

(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
2024 年 6 月 13 日 (13.06.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/119486 A1

(51) 国际专利分类号:
A61B 5/293 (2021.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/137957

(22) 国际申请日: 2022 年 12 月 9 日 (09.12.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园,
Beijing 100084 (CN)。

(72) 发明人: 张明君 (ZHANG, Mingjun); 中国北京市
海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 盛天成
(SHENG, Tiancheng); 中国北京市海淀区清华
园, Beijing 100084 (CN)。 谢铭效 (XIE, Mingxiao);
中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084

(CN)。 杜念臻 (DU, Nianzhen); 中国北京市海淀区
清华园, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京市柳沈律师事务所 (LIU, SHEN &
ASSOCIATES); 中国北京市海淀区彩和坊路 10
号 1 号楼 10 层, Beijing 100080 (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,
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。

(54) Title: FOLDED DEPLOYABLE CORTEX ELECTRODE, PREPARATION METHOD THEREFOR, AND CORTEX ELEC-
TRODE APPARATUS

(54) 发明名称: 折叠式可展开皮层电极及其制备方法、皮层电极装置

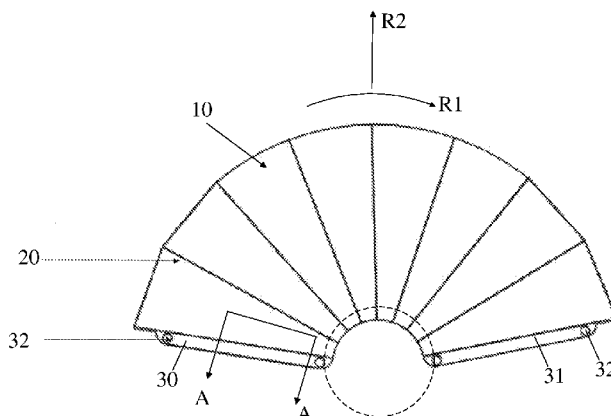


图 1

(57) Abstract: A folded deployable cortex electrode, a preparation method therefor, and a cortex electrode apparatus. The folded deployable cortex electrode has a plurality of electrode regions (10) and comprises a substrate (101), a conductive layer (102), and an encapsulation layer (103); the conductive layer (102) is arranged on the substrate (101), and the encapsulation layer (103) is arranged on one side, facing away from the substrate (101), of the conductive layer (102), wherein each of the plurality of electrode regions (10) comprises at least one conductive contact (1021) arranged in the conductive layer (102) and at least one wire (1022) connected to the at least one conductive contact (1021); the encapsulation layer (103) comprises at least one opening (1031) exposing the at least one conductive contact (1021). Two adjacent electrode regions (10) in the plurality of electrode regions (10) have a foldable part (20), enabling the two adjacent electrode regions (10) to be folded along the foldable part (20). The folded deployable cortex electrode, by means of folding, can transition between an unfolded state and a folded state, thereby having a relatively large electrode coverage area in the unfolded state, and a relatively small volume in the folded state, so as to adapt to different operations in different states.

(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))。

(57) 摘要: 一种折叠式可展开皮层电极及其制备方法、皮层电极装置, 折叠式可展开皮层电极具有多个电极区域(10), 且包括衬底(101)、导电层(102)以及封装层(103); 导电层(102)设置在衬底(101)上, 封装层(103)设置在导电层(102)的远离衬底(101)的一侧; 其中, 多个电极区域(10)中的每个包括设置在导电层(102)中的至少一个导电触点(1021)以及与至少一个导电触点(1021)连接的至少一条导线(1022), 封装层(103)包括暴露至少一个导电触点(1021)的至少一个开孔(1031), 多个电极区域(10)中相邻的两个电极区域(10)之间具有可折叠部分(20), 以使得相邻的两个电极区域(10)能够沿可折叠部分(20)折叠。折叠式可展开皮层电极可以通过折叠在展开状态和折叠状态之间转变, 从而在展开状态具有较大的电极覆盖面积, 在折叠状态具有较小的体积, 以在不同状态适应于不同的操作。

折叠式可展开皮层电极及其制备方法、皮层电极装置

技术领域

- 5 本公开的实施例涉及一种折叠式可展开皮层电极及其制备方法、皮层电极装置。

背景技术

- 10 神经电极是脑机接口技术的核心部分。根据侵入神经组织程度不同，现有神经电极主要分为非侵入式和侵入式两类。

非侵入式神经电极用于采集头皮表面的脑电信号，又称脑电图电极（EEG 电极）。由于颅骨、皮肤等组织对信号的衰减作用以及其他生理信号的干扰，所得到的脑电信号微弱且信噪比低、空间分辨率低，应用范围受限。

- 15 侵入式神经电极又可分为穿透性电极和非穿透性电极两类。穿透性电极使用时直接接触脑组织，因此具有良好的空间分辨率和较高的信噪比，并可以记录到尖峰（Spike）信号和局部场电位（LPF）信号，然而手术风险大，可能会造成急性组织损伤，并引起慢性炎症反应。非穿透性侵入式电极即为脑皮层电图电极（ECoG 电极），使用时放置在硬脑
20 膜上或硬脑膜下，其在确保信噪比与时空分辨率的同时，降低了穿透脑组织所带来的风险，并且可实现跨脑区神经信号的采集。

发明内容

- 25 本公开至少一实施例提供一种折叠式可展开皮层电极，该折叠式可展开皮层电极具有多个电极区域，且包括衬底、导电层、以及封装层；导电层设置在所述衬底上，封装层设置在所述导电层的远离所述衬底的一侧；其中，所述多个电极区域中的每个包括设置在所述导电层中的至少一个导电触点以及与所述至少一个导电触点连接的至少一条导线，所述封装层包括暴露所述至少一个导电触点的至少一个开孔，所述多个电极区域中相邻的两个电极
30 区域之间具有可折叠部分，以使得所述相邻的两个电极区域能够沿所述可折叠部分折叠。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极还包括：增强层，设置在所述封装层的靠近或者远离所述衬底的一侧，或者设置在所述衬底的靠近所述封装层或者远离所述封装层的一侧，包括对应于所述多个电极区域的多个图案，其中，所述多个图案中相邻的两个图案之间具有间隙，
5 以形成所述可折叠部分。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述多个图案中的至少部分包括照明部。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述衬底和所述封装层中的至少一个在所述可折叠部分包括柔性部，所述柔性部的
10 弹性模量低于所述衬底和所述封装层中的至少一个的除所述柔性部之外的部分的弹性模量。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述衬底和所述封装层中的至少一个在所述可折叠部分包括镂空部或者减薄部，所述镂空部的材料被去除，所述减薄部的厚度低于所述衬底和所述封装层中的
15 至少一个的除所述减薄部之外的部分的厚度。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈扇形，所述多个电极区域中的至少部分电极区域沿所述扇形的切向依次排列，所述至少部分电极区域中相邻的两个电极区域之间的可折叠部分沿所述扇形的径向延伸。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述至少部分电极区域的每个的平面形状呈扇形，所述至少部分电极区域之间的多个可折叠部分呈放射状分布。
20

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述至少部分电极区域包括沿所述扇形的切向依次排列的 N 个电极区域， N 为大于
25 1 的正整数；所述折叠式可展开皮层电极还包括：第一电极连接部和第二电极连接部，分别设置在所述 N 个电极区域沿切向的相对两侧，配置为能够连接折叠控制工具。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈扇形，所述多个电极区域中的第一部分沿所述扇形的切向依次排列，所述第一部分中相邻的两个电极区域之间的
30 可折叠部分沿所述扇形的径向延伸；所述多个电极区域中的第二部分沿所述

扇形的径向排列在所述第一部分的一侧，所述第一部分和所述第二部分的相邻的两个电极区域之间的可折叠部分沿所述扇形的切向延伸。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述第一部分包括沿所述扇形的切向依次排列的 N 个电极区域， N 为大于 1 的正整数；所述折叠式可展开皮层电极还包括：第一电极连接部和第二电极连接部，
5 分别设置在所述 N 个电极区域沿切向的相对两侧，配置为能够连接折叠控制工具。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈矩形，所述多个电极区域中的至少部
10 分电极区域沿所述矩形的长度方向或宽度方向依次排列，所述至少部分电极区域中相邻的两个电极区域之间的可折叠部分沿所述矩形的宽度方向或长度方向延伸。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈圆形、三角形或者多边形，所述多个
15 电极区域之间的多个可折叠部分以所述圆形上的一个点或者所述三角形或者所述多边形的一个顶点呈放射状分布。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极还包括：微流道层，设置在所述封装层的远离所述衬底的一侧或者所述衬底的远离所述封装层的一侧，包括至少一条微流道。

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中，所述微流道层包括相对设置的第一基底膜和第二基底膜以及设置在所述第一基底膜和所述第二基底膜之间的流道图案，所述流道图案包括所述至少一条微流道。
20

例如，本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极还包括：生物相容性膜，设置在所述封装层的远离所述衬底的一侧或者所述衬底的远离所述封装层的一侧。
25

本公开至少一实施例还提供一种皮层电极装置，该皮层电极装置包括本公开实施例提供的折叠式可展开皮层电极以及折叠控制工具，折叠控制工具包括第一管体和第二管体，第一管体具有相对的第一端和第二端，所述第一端具有第一控制部；第二管体具有相对的第三端和第四端，所述第三端具有第二控制部，其中，所述第一管体和所述第二管体能够受控相对移动。
30

例如，本公开至少一实施例提供的皮层电极装置中，所述第二管体能够容纳在所述第一管体中，且在所述第二管体容纳在所述第一管体中的情况下，所述第一管体和所述第二管体可受控相对转动。

例如，本公开至少一实施例提供的皮层电极装置中，所述第一控制部
5 包括与所述第一管体呈角度设置的第一臂以及设置在所述第一臂上的第一配合结构；所述第二控制部包括与所述第二管体呈角度设置的第二臂以及设置在所述第二臂上的第二配合结构。

本公开至少一实施例还提供一种折叠式可展开皮层电极的制备方法，包括：提供衬底基板，在所述衬底基板上形成牺牲层，在所述牺牲层的远离
10 所述衬底基板的一侧形成衬底，在所述衬底的远离所述牺牲层的一侧形成导电层，在所述导电层的远离所述衬底的一侧形成封装层，以及剥离所述牺牲层；其中，所述折叠式可展开皮层电极具有多个电极区域，所述多个电极区域中的每个包括设置在所述导电层中的至少一个导电触点以及与所述至少一个导电触点连接的至少一条导线，所述封装层包括暴露所述至少一个导电
15 触点的至少一个开孔，所述多个电极区域中相邻的两个电极区域之间具有可折叠部分，以使得所述相邻的两个电极区域能够沿所述可折叠部分折叠。

例如，本公开至少一实施例还提供的制备方法还包括：在所述封装层的远离所述衬底的一侧或者所述衬底的远离所述封装层的一侧形成微流道层，包括：形成第一基底膜，在所述第一基底膜上形成光刻胶材料，并对所
20 述光刻胶材料进行曝光显影，在所述光刻胶材料的远离所述第一基底膜的一侧形成第二基底膜，将所述第一基底膜、所述光刻胶材料和所述第二基底膜的整体浸入溶解液中，以对所述光刻胶材料进行溶解，形成流道图案；其中，所述流道图案包括至少一条微流道；将所述第一基底膜、所述光刻胶材料和所述第二基底膜的整体贴附在所述封装层的远离所述衬底的一侧或者所述
25 衬底的远离所述封装层的一侧。

附图说明

为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案，下面将对实施例的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅涉及本公开的一些实施例，
30 而非对本公开的限制。

图 1 为本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极的平面

结构示意图；

图 2 为图 1 中的折叠式可展开皮层电极沿 A-A 线的截面示意图；

图 3 为本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极的相邻的两个电极区域处于展开状态的示意图；

5 图 4 为本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极的相邻的两个电极区域处于折叠状态的示意图；

图 5 为本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极的相邻的两个电极区域的截面示意图；

10 图 6 为本公开至少一实施例提供的另一折叠式可展开皮层电极的相邻的两个电极区域的截面示意图；

图 7 为本公开至少一实施例提供的再一折叠式可展开皮层电极的相邻的两个电极区域的截面示意图；

图 8 为本公开至少一实施例提供的另一折叠式可展开皮层电极的平面结构示意图；

15 图 9 为本公开至少一实施例提供的再一折叠式可展开皮层电极的平面结构示意图；

图 10 为本公开至少一实施例提供的再另一折叠式可展开皮层电极的平面结构示意图；

20 图 11 为本公开至少一实施例提供的再另一折叠式可展开皮层电极的平面结构示意图；

图 12 为本公开至少一实施例提供的再另一折叠式可展开皮层电极的平面结构示意图；

图 13 为本公开至少一实施例提供的再另一折叠式可展开皮层电极的平面结构示意图；

25 图 14 为本公开至少一实施例提供的另一折叠式可展开皮层电极的部分截面示意图；

图 15 为本公开至少一实施例提供的再一折叠式可展开皮层电极的部分截面示意图；

30 图 16 为本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极装置的折叠控制工具的立体示意图；

图 17 为本公开至少一实施例提供的皮层电极装置的折叠控制工具

的第一控制部和第二控制部的结构示意图；

图 18 为本公开至少一实施例提供的皮层电极装置的折叠控制工具控制折叠式皮层电极的状态的示意图；

图 19 为本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极采集到的神经信号的示意图；

图 20 为本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极在制备过程中的截面示意图；以及

图 21 为本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极的微流控层在制备过程中的截面示意图。

10

具体实施方式

为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本公开实施例的附图，对本公开实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例是本公开的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于所描述的本公开的实施例，本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本公开保护的范围。

除非另外定义，本公开使用的技术术语或者科学术语应当为本公开所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本公开中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同，而不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接，而是可以包括电性的连接，不管是直接的还是间接的。“上”、“下”、“左”、“右”等仅用于表示相对位置关系，当被描述对象的绝对位置改变后，则该相对位置关系也可能相应地改变。

植入所需的开颅面积与电极覆盖面积是评价 ECoG 电极的关键指标，可以用二者的比值（损伤比）综合表述，较大的覆盖面积可以提供多脑区交互能力，是多种科学与临床研究的基础，较小的开颅面积能够降低创伤，避免脑脊液泄露、颅内感染等手术风险。

ECoG 电极存在覆盖面积与开颅创口大小之间的矛盾，目前，往往需要开设与电极等大的颅窗才能实现植入，损伤比大。在一些实施例中，可以采

用基于卷曲的可展开电极，但是，虽然该电极能够降低植入器件的损伤比，然而由于卷曲后器件依然不够紧凑，展开动作的工作空间大，难以使 ECoG 电极在硬脑膜上或下等缝隙结构中完成植入与展开。

本公开至少一实施例提供一种折叠式可展开皮层电极及其制备方法、皮层电极装置，该折叠式可展开皮层电极具有多个电极区域，且包括衬底、导电层以及封装层；导电层设置在衬底上，封装层设置在导电层的远离衬底的一侧；其中，多个电极区域中的每个包括设置在导电层中的至少一个导电触点以及与至少一个导电触点连接的至少一条导线，封装层包括暴露至少一个导电触点的至少一个开孔，多个电极区域中相邻的两个电极区域之间具有可折叠部分，以使得相邻的两个电极区域能够沿可折叠部分折叠。

本公开实施例提供的折叠式可展开皮层电极可以通过折叠（例如折纸原理）在展开状态和折叠状态之间转变，从而在展开状态具有较大的电极覆盖面积，在折叠状态具有较小的体积，以在不同状态适应于不同的操作。例如，在植入过程中，本公开实施例提供的折叠式可展开皮层电极仅需要较小的开颅面积，在植入后，通过展开可以实现较大的电极覆盖面积，以在最大程度上降低损伤比。

下面，通过几个具体的实施例来详细介绍本公开实施例提供的折叠式可展开皮层电极及其制备方法、皮层电极装置。

本公开至少一实施例提供一种折叠式可展开皮层电极，图 1 示出了该折叠式可展开皮层电极的平面结构示意图，图 2 示出了图 1 中的折叠式可展开皮层电极沿 A-A 线的截面示意图。如图 1 和图 2 所示，该折叠式可展开皮层电极具有多个电极区域 10，且包括衬底 101、导电层 102 以及封装层 103。

导电层 102 设置在衬底 101 上，封装层 103 设置在导电层 102 的远离衬底 101 的一侧。多个电极区域 10 中的每个包括设置在导电层 102 中的至少一个导电触点 1021 以及与该至少一个导电触点 1021 连接的至少一条导线 1022。

例如，在一些实施例中，导电层 102 包括多个（例如 16 个、32 个、64 个、128 个、256 个、512 个、1024 个、2000 个、3000 个、4000 个或者 5000 个）导电触点 1021 及对应的导线 1022，这些导电触点 1021 及对应的导线 1022 可以均匀分布在各个电极区域 10 中，或者以其他合适的不均匀方式分布在各个电极区域 10 中。导电触点 1021 及对应的导线 1022 负责建立颅内

神经组织与外部设备（例如采集器、放大器、电刺激器等）之间的电气连接。

封装层 103 包括暴露至少一个导电触点 1021 的至少一个开孔 1031。

多个电极区域 10 中相邻的两个电极区域 10 之间具有可折叠部分 20（也可称为折痕），以使得相邻的两个电极区域 10 能够沿可折叠部分 20 折叠。

5 在本公开的实施例中，相邻的两个电极区域 10 能够沿可折叠部分 20 折叠指得是，相邻的两个电极区域 10 可通过沿可折叠部分 20 弯折使得相邻的两个电极区域 10 的夹角可以在 0 度~180 度之间的角度范围（例如 5 度~85 度，例如 10 度~80 度，例如 15 度~75 度等范围内）逐渐改变，并非局限于在 0 度~180 度之间逐渐改变。

10 例如，在一些实施例中，多个电极区域 10 之间的多个可折叠部分 20 可以平行配置或相交配置，以将皮层电极划分为多个电极区域 10。多个可折叠部分 20 能够给实现可逆弯折，以改变多个电极区域 10 区间的夹角与空间分布，进而改变皮层电极整体的形状与体积。例如，通过多个可折叠部分 20 的折叠与展开，皮层电极可以处于覆盖面积较大的展开状态，整体体积较小的折叠状态以及介于折叠状态与展开状态之间的过渡状态。

15 例如，图 3 和图 4 示出了本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极中相邻的两个电极区域的立体结构示意图，图 3 示出的是相邻的两个电极区域处于展开状态，图 4 示出的是相邻的两个电极区域处于折叠状态。

20 如图 3 和图 4 所示，在一些实施例中，折叠式可展开皮层电极还可以包括增强层 104，增强层 104 可以设置在封装层 103 的靠近或者远离衬底 101 的一侧（图中示出为增强层 104 设置在封装层 103 的远离衬底 101 的一侧），或者在其他实施例中也可以设置在衬底 101 的靠近封装层 103 或者远离封装层 103 的一侧。增强层 104 包括对应于多个电极区域 10 的多个图案 1041，例如，多个图案 1041 的形状与尺寸分别与多个电极区域 10 的形状与尺寸基本相同，多个图案 1041 中相邻的两个图案 1041 之间具有间隙，以形成可折叠部分 20。

25 在本公开的上述实施例中，由于增强层 104 的存在，折叠式可展开皮层电极的具有图案 1041 处的弯曲刚度大于没有图案 1041（也即间隙）处的弯曲刚度，因此，折叠式可展开皮层电极更容易在间隙处进行弯折，以形成
30 上述可折叠部分 20（也可称为折痕）。

例如，在一些实施例中，多个图案 1041 中的至少部分（例如每个图案 1041）包括照明部 1042。例如，照明部 1042 包括照明装置，照明装置可以采用光纤或者 LED 灯（例如微型 LED 灯）等形式。照明部 1042 例如可以发出红外光、紫外光或者特定波长的光，在使用中，照明部 1042 发出的光
5 可以刺激神经细胞，起到提高或降低神经细胞的活性等作用。

例如，在一些实施例中，增强层 104 可以采用环氧树脂、塑料等绝缘材料，或者在其他实施例中也可以采用金属、合金等材料，此时，增强层 104 需要设置在封装层 103 的远离衬底 101 的一侧或者衬底 101 的远离封装层 103 的一侧，并且在具有照明部 1042 时，也需要配合相应的绝缘结构，以实
10 现准确的电气连接。

例如，在增强层 104 采用环氧树脂、塑料等绝缘材料，且在增强层 104 设置在封装层 103 的远离衬底 101 的一侧的情况下，增强层 104 中对应于导电触点 1021 的位置也具有开孔（图中未示出），以暴露出导电触点 1021。在增强层 104 采用环氧树脂、塑料等有机绝缘材料，且在增强层 104 设置在衬
15 底 101 的远离封装层 103 的一侧的情况下，增强层 104 中可以不设置开孔。

例如，在另一些实施例中，也可以采用其他方式形成可折叠部分 20。例如，图 5 示出了本公开至少一实施例提供的另一折叠式可展开皮层电极的截面示意图。如图 5 所示，衬底 101 和封装层 103 中的至少一个在可折叠部分 20 包括柔性部 F，柔性部 F 的弹性模量低于上述衬底 101 和封装层 103
20 中的至少一个的除柔性部 F 之外的部分 F1 的弹性模量。由此使得折叠式可展开皮层电极容易在弹性模量较低的柔性部 F 处进行弯折，以形成上述可折叠部分 20。

例如，在图 5 的实施例中，可以是仅衬底 101 包括柔性部 F，可以是仅封装层 103 包括柔性部 F，也可以是衬底 101 和封装层 103 均包括柔性部 F，
25 本公开的实施例对此不作具体限定。

例如，图 6 示出了本公开至少一实施例提供的另一折叠式可展开皮层电极的截面示意图。如图 6 所示，在另一些实施例中，衬底 101 和封装层 103 中的至少一个在可折叠部分 20 包括镂空部 H，镂空部 H 的材料被去除，由此使得折叠式可展开皮层电极容易在镂空部 H 处进行弯折，以形成上述可
30 折叠部分 20。

例如，在图 6 的实施例中，可以是仅衬底 101 包括镂空部 H，可以是仅

封装层 103 包括镂空部 H (图 6 示出的情况), 本公开的实施例对此不作具体限定。

例如, 图 7 示出了本公开至少一实施例提供的另一折叠式可展开皮层电极的截面示意图。如图 7 所示, 在另一些实施例中, 衬底 101 和封装层 103 中的至少一个在可折叠部分 20 包括减薄部 H1, 减薄部 H1 的厚度低于上述衬底 101 和封装层 103 中的至少一个的除减薄部 H1 之外的部分 H2 的厚度。由此使得折叠式可展开皮层电极容易在减薄部 H1 处进行弯折, 以形成上述可折叠部分 20。

需要注意的是, 在本公开的实施例中, 一个结构的厚度是指该结构在垂直于衬底 101 方向的尺寸, 例如在图 7 中, 为竖直方向的尺寸。

例如, 在图 7 的实施例中, 可以是仅衬底 101 包括减薄部 H1, 可以是仅封装层 103 包括减薄部 H1, 也可以是衬底 101 和封装层 103 均包括减薄部 H1 (图 7 示出的情况), 本公开的实施例对此不作具体限定。

例如, 在一些实施例中, 折叠式可展开皮层电极的平面形状整体可以呈矩形、圆形、多边形、三角形、扇形、十字型或者其他不规则形状或多种形状的组合。

例如, 图 1 示出为折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈扇形的情况, 此时, 多个电极区域 10 中的至少部分电极区域 10 (例如全部电极区域 10) 沿扇形的切向 R1 依次排列, 相邻的两个电极区域 10 之间的可折叠部分 20 沿扇形的径向 R2 延伸。

例如, 在图 1 的实施例中, 每个电极区域 10 的平面形状也呈扇形, 电极区域 10 之间的多个可折叠部分 20 呈放射状分布。例如, 在一些实施例中, 多个可折叠部分 20 可延伸至同一交汇点。

例如, 图 1 中虚线圈所示的部分为折叠式可展开皮层电极的电连接部, 导电层 102 中的导电触点 1021 通过导线 1022 延伸至此处, 例如形成接口, 以便于与外部电路 (例如采集设备等) 电连接。例如, 在一些实施例中, 接口可以通过零插入力器件与采集设备连接, 以使得采集设备可采集多通道皮层神经电信号。

例如, 在一些实施例中, 如图 1 所示, 折叠式可展开皮层电极包括沿扇形的切向 R1 依次排列的 N 个电极区域, N 为大于 1 的正整数。在图 1 的实施例中, N 为 8, 也即折叠式可展开皮层电极包括沿扇形的切向 R1 依

次排列的 8 个电极区域,每相邻的两个电极区域 10 之间具有可折叠部分 20,此时,可折叠部分 20 的数量为 7。例如,在一些示例中,每个电极区域 10 可以包括 8 个导电触点,使得折叠式可展开皮层电极一共具有 64 个导电触点。

5 例如,在一些实施例中,如图 1 所示,折叠式可展开皮层电极还可以包括第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31,第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 分别设置在上述 N 个电极区域沿切向 R1 的相对两侧,配置为能够连接折叠控制工具,折叠控制工具可以通过与第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 的配合实现对折叠式可展开皮层电极的展开与折叠操作。

10 例如,在一些示例中,第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 分别包括连接孔 32,以能够连接折叠控制工具。例如,在一些实施例中,第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 分别包括两个连接孔 32,以使得与折叠控制工具的连接更稳固。

15 例如,在一些实施例中,第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 是与衬底 101 一体连接的,例如是从衬底 101 延伸出来的部分,并进行开孔,以形成连接孔 32。

 例如,在皮层电极的使用过程中,可以将折叠控制工具与第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 上的连接孔 32 进行连接,然后对第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 施加作用力,实现对皮层电极的展开与折叠。

20 例如,图 8 示出了本公开至少一实施例提供的另一折叠式可展开皮层电极的平面示意图,如图 8 所示,在该实施例中,折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈扇形,多个电极区域 10 分为两个部分(两层),多个电极区域 10 中的第一部分 P1(底层)沿扇形的切向 R1 依次排列,第一部分 P1 中相邻的两个电极区域 10 之间的可折叠部分 21 沿所述扇形的径向 R2 延伸;
25 多个电极区域 10 中的第二部分 P2(顶层)沿扇形的径向 R2 排列在第一部分 P1 的一侧(例如外侧),第一部分 P1 和第二部分 P2 的相邻的两个电极区域 10 之间的可折叠部分 22 沿扇形的切向 R1 延伸。由此,在折叠式皮层电极沿径向 R2 的可折叠部分 21 折叠后,还可以沿切向 R1 的可折叠部分 22 折叠,从而进一步提高折叠式皮层电极在展开状态的覆盖面积,稍后详细
30 示出与介绍。

 例如,如图 8 所示,第一部分 P1 包括沿扇形的切向 R1 依次排列的 N

个电极区域，N 为大于 1 的正整数，在图 8 的实施例中，N 为 8。第二部分 P2 设置在第一部分 P1 沿径向 R2 的外侧，包括位于第一部分 P1 的边缘的四个电极区域 10，每个边缘设置两个电极区域 10，该设置有利于第二部分 P2 沿切向 R1 的可折叠部分 22 进行折叠。

5 例如，在上述实施例中，第一部分 P1 包括 8 个电极区域 10，第二部分 P2 包括 4 个电极区域 10，皮层电极一共具有 12 的电极区域 10。例如，在一些实施例中，每个电极区域 10 可以具有 4 个导电触点或 8 个导电触点，使得皮层电极一共具有 64 个导电触点。例如，在一些示例中，第一部分 P1 中的每个电极区域 10 具有 4 个导电触点 1021，第二部分 P2 的每个电极区
10 域 10 具有 8 个导电触点 1021，以使得皮层电极一共具有 64 个导电触点。或者，在其他实施例中，皮层电极也可以采用其他导电触点配置方式，本公开的实施例对此不作具体限定。

 例如，如图 8 所示，在该实施例中，折叠式可展开皮层电极也包括第一
15 电极连接部 30 和第二电极连接部 31，第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 分别设置在第一部分 P1 的 N 个电极区域沿切向 R1 的相对两侧，配置为能够连接折叠控制工具。例如，第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 的具体形式与上述实施例基本相同，这里不再赘述。

 例如，在其他实施例中，折叠式可展开皮层电极也可以采用其他形状。
20 例如，图 9 示出了本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极的另一平面示意图。如图 9 所示，在一些实施例中，折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈矩形，多个电极区域 10 中的至少部分电极区域 10（例如全部电极区域 10）沿矩形的长度方向（或宽度方向）依次排列，相邻的两个电极区域 10 之间的可折叠部分 20 沿矩形的宽度方向（或长度方向）延伸。

 例如，图 10 示出了本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极
25 的另一平面示意图。如图 10 所示，在一些实施例中，折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈矩形，折叠式可展开皮层电极具有双层电极区域，多个电极区域 10 中的第一部分 P1（底层）沿矩形的长度方向（或宽度方向）依次排列，相邻的两个电极区域 10 之间的可折叠部分 21 沿矩形的宽度方向（或长度方向）延伸。多个电极区域 10 中的第二部分 P2（顶层）沿矩形的宽度
30 方向（或长度方向）设置在第一部分 P1 的一侧（图中的上侧），第一部分 P1 和第二部分 P2 的相邻的电极区域 10 之间可折叠部分 22 沿矩形的长度方

向（或宽度方向）延伸。

例如，图 11-图 13 分别示出了本公开至少一实施例提供的不同的折叠式可展开皮层电极的平面示意图。如图 11 所示，在一些实施例中，折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈三角形，每个电极区域 10 也呈三角形，多个电极区域 10 之间的多个可折叠部分 20 以三角形的一个顶点呈放射状分布。如图 12 所示，在一些实施例中，折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈多边形（图中示出为六边形作为示例），每个电极区域 10 呈三角形，多个电极区域 10 之间的多个可折叠部分 20 以多边形的一个顶点呈放射状分布。如图 13 所示，在一些实施例中，折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈圆形，多个电极区域 10 之间的多个可折叠部分 20 以圆形的一个顶点呈放射状分布。

例如，在其他实施例中，折叠式可展开皮层电极也可以采用其他图形，并且按照类似于如上实施例的方式排列电极区域 10 以及可折叠部分 20，本公开的实施例不再赘述。

例如，在一些实施例中，折叠式可展开皮层电极还可以包括其他功能层。例如，图 14 示出了本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极的另一截面示意图。如图 14 所示，折叠式可展开皮层电极还可以包括微流道层 105，微流道层 105 设置在封装层 103 的远离衬底 101 的一侧（图 14 中示出的情况）或者衬底 101 的远离封装层 103 的一侧，微流道层 105 包括至少一条微流道 M，例如多条微流道 M。

例如，微流道 M 可以用于传输药物。在使用过程中，微流道 M 可以用于连接液体输送器件，例如蠕动泵，液体输送器件可受采集系统控制，采集系统根据电信号特征实时判断是否驱动液体输送器件，以通过微流道 M 实现从颅外向颅内的药物的闭环递送。

例如，在一些实施例中，微流道层 105 包括相对设置的第一基底膜 1051 和第二基底膜 1053 以及设置在第一基底膜 1051 和第二基底膜 1053 之间的流道图案 1052，流道图案 1052 包括至少一条微流道 M。例如，微流道 M 延伸形状可以是直线形、曲线形或者其他合适的图案，本公开的实施例对此不作具体限定。

例如，图 15 示出了本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极的另一截面示意图。如图 15 所示，在一些实施例中，折叠式可展开皮层电

极还可以包括生物相容性膜 106，生物相容性膜 106 设置在封装层 103（或者增强层 104，或者微流道层 105）的远离衬底 101 的一侧或者设置在衬底 101 的远离封装层 103 的一侧，也即，生物相容性膜 106 可以设置在折叠式可展开皮层电极的最外侧。

5 例如，生物相容性膜 106 可以包括多肽、蛋白质等具有生物相容性的成分，从而在折叠式可展开皮层电极表面提供生物相容性，以避免对接触的组织或细胞产生不良影响。

例如，在本公开的实施例中，基底 101 可以采用聚酰亚胺、聚对二甲苯、环氧树脂、聚二甲基硅氧烷、硅胶等绝缘材料；导电层 102 可以金属或合金
10 （例如金、铂、铂铱合金、不锈钢、钨等）、金属氧化物（氧化镁、氧化铍等）、石墨烯、碳纳米管、导电聚合物等导电材料；封装层 103 可以采用聚酰亚胺、聚对二甲苯、环氧树脂、聚二甲基硅氧烷、硅胶等绝缘；本公开的实施例对上述各个层的具体材料不作限定。

15 综上，本公开实施例提供的折叠式可展开皮层电极采用折纸式设计，形成可折叠式可展开皮层电极，构建了可在体外折叠的皮层电极，使得皮层电极可以在折叠状态压缩电极体积，而非通过卷曲、不规则挤压等其他方式压缩体积，可以充分保持皮层电极的完整性，避免皮层电极在状态改变的情况下产生损坏；例如，可折叠式可展开皮层电极在进行折叠与展开的操作过程中，所产生的应力主要集中在可折叠部分，而电极区域基本不受影响，从而
20 充分保护了电极区域的导电结构（例如导电触点和导电等），而通过卷曲、不规则挤压等其他方式压缩电极体积的过程中，产生的应力分布难以控制，很可能会影响导电层的结构，造成结构损坏；本公开实施例提供的折叠式可展开皮层电极在植入工具（例如稍后介绍的折叠控制工具）的辅助下，折叠后的皮层电极可以通过小型颅孔植入硬脑膜上或下隙，并进一步展开成大面积结构，实现微创大面积交互，降低皮层电极损伤比。
25

本公开至少一实施例还提供一种皮层电极装置，该皮层电极装置包括本公开实施例提供的折叠式可展开皮层电极以及折叠控制工具，例如，图 16 示出了折叠控制工具的立体示意图，图 17 示出了折叠控制工具的第一控制部和第二控制部的结构示意图。

30 如图 16 和图 17 所示，折叠控制工具包括第一管体 41 和第二管体 42，第一管体 41 具有相对的第一端 41A 和第二端 41B，第一端 41A 具有第一控

制部 51; 第二管体 42 具有相对的第三端 42A 和第四端 42B, 第三端 42A 具有第二控制部 52, 例如, 第一管体 41 和第一管体 42 能够受控相对移动, 以使得第一控制部 51 和第二控制部 52 相对移动, 进而在第一控制部 51 和第二控制部 52 连接折叠式可展开皮层电极的情况下, 可以实现展开或者折叠

5 折叠式可展开皮层电极的目的。

例如, 如图 16 和图 17 所示, 第一控制部 51 包括与第一管体 41 呈角度 (例如垂直) 设置的第一臂 (即标号 51 指示的部分) 以及设置在第一臂上的第一配合结构 51A; 第二控制部 52 包括与第二管体 42 呈角度 (例如垂直) 设置的第二臂 (即标号 52 指示的部分) 以及设置在第二臂上的第二配合结构

10 52A。

例如, 在一些示例中, 第一配合结构 51A 和第二配合结构 52A 分别为设置在第一臂和第二臂上的凸起, 该凸起可以与折叠式可展开皮层电极的第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 上的连接孔 32 配合, 例如伸入连接孔 32, 进而实现对折叠式可展开皮层电极的展开或者折叠。

例如, 在其他实施例中, 第一控制部 51 和第二控制部 52 也可以采用其他形式, 例如通过胶体或者焊接的形式实现与折叠式可展开皮层电极的可逆或不可逆连接。此时, 折叠控制工具可在外力 (机械力、热力、磁力、电力) 驱动下通过改变自身形状, 带动与之连接的折叠式可展开皮层电极的折叠与展开, 改变折叠式可展开皮层电极的空间形态, 实现折叠式可展开皮层电极

20 在折叠状态与展开状态间的切换。

例如, 在一些示例中, 第一管体 41 和第二管体 42 可以受控相互靠近或者远离, 从而实现折叠式可展开皮层电极的展开或者折叠。

或者, 在另一些实施例中, 如图 16 和图 17 所示, 第二管体 42 能够容纳在第一管体 41 中, 且在第二管体 42 容纳在第一管体 41 中的情况下, 第一管体 41 和第二管体 42 可受控相对转动, 从而可以实现折叠式可展开皮层电极的展开或者折叠。例如, 对于图 1、图 8 以及图 11-图 13 所示的呈放射形的可折叠部分 20 来说, 该种可相对转动的折叠控制工具更适用。

25

例如, 在上述实施例中, 第二管体 42 可以为实心圆柱形管体, 第一臂可以为长方体臂, 第一管体 41 可以为空心圆柱形管体, 第二臂为长方体臂, 第一管体 41 的空心圆柱的空心部分的直径大于第二管体 42 的实心圆柱的直径, 使得实心圆柱能插入空心圆柱的空心部分, 并且两者能围绕同一圆心轴

30

旋转。此时，第一管体 41 和第二管体 42 的长方体臂可在外力驱动下沿第一管体 41 和第二管体 42 的轴进行相对转动，以使得两个长方体臂间的夹角可在 0 度-180 度之间的角度范围改变。

例如，图 18 示出了折叠式可展开皮层电极受控折叠与展开的过程图，

- 5 图 18 中的折叠与展开过程以图 8 中的折叠式可展开皮层电极作为示例。如图 18 所示，在一些实施例中，通过将折叠控制工具的第一控制部 51 上的第一配合结构 51A 和第二控制部 52 上的第二配合结构 52A 与折叠式可展开皮层电极的第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 上的连接孔 32 配合，并相对转动第一管体 41 和第二管体 42，使得折叠式可展开皮层电极可以折叠，
- 10 也即图 18 中的变化一，此时，折叠式可展开皮层电极的多个电极区域 10 可以沿可折叠部分 21 进行七个折叠（这些折叠可以同时或者分次进行）后，沿可折叠部分 22 进行两个折叠，经过共九个折叠使得折叠式可展开皮层电极的整体具有较小的体积，由此可以通过一个较小的开口（例如创口）进入目标物体（例如颅内），例如折叠式可展开皮层电极连同折叠控制工具通过小型颅窗送入硬脑膜上与颅骨的间隙中；之后，沿相反的方向相对转动第一管体 41 和第二管体 42，以产生变化二，此时，折叠控制工具的双臂之间的角度逐渐增大，折叠式可展开皮层电极的第一电极连接部 30 和第二电极连接部 31 受到如箭头所指示的方向的力，从而使得折叠式可展开皮层电极的第一部分 P1 相对于第二部分 P2 沿可折叠部分 22 展开，并进一步产生变化三，使得折叠式可展开皮层电极沿可折叠部分 21 展开，实现折叠式可展开皮层电极的进一步展开，例如达到合适的展开状态；之后，可以撤去折叠控制工具与折叠式可展开皮层电极的连接，例如反向旋转第一管体 41 和第二管体 42，实现折叠控制工具与折叠式可展开皮层电极的分离，将折叠控制工具从颅内取出，并将折叠式可展开皮层电极与外部电路（例如采集设备等）
- 20 连接，实现对折叠式可展开皮层电极的电通信操作。

例如，在上述实施例中，折叠控制工具采用同轴双臂结构，在其他实施例中，折叠控制工具也可以同轴多手臂结构（此时可以包括更多个管体），或者平行滑轨结构（例如在第一管体和第二管体之间增加滑轨，以限定二者的相对移动）等，本公开的实施例对此不作具体限定。

- 30 例如，在一些实施例中，折叠控制工具可以采用 3D 打印工艺制备。

例如，图 19 为本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极采集

到的神经信号的示意图。通过对比,利用本公开实施例提供的折叠式可展开皮层电极采集到的多通道(图中示出了四个通道)皮层神经电信号与其他标准金电极采集到的神经电信号的频率与振幅等重要信息基本相同,由此也验证了本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极的可行性。

- 5 本公开至少一实施例还提供一种折叠式可展开皮层电极的制备方法,包括:提供衬底基板,在衬底基板上形成牺牲层,在牺牲层的远离衬底基板的一侧形成衬底,在衬底的远离牺牲层的一侧形成导电层,在导电层的远离衬底的一侧形成封装层,以及剥离牺牲层。其中,折叠式可展开皮层电极具有多个电极区域,多个电极区域中的每个包括设置在导电层中的至少一个导电触点以及与至少一个导电触点连接的至少一条导线,封装层包括暴露该至少一个导电触点的至少一个开孔,多个电极区域中相邻的两个电极区域之间具有可折叠部分,以使得相邻的两个电极区域能够沿可折叠部分折叠。
- 10

- 例如,图 20 示出了本公开至少一实施例提供的折叠式可展开皮层电极在制备过程中的截面示意图。如图 20 所示,在一些实施例中,衬底基板 S1 可以采用硅片,硅片的上表面可以进行抛光处理,以便于后续功能层的形成;例如,在衬底基板 S1 上通过磁控溅射或热蒸发等工艺形成牺牲层 S2,例如,牺牲层 S2 可以采用金属镍;之后,在牺牲层 S2 上采用旋涂并热固化等方式形成衬底 101,例如,衬底 101 可以采用聚酰亚胺;然后,在衬底 101 上通过构图工艺形成导电层 102,例如,构图工艺可以包括在衬底 101 上涂覆光刻胶材料,对光刻胶材料进行曝光和显影,形成光刻胶图案,然后以该光刻胶图案为掩模,沉积导电层 102 的材料,例如金,以形成导电层 102 的图案,例如上述导电触点 1021 以及导线 1022;之后,在导电层 102 上采用旋涂并热固化等方式形成封装层 103 的材料,例如,封装层 103 可以采用聚酰亚胺,然后对封装层 103 的材料进行图案化刻蚀,以暴露导电层 102 的导电触点 1021,例如,对封装层 103 的材料进行图案化刻蚀可以包括在封装层 103 上涂覆光刻胶材料,对光刻胶材料进行曝光和显影,形成光刻胶图案,然后以该光刻胶图案为掩模对封装层 103 的材料进行刻蚀,以形成封装层 103 的开孔 1031;之后,在一些实施例中,还可以在封装层 103 上形成增强层 104 等其他功能层;最后,例如采用机械剥离等方式释放牺牲层 S2,以得到例如图 1 和图 2 所示的折叠式可展开皮层电极。
- 15
- 20
- 25
- 30

在本公开实施例提供的上述方式中，采用 MEMS（微机电系统）工艺通过简单的工艺步骤即可制备出本公开实施例提供的折叠式可展开皮层电极，该制备方式简单、成本较低，适用于大批量生产。

例如，在一些实施例中，制备方法还可以包括：在封装层 103 的远离所述衬底 101 的一侧或者衬底 101 的远离封装层 103 的一侧形成微流道层 105。例如，在一些实施例中，微流道层 105 可以直接采用构图工艺形成在封装层 103 的远离衬底 101 的一侧或者衬底 101 的远离封装层 103 的一侧；或者，在另一些实施例中，微流道层 105 也可以独立形成，然后贴附在封装层 103 的远离衬底 101 的一侧或者衬底 101 的远离封装层 103 的一侧。

例如，图 21 示出了单独形成微流道层的过程中微流道层的一个截面示意图。在一些实施例中，如图 21 所示，形成微流道层 105 可以包括：在例如硅片等衬底基板 S3 上采用旋涂等方式形成第一基底膜 1051，例如，第一基底膜 1051 可以采用聚二甲基硅氧烷（PDMS）等材料；之后，在第一基底膜 1051 上形成光刻胶材料（例如正性光刻胶材料，在其他实施例中也可以是负性光刻胶材料），并对光刻胶材料进行曝光显影；然后，在光刻胶材料的远离第一基底膜 1051 的一侧例如采用形成旋涂等方式形成第二基底膜 1053，第二基底膜 1053 例如可以采用聚二甲基硅氧烷（PDMS）等材料；然后，将第一基底膜 1051、光刻胶材料和第二基底膜 1053 的整体浸入溶解液中，例如丙酮溶液中，以对光刻胶材料进行溶解，形成流道图案 1052，流道图案 1052 包括至少一条微流道 M；最后，将第一基底膜 1051、光刻胶材料（也即流道图案 1052）和第二基底膜 1053 的整体贴附在封装层 103 的远离衬底 101 的一侧或者衬底 101 的远离封装层 103 的一侧，以形成微流道层 105。

综上，本公开实施例提供的制备方法可以通过简单、成熟的工艺制备出折叠式可展开皮层电极，该折叠式可展开皮层电极采用折纸式设计，可以在折叠状态压缩电极体积，充分保持折叠式可展开皮层电极的完整性，避免折叠式可展开皮层电极在状态改变的情况下产生损坏；在折叠控制工具的辅助下，折叠后的折叠式可展开皮层电极可以通过小创口进行植入，并进一步展开成大面积结构，实现微创大面积交互，降低皮层电极损伤比。

还有以下几点需要说明：

（1）本公开实施例的附图只涉及到与本公开实施例涉及到的结构，其

他结构可参考通常设计。

(2) 为了清晰起见，在用于描述本公开的实施例的附图中，层或区域的厚度被放大或缩小，即这些附图并非按照实际的比例绘制。可以理解，当诸如层、膜、区域或基板之类的元件被称作位于另一元件“上”或“下”时，该元件可以“直接”位于另一元件“上”或“下”或者可以存在中间元件。

(3) 在不冲突的情况下，本公开的实施例及实施例中的特征可以相互组合以得到新的实施例。

以上，仅为本公开的具体实施方式，但本公开的保护范围并不局限于此，本公开的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1、一种折叠式可展开皮层电极，具有多个电极区域，且包括：
衬底，

5 导电层，设置在所述衬底上，以及
 封装层，设置在所述导电层的远离所述衬底的一侧；

 其中，所述多个电极区域中的每个包括设置在所述导电层中的至少一个导电触点以及与所述至少一个导电触点连接的至少一条导线，所述封装层包括暴露所述至少一个导电触点的至少一个开孔，

10 所述多个电极区域中相邻的两个电极区域之间具有可折叠部分，以使
 得所述相邻的两个电极区域能够沿所述可折叠部分折叠。

 2、根据权利要求 1 所述的折叠式可展开皮层电极，还包括：

 增强层，设置在所述封装层的靠近或者远离所述衬底的一侧，或者设置在所述衬底的靠近所述封装层或者远离所述封装层的一侧，包括对应于所述
15 多个电极区域的多个图案，

 其中，所述多个图案中相邻的两个图案之间具有间隙，以形成所述可折叠部分。

 3、根据权利要求 2 所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述多个图案中的至少部分包括照明部。

20 4、根据权利要求 1 所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述衬底和所述封装层中的至少一个在所述可折叠部分包括柔性部，所述柔性部的弹性模量低于所述衬底和所述封装层中的至少一个的除所述柔性部之外的部分的弹性模量。

 5、根据权利要求 1 所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述衬底
25 和所述封装层中的至少一个在所述可折叠部分包括镂空部或者减薄部，
 所述镂空部的材料被去除，

 所述减薄部的厚度低于所述衬底和所述封装层中的至少一个的除所述减薄部之外的部分的厚度。

30 6、根据权利要求 1-5 任一所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈扇形，

 所述多个电极区域中的至少部分电极区域沿所述扇形的切向依次排列，

所述至少部分电极区域中相邻的两个电极区域之间的可折叠部分沿所述扇形的径向延伸。

7、根据权利要求 6 所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述至少部分电极区域的每个的平面形状呈扇形，所述至少部分电极区域之间的多个可折叠部分呈放射状分布。

8、根据权利要求 6 所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述至少部分电极区域包括沿所述扇形的切向 R1 依次排列的 N 个电极区域，N 为大于 1 的正整数；所述折叠式可展开皮层电极还包括：

第一电极连接部和第二电极连接部，分别设置在所述 N 个电极区域沿切向 R1 的相对两侧，配置为能够连接折叠控制工具。

9、根据权利要求 1-5 任一所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈扇形，

所述多个电极区域中的第一部分沿所述扇形的切向 R1 依次排列，所述第一部分中相邻的两个电极区域之间的可折叠部分沿所述扇形的径向 R2 延伸；

所述多个电极区域中的第二部分沿所述扇形的径向排列在所述第一部分的一侧，所述第一部分和所述第二部分的相邻的两个电极区域之间的可折叠部分沿所述扇形的切向 R1 延伸。

10、根据权利要求 9 所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述第一部分包括沿所述扇形的切向 R1 依次排列的 N 个电极区域，N 为大于 1 的正整数；所述折叠式可展开皮层电极还包括：

第一电极连接部和第二电极连接部，分别设置在所述 N 个电极区域沿切向 R1 的相对两侧，配置为能够连接折叠控制工具。

11、根据权利要求 1-5 任一所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈矩形，

所述多个电极区域中的至少部分电极区域沿所述矩形的长度方向或宽度方向依次排列，所述至少部分电极区域中相邻的两个电极区域之间的可折叠部分沿所述矩形的宽度方向或长度方向延伸。

12、根据权利要求 1-5 任一所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述折叠式可展开皮层电极的平面形状整体呈圆形、三角形或者多边形，

所述多个电极区域之间的多个可折叠部分以所述圆形上的一个点或者

所述三角形或者所述多边形的一个顶点呈放射状分布。

13、根据权利要求 1-5 任一所述的折叠式可展开皮层电极，还包括：

微流道层，设置在所述封装层的远离所述衬底的一侧或者所述衬底的远离所述封装层的一侧，包括至少一条微流道。

5 14、根据权利要求 13 所述的折叠式可展开皮层电极，其中，所述微流道层包括相对设置的第一基底膜和第二基底膜以及设置在所述第一基底膜和所述第二基底膜之间的流道图案，

所述流道图案包括所述至少一条微流道。

15、根据权利要求 1-5 任一所述的折叠式可展开皮层电极，还包括：

10 生物相容性膜，设置在所述封装层的远离所述衬底的一侧或者所述衬底的远离所述封装层的一侧。

16、一种皮层电极装置，包括：

权利要求 1-15 任一所述的折叠式可展开皮层电极，以及

折叠控制工具，包括：

15 第一管体，具有相对的第一端和第二端，所述第一端具有第一控制部；

第二管体，具有相对的第三端和第四端，所述第三端具有第二控制部，

其中，所述第一管体和所述第二管体能够受控相对移动。

20 17、根据权利要求 16 所述的皮层电极装置，其中，所述第二管体能够容纳在所述第一管体中，

且在所述第二管体容纳在所述第一管体中的情况下，所述第一管体和所述第二管体可受控相对转动。

25 18、根据权利要求 16 或 17 所述的皮层电极装置，其中，所述第一控制部包括与所述第一管体呈角度设置的第一臂以及设置在所述第一臂上的第一配合结构；

所述第二控制部包括与所述第二管体呈角度设置的第二臂以及设置在所述第二臂上的第二配合结构。

19、一种折叠式可展开皮层电极的制备方法，包括：

30 提供衬底基板，

在所述衬底基板上形成牺牲层，

在所述牺牲层的远离所述衬底基板的一侧形成衬底，
在所述衬底的远离所述牺牲层的一侧形成导电层，
在所述导电层的远离所述衬底的一侧形成封装层，以及
剥离所述牺牲层；

- 5 其中，所述折叠式可展开皮层电极具有多个电极区域，所述多个电极区域中的每个包括设置在所述导电层中的至少一个导电触点以及与所述至少一个导电触点连接的至少一条导线，所述封装层包括暴露所述至少一个导电触点的至少一个开孔，

- 所述多个电极区域中相邻的两个电极区域之间具有可折叠部分，以使得
10 所述相邻的两个电极区域能够沿所述可折叠部分折叠。

20、根据权利要求 19 所述的制备方法，还包括：

在所述封装层的远离所述衬底的一侧或者所述衬底的远离所述封装层的一侧形成微流道层，包括：

形成第一基底膜，

- 15 在所述第一基底膜上形成光刻胶材料，并对所述光刻胶材料进行曝光显影，

在所述光刻胶材料的远离所述第一基底膜的一侧形成第二基底膜，

- 将所述第一基底膜、所述光刻胶材料和所述第二基底膜的整体浸入溶解液中，以对所述光刻胶材料进行溶解，形成流道图案；其中，所述
20 流道图案包括至少一条微流道；

将所述第一基底膜、所述光刻胶材料和所述第二基底膜的整体贴附在所述封装层的远离所述衬底的一侧或者所述衬底的远离所述封装层的一侧。

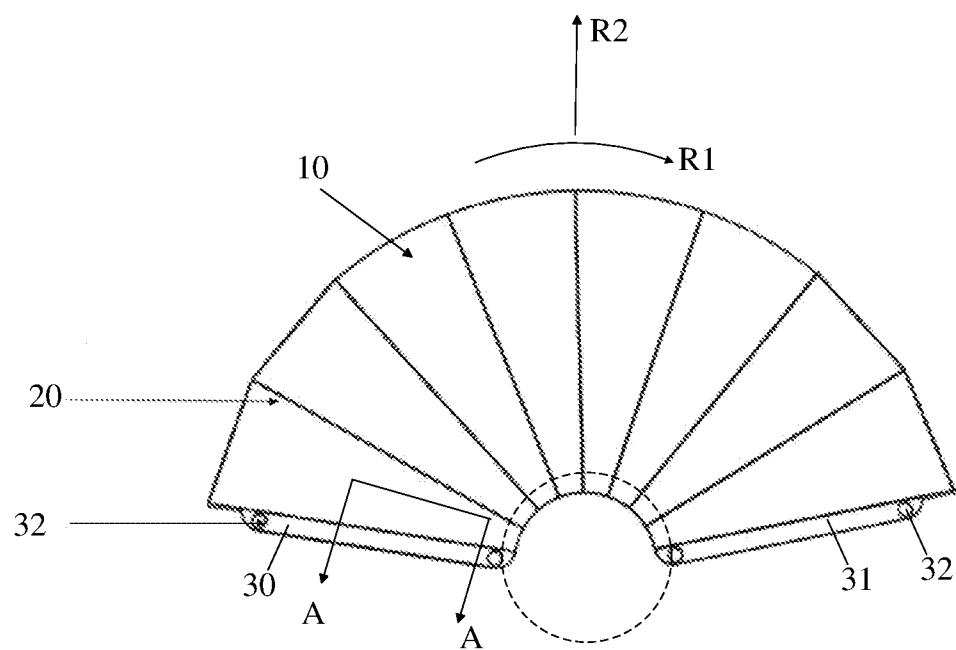


图 1

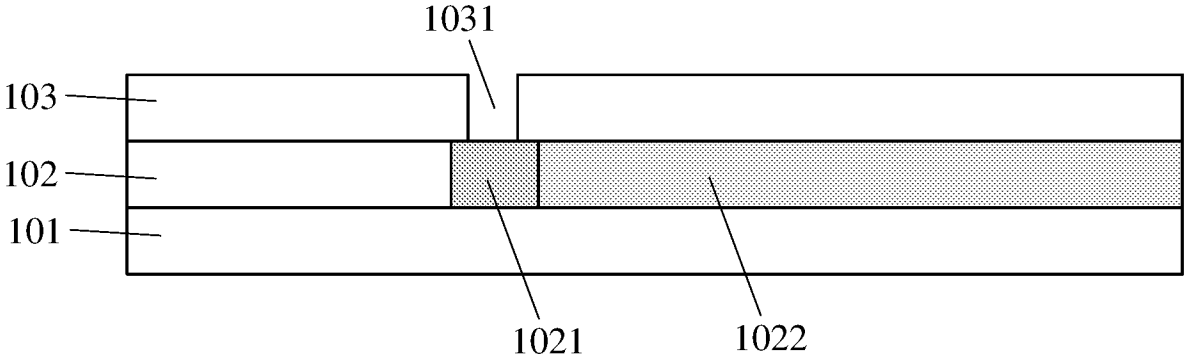


图 2

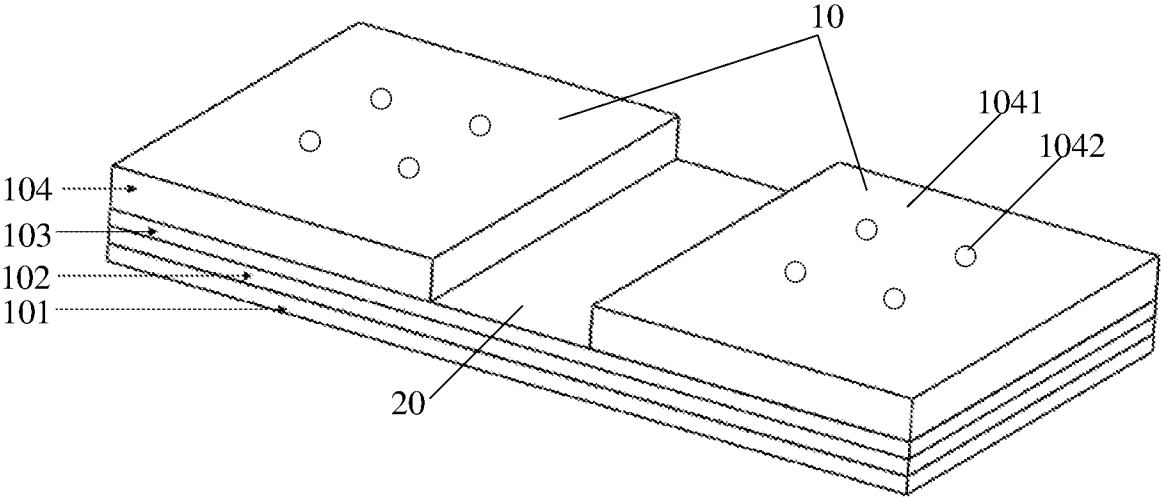


图 3

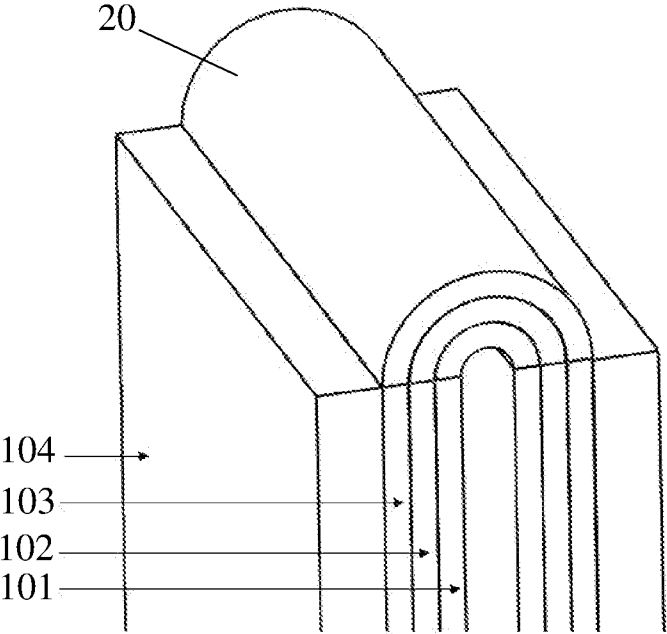


图 4

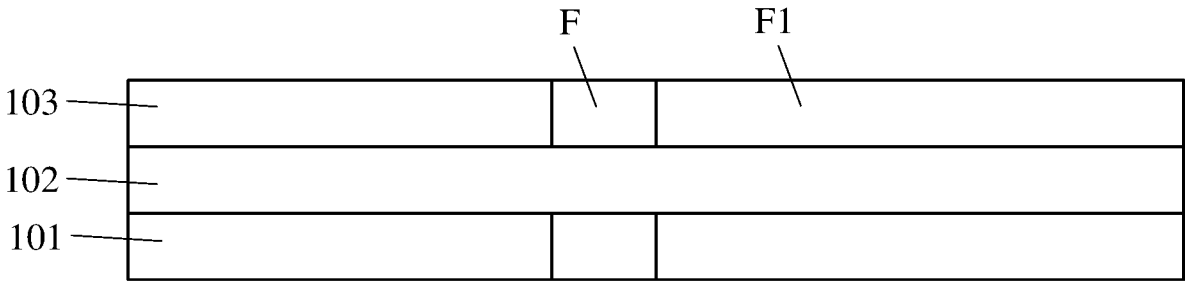


图 5

3/10

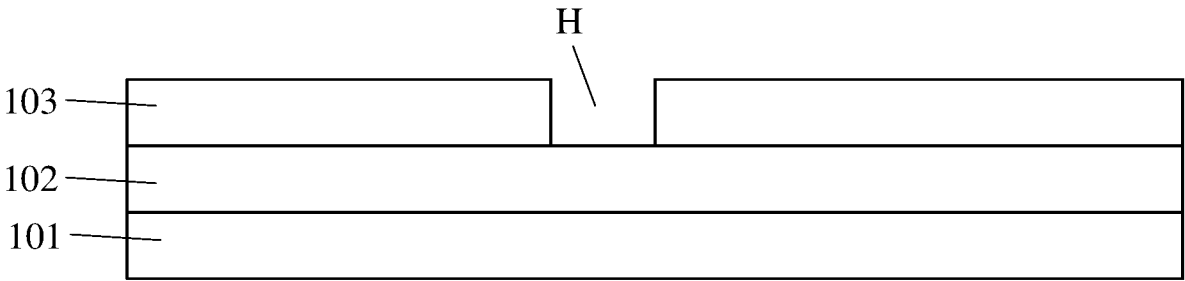


图 6

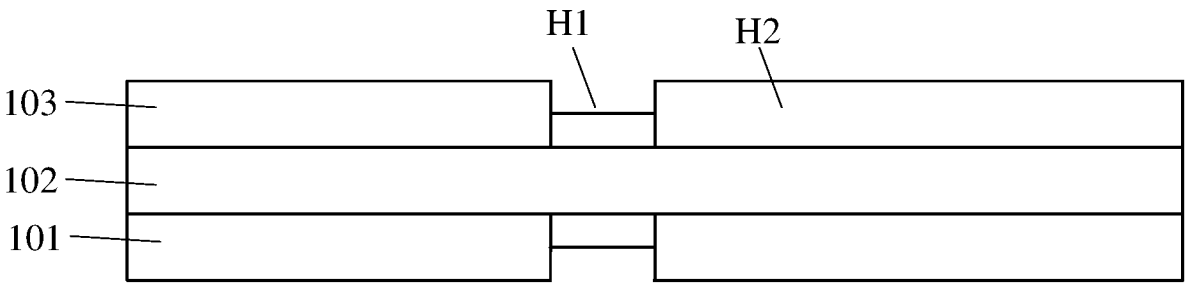


图 7

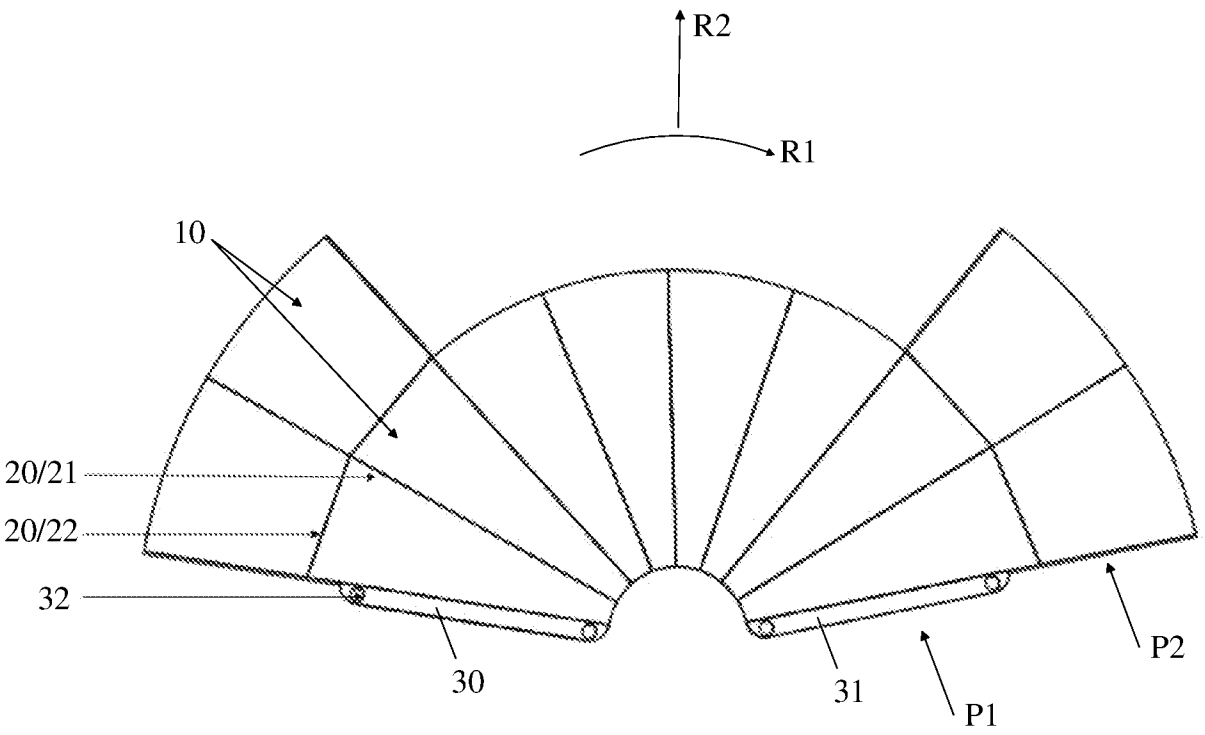


图 8

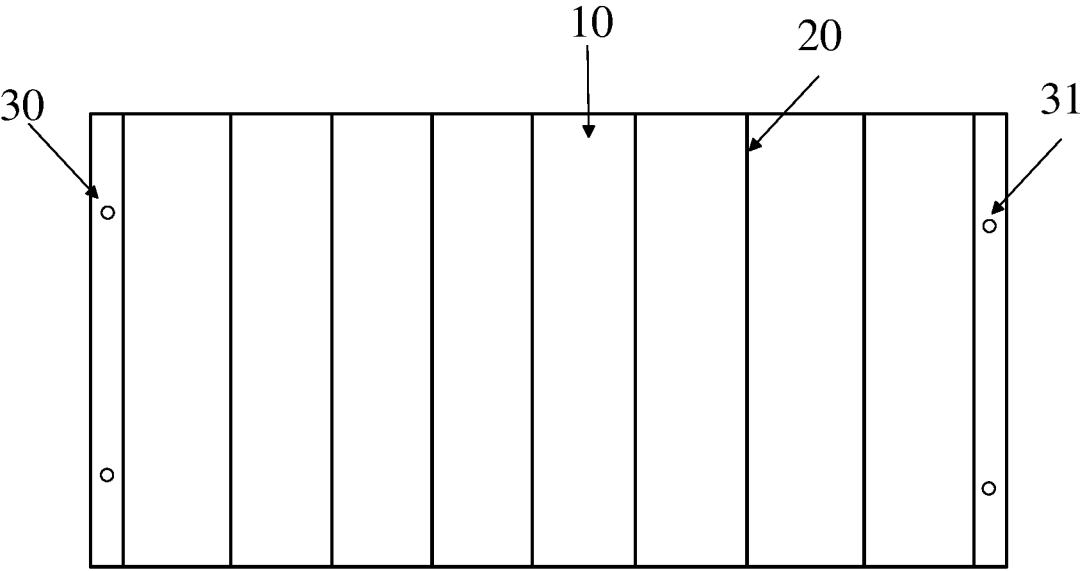


图 9

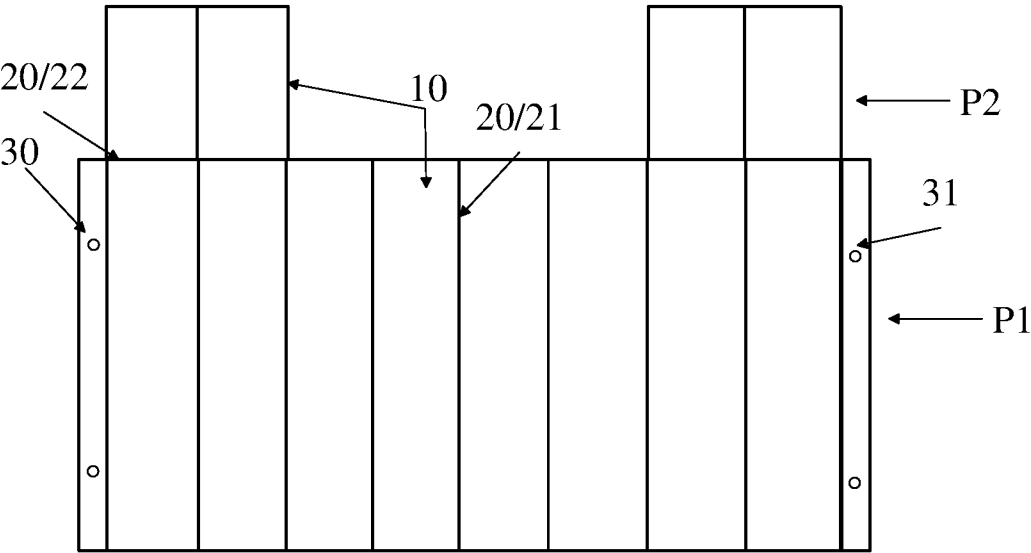


图 10

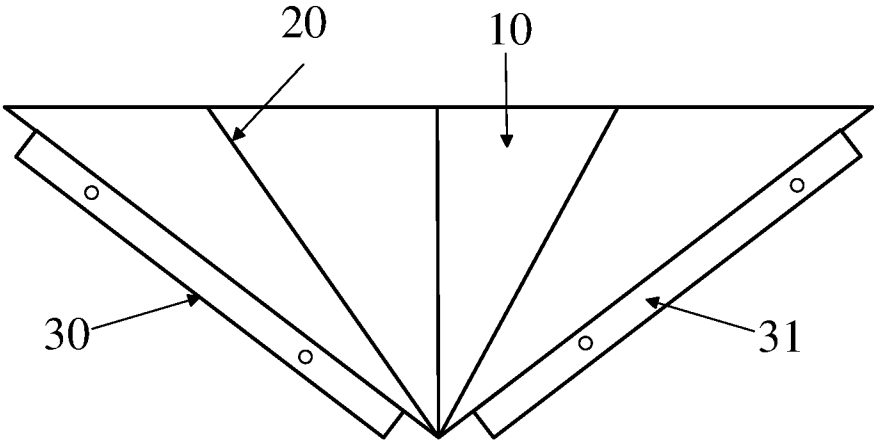


图 11

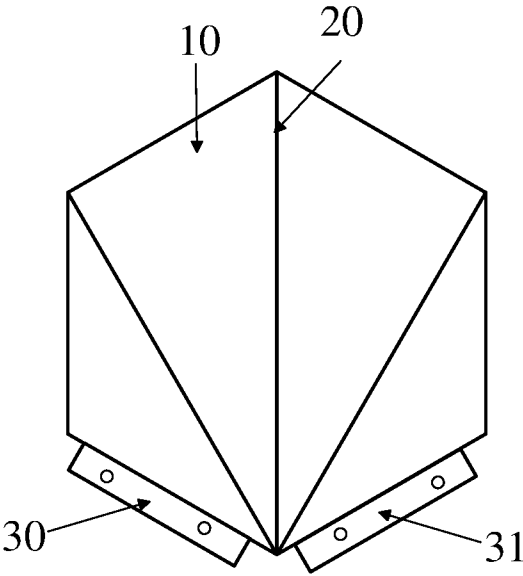


图 12

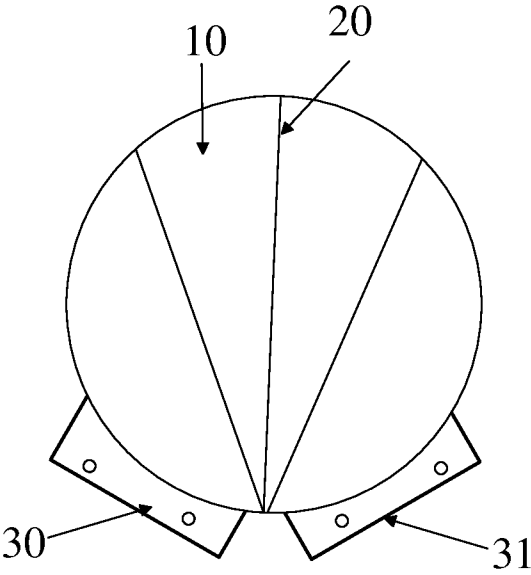


图 13

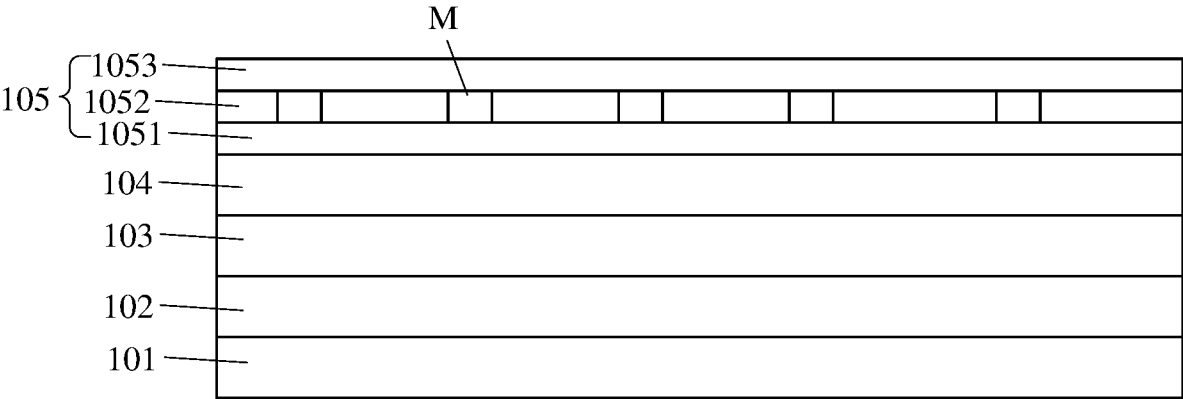


图 14

106	
104	
103	
102	
101	

图 15

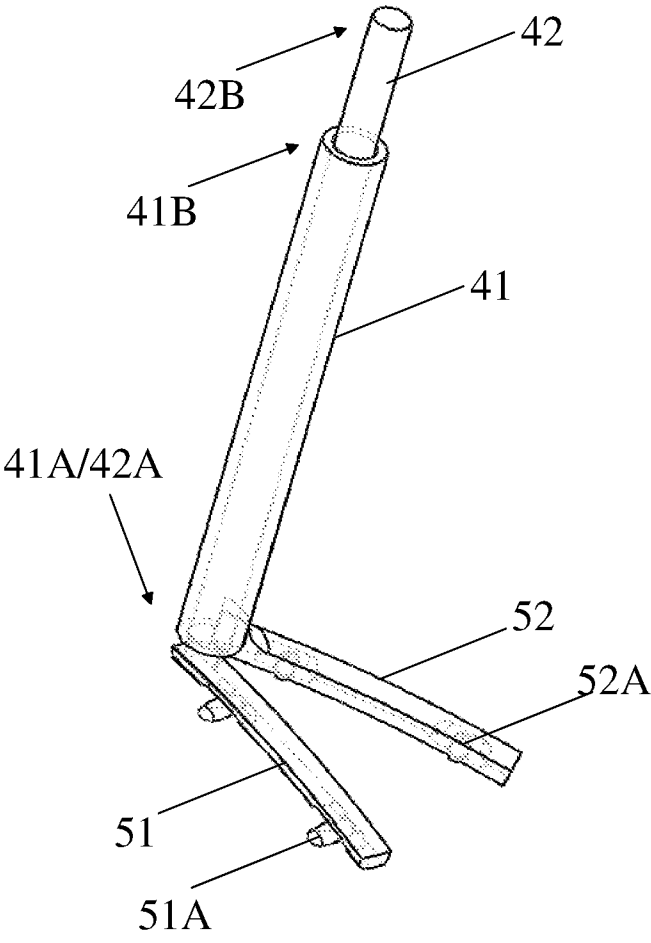


图 16

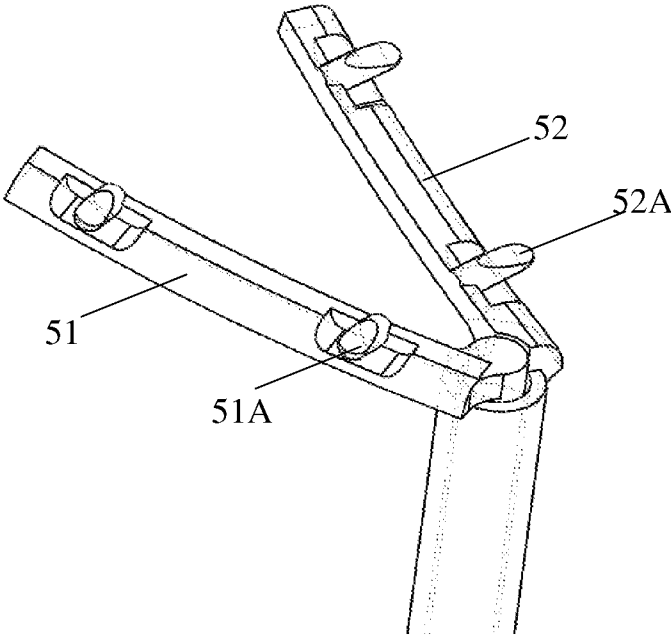


图 17

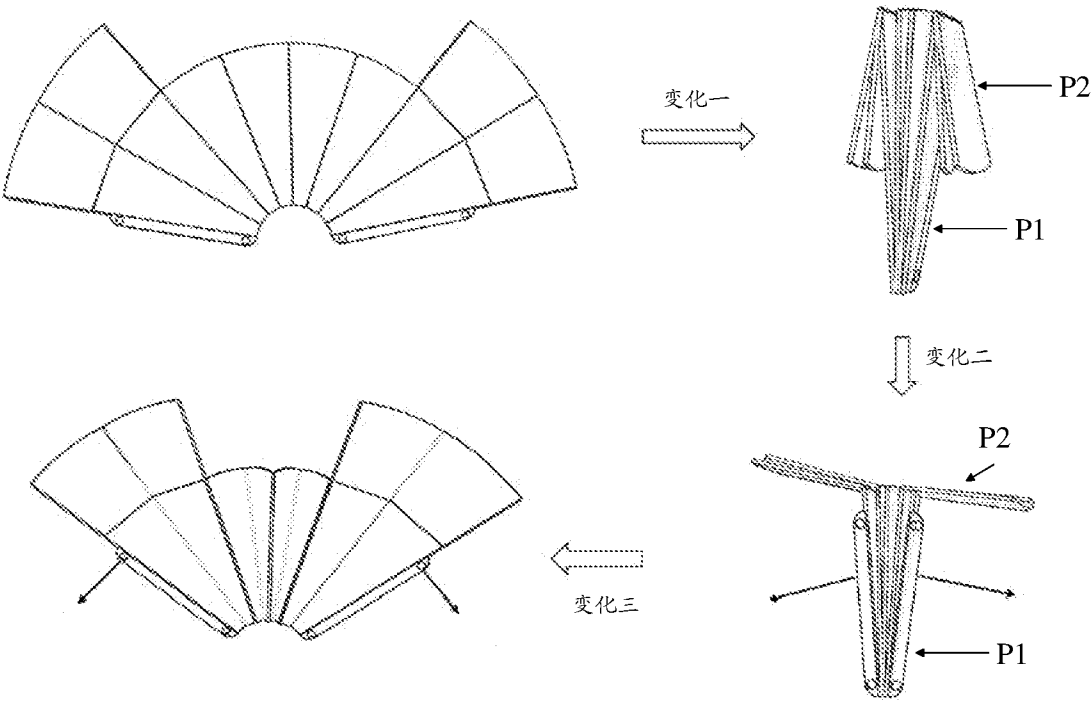


图 18

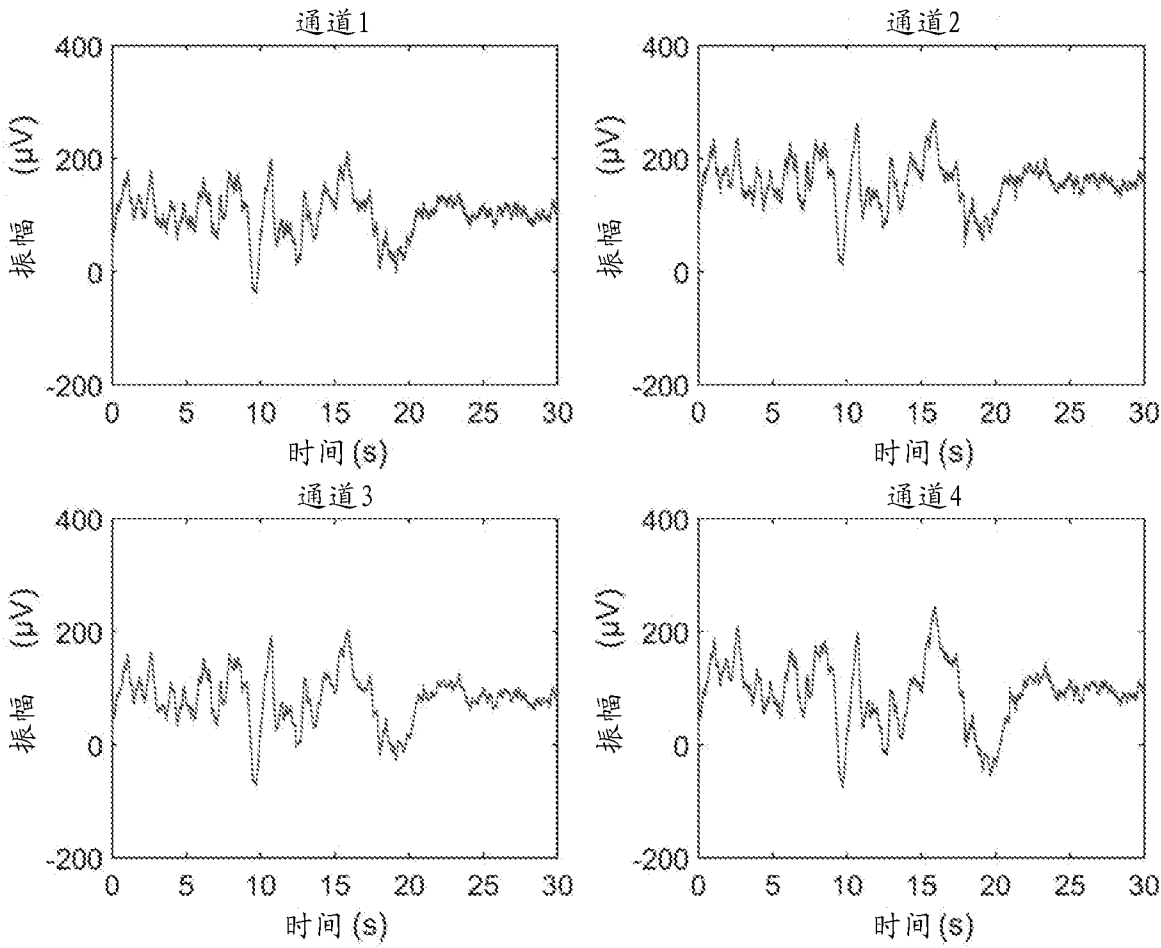


图 19

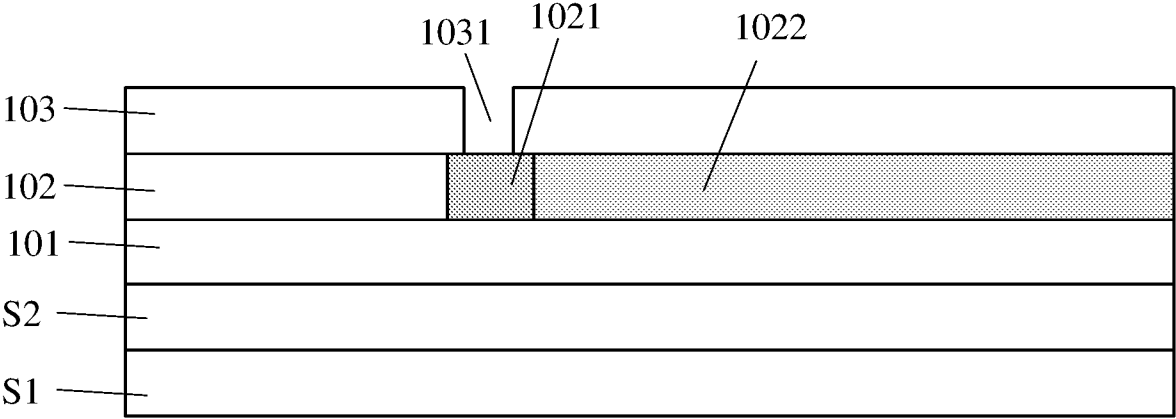


图 20

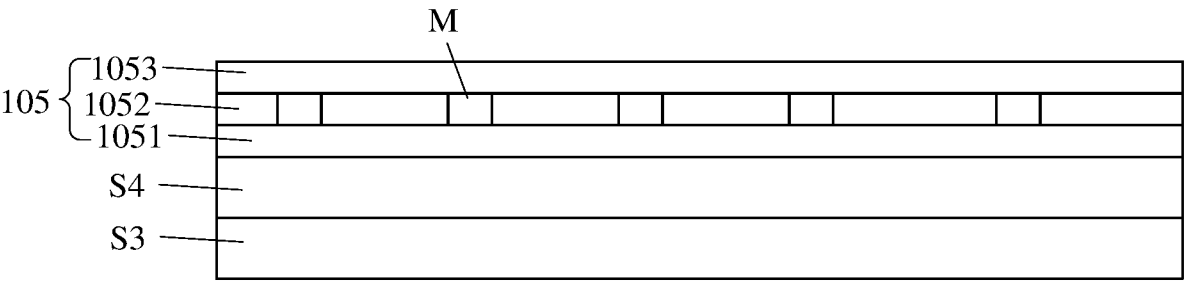


图 21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/137957

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B5/293(2021.01)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:A61B5; A61N1; H01L27

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)

CJFD, CNTXT, ENTXTC, VEN: 电极, 孔, 皮层, 折叠, 弯折, 接触, contact+, cortex, Ecog, electrode, hole, Substrate, fold+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 114652317 A (SHANGHAI BRAIN TIGER TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 June 2022 (2022-06-24) claims 1-10, description, paragraphs 74-80, and figures 2-8	1, 4, 5, 11-20
Y	CN 114652317 A (SHANGHAI BRAIN TIGER TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 June 2022 (2022-06-24) claims 1-10, description, paragraphs 74-80, and figures 2-8	6-10
Y	CN 114145747 A (SHENZHEN SHINEYARD MEDICAL DEVICE CO., LTD.) 08 March 2022 (2022-03-08) description, paragraphs 36-41, and figures 4-6	6-10
A	CN 102544052 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 04 July 2012 (2012-07-04) entire document	1-20
A	CN 108853717 A (NATIONAL CENTER FOR NANOSCIENCE AND TECHNOLOGY) 23 November 2018 (2018-11-23) entire document	1-20



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

21 June 2023

Date of mailing of the international search report

26 July 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/CN2022/137957

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 115054257 A (CENTER FOR EXCELLENCE IN BRAIN SCIENCE AND INTELLIGENCE TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 16 September 2022 (2022-09-16) entire document	1-20
A	CN 115381458 A (SHANGHAI BRAIN TIGER TECHNOLOGY CO., LTD.) 25 November 2022 (2022-11-25) entire document	1-20
A	US 2017231518 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 17 August 2017 (2017-08-17) entire document	1-20
A	US 2019308008 A1 (TUFTS MEDICAL CENTER, INC.) 10 October 2019 (2019-10-10) entire document	1-20
A	US 11185684 B2 (CADWELL LABORATORIES INC.) 30 November 2021 (2021-11-30) entire document	1-20
A	US 2020108246 A1 (CADWELL LABORATORIES INC.) 09 April 2020 (2020-04-09) entire document	1-20
A	US 6415187 B1 (ADVANCED BIONICS CORP.) 02 July 2002 (2002-07-02) entire document	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/137957

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114652317	A	24 June 2022	None			
CN	114145747	A	08 March 2022	CN	217548048	U	11 October 2022
CN	102544052	A	04 July 2012	None			
CN	108853717	A	23 November 2018	CN	108853717	B	22 March 2022
CN	115054257	A	16 September 2022	None			
CN	115381458	A	25 November 2022	None			
US	2017231518	A1	17 August 2017	US	10856764	B2	08 December 2020
				WO	2016022906	A1	11 February 2016
US	2019308008	A1	10 October 2019	EP	3773875	A2	17 February 2021
				US	10912937	B2	09 February 2021
				WO	2019199541	A2	17 October 2019
				WO	2019199541	A3	28 November 2019
US	11185684	B2	30 November 2021	US	2020108246	A1	09 April 2020
US	2020108246	A1	09 April 2020	US	11185684	B2	30 November 2021
US	6415187	B1	02 July 2002	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/137957

A. 主题的分类 A61B5/293 (2021.01) 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:A61B5; A61N1; H01L27 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)) CJFD, CNTXT, ENTXTC, VEN: 电极, 孔, 皮层, 折叠, 弯折, 接触, contact+, cortex, Ecog, electrode, hole, Substrate, fold+		
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 114652317 A (上海脑虎科技有限公司) 2022年6月24日 (2022 - 06 - 24) 权利要求1-10、说明书第74-80段、附图2-8	1, 4, 5, 11-20
Y	CN 114652317 A (上海脑虎科技有限公司) 2022年6月24日 (2022 - 06 - 24) 权利要求1-10、说明书第74-80段、附图2-8	6-10
Y	CN 114145747 A (深圳市擎源医疗器械有限公司) 2022年3月8日 (2022 - 03 - 08) 说明书第36-41段, 附图4-6	6-10
A	CN 102544052 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2012年7月4日 (2012 - 07 - 04) 全文	1-20
A	CN 108853717 A (国家纳米科学中心) 2018年11月23日 (2018 - 11 - 23) 全文	1-20
A	CN 115054257 A (中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心) 2022年9月16日 (2022 - 09 - 16) 全文	1-20
A	CN 115381458 A (上海脑虎科技有限公司) 2022年11月25日 (2022 - 11 - 25) 全文	1-20
☒ 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6月21日		国际检索报告邮寄日期 2023年7月26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 陈响 电话号码 (+86) 027-59371802

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 2017231518 A1 (UNIV CALIFORNIA) 2017年8月17日 (2017 - 08 - 17) 全文	1-20
A	US 2019308008 A1 (TUFTS MEDICAL CT INC) 2019年10月10日 (2019 - 10 - 10) 全文	1-20
A	US 11185684 B2 (CADWELL LABORATORIES INC.) 2021年11月30日 (2021 - 11 - 30) 全文	1-20
A	US 2020108246 A1 (CADWELL LABORATORIES INC.) 2020年4月9日 (2020 - 04 - 09) 全文	1-20
A	US 6415187 B1 (ADVANCED BIONICS CORP.) 2002年7月2日 (2002 - 07 - 02) 全文	1-20

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/137957

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	114652317	A	2022年6月24日	无			
CN	114145747	A	2022年3月8日	CN	217548048	U	2022年10月11日
CN	102544052	A	2012年7月4日	无			
CN	108853717	A	2018年11月23日	CN	108853717	B	2022年3月22日
CN	115054257	A	2022年9月16日	无			
CN	115381458	A	2022年11月25日	无			
US	2017231518	A1	2017年8月17日	US	10856764	B2	2020年12月8日
				WO	2016022906	A1	2016年2月11日
US	2019308008	A1	2019年10月10日	EP	3773875	A2	2021年2月17日
				US	10912937	B2	2021年2月9日
				WO	2019199541	A2	2019年10月17日
				WO	2019199541	A3	2019年11月28日
US	11185684	B2	2021年11月30日	US	2020108246	A1	2020年4月9日
US	2020108246	A1	2020年4月9日	US	11185684	B2	2021年11月30日
US	6415187	B1	2002年7月2日	无			