



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110736776 B

(45) 授权公告日 2020.10.13

(21) 申请号 201910911902.3

(22) 申请日 2019.09.25

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110736776 A

(43) 申请公布日 2020.01.31

(73) 专利权人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路  
17923号

(72) 发明人 刘剑 苏杭 鲁子鹏

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 李琳

(51) Int.Cl.

G01N 27/30 (2006.01)

G01N 27/327 (2006.01)

A61F 13/496 (2006.01)

A61F 13/42 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109298061 A, 2019.02.01

CN 109781811 A, 2019.05.21

CN 103041876 A, 2013.04.17

CN 105921185 B, 2019.02.19

US 2015294823 A1, 2015.10.15

CN 105572351 A, 2016.05.11

CN 105921185 A, 2016.09.07

Elson Luiz Fava等.Electrochemical  
paper-based microfluidic device for high  
throughput multiplexed analysis.

《Talanta》.2019,第203卷

Elson Luiz Fava等.Electrochemical  
paper-based microfluidic device for high  
throughput multiplexed analysis.

《Talanta》.2019,第203卷

Jared Houghtaling等.Dissolvable  
Bridges for Manipulating Fluid Volumes in  
Paper Networks.《Anal. Chem.》.2013,第85卷

审查员 汪李

权利要求书2页 说明书8页 附图8页

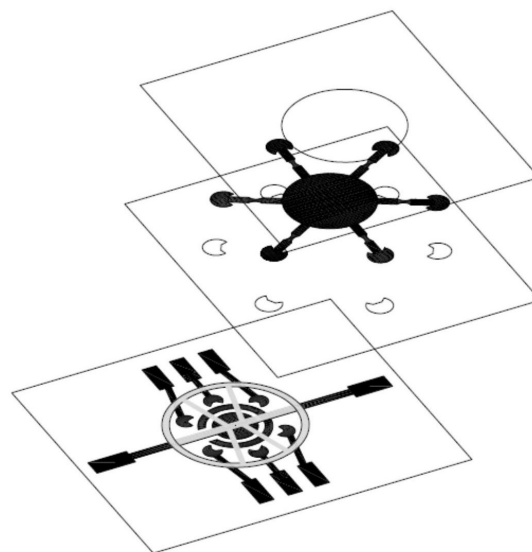
(54) 发明名称

一种尿液检测电化学传感器、纸尿裤及制备方法

(57) 摘要

本公开提供了一种尿液检测电化学传感器、纸尿裤及制备方法,包括基层、反应层和覆盖层,所述基层用于支撑反应层和覆盖层;所述反应层依次包括进样单元、隔离单元和电极单元,所述进样单元用于将尿液进行富集并通过隔离单元上的第一开口传递到电极单元,所述电极单元上固定有反应材料,用于实现尿液中一种或多种代谢物的检测;所述覆盖层用于包裹基层和反应层,并通过覆盖层上的第二开口将尿液传递到进样单元;将失能人群(尤其是失能老人)尿液中物质的浓度转化为电信号,实现对尿液的定性或者定量检测,提高了检测结果的准确性,同时降低了检测成本,解决了失能人群的尿液检测

难的问题。



1. 一种尿液检测电化学传感器,其特征在于,包括基层、反应层和覆盖层,所述基层用于支撑反应层和覆盖层;所述反应层依次包括进样单元、隔离单元和电极单元,所述进样单元用于将尿液进行富集并通过隔离单元上的第一开口传递到电极单元,所述电极单元上固定有反应材料,用于实现尿液中一种或多种代谢物的检测;所述覆盖层用于包裹基层和反应层,并通过覆盖层上的第二开口将尿液传递到进样单元;

所述进样单元中部为进样区,通过多个通道利用虹吸作用将尿液从进样区输送到各个通道末端,所述通道末端形状为90度~270度扇形;

还包括第一通道、微控制器、相互平行的第二通道和第三通道,所述第二通道的末端与通道扇形末端连接,第三通道的末端连接到纸尿裤的吸水区域,所述第一通道的首端与进样区连接,第一通道的末端设有用防水材料包裹的磁性触点,所述第三通道远离第二通道的一侧设有线圈,所述第一通道的首末端之间设有尿液检测元件,所述微控制器根据尿液检测元件检测到的尿液流量控制线圈中电流的大小和方向,检测时,第一通道的末端与第二通道的首端接触构成检测通道,当尿液流量大于设定值时,第一通道的末端与第三通道的首端接触构成排出通道,将多余的尿液排出。

2. 一种尿液检测电化学传感器,其特征在于,包括基层、反应层和覆盖层,所述基层用于支撑反应层和覆盖层;所述反应层依次包括进样单元、隔离单元和电极单元,所述进样单元用于将尿液进行富集并通过隔离单元上的第一开口传递到电极单元,所述电极单元上固定有反应材料,用于实现尿液中一种或多种代谢物的检测;所述覆盖层用于包裹基层和反应层,并通过覆盖层上的第二开口将尿液传递到进样单元;

所述进样单元中部为进样区,通过多个通道利用虹吸作用将尿液从进样区输送到各个通道末端,所述通道末端形状为90度~270度扇形;

还包括第四通道、第五通道、相互平行的第六通道和第七通道,所述第六通道的末端与通道扇形末端连接,第七通道的末端连接到纸尿裤的吸水区域,第四通道和第五通道的首端均与进样区连接,所述第四通道的末端置于第六通道和第七通道之间,所述第五通道的末端与一个吸水膨胀的执行器连接,所述第五通道的直径小于第四通道且长度大于第四通道,检测时,第四通道的末端与第六通道的首端接触构成检测通道,此时执行器与第四通道的末端的底部接触,检测完毕时,第五通道内的尿液到达执行器,执行器吸水膨胀,使得第四通道的末端与第七通道接触构成排出通道,将多余的尿液排出。

3. 如权利要求1或2所述的尿液检测电化学传感器,其特征在于,所述隔离单元为不透水的薄膜,其上有与进样单元的通道末端相对应的第一开口;

进一步的,所述第一开口的形状与通道末端的形状相同。

4. 如权利要求1或2所述的尿液检测电化学传感器,其特征在于,所述电极单元包括工作电极、参比电极和对电极,所述工作电极的触点通过隔离单元的第一开口与进样单元通道末端紧紧贴合在一起;

进一步的,工作电极触点的数量、形状与进样单元通道末端相同;

进一步的,所述多个通道为六个通道,每个通道对应一个工作电极触点,每个工作电极触点与参比电极、对电极以及尿液形成电化学反应池。

5. 如权利要求4所述的尿液检测电化学传感器,其特征在于,所述电极单元还包括输水屏障,所述工作电极被疏水屏障分为六个区域,每个区域内包括一个工作电极触点,形成了

六个电化学反应池,六个电化学反应池复用参比电极和对电极。

6.如权利要求4所述的尿液检测电化学传感器,其特征在于,所述工作电极的头部利用增敏材料进行修饰;

进一步的,所述增敏材料包括壳聚糖、纳米金/银、碳纳米管或各种具有催化作用的酶中的一种或多种。

7.如权利要求1或2所述的尿液检测电化学传感器,其特征在于,所述第二开口为圆形;进一步的,进样单元中部的进样区与第二开口的形状相同,且第二开口与进样区同心;进一步的,所述进样区的面积大于或等于第二开口的面积。

8.一种纸尿裤,其特征在于,包括权利要求1-7任一项所述的尿液检测电化学传感器。

9.一种尿液检测电化学传感器的制备方法,其特征在于,步骤如下:

在胶粘纸上利用裁剪机裁剪出所需要的电极图案,将其粘附到基底材料上,采用丝网印刷的方式制备出所需要的电极;

利用修饰材料对工作电极进行修饰,同时将反应物固定在工作电极区域;

将隔离单元的不透水薄膜置于电极单元上方,所述隔离单元上的第一开口与工作电极触点相对应设置,进样单元的进样通道末端于隔离单元的第一开口相对应设置;

在基底层背面和反应层的表面覆盖一层留有第二开口的具有亲水性的封装材料,所述第二开口与进样单元的进样区相对应设置;

将上述各部件组合封装后得到用于尿液检测的电化学传感器;

所述进样单元中部为进样区,通过多个通道利用虹吸作用将尿液从进样区输送到各个通道末端,所述通道末端形状为90度~270度扇形;

还包括第一通道、微控制器、相互平行的第二通道和第三通道,所述第二通道的末端与通道扇形末端连接,第三通道的末端连接到纸尿裤的吸水区域,所述第一通道的首端与进样区连接,第一通道的末端设有用防水材料包裹的磁性触点,所述第三通道远离第二通道的一侧设有线圈,所述第一通道的首末端之间设有尿液检测元件,所述微控制器根据尿液检测元件检测到的尿液流量控制线圈中电流的大小和方向,检测时,第一通道的末端与第二通道的首端接触构成检测通道,当尿液流量大于设定值时,第一通道的末端与第三通道的首端接触构成排出通道,将多余的尿液排出。

## 一种尿液检测电化学传感器、纸尿裤及制备方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及医疗诊断装置技术领域,特别涉及一种尿液检测电化学传感器、纸尿裤及制备方法。

### 背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术,并不必然构成现有技术。

[0003] 对于需要长期护理的老年人、瘫痪或者半瘫痪病人这部分失能人群,采用传统医院尿检的方式,十分不便。对他们来说很多情况下不能有意识的排尿,往往其行动不便且取尿困难,无法实现高效的尿液提取和尿液检测。尿液是医学治疗中常用的一种重要样本,尿液中的蛋白质、无机盐、电解质等成分对于临床诊断、疗效判断起着至关重要的作用。与血液检测不同,尿液检测具有非侵入性以及无痛的优势。

[0004] 本公开发明人在研究中发现,传统的尿液检测手段,需要昂贵的分析设备,专业的操作人员;同时,分析时间较长,还要保证尿液的新鲜度。为此,一些研究人员做出了新的尝试。例如专利CN 106759727 A以及专利CN 109001446 A利用马桶来检测人体的排泄物,与马桶内的试剂块进行反应,检测出尿液中某物质的数据,进而与正常数据值进行比较。对于正常人来说,这不失为一种比较方便的想法,但对于失能人群,尤其是无法下床活动的老人来说,存在着如厕不方便的问题,并不能适应该类人群。

[0005] 又例如专利CN 106093026 A和专利CN 107714304 A中,虽然是将试纸与传感器进行结合,免去了传统的采样和加样过程,但是通过比色的方式来对尿液中的成分进行定量检测存在着不小的误差。无论是智能手机的摄像头,还是一些相机,其成像都依赖于所选环境的光照。加之各设备之间图像处理方法,以及拍摄者的水平的差异,往往其检测结果差异较大。一些相机由于焦距过长,对于较近的色块无法对焦,也成为制约该方法的一大弊端。同样,如果无法控制尿液与试纸的接触量,由于穿戴者的排尿量较大,试纸长时间浸泡在尿液中,造成试纸各反应区域颜色不稳定,从而导致检测结果不准确,存在较大问题。

### 发明内容

[0006] 为了解决现有技术的不足,本公开提供了一种尿液检测电化学传感器、纸尿裤及制备方法,将失能人群(尤其是失能老人)尿液中物质的浓度转化为电信号,实现对尿液的定性或者定量检测,提高了检测结果的准确性,同时降低了检测成本,解决了该类人群的尿液检测难的问题。

[0007] 为了实现上述目的,本公开采用如下技术方案:

[0008] 第一方面,本公开提供了一种尿液检测电化学传感器;

[0009] 一种尿液检测电化学传感器,包括基底层、反应层和覆盖层,所述基底层用于支撑反应层和覆盖层;所述反应层依次包括进样单元、隔离单元和电极单元,所述进样单元用于将尿液进行富集并通过隔离单元上的第一开口传递到电极单元,所述电极单元上固定有反应材料,用于实现尿液中一种或多种代谢物的检测;所述覆盖层用于包裹基底层和反应层,

并通过覆盖层上的第二开口将尿液传递到进样单元。

[0010] 作为可能的一些实现方式,所述基层为沃特曼滤纸、色谱纸、硝化纤维纸、办公用纸、聚二甲基硅氧烷(PDMS)中的一种或多种。

[0011] 作为可能的一些实现方式,所述反应材料为酶、抗体或抗原等具备高特异性和选择性的材料,所述反应材料具有受其他物质影响较小的特点。

[0012] 进一步的,所述反应材料可以与尿液中的尿蛋白、尿糖、尿酸、尿胺、酮体、胆红素、多巴胺、亚硝酸盐以及各类药物代谢物中的一种或多种发生化学反应。

[0013] 作为可能的一些实现方式,所述进样单元中部为进样区,通过多个通道利用虹吸作用将尿液从进样区输送到各个通道末端;

[0014] 进一步的,所述多个通道为六个通道;

[0015] 进一步的,所述六个通道绕进样区设置,任意相邻两个通道之间的夹角相同;

[0016] 进一步的,所述通道末端形状为90度~270度扇形;

[0017] 进一步的,所述通道末端形状为270度扇形。

[0018] 作为可能的一些实现方式,所述隔离单元为不透水的薄膜,其上有与进样单元的通道末端相对应的第一开口;

[0019] 进一步的,所述第一开口的形状与通道末端的形状相同。

[0020] 作为可能的一些实现方式,所述进样单元的每个微流体通道与通道末端扇形之间存在溶断桥,在通过一定量尿液后,所述溶断桥溶断,切断尿液的扩散通道,其作用是避免反应完成后,多余的尿液影响检测结果。

[0021] 作为可能的一些实现方式,还包括第一通道、微控制器、相互平行的第二通道和第三通道,所述第二通道的末端与通道扇形末端连接,第三通道的末端连接到纸尿裤的吸水区域,所述第一通道的首端与进样区连接,第一通道的末端设有用防水材料包裹的磁性触点,所述第三通道远离第二通道的一侧设有线圈,所述第一通道的首末端之间设有尿液检测元件,所述微控制器根据尿液检测元件检测到的尿液流量控制线圈中电流的大小和方向,检测时,第一通道的末端与第二通道的首端接触构成检测通道,当尿液流量大于设定值时,第一通道的末端与第三通道的首端接触构成排出通道,将多余的尿液排出。

[0022] 作为可能的一些实现方式,还包括第四通道、第五通道、相互平行的第六通道和第七通道,所述第六通道的末端与通道扇形末端连接,第七通道的末端连接到纸尿裤的吸水区域,第四通道和第五通道的首端均与进样区连接,所述第四通道的末端置于第六通道和第七通道之间,所述第五通道的末端与一个吸水膨胀的执行器连接,所述第五通道的直径小于第四通道且长度大于第四通道,检测时,第四通道的末端与第六通道的首端接触构成检测通道,此时执行器与第四通道的末端的底部接触,检测完毕时,第五通道内的尿液到达执行器,执行器吸水膨胀,第四通道的末端与第七通道接触构成排出通道,将多余的尿液排出。

[0023] 进一步的,所述溶断桥的材料为糊状的聚酯纤维、硝基纤维素、玻璃纤维或上述材料的混合物。

[0024] 作为可能的一些实现方式,所述电极单元包括工作电极、参比电极和对电极,所述工作电极的触点通过隔离单元的第一开口与进样单元通道末端紧紧贴合在一起;

[0025] 进一步的,工作电极触点的数量、形状与进样单元通道末端相同;

[0026] 进一步的,每个工作电极触点与参比电极、对电极以及尿液形成电化学反应池。

[0027] 作为进一步的限定,所述电极单元还包括输水屏障,所述工作电极被疏水屏障分为六个区域,每个区域内包括一个工作电极触点,形成六个电化学反应池,六个电化学反应池复用参比电极和对电极;

[0028] 进一步的,所述疏水屏障将反应池进行了相互隔离,使彼此间的反应独立进行,不产生交叉影响;

[0029] 进一步的,所述疏水屏障利用蜡染、蜡染丝网印刷或光刻技术,将蜡或光刻胶等疏水材料固定在基底层以及各电极之间。

[0030] 作为进一步的限定,所述工作电极、参比电极和对电极均采用丝网印刷方式制备;

[0031] 进一步的,工作电极、参比电极、对电极用碳墨进行全部印刷,然后再对参比电极用银/氯化银油墨进行印刷。

[0032] 作为进一步的限定,所述工作电极的头部利用增敏材料进行修饰;

[0033] 进一步的,所述增敏材料包括壳聚糖、纳米金/银、碳纳米管、石墨烯或各种具有催化作用的酶中的一种或多种。

[0034] 作为可能的一些实现方式,所述第二开口为圆形;

[0035] 进一步的,进样单元中部的进样区与第二开口的形状相同,且第二开口与进样区同心;

[0036] 进一步的,所述进样区的面积大于或等于第二开口的面积。

[0037] 第二方面,本公开提供了一种纸尿裤,包括本公开所述的尿液检测电化学传感器。

[0038] 第三方面,本公开提供了一种尿液检测电化学传感器的制备方法,步骤如下:

[0039] 在胶粘纸上利用裁剪机裁剪出所需要的电极图案,将其粘附到基底材料上,采用丝网印刷的方式制备出所需要的电极;

[0040] 利用修饰材料对工作电极进行修饰,同时将反应物固定在工作电极区域;

[0041] 将隔离单元的不透水薄膜置于电极单元上方,所述隔离单元上的第一开口与工作电极触点相对应设置,进样单元的进样通道末端于隔离单元的第一开口相对应设置;

[0042] 在基底层的背面和反应层的表面覆盖一层留有第二开口的具有亲水性的封装材料,所述第二开口与进样单元的进样区相对应设置;

[0043] 将上述各部件组合封装后得到用于尿液检测的电化学传感器。

[0044] 与现有技术相比,本公开的有益效果是:

[0045] 1、由于纸是一种由可再生资源制成的材料,且其多孔、随机排列和连接的纤维,在没有外力的情况对于液体的吸收以及运送能力有着显著优势。在本公开中,利用纸作为传感器的基底,因为纸日常生活非常容易获取,从而降低了生产成本;在虹吸作用下,液体很容易在纸上进行传输;同时,在纸上进行电极的印刷,疏水屏障的制作也非常方便。

[0046] 2、本公开所提供的尿液检测电化学传感器,所述电极采用丝网印刷的方式进行制作,只需打印出所需要的电极图案,即可进行批量生产。所述的工作电极利用壳聚糖、纳米金/银,碳纳米管,以及各种具有催化作用的酶中的一种或多种进行修饰;优选的,这里采用碳纳米管;由于碳纳米管的高强度,良好的力学特性,良好的柔韧性以及延展性,导电性强,大比表面积等特点,使得电子转移更为的迅速,传感器在检测尿液中的成分时能获得更大的电流,利于提高传感器的检测灵敏度和检测范围。

[0047] 3、本公开所提供的尿液检测电化学传感器,所述的工作电极可以固定有不同的反应材料,可以对尿液中的尿蛋白、尿糖、尿酸、尿胺、酮体、胆红素、多巴胺,亚硝酸盐以及各类药物代谢物中的六项进行同时检测。由于该传感器体积较小,易与纸尿裤进行结合的特点,只需少量的尿液就可以完成各项检测。若要同时检测大于六项指标,只需利用多个传感器即可。例如对尿液中的十二项进行检测,只需两个传感器。传感器六个反应池之间通过疏水屏障进行隔离,彼此间的反应独立进行,不相互影响。

[0048] 4、本公开所提供的尿液检测电化学传感器,所述的反应层的进样单元利用亲水材料制成,在微流体传输通道与末尾之间设置有可溶桥,在通过一定量的尿液后,该桥溶断,尿液不再经过输送通道与电极形成电化学池,终止反应。利于工作电极上的反应材料消耗完毕后,多余的尿液不对检测产生影响,从而提高检测的稳定性和准确性。

[0049] 5、本公开所提供的尿液检测电化学传感器,所述的传感器由于采用了电化学检测的原理。可以将尿液中的成分进行定性或定量分析,将各物质浓度转换为电信号,便于后期数据的处理。相比于比色法,具有更高的稳定性,不需要利用智能手机或者相机对图像进行拍照分析,减少了由于各设备间成像的差异、拍摄者的水平以及环境光照所带来的误差。

[0050] 6、本公开所述的内容通过设置通道选择结构,在检测时允许尿液进入检测单元,在检测完毕时,将多余的尿液引出到传感器外部纸尿裤的吸水区域,避免过量的尿液进入传感器影响后续检测,从而极大的提高了尿液检测的精度。

## 附图说明

[0051] 图1为本公开实施例1中的尿液检测电化学传感器结构示意图。

[0052] 图2为本公开实施例1中的尿液检测电化学传感器立体分解示意图。

[0053] 图3为本公开实施例1中的反应层电极单元结构示意图。

[0054] 图4为本公开实施例1中的反应层隔离单元结构示意图

[0055] 图5为本公开实施例1中的反应层进样单元结构示意图。

[0056] 图6为本公开实施例1中的尿液检测电化学传感器覆盖层结构示意图。

[0057] 图7为本公开实施例1中的进样单元溶断桥以及溶断后结构示意图。

[0058] 图8为本公开实施例2中的通道选择机构检测时的结构示意图。

[0059] 图9为本公开实施例2中的通道选择机构检测结束后的结构示意图。

[0060] 图10为本公开实施例3中的通道选择机构检测时的结构示意图。

[0061] 图11为本公开实施例3中的通道选择机构检测结束后的结构示意图。

[0062] 图12为本公开实施例3中的通道选择机构工作流程图。

[0063] 图13为本公开实施例3中的第五通道的结构示意图。

[0064] 图14为本公开实施例5中的尿液检测电化学传感器电极印刷流程示意图。

[0065] 图15为本公开实施例5中的尿液检测电化学传感器疏水屏障制备示意图。

[0066] 图16为本公开实施例5中的尿液检测电化学传感器工作电极修饰示意图。

[0067] 图中:1-基层;2-反应层;21-电极单元;211-工作电极;212-参比电极;213-对电极;22-隔离单元;221-隔离薄膜;222-第一开口;23-进样单元;231-进样区;232-进样通道;233-溶断桥;234-通道末端;3-覆盖层;311-覆盖层本体;312-第二开口;4-疏水屏障;5-反应池;6-第一通道;7-第二通道;8-第三通道;9-线圈;10-第一防水层;11-悬臂梁触点;12-

触发电路;13-第四通道;14-第五通道;15-第六通道;16-第七通道;17-第二防水层;18-悬臂梁;19-执行器。

### 具体实施方式

[0068] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本公开提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本公开所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0069] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本公开的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0070] 实施例1:

[0071] 如图1-7所示,本公开实施例1提供了一种尿液检测电化学传感器,包括基底层1、反应层2、覆盖层3,反应层又包括电极单元21、隔离单元22、进样单元23。

[0072] 基底层1用于承载反应层2和覆盖层3,材料可使用沃特曼滤纸、色谱纸、硝化纤维纸、办公用纸,聚二甲基硅氧烷(PDMS)中的一种或几种的组合。

[0073] 反应层2作为本实施例传感器中最重要的部分之一,其承担着将尿液中物质浓度转换为电信号的重要角色。

[0074] 覆盖层3通过覆盖层本体311将传感器各部分进行包裹,覆盖层本体311上留有尿液进入的第二开口312,方便尿液进入。其中覆盖层的材料可为聚四氟乙烯、聚对苯二甲酸乙二酯等等,这些材料具有良好的稳定性,抗腐蚀性,同时具有一定的亲水性,有利于尿液的检测。

[0075] 当穿戴有带有本实施例所述的传感器的纸尿裤的使用者发生排泄时,尿液利用纸尿裤的导流层的导流作用到达传感器所在部位,保证尿液能够浸润传感器,尿液通过传感器覆盖层3的第二开口312到反应层2的进样单元23,进样区231充分吸收进入传感器的尿样,通过虹吸作用将液体通过六个进样通道232经过通道末端234进入到电极单元21,所述通道末端形状为270度扇形,所述六个通道绕进样区231设置,任意相邻两个进样通道232之间的夹角相同。

[0076] 所述第二开口为圆形,进样区也为圆形,所述第二开口和进样区为同心圆且尺寸相同。

[0077] 为了避免进样单元23和电极单元21的直接接触,在两者之间设置了隔离单元22,该隔离单元22为不透水材料,为一层隔离薄膜221,并且在隔离薄膜221上切割出了与进样单元通道末端234大小、形状相同的第一开口222。尿液只能通过这些第一开口222进入到电极单元21。

[0078] 与此同时,当尿液通过一定的量后,进样单元23的液体进样通道232的溶断桥233发生溶断。其作用是当电极单元21固定的反应物消耗完后,阻止尿液的再次进入,影响检测结果的准确性。

[0079] 还包括支线通道,支线通道为溶解桥两端的输样通道,支线材料有:硝基纤维素,玻璃纤维,聚酯材料。



[0080]  $V(t) = PSA(t)$

[0081] 其中P是纸的孔隙度,S是进样通道的横截面积,A(t)是时间函数,V(t)为通过的液体体积,桥的横截面积也与通过的液体量有关,因此,溶解桥可以用来测量通过的液体体积,为控制在通过一定尿量后溶解桥发生溶断,可以通过不同溶解材料,不同的支线材料,不同的横截面积之间的相互组合实现。

[0082] 具体组合方式有:硝基纤维+海藻糖(窄);玻璃纤维+海藻糖(窄);聚酯纤维+海藻糖(窄);聚酯纤维+甘露糖(窄);聚酯纤维+甘露糖(宽)。需要说明的是,还有其他组合方式,不一一列举。

[0083] 在工作电极和参比电极之间施加一定的电压,尿液中需要检测的物质与工作电极211上对应的固定反应物发生氧化还原反应,从而产生对应的电信号。反应产生的电信号经过工作电极211传递,工作电极触点电极利用纳米材料进行修饰,由于纳米材料的高导电性,大比表面积,能够加快电子的转移速度,实现对电信号的增大作用,使得尿液的检测时间缩短,传感器的检测上限提高,灵敏度增加。

[0084] 电极单元21在传感器的基底层1的基础上通过丝网印刷的方式制作,电极材料可为碳墨,银/氯化银、玻碳、铂、金、银及各纳米材料掺杂而成。其中纳米材料可为碳纳米管,优选的,多壁碳纳米管,石墨烯等等。这些材料具有很好的导电性能、兼容性高、比表面积大的特点,非常适合作为电极的原材料。

[0085] 优选的,例如在本实施例中先利用碳油墨对工作电极211、参比电极212和对电极213进行印刷,再对参比电极212涂抹一层银/氯化银溶液。然后,工作电极上面利用壳聚糖、纳米金/银、碳纳米管或石墨烯进行修饰,再固定相关反应物,如酶,抗原、抗体等材料,这些材料具有非常高的选择性和特异性,只与尿液中特定的物质发生反应,例如可以与尿液中的尿蛋白、尿糖、尿酸、尿胺、酮体、胆红素、多巴胺、亚硝酸盐以及各类药物代谢物中的一种或多种发生化学反应。例如检测葡萄糖时,可在工作电极固定葡糖氧化酶,在工作电极和参比电极之间施加一定电压,葡萄糖氧化酶使尿液中的葡萄糖发生氧化反应,消耗氧气,生成葡萄糖酸内酯和过氧化氢,同时生成两个电子和质子,电子则通过电极进行传导。葡萄糖的浓度越高,产生的电子越多,电信号越大,反之电信号越小。同样,其他检测项只需固定不同的反应物即可。

[0086] 在电极单元设立圆形疏水屏障4,将其分割为六个部分,每部分包括一个工作电极触点,形成六个电化学反应池5,共用参比电极212和对电极213,彼此间的反应不会相互影响。其中疏水材料可为蜡或者光刻胶,通过蜡染或光刻的方式制作疏水屏障。

[0087] 利用该传感器对尿液的检测可以大大提高检测效率,并且所需样本极少,并且对操作人员的技术要求不高,非常适用于不能进行自主如厕的失能人群,尤其是失能老人。

[0088] 实施例2:

[0089] 如图8-9所示,本公开实施例2提供了一种尿液检测电化学传感器,将其中的熔断桥替换为通道选择机构,具体如下:

[0090] (1) 在传感器的初始状态,第一通道6的悬臂梁触点11通过电磁吸合的方式与底部固定有线圈9的第二通道7保持常闭状态,与第三通道8保持常开状态,其中第二通道7的末端与工作电极触点相连,第三通道8则通向传感器外部,与纸尿裤中的吸水材料接触。

[0091] (2) 当有尿液产生时,尿液通过经由进样单元的进样区231与第一通道6的前端相

连,经虹吸作用,液体不断向第一通道6末端移动,在第一通道6接近于悬臂梁的位置设置有触发电路12,当有尿液流过,该位置被浸湿,利用尿中的导电离子,使触发电路12接通。与此同时,控制器中的定时器开始计时,经过一定时间,线圈9中的电流方向改变,线圈9极性改变,需要说明的是,该点没有尿液经过时,处于断路状态。

[0092] (3) 第一通道6的末端和第二通道7、第三通道8的前端表面保持相同的尺寸,以保证流体流动的一致性,其中在第一通道6接近触发电路12的位置将其制作为悬臂梁结构,其可实现上下动作,悬臂梁的倾斜角要小于30度,在第一通道6的悬臂梁触点11内部含有磁性材料。

[0093] (4) 悬臂梁触点11的制作流程,在第一通道6末端切割出对应区域,并将磁性材料填充在该区域,其正反面采用防水材料进行覆盖,例如蜡,PDMS薄膜,PVC薄膜等,防止磁性材料进入尿液。在防水材料的基础上,通过胶粘的方式在正反面分别覆盖一层纤维纸,保证尿液的流通性,同时对悬臂梁触点11进行磁化。其中,磁性材料包括:铁芯粉,铁硅铝粉,磁性纳米粒子中的一种或多种。

[0094] (5) 尿液经第一通道6与第二通道7抵达传感器的工作电极触点,与其表面修饰的反应物发生反应。为避免反应完成后多余的尿液进入。由于触发电路12使定时器开始计时,一定时间后,线圈9中的电流方向发生改变,线圈9的极性随之变化。利用同性相斥的原理,使悬臂梁触点11与第二通道7断开,与第三通道8接触,使多余尿液通过第三通道8排出传感器,被纸尿裤吸收。需要说明的是,线圈9与第二通道7之间有第一防水层10进行隔离。

[0095] 实施例3:

[0096] 如图10-13所示,本公开实施例3提供了一种尿液检测电化学传感器,将其中的熔断桥替换为通道选择机构,具体如下:

[0097] (1) 在传感器的初始状态,未有尿液进入,进样第四通道13的悬臂梁18搭在第六通道15的前端保持常闭状态,与第七通道16保持常开状态,其中第六通道15的末端与工作电极触点相连,第七通道16则通向传感器外部,与纸尿裤中的吸水材料接触。

[0098] (2) 当有尿液产生时,尿液通过经由进样单元的进样区231与第四通道13的前端相连,经过其虹吸作用,液体不断向第四通道13末端移动。与此同时尿液还会经过第五通道14进入,其中第五通道14的为慢速通道,液体在第四通道、第六通道、第七通道中运输的速度要快于第五通道。其中,在第四通道13与第五通道14之间存在第二防水层17,保证通道之间不受影响。其中防水材料可为蜡,PDMS薄膜,PVC薄膜等。

[0099] (3) 当穿戴者有尿液产生时,尿液分别经第四通道13和第五通道14进行运输。其中第四通道13经由悬臂梁到达第六通道,最终到达传感器的反应层与工作电极上修饰的反应物发生反应。经一定时间,第五通道的尿液到达执行器19部位,执行器19开始吸收液体膨胀,将第四通道13末端的悬臂梁18抬起,与第七通道16接触,与第六通道15断开,防止多余尿液进入反应区域,影响检测结果的准确性。

[0100] (4) 需要说明的是,执行器19材料为可膨胀吸水材料,如水凝胶,海绵、纤维素以及其他多孔材料,优选的,执行器19采用压缩海绵。其中,执行器19与第四通道13之间通过防水材料胶连在一起,通过控制执行液体的速度与执行器19吸收液体的时间,对应的控制进入传感器的尿量。

[0101] (5) 通过设置第五通道14的形状来编程时间,如增加驱动通道的长度可以延长液

体到达执行器的时间,反之,时间缩短。其中第五通道可为回型、蛇形,如图13所示。

[0102] 实施例4:

[0103] 本公开实施例4提供了一种纸尿裤,包括本公开实施例1或实施例2或实施例3所述的尿液检测电化学传感器。

[0104] 实施例5:

[0105] 如图14-16所示,本公开实施例5提供了一种尿液检测电化学传感器的制备方法,具体包括以下步骤:

[0106] S101选择沃特曼滤纸作为基底层1的材料,将低粘度胶带纸粘贴在基底层。利用裁剪机在低粘度胶带上裁剪出所需要的电极图案,如图8所示。设置裁剪机的参数使其不伤到基底。

[0107] S102剔除参比电极所在的胶带,利用银/氯化银油墨印刷参比电极,在室温下干燥四十分钟;再剔除工作电极和对电极所在的胶带,同时所有电极上印刷导电碳墨材料。分别形成工作电极211、参比电极212和对电极213,电极形状如图8所示。

[0108] S103将印刷好的电极放入恒温箱,并在80摄氏度下烘烤30分钟,直到导电油墨固定在基底层上。

[0109] S201对工作电极进行修饰,将0.2-0.4g的壳聚糖粉末溶解在250ml的冰醋酸溶液中,然后将1.6-1.8g的碳纳米管粉末加入到上述溶液,并用搅拌器进行均匀地搅拌,得到壳聚糖-碳纳米管溶液

[0110] S202对得到的壳聚糖-碳纳米管溶液加入2N的氨水进行缓慢的中和,再利用透析膜和去离子水去除溶液中的无机物。

[0111] S203利用PBS缓冲液对工作电极进行进一步的清洗,放入恒温箱中烘干5分钟。然后将壳聚糖-碳纳米管溶液均匀涂抹在工作电极上,放入恒温箱在80摄氏度下烘烤30分钟。

[0112] S204用去离子水配置好10.0-80mg/mL浓度的葡萄糖氧化酶溶液(需要说明的是,这里以葡萄糖氧化酶为例,针对尿液中不同的成分,所对应的反应物不同),将其均匀涂抹在工作电极上,在室温下干燥一个小时,最后去除胶带纸,最终工作电极如图10所示。

[0113] S301利用胶带纸绘制出疏水屏障,用裁剪机裁剪出该形状,并将其贴在基底层的背面,将电极层分为两部分,如图9所示;每个区域包括三个工作电极触点,参比电极和对电极的一半。

[0114] S302在疏水屏障所印制的图案上均匀涂抹蜡粉,通过热压机在80度下加热10秒,使蜡融化并渗入到滤纸中,然后去除胶带纸。

[0115] S401将不透水的薄膜均匀的覆盖在电极层的上方,即为反应层的隔离单元22;其进样通道232与工作电极的六个触点相对应。

[0116] S402将进样单元覆盖在隔离单元22的上方,末尾通道通过隔离层的进样通道232与工作电极触点紧紧贴合在一起。

[0117] S403在进样单元的上方覆盖一层不透水薄膜,并留有与进样单元中间进样区231相同的第二开口312,该第二开口312被滤纸覆盖。

[0118] 以上所述仅为本公开的优选实施例而已,并不用于限制本公开,对于本领域的技术人员来说,本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本公开的保护范围之内。

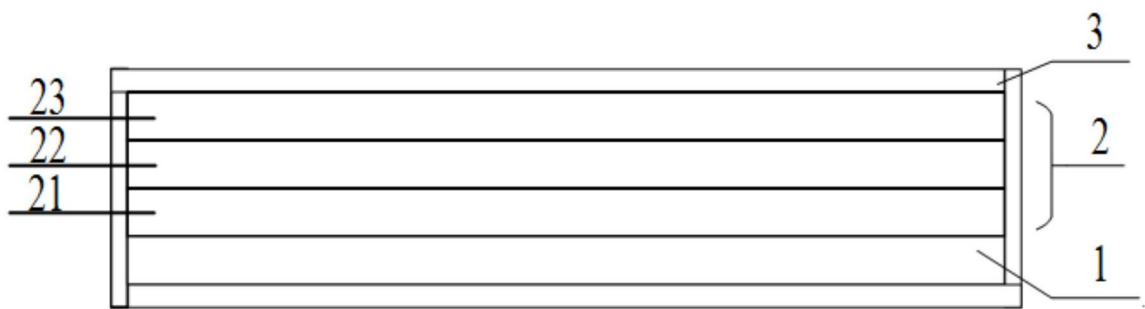


图1

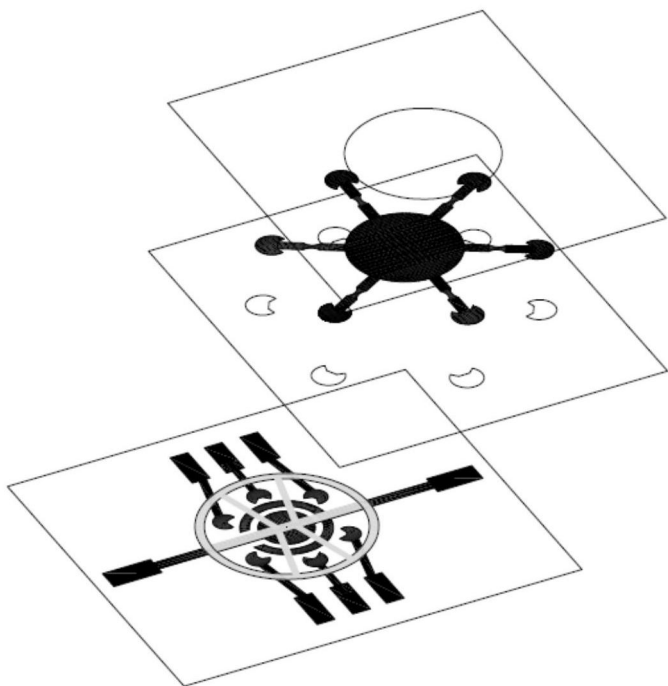


图2

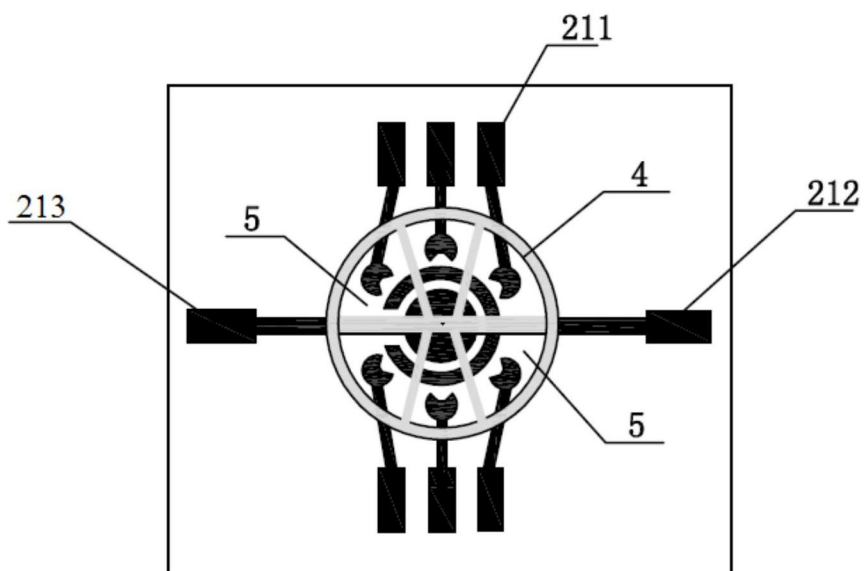


图3

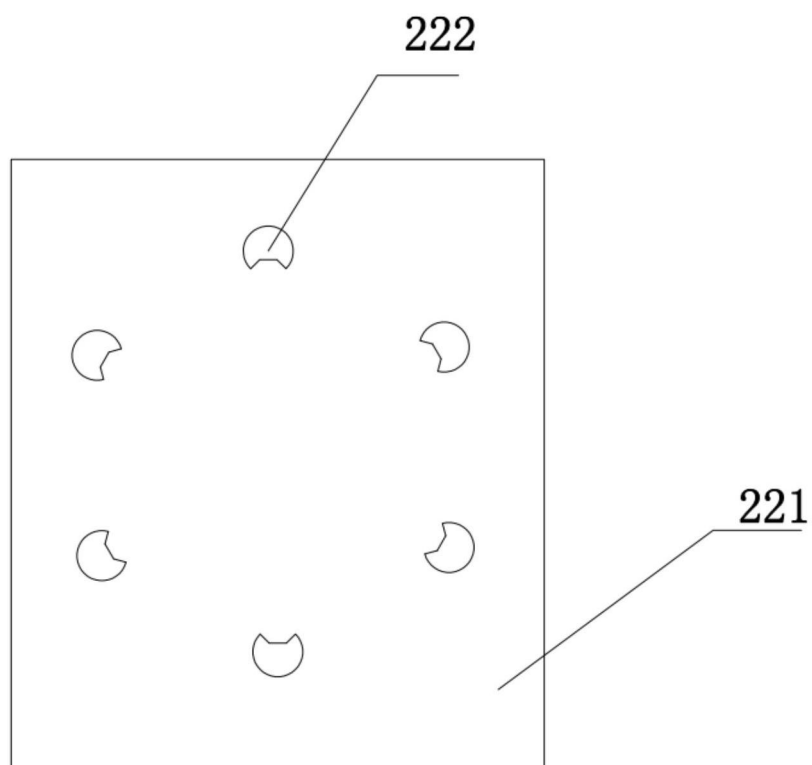


图4

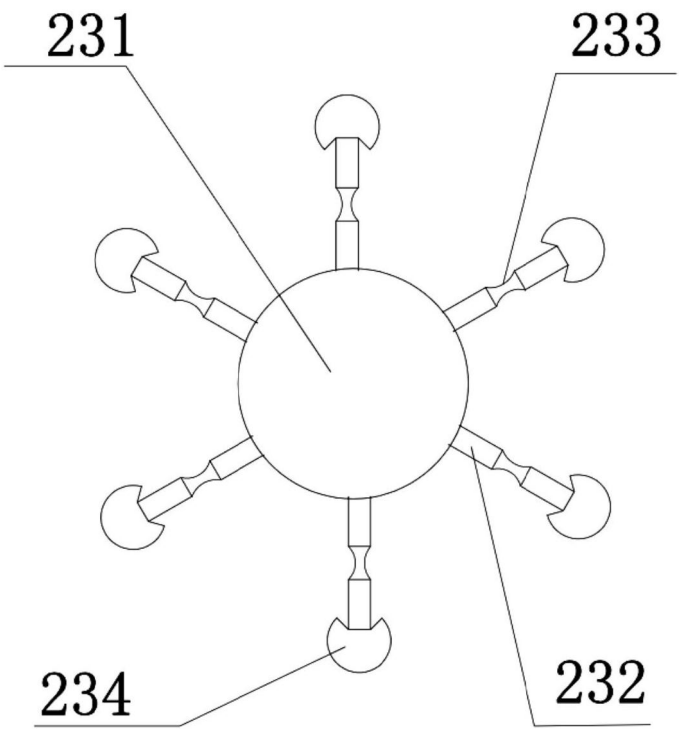


图5

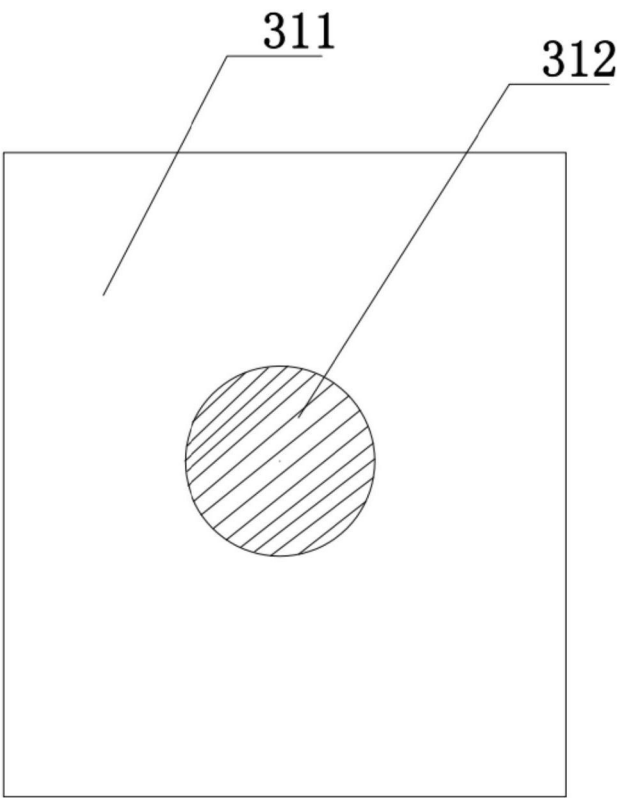


图6



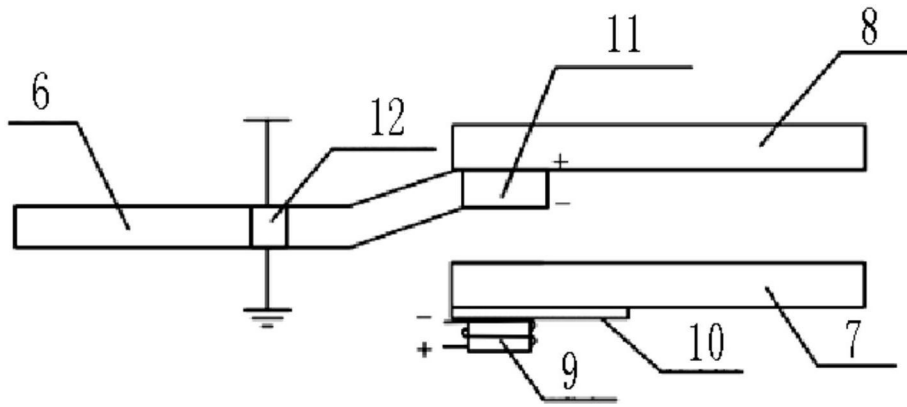


图9

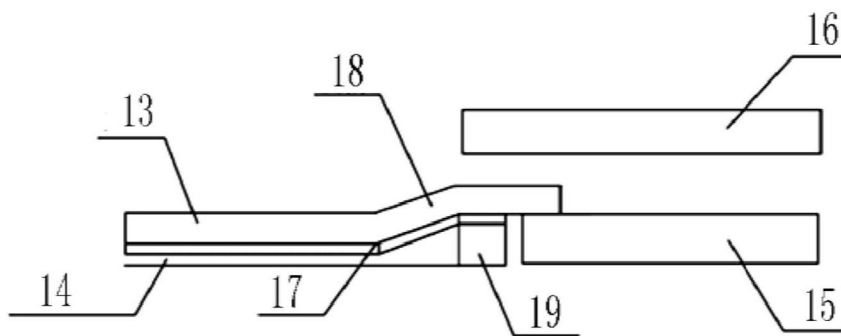


图10

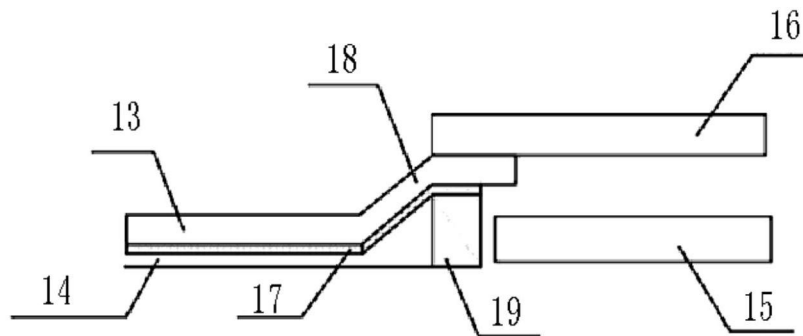


图11

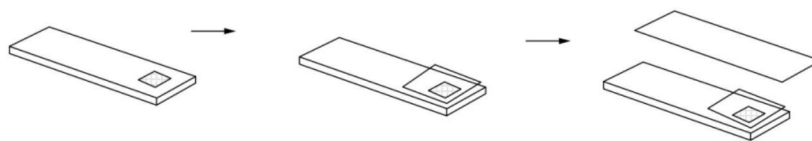


图12



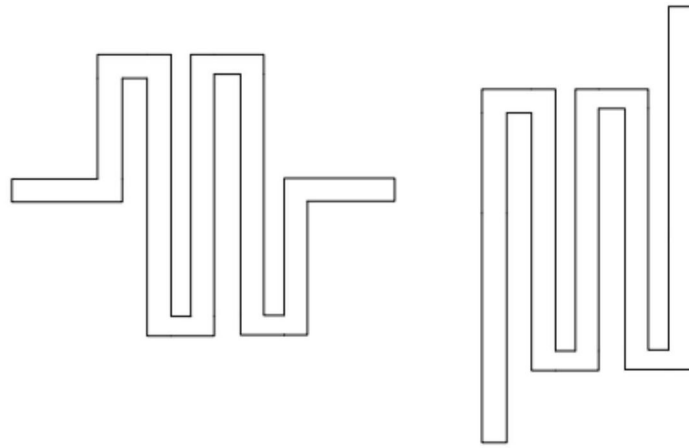


图13

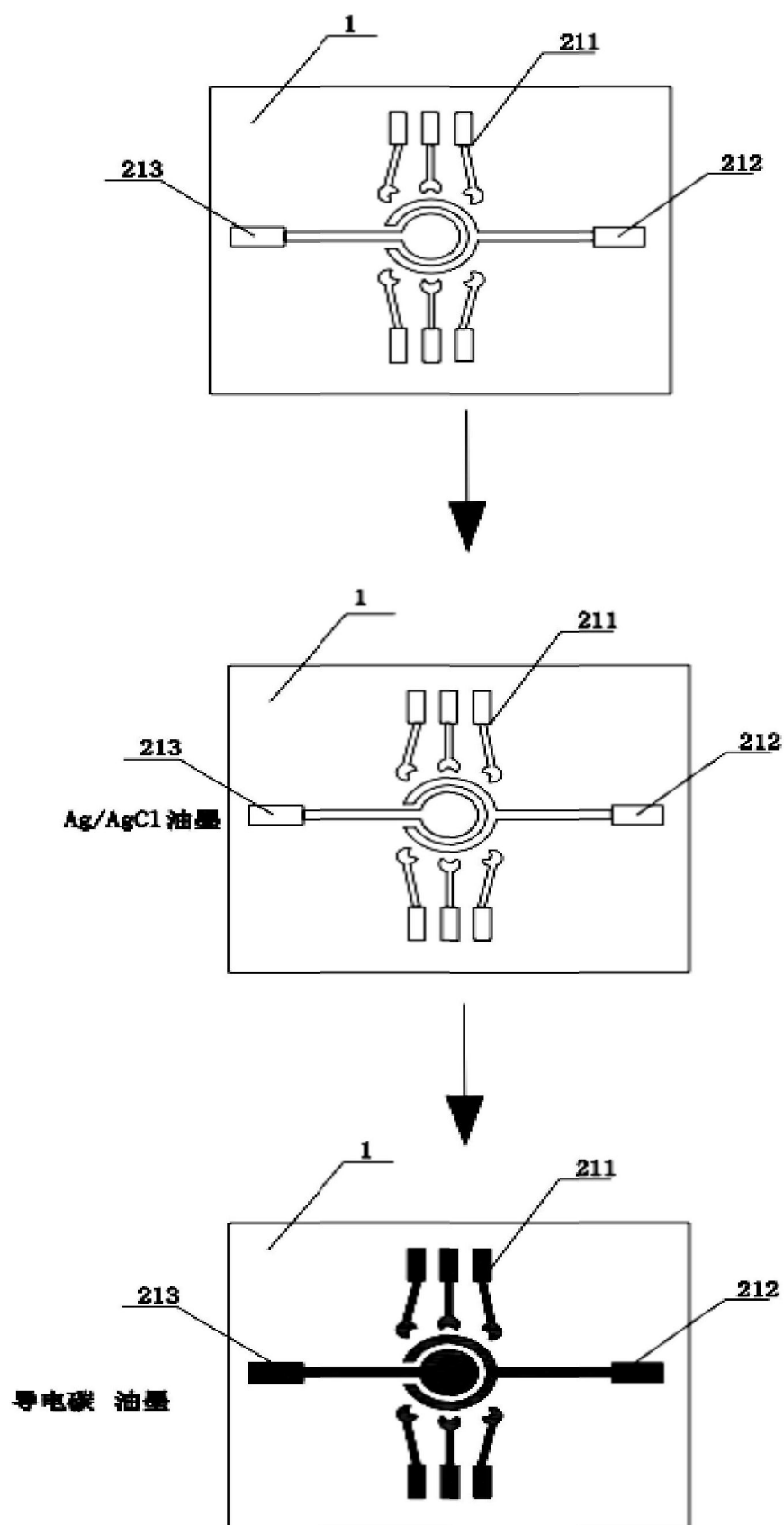


图14

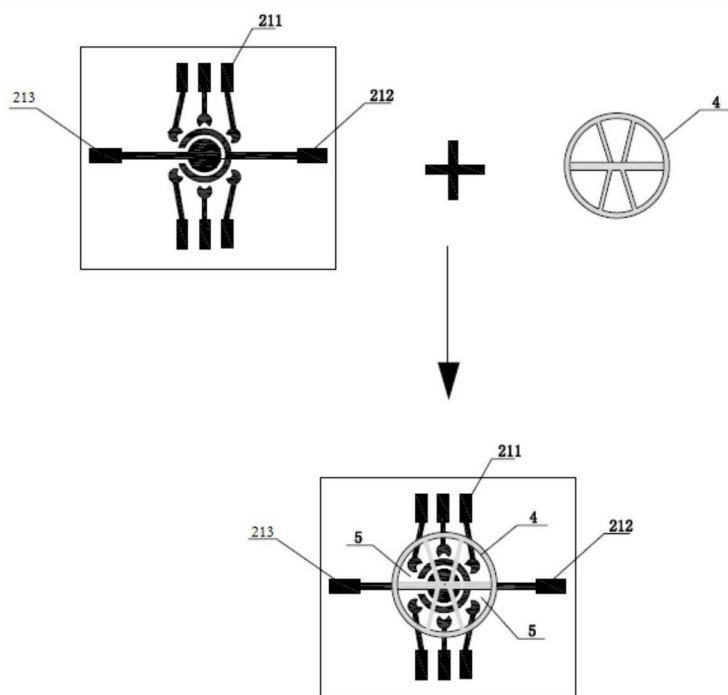


图15

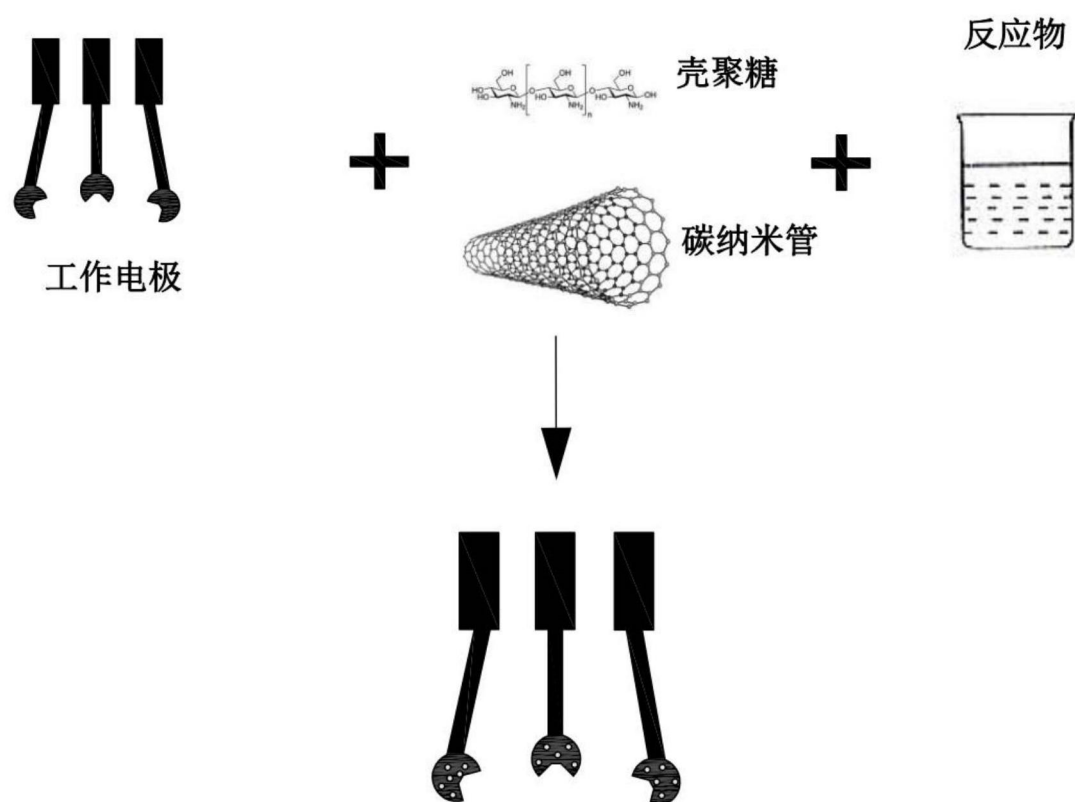


图16