(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2023 年 3 月 30 日 (30.03.2023)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2023/045107 A1

(51) 国际专利分类号:
H01B 13/00 (2006.01) *G01N 27/327* (2006.01)
H01B 1/02 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/137314

(22) 国际申请日: 2021 年 12 月 12 日 (12.12.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111111268.9 2021年9月23日 (23.09.2021) CN

(71) 申请人: 深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 张翊 (ZHANG, Yi); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 刘青 (LIU, Qing); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 杨良滔 (YANG, Liangtao); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 梁栋 (LIANG, Dong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 张志林 (ZHANG, Zhilin); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 甘鹭 (GAN, Lu); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 吴景龙 (WU, Jinglong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(54) **Title:** FLEXIBLE DRY ELECTRODE AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种柔性干电极及其制备方法

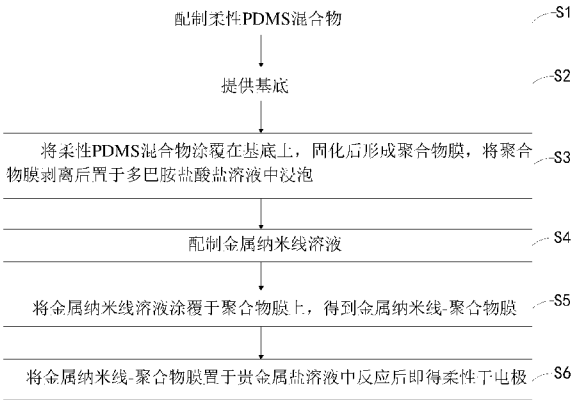


图 1

S1 Prepare a flexible PDMS mixture
S2 Provide a substrate
S3 Coat the substrate with the flexible PDMS mixture, form a polymer film after curing, strip the polymer film, and place same in a dopamine hydrochloride solution for soaking
S4 Prepare a metal nanowire solution
S5 Coat the polymer film with the metal nanowire solution to obtain a metal nanowire-polymer film
S6 Place the metal nanowire-polymer film in a noble metal salt solution for reaction to obtain a flexible dry electrode

(57) **Abstract:** The present invention provides a flexible dry electrode and a preparation method therefor. The preparation method for the flexible dry electrode comprises the following steps: preparing a flexible PDMS mixture; providing a substrate; coating the substrate with the flexible PDMS mixture, forming a polymer film after curing, stripping the polymer film, and placing same in a dopamine hydrochloride solution for soaking; preparing a metal nanowire solution; coating the polymer film with the metal nanowire solution to obtain a metal nanowire-polymer film; and placing the metal nanowire-polymer film in a noble metal salt solution for reaction to

WO 2023/045107 A1

[见续页]

(74) 代理人：北京中巡通大知识产权代理有限公司 (BEIJING ZHONG XUN TONG DA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.)；中国北京市西城区榆树馆胡同东口1层106, Beijing 100195 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

obtain a flexible dry electrode. In the present invention, the flexible PDMS mixture is used, the generated polymer film is a flexible film having good biocompatibility and skin attachment, so that the influence of a motion artifact during use is reduced, and the flexible film is suitable for human electrophysiological monitoring.

(57) 摘要：本发明提供了一种柔性干电极及其制备方法，该柔性干电极的制备方法，包括以下步骤：配制柔性PDMS混合物；提供基底；将柔性PDMS混合物涂覆在所述基底上，固化后形成聚合物膜，将聚合物膜剥离后置于多巴胺盐酸盐溶液中浸泡；配制金属纳米线溶液；将金属纳米线溶液涂覆于聚合物膜上，得到金属纳米线-聚合物膜；将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应后即得柔性干电极。由于本发明采用柔性PDMS混合物，生成的聚合物膜为柔性膜，生物相容性好，与皮肤贴服性好，减少了使用过程中运动伪影的影响，非常适合人体电生理监测。

一种柔性干电极及其制备方法

技术领域

本发明涉及电极制备技术领域，尤其涉及一种柔性干电极的制备方法。

背景技术

Ag/AgCl 湿电极由于其出色的电性能，被广泛用于收集生物电信号，但是，某些缺点极大地限制了这些电极的使用，尤其是在长时间监控中。首先是 Ag/AgCl 电极需要皮肤准备，例如剪发，除污和电解凝胶涂层，这非常耗时。此外，长时间使用后，导电凝胶可能会脱水并凝结，这可能会增加检测噪声并降低信号质量。另外，已经观察到凝胶潜在地引起患者过敏反应或皮肤刺激。由于电极系统整体材料质地硬，生物相容性差。与头皮的贴服性差，使用过程中电极帽与头皮之间容易产生微移动，直接导致信号采集的丢失并会产生运动伪影。

基于目前的 Ag/AgCl 湿电极存在的缺陷，有必要对此进行改进。

发明内容

有鉴于此，本发明提出了一种柔性干电极的制备方法，解决或至少部分解决现有技术中存在的技术缺陷。

为实现上述目的，本发明采用下述技术方案：

一种柔性干电极的制备方法，包括以下步骤：

配制柔性 PDMS 混合物；

提供基底；

将柔性 PDMS 混合物涂覆在所述基底上，固化后形成聚合物膜，将聚合物膜剥离后置于多巴胺盐酸盐溶液中浸泡；

配制金属纳米线溶液；

将金属纳米线溶液涂覆于聚合物膜上，得到金属纳米线-聚合物膜；

将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应后即得柔性干电极。

优选的是，所述的柔性干电极的制备方法，所述柔性预 PDMS 混合物的配制方法具体为：将 PDMS 预聚物、固化剂和添加剂混合后搅拌即得柔性 PDMS 混合物；

和/或，所述金属纳米线溶液的配制方法具体为：将金属纳米线加入至醇溶液中即得金属纳米线溶液；

和/或，所述贵金属盐溶液中贵金属包括钯、铂、金中的一种。

优选的是，所述的柔性干电极的制备方法，所述分散剂包括 Triton X100，所述 PDMS 预聚物、固化剂和添加剂的质量比为 10:1: (0.03~0.05)。

优选的是，所述的柔性干电极的制备方法，所述金属纳米线包括银纳米线或铜纳米线，所述金属纳米线溶液的浓度为 5mg / ml。

优选的是，所述的柔性干电极的制备方法，将柔性 PDMS 混合物涂覆在所述基底上，固化后形成聚合物膜具体为：将柔性 PDMS 混合物以 400~800 rpm 的速度旋转涂覆在所述基底上 40~120s，并于 25~40℃下固化 15~24h 即得聚合物膜。

优选的是，所述的柔性干电极的制备方法，将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应后，还包括将反应后的金属纳米线-聚合物膜置于氨水溶液中于 70~80℃下反应 3~10min，即得柔性干电极。

优选的是，所述的柔性干电极的制备方法，将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应之前还包括：对金属纳米线-聚合物膜进行加热以除去醇溶液，所述醇溶液包括乙醇或异丙醇。

优选的是，所述的柔性干电极的制备方法，将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应，其中反应温度为 60~120℃，反应时间为 45~120min。

第二方面，本发明还提供了一种柔性干电极，采用所述的制备方法制备得到。

本发明的一种柔性干电极的制备方法相对于现有技术具有以下有益效果：

（1）本发明的柔性干电极的制备方法，通过将柔性 PDMS 混合物涂覆在基底上，固化后形成聚合物膜，再将聚合物膜浸入多巴胺盐酸盐溶液中，再将金属纳米线溶液涂覆在聚合物膜上，得到金属纳米线-聚合物膜；再将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中，利用贵金属盐溶液与金属纳米线之间的置换反应生成贵金属纳米管；由于本发明采用柔性 PDMS 混合物，生成的聚合物膜为柔性膜，生物相容性好，与头皮贴服性好，减少了使用过程中运动伪影的影响，制备的柔性干电极具有良好的贴合性和佩戴舒适性；

（2）本发明的柔性干电极的制备方法，采用 PDMS 预聚物其生成 PDMS 聚合物膜，PDMS 不仅具有柔性的特点，而且还具有着优良的生物相容性，银纳米管、铂纳米管（Pt NTs）具有优良的导电性，制备的柔性干电极无需进行皮肤准备，无需使用导电凝胶，节省了时间，规避了过敏和皮肤刺激的风险；

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明的柔性干电极的制备方法的流程示意图；

图 2 为本发明实施例 1 中柔性干电极的制备方法示意图。

具体实施方式

下面详细描述本申请的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。

下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能解释为对本申请的限制。

本申请实施例提供了一种柔性干电极的制备方法，如图 1 所示，包括以下步骤：

S1、配制柔性 PDMS 混合物；

S2、提供基底；

S3、将柔性 PDMS 混合物涂覆在基底上，固化后形成聚合物膜，将聚合物膜剥离后置于多巴胺盐酸盐溶液中浸泡；

S4、配制金属纳米线溶液；

S5、将金属纳米线溶液涂覆于聚合物膜上，得到金属纳米线-聚合物膜；

S6、将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应后即得柔性干电极。

需要说明的是，本申请实施例中柔性干电极的制备方法，通过将柔性 PDMS 混合物涂覆在基底上，固化后形成聚合物膜，然后将聚合物膜从基底上剥离，实际中为了方便将聚合物膜从基底上剥离，可先将固化形成有聚合物膜的基底放在丙酮中浸泡再进行剥离；再将聚合物膜浸入多巴胺盐酸盐溶液中，具体的，多巴胺盐酸盐溶液的浓度为 50 mM，浸泡时间为 20~30h，多巴胺盐酸盐溶液的配制方法为：将多巴胺盐酸盐加入至 1 M, pH=8.5 的 Tris-HCl 缓冲溶液即得多巴胺盐酸盐溶液；当聚合物膜浸入多巴胺盐酸盐溶液中时，多巴胺在 pH= 8.5 的缓冲溶液中自聚合生成薄的聚合物（pDA）层，该聚合物（pDA）层自发地沉积在浸入的聚合物膜表面，聚合物（pDA）层即聚多巴胺，其作用是让疏水性的聚合物膜（即 PDMS 薄膜）具有亲水性，增加 PDMS 与金属纳米线的附着力；再将金属纳米线溶液涂覆在浸入多巴胺盐酸盐溶液中的聚合物膜上，得到金属纳米线-聚合物膜；再将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中，利用贵金属盐溶液与金属纳米线之间的置换反应生成贵金属纳米管；由于本申请采用柔性 PDMS 混合物，生成的聚合物膜为柔性膜，生物相容性好，与头皮贴服性好，减少了使用过程中运动伪影的影响，制备的柔性干电极具有良好的贴合

性和佩戴舒适性。

在一些实施例中，基底可采用载玻片、玻璃基板等。

在一些实施例中，步骤 S3 中将柔性 PDMS 混合物涂覆在基底上之前还包括：将基底依次置于丙酮、乙醇和去离子中超声清洗，每个清洗工艺均超声 10min，然后将超声清洗后的基底进行干燥。

在一些实施例中，步骤 S1 中柔性 PDMS 混合物的配制方法具体为：将 PDMS 预聚物、固化剂和添加剂混合后搅拌即得柔性 PDMS 混合物。这里的 PDMS 预聚物、固化剂均为市场上常用的预聚物和固化剂，本申请并未对其具体成分进行改进。

在一些实施例中，金属纳米线溶液的配制方法具体为：将金属纳米线加入至醇溶液中即得金属纳米线溶液。

在一些实施例中，贵金属盐溶液中贵金属包括钯、铂、金中的一种，具体的，贵金属盐可采用乙二胺氯化铂、氯铂酸钠、金的乙二胺络合物等，对应的，在聚合物膜上生成钯纳米管、铂纳米管（Pt NTs）以及金纳米管。

在一些实施例中，添加剂包括 Triton X100，PDMS 预聚物、固化剂和添加散剂的质量比为 10:1: (0.03~0.05)。具体的，柔性聚合物除了采用 PDMS（聚二甲基硅氧烷），还可以采用 PI（聚酰亚胺）、聚氨酯等。添加剂可采用 Triton X100 等。本申请实施例中，采用 PDMS 预聚物其生成 PDMS 聚合物膜，PDMS 不仅具有柔性的特点，而且还具有着优良的生物相容性，铂纳米管（Pt NTs）具有优良的导电性，制备的柔性干电极无需进行皮肤准备，无需使用导电凝胶，这就节省了时间，规避了过敏和皮肤刺激的风险。

在一些实施例中，金属纳米线包括银纳米线或铜纳米线，所述金属纳米线溶液的浓度为 5mg / ml。具体的，银纳米线（Ag NWs）的直径为 45~120 nm，长度 20~50 um。

具体的，若使用的贵金属盐为乙二胺氯化铂，使用的金属纳米线溶液为银纳米线，则将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中发生以下反应：

$$\left[PtC_2H_4\left(NH_2\right)_2\right]Cl_2+2Ag\rightarrow Pt+2AgCl+C_2H_4\left(NH_2\right)_2$$

即乙二胺氯化铂与银纳米线之间的置换反应生成铂纳米管（Pt NTs）。

在一些实施例中，将柔性 PDMS 混合物涂覆在基底上，固化后形成聚合物膜具体为：将柔性 PDMS 混合物以 400~800 rpm 的速度旋转涂覆在所述基底上 40~120s，并于 25~40℃下固化 15~24h 即得聚合物膜。

在一些实施例中，将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应后，还包括将反应后的金属纳米线-聚合物膜置于氨水溶液中于 70~80℃下反应 3~10min，即得柔性干电极。在本申请实施例中，氨水溶液的浓度为 0.1M，反应后的金属纳米线-聚合物膜与氨水反应可除去置换反应中生成的银沉淀物，比如 AgCl，具体反应式如下：

$$AgCl+NH_3\rightarrow\left[Ag\left(NH_3\right)_2\right]^++Cl^-$$

在一些实施例中，将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应之前还包括：对金属纳米线-聚合物膜进行加热以除去醇溶液，醇溶液包括乙醇或异丙醇。

在一些实施例中，将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应，其中反应温度为 60~120℃，反应时间为 45~120min。

基于同一发明构思，本申请还提供了一种柔性干电极，采用上述的制备方法制备得到。

以下进一步以具体实施例说明本申请的柔性干电极的制备方法

实施例 1

一种柔性干电极的制备方法，包括以下步骤：

S1、将 PDMS 预聚物、固化剂和 Triton X100 按照质量比为 10: 1: 0.04 的比例混合并搅拌 30 分钟，然后倒入培养皿中抽真空 15 分钟得到柔性 PDMS 混合物；

S2、提供玻璃基板，将玻璃基板依次置于丙酮、乙醇和去离子中超声清洗，

每个清洗工艺均超声 10min，然后将超声清洗后的玻璃基板干燥；

S3、将柔性 PDMS 混合物以 500 rpm 的速度旋转涂覆在玻璃基板上 60 秒钟，于室温下固化 24h，得到 PDMS 聚合物膜，将 PDMS 聚合物膜剥离后，浸入 50 mM 多巴胺盐酸盐溶液中 24h，(溶剂为 1 M, pH=8.5 的 Tris-HCl 缓冲溶液)；

S4、将银纳米线（Ag NWs）加入至乙醇中使其浓度为 5 mg/ mL，得到银纳米线溶液；银纳米线直径为 120 nm，长度为 45 um；

S5、将 S3 中经过多巴胺盐酸盐溶液中浸泡的 PDMS 聚合物膜使用水洗涤，并干燥，再将银纳米线溶液滴加在干燥后的 PDMS 聚合物膜表面，静置 1min，然后以 400 rpm 的转速旋转 5 秒钟，以除去过量的银纳米线（Ag NWs）溶液，得到 Ag NWs / PDMS 聚合物膜，再将 Ag NWs / PDMS 聚合物膜转移到加热器上以蒸发乙醇；

S6、再将 Ag NWs / PDMS 聚合物膜浸入 5 mM 的乙二胺氯化铂溶液中，在 90℃下反应 90 分钟，在聚合物膜表面生成铂纳米管（Pt NTs），得到 Pt NTs / PDMS 聚合物膜；

S7、将 S6 中得到的 Pt NTs / PDMS 聚合物膜加入至 0.1 M 氨水中，于 75℃下反应 5min 除去 AgCl 沉淀，然后用水清洗，最后用 N_2 吹干，即得到柔性干电极。

图 2 显示了实施例 1 中制备柔性干电极的流程示意图，其中，图 2 中 pDA / PDMS 表示步骤 S3 中多巴胺在缓冲溶液中自聚合生成薄的聚合物（pDA）层沉积 PDMS 聚合物膜表面。

以上所述仅是本申请的部分实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本申请的保护范围。

权 利 要 求 书

1、一种柔性干电极的制备方法，其特征在于，包括以下步骤：

配制柔性 PDMS 混合物；

提供基底；

将柔性 PDMS 混合物涂覆在所述基底上，固化后形成聚合物膜，将聚合物膜剥离后置于多巴胺盐酸盐溶液中浸泡；

配制金属纳米线溶液；

将金属纳米线溶液涂覆于聚合物膜上，得到金属纳米线-聚合物膜；

将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应后即得柔性干电极。

2、如权利要求 1 所述的柔性干电极的制备方法，其特征在于，所述柔性预 PDMS 混合物的配制方法具体为：将 PDMS 预聚物、固化剂和添加剂混合后搅拌即得柔性 PDMS 混合物；

和/或，所述金属纳米线溶液的配制方法具体为：将金属纳米线加入至醇溶液中即得金属纳米线溶液；

和/或，所述贵金属盐溶液中贵金属包括钯、铂、金中的一种。

3、如权利要求 2 所述的柔性干电极的制备方法，其特征在于，所述添加剂包括 Triton X100，所述 PDMS 预聚物、固化剂和添加剂的质量比为 10:1:(0.03~0.05)。

4、如权利要求 2 所述的柔性干电极的制备方法，其特征在于，所述金属纳米线包括银纳米线或铜纳米线，所述金属纳米线溶液的浓度为 5mg / ml。

5、如权利要求 1 所述的柔性干电极的制备方法，其特征在于，将柔性 PDMS 混合物涂覆在所述基底上，固化后形成聚合物膜具体为：将柔性 PDMS 混合物以 400~800 rpm 的速度旋转涂覆在所述基底上 40~120s，并于 25-40℃下固化 15-24h 即得聚合物膜。

6、如权利要求 4 所述的柔性干电极的制备方法，其特征在于，将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应后，还包括将反应后的金属纳米线-聚合

物膜置于氨水溶液中于 70~80℃下反应 3~10min，即得柔性干电极。

7、如权利要求 2 所述的柔性干电极的制备方法，其特征在于，将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应之前还包括：对金属纳米线-聚合物膜进行加热以除去醇溶液，所述醇溶液包括乙醇或异丙醇。

8、如权利要求 1 所述的柔性干电极的制备方法，其特征在于，将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应，其中反应温度为 60~120℃，反应时间为 45~120min。

9、一种柔性干电极，其特征在于，采用如权利要求 1~8 任一所述的制备方法制备得到。

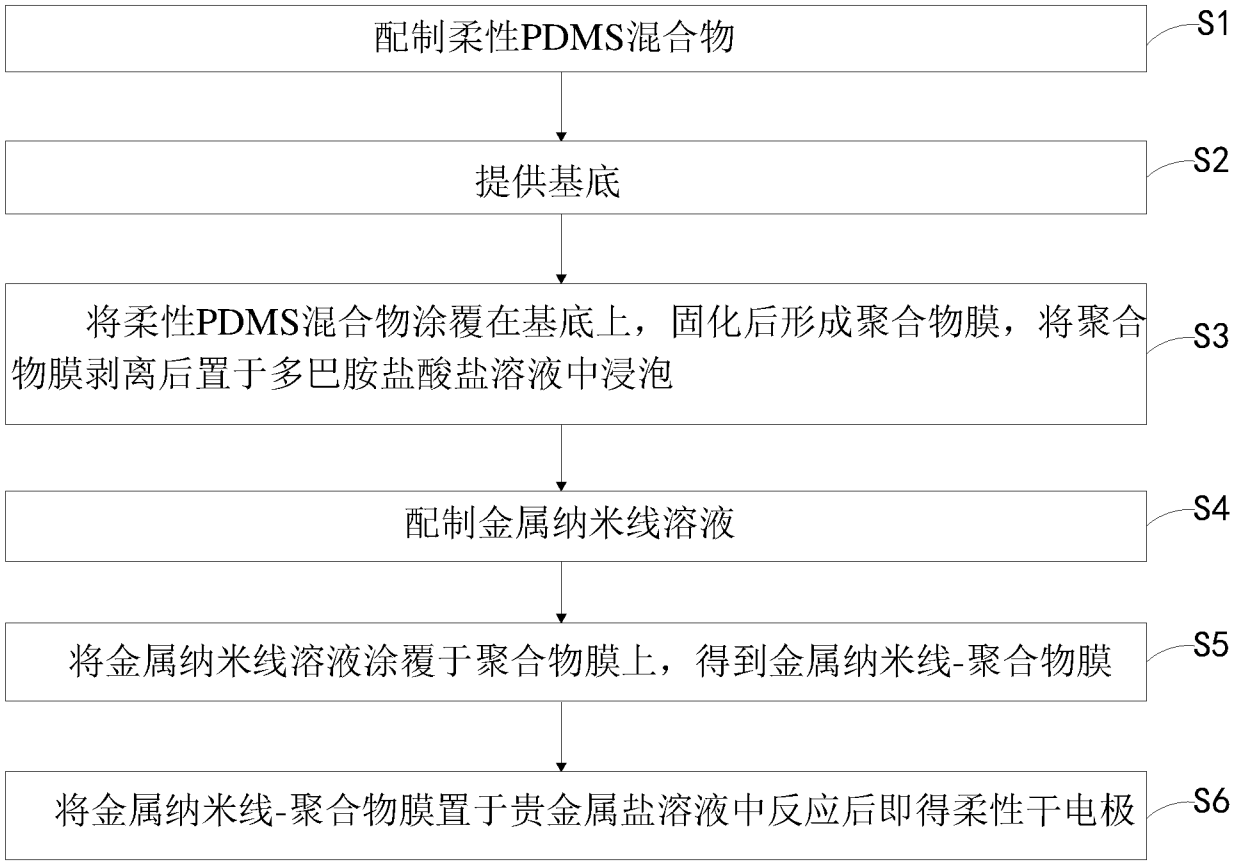

配制柔性PDMS混合物
S1
提供基底
S2
将柔性PDMS混合物涂覆在基底上，固化后形成聚合物膜，将聚合物膜剥离后置于多巴胺盐酸盐溶液中浸泡
S3
配制金属纳米线溶液
S4
将金属纳米线溶液涂覆于聚合物膜上，得到金属纳米线-聚合物膜
S5
将金属纳米线-聚合物膜置于贵金属盐溶液中反应后即得柔性干电极
S6

图 1

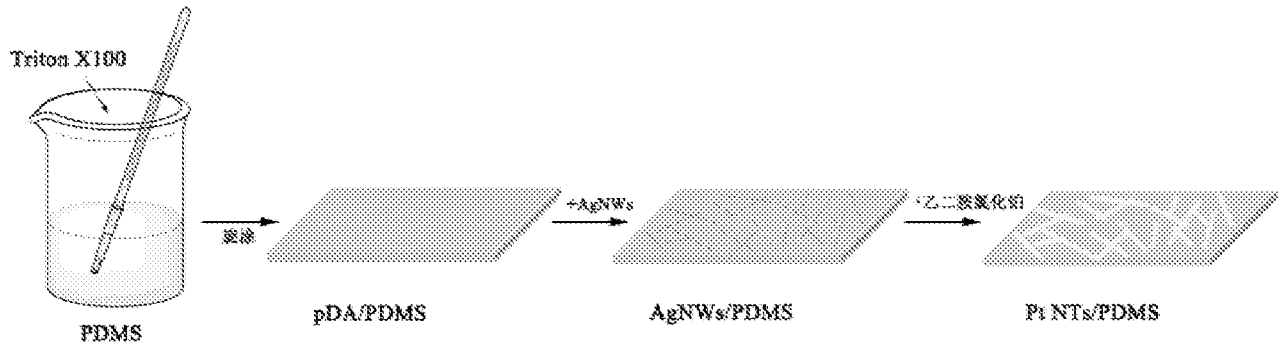

Triton X100
PDMS
pDA/PDMS
AgNWs/PDMS
Pt NTs/PDMS

图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2021/137314

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01B 13/00(2006.01)i; H01B 1/02(2006.01)i; G01N 27/327(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01B; G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI, IEEE: 柔性, 电极, 聚二甲基硅氧, PDMS, 聚多巴胺, 纳米, 置换, flexible, electrode?, polydimethylsiloxane, polydopamin, nano, displacement

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 105758909 A (WUHAN UNIVERSITY) 13 July 2016 (2016-07-13) description, paragraphs [0004]-[0058], and figures 1-5	1-9
X	CN 109821134 A (WUHAN UNIVERSITY) 31 May 2019 (2019-05-31) description, paragraphs [0010]-[0059], and figures 1-3	1-9
A	CN 106693077 A (BAO LEI) 24 May 2017 (2017-05-24) entire document	1-9
A	WO 2021114287 A1 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 17 June 2021 (2021-06-17) entire document	1-9
A	US 2020289017 A1 (KNU-INDUSTRY COOPERATION FOUNDATION) 17 September 2020 (2020-09-17) entire document	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
28 May 2022	**22 June 2022**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2021/137314

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 105758909 A	13 July 2016	CN 105758909 B	19 June 2018
CN 109821134 A	31 May 2019	None	
CN 106693077 A	24 May 2017	WO 2018133532 A1	26 July 2018
WO 2021114287 A1	17 June 2021	CN 111017870 A	17 April 2020
US 2020289017 A1	17 September 2020	KR 20190002044 A	08 January 2019
		WO 2019004645 A1	03 January 2019
		KR 101943307 B1	29 January 2019

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2021/137314

A. 主题的分类

H01B 13/00(2006.01)i; H01B 1/02(2006.01)i; G01N 27/327(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01B; G01N

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI, IEEE: 柔性，电极，聚二甲基硅氧，PDMS，聚多巴胺，纳米，置换，flexible, electrode?, polydimethylsiloxane, polydopamin, nano, displacement

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 105758909 A (武汉大学) 2016年7月13日 (2016-07-13) 说明书第[0004]-[0058]段，图1-5	1-9
X	CN 109821134 A (武汉大学) 2019年5月31日 (2019-05-31) 说明书第[0010]-[0059]段，图1-3	1-9
A	CN 106693077 A (包磊) 2017年5月24日 (2017-05-24) 全文	1-9
A	WO 2021114287 A1 (深圳先进技术研究所) 2021年6月17日 (2021-06-17) 全文	1-9
A	US 2020289017 A1 (KNU-INDUSTRY COOPERATION FOUNDATION) 2020年9月17日 (2020-09-17) 全文	1-9

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：
"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件
"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利
"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）
"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件
"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件
"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件
"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性
"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性
"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2022年5月28日	2022年6月22日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 刘天飞 电话号码 86-(10)-53961216

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2021/137314

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105758909	A	2016年7月13日	CN	105758909	B	2018年6月19日
CN	109821134	A	2019年5月31日		无		
CN	106693077	A	2017年5月24日	WO	2018133532	A1	2018年7月26日
WO	2021114287	A1	2021年6月17日	CN	111017870	A	2020年4月17日
US	2020289017	A1	2020年9月17日	KR	20190002044	A	2019年1月8日
				WO	2019004645	A1	2019年1月3日
				KR	101943307	B1	2019年1月29日