



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110231488 A

(43)申请公布日 2019.09.13

(21)申请号 201910415515.0

(22)申请日 2019.05.18

(71)申请人 安徽科技学院

地址 233100 安徽省滁州市凤阳县东华路

(72)发明人 刘国东 范川 邱万伟 钱立生

李坤

(74)专利代理机构 合肥广源知识产权代理事务

所(普通合伙) 34129

代理人 徐国法

(51)Int.Cl.

G01N 33/68(2006.01)

G01N 33/532(2006.01)

G01N 33/558(2006.01)

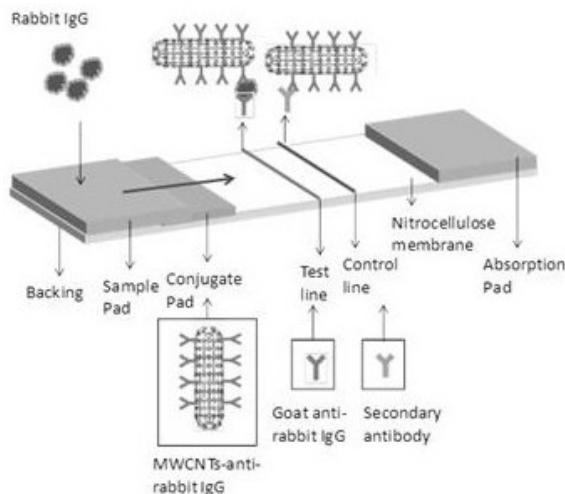
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试  
纸条生物传感器及使用方法

(57)摘要

本发明属于免疫检测和分析技术领域,具体涉及一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器及使用方法,包括羧基修饰多壁碳纳米管预处理、羧基修饰躲避碳纳米管标记抗体的制备及其试纸条生物传感器的制备;以及试纸条生物传感器的使用及信号处理。本发明相比现有技术具有以下优点:本发明中基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器,以羧基修饰多壁碳纳米管作为标记物,在最优的实验条件下,试纸条生物传感器的检测极限为0.1ng/ml,具有较好的重现性和特异性,相比传统的纳米金标记具有更好的信号效果,为实现对蛋白的超灵敏检测提供了一个简便、快捷的检测手段。



1. 一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器，其特征在于，其制备方法包括以下内容：

(1) 羧基修饰多壁碳纳米管预处理：将羧基修饰多壁碳纳米管加入浓硫酸与浓硝酸的混合液中，在超声条件下处理6小时，然后在10000转/分钟的条件下离心10分钟，然后用超纯水洗涤3次后溶于超纯水，得到羧基修饰多壁碳纳米管溶液，备用；

所述浓硫酸与浓硝酸的混合液由浓硫酸与浓硝酸以体积比3:1混合得到；

(2) 羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体的制备

(2.1) 取EDC和sulfo-NHS溶于MES缓冲液中，然后加入步骤(1)所得羧基修饰多壁碳纳米管溶液，使羧基修饰多壁碳纳米管的最终浓度为0.5mg/ml；

(2.2) 在室温下反应15分钟，然后在10000转/分钟的条件下离心10分钟，弃去上清液，用PBS缓冲液重复洗涤2次，最后溶于PBS缓冲液中，超声3-5秒使分散均匀；

(2.3) 加入羊抗兔抗体，在室温条件下反应过夜，然后在5000转/分钟的条件下离心5分钟，弃去上清液，加入PBS缓冲液，在10000转/分钟的条件下离心10分钟，重复洗涤2次，去掉未结合的羊抗兔抗体，得到羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体，溶于Eluent缓冲液中，置于4℃下保存备用；

(3) 羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器的制备：所述试纸条生物传感器包括样品垫、结合垫、硝酸纤维素膜、吸收垫和固定底板；

(3.1) 所述样品垫的材质为纤维素纤维膜，样品垫在使用前用sample pad缓冲液浸泡30分钟，然后在37℃的干燥箱中干燥4h，然后在干燥器中保存备用；所述sample pad缓冲液按重量百分比计包括以下溶质：0.05M Tris-HCl、0.15mM NaCl、0.25% Triton X-100和2.5%Tween-20；

(3.2) 所述结合垫上喷有一定量的羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体，室温干燥；

(3.3) 用多克隆羊抗兔IgG喷在硝酸纤维素膜上得到检测线，用小鼠抗羊IgG喷在硝酸纤维素膜上形成控制线，在室温下干燥后，置于4℃的条件下保存备用；

(3.4) 将步骤(3.3)处理后的硝酸纤维素膜粘贴在固定底板上，然后在硝酸纤维素膜上表面从左到右粘贴步骤(3.1)处理后的样品垫和步骤(3.2)处理后的结合垫，粘贴于纤维素膜上方的样品垫和结合垫部分重叠，且重叠部分样品垫在上，吸收垫粘贴于硝酸纤维素膜的右侧上表面，其中检测线和控制线位于结合垫和吸收垫之间，且检测线设于控制线的左侧。

2. 如权利要求1所述一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器，其特征在于，所述步骤(1)中将20mg羧基修饰多壁碳纳米管加入4.8ml浓硫酸与1.6ml浓硝酸的混合液中。

3. 如权利要求2所述一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器，其特征在于，所述羧基修饰多壁碳纳米管的管径为10-50nm，长度为10-30μm，比表面积>60m<sup>2</sup>/g，堆积密度为0.22-0.27g/cm<sup>3</sup>，电导率EC>150s/cm，羧基含量为0.73-2.56wt%。

4. 如权利要求2所述一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器，其特征在于，所述步骤(2.1)中取9.6mg EDC和5.43mg sulfo-NHS溶于1ml MES缓冲液中，加入羧基修饰多壁碳纳米管溶液。

5. 如权利要求4所述一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器，其特

征在于,所述步骤(2.3)中加入20 $\mu$ g的羊抗兔抗体,得到羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体,溶于1ml Eluent缓冲液中,置于4℃下保存备用;

所述Eluent缓冲液包括以下重量百分比的溶质:20mM Na<sub>3</sub>P0<sub>4</sub> • 12H<sub>2</sub>O,10%蔗糖,5% BSA,0.25%Tween-20。

6. 如权利要求1所述一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器,其特征在于,所述MES缓冲液中溶质浓度为0.1M,其pH值为6.0。

7. 如权利要求1所述一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器,其特征在于,所述固定底板的材质为惰性塑料。

8. 如权利要求1所述一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器的使用方法,其特征在于,将100 $\mu$ L含有一定量目标IgG的检测缓冲液缓慢滴加到样品垫上,10分钟后用检测缓冲液清洗,清洗完成5分钟后,对试纸条生物传感器进行拍照,然后传入上位机,用ImageJ软件对试纸条生物传感器的检测线进行信号转化处理,记录相应的响应信息,进而对数据进行分析处理。

9. 如权利要求8所述一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器的使用方法,其特征在于,所述检测缓冲液为PBST和BSA混合液,其中BSA在检测缓冲液中的质量浓度为0-3%。

10. 如权利要求8所述一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器的使用方法,其特征在于,所述目标IgG在检测缓冲液中的浓度为0.1-100ng/ml。

# 一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器及使用方法

## 技术领域

[0001] 本发明属于免疫检测和分析技术领域,具体涉及一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器及使用方法。

## 背景技术

[0002] 蛋白质作为生物活动的功能载体,在生物体内发挥着无比重要的作用。人类绝大多数疾病的发生都会引起体内蛋白质的异常,因此蛋白质的表达可以作为细胞生理和病理状态的有效指示。传统的蛋白质免疫学检测方法有酶联免疫技术(ELISA)、放射免疫技术、荧光免疫技术以及胶体金免疫技术。以上这些方法要么检测时间长、仪器昂贵,要么灵敏度有限。因此开发出一种简单快速、灵敏且低成本的蛋白质检测方法显得尤为必要;现有技术通过纳米金标记获得较好的信号效果,但需要进一步改进。

## 发明内容

[0003] 本发明的目的是针对现有纳米金标记制备的试纸条生物传感器灵敏度有待进一步提高的问题,提供了一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器及使用方法。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的:一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器,其制备方法包括以下内容:

(1) 羧基修饰多壁碳纳米管预处理:将20mg羧基修饰多壁碳纳米管加入4.8ml浓硫酸与1.6ml浓硝酸的混合液中,在超声条件下处理6小时,然后在10000转/分钟的条件下离心10分钟,然后用超纯水洗涤3次后溶于超纯水,得到羧基修饰多壁碳纳米管溶液,备用;

所述羧基修饰多壁碳纳米管的管径为10-50nm,长度为10-30μm,比表面积>60m<sup>2</sup>/g,堆积密度为0.22-0.27g/cm<sup>3</sup>,电导率EC>150s/cm,羧基含量为0.73-2.56wt%;

(2) 羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体的制备

(2.1) 取9.6mg EDC和5.43mg sulfo-NHS溶于1ml MES缓冲液中,然后加入步骤(1)所得羧基修饰多壁碳纳米管溶液,使羧基修饰多壁碳纳米管的最终浓度为0.5mg/ml;

(2.2) 在室温下反应15分钟,然后在10000转/分钟的条件下离心10分钟,弃去上清液,用PBS缓冲液重复洗涤2次,最后溶于PBS缓冲液中,超声3-5秒使分散均匀;

(2.3) 加入20μg的羊抗兔抗体,在室温条件下反应过夜,然后在5000转/分钟的条件下离心5分钟,弃去上清液,加入PBS缓冲液,在10000转/分钟的条件下离心10分钟,重复洗涤2次,去掉未结合的羊抗兔抗体,得到羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体,溶于1ml Eluent缓冲液中,置于4℃下保存备用;

所述Eluent缓冲液包括以下重量百分比的溶质:20mM Na<sub>3</sub>P0<sub>4</sub> • 12H<sub>2</sub>O,10%蔗糖,5% BSA,0.25% Tween-20;

(3) 羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器的制备:所述试纸条包括样品垫、

结合垫、硝酸纤维素膜、吸收垫和固定底板；所述试纸条生物传感器包括样品垫、结合垫、硝酸纤维素膜、吸收垫和固定底板；

(3.1) 所述样品垫的材质为纤维素纤维膜，样品垫在使用前用sample pad缓冲液浸泡30分钟，然后在37℃的干燥箱中干燥4h，然后在干燥器中保存备用；所述sample pad缓冲液按重量百分比计包括以下溶质：0.05M Tris-HCl、0.15mM NaCl、0.25% Triton X-100和2.5%Tween-20；

(3.2) 用Airjet AJQ 3000喷头，将一定量的羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体喷在结合垫上，室温干燥；

(3.3) 使用Biojet BJQ3000喷头，分别用多克隆羊抗兔IgG喷在硝酸纤维素膜上得到检测线，用小鼠抗羊IgG喷在硝酸纤维素膜上形成控制线，在室温下干燥后，置于4℃的条件下保存备用；

(3.4) 将步骤(3.3)处理后的硝酸纤维素膜粘贴在固定底板上，然后在硝酸纤维素膜上表面从左到右粘贴步骤(3.1)处理后的样品垫和步骤(3.2)处理后的结合垫，粘贴于纤维素膜上方的样品垫和结合垫部分重叠，且重叠部分样品垫在上，吸收垫粘贴于硝酸纤维素膜的右侧上表面，其中检测线和控制线位于结合垫和吸收垫之间，且检测线设于控制线的左侧。

[0005] 作为对上述方案的进一步改进，所述MES缓冲液中溶质浓度为0.1M，其pH值为6.0。

[0006] 作为对上述方案的进一步改进，所述固定底板的材质为惰性塑料；所述惰性塑料为聚酯纤维。

[0007] 一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器的使用方法，将100μL含有一定量目标IgG的检测缓冲液缓慢滴加到样品垫上，10分钟后用检测缓冲液清洗，清洗完成5分钟后，对试纸条生物传感器进行拍照，然后传入上位机，用ImageJ软件对试纸条生物传感器的检测线进行信号转化处理，记录相应的响应信息，进而对数据进行分析处理；

所述检测缓冲液为PBST和BSA混合液，其中BSA在检测缓冲液中的质量浓度为0-3%；

所述目标IgG在检测缓冲液中的浓度为0.1-100ng/ml。

[0008] 其中，步骤(2.3)中反应过夜的反应时间不低于12小时。

[0009] 本发明中方法通过将目标IgG与结合垫上的羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体发生特异性结合，形成 MWCNTs-antibody-IgG免疫复合物；此免疫复合物继续向前移动，到达检测线时，该免疫复合物与固定在检测线上的多克隆羊抗兔IgG抗体发生免疫结合，形成 MWCNTs-antibody-IgG-antibody双抗夹心结构，同时羧基修饰多壁碳纳米管也停留在此区域，从而出现一条黑色的检测线；剩余未结合的MWCNTs-antibody继续移动，到达控制线时被固定在此的小鼠抗羊IgG (secondary antibody) 捕获，形成第二条黑线；

当样品中不含有目标IgG时，检测线没有颜色而控制线会形成一条黑线，以此说明试纸条的有效性。

[0010] 本发明相比现有技术具有以下优点：本发明中基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器，以羧基修饰多壁碳纳米管作为标记物，在最优的实验条件下，响应信号与兔子IgG在0.1-2ng/ml范围内有良好的线性关系，检测极限为0.1ng/ml，具有较好的重现性和特异性，相比传统的纳米金标记具有更好的信号效果，为实现对蛋白的超灵敏检测提供了一个简便、快捷的检测手段，该免疫试纸条生物传感器在现场检测蛋白质方面具有巨

大潜力。

### 附图说明

- [0011] 图1是羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器示意图。
- [0012] 图2是不同浓度样品的信号响应及相应的试纸条检测图片。
- [0013] 图3是试纸条生物传感器检测校正曲线及样品浓度与相应信号的关系曲线。
- [0014] 图4是不同浓度样品的试纸条生物传感器的重现性检验。
- [0015] 图5是试纸条特异性检验(A)及对比照片(B)。
- [0016] 图6为不同试纸条生物传感器的检测结果图片。

### 具体实施方式

[0017] 为了详细说明本发明的技术内容、所实现的目的及效果,以下结合实施方式予以说明。

[0018] 本发明最关键的构思在于:以羧基修饰多壁碳纳米管作为标记物,采用双抗夹心方法对目标蛋白进行检测,在最优的实验条件下,响应信号与兔子IgG在0.1-2ng/ml范围内有良好的线性关系,检测极限为0.1ng/ml,具有较好的重现性和特异性,相比传统的纳米金标记具有更好的信号效果,为实现对蛋白的超灵敏检测提供了一个简便、快捷的检测手段。

[0019] 本发明中所用部分原料来源如下:羧基修饰多壁碳纳米管(MWCNTs),十二水合磷酸钠(Na<sub>3</sub>P0<sub>4</sub> • 12H<sub>2</sub>O),牛血清白蛋白( BSA ),蔗糖(sucrose),吐温-20(Tween 20),氯化钠(NaCl),EDC, sulfo-NHS,曲拉通X-100(TritonX-100),Tris-HCl,磷酸盐缓冲溶液(PBS,pH 7.4,0.01M),MES缓冲液均购于Sigma-Aldrich公司;兔子免疫球蛋白G(rabbit IgG),多克隆羊抗兔IgG(anti-rabbit IgG),小鼠抗羊IgG(secondary antibody)购于Thermo Scientific;人癌胚抗原(CEA),Thrombin, PDGF-BB, H-IgG购于Fitzgerald Industries International公司;纤维素纤维膜(CFSP001700),玻璃纤维膜(GFCP000800),硝酸纤维素膜(HFB24004)和层压板(HF000MC100)均购自于Millipore公司;

其它试剂均为分析纯;实验所有用水均为超纯水(>18 MΩ cm)。

### 实施例

[0020] 一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器,其制备方法包括以下内容:

(1) 羧基修饰多壁碳纳米管预处理:将20mg羧基修饰多壁碳纳米管加入4.8ml浓硫酸与1.6ml浓硝酸的混合液中,在超声条件下处理6小时,然后在10000转/分钟的条件下离心10分钟,然后用超纯水洗涤3次后溶于超纯水,得到羧基修饰多壁碳纳米管溶液,备用;

所述羧基修饰多壁碳纳米管的管径为10-50nm,长度为10-30μm,比表面积>60m<sup>2</sup>/g,堆积密度为0.22-0.27g/cm<sup>3</sup>,电导率EC>150s/cm,羧基含量为0.73-2.56wt%;

(2) 羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体的制备

(2.1) 取9.6mg EDC和5.43mg sulfo-NHS溶于1ml MES缓冲液中,然后加入步骤(1)所得羧基修饰多壁碳纳米管溶液,使羧基修饰多壁碳纳米管的最终浓度为0.5mg/ml;

所述MES缓冲液中溶质浓度为0.1M,其pH值为6.0;

(2.2) 在室温下反应15分钟,然后在10000转/分钟的条件下离心10分钟,弃去上清液,用PBS缓冲液重复洗涤2次,最后溶于PBS缓冲液中,超声3-5秒使分散均匀;

(2.3) 加入20 $\mu$ g的羊抗兔抗体,在室温条件下反应过夜,然后在5000转/分钟的条件下离心5分钟,弃去上清液,加入PBS缓冲液,在10000转/分钟的条件下离心10分钟,重复洗涤2次,去掉未结合的羊抗兔抗体,得到羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体,溶于1ml Eluent缓冲液中,置于4℃下保存备用;

所述Eluent缓冲液包括以下重量百分比的溶质:20mM Na<sub>3</sub>P0<sub>4</sub> • 12H<sub>2</sub>O,10%蔗糖,5% BSA,0.25%Tween-20;

(3) 羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器的制备:所述试纸条包括样品垫、结合垫、硝酸纤维素膜、吸收垫和固定底板;

所述试纸条生物传感器包括样品垫、结合垫、硝酸纤维素膜、吸收垫和固定底板;

(3.1) 所述样品垫的材质为纤维素纤维膜,样品垫在使用前用sample pad缓冲液浸泡30分钟,然后在37℃的干燥箱中干燥4h,然后在干燥器中保存备用;所述sample pad缓冲液按重量百分比计包括以下溶质:0.05M Tris-HCl、0.15mM NaCl、0.25% Triton X-100和2.5%Tween-20;

(3.2) 用Airjet AJQ 3000喷头,将羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体喷在结合垫上,喷3遍后室温干燥;

(3.3) 使用Biojet BJQ3000喷头,分别用多克隆羊抗兔IgG喷在硝酸纤维素膜上得到检测线,用小鼠抗羊IgG喷在硝酸纤维素膜上形成控制线,在室温下干燥后,置于4℃的条件下保存备用;

(3.4) 将步骤(3.3)处理后的硝酸纤维素膜粘贴在固定底板上,然后在硝酸纤维素膜上表面从左到右粘贴步骤(3.1)处理后的样品垫和步骤(3.2)处理后的结合垫,粘贴于纤维素膜上方的样品垫和结合垫部分重叠,且重叠部分样品垫在上,吸收垫粘贴于硝酸纤维素膜的右侧上表面,其中检测线和控制线位于结合垫和吸收垫之间,且检测线设于控制线的左侧。

[0021] 如图1中所示,本发明中方法通过将目标IgG与结合垫上的羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体发生特异性结合,形成 MWCNTs-antibody-IgG免疫复合物;此免疫复合物继续向前移动,到达检测线时,该免疫复合物与固定在检测线上的多克隆羊抗兔IgG抗体发生免疫结合,形成MWCNTs-antibody-IgG-antibody双抗夹心结构,同时羧基修饰多壁碳纳米管也停留在此区域,从而出现一条黑色的检测线;剩余未结合的MWCNTs-antibody继续移动,到达控制线时被固定在此的小鼠抗羊IgG (secondary antibody) 捕获,形成第二条黑线;

当样品中不含有目标IgG时,检测线没有颜色而控制线会形成一条黑线,以此说明试纸条的有效性。

[0022] 设置实验一证明灵敏度

将100 $\mu$ L含有一定量兔子IgG的PBST+1%BSA缓冲液缓慢滴加在样品垫上,10分钟后用检测缓冲液PBST+1%BSA清洗,在试纸条上可用肉眼观察到黑色的检测线和控制线;5分钟后,用数码相机拍照;为了实现对此蛋白的定量检测,将图片导入电脑,用ImageJ软件对试纸条的检测线进行信号转化处理,记录相应的响应信息,从而对数据进行分析处理;

按照实施例中方法制备由羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器,其中步骤

(2.3) 中制备羧基修饰多壁碳纳米管标记抗体时原料羊抗兔抗体的浓度为 $20\mu\text{g}/\text{ml}$ ; 制备检测线时, 在制备检测线的位置用Biojet BJQ3000把多克隆羊抗兔IgG喷2遍;

然后分别设置样品浓度为0、0.1、0.2、0.5、0.7、1.0、2.0、5.0、7.0、10、20、50、100ng/ $\text{ml}$ , 使用以上方法制备所得试纸条生物传感器进行检测, 检测结果包括图2中包括试纸条以及用ImageJ软件对试纸条的检测线进行信号转化处理后的响应信息, 图3为试纸条检测校正曲线及样品浓度与响应信号的关系曲线; 通过分析结果得到, 随着样品浓度的增高, 检测线逐渐清晰, 响应信号也不断增强; 当兔子 IgG的浓度继续增高时, 信号增强的速率逐渐下降, 随即到达响应平台; 在样品浓度在0.1到2ng/ $\text{ml}$ 范围内, 响应信号与样品浓度成良好的线性关系; 由此说明, 此试纸条可在一定范围内实现对兔子 IgG的定量检测; 另外, 此方法的检测限为0.1ng/ $\text{ml}$ , 比纳米金标记试纸条灵敏度提高5倍。

#### [0023] 设置实验二证明重现性

分别以样品浓度为0、0.5、5.0ng/ $\text{ml}$ 进行6次重复试验, 对试纸条的重现性进行检验, 得到图4中结果, 计算得其相对标准偏差分别为5.8%、6.7%和5.1%, 说明此羧基修饰多壁碳纳米管标记的免疫试纸条生物传感器具有较好的重现性。

#### [0024] 设置实验三证明特异性

本实验选取Thrombin, PDGF-BB, Human IgG 和 CEA四种蛋白作为代表, 对试纸条特异性进行研究; 分别将500ng/ $\text{ml}$ 的四种蛋白及其混合物加入到5ng/ $\text{ml}$ 的兔子 IgG中, 对其用羧基修饰多壁碳纳米管标记免疫试纸条进行检测, 结果如图5所示, Thrombin, PDGF-BB, Human IgG 和 CEA四种蛋白并未对测试结果产生明显干扰, 说明此免疫试纸条具有良好的特异性。

#### [0025] 设置实验四

证明本发明中以羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器相比传统的纳米金标记的试纸条生物传感器具有更好的信号效果, 分别用两组试纸条生物传感器对浓度为5ng/ $\text{ml}$ 、1.0ng/ $\text{ml}$ 、0ng/ $\text{ml}$ 的兔IgG进行检测, 检测结果如图6中所示, 其中左侧为纳米金标记的试纸条生物传感器的检测结果, 右侧为羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器的检测结果。

[0026] 本发明在最优的实验条件下, 响应信号与兔子IgG在0.1-2ng/ $\text{ml}$ 范围内有良好的线性关系, 检测极限为0.1ng/ $\text{ml}$ , 具有较好的重现性和特异性, 相比传统的纳米金标记具有更好的信号效果, 为实现对蛋白的超灵敏检测提供了一个简便、快捷的检测手段。

[0027] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

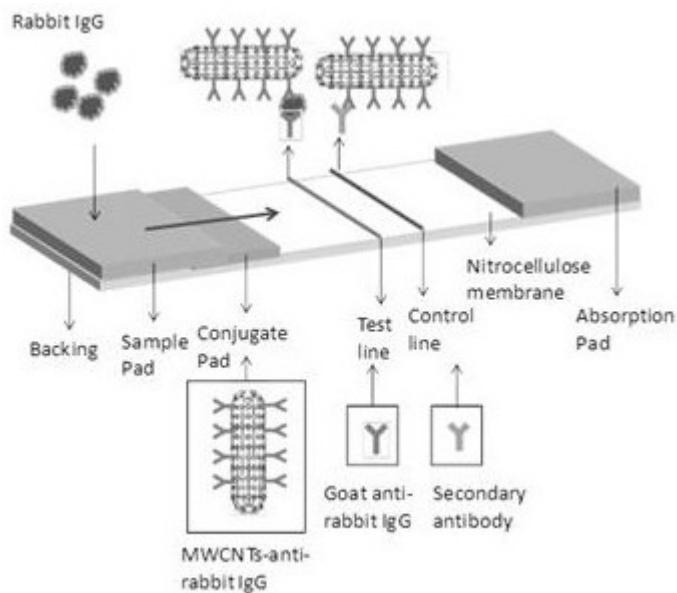


图1

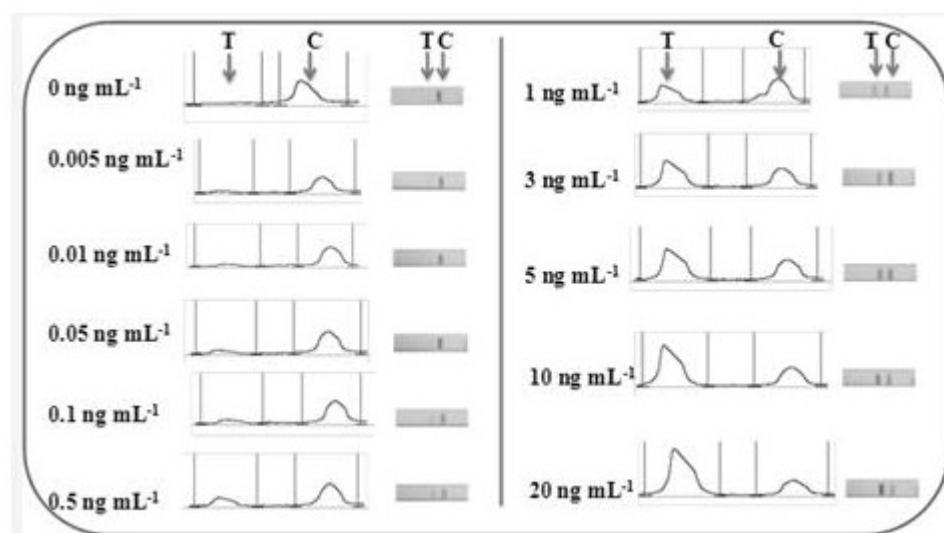


图2

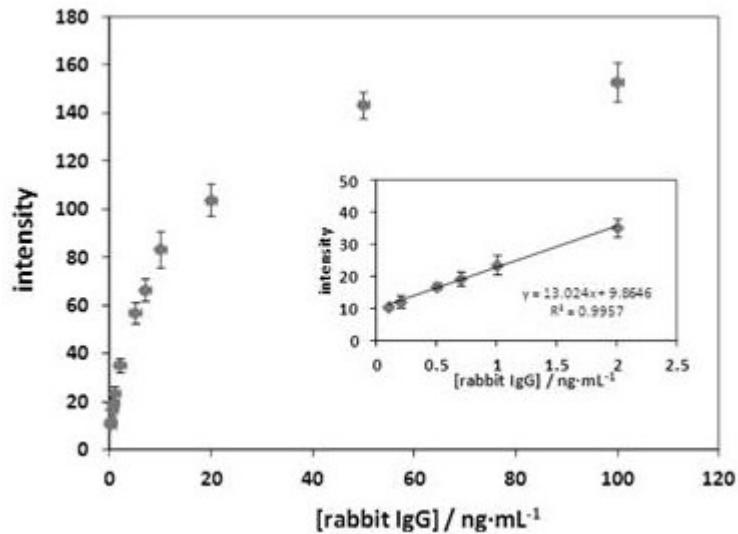


图3

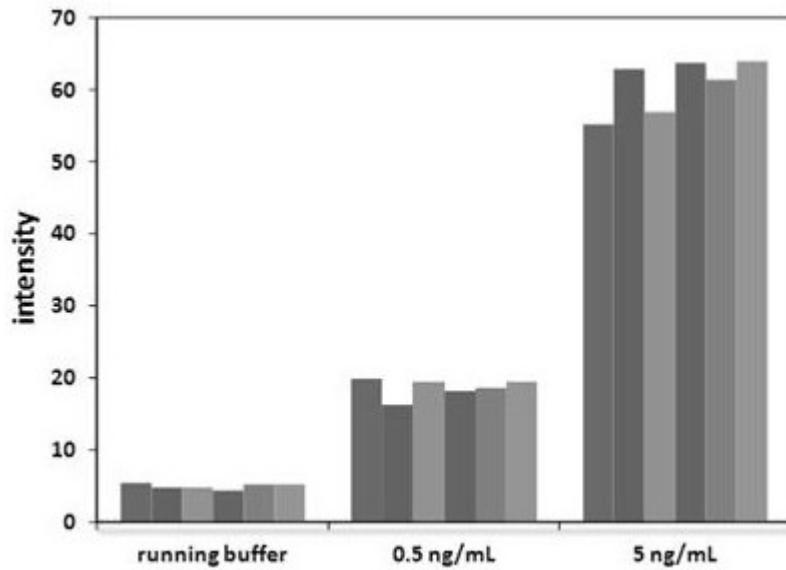


图4

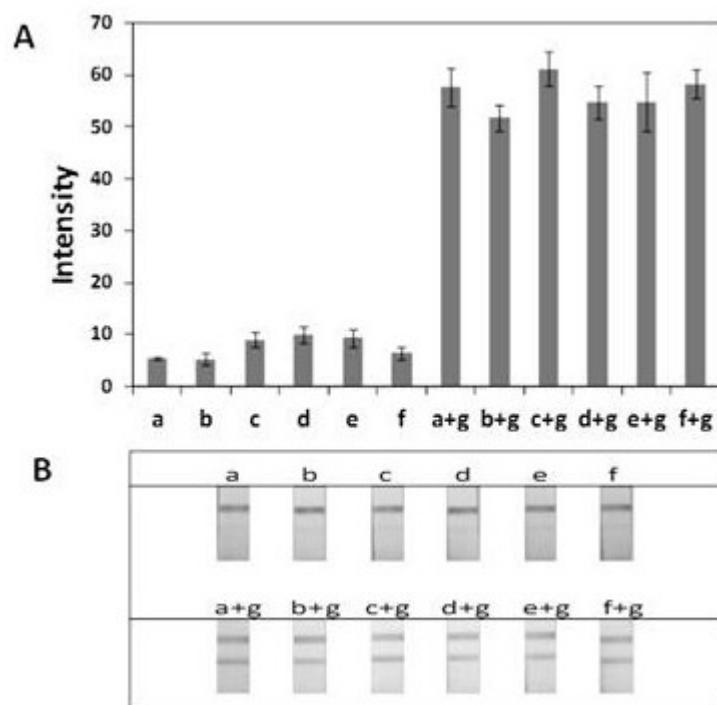


图5

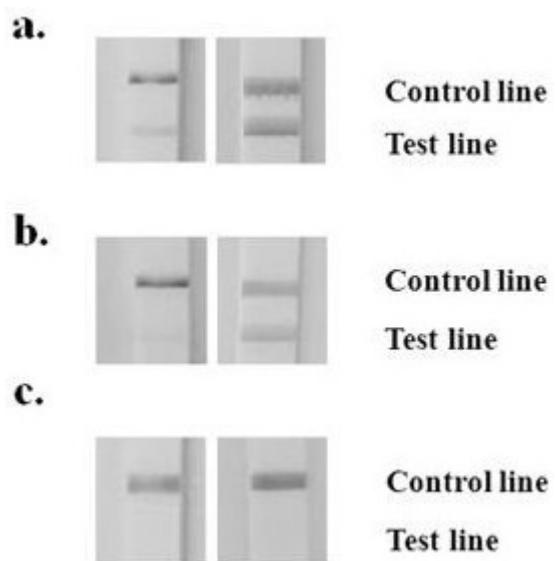


图6

专利名称(译)	一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器及使用方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN110231488A</a>	公开(公告)日	2019-09-13
申请号	CN201910415515.0	申请日	2019-05-18
[标]申请(专利权)人(译)	安徽科技学院		
申请(专利权)人(译)	安徽科技学院		
当前申请(专利权)人(译)	安徽科技学院		
[标]发明人	刘国东 范川 邱万伟 钱立生 李坤		
发明人	刘国东 范川 邱万伟 钱立生 李坤		
IPC分类号	G01N33/68 G01N33/532 G01N33/558		
CPC分类号	G01N33/532 G01N33/558 G01N33/6854		
代理人(译)	徐国法		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">Sipo</a>		

#### 摘要(译)

本发明属于免疫检测和分析技术领域，具体涉及一种基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器及使用方法，包括羧基修饰多壁碳纳米管预处理、羧基修饰躲避碳纳米管标记抗体的制备及其试纸条生物传感器的制备；以及试纸条生物传感器的使用及信号处理。本发明相比现有技术具有以下优点：本发明中基于羧基修饰多壁碳纳米管标记的试纸条生物传感器，以羧基修饰多壁碳纳米管作为标记物，在最优的实验条件下，试纸条生物传感器的检测极限为0.1ng/ml，具有较好的重现性和特异性，相比传统的纳米金标记具有更好的信号效果，为实现对蛋白的超灵敏检测提供了一个简便、快捷的检测手段。

