

(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
2025 年 1 月 2 日 (02.01.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/000596 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01L 1/14 (2006.01) *A61B 1/273* (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/107294
- (22) 国际申请日: 2023 年 7 月 13 日 (13.07.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310790773.3 2023年6月29日 (29.06.2023) CN
- (71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF
ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY

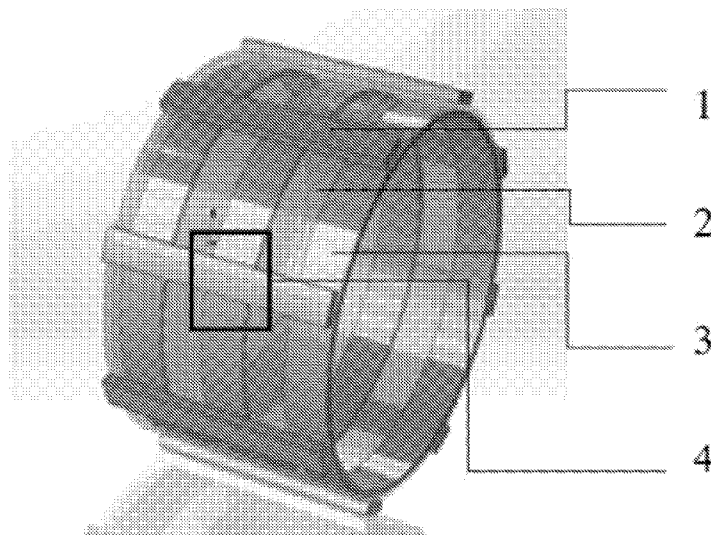
OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

- (72) 发明人: 熊璟 (XIONG, Jing); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。史妍 (SHI, Yan); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。陈静 (CHEN, Jing); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。谢高生 (XIE, Gaosheng); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。李晖 (LI, Hui); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。夏泽洋 (XIA, Zeyang);

(54) Title: PRESSURE SENSOR, MANUFACTURING METHOD, AND DATA ACQUISITION SYSTEM AND METHOD

(54) 发明名称: 压力传感器、制备方法和数据采集系统及方法

[图1]



(57) Abstract: A pressure sensor, a manufacturing method, and a data acquisition system and method. The cylindrical array-type flexible pressure sensor comprises an ionic gel dielectric layer (2); the upper surface of the ionic gel dielectric layer (2) is provided with a plurality of column electrodes (1); the lower surface of the ionic gel dielectric layer (2) is provided with a plurality of row electrodes (3); the intersection of each row electrode (3) and each column electrode (1) forms a single sensor unit (4). The sensor and method can solve the problem of lack of touch information in the current digestive endoscopy diagnosis and treatment process, and have the characteristics of high sensitivity and accurate measurement.

(57) 摘要: 一种压力传感器、制备方法和数据采集系统及方法, 柱面阵列式柔性压力传感器包括离子凝胶介电层 (2), 离子凝胶介电层 (2) 的上表面设置有若干列电极 (1), 离子凝胶介电层 (2) 的下表面设置有若干行电极 (3), 其中, 各行电极 (3) 与各列电极 (1) 的交叉位置形成单个传感器单元 (4), 该传感器及方法能够解决当前消化内镜诊疗过程中触觉信息缺失的问题, 并且具有灵敏度高以及测量准确的特点。

[见续页]

WO 2025/000596 A1

中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑
大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(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.**);
中国北京市西城区西直门外大街1号院2
号楼7层7C1, Beijing 100044 (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,
CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,
IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

说明书

发明名称：压力传感器、制备方法和数据采集系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于传感器技术领域，涉及一种压力传感器、制备方法和数据采集系统及方法。

背景技术

[0002] 在传统的医疗诊断中，医生常通过用手触摸患者的组织来对患者进行医疗诊断，这极大提高了诊断的效率。但是在消化内镜诊疗过程中，医生无法直接触摸到患者的组织，现有的内镜视觉反馈技术也无法准确地识别病变区域的位置与大小。医生在缺乏力反馈的场景下使用消化内镜，容易使患者的消化道组织受到额外伤害。

[0003] 触觉是人类通过皮肤这一重要器官来感知和获取外界信息的重要功能。通过触觉感知能力，人类可以识别接触物体的形状、硬度、表面粗糙度以及温度等信息，从而获得更为详实和丰富的感官体验。为了模仿人类皮肤的触觉感知能力，目前已经提出了多种类型的可以将外界刺激转变成电子信号来感知和量化外界刺激的压力传感器。

[0004] 目前，根据工作原理的不同，柔性压力传感器可分为压阻式、压电式、摩擦电式、电容式。在这四种传感器中，电容式柔性压力传感器具有结构简单，响应速度快以及低功耗等优点而受到广泛研究。电容式柔性压力传感器根据介电层的不同又可分为传统电容式压力传感器和离-电式电容压力传感器。对于传统的电容式压力传感器而言，其灵敏度往往受到弹性体不可压缩性和低介电常数限制；此外，传统电容型压力传感器的电容变化极易受寄生电容和环境噪声的影响，限制了其在实际场景中的应用。离-电式压力传感器采用离子凝胶作为传感器的介电层，在电极和介电层界面处形成了双电层电容，显著提高了传感器的灵敏度。相较于其他类型的传感器离-电式压力传感器具有优秀的传感性能，同时能满足多种应用场景下对压力感知的需求。此外，研究表明在离-电式压力传感器中引入微结构可进一步改善传感器的传感性能。

[0005] 消化内镜检查是目前治疗消化系统疾病最为有效和可靠的方式之一，其可以通过准确且直观的视觉反馈方式来观察消化道内的异常病变，从而为医生提供更加精准的诊断结果。在传统的医疗诊断中，医生常通过用手触摸患者的组织来对患者进行医疗诊断，这极大提高了诊断的效率。但是在消化内镜诊疗过程中，医生无法直接触摸到患者的组织，现有的内镜视觉反馈技术也无法准确地识别病变区域的位置与大小。医生在缺乏力反馈的场景下使用消化内镜，容易使患者的消化道组织受到额外伤害。

[0006] 在消化内镜诊疗过程中，医生经自然腔道将内镜伸入患者体内，通过内镜反馈的图像进行诊断以及手术操作，这对于体内病变区域的定位和治疗具有重要作用，然而，医生在缺乏力反馈的场景下使用消化内镜，容易使患者的消化道组织受到伤害。目前，常见的柔性压力传感器主要有压阻式、压电式、摩擦电式、电容式这几种。

[0007] 综上所述，目前还存在以下问题：

[0008] 消化内镜触觉信息的缺失。在消化内镜诊疗过程中，医生无法直接触摸到患者的组织，视觉反馈也无法准确地识别病变区域的位置与大小，此外，医生在缺乏力反馈的情况下进行手术可能会对正常组织造成损伤，甚至伤害到重要器官。

[0009] 传感器的缺点。压阻式压力传感器容易受到外界影响，长期使用可能会出现信号漂移；压电式压力传感器无法测量静态压力；摩擦电式压力传感器易受外界影响，同时无法测量静态压力；传统电容式传感器介电层具有不可压缩性，存在灵敏度低的问题，同时易受到寄生电容和环境的影响，测量准确性较差。

发明概述

技术问题

[0010] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点，提供了一种压力传感器、制备方法和数据采集系统及方法，该传感器及方法能够解决当前消化内镜诊疗过程中触觉信息缺失的问题，并且具有灵敏度高以及测量准确的特点。

技术解决方案

[0011] 为达到上述目的，第一方面，本发明公开了一种柱面阵列式柔性压力传感器，

包括离子凝胶介电层，所述离子凝胶介电层的上表面设置有若干列电极，离子凝胶介电层的下表面设置有若干行电极，其中，各行电极与各列电极的交叉位置形成单个传感器单元。

[0012] 所述离子凝胶介电层的表面设置有若干金字塔微结构。

[0013] 第二方面，本发明公开了一种柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，包括以下步骤：

[0014] 1) 以聚二甲基硅氧烷薄膜为基底材料，将拉伸银浆刮涂在PDMS薄膜上，制备得到行电极及列电极；

[0015] 2) 制备具有微结构的离子凝胶介电层；

[0016] 3) 利用所述离子凝胶介电层、各行电极及各列电极制作柱面阵列式柔性压力传感器。

[0017] 步骤1) 的具体操作为：

[0018] 11) 将PDMS预聚物与固化剂混合，搅拌并去除气泡，得PDMS混合物，将所述PDMS混合物旋涂于喷涂有脱模剂的基板上，固化后形成PDMS薄膜；

[0019] 12) 将具有电极图案的掩模版放置于步骤11) 制备得到的PDMS薄膜上，使得PDMS薄膜与掩模版贴合，再将拉伸银浆均匀刮涂于带有掩模版的PDMS薄膜上，固化后取出掩模版，裁切得到行电极及列电极。

[0020] 步骤11) 中，PDMS预聚物与固化剂的质量比为(10-12)：1。

[0021] 步骤2) 中，采用溶液旋涂法制备具有微结构的离子凝胶介电层。

[0022] 第三方面，本发明公开了一种柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，包括以下步骤：

[0023] 将列电极、离子凝胶介电层及行电极依次缠绕并固定于消化内镜上，使得柱面阵列式柔性压力传感器集成于消化内镜上。

[0024] 第四方面，本发明公开了一种数据采集系统，包括微控制器模块、电容测量模块、行列扫描模块以及柱面阵列式柔性压力传感器，所述柱面阵列式柔性压力传感器集成于消化内镜上，柱面阵列式柔性压力传感器通过行列扫描模块接地，柱面阵列式柔性压力传感器与电容测量模块相连接，微控制器模块与电容测量模块的输出端及行列扫描模块的控制端相连接。

[0025] 微控制器模块连接有上位机，所述上位机能够对微控制器模块输出的传感器数据进行显示。

[0026] 第五方面，本发明公开了一种数据采集方法，包括以下步骤：

[0027] 获取电容测量模块检测得到的柱面阵列式柔性压力传感器中各行传感器单元的电容信息；

[0028] 对获取得到的柱面阵列式柔性压力传感器中各行传感器单元的电容信息进行图形化显示。

[0029] 对获取得到的柱面阵列式柔性压力传感器中各传感器单元的电容信息进行图形化显示。

有益效果

[0030] 本发明具有以下有益效果：

[0031] 本发明所述的压力传感器、制备方法和数据采集系统及方法在具体操作时，采用PDMS作为柔性基底，同时在离子凝胶介电层的上表面设置有若干列电极，离子凝胶介电层的下表面设置有若干行电极，从而在各行电极与各列电极的交叉位置形成单个传感器单元，在测量时，采用阵列排布的各传感器单元进行检测，测量准确较高，灵敏度较高，能够使医生在操作过程中获得更丰富详实的触觉信息，从而提高疾病诊断和手术治疗过程中的效率及安全性，同时配置有相应的数据采集系统，利用电容测量模块与行列扫描模块相配合进行各行传感器单元的电容信息的获取，以提高数据采集的准确性及可靠性。

附图说明

[0032] 图1为本发明所述传感器的结构图；

[0033] 图2a为行电极的结构图；

[0034] 图2b为列电极的结构图；

[0035] 图3为离子凝胶介电层的结构图；

[0036] 图4为本发明所述数据采集系统的结构图；

[0037] 图5为实施例一制备得到的电极的实物图；

[0038] 图6a为显微镜下在平面状态下电极的结构图；

[0039] 图6b为显微镜下在柱面状态下电极的结构图；

- [0040] 图7为实施例一中金字塔微结构的离子凝介电层的实物图；
- [0041] 图8为实施例一中金字塔微结构离子凝胶介电层的扫描电子显微镜图；
- [0042] 图9为实施例一中所述传感器的灵敏度测试图；
- [0043] 图10实施例一中所述传感器的响应时间测试图；
- [0044] 图11实施例一中所述传感器的循环稳定性测试图；
- [0045] 图12a为实施例一中所述传感器在消化道触觉感知中应用的一种测试结果图；
- [0046] 图12b为实施例一中所述传感器在消化道触觉感知中应用的另一种测试结果图；
- [0047] 图12c为实施例一中所述传感器在消化道触觉感知中应用的另一种测试结果图。
- [0048] 其中，1为列电极、2为离子凝胶介电层、3为行电极、4为传感器单元。

本发明的实施方式

- [0049] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例，不是全部的实施例，而并非要限制本发明公开的范围。此外，在以下说明中，省略了对公知结构和技术的描述，以避免不必要的混淆本发明公开的概念。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。
- [0050] 在附图中示出了根据本发明公开实施例的结构示意图。这些图并非是按比例绘制的，其中为了清楚表达的目的，放大了某些细节，并且可能省略了某些细节。图中所示出的各种区域、层的形状及它们之间的相对大小、位置关系仅是示例性的，实际中可能由于制造公差或技术限制而有所偏差，并且本领域技术人员根据实际所需可以另外设计具有不同形状、大小、相对位置的区域/层。
- [0051] 实施例一
- [0052] 参考图1，本发明所述的柱面阵列式柔性压力传感器用于化内镜诊疗过程中，设置于消化内镜上，所述柱面阵列式柔性压力传感器包括离子凝胶介电层2，所述离子凝胶介电层2的上表面设置有若干列电极1，离子凝胶介电层2的下表面设

置有若干行电极3，其中，各行电极3与各列电极1的交叉位置形成单个传感器单元4。

[0053] 在工作时，当压力作用于本发明所述的柱面阵列式柔性压力传感器上时，传感器单元4的电容发生变化，从而实现对压力的测量。

[0054] 具体的，本实施例所述的柱面阵列式柔性压力传感器包括三行电极3及八列电极1，以形成24个传感器单元4。

[0055] 参考图2a及图2b，在实际应用时，结肠镜的直径为11-14mm，结肠镜的周长为34.6-44mm，所述单个传感器单元4的面积范围为 $2.25-4\text{ m}^2$ ，同一行的传感器单元4在消化内镜圆周方向均匀分布，同一列中相邻传感器单元4的间距为1mm。

[0056] 需要说明的是，本发明中同一行的传感器单元4共用行电极3，同一列的传感器单元4共用列电极1，以减少传感器的接线个数，便于应用。

[0057] 实施例二

[0058] 为制作本实施例所述的柱面阵列式柔性压力传感器，本发明公开了一种柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，包括：

[0059] 1) 柔性电极的制作；

[0060] 以聚二甲基硅氧烷（PDMS）薄膜为基底材料，采用刮涂法将拉伸银浆刮涂在PDMS薄膜上，以形成柔性电极，具体过程为：

[0061] 11) 将PDMS预聚物与固化剂以（10-12）：1的质量比混合，再通过搅拌机以1500-2000rpm的转速搅拌1-3min，使其混合均匀并去除气泡，得PDMS混合物；在玻璃片上喷一层硅胶气雾脱模剂，将PDMS混合物倒在玻璃片上，然后以300-500rpm的转速旋涂20-40s，将该玻璃片在80-90℃下固化30min-1h，以形成PDMS薄膜；

[0062] 12) 使用激光切割机切割厚度为50um的PET薄膜，形成所需电极图案的掩模版，将掩模版放置于步骤11) 制备得到的PDMS薄膜上，使得PDMS薄膜与掩模版贴合，将拉伸银浆均匀刮涂在带有掩模版的PDMS薄膜上，在90-100℃下固化4-6h，去除掩模版，再裁剪PDMS膜，得到行电极3及列电极1；

[0063] 13) 使用铜导线、加热固化银浆或者导电银胶，将柱面阵列式柔性压力传感器的行电极3及列电极1引出，便于后续测试，其中，将高温固化银浆在90℃固化3

0min-1h, 将导电银胶在60℃固化1h-2h。

[0064] 2) 制备离子凝胶介电层2;

[0065] 采用溶液旋涂法制备具有微结构PVDF-HFP/IL离子凝胶介电层2, 具体过程为:

[0066] 21) 将PVDF-HFP与丙酮以1:(7-9)的质量比混合, 再在60-70℃搅拌2-4h, 使PVDF-HFP充分融化, 得混合溶液;

[0067] 22) 向步骤21)得到的混合溶液中加入离子液体, 再在室温下继续搅拌1h, 其中, PVDF-HFP与离子液体的质量比为1.5:(1-1.2);

[0068] 23) 将步骤22)得到的溶液液滴在具有微结构的模板上, 再以300-500rpm的转速旋涂15-30s, 然后在60℃的烘箱中干燥30min-1h, 剥离并裁剪后, 得到离子凝胶介电层2。

[0069] 本实施例中, 所述离子液体为1-乙基-3-甲基咪唑-双三氟甲基磺酰亚胺盐([EMIM][TFSI])。

[0070] 本实施例中, 所述微结构的模板为采用光刻技术形成的具有金字塔微结构的模板。金字塔状微结构的正方形的边长为70 μm, 高度为50 μm, 正方形的边间距为40 μm, 微结构的模板在显微镜下的观察结果如图3所示。

[0071] 实施例三

[0072] 本发明所述柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法包括以下步骤:

[0073] 将列电极1、离子凝胶介电层2及行电极3依次缠绕于消化内镜上, 并使用PI(聚酰亚胺)胶带固定, 以形成柱面阵列式柔性压力传感器。

[0074] 实施例四

[0075] 为实现所述柱面阵列式柔性压力传感器的数据采集, 本发明还公开了一种数据采集系统, 数据采集系统包括硬件采集电路及上位机。

[0076] 本实施例中, 所述硬件采集电路包括柱面阵列式柔性压力传感器、微控制器模块、电容测量模块以及行列扫描模块; 所述柱面阵列式柔性压力传感器集成于消化内镜上, 柱面阵列式柔性压力传感器通过行列扫描模块接地, 柱面阵列式柔性压力传感器与电容测量模块相连接, 微控制器模块与电容测量模块的输出端及行列扫描模块的控制端相连接。

[0077] 本实施例中, 所述微控制器模块采用STM32单片机, 其中, STM32单片机是意法

半导体公司推出的一系列32位微控制器产品系列，具有高性能、低功耗、多种外设、集成度高以及易于开发的优点，选择STM32F103C8T6为硬件采集电路的微控制器。

[0078] 本实施例中，所述电容测量模块采用PCap01AD芯片，PCap01AD芯片可以通过单一传感器漂移模式、单一传感器接地模式、差分传感器漂移模式、差分传感器接地模式这四种连接方式与电容传感器相连。在单一传感器漂移模式连接的情况下，PCap01AD芯片最多可以连接7个传感器，由于本发明中传感器单元4数目较多，因此选用两片PCap01AD芯片且采用单一传感器接地模式的连接方式，对柱面阵列式柔性压力传感器的电容进行测量。PCap01AD芯片通过SPI通信方式与微控制器模块进行通信，通过SPI通信可以实现数据的高速率传输，并且支持全双工通信。

[0079] 本实施例中，同一行的传感器单元4共用行电极3，同一列的传感器单元4共同列电极1，因此24个传感器单元4共11根接线，通过电极共用可以有效减少接线的个数。另外，本发明选用两个PCap01AD芯片对8列电容同时进测量，此时选用一个模拟开关来实现三行的选通，即可完成 3×8 柱面阵列式柔性压力传感器电容数据的测量。本发明选用高速模拟开关TS5A3357芯片来实现传感器阵列的行扫描，所述高速模拟开关TS5A3357芯片的工作电压为1.65~5.5V，在STM32单片机的控制下实现对传感器阵列的行扫描，从而实现柱面阵列式柔性压力传感器电容数据的采集。

[0080] 另外，本实施例中，STM32单片机将采集到的传感器数据通过串口发送给上位机进行数字化显示并存储，其中，本发明选用CH343芯片来实现传感器阵列电容数据的高速传输。

[0081] 实施例五

[0082] 相应的，本发明公开了一种数据采集方法，包括以下步骤：

[0083] 1) 获取电容测量模块检测得到的柱面阵列式柔性压力传感器中各行传感器单元4的电容信息；

[0084] 2) 微控制器模块接收电容测量模块输出的柱面阵列式柔性压力传感器中各行传感器单元4的电容信息，再通过上位机对所述柱面阵列式柔性压力传感器中各

行传感器单元4的电容信息进行图形化显示，其中，在上位机中采用三维柱状图的形式，将柱面阵列式柔性压力传感器的电容数据显示出来，从而可以更加直观的观察压力的分布情况，传感器数字采集方案如图4所示。

[0085] 实施例六

[0086] 本实施例所述的柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，包括：

[0087] 1) 柔性电极的制作；

[0088] 以聚二甲基硅氧烷（PDMS）薄膜为基底材料，采用刮涂法将拉伸银浆刮涂在PDMS薄膜上，以形成柔性电极，具体过程为：

[0089] 11) 将PDMS预聚物与固化剂以11: 1的质量比混合，再通过搅拌机以1800rpm的转速搅拌2min，使其混合均匀并去除气泡，得PDMS混合物；在玻璃片上喷一层硅胶气雾脱模剂，将PDMS混合物倒在玻璃片上，然后以400rpm的转速旋涂30s，将该玻璃片在85℃下固化45min，以形成PDMS薄膜；

[0090] 12) 使用激光切割机切割厚度为50um的PET薄膜，形成所需电极图案的掩模版，将掩模版放置于步骤11) 制备得到的PDMS薄膜上，使得PDMS薄膜与掩模版贴合，将拉伸银浆均匀刮涂在带有掩模版的PDMS薄膜上，在95℃下固化5h，去除掩模版，再裁剪PDMS膜，得到行电极3及列电极1；

[0091] 13) 使用铜导线、加热固化银浆或者导电银胶，将柱面阵列式柔性压力传感器的行电极3及列电极1引出，便于后续测试，其中，将高温固化银浆在90℃固化40min，将导电银胶在60℃固化1.5h。

[0092] 2) 制备离子凝胶介电层2；

[0093] 采用溶液旋涂法制备具有微结构PVDF-HFP/IL离子凝胶介电层2，具体过程为：

[0094] 21) 将PVDF-HFP与丙酮以1:8的质量比混合，再在65℃搅拌3h，使PVDF-HFP充分融化，得混合溶液；

[0095] 22) 向步骤21) 得到的混合溶液中加入离子液体，再在室温下继续搅拌1h，其中，PVDF-HFP与离子液体的质量比为1.5: 1.2；

[0096] 23) 将步骤22) 得到的溶液液滴在具有微结构的模板上，再以400rpm的转速旋涂25s，然后在60℃的烘箱中干燥45min，剥离并裁剪后，得到离子凝胶介电层2。

[0097] 实施例七

[0098] 本实施例所述的柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，包括：

[0099] 1) 柔性电极的制作；

[0100] 以聚二甲基硅氧烷（PDMS）薄膜为基底材料，采用刮涂法将拉伸银浆刮涂在PDMS薄膜上，以形成柔性电极，具体过程为：

[0101] 11) 将PDMS预聚物与固化剂以10:1的质量比混合，再通过搅拌机以1500rpm的转速搅拌1min，使其混合均匀并去除气泡，得PDMS混合物；在玻璃片上喷一层硅胶气雾脱模剂，将PDMS混合物倒在玻璃片上，然后以300rpm的转速旋涂20s，将该玻璃片在90℃下固化30min，以形成PDMS薄膜；

[0102] 12) 使用激光切割机切割厚度为50um的PET薄膜，形成所需电极图案的掩模版，将掩模版放置于步骤11) 制备得到的PDMS薄膜上，使得PDMS薄膜与掩模版贴合，将拉伸银浆均匀刮涂在带有掩模版的PDMS薄膜上，在90℃下固化4h，去除掩模版，再裁剪PDMS膜，得到行电极3及列电极1；

[0103] 13) 使用铜导线、加热固化银浆或者导电银胶，将柱面阵列式柔性压力传感器的行电极3及列电极1引出，便于后续测试，其中，将高温固化银浆在90℃固化30min，将导电银胶在60℃固化1h。

[0104] 2) 制备离子凝胶介电层2；

[0105] 采用溶液旋涂法制备具有微结构PVDF-HFP/IL离子凝胶介电层2，具体过程为：

[0106] 21) 将PVDF-HFP与丙酮以1:7的质量比混合，再在60℃搅拌2h，使PVDF-HFP充分融化，得混合溶液；

[0107] 22) 向步骤21) 得到的混合溶液中加入离子液体，再在室温下继续搅拌1h，其中，PVDF-HFP与离子液体的质量比为1.5:1.1；

[0108] 23) 将步骤22) 得到的溶液液滴在具有微结构的模板上，再以300rpm的转速旋涂15s，然后在60℃的烘箱中干燥30min，剥离并裁剪后，得到离子凝胶介电层2。

[0109] 实施例八

[0110] 本实施例所述的柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，包括：

[0111] 1) 柔性电极的制作；

[0112] 以聚二甲基硅氧烷（PDMS）薄膜为基底材料，采用刮涂法将拉伸银浆刮涂在PDMS薄膜上，以形成柔性电极，具体过程为：

[0113] 11) 将PDMS预聚物与固化剂以12:1的质量比混合，再通过搅拌机以2000rpm的转速搅拌3min，使其混合均匀并去除气泡，得PDMS混合物；在玻璃片上喷一层硅胶气雾脱模剂，将PDMS混合物倒在玻璃片上，然后以500rpm的转速旋涂40s，将该玻璃片在90℃下固化1h，以形成PDMS薄膜；

[0114] 12) 使用激光切割机切割厚度为50um的PET薄膜，形成所需电极图案的掩模版，将掩模版放置于步骤11) 制备得到的PDMS薄膜上，使得PDMS薄膜与掩模版贴合，将拉伸银浆均匀刮涂在带有掩模版的PDMS薄膜上，在100℃下固化6h，去除掩模版，再裁剪PDMS膜，得到行电极3及列电极1；

[0115] 13) 使用铜导线、加热固化银浆或者导电银胶，将柱面阵列式柔性压力传感器的行电极3及列电极1引出，便于后续测试，其中，将高温固化银浆在90℃固化1h，将导电银胶在60℃固化2h。

[0116] 2) 制备离子凝胶介电层2；

[0117] 采用溶液旋涂法制备具有微结构PVDF-HFP/IL离子凝胶介电层2，具体过程为：

[0118] 21) 将PVDF-HFP与丙酮以1:9的质量比混合，再在70℃搅拌4h，使PVDF-HFP充分融化，得混合溶液；

[0119] 22) 向步骤21) 得到的混合溶液中加入离子液体，再在室温下继续搅拌1h，其中，PVDF-HFP与离子液体的质量比为1.5:1；

[0120] 23) 将步骤22) 得到的溶液液滴在具有微结构的模板上，再以500rpm的转速旋涂30s，然后在60℃的烘箱中干燥1h，剥离并裁剪后，得到离子凝胶介电层2。

[0121] 实施例九

[0122] 本实验制备的传感器柔性电极为PDMS/银浆柔性电极，离子凝胶介电层2为具有金字塔微结构PVDF-HFP/1-乙基-3-甲基咪唑双三氟甲基磺酰亚胺盐（[EMIM][TFSI]）的介电层，具体制备过程为：

[0123] 1) 柔性电极的制备；

[0124] 11) 将聚二甲基硅氧烷（PDMS）的预聚物与固化剂以10:1的质量比混合，再在搅拌机中以2000rpm的转速搅拌1min，使其搅拌均匀，并去除气泡，得PDMS混合

物，将PDMS混合物以500rpm的转速在喷涂有硅胶脱模剂的玻璃片上旋涂40s，然后放入温度为90℃的烘箱，加热固化30min，得到PDMS薄膜。

[0125] 12) 电极图案掩模版制备；

[0126] 使用激光切割机对PET薄膜进行切割，制备所需电极形状的掩模版，得掩模版。

[0127] 13) 刮涂法制备柔性电极；

[0128] 将掩模版放置于已经固化的PDMS薄膜上，将掩模版与PDMS薄膜贴合，将拉伸银浆滴在掩模版上，然后进行刮涂，使银浆均匀的涂覆在PDMS薄膜上，再放入90℃的烘箱中，加热固化4h，然后去除掩模版，使用小刀裁剪形成所需的电极。

[0129] 14) 接线；

[0130] 通过导电银胶将PDMS/银浆柔性电极与导电引线连接，再放入60℃的烘箱中，固化1h后取出，然后将聚酰亚胺胶带贴在导电银胶上，防止在使用过程中导线脱落，便于后续测试及应用，图5为制备的电极。

[0131] 在平面状态下，单个行电极3的电阻为3Ω，单个列电极1的电阻为1.4Ω，在弯曲状态下，单个行电极3电阻为4.4Ω，单个列电极1的电阻为2Ω。

[0132] 在显微镜下，分别对平面状态下和柱面状态下的电极进行观察，得到如图6a及图6b所示的显微镜下的观察结果，其中，图6a为平面状态下的电极，图6b为柱面状态下的电极，根据观察结果可知，拉伸银浆在PDMS薄膜上刮涂均匀且连续无断裂，保证了电极良好的导电性。

[0133] 2) 金字塔微结构介电层的制备；

[0134] 21) 将PVDF-HFP和丙酮以质量比1:7混合，在65℃下以500rpm的转速搅2h，使PVDF-HFP完全融化在丙酮中，再向上述混合溶液中加入的[EMIM][TFSI]离子液体，PVDF-HFP:离子液体=3:2，在室温下，以500rpm的转速继续搅拌1h，形成PVDF-HFP、丙酮以及离子液体的混合溶液；

[0135] 22) 将步骤21)得到的混合溶液，以400rpm的转速在具有金字塔微结构的硅片上旋涂20s，待溶剂完全挥发后，剥离并裁剪形成10mm×45mm的薄膜，图7为制备的PVDF-HFP/IL离子凝胶介电层2。使用扫描电子显微镜对具有金字塔微结构的离子凝胶介电层2的形貌进行表征，结果如图8所示。

[0136] 3) 传感器的封装;

[0137] 将制备的电极和离子凝胶介电层2按照三明治结构封装在消化内镜上,以形成柱面阵列式柔性压力传感器。

[0138] 4) 柱面阵列式柔性压力传感器的性能测试,具体结果为:

[0139] 41) 灵敏度测试结果如图9所示,由图9可知,柱面阵列式柔性压力传感器在0-40kPa的压力范围内表现出 0.39kPa^{-1} 的灵敏度。

[0140] 42) 响应/时间测试结果如图10所示,由图10可知,柱面阵列式柔性压力传感器的响应/恢复时间均为46ms。

[0141] 43) 循环稳定性测试结果图11所示,由图11可知,柱面阵列式柔性压力传感器在1200次的加/卸在循环下电容信号没有发生很大的漂移,表示该柱面阵列式柔性压力传感器具有良好的稳定性。

[0142] 44) 柱面阵列式柔性压力传感器在消化道触觉感知中的应用,将所述柱面阵列式柔性压力传感器集成在消化内镜上,使其在肠道模型中移动,在移动过程中,所述柱面阵列式柔性压力传感器会与肠道接触,从而会受到压力,通过数字采集系统采集该过程的电容变化数据,图12a-图12c为消化内镜在消化道运动的不同状态,结果表明所述柱面阵列式柔性压力传感器具有良好的触觉感知能力。

[0143] 最后应当说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,其均应涵盖在本发明的权利要求保护范围之内。

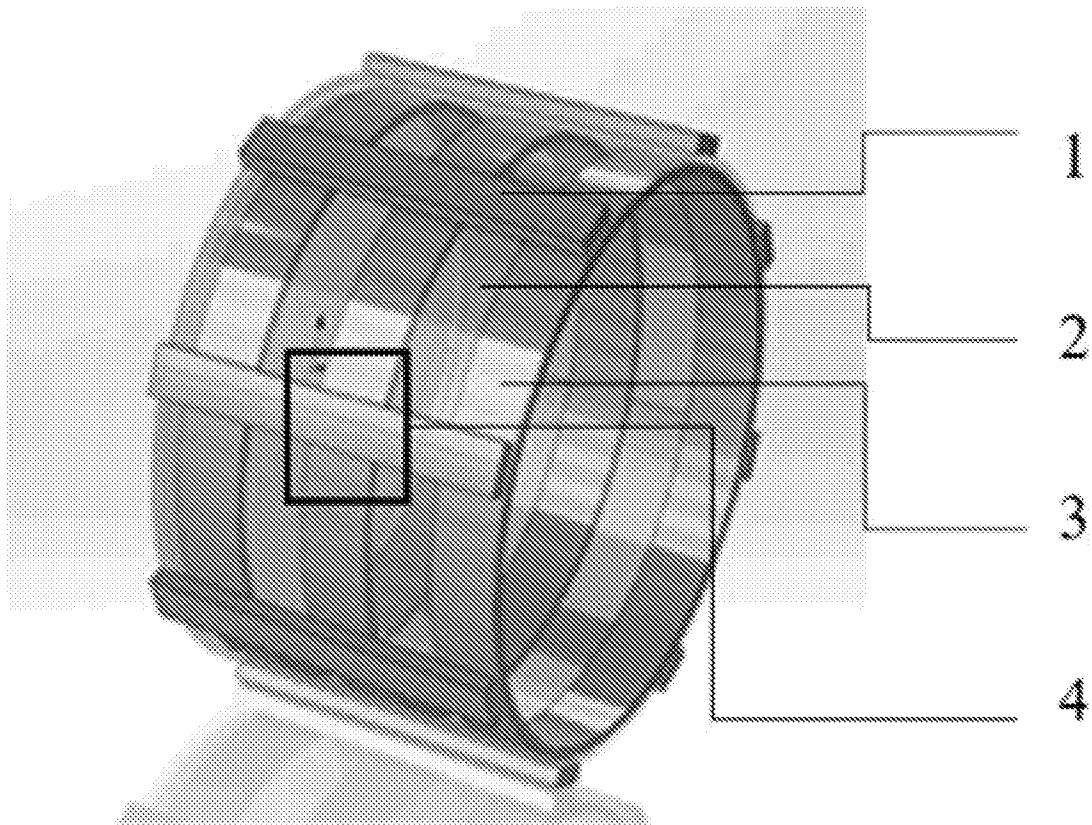
权利要求书

- [权利要求 1] 一种柱面阵列式柔性压力传感器，其特征在于，包括离子凝胶介电层（2），所述离子凝胶介电层（2）的上表面设置有若干列电极（1），离子凝胶介电层（2）的下表面设置有若干行电极（3），其中，各行电极（3）与各列电极（1）的交叉位置形成单个传感器单元（4）。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的柱面阵列式柔性压力传感器，其特征在于，所述离子凝胶介电层（2）的表面上设置有若干金字塔微结构。
- [权利要求 3] 一种权利要求1所述柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，其特征在于，包括以下步骤：
- 1) 以聚二甲基硅氧烷薄膜为基底材料，将拉伸银浆刮涂在PDMS薄膜上，制备得到行电极（3）及列电极（1）；
 - 2) 制备具有微结构的离子凝胶介电层（2）；
 - 3) 利用所述离子凝胶介电层（2）、各行电极（3）及各列电极（1）制作柱面阵列式柔性压力传感器。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，其特征在于，步骤1)的具体操作为：
- 11) 将PDMS预聚物与固化剂混合，搅拌并去除气泡，得PDMS混合物，将所述PDMS混合物旋涂于喷涂有脱模剂的基板上，固化后形成PDMS薄膜；
 - 12) 将具有电极图案的掩模版放置于步骤11)制备得到的PDMS薄膜上，使得PDMS薄膜与掩模版贴合，再将拉伸银浆均匀刮涂于带有掩模版的PDMS薄膜上，固化后取出掩模版，裁切得到行电极（3）及列电极（1）。
- [权利要求 5] 根据权利要求4所述的柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，其特征在于，步骤11)中，PDMS预聚物与固化剂的质量比为（10-12）：1。
- [权利要求 6] 根据权利要求3所述的柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，其特

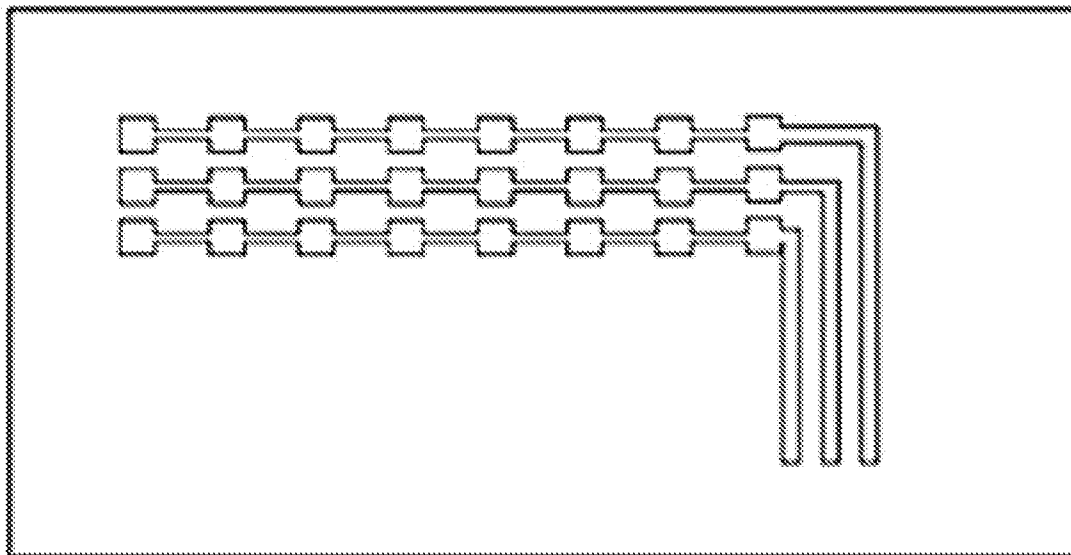
征在于，步骤2)中，采用溶液旋涂法制备具有微结构的离子凝胶介电层(2)。

- [权利要求 7] 一种权利要求1所述柱面阵列式柔性压力传感器的制备方法，其特征在于，包括以下步骤：
- 将列电极(1)、离子凝胶介电层(2)及行电极(3)依次缠绕并固定于消化内镜上，使得柱面阵列式柔性压力传感器集成于消化内镜上。
- [权利要求 8] 一种数据采集系统，其特征在于，包括微控制器模块、电容测量模块、行列扫描模块以及权利要求1所述的柱面阵列式柔性压力传感器，所述柱面阵列式柔性压力传感器集成于消化内镜上，柱面阵列式柔性压力传感器通过行列扫描模块接地，柱面阵列式柔性压力传感器与电容测量模块相连接，微控制器模块与电容测量模块的输出端及行列扫描模块的控制端相连接。
- [权利要求 9] 根据权利要求8所述的压力数据检测系统，其特征在于，微控制器模块连接有上位机，所述上位机能够对微控制器模块输出的传感器数据进行显示。
- [权利要求 10] 一种数据采集方法，其特征在于，包括以下步骤：
- 获取电容测量模块检测得到的权利要求1所述柱面阵列式柔性压力传感器中各行传感器单元(4)的电容信息；
- 对获取得到的柱面阵列式柔性压力传感器中各行传感器单元(4)的电容信息进行图形化显示。

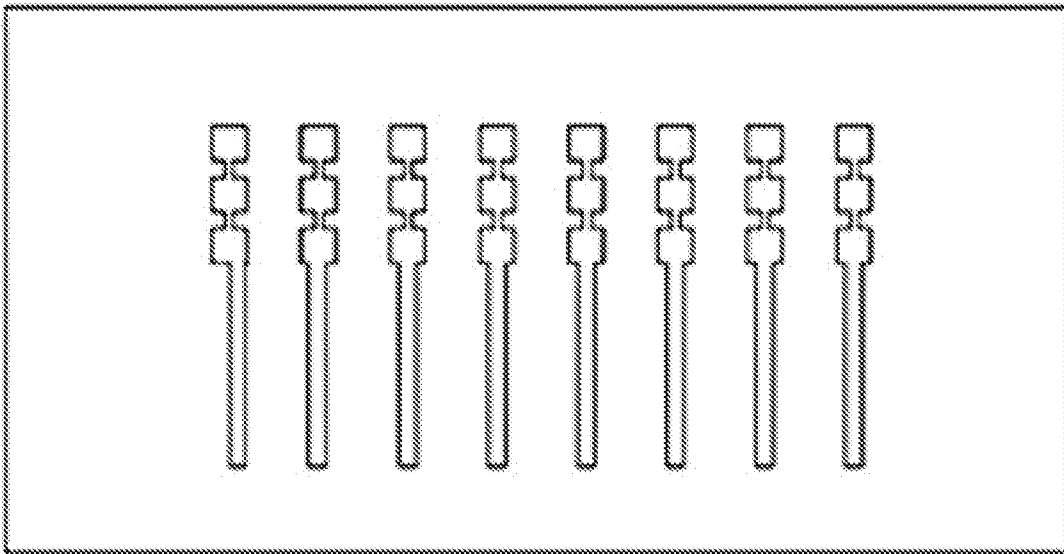
[图1]



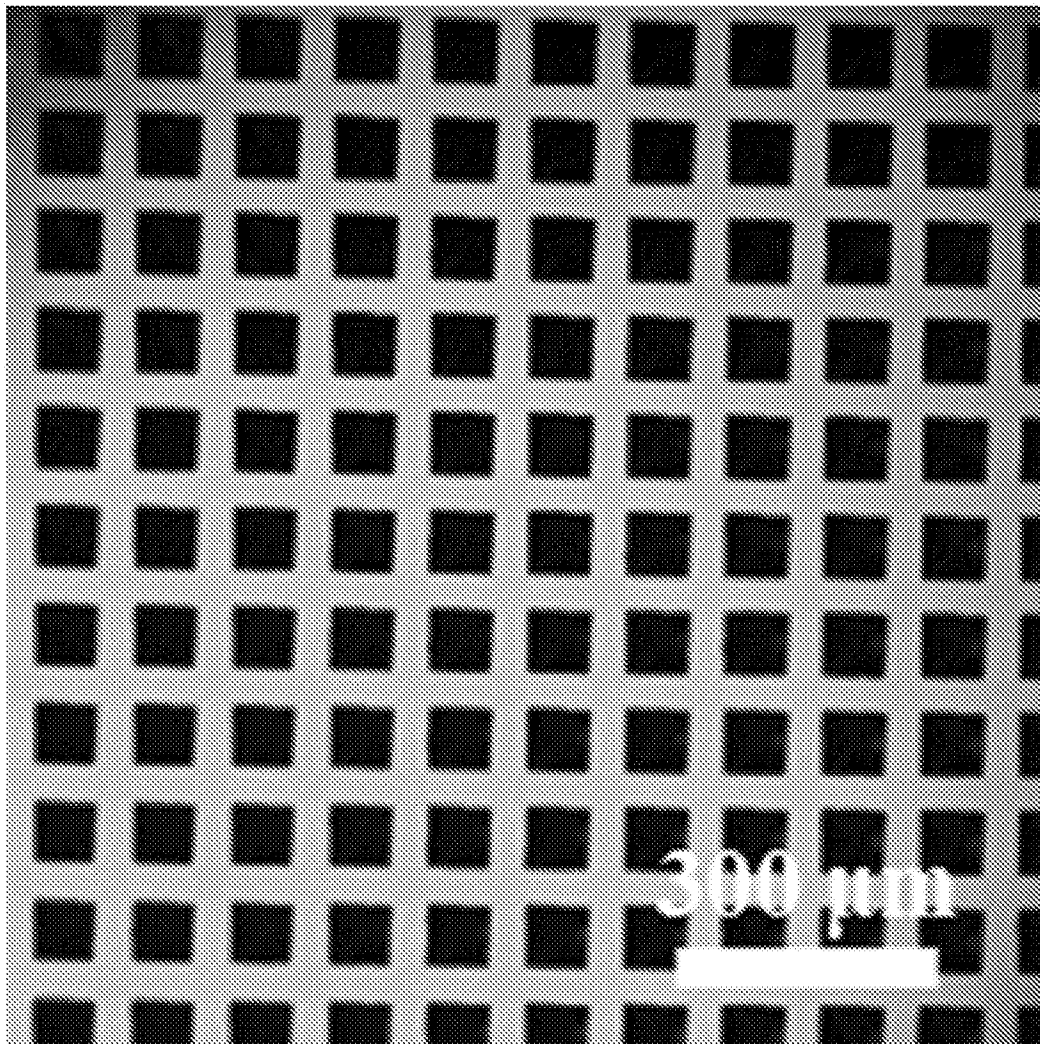
[图2a]



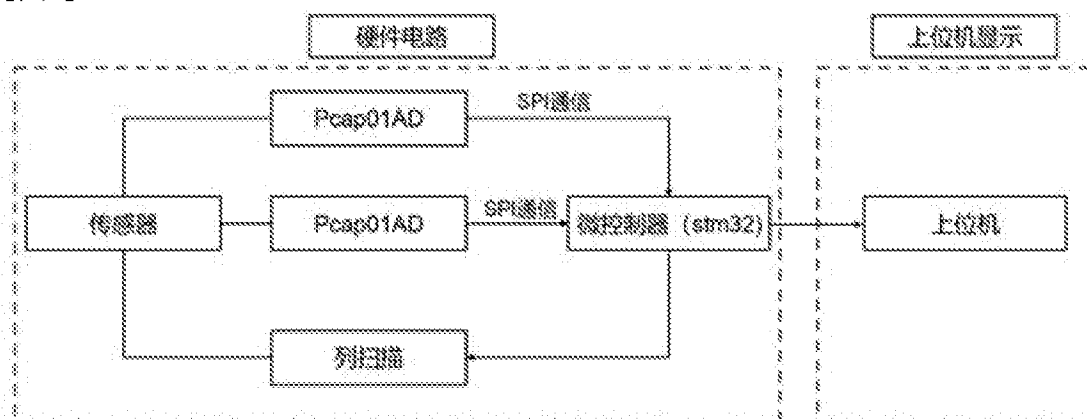
[图2b]



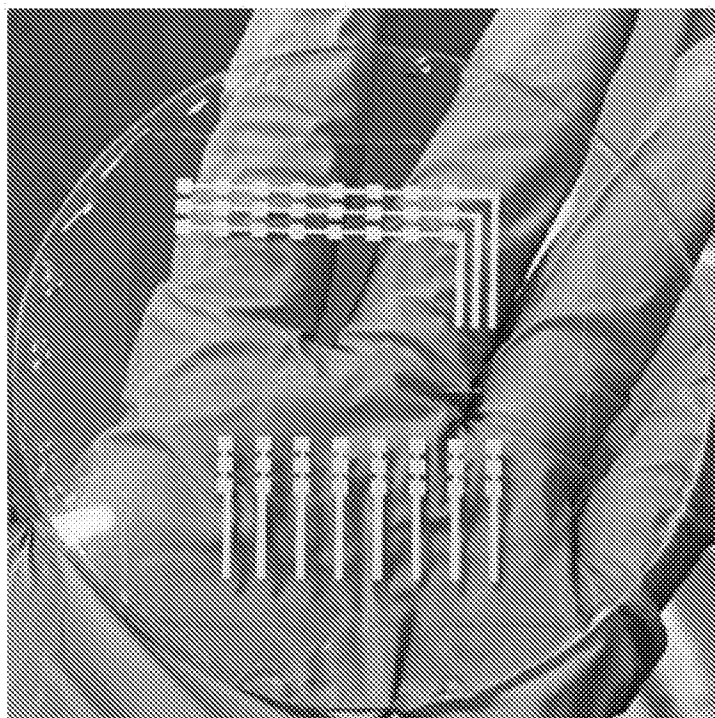
[图3]



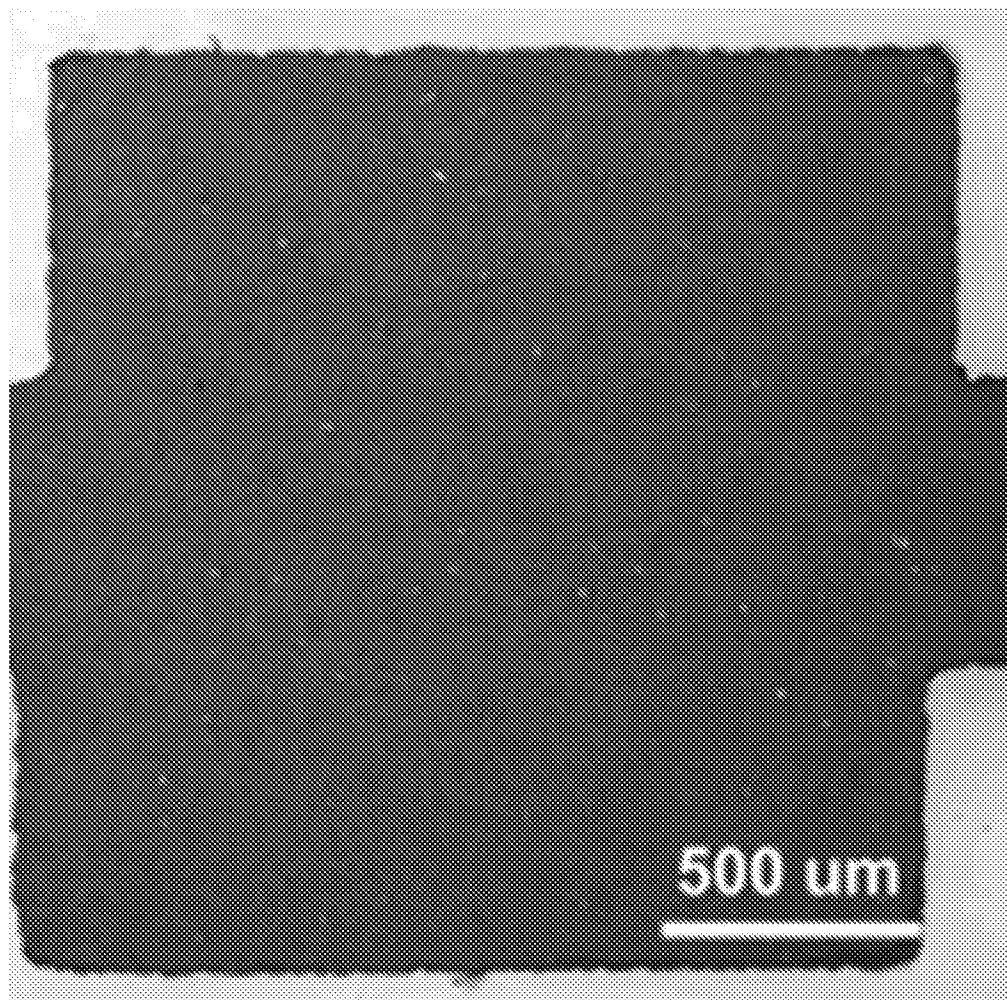
[图4]



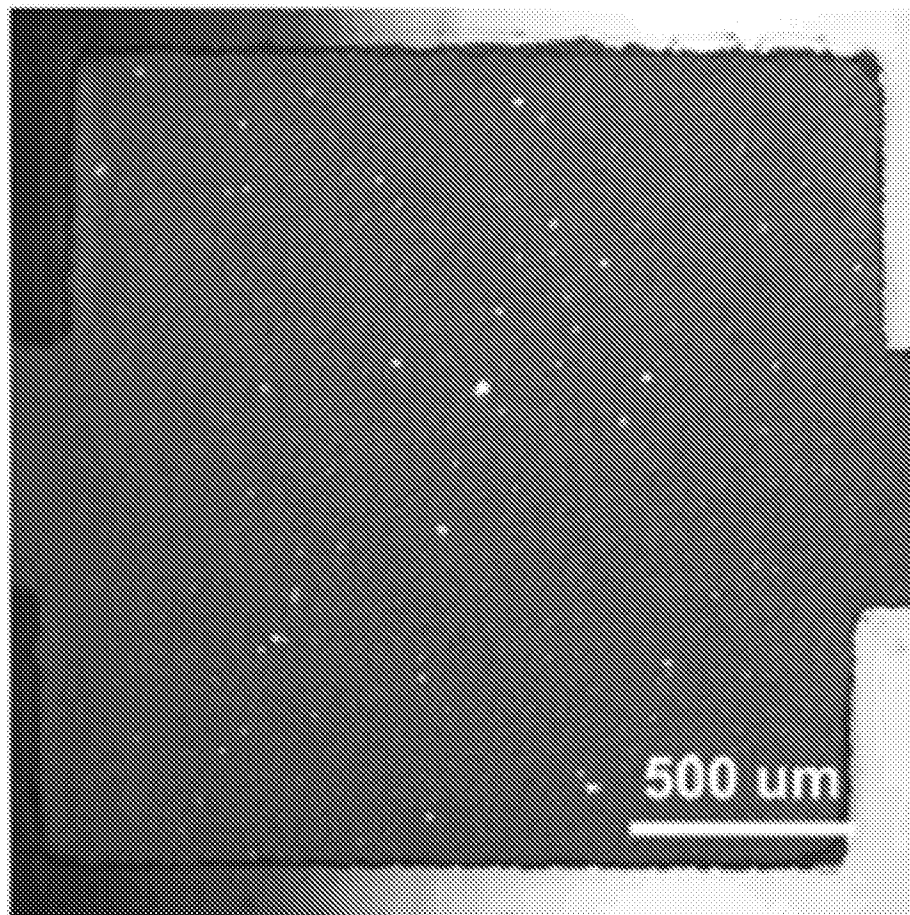
[图5]



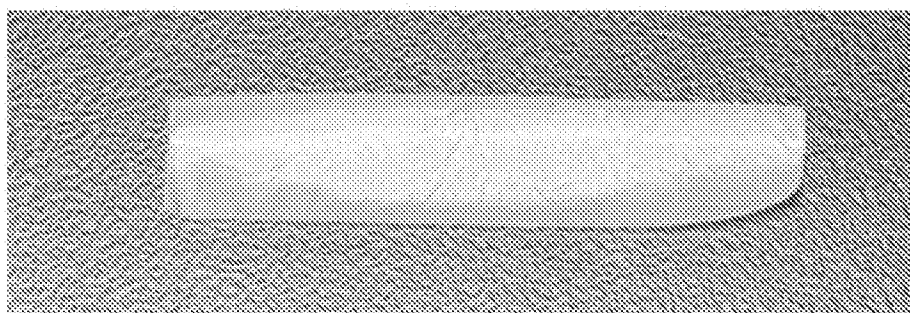
[图6a]



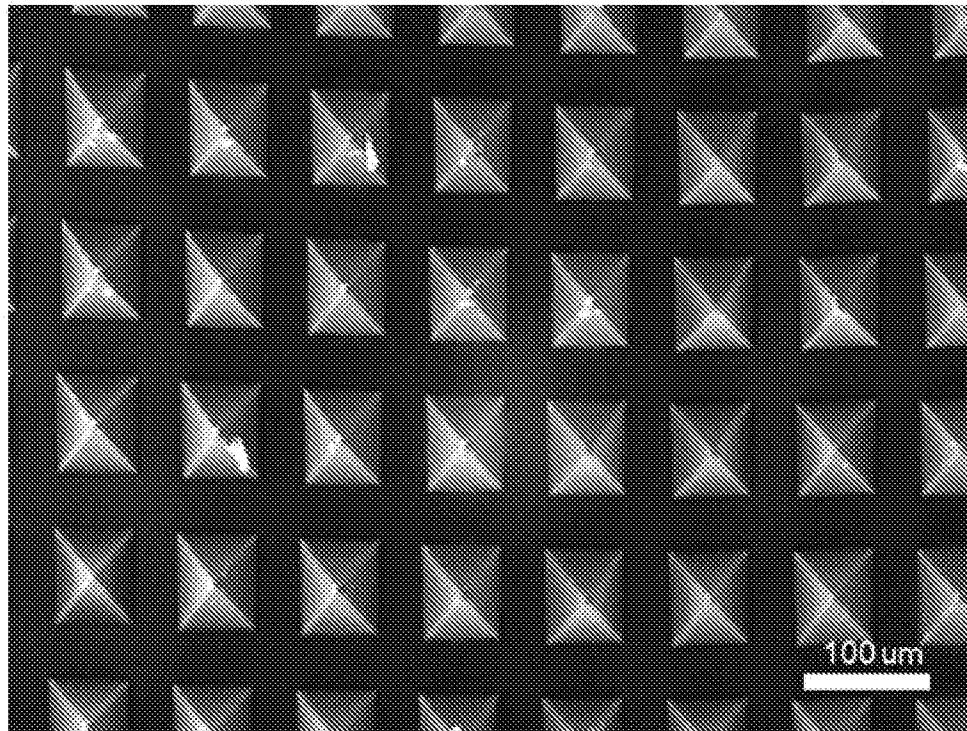
[图6b]



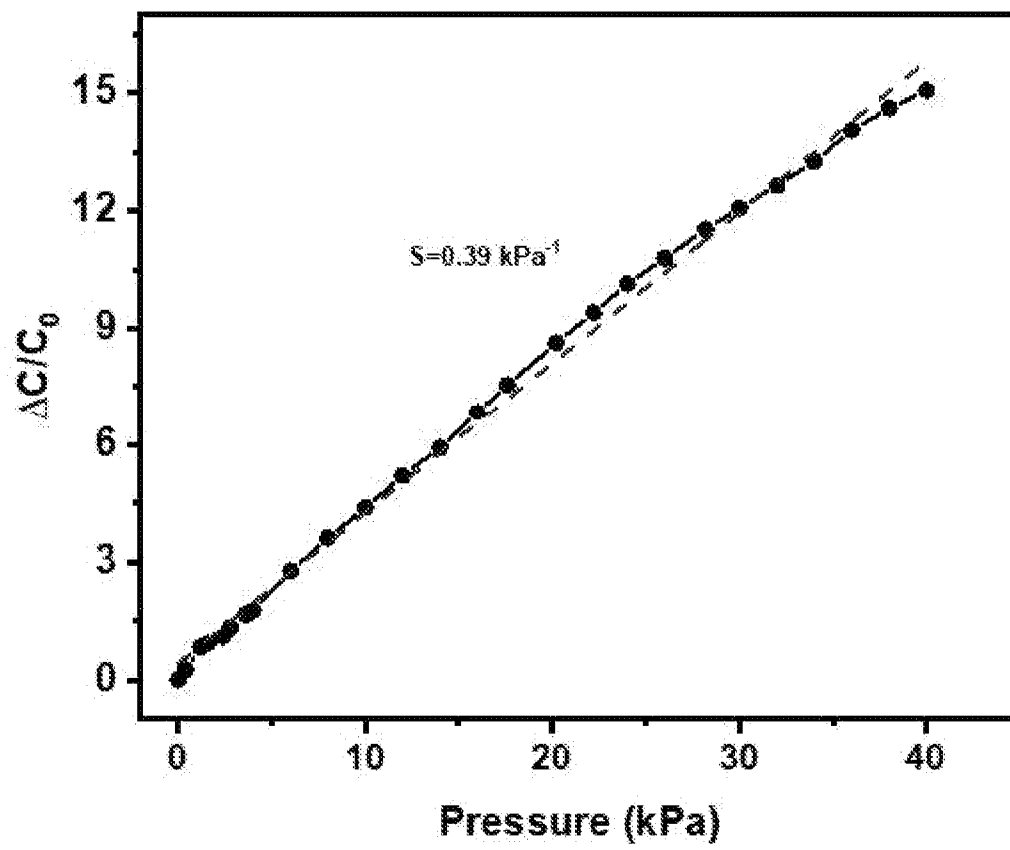
[图7]



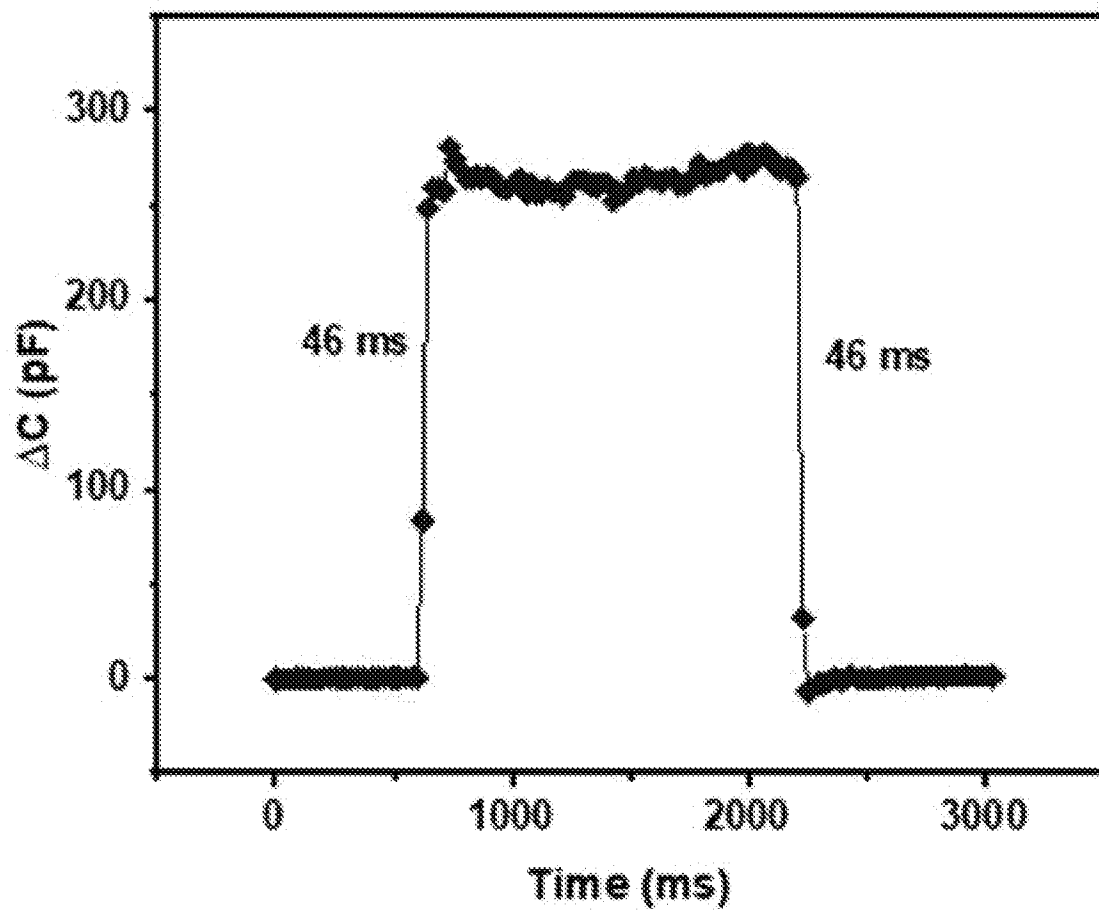
[图8]



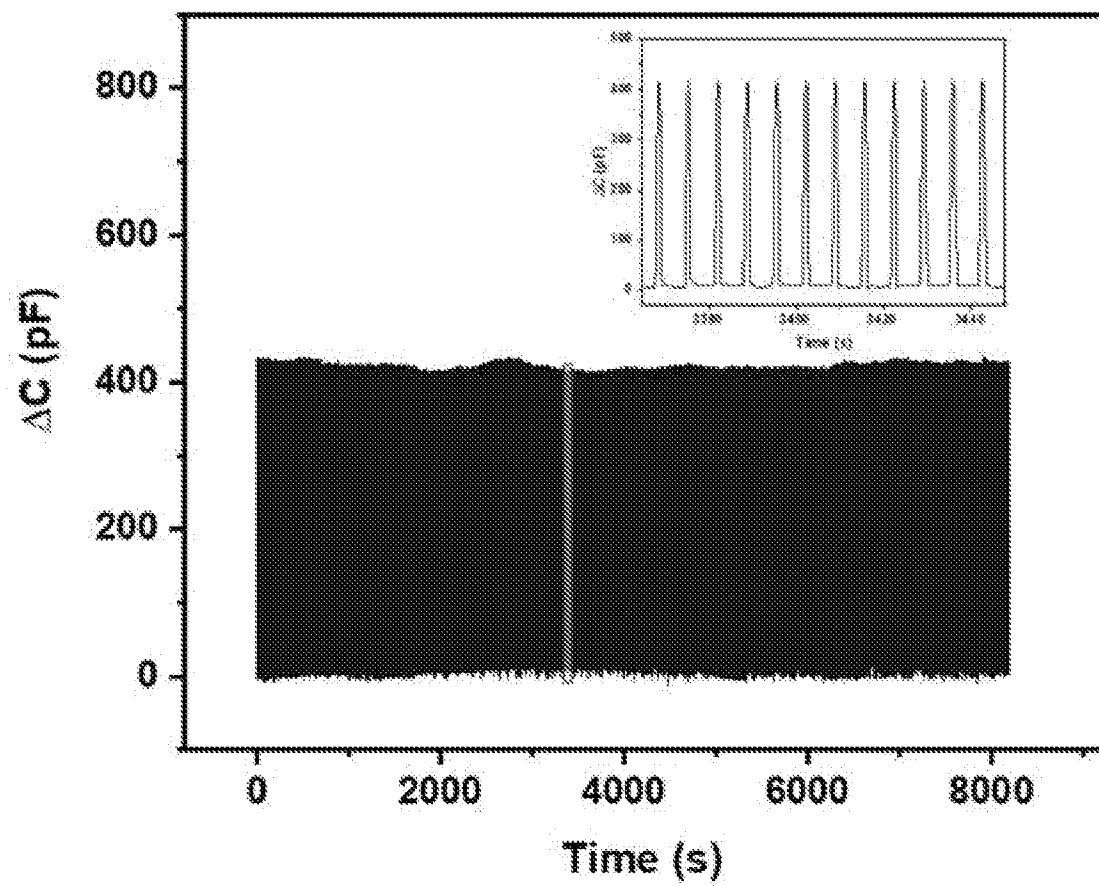
[图9]



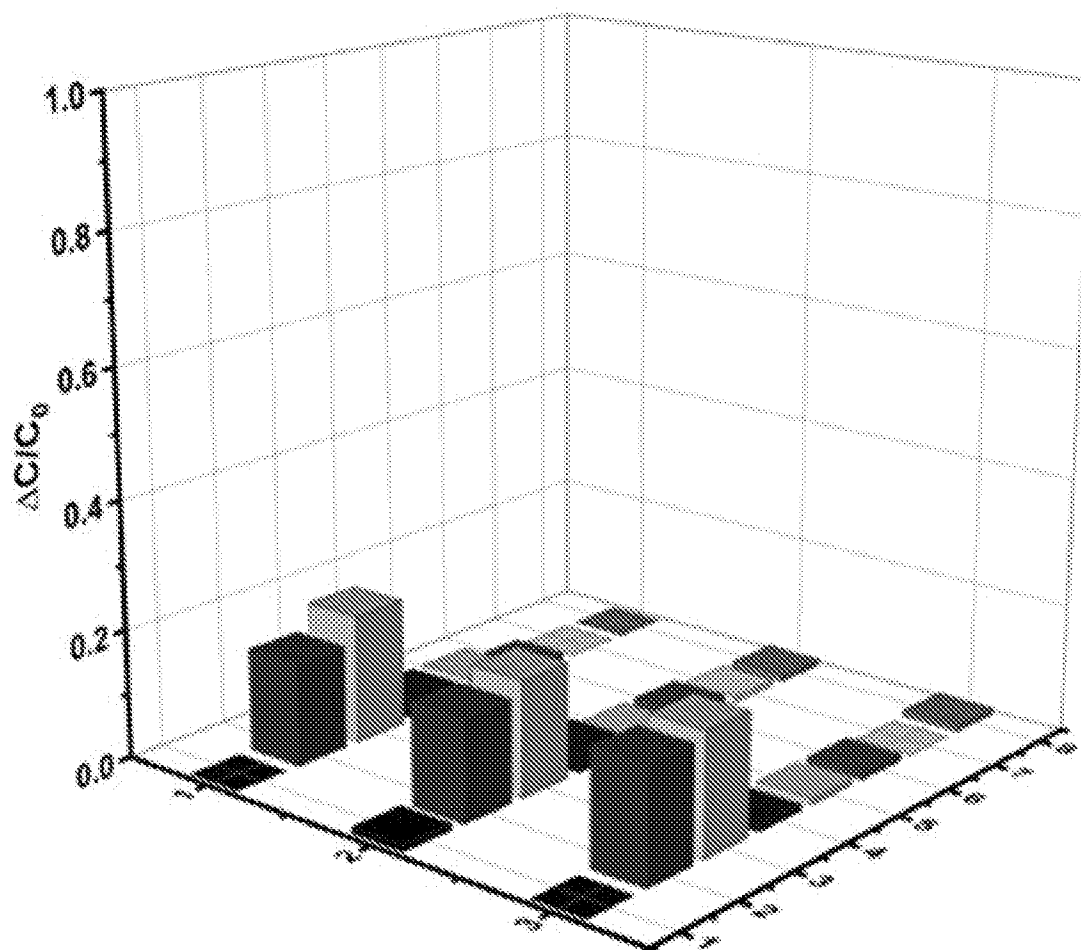
[图10]



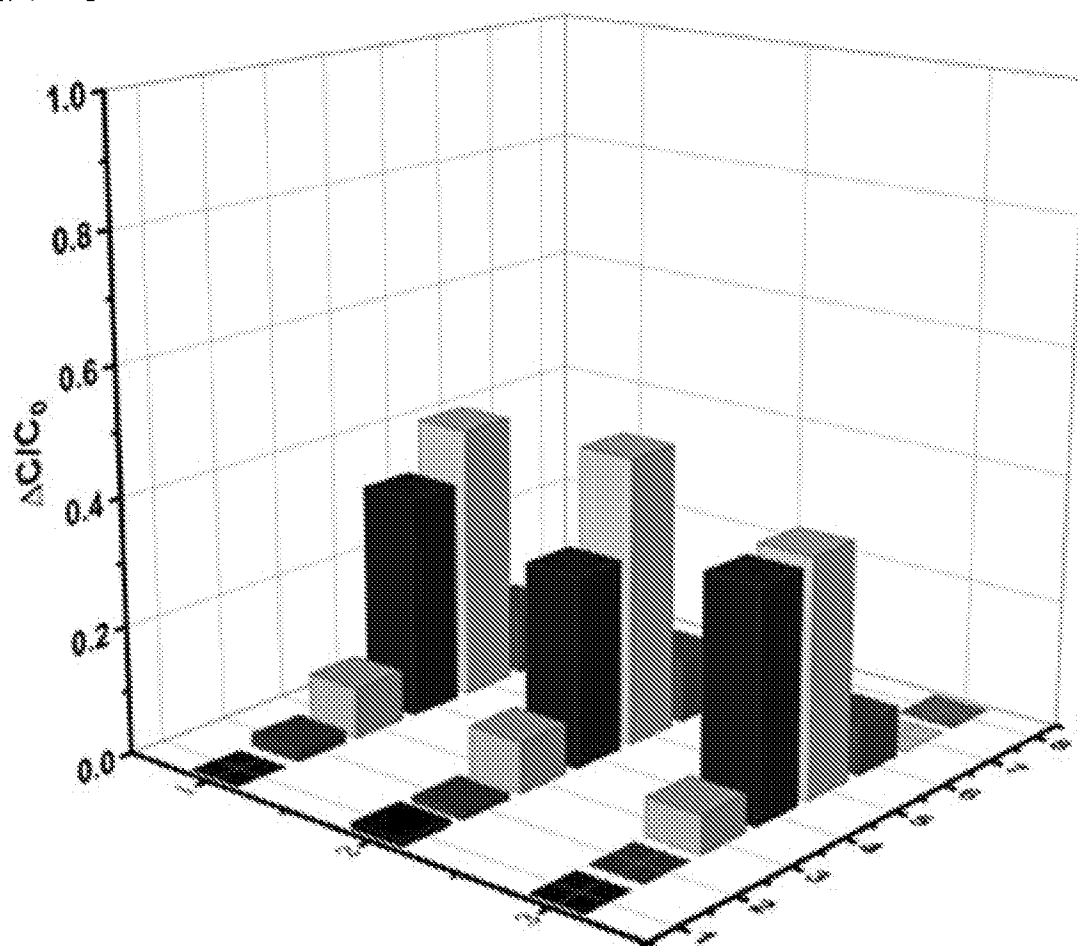
[图11]



[图12a]



[图12b]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/107294

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L1/14(2006.01)i; A61B1/00(2006.01)i; A61B1/273(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)

IPC:G01L,A61B1/-

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)

CNTXT, ENTXTC, WPABSC, VEN, CJFD: 窥镜, 内镜, 触觉, 柔性, 压力, 传感器, 圆柱, 柱面, 离子, 凝胶, 微结构, 金字塔, speculum, endoscope, touch, flexibility, pressure, sensor, cylinder, ion, gel, microstructure, pyramid

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 111256571 A (TENCENT TECHNOLOGY (SHENZHEN) CO., LTD.) 09 June 2020 (2020-06-09) description, paragraphs [0026]-[0079], and figures 1-7	1-10
Y	JP 2016086979 A (TOTTORI UNIVERSITY et al.) 23 May 2016 (2016-05-23) description, paragraphs [0019]-[0039], and figures 1-2	1-10
A	CN 109990927 A (HEBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 09 July 2019 (2019-07-09) entire document	1-10
A	CN 110542494 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 06 December 2019 (2019-12-06) entire document	1-10
A	CN 111467781 A (HEBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 31 July 2020 (2020-07-31) entire document	1-10
A	CN 112504518 A (HANGZHOU DIANZI UNIVERSITY) 16 March 2021 (2021-03-16) entire document	1-10
A	CN 114235225 A (XIDIAN UNIVERSITY) 25 March 2022 (2022-03-25) 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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

06 December 2023

Date of mailing of the international search report

13 December 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/107294**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 114414105 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 29 April 2022 (2022-04-29) entire document	1-10
A	KR 20180099958 A (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) 06 September 2018 (2018-09-06) entire document	1-10
A	US 2012041345 A1 (UNIVERSITY OF MINNESOTA) 16 February 2012 (2012-02-16) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/107294

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111256571	A	09 June 2020	WO	2021147454	A1	29 July 2021
				US	2022171502	A1	02 June 2022
JP	2016086979	A	23 May 2016	JP	6512393	B2	15 May 2019
CN	109990927	A	09 July 2019	WO	2020224166	A1	12 November 2020
CN	110542494	A	06 December 2019	None			
CN	111467781	A	31 July 2020	None			
CN	112504518	A	16 March 2021	None			
CN	114235225	A	25 March 2022	None			
CN	114414105	A	29 April 2022	WO	2023108462	A1	22 June 2023
KR	20180099958	A	06 September 2018	KR	101958077	B1	14 March 2019
US	2012041345	A1	16 February 2012	US	9060713	B2	23 June 2015
				WO	2010118117	A1	14 October 2010

A. 主题的分类 G01L1/14(2006.01)i; A61B1/00(2006.01)i; A61B1/273(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) IPC:G01L,A61B1/- 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)) CNTXT, ENTXTC, WPABSC, VEN, CJFD: 窥镜, 内镜, 触觉, 柔性, 压力, 传感器, 圆柱, 柱面, 离子, 凝胶, 微结构, 金字塔, speculum, endoscope, touch, flexibility, pressure, sensor, cylinder, ion, gel, microstructure, pyramid		
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
Y	CN 111256571 A (腾讯科技(深圳)有限公司) 2020年6月9日 (2020 - 06 - 09) 说明书第[0026]-[0079]段以及附图1-7	1-10
Y	JP 2016086979 A (UNIV. TOTTORI 等) 2016年5月23日 (2016 - 05 - 23) 说明书第[0019]-[0039]段, 附图1-2	1-10
A	CN 109990927 A (河北工业大学) 2019年7月9日 (2019 - 07 - 09) 全文	1-10
A	CN 110542494 A (浙江大学) 2019年12月6日 (2019 - 12 - 06) 全文	1-10
A	CN 111467781 A (河北工业大学) 2020年7月31日 (2020 - 07 - 31) 全文	1-10
A	CN 112504518 A (杭州电子科技大学) 2021年3月16日 (2021 - 03 - 16) 全文	1-10
A	CN 114235225 A (西安电子科技大学) 2022年3月25日 (2022 - 03 - 25) 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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 2023年12月6日		国际检索报告邮寄日期 2023年12月13日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		授权官员 杨晓林 电话号码 (+86) 010-53962460

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	CN 114414105 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2022年4月29日 (2022 - 04 - 29) 全文	1-10
A	KR 20180099958 A (UNIV. YONSEI IACF) 2018年9月6日 (2018 - 09 - 06) 全文	1-10
A	US 2012041345 A1 (UNIV. MINNESOTA) 2012年2月16日 (2012 - 02 - 16) 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/CN2023/107294

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	111256571	A	2020年6月9日	WO	2021147454	A1	2021年7月29日
				US	2022171502	A1	2022年6月2日
JP	2016086979	A	2016年5月23日	JP	6512393	B2	2019年5月15日
CN	109990927	A	2019年7月9日	WO	2020224166	A1	2020年11月12日
CN	110542494	A	2019年12月6日	无			
CN	111467781	A	2020年7月31日	无			
CN	112504518	A	2021年3月16日	无			
CN	114235225	A	2022年3月25日	无			
CN	114414105	A	2022年4月29日	WO	2023108462	A1	2023年6月22日
KR	20180099958	A	2018年9月6日	KR	101958077	B1	2019年3月14日
US	2012041345	A1	2012年2月16日	US	9060713	B2	2015年6月23日
				WO	2010118117	A1	2010年10月14日