

(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
2019 年 6 月 27 日 (27.06.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/119286 A1

(51) 国际专利分类号:
G01L 9/04 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/117390

(22) 国际申请日: 2017 年 12 月 20 日 (20.12.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(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: 李晖(LI, Hui); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518060 (CN)。 陈静(CHEN, Jing); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518060 (CN)。 高钦武(GAO, Qinwu); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518060 (CN)。 王磊(WANG, Lei); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518060 (CN)。

(74) 代理人: 深圳青年人专利商标代理有限公司 (SHENZHEN YOUTH PATENT AND TRADEMARK AGENCY LTD.); 中国广东省深圳市罗湖区深南东路 5045 号深业中心大厦 2502-2503, Guangdong 518010 (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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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,

(54) Title: FLEXIBLE ELECTRONIC PRESSURE SENSING DEVICE AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种柔性电子压力传感装置及其制备方法

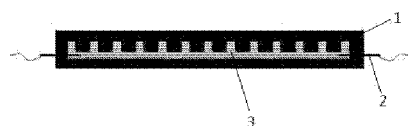


图 1

(57) Abstract: A flexible electronic pressure sensing device and preparation method therefor. The flexible electronic pressure sensing device comprises a flexible housing (1). The flexible housing (1) has an internal cavity (10). The internal cavity (10) comprises a plurality of array channels (101) and a communication cavity (102) communicated with the same end face of the plurality of array channels (101). A liquid metal conductor (3) is provided in the internal cavity (10). The flexible housing (1) is connected to at least two electrodes (2) in contact with the liquid metal conductor (3). The preparation method for a flexible electronic pressure sensing device is used for preparing the flexible electronic pressure sensing device. The flexible electronic pressure sensing device can complete contact pressure measurement while completely fitting a three-dimensional complex static/dynamic surface.

(57) 摘要: 一种柔性电子压力传感装置及其制备方法。柔性电子压力传感装置包括柔性外壳 (1), 柔性外壳 (1) 内具有内部容腔 (10), 内部容腔 (10) 包括多个阵列通道 (101) 和连通于多个阵列通道 (101) 同一端面的连通腔 (102), 内部容腔 (10) 内设置有液态金属导体 (3), 柔性外壳 (1) 连接至少两个与液态金属导体 (3) 相接的电极 (2)。柔性电子压力传感装置的制备方法用于制备该柔性电子压力传感装置。该柔性电子压力传感装置能够完全贴合三维复杂静/动态表面的同时完成接触压力的测量。

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))。

一种柔性电子压力传感装置及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于电子压力传感器制作和封装技术领域，尤其涉及一种柔性电子压力传感装置及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着人们对自己健康状况越来越重视，逐渐热衷于能实时生理参数采集和运动状态分析的可穿戴设备。作为可穿戴设备核心元件之一的传感器系统由于自身柔性不足而限制了可穿戴设备的进一步发展，在实时健康检测、植入式医疗设备、智能家居以及皮肤电子设备等运用中，都迫切需要高性能的柔性电子器件。目前的压力传感器大多数仍由无机材料如硅等制成。一旦产生拉伸或弯曲变形，将会使传感器硬件结构破坏而失效，且在信号采集过程中，灵敏度低，容易受到如呼吸，肌肉收缩等生理噪声的干扰，无法完整而清晰采集数据。

[0003] 而且随着智能终端的普及，智能生活将我们日常的活动串联在一起。可穿戴电子设备呈现出巨大的市场前景，全球主要的消费电子公司几乎都推出了各自的可穿戴产品，比如苹果公司的Apple Watch、微软Microsoft Bend和华为的Huawei Watch等。短短几年内各种各样的可穿戴设备不断涌现，从计步、卡路里消耗、饮食习惯、睡眠监测到慢性病预警、电子纹身和视网膜植入物等。极大的丰富了我们生活。然而目前可穿戴传感技术往往基于刚性基底，传感器需要嵌入到刚性封装中，与柔性的人体复杂的三维皮肤表面存在机械上的不匹配，影响了用户的体验和测量的结果。

[0004] 现有技术中的柔性传感器主要采用以下方式制备。

[0005] 1. 使用垂直取向的氧化锌(ZnO)纳米线制备高密度的触觉传感器阵列，利用拉伸条件下氧化锌纳米线产生压电效应，将压电电流作为栅极电信号，只需要两个终端电极的情况下得到了具有检测灵敏度的电子皮肤传感器。

[0006] 2. 以多相反应生成的弹性、低模量微结构的空心球聚吡咯聚合物组成的薄膜，随着力的大小薄膜与电极之间的接触面积变化而检测不同大小的载荷。

- [0007] 3. 通过结构和形状设计，能够利用传统无机材料如金属，硅基等制成三维“波”结构的柔弹性导电元件。使得传统无机导电材料能够随着弹性基底的延展而伸长变形但不会发生断裂等破坏。
- [0008] 4. 利用PDMS和碳纳米管(CNT)形成压阻式互锁的小型拱形结构阵列，开发了一种可以感知压力方法的电子皮肤，这种传感器灵敏度高，甚至可以感知气流的方向及强烈程度。
- [0009] 5. 利用压阻橡胶制作了基于压阻原理的压力传感器阵列，分散的圆形传感单元被布置在柔性的PET薄片上，银用于制作传感器的电极由于制作材料的柔性实现了传感器阵列的柔性化。
- [0010] 虽然上述应变传感器具有一定的柔性，但是依然无法实现随意地拉伸、弯曲和扭转等特殊形态。缺乏类似皮肤的柔弹性，不能够完全贴合三维复杂静/动态表面的同时完成接触压力的测量。即使集成到可穿戴设备中，由于与人体皮肤表面存在机械上的不匹配，使得用户的体验效果不佳。另外，因为结构设计和封装技术的局限，使得测量的准确性和灵敏度不能兼顾。容易受到人体自身的生理信号的干扰。对于目前碳纳米管和石墨烯等用于柔性传感器的材料制备技术水平工艺还不成熟，也存在不耐高温，适用范围、使用寿命等问题。

发明概述

技术问题

- [0011] 本发明的目的在于克服上述现有技术的不足，提供了一种柔性电子压力传感装置及其制备方法，其柔性电子压力传感装置的稳定性、精度和准确度、可靠性佳。

问题的解决方案

技术解决方案

- [0012] 本发明的技术方案是：一种柔性电子压力传感装置，包括柔性外壳，所述柔性外壳内具有内部容腔，所述内部容腔包括多个阵列通道和连通于多个所述阵列通道同一端面的连通腔，所述内部容腔内设置有液态金属导体，所述柔性外壳连接有至少两个与所述液态金属导体相接的电极。
- [0013] 可选地，所述柔性外壳采用降解聚酯材料或硅橡胶材料。

- [0014] 可选地，所述内部容腔内设置有液态导体共晶镓铟。
- [0015] 可选地，所述柔性外壳包括对合连接形成所述内部容腔的第一柔性基体和第二柔性基体，所述第一柔性基体的内壁设置有助于形成所述阵列通道的凸起结构或/和凹陷结构；所述连通腔设置于所述第二柔性基体体。
- [0016] 本发明还提供了一种可穿戴设备，所述可穿戴设备具有上述的一种柔性电子压力传感装置。
- [0017] 本发明还提供了一种柔性电子压力传感装置的制备方法，包括以下步骤：
- [0018] 制备具有内部容腔的柔性外壳，且所述内部容腔包括多个阵列通道和连通于多个所述阵列通道的连通腔；于所述内部容腔内注入液态金属导体，于所述柔性外壳插入至少两个电极，使所述电极与所述液态金属导体相接触。
- [0019] 可选地，制备所述柔性外壳包括以下步骤：
- [0020] 制备第一模具、第二模具和柔性材料溶液，将柔性材料溶液混合后去除气泡；
- [0021] 向所述第一模具中加入混合并去除气泡后的所述柔性材料溶液形成具有多个阵列通道的第一柔性基体；
- [0022] 在所述第二模具中加入混合并去除气泡后的柔性材料溶液，并使柔性材料溶液形成具有连通腔的第二柔性基体；
- [0023] 将所述第一柔性基体压于未完全固化的所述第二柔性基体上，使所述第一柔性基体和所述第二柔性基体一体连接形成柔性外壳，同时使多个阵列通道和连通腔连通形成封闭的内部容腔。
- [0024] 可选地，于所述内部容腔内注入液态金属导体包括以下步骤：
- [0025] 采用两个注射器插入所述内部容腔的两端，其中一个注射器内具有液态金属导体；另一个注射器抽所述内部容腔中的空气，具有液态金属导体的注射器向所述内部容腔内注入液态金属导体，使液态金属导体充满内部容腔，拔出所述注射器。
- [0026] 可选地，于所述内部容腔的两端插入电极包括以下步骤：
- [0027] 将两个电极分别插入所述内部容腔的两端，使用同样的半凝固柔性材料密封内部容腔。
- [0028] 可选地，将柔性材料溶液混合和去除气泡包括以下步骤：

- [0029] 采用Ecoflex系列硅橡胶溶液放入离心混合器的容器中，所述离心混合器的转速为300-400rpm，保持时间为10-15s后，所述离心混合器的转速提高到1400-1600rpm，保持时间为25-30s，得到混合后的硅橡胶溶液；
- [0030] 把混合后的硅橡胶溶液放入真空抽滤装置中，开启所述真空抽滤装置的真空泵，得到去除气泡后的硅橡胶溶液；
- [0031] 形成第一柔性基体包括以下步骤：
- [0032] 在所述第一模具表面喷至少一层脱模剂，接着使用移液器往所述第一模具的型腔中填充去除气泡后的硅橡胶溶液；
- [0033] 将所述第一模具移到烤箱中，在80摄氏度的条件下烘烤45-60min，脱模后得到具有多个阵列通道的第一柔性基体；
- [0034] 在所述第二模具表面喷至少一层脱模剂，接着使用移液器往所述第二模具的型腔中填充去除气泡后的硅橡胶溶液，然后合模；
- [0035] 待所述第二模具的型腔中的硅橡胶溶液半凝固形成第二柔性基体时，开模，然后将第一柔性基体压在第二柔性基体上，使所述第一柔性基体和所述第二柔性基体对合连接形成连通腔，和连通于多个所述阵列通道同一端面的连通腔。

发明的有益效果

有益效果

- [0036] 本发明所提供的一种柔性电子压力传感装置及其制备方法，柔性电子压力传感装置具有高度挠性、拉伸性好且几何结构简单、尺寸薄特点，使该传感器摆脱了物理配件的束缚，能够顺应地贴敷于皮肤，从而实现了任意位置的测量，即使是变形量极大的各个关节处。并且，该传感器在工作时，主要采集由密封微阵列通道形变引起的液体导体电阻变化信号，灵敏度高，抗干扰能力强，可以随意地拉伸、弯曲和扭转，特别适用于可穿戴设备领域尤其是大变形情况等，能够完全贴合三维复杂静/动态表面的同时完成接触压力的测量，且稳定性、精度、准确度和可靠性高，不容易受到人体自身的生理信号的干扰，且内部容腔为封闭式结构，其耐高温，适用范围广、使用寿命长。

对附图的简要说明

附图说明

- [0037] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，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。
- [0038] 图1是本发明实施例提供的一种柔性电子压力传感装置的剖面示意图；
- [0039] 图2是本发明实施例提供的一种柔性电子压力传感装置中柔性外壳的剖面示意图；
- [0040] 图3是本发明实施例提供的一种具有圆形柔性外壳的柔性电子压力传感装置的平面示意图；
- [0041] 图4是本发明实施例提供的一种具有矩形柔性外壳的柔性电子压力传感装置的平面示意图；
- [0042] 图5是本发明实施例提供的一种柔性电子压力传感装置的制备方法中制备硅橡胶溶液的平面示意图；
- [0043] 图6是本发明实施例提供的一种柔性电子压力传感装置的制备方法中硅橡胶溶液混合后的平面示意图；
- [0044] 图7是本发明实施例提供的一种柔性电子压力传感装置的制备方法中硅橡胶溶液去除气泡后的平面示意图；
- [0045] 图8是本发明实施例提供的一种柔性电子压力传感装置的制备方法中在第一模具中填充硅橡胶溶液时的平面示意图；
- [0046] 图9是本发明实施例提供的一种柔性电子压力传感装置的制备方法中在第一模具中填充硅橡胶溶液后经烘烤后的平面示意图；
- [0047] 图10是本发明实施例提供的一种柔性电子压力传感装置的制备方法中在第二模具中加入硅橡胶溶液且合模后的平面示意图；
- [0048] 图11是本发明实施例提供的一种柔性电子压力传感装置的制备方法中将第一柔性基体与第二柔性基体压合时的平面示意图；
- [0049] 图12是本发明实施例提供的一种柔性电子压力传感装置的制备方法中得到的柔性电子压力传感装置的剖面示意图。

发明实施例

本发明的实施方式

- [0050] 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。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。
- [0051] 需要说明的是，当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件，它可以直接在另一个元件上或者可能同时存在居中元件。当一个元件被称为是“连接于”另一个元件，它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。
- [0052] 还需要说明的是，本发明实施例中的左、右、上、下等方位用语，仅是互为相对概念或是以产品的正常使用状态为参考的，而不应该认为是具有限制性的。
- [0053] 如图1和图2所示，本发明实施例提供一种柔性电子压力传感装置，包括柔性外壳1，柔性外壳1可以采用硅橡胶材料（例如Ecoflex系列）等制成。所述柔性外壳1内具有长度和横截面可在外力作用下变形的内部容腔，内部容腔10可为封闭腔体，所述内部容腔10内设置有液态金属导体3，液态金属导体3可以充满内部容腔10。所述内部容腔10包括多个阵列通道（微阵列通道）101和连通于多个所述阵列通道101同一端面的连通腔102，阵列通道101可以呈横向或纵向间隔均布，也可以采用纵横交错相通的排布形式（即局部呈“井”字形排布），当然，阵列通道101也可以由矩阵排列的柱形凹腔或半球形凹腔形成等。所述柔性外壳1的两端设置有至少两个与所述液态金属导体相接的电极2，电极2的端部与内部容腔10内的液态金属导体3接触，在该传感器工作时，由于外部载荷的作用造成内部容腔10的形状（长度和横截面）改变，从而改变液态金属导体3的电阻。两端的电极2可以连接有放大模块和恒流电源模块，在两端的电极2加上恒流电源。把液态金属导体3的电阻信号变为方便测量的电压信号，通过对电压信号的分析得到相应的应变值，该传感器在工作时主要采集密封的内部容腔10中液态金属导体3电阻变化信号，具有高度挠性、可拉伸性和薄的几何特点，使之能直接与任何柔性执行机构集成，且灵敏度高，抗干扰能力强，该柔性传感器在应变达到300%时仍能正常工作，可以随意地拉伸、弯曲和扭转，特别适用于可穿戴设备领域尤其是大变形情况等，能够完全贴合三维复杂静/动态表面的同时完成接触压力的测量，且稳定性、精度、准确度和可靠性高，不容易受到人体自身

的生理信号的干扰，且内部容腔10为封闭式结构，其耐高温，适用范围广、使用寿命长。

[0054] 可选地，同一柔性外壳1中可以设置有一个或至少两个内部容腔10，每个内部容腔10可以对应设置有两个或至少两个电极2。

[0055] 可选地，阵列通道101的高度和连通腔102高度均可以小于1mm。

[0056] 可选地，内部容腔10的整体高度可以小于1mm。

[0057] 可选地，柔性电子压力传感装置的厚度可以小于1mm，即柔性外壳1的厚度可以小于1mm，可以很好地适用于智能穿戴设备中。柔性外壳1可以呈扁平状。如图3和图4所示，柔性外壳1的外形可以是多边形（例如矩形等）、圆形、异形等。

[0058] 可选地，所述柔性外壳1采用降解聚酯材料或硅橡胶材料，本实施例中，柔性外壳1采用Ecoflex系列的硅橡胶材料作为基本材料，具体应用中，可以采用德国BASF公司所制造的脂肪族芳香族无规共聚酯（Ecoflex），其单体可为：己二酸、对苯二甲酸、1,4-丁二醇。

[0059] 可选地，所述内部容腔10内设置有液体导体共晶镓铟作为液态金属导体，当然，也可以设置其它液态金属导体。电极2可以从柔性外壳1长度方向的两端或内部容腔10的两端插入至前端与内部容腔10内设置有液态金属导体3相接触。电极2与柔性外壳1之间可以通过密封材料密封，以进一步提高其可靠性。密封材料可以为硅橡胶溶液材料（Ecoflex）。

[0060] 可选地，所述柔性外壳1包括对合连接形成所述内部容腔的第一柔性基体11和第二柔性基体12，所述第一柔性基体11的内壁设置有助于形成所述阵列通道101的凸起结构或/和凹陷结构；所述第二柔性基体12设置有连通腔102，所述连通腔102设置于所述第二柔性基体12体的上端。第一柔性基体11和第二柔性基体12对合（密封键合），阵列通道101即可与连通腔102连通形成密封的内部容腔10。第一柔性基体11和第二柔性基体12可以粘接形成具有内部容腔10的柔性外壳1。

[0061] 可选地，第一柔性基体11内可以一体成型有矩阵排列的多个柱状凸起，各柱状凸起之间的间隙可以形成阵列通道101。或者，第一柔性基体11内可以一体成型有矩阵排列的多个凹穴，各凹穴连通也可以形成阵列通道101。可以理解地，阵

列通道101的形成方式可不限。

[0062] 在该柔性电子压力传感装置的拉伸试验中，其灵敏度较高，且采集的信号表现出良好的线性度和可重复性，稳定性、精度、准确度和可靠性高。应变达到300%仍能正常工作，能较好的附着在复杂的三维动静态曲面，如大变形的人体关节处(肘关节、膝关节)，与皮肤亲和性好，对人正常工作学习几乎没影响。是可穿戴设备的理想柔性传感器。

[0063] 本发明还提供了一种可穿戴设备，所述可穿戴设备具有上述的柔性电子压力传感装置。可穿戴设备可以为智能手表、智能手环、智能眼镜、智能服装、虚拟现实头盔等。通过柔性电子压力传感装置的应用，该柔性电子压力传感装置的表现厚度不足1mm，且表现出非常好的柔弹性，拉伸应变达到300%仍能正常工作，足以和人体皮肤媲美，另外采用生物相容性的Ecoflex材料作为基本材料，在集成到穿戴式设备中人几乎没有不适应感。并且，该传感器采集的是密封内部容腔10电阻信号，排除了外界噪声对信号的干扰，采集数据较为准确。通过光刻工艺刻画的内腔10大大提高了传感器的灵敏度。当然，本发明实施例所提供的柔性电子压力传感装置也可以应用于其它设备上，也属于本发明的保护范围。

[0064] 本发明实施例还提供了一种柔性电子压力传感装置的制备方法，如图5至12所示，包括以下步骤：

[0065] 制备具有密封的内腔10的柔性外壳1，且所述内腔10包括多个阵列通道101和连通于多个所述阵列通道101同一端面的连通腔102；于所述内腔10内注入液态金属导体3，于所述柔性外壳1的两端插入电极2。液态金属导体3可以充满内腔10内，电极2的端部与液态金属导体3接触。

[0066] 具体地，制备所述柔性外壳1包括以下步骤：

[0067] 制备第一模具41、第二模具42和柔性材料溶液，将柔性材料溶液混合后去除气泡；

[0068] 向第一模具41中加入混合并去除气泡后的所述柔性材料溶液形成具有多个阵列通道101的第一柔性基体11；

[0069] 在第二模具42上加入混合并去除气泡后的柔性材料溶液，并使柔性材料溶液形

成具有连通腔102且半凝固的第二柔性基体12；

[0070] 将所述第一柔性基体11压于未完全固化的所述柔性材料第二柔性基体（第二柔性基体12）上，使所述第一柔性基体11和第二柔性基体12一体连接形成柔性外壳1，同时使多个阵列通道101和连通腔102连通形成封闭的内部容腔10；

[0071] 具体地，于所述内部容腔10内注入液态金属导体3包括以下步骤：

[0072] 采用两个注射器插入所述内部容腔10的两端，其中一个注射器内具有液态金属导体3；另一个注射器抽所述内部容腔10中的空气，具有液态金属导体3的注射器向所述内部容腔10内同步注入液态金属导体3，使液态金属导体3充满内部容腔10，拔出所述注射器。

[0073] 具体地，于所述柔性外壳1（内部容腔10）的两端插入电极2包括以下步骤：

[0074] 将两个电极2分别插入所述内部容腔10的相对的两端，使用同样的半凝固柔性材料密封于电极2与柔性外壳1之间。

[0075] 具体地，将柔性材料溶液混合和去除气泡包括以下步骤：

[0076] 采用Ecoflex系列硅橡胶溶液放入离心混合器的容器中，所述离心混合器的转速为300-400rpm，保持时间为10-15s后，所述离心混合器的转速提高到1400-1600rpm，保持时间为25-30s，得到混合后的硅橡胶溶液；

[0077] 把混合后的硅橡胶溶液放入真空抽滤装置中，开启所述真空抽滤装置的真空泵，得到去除气泡后的硅橡胶溶液；可以理解地，柔性材料溶液不限于硅橡胶溶液。

[0078] 形成第一柔性基体11包括以下步骤：

[0079] 在所述第一模具41表面喷至少一层脱模剂（case release 200脱模剂），接着使用移液器往所述第一模具41的型腔中填充去除气泡后的硅橡胶溶液；

[0080] 将型腔中充满去除气泡后的硅橡胶溶液的第一模具41移到烤箱中，在80摄氏度的条件下烘烤45-60min（例如46至59 min），脱模后得到第一柔性基体11；

[0081] 形成第二柔性基体12包括以下步骤：

[0082] 第二模具42包括上模421和下模422，在所述第二模具42的下模422的型腔表面喷至少一层脱模剂，接着使用移液器往所述第二模具42的下模422的型腔中填充去除气泡后的硅橡胶溶液，然后将上模421合模于下模422；

- [0083] 待所述第二模具42的型腔中的硅橡胶溶液半凝固形成第二柔性基体12时，开模（将上模421移开），然后将第一柔性基体11扣合压于第二柔性基体12上，待第一柔性基体11与第二柔性基体12粘接密封完好时放在室温静置45-60min，使所述第一柔性基体11和所述第二柔性基体12对合连接柔性外壳1并形成内部容腔10。
- [0084] 具体应用中，可以参考如下流程：
- [0085] 通过光刻法制作好的第一模具41（材料为SU-8光刻胶）；液体金属导体共晶镓铟（EGaIn）；具有高度柔性的Ecoflex系列材料；ease release 200脱模剂。具体包括以下步骤：
- [0086] 第一步：如图5和图6所示，分别取等质量的Ecoflex 1A和1B，放入离心混合器的容器中，为保证两种硅橡胶充分均匀混合。离心混合器转速为300-400rpm，保持时间为10-15s（12-14 s），接着转速提高到1400-1600rpm，保持时间为25-30s。
- [0087] 第二步：如图6和图7所示，把第一步中的硅橡胶溶液放入真空抽滤装置中，打开真空泵，直到去除溶液中所有气泡。
- [0088] 第三步：如图8所示，把第一模具41表面喷上一层脱模剂，接着使用移液器往模具的型腔中充满第二步中得到的硅橡胶溶液。
- [0089] 第四步：第三步中填充硅橡胶溶液后的第一模具41移到烤箱中，在80摄氏度的条件下烘烤45-60min，如图9所示，得到第一柔性基体11。
- [0090] 第五步：对第二模具42的型腔表面喷上一层脱模剂，使用移液器填充下模422的型腔并将上模421合于下模422，如图10所示。
- [0091] 第六步：在第五步中形成的第二柔性基体12处于半凝固状态时，把脱模的第一柔性基体11轻轻压在第二柔性基体12上，待粘接密封完好时放在室温静置45-60 min，得到柔性外壳1，如图11所示。再将柔性外壳1从下模422取出。
- [0092] 第七步：取两只微型注射器分别插入柔性外壳1的相对的两侧壁并伸入内部容腔10的两端，一个注射器用来抽内部容腔10里面的空气，引流液体导体-EGaIn，另一个注射器用来同步持续注入液体导体（EGaIn）到内部容腔10中。当然，也可以先对内部容腔10抽真空，再将液体导体注入内部容腔10。当液体导体（EGaIn）充满整个内部容腔10时，插入电极2，取少量的硅橡胶溶液（第二步中得

到)密封住端口(电极2与柔性外壳1侧壁之间的间隙),这样就可以得到柔性可拉伸电子应变传感器,如图12所示。该方法制备简单,可一次性实现批量生产,提高了时间和成本效益。特别适用于可穿戴设备领域尤其是大变形情况等。

[0093] 本发明实施例所提供的一种柔性电子压力传感装置及其制备方法,该应变传感器以高度柔性的Ecoflex系列材料作为基本材料。该柔性电子压力传感装置具有极薄的几何特点,其厚度可以不足1mm,且表现出非常好的柔弹性,拉伸应变达到300%仍能正常工作,几乎能与任何复杂的三维表面集成工作,另外微阵列通道101尺寸(截面高度、宽度均可以小于1mm)较小,很小的压力即会使微阵列变形而引起电阻变化,同时,所采集的电阻变化信号是源自密封在微阵列内的液体导体,使得该压力传感器具有较高的灵敏度和抗噪声干扰能力。使用生物相容性作为基本材料使得尤其适合集成在人体皮肤表面的可穿戴电子设备。该方法制备简单,可一次性实现批量生产,提高了时间和成本效益。本发明实施例所提供的一种柔性电子压力传感装置,在压力测试中,灵敏度较高,且采集的信号在图像上表现出良好可重复性,测量较为精确。能轻松与人体三维皮肤表面贴敷而不会有不适感,即使是变形量极大的膝关节处仍能对压力进行正常感知测量。与皮肤亲和性好,对人正常工作学习几乎没影响。是可穿戴设备的理想柔性传感器

[0094] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换或改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种柔性电子压力传感装置，其特征在于，包括柔性外壳，所述柔性外壳内具有内部容腔，所述内部容腔包括多个阵列通道和连通于多个所述阵列通道的连通腔，所述内部容腔内设置有液态金属导体，所述柔性外壳连接有至少两个与所述液态导体或半液态导体相接的电极。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的一种柔性电子压力传感装置，其特征在于，所述柔性外壳包括对合连接形成所述内部容腔的第一柔性基体和第二柔性基体，所述第一柔性基体的内壁设置有助于形成所述阵列通道的凸起结构或/和凹陷结构；所述连通腔设置于所述第二柔性基体体。
- [权利要求 3] 如权利要求1或2所述的一种柔性电子压力传感装置，其特征在于，所述柔性外壳采用降解聚酯材料或硅橡胶材料。
- [权利要求 4] 如权利要求1或2所述的一种柔性电子压力传感装置，其特征在于，所述内部容腔内设置有液态金属导体共晶镓铟。
- [权利要求 5] 一种可穿戴设备，其特征在于，所述可穿戴设备具有如权利要求1至4中任一项所述的一种柔性电子压力传感装置。
- [权利要求 6] 一种柔性电子压力传感装置的制备方法，其特征在于，包括以下步骤：
制备具有内部容腔的柔性外壳，且所述内部容腔包括多个阵列通道和连通于多个所述阵列通道的连通腔；于所述内部容腔内注入液态金属导体，于所述柔性外壳插入至少两个电极，使所述电极与所述液态金属导体相接触。
- [权利要求 7] 如权利要求6所述的一种柔性电子压力传感装置的制备方法，其特征在于，制备所述柔性外壳包括以下步骤：
制备第一模具、第二模具和柔性材料溶液，将柔性材料溶液混合后去除气泡；
向所述第一模具中加入混合并去除气泡后的所述柔性材料溶液形成具有多个阵列通道的第一柔性基体；

在所述第二模具中加入混合并去除气泡后的柔性材料溶液，并使柔性材料溶液形成具有连通腔的第二柔性基体；

将所述第一柔性基体压于未完全固化的所述第二柔性基体上，使所述第一柔性基体和所述第二柔性基体一体连接形成柔性外壳，同时使多个阵列通道和连通腔连通形成封闭的内部容腔。

[权利要求 8]

如权利要求7所述的一种柔性电子压力传感装置的制备方法，其特征在于，于所述内部容腔内注入液态金属导体包括以下步骤：

采用两个注射器插入所述内部容腔的两端，其中一个注射器内具有液态金属导体；另一个注射器抽所述内部容腔中的空气，具有液态金属导体的注射器向所述内部容腔内注入液态金属导体，使液态金属导体充满内部容腔，拔出所述注射器。

[权利要求 9]

如权利要求6所述的一种柔性电子压力传感装置的制备方法，其特征在于，于所述内部容腔的两端插入电极包括以下步骤：

将两个电极分别插入所述内部容腔的两端，使用同样的半凝固柔性材料密封于所述电极与所述柔性外壳之间。

[权利要求 10]

如权利要求7所述的一种柔性电子压力传感装置的制备方法，其特征在于，将柔性材料溶液混合和去除气泡包括以下步骤：

采用Ecoflex系列硅橡胶溶液放入离心混合器的容器中，所述离心混合器的转速为300-400rpm，保持时间为10-15s后，所述离心混合器的转速提高到1400-1600rpm，保持时间为25-30s，得到混合后的硅橡胶溶液；

把混合后的硅橡胶溶液放入真空抽滤装置中，开启所述真空抽滤装置的真空泵，得到去除气泡后的硅橡胶溶液；

形成第一柔性基体包括以下步骤：

在所述第一模具表面喷至少一层脱模剂，接着使用移液器往所述第一模具的型腔中填充去除气泡后的硅橡胶溶液；

将所述第一模具移到烤箱中，在80摄氏度的条件下烘烤45-60min，脱模后得到具有多个阵列通道的第一柔性基体；

使用移液器往所述第二模具的型腔中填充去除气泡后的硅橡胶溶液，然后合模；

待所述第二模具的型腔中的硅橡胶溶液半凝固形成第二柔性基体时，开模，然后将第一柔性基体压在第二柔性基体上，使所述第一柔性基体和所述第二柔性基体对合连接形成连通腔，和连通于多个所述阵列通道同一端面的连通腔。

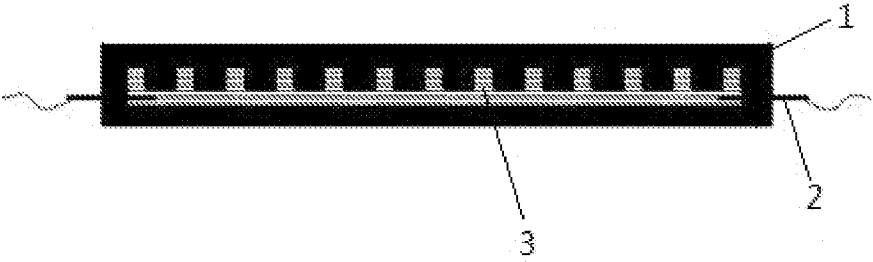


图 1

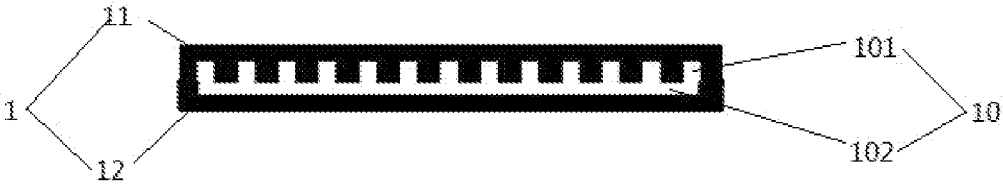


图 2

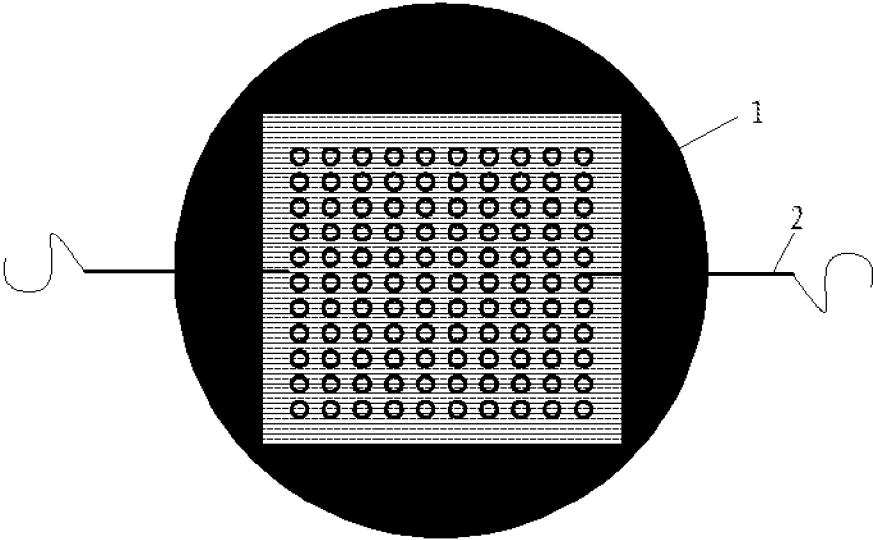
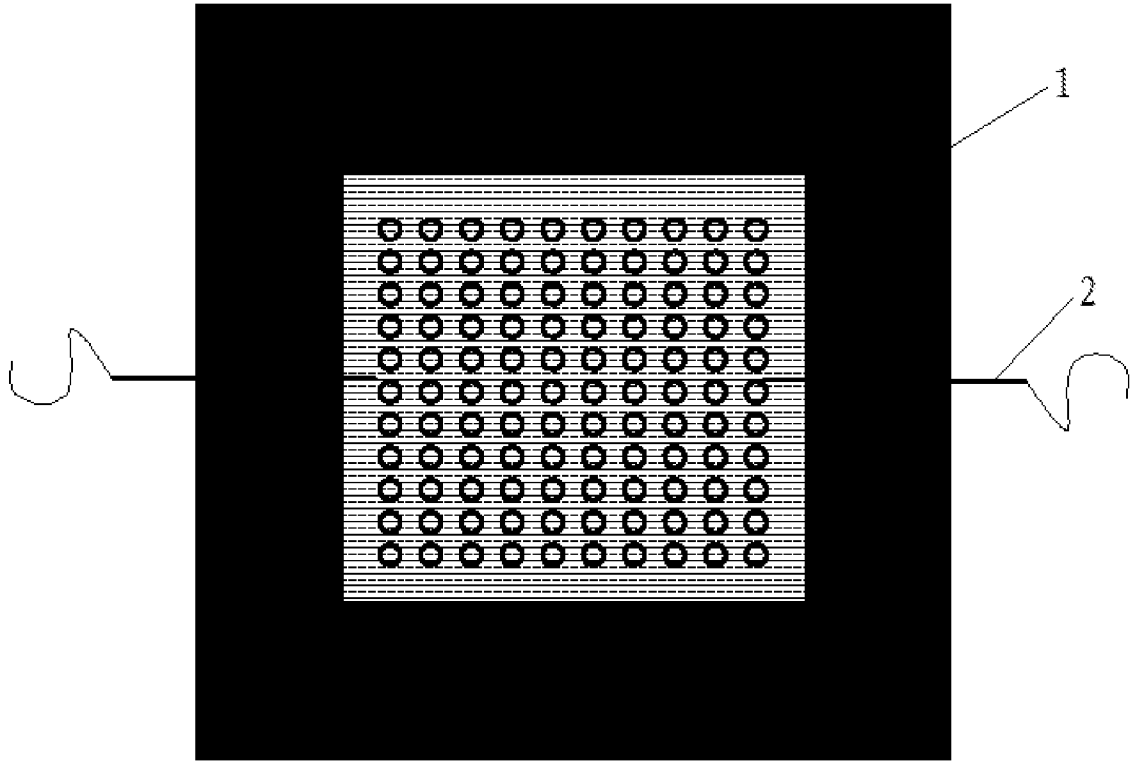


图 3



 4

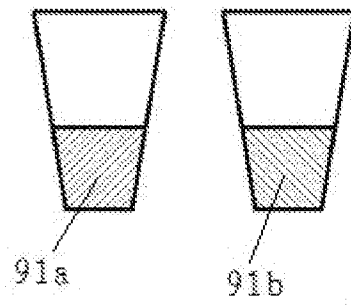


图 5

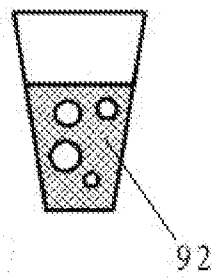


图 6

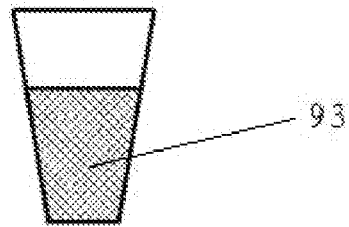


图 7



图 8

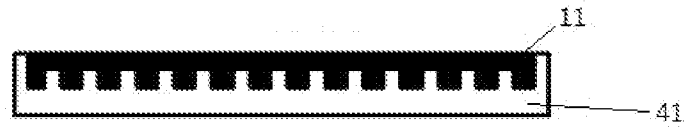


图 9

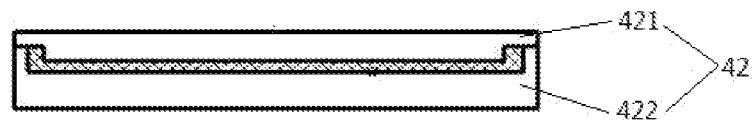


图 10



图 11

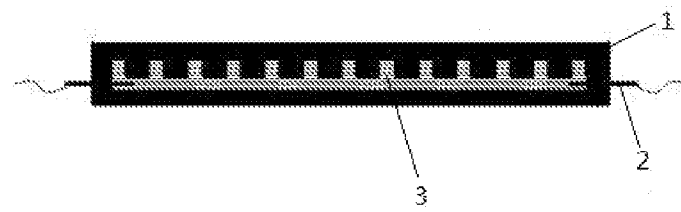


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/117390

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L 9/04(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)

G01,A61B

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)

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT, Web of Knowledge: 李晖, 陈静, 高钦武, 王磊, 深圳先进技术研究院, 传感器, 柔性, 压力, 外壳, 容腔, 阵列通道, 连通腔, 液态金属导体, 电极, flexible, shell, cavity, array, channel?, liquid, metal, conductor, electrode?, sunken, substrate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN 108151949 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 12 June 2018 (2018-06-12) claims 1-10	1-10
X	CN 103959029 A (PRESIDENT AND FELLOWS OF HARVARD COLLEGE) 30 July 2014 (2014-07-30) claim 4, description, paragraphs [0041], [0042], [0079] and [0084], and figure 5	1-10
X	CN 107478148 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 15 December 2017 (2017-12-15) claims 1-10	1-10
A	CN 105849681 A (GOERTEK INC.) 10 August 2016 (2016-08-10) entire document	1-10
A	CN 103983382 A (HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 13 August 2014 (2014-08-13) entire document	1-10
A	CN 105054942 A (LAI, DAKUN) 18 November 2015 (2015-11-18) entire document	1-10



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

20 August 2018

Date of mailing of the international search report

07 September 2018

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/117390**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104406627 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 11 March 2015 (2015-03-11) entire document	1-10
A	US 5442729 A (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY) 15 August 1995 (1995-08-15) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2017/117390

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108151949	A	12 June 2018	None			
CN	103959029	A	30 July 2014	US	2018143091	A1	24 May 2018
				JP	2017167151	A	21 September 2017
				US	2014238153	A1	28 August 2014
				KR	20140078704	A	25 June 2014
				CN	103959029	B	31 May 2017
				WO	2013044226	A2	28 March 2013
				JP	6169082	B2	26 July 2017
				CN	107300435	A	27 October 2017
				JP	2014528079	A	23 October 2014
				EP	2758760	A2	30 July 2014
				US	9841331	B2	12 December 2017
CN	107478148	A	15 December 2017	None			
CN	105849681	A	10 August 2016	WO	2015038282	A1	19 March 2015
				US	2014210784	A1	31 July 2014
CN	103983382	A	13 August 2014	CN	103983382	B	06 January 2016
CN	105054942	A	18 November 2015	CN	105054942	B	06 April 2018
CN	104406627	A	11 March 2015	CN	104406627	B	25 January 2017
US	5442729	A	15 August 1995	US	6035274	A	07 March 2000
				US	5047952	A	10 September 1991
				US	5813406	A	29 September 1998
				US	5280265	A	18 January 1994

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/117390

A. 主题的分类

G01L 9/04(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)

G01, A61B

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))

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT, Web of Knowledge: 李晖, 陈静, 高钦武, 王磊, 深圳先进技术研究院, 传感器, 柔性, 压力, 外壳, 容腔, 阵列通道, 连通腔, 液态金属导体, 电极, flexible, shell, cavity, array, channel?, liquid, metal, conductor, electrode?, sunken, substrate

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
E	CN 108151949 A (深圳先进技术研究院) 2018年 6月 12日 (2018 - 06 - 12) 权利要求1-10	1-10
X	CN 103959029 A (哈佛大学校长及研究员协会) 2014年 7月 30日 (2014 - 07 - 30) 权利要求4, 说明书第[0041]-[0042]、[0079]、[0084]段, 图5	1-10
X	CN 107478148 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2017年 12月 15日 (2017 - 12 - 15) 权利要求1-10	1-10
A	CN 105849681 A (谱瑞科技有限公司) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 全文	1-10
A	CN 103983382 A (合肥工业大学) 2014年 8月 13日 (2014 - 08 - 13) 全文	1-10
A	CN 105054942 A (赖大坤) 2015年 11月 18日 (2015 - 11 - 18) 全文	1-10
A	CN 104406627 A (浙江大学) 2015年 3月 11日 (2015 - 03 - 11) 全文	1-10

☒ 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

2018年 8月 20日

国际检索报告邮寄日期

2018年 9月 7日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(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

胡亚婷

电话号码 86-(10)-53962488

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
A	US 5442729 A (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY) 1995年 8月 15日 (1995 - 08 - 15) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/117390

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	108151949	A	2018年 6月 12日	无			
CN	103959029	A	2014年 7月 30日	US	2018143091	A1	2018年 5月 24日
				JP	2017167151	A	2017年 9月 21日
				US	2014238153	A1	2014年 8月 28日
				KR	20140078704	A	2014年 6月 25日
				CN	103959029	B	2017年 5月 31日
				WO	2013044226	A2	2013年 3月 28日
				JP	6169082	B2	2017年 7月 26日
				CN	107300435	A	2017年 10月 27日
				JP	2014528079	A	2014年 10月 23日
				EP	2758760	A2	2014年 7月 30日
				US	9841331	B2	2017年 12月 12日
CN	107478148	A	2017年 12月 15日	无			
CN	105849681	A	2016年 8月 10日	WO	2015038282	A1	2015年 3月 19日
				US	2014210784	A1	2014年 7月 31日
CN	103983382	A	2014年 8月 13日	CN	103983382	B	2016年 1月 6日
CN	105054942	A	2015年 11月 18日	CN	105054942	B	2018年 4月 6日
CN	104406627	A	2015年 3月 11日	CN	104406627	B	2017年 1月 25日
US	5442729	A	1995年 8月 15日	US	6035274	A	2000年 3月 7日
				US	5047952	A	1991年 9月 10日
				US	5813406	A	1998年 9月 29日
				US	5280265	A	1994年 1月 18日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)