



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101598529 B

(45) 授权公告日 2013.03.20

(21) 申请号 200910137579.5

审查员 贾奇峰

(22) 申请日 2009.05.14

(30) 优先权数据

12/122,883 2008.05.19 US

(73) 专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 陶肖明 王广峰 王杨勇 张辉

(74) 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司

44202

代理人 温旭 郝传鑫

(51) Int. Cl.

G01B 7/16(2006.01)

G01L 1/22(2006.01)

D06N 3/00(2006.01)

(56) 对比文件

US 4715235 A, 1987.12.29,

US 2007/0065586 A1, 2007.03.22,

US 2004/0053552 A1, 2004.03.18,

US 2007/0065586 A1, 2007.03.22,

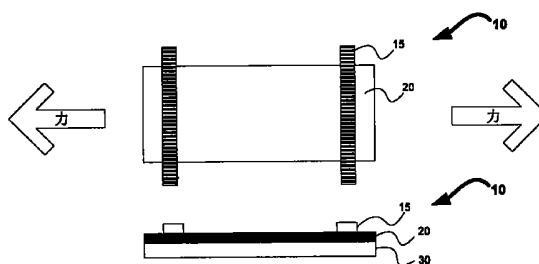
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 5 页

(54) 发明名称

制备织物应变传感器的方法

(57) 摘要

用于测量面内单方向应变的织物应变传感器(10), 所述传感器(10)包含: 涂敷在弹性织物基底(30)上的、导电颗粒或纤维与弹性体基体的混合物(20)。



1. 用于测量面内单方向应变的织物复合物应变传感器,所述传感器包含:
弹性织物基底,所述弹性织物基底由一体化在一起的多个单纤维组成;
连续涂层,所述连续涂层通过将导电颗粒或纤维与弹性体基体的混合物涂覆在所述弹性织物基底的单侧上形成;
其中,通过高拉伸循环来对涂敷有所述连续涂层的所述弹性织物基底进行机械处理以稳定所述织物复合物应变传感器;
其中,在所述织物复合物应变传感器上施加应变而使所述连续涂层延伸,使得所述弹性织物基底的表面上产生裂纹;
其中,利用所述裂纹引起的电阻变化来测量所述织物复合物应变传感器上的应变或压力;和
其中,通过改变由所述导电颗粒或纤维的体积分数、所述连续涂层的厚度、所述弹性体基体的成分、织物规格和织物结构组成的组中的任一个来改变初始电阻;或通过调整由所述导电颗粒或纤维的浓度、所述连续涂层的厚度和所述织物复合物应变传感器的方向组成的组中的任一个来控制计量因数。
2. 根据权利要求1的传感器,其中所述传感器具有50%的最大可测应变、具有2-500的应变灵敏度和至少100,000次循环的疲劳寿命。
3. 根据权利要求1的传感器,其中所述弹性织物基底具有编织或针织结构。
4. 根据权利要求1的传感器,其中所述弹性织物基底具有斜纹编织结构。
5. 根据权利要求1的传感器,其中所述导电颗粒或纤维为选自以下的任何一种:炭黑、金颗粒、银颗粒、铜颗粒、碳纳米管、不锈钢纤维、金纤维、银纤维、铜纤维、碳纤维和导电聚合物纤维。
6. 根据权利要求1的传感器,其中所述弹性体基体由选自以下的任何一种材料制成:天然橡胶、硅橡胶、聚氨酯、聚硫化物、聚丙烯酸(酯)和氟化硅酮。
7. 制备织物复合物应变传感器的方法,所述方法包括:
将导电颗粒或纤维与弹性体基体的混合物涂覆在弹性织物基底的单侧上以在所述弹性织物基底的单侧上形成连续涂层,所述弹性织物基底由一体化在一起的多个单纤维组成;
通过高拉伸循环然后恢复来对涂敷有所述连续涂层的所述弹性织物基底进行机械处理以稳定所述织物复合物应变传感器;
其中,在所述织物复合物应变传感器上施加应变而使所述连续涂层延伸,使得所述弹性织物基底的表面上产生裂纹;
其中,使用所述裂纹而引起的电阻变化来测量施加在所述织物复合物应变传感器上的应变或压力;和
其中,通过改变由所述导电颗粒或纤维的体积分数、所述连续涂层的厚度、所述弹性体基体的成分、织物规格和织物结构中的任一个来改变初始电阻;或通过调整由所述导电颗粒或纤维的浓度、所述连续涂层的厚度和所述织物复合物应变传感器的方向组成的组中的任一个来控制计量因数。
8. 根据权利要求7的方法,还包括:
清洁所述弹性织物基底;和

干燥所述弹性织物基底。

9. 根据权利要求 7 的方法,还包括加热所述导电颗粒或纤维以除去所述导电颗粒或纤维中存在的吸收剂。

10. 根据权利要求 7 的方法,还包括用偶联剂处理所述导电颗粒或纤维以提高所述导电颗粒或纤维对所述弹性体基体的粘附力。

11. 根据权利要求 7 的方法,还包括在高温下固化涂覆的弹性织物基底。

12. 根据权利要求 7 的方法,其中,在控制温度下,对涂敷有所述连续涂层的弹性织物基底进行机械处理。

13. 根据权利要求 7 的方法,其中所述织物复合物应变传感器用来传感面内单方向形变。

14. 根据权利要求 7 的方法,其中预先确定所述导电颗粒或纤维在所述混合物中的体积分数。

制备织物应变传感器的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及制备具有高计量因数（也称为应变灵敏度系数 (gauge factor)）的织物应变传感器的方法。

背景技术

[0002] 用来测量由于机械应力或热应力或两者的组合而导致的物体尺寸变化的装置通常称为应变计量仪或应变传感器。应变传感器具有多种类型，如，光纤应变传感器、压电陶瓷应变传感器和机电应变传感器。所述机电应变传感器是由导电聚合物或具有导电填料的聚合物复合物制成的。

[0003] US 申请 20060148351[Tao;Xiaoming; 等]，以及 De Rossi 等在“Materials Science Engineering, C”, 7(1), 31-35(1998), “Dressware: Wearable Hardware”和“IEEE Sensors Journal 2003”, 460-467, “Strain-sensing fabrics for wearable kinaesthetic-like systems”中介绍了由导电聚合物涂敷织物制得的应变传感器。然而，由于所使用的导电聚合物，所述传感器的环境和化学稳定性在长期使用中是个问题。

[0004] De Rossi 等在“Autex Research Journal 2002”, 2(4): 193-203, “Smart textiles for wearable motion capture system”，以及在“IEEE Sensors Journal 2004”, 807-818, “Wearable, redundant fabric-based sensor arrays for reconstruction of body segment posture”中报道了用来测量身体部分的由碳负载的硅橡胶涂敷织物制成的应变传感器。然而，所述传感器显示出为 2.5 的低计量因数。提供了用于应变传感器的更高计量因数。在这些报道中没有对所述应变传感器进行疲劳试验。

[0005] 在“Materials Science Forum 2007”, 537-538 和 709-716；以及 Laszlo 等的“High elastic strain gauge made from conductive silicon rubber”中介绍了从导电硅橡胶制备大应变计量仪的方法。所述传感器的结构是纯聚合物且不是织物的，且所述传感器显示出了低灵敏度。

[0006] 在 US 专利 4,567,093[Sogabe 等]、US 申请 20050282453[Jackson, Scott Richard 等]以及 US 申请 20060286390[Yaginuma; Atsushi 等]中，公开了所述涂敷织物用作气袋和防护型织物的方法与用途。但在这些 US 专利或申请中未公开传感器。

[0007] 在 US 专利 6,660,978[Avdeev]、US 专利 4,705,646[DuPont 等]和 US 专利 5,009,927[Cloyd 等]中，将导电颗粒加入到涂敷聚合物中来赋予织物以导电性能。这些性能暗示了其可用于静电荷、加热、导电和电磁波屏蔽的控制。然而，在这些 US 专利中未公开传感器。

[0008] 使用涂敷在弹性织物上的导电弹性体复合物作为应变/压力传感器有局限性。使用用于传感器的未涂敷在织物上的导电弹性体复合物的显著局限性包括显示出低灵敏度和线性的传感器。此外，涂敷在织物上的导电弹性体复合物的用途并非用于传感器应用。

[0009] 因此，非常需要适合用作灵活应变/压力织物传感器的导电弹性体复合物和制备

其的方法。

发明内容

[0010] 在第一优选方面,提供了用于测量面内单方向应变的织物应变传感器,所述传感器包含:

[0011] 施加在弹性织物基底上的、导电颗粒或纤维与弹性体基体的混合物。

[0012] 所述传感器可具有 50% 的最大应变,具有 2-500 的应变灵敏度(计量因数)和至少 100,000 次循环的疲劳寿命。

[0013] 在第二方面,提供了制备织物应变传感器的方法,所述方法包括:

[0014] 将导电颗粒或纤维与弹性体基体的混合物施加到弹性织物基底上。

[0015] 所述方法还可包括:

[0016] 清洁所述弹性织物基底;和

[0017] 干燥所述弹性织物基底。

[0018] 所述方法还包括固化所述导电颗粒或纤维以除去在该导电颗粒或纤维中存在的水或其它溶剂。

[0019] 所述方法还包括用偶联剂处理所述导电颗粒或纤维以提高所述导电颗粒或纤维对弹性体基体的粘附力。

[0020] 所述方法还包括将所述导电颗粒或纤维与所述弹性体基体一起进行机械均匀混合。

[0021] 所述方法还包括在高温下固化经涂敷的弹性织物基底。

[0022] 所述方法还包括在高拉伸水平和在控制温度下在多次循环中拉伸所述涂敷的弹性织物基底。

[0023] 所述织物应变传感器可用来传感面内形变。

[0024] 所述弹性织物基底可具有编织结构、非编织结构、针织结构或斜纹编织结构(braid structure)。

[0025] 所述导电颗粒或纤维可为选自以下的任何一种:炭黑、金颗粒(gold particle)、银颗粒、铜颗粒、碳纳米管、不锈钢纤维、金纤维(gold fiber)、银纤维、铜纤维、碳纤维和导电聚合物纤维。

[0026] 所述弹性体基体可由选自以下的任何一种材料制成:天然橡胶、硅橡胶、聚氨酯、聚硫化物、聚丙烯酸(酯)、氟化硅酮(fluorosilicone)和任何其它弹性基体。

[0027] 预先确定所述导电颗粒在所述混合物中的体积分数。

[0028] 可通过选自以下的任何一种方法来实施所述施加:丝网印刷、层压、粘合涂敷(binder coating)、熔解涂敷(fusible coating)、泡沫涂敷(foam coating)、填充和挤压。

附图说明

[0029] 现在参考相关附图描述本发明的实施例,其中:

[0030] 图 1a 是根据本发明的用于织物应变传感器的弹性织物基底在纵向(waledirection)上的针织结构;

[0031] 图 1b 是根据本发明的用于织物应变传感器的弹性织物基底在横向上的针织结

构；

[0032] 图 2 是根据本发明的用于织物应变传感器的弹性织物基底的编织结构；

[0033] 图 3 是根据本发明的用于织物应变传感器的弹性织物基底的斜纹编织结构；

[0034] 图 4 是根据本发明的织物传感器的俯视图和剖视图；

[0035] 图 5a 是根据本发明的织物应变传感器在纵向上（计量因数为 3）的循环试验（最大应变为 20%）的电阻与时间关系的图；

[0036] 图 5b 是根据本发明的织物应变传感器在横向上（计量因数为 200）的循环试验（最大应变为 20%）的电阻与时间关系的图；

[0037] 图 6 是根据本发明的织物应变传感器的疲劳试验结果显示图；和

[0038] 图 7 是用于制备根据本发明的织物应变传感器的方法的工艺流程图。

具体实施方式

[0039] 参考附图，提供了织物应变传感器 10 和制备所述织物应变传感器 10 的方法。所述传感器 10 测量面内单方向应变。所述传感器 10 通常包含：导电颗粒或纤维与弹性体基体的混合物 20。将所述混合物 20 施加在弹性织物基底 30 上。所述传感器 10 的传感技术是基于：当涂敷在传感器 10 上的所述弹性织物基底 30 被拉伸、压紧、扭曲或加热时，所述传感器 10 能检测到负载有导电颗粒或纤维的弹性体基体的电阻变化。

[0040] 参考图 7，使用非离子洗涤剂对所述弹性织物基底 30 进行清洁并且然后干燥 101。对所述弹性织物基底 30 进行清洁 101 从而改善所述弹性织物基底 30 与导电颗粒或纤维和弹性体基体的混合物 20 之间的粘附力。通过加热来固化 102 所述导电颗粒或纤维以除去所述导电颗粒中存在的任何水或其它溶剂。用偶联剂处理 103 所述导电颗粒或纤维以提高与所述弹性体基体的粘附力。最初用三辊研磨机将所述导电颗粒或纤维和所述弹性体基体进行均匀机械混合 104 以形成混合物 20。通过丝网印刷、层压、粘合涂敷、溶解涂敷、泡沫涂敷、填充和挤压，将所述混合物 20 涂敷在所述弹性织物基底 30 上 105。对所述涂敷的弹性织物基底 30 进行固化 106。通过以高拉伸度机械拉伸所述涂敷的弹性织物基底 30 多次循环，对涂敷的弹性织物基底 30 进行后处理步骤 107，从而稳定所述织物应变传感器。所述涂敷的弹性织物基底 30 可用作应变传感器 10。

[0041] 参考图 1a、图 1b、图 2 和图 3，在一个实施方式中，所述弹性织物基底 30 具有针织、编织、非编织或斜纹编织结构。对于所述弹性织物基底 30 来说需要较高的弹性复原性。对于所述织物来说优选在经受大的反复变形后恢复到原始形态，因此优选具有弹性纱的针织结构。示于图 1a 和图 1b 中的所述针织织物在纵向（图 1a）和横向（图 1b）上具有不同的结构，这可在所述传感器 10 的不同方向上产生各向异性性能。

[0042] 所述导电颗粒或纤维可为：炭黑、金颗粒、银颗粒、铜颗粒、碳纳米管、不锈钢纤维、金纤维、银纤维、铜纤维、碳纤维和导电聚合物纤维。所述弹性体基体可由以下材料制得：天然橡胶、硅橡胶、聚氨酯、聚硫化物、聚丙烯酸（酯）、氟化硅酮和任何其它弹性基体。

[0043] 根据特定用途，可通过单独或结合使用上述传感技术来调节灵敏度、重复性、线性、计量范围。通过改变所述导电颗粒或纤维的体积分数、所述弹性体基体的厚度、所述弹性体基体的成分、织物规格和织物结构，可改变初始电阻。

[0044] 参考图 4，在一个实施方式中，将导电颗粒或纤维（炭黑）和弹性体基体（橡胶）

的混合物 20 涂敷在弹性织物基底 30 上,以制备所述传感器 10。使用针织弹性织物用于所述弹性织物基底 30,但是可替代使用弹性编织、非编织或斜纹编织织物。首先使用非离子洗涤剂清洁 101 所述弹性织物基底 30,然后干燥。通过固化 102 来预处理所述炭黑以除去任何水或其它溶剂。然后,用偶联剂预处理 103 所述炭黑以提高与橡胶的粘附力。将 10%重量浓度的炭黑加入到橡胶中。通过三辊研磨机来均匀机械混合 104 所述炭黑和所述橡胶以形成混合物 20。通过丝网印刷法将所述混合物 20 涂敷在所述弹性织物基底 30 上 105。然后,固化 106 涂敷的弹性织物基底 30。通过以高拉伸度循环来机械处理 107 所述涂敷的弹性织物基底 30 以稳定所述传感器 10。

[0045] 直径为 2.54cm×2.54cm 的、涂敷有炭黑和橡胶的所述混合物 20 的所述弹性织物基底 30 的初始电阻为数千欧姆的数量级,可通过增大在所述混合物 20 中的炭黑浓度来降低该电阻。

[0046] 当在所述传感器 10 上施加应变时,涂敷在所述弹性织物基底 30 上的混合物 20 的延伸导致在所述弹性织物基底 30 的表面上产生裂纹。使用由所述弹性织物基底 30 表面上的裂纹而引起的电阻变化来测量施加在所述传感器 10 上的应变或压力。在图 5a 和图 5b 中显示了循环负荷下的所述传感器 10 的电阻相对于时间的变化。通过所述传感器 10 得到了纵向上的计量因数 3(图 5a)和横向上的计量因数 200(图 5b)。可通过调整导电填料的浓度、涂层的厚度和传感器的方向来控制所述计量因数。所述应变传感器 10 在不同方向上的各向异性计量因数为 2-500,这取决于所述弹性织物基底 30 的编织结构。如图 6 中所示,所述传感器 10 具有可超过 100,000 次循环疲劳试验的极高性能。

[0047] 有利地,用于所述传感器 10 的材料成本低廉和可使用已有涂敷装置来进行制备。基于所述混合物 20 和涂敷方法,所述传感器 10 提供了 2-500 的宽范围计量因数(最灵敏的织物应变传感器)和 1K-1000K 的初始电阻。所述传感器 10 具有所需的抗疲劳特性(具有最大应变 50%的 100,000 次拉伸-复原循环),且最大初始电阻变化小于 10%。搁置一个月的电阻变化小于 2%。所述传感器 10 在干燥和湿润条件下具有所需的稳定性,并能够抵抗碱性和酸性环境。用于所述传感器 10 的材料对人体无毒且制备工艺对环境友好。

[0048] 本领域熟练技术人员可认识到如特定实施方式中所示,可对本发明做出多种变化和/或修改,而不脱离宽泛描述的本发明的范围和精神。因此,无论从哪一方面来看,这些实施方式都被认为是示例性的而非限制性的。

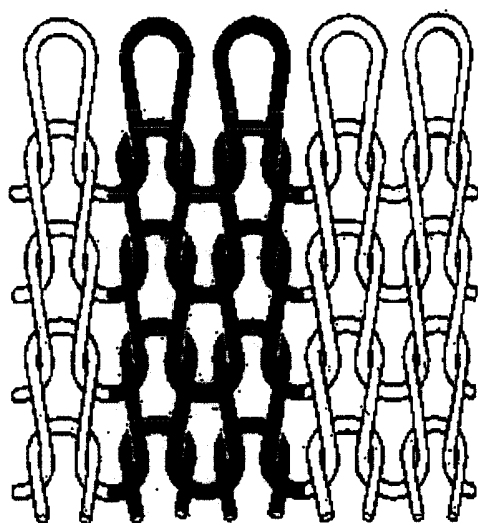


图 1a

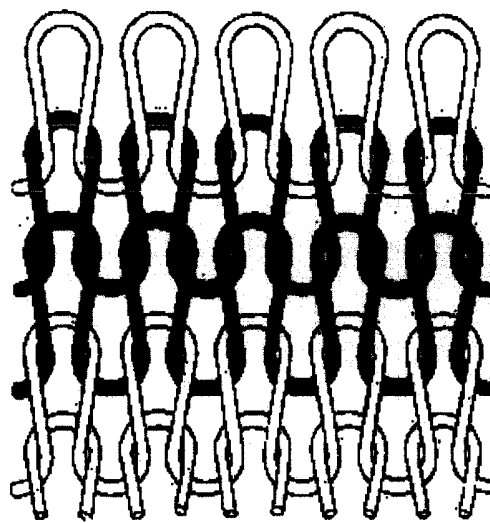


图 1b

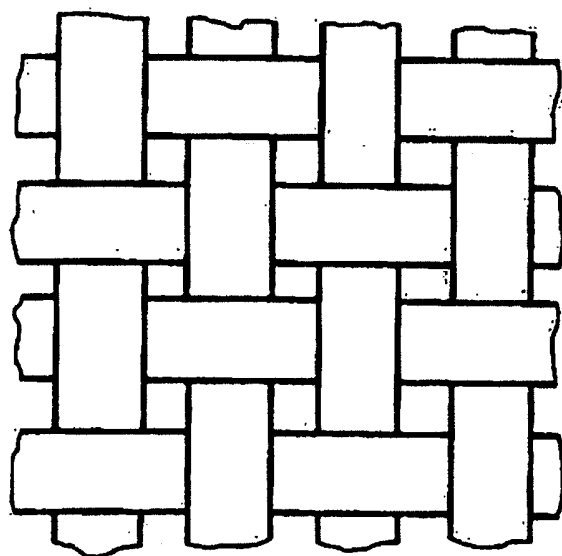


图 2

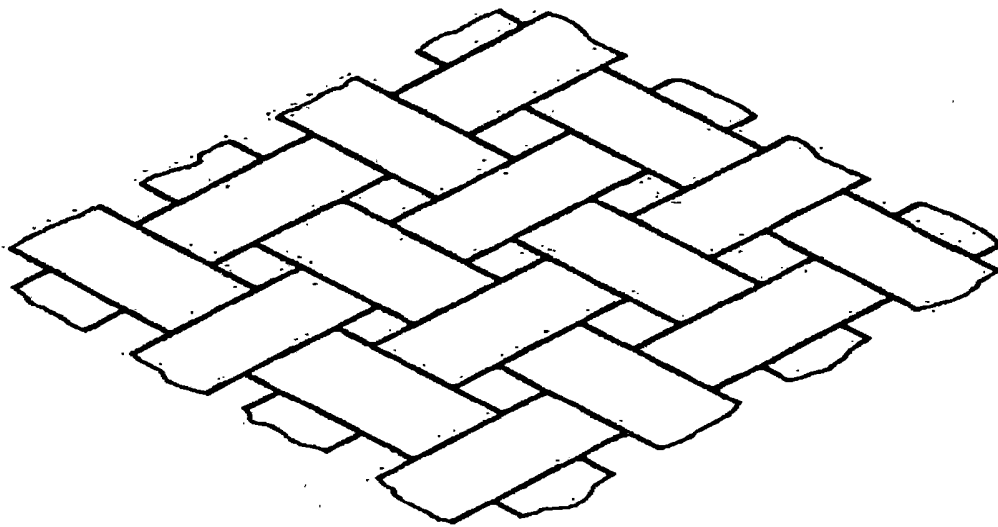


图 3

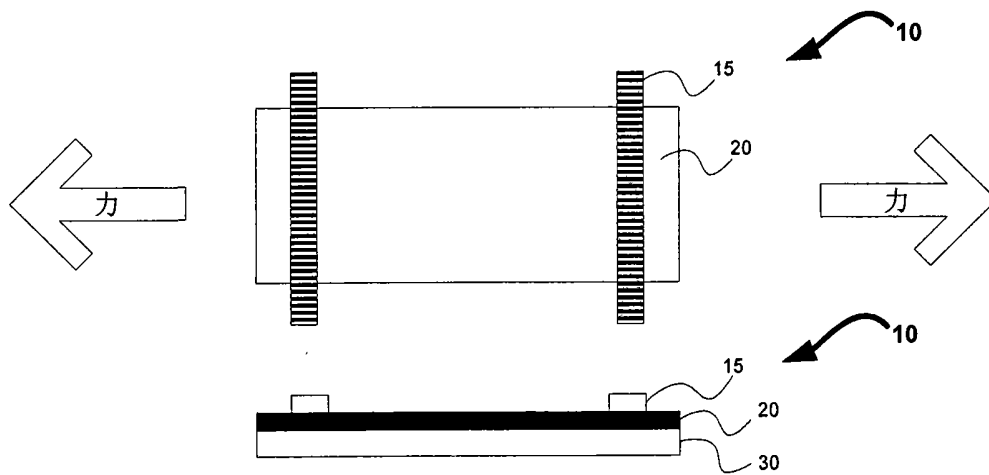


图 4

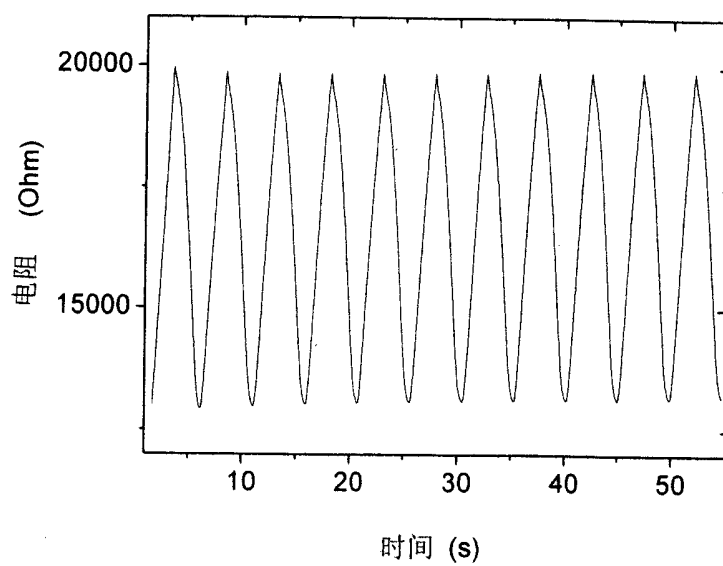


图 5a

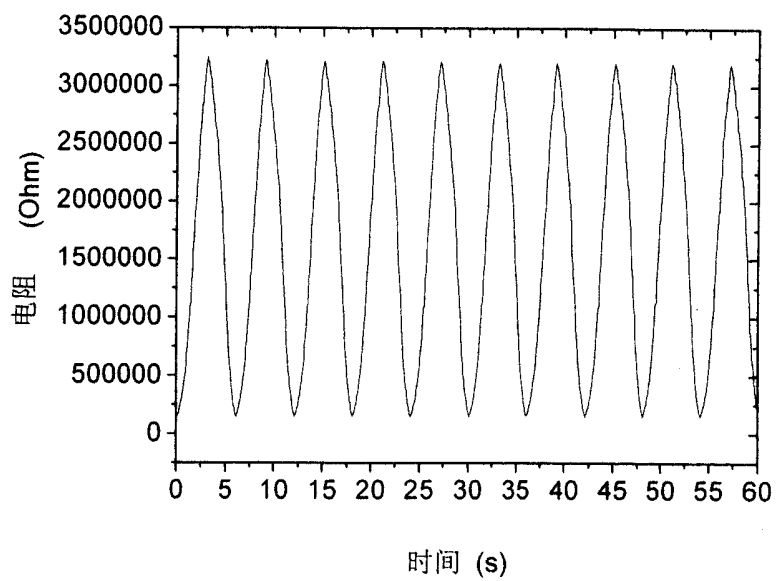


图 5b

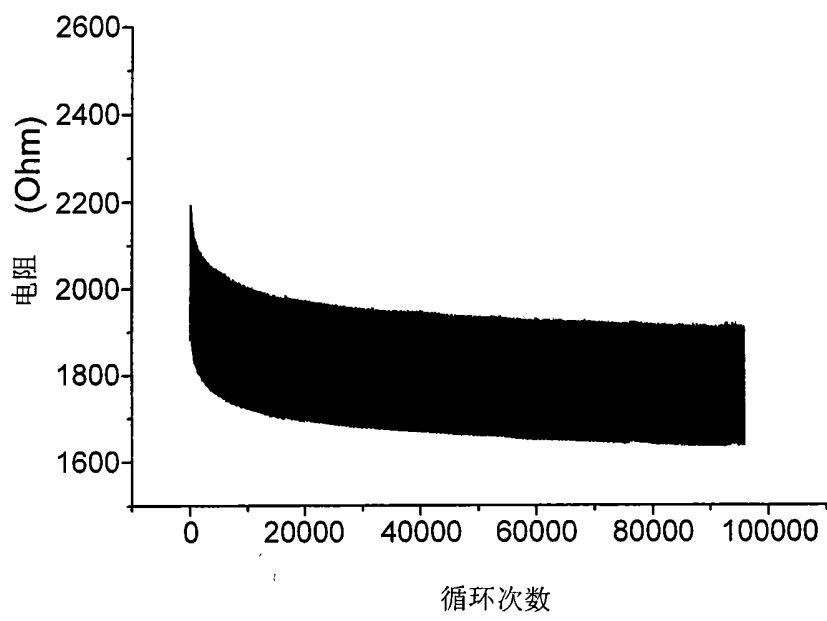


图 6

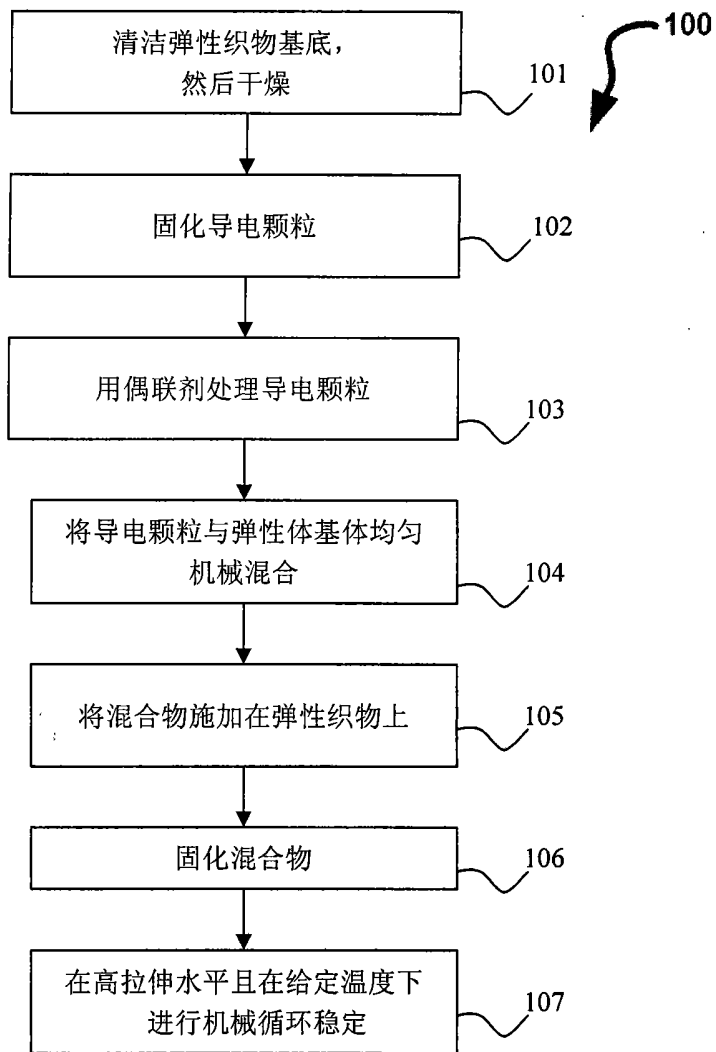


图 7