

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103175872 A

(43) 申请公布日 2013. 06. 26

(21) 申请号 201110440585. 5

(22) 申请日 2011. 12. 23

(71) 申请人 长沙中生众捷生物技术有限公司

地址 410013 湖南省长沙市长沙高新区
尖山路 39 号中电软件园 A079 号

(72) 发明人 彭勇 李文韬

(74) 专利代理机构 北京连和连知识产权代理有
限公司 11278

代理人 贺小明

(51) Int. Cl.

G01N 27/26 (2006. 01)

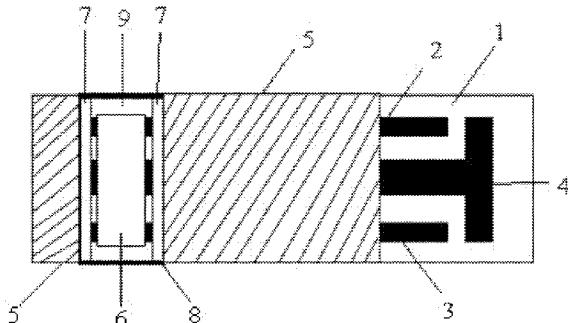
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

便携式电化学检测试纸条及其制备方法

(57) 摘要

本发明属于生物传感技术领域，涉及多功能便携式电化学检测试纸条及其制备方法。本发明的电化学试纸条包括绝缘基底、至少一个设置在绝缘基底上的工作电极和一个参比电极、以及设置在工作电极和参比电极上的反应区，其特征在于，所述参比电极设计为插入电化学试纸条检测仪时与电化学试纸条检测仪形成电回路的结构，以使得电化学试纸条检测仪响应该电化学检测试纸条的插入而开机。所述试纸条的制备方法包括在绝缘基底上设置工作电极和上述参比电极，并在电极上设置反应区。用于电化学试纸条的接口包括分别接触工作电极与参比电极的导电铜带。本发明试纸条允许插条开机，在样本充满后测量以及排除样本非特异性的干扰，具有结果准确、测量精准等优点。



1. 一种电化学检测试纸条,包括绝缘基底、至少一个设置在绝缘基底上的工作电极和一个参比电极、以及设置在工作电极和参比电极上的反应区,其特征在于,所述参比电极设计为插入电化学试纸条检测仪时与电化学试纸条检测仪形成电回路的结构,以使得电化学试纸条检测仪响应该电化学检测试纸条的插入而开机。
2. 如权利要求1所述的电化学检测试纸条,其特征在于,所述参比电极为“T”型、“L”型、“Y”型或“个”型结构。
3. 如权利要求1所述的电化学检测试纸条,其特征在于,所述工作电极的个数为两个。
4. 如权利要求1所述的电化学检测试纸条,其特征在于,所述工作电极和参比电极皆由含有碳纳米管的导电碳制成。
5. 如权利要求1所述的电化学检测试纸条,其特征在于,所述反应区包括由酶、电子媒介体、粘结剂和pH值为5.0-7.4的pH缓冲溶液构成的酶层,以及/或者由相应的电子媒介体、粘结剂和pH缓冲溶液构成的非酶层。
6. 如权利要求1至5任一项所述的电化学检测试纸条,其特征在于,在工作电极以及参比电极的一部分上设置有绝缘层。
7. 如权利要求1至5任一项所述的电化学检测试纸条,其特征在于,在反应区端设置有由所述反应区、粘贴在反应区的粘贴层以及上部加盖的亲水膜围成的进样腔。
8. 如权利要求5所述的电化学检测试纸条,其特征在于,所述酶为葡萄糖氧化酶、尿酸氧化酶或辣根过氧化氢酶,所述电子媒介体为铁氰化钾、苯醌或二茂铁甲酸,所述粘结剂为选自于羟乙基纤维素、羟甲基纤维素和聚乙二醇的一种或两种,所述pH值为5.0-7.4的pH缓冲溶液为琥珀酸缓冲溶液、磷酸缓冲溶液或乙酸缓冲溶液。
9. 一种电化学检测试纸条的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:
 - (1) 在绝缘基底上设置工作电极和参比电极,其中将所述参比电极设置为插入电化学试纸条检测仪时与电化学试纸条检测仪形成电回路的结构,以使得电化学试纸条检测仪响应电化学试纸条的插入而开机;以及
 - (2) 分别在工作电极和参比电极上设置反应区。
10. 如权利要求9所述的制备方法,其特征在于,还包括在步骤(1)之后在部分工作电极和部分参比电极上设置绝缘层的步骤。
11. 如权利要求9所述的制备方法,其特征在于,在步骤(1)中,通过丝网印刷技术将含有碳纳米管的导电碳浆印制在绝缘基底上制成工作电极和参比电极。
12. 如权利要求9所述的制备方法,其特征在于,还包括在步骤(2)之后在反应区的边缘设置粘贴层,在上部加盖亲水性膜形成进样腔的步骤。
13. 一种用于电化学试纸条检测仪的试纸条接口,包括基座、固定在基座上的多个导电装置以及试纸插槽,其特征在于,导电装置中的其中两个同时与参比电极接触形成电回路,以使得电化学检测试纸条检测仪响应电化学试纸条的插入而开机,剩余的导电装置分别与工作电极一一对应接触。
14. 如权利要求12所述的试纸条接口,其特征在于,所述导电装置包括一个与T型参比电极的上端接触的短铜带,以及分别与参比电极的下端和工作电极接触的长铜带。

便携式电化学检测试纸条及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于生物传感技术领域，涉及一种试纸条，尤其涉及多功能便携式电化学检测试纸条及其制备方法。

背景技术

[0002] 目前用于电化学检测的便携式试纸条主要是测试血糖，由基底、酶层以及虹吸槽构成，而基底上一般采用印刷或喷涂工作电极、参比电极、电回路以及用于与检测仪相连接的导线。很多血糖仪在血液进样后的限定的时间对数据进行采集，当血量少或者进样不完全，但是时间达到了血糖仪数据采集预定的时间后，仪器会自动进行测试，因此血样未充满测试会使测试结果出现偏差，从而影响结果的准确性；同时市场上的血糖试纸通常只有一个酶反应区，因而电化学测试结果受许多因素如血红细胞以及抗坏血酸、对乙酰氨基酚还原性物质等因素干扰，因此很难精准的测量血糖的浓度。

[0003] 例如，中国专利 CN101303358A 公开了一种血糖测试试纸，其结构包括试纸基片、一个工作电极、一个参比电极、电回路、同读出仪表相连的导线以及反应工作涂层。由于检测时间的限制以及不能排除多种干扰因素的影响，这种血糖测试试纸存在结果不准确、测量不精准等问题。

发明内容

[0004] 针对上述问题，本发明提供一种能实现多种功能的便携式电化学试纸条和所述试纸条接口及其制备方法。该电化学试纸条与具有所述接口的便携式电化学仪器配套可以实现以下功能：插条开机，样本充满后测量以及排除样本非特异性的干扰。

[0005] 本发明便携式电化学检测试纸条包括绝缘基底、设置在绝缘基底上的工作电极和参比电极、以及设置在工作电极和参比电极上的反应区，其特征在于，参比电极设计为单独与试纸条检测仪的形成电回路的结构，以使得试纸条检测仪响应试纸条的插入而开机。

[0006] 所述参比电极优选设计为 T 型。

[0007] 所述工作电极的个数优选为两个。

[0008] 优选地，所述电极由含有 3-6 重量% 碳纳米管的导电碳浆制备。

[0009] 其中，所述反应区包括由酶，电子媒介体，粘结剂和 pH 值为 5.0-7.4 的 pH 缓冲溶液构成的酶层，所述酶层设置在工作电极以及参比电极上。

[0010] 可选地，所述反应区包括由酶，电子媒介体，粘结剂和 pH 值为 5.0-7.4 的 pH 缓冲溶液构成的酶层，以及由相应的电子媒介体，粘结剂和 pH 缓冲溶液构成的非酶层，其中，酶层和非酶层分别设置在两个工作电极上。

[0011] 优选地，本发明试纸条在部分工作电极以及参比电极上设置绝缘层。

[0012] 优选地，本发明试纸条在反应区端设置有由所述反应区、粘贴在反应区的粘贴层以及上部加盖的亲水膜围成的进样腔。

[0013] 所述粘贴层的厚度为 0.1-0.15mm，间距为 1mm，进样腔的容积不大于 1.5uL。

[0014] 所述酶为葡萄糖氧化酶、尿酸氧化酶或辣根过氧化氢酶，所述电子媒介体铁氰化钾、苯醌或二茂铁甲酸，所述粘结剂为选自于羟乙基纤维素、羟甲基纤维素和聚乙二醇的一种或两种，所述 pH 缓冲溶液为琥珀酸缓冲溶液、磷酸缓冲溶液或乙酸缓冲溶液。

[0015] 优选的，所述酶层包含以重量计的尿酸氧化酶 20～30 份，电子媒介体 5～10 份，粘结剂 5.4～9 份和 pH 缓冲溶液 60～70 份。

[0016] 优选的，所述酶层包含以重量计的尿酸氧化酶 20～30 份，铁氰化钾 5～10 份，聚乙二醇 0.4～1 份，羧甲基纤维素 5～8 份和的 pH 值为 5.0～7.0 的磷酸缓冲溶液 60～70 份。

[0017] 本发明还提供一种电化学检测试纸条的制备方法，包括以下步骤：

[0018] 在绝缘基底上设置工作电极和参比电极；以及分别在工作电极和参比电极上修饰反应区，

[0019] 其中所述参比电极设计为单独与试纸条检测仪的形成电回路的结构，以使得试纸条检测仪响应试纸条的插入而开机。

[0020] 优选的，本发明制备方法还包括在设置工作电极和参比电极之后，在部分工作电极和部分参比电极上设置绝缘层的步骤。

[0021] 优选地，本发明制备方法还包括在修饰反应区之后，在反应区的边缘设置粘贴层，上部加盖亲水性膜形成进样腔的步骤。

[0022] 本发明还提供一种用于电化学检测试纸条的接口，基座、固定在基座上的导电装置以及试纸插槽，其中导电装置中的两个同时与参比电极的不同部位接触形成电回路，以使得试纸条检测仪响应试纸条的插入而开机，剩余的导电装置分别与工作电极和参比电极相接触。

[0023] 优选的，所述导电装置为铜带，包括一接触 T 型参比电极上端的短导电装置，以及分别与工作电极和参比电极相接触的长铜带。

[0024] 对于采用多个工作电极的试纸条，可采用多工作电极测量结果平均的数据处理方法，能减小实验误差。

[0025] 本发明试纸条在传统的电极基础上进行改进，参比电极的“T”型设计，能够实现便携式电化学仪插条开机的功能，该方法仅对参比电极进行简单的设计便实现了目前市场上需求两个电极才能实现的功能，因此本发明有利于试纸的更微型化设计，进而实现微量采样。另外通过增加工作电极的数量达到了多电极的效果。该发明具有两个工作电极时，能应用于多种功能的设计，如样本充满后测量，对样本进行两次测量或者利用酶反应区所得的数值剔除非酶反应区一些干扰物质的信号，能够排除血红细胞以及抗坏血酸、对乙酰氨基酚还原性物质等因素的干扰，使测试结果具有精准度高、重现性好等优点。

[0026] 进样腔的固定以及采用虹吸作用使得本发明最多只需 1.5 μL 血液即可在 20 秒钟之内测出血液尿酸的含量，可减少病人去医院的不便和降低病人医疗开支。

[0027] 在电极中添加适量的碳纳米管，使得电阻值减小，增强了碳电极的导电性能；由于碳纳米管特殊的中空管状结构增加了电极的比表面积，且碳纳米管对生物活性中心的电子传递具有促进作用，因而提高了酶分子的相对活性，提高了传感器响应性能；检测电位 400mV，消除了抗坏血酸和神经递质如多巴胺的干扰。

[0028] 本发明试纸条能更加方便、精准地进行样本的定量。该制备方法简单，方便后期加

工和仪器接口的设计,有利于实现试纸的小型化和大规模生产。

附图说明

- [0029] 图 1 为具有 L 型参比电极的电化学检测试纸条一实施例的结构示意图。
- [0030] 图 2 为具有 T 型参比电极的电化学检测试纸条另一实施例的结构示意图。
- [0031] 图 3 为具有 T 型参比电极的电化学检测试纸条再一实施例的结构示意图。
- [0032] 图 4 为具有直条型参比电极的电化学检测试纸条一实施例的结构示意图。
- [0033] 图 5 为具有 Y 型参比电极的电化学检测试纸条一实施例的结构示意图。
- [0034] 图 6 为基于免疫结合反应进行检测的电化学检测试纸条一实施例的结构示意图。
- [0035] 图 7 为与本发明电化学检测试纸条配合使用的接口一实施例的结构示意图。
- [0036] 图 8 为与本发明电化学检测试纸条配合使用的接口另一实施例的结构示意图。
- [0037] 图 9 为与本发明电化学检测试纸条配合使用的接口再一实施例的结构示意图。
- [0038] 图 10 表示使用电化学检测试纸条所做的循环伏安分析图。
- [0039] 图 11 表示使用电化学检测试纸条进行安培反应研究的浓度 - 电流关系图。

具体实施方式

[0040] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明,应理解这些实施例仅是用于说明本发明的优选实施例,不用于限制本发明的范围。本领域技术人员应该理解,对本发明所做的任何等价形式的修改均落于本申请所附的权利要求所限定的范围内。

实施例 1

[0042] 参考图 1,一种便携式电化学检测试纸条,包括绝缘基底 1,在绝缘基底上印制有工作电极 2 和 L 型参比电极 4,由酶层构成的反应区 6 喷涂在工作电极 2 和参比电极 4 上。
[0043] 所述电极为由导电碳浆制备的碳电极。

[0044] 所述酶层含有辣根过氧化氢酶、苯醌、聚乙二醇以及 pH 值为 7.4 的乙酸缓冲溶液,用于检测样品中过氧化氢的存在或浓度。各成分的使用比例采用电化学试纸条领域已知适用的任何比例。

[0045] 参见图 7,一种配合所述电化学试纸条使用的试纸条检测仪接口,包括基座和导电装置 12 两部分。基座包括上端 10 和下端 11 两部分,上端 10 主要的作用是固定导电装置 12,下端 11 的主要作用是固定接口和提供试纸插槽。

[0046] 导电装置包括两长一短,当将电化学试纸条插入到电化学试纸条检测仪接口中进行检测时,L 型参比电极 4 的上端(即远离反应区的一端)接触短导电装置 121,其下端接触一长导电装置 122 或 124,从而参比电极的两导电装置连通形成电回路,试纸条检测仪响应试纸条的插入而开机。接口的另一长导电装置接触工作电极 2,以使得在工作电极 2 与参比电极 4 之间施加电压。

[0047] 本实施例中上述导电装置为铜带,但本领域技术人员可以使用本领域已知适合的任何导电材料制备该导电装置,例如铝带。

[0048] 该试纸条使用时,将样品滴加在反应区上,在工作电极和参比电极之间电压的作用下,酶反应生成的电子形成与待测物质成正比的电流。检测电流即可检测获得待测物质的存在与否或其存在浓度。

[0049] 相应地,一种制备所述电化学试纸条的方法,包括以下步骤:

[0050] 将辣根过氧化氢酶溶解于 pH 值为 7.4 的乙酸缓冲液中,再加入聚乙二醇、苯醌和白碳黑配置粘度为 80000cps (mPa · s) 的酶水性油墨,放置于 4℃ 中备用;

[0051] 选择 0.4mm 厚度的 PET 聚酯膜(聚对苯二甲酸乙二醇酯, Polyethylene terephthalate) 准备绝缘基底 1,用导电碳(日本 J-10)通过丝网印刷技术印制工作电极 2 以及 L 型参比电极 4,在 120℃ 的恒温箱中烘烤 15min,取出放置于洁净的容器中,备用;

[0052] 将酶水性油墨通过印刷印制在工作电极 2 以及参比电极 4 上形成酶层(即反应区)6,印刷后在 45℃ 恒温箱中干燥 10min。

[0053] 本领域技术人员应当了解,工作电极、参比电极以及反应区可以本领域已知的任何方法设置在绝缘基底上,印刷、印制或喷涂只是其中一种方法,不作为对本发明的限制。

[0054] 实施例 2

[0055] 参考图 2,一种便携式电化学检测试纸条,包括绝缘基底 1,在绝缘基底上印制有工作电极 2、3 和 T 型参比电极 4,绝缘层 5 覆盖在部分工作电极和部分参比电极上,由酶层和非酶层构成的反应区 6 喷涂在工作电极 2、3 和参比电极 4 上。

[0056] 所述电极为由导电碳浆制备的碳电极,所述导电碳浆含有 3 重量% 的碳纳米管。

[0057] 所述酶层喷涂在工作电极 2 上,含有葡萄糖氧化酶、铁氰化钾、聚乙二醇、羟乙基纤维素以及 pH 值为 5.0 的琥珀酸钠缓冲液。用于检测样品中的葡萄糖浓度。

[0058] 所述非酶层喷涂在工作电极 3 和参比电极 4 上,含有铁氰化钾、聚乙二醇、羟乙基纤维素以及 pH 值为 5.0 的琥珀酸钠缓冲液,所述成分的含量与在酶层中相同成分的含量相应。

[0059] 上述成分的使用比例采用电化学试纸条领域任何已知适用的比例。

[0060] 本领域技术人员应当了解,作为一种变体,酶层也可以设置在工作电极 2 和参比电极 4 上,此时非酶层相应地设置在工作电极 3 上。总之,酶层和非酶层分别设置在不同的工作电极上。

[0061] 参见图 8,一种配合所述试纸条使用的试纸条检测仪接口,其结构除以下方面外与实施例 1 中的接口结构相同。不同之处在于:

[0062] 导电装置包括三条长铜带与一条短铜带,当将电化学试纸条插入到电化学试纸条检测仪接口中进行检测时,T型参比电极 4 的上端(即远离反应区的一端)接触短铜带 121,其下端接触长铜带 122、123、124 之一,从而接触参比电极的两铜带连通形成电回路,检测仪响应试纸条的插入而开机。接口其余两铜带分别接触工作电极 2 和 3,以使得在工作电极 2、3 与参比电极 4 之间施加电压。

[0063] 该试纸条使用时,将样品滴加在反应区上,在工作电极 2、3 和参比电极 4 之间电压的作用下,酶反应生成的电子形成与待测物质成正比的电流。即从工作电极 2 输出酶反应电信号,从工作电极 3 输出基于非酶反应的干扰性氧化还原物质产生的电信号,从而检测仪可以采用从酶反应电信号中排除非酶反应的干扰信号的数据处理方法,提高检测的准确度。

[0064] 相应地,一种制备所述电化学试纸条的方法,包括以下步骤:

[0065] 在导电碳浆中混合 3 重量% 的碳纳米管,用稀释剂稀释制备丝网印刷的碳浆;

[0066] 将葡萄糖氧化酶溶解于 pH 值为 5.0 的琥珀酸钠缓冲液中,再加入聚乙二醇、羟乙

基纤维素、铁氰化钾和白碳黑配置粘度为 80000cps (mPa · s) 的酶水性油墨, 放置于 4℃ 中备用;

[0067] 在琥珀酸钠缓冲液中, 加入聚乙二醇、羟乙基纤维素、铁氰化钾和白碳黑配置粘度为 80000cps (mPa · s) 的非酶水性油墨放置于 4℃ 中备用;

[0068] 选择 0.4mm 厚度的 PET 聚酯膜 (聚对苯二甲酸乙二醇酯, Polyethylene terephthalate) 准备绝缘基底 1, 用制备好的碳浆通过丝网印刷技术印制工作电极 2 和 3 以及“T”型参比电极 4, 在 120℃ 的恒温箱中烘烤 15min, 用丝网印刷技术印刷绝缘油墨形成绝缘层 5, 在 75℃ 的恒温箱中烘烤 10min, 取出放置于洁净的容器中, 备用;

[0069] 将酶水性油墨通过印刷印制在工作电极 2 上形成酶层, 将非酶水性油墨印制在工作电极 3 以及参比电极 4 上形成非酶层, 印刷后在 45℃ 恒温箱中干燥 10min。所述酶层和非酶层构成反应区 6。

[0070] 实施例 3

[0071] 参考图 3, 一种多功能便携式电化学检测试纸条, 包括绝缘基底 1, 在绝缘基底上印制有工作电极 2、3 和 T 型参比电极 4, 绝缘层 5 覆盖在部分工作电极和部分参比电极上, 由酶层构成的反应区 6 通过丝网印刷印制在工作电极 2、3 和参比电极 4 上, 在反应区 6 的边缘粘贴双面胶构成粘贴层 7, 上部加盖亲水性膜 8, 由酶层 6、粘贴层 7 和亲水性膜 8 围成微量进样腔 9。

[0072] 粘贴层 7 的厚度为 0.1mm, 两粘贴层的间距为 1mm; 进样腔的容积不大于 1.5uL。

[0073] 所述电极为由导电碳浆制备的碳电极, 所述导电碳浆含有 6 重量% 的碳纳米管。

[0074] 所述酶层含有以重量计的尿酸氧化酶 20 份、铁氰化钾 5 份、聚乙二醇 0.4 份、羟甲基纤维素 5 份和 pH 为 5.0 的磷酸缓冲溶液 60 份。

[0075] 本领域技术人员应该理解上述成分的使用比例可采用领域已知适用的任何其它比例。

[0076] 使用本试纸条时, 待检测的样品通过虹吸作用加入到微量进样腔 9 中; 检测仪通过检测酶反应而产生的电流, 计算作为酶分子底物的待测物浓度。两个工作电极分别输出两个电流信号, 分别对应两次酶反应的检测信号, 从而检测仪采用两工作电极测量结果平均的数据处理方法, 减小实验误差, 提高检测结果精确度。

[0077] 进一步地, 由于检测仪同时需要两个工作电极的输出信号进行计算, 只有当样品充满整个进样腔到达远端工作电极时, 检测仪才开始检测程序, 因此可以实现样品充满后测量, 进一步提高检测结果的稳定性和重现性。

[0078] 参见图 8, 与该电化学试纸条配合使用的试纸条检测仪接口具有与实施例 2 中接口相同的结构, 此处不再赘述。

[0079] 相应地, 一种电化学检测试纸条的制备方法, 包括以下步骤:

[0080] 在导电碳日本 J-10 的碳浆中混合 6 重量% 的碳纳米管, 用稀释剂稀释制备丝网印刷的碳浆;

[0081] 称取磷酸氢二钠 (Na_2HPo_4) 2.17g, 磷酸二氢钠 (NaH_2PO_4) 1.17g, 氯化钠 (NaCl) 1.46g, 用二次水溶解稀释至 100mL, 制得 0.1M pH 7.0 的磷酸缓冲液, 备用;

[0082] 将以重量计的尿酸氧化酶 20 份、铁氰化钾 5 份、聚乙二醇 0.4 份、羟甲基纤维素 5 份和 pH 为 5.0 的磷酸缓冲溶液 60 份混合获得酶液, 放置于 4℃ 中备用;

[0083] 选择 0.4mm 厚度的 PET 聚酯膜（聚对苯二甲酸乙二醇酯，Polyethylene terephthalate）准备绝缘基底 1，用含有碳纳米管的导电碳浆通过丝网印刷技术印制工作电极 2 和 3 以及 T 型参比电极 4，在 120℃的恒温箱中烘烤 40min，取出放置于洁净的容器中，备用；

[0084] 用点样器在上述制备的电极 2、3、4 上点出混合酶层 6，每个试条的点样量为 2 μL；点样后放入 30℃的恒温箱中干燥 30min，取出在酶层 6 的上下边缘粘贴双面胶形成粘贴层 7，加盖亲水性膜 8 形成微量进样腔 9。粘贴层 7 的厚度为 0.15mm，两粘贴层的间距为 1mm；微量进样腔 9 的容积为 1.5uL。

[0085] 本领域技术人员应该理解，粘贴层不仅仅由双面胶形成，任何具有一定厚度且不影响电化学检测的固形材料都可以作为构成进样腔的粘贴层。

[0086] 本领域技术人员还应该了解，参比电极的形状只要能够实现同时与接口的不同导电铜带接触从而形成电回路的效果，都在本发明的保护范围之内，不限于 L 型和 T 型，参比电极的上端可以与其下端成任何适当的角度，而不一定垂直，例如参比电极的上端还可以设计为 C 型，参比电极可以还设计为将要在以下详细说明的直条型、Y 型等。

[0087] 实施例 4

[0088] 本实施例中的电化学试纸条除以下方面外与实施例 3 中的试纸条是相同的。

[0089] 参见图 4，不同之处在于：

[0090] 粘贴层 7 的厚度为 0.15mm，两粘贴层的间距为 1mm；进样腔的容积不大于 1.5uL。

[0091] 所述酶层含有以重量计的尿酸氧化酶 25 份、铁氰化钾 7 份、聚乙二醇 0.7 份、羟甲基纤维素 6 份和 pH 为 6.0 的磷酸缓冲溶液 65 份。

[0092] 另外，本实施例试纸条中的参比电极 4 设计为直条型，参比电极的宽度明显大于工作电极的宽度。

[0093] 参见图 9，一种配合所述试纸条使用的试纸条检测仪接口，其结构除以下方面外与实施例 2 中的接口结构相同。不同之处在于：

[0094] 导电装置包括三条长度相同、均匀分布的铜带，当将电化学试纸条插入到电化学试纸条检测仪接口中进行检测时，接口内的两个导电铜带 121、122 分别同时与参比电极 4 不同部位相接触，从而接触参比电极的两铜带连通形成电回路，检测仪响应试纸条的插入而开机。接口的剩余两个铜带 123、124 分别接触工作电极 2 和 3，以使得在工作电极 2、3 与参比电极 4 之间施加电压。

[0095] 正是由于参比电极具有较大的宽度，接口内的铜带才有可能均匀布置并且具有相同的长度，这有利于接口的批量生产以及质量控制。

[0096] 除了酶层各试剂按照本实施例上述比例配制、参比电极印制在试纸条的一侧、将参比电极印制为宽度增加的直条形之外，本实施例电化学试纸条的制备方法同实施例 3。

[0097] 实施例 5

[0098] 本实施例中的电化学试纸条除以下方面外与实施例 3 中的试纸条是相同的。

[0099] 参见图 5，不同之处在于：

[0100] 所述酶层含有以重量计的尿酸氧化酶 30 份、铁氰化钾 10 份、聚乙二醇 1 份、羟甲基纤维素 8 份和 pH 为 7.0 的磷酸缓冲溶液 70 份。

[0101] 另外，本实施例试纸条参比电极 4 的上端两臂弯折变形，与下端电极分别成大于

90 度的夹角,呈现 Y 型。

[0102] 参见图 8,与该电化学试纸条配合使用的试纸条检测仪接口具有与实施例 2 中接口相同的结构,此处不再赘述。

[0103] 参见图 8,该电化学试纸条插入到试纸条检测仪中进行检测时,Y型参比电极 4 的上端其中一臂接触试纸条接口的一短铜带,其下端接触三个长铜带之一,从而接触参比电极的两铜带连通形成电回路,检测仪响应试纸条的插入而开机。接口的剩余两个长铜带分别接触工作电极 2 和 3,以使得在工作电极 2、3 与参比电极 4 之间施加电压。

[0104] 本领域技术人员应该理解,参比电极的上端两臂除了可以向远离反应区的外侧弯折之外,也可设计为向另一侧弯折,形成“个”字型。并且弯折角度可以是根据实际设计和检测需要的任何适合的角度。

[0105] 除了将参比电极印制为上端两臂向一侧弯折一定角度之外,本实施例试纸条的制备方法同实施例 3。

[0106] 实施例 6

[0107] 参见图 6,一种多功能便携式电化学检测试纸条,包括绝缘基底 1,在绝缘基底上印制有工作电极 2、3 和 T 型参比电极 4,反应区 6 设置在工作电极 2、3 和参比电极 4 上。反应区 6 含有二茂铁甲酸、羟乙基纤维素、羟甲基纤维素以及 pH 值为 6.0 的磷酸盐缓冲液。

[0108] 这种结构的试纸条可以应用于基于免疫反应的检测。例如将小鼠 IgG 样品通过浸泡固定在例如硝酸纤维素膜的膜材料上,再加入碱性磷酸酶标记的羊抗小鼠 IgG 进行结合反应,清洗膜后,将膜放在印制的工作电极和参比电极的反应区 6,加入酶底物磷酸苯酚,反应一段时间后将试纸条插入试纸条检测仪进行电流检测,以获得样品中小鼠 IgG 的浓度。

[0109] 应用这种结构的试纸条,可以检测多种待测物质的存在以及浓度,包括各种蛋白和核酸等。合适的标记酶包括碱性磷酸酶、过氧化物酶等。

[0110] 参见图 8,与该电化学试纸条配合使用的试纸条检测仪接口具有与实施例 2 中接口相同的结构,此处不再赘述。

[0111] 除了反应区的试剂成分略有不同以及只需在绝缘基底上印制一个工作电极之外,本实施例试纸条的制备方法同实施例 1。

[0112] 实施例 7

[0113] 制备尿酸标准溶液:

[0114] 用血清溶液制备 4mmol/L 储备尿酸溶液。使用血清溶液对所述储备液进行稀释得到 0.12mmol/L、0.32mmol/L、0.4mmol/L 和 0.6mmol/L 的尿酸标准液。

[0115] 实施例 8

[0116] 对于三电极来说,碳浆层最关键,碳浆导电性能的好坏直接影响电极的性能。对此,作为质量控制的一个方面,对批次印刷的电极的导电性能进行了测试,测试结果示于表 1、表 2 中。所述电极含有碳纳米管,其含量选自 3-6 重量% 的范围。

[0117] 从表 1 和表 2 的数据可知,由于碳纳米管的加入,电极的电阻值较小,且批间差在 3% 以内。本发明的碳电极具有良好的导电性能。

[0118] 表 1 碳浆导电性能的测试

[0119]

批次	1	2	3	4	5	6
电阻 (千欧)	2.6	2.6	2.4	2.8	2.6	2.6

[0120] 表 2 批间内的差异

[0121]

电阻 (千欧)		列数										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
行数	1	2.6	2.8	2.6	2.8	2.6	2.4	2.4	2.8	2.8	2.6	2.4
	2	2.6	2.6	2.6	2.6	2.4	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.4
	3	2.8	2.8	2.6	2.6	2.4	2.4	2.6	2.6	2.8	2.6	2.6

[0122] 实施例 9

[0123] 试纸条循环伏安反应的研究

[0124] 采用 CHI832C 电化学分析仪, 在电化学试纸条制备好的电极上滴加铁氰化钾溶液, 进行循环伏安分析, 分析结果示于图 10。

[0125] 所述电极含有碳纳米管, 其含量选自 3-6 重量% 的范围。

[0126] 由图 10 的结果可知, 铁氰化钾在碳浆油墨中掺杂有碳纳米管的工作电极表面具有较好的氧化还原特性, 表明碳纳米管能促进电子的转移, 从而有利于提高待测物的灵敏度。

[0127] 实施例 10

[0128] 安培反应的研究

[0129] 选择如实施例 3、4 或 5 的电化学试纸条进行安培反应, 所述试纸条用于检测全血的尿酸含量。

[0130] 将上述制得的不同浓度的尿酸标准液滴加到电极上, 在 0.4V 电位下测得时间 - 电流曲线, 反应时间均为 50s, 取其 20s 时的电流值对浓度作图, 得到浓度 - 电流图, 结果示于图 11。

[0131] 由图 11 的结果可知, 浓度 - 电流的线性关系系数达到了 99.41%。

[0132] 本领域技术人员应该认识到, 上述只是选择优选的实施例进行了说明, 可以根据需要, 选择基于酶反应或免疫反应进行检测, 选择酶、电子媒介体、粘结剂和 pH 缓冲溶液合适的组合, 设计合适的参考电极的形状, 或者提供不同的绝缘基底、电极和亲水性膜的材料制备本发明的便携式电化学检测试纸条, 根据试纸条制备其相应的接口, 对于由此制得的多功能便携式电化学检测试纸条及其接口在不脱离本发明原理的前提下还可以做一些变化, 这些变化也应视为本发明的保护范围。

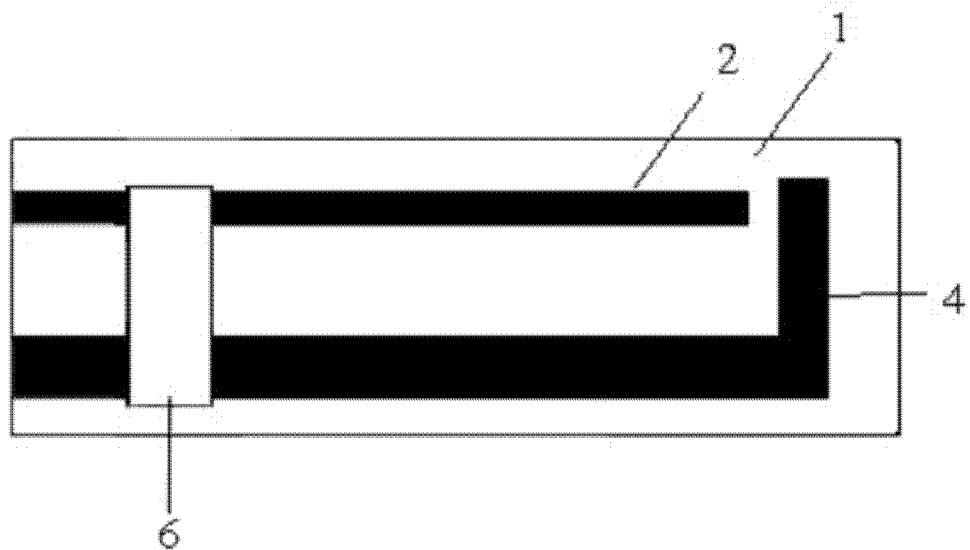


图 1

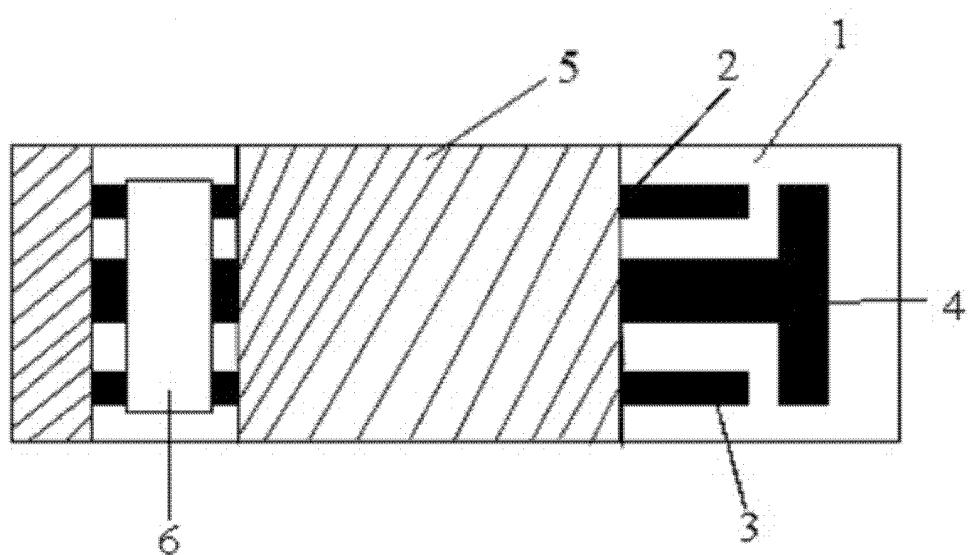


图 2

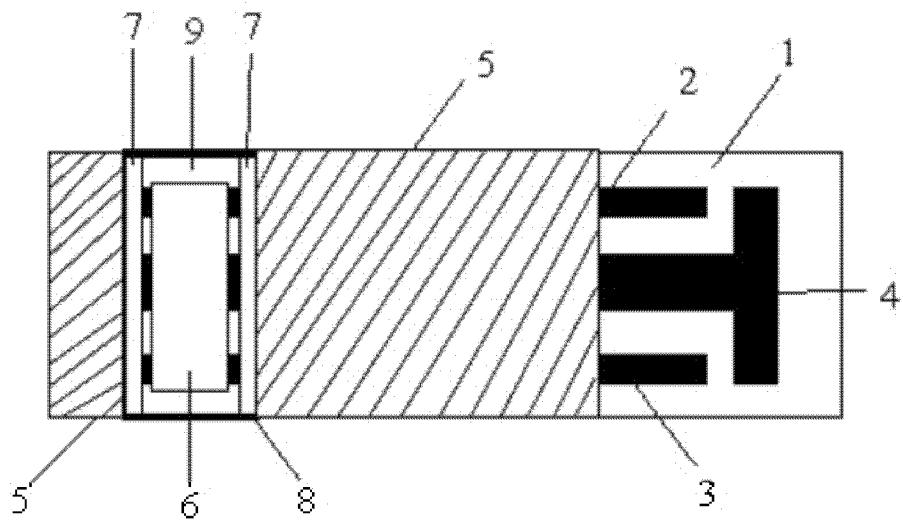


图 3

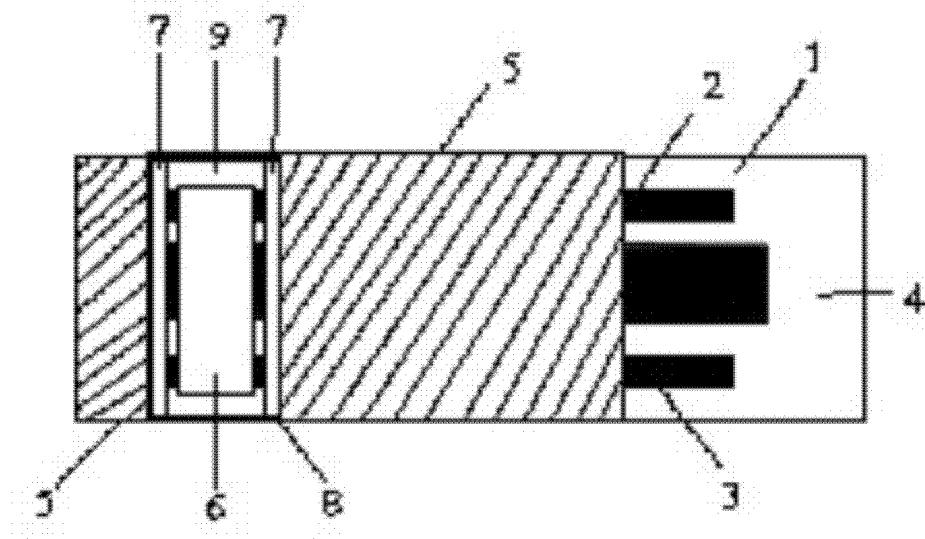


图 4

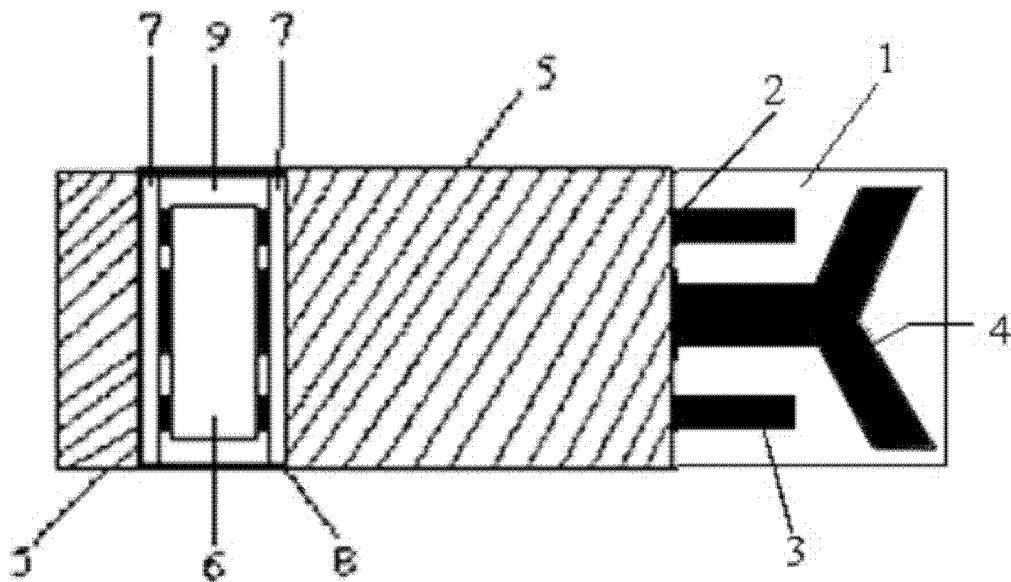


图 5

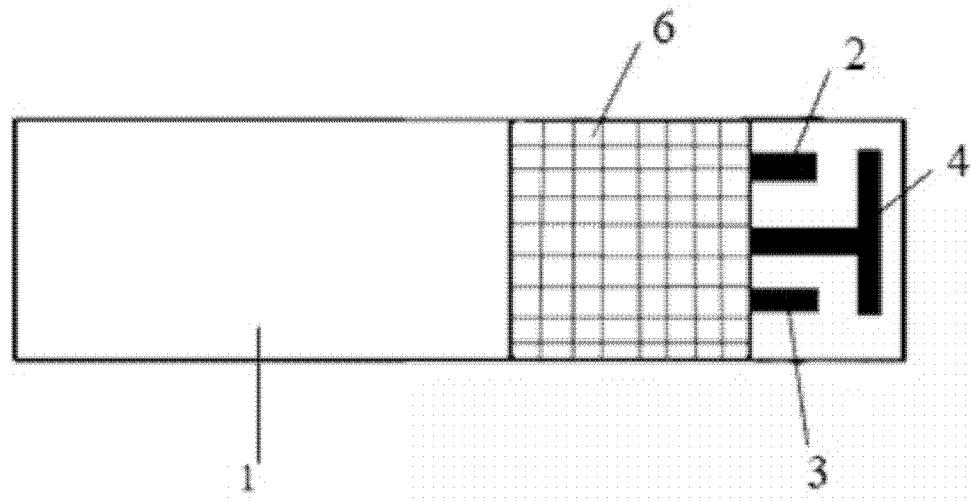


图 6

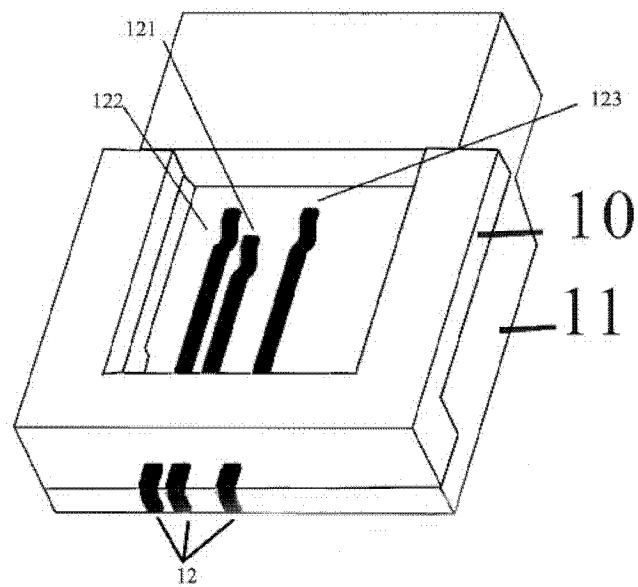


图 7

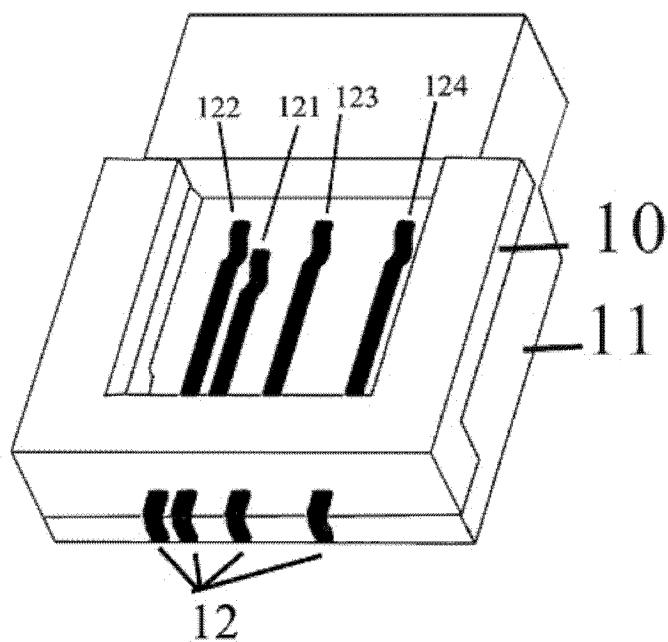


图 8

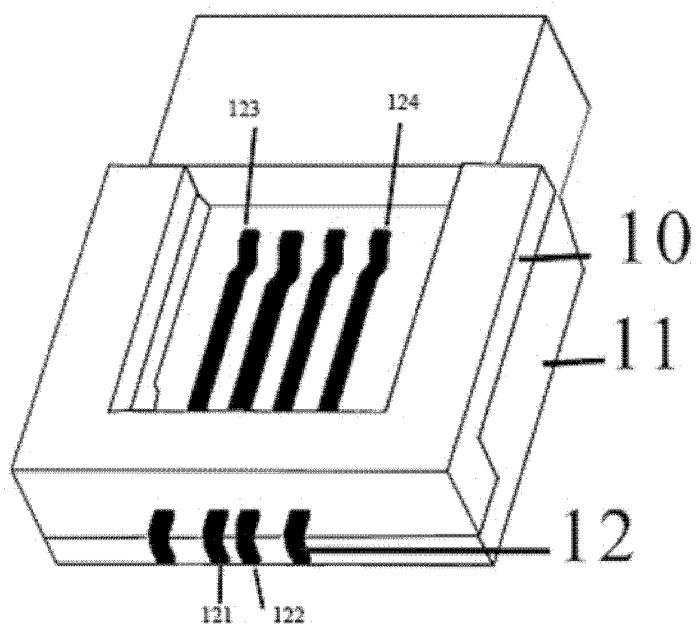


图 9

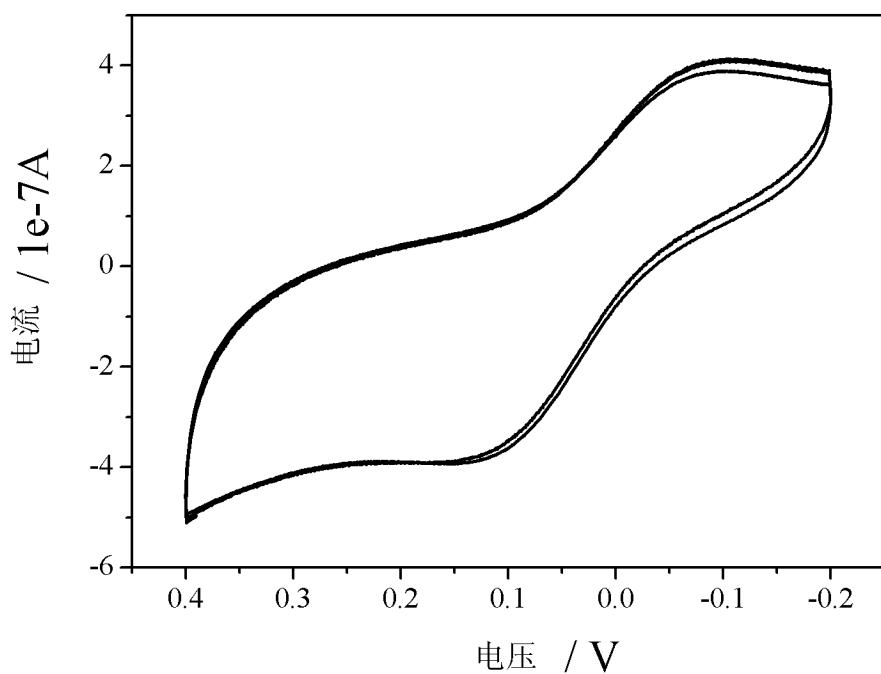


图 10

