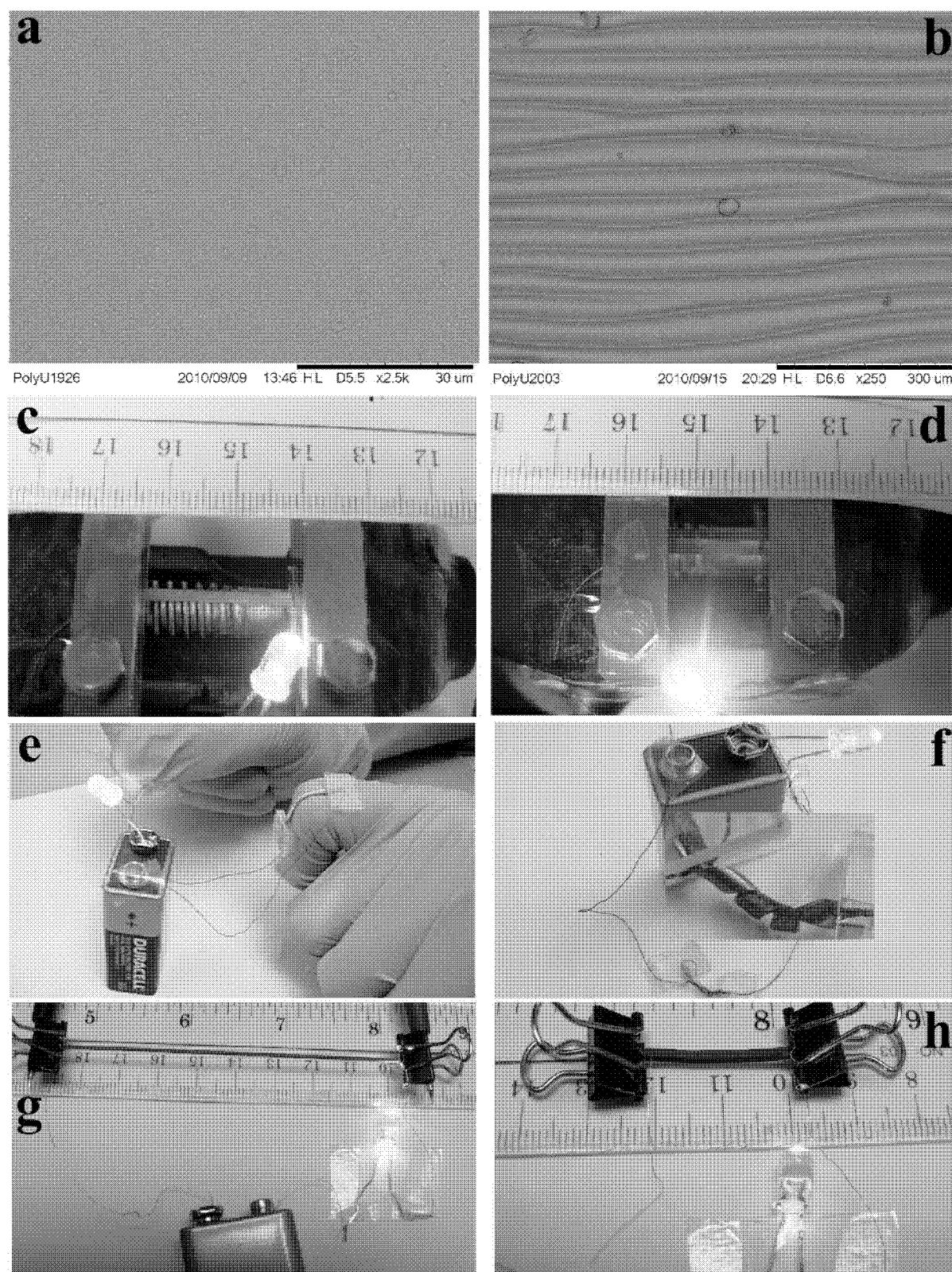


图 7