



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110849948 A

(43)申请公布日 2020.02.28

(21)申请号 201911272027.5

(22)申请日 2019.12.12

(71)申请人 济南大学

地址 250022 山东省济南市市中区南辛庄  
西路336号

(72)发明人 马洪敏 高宁 张益峰 王欢  
王雪莹 任祥 魏琴

(74)专利代理机构 济南誉丰专利代理事务所  
(普通合伙企业) 37240

代理人 于洪伟

(51)Int.Cl.

G01N 27/26(2006.01)

G01N 27/30(2006.01)

G01N 33/531(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

### (54)发明名称

一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米  
复合材料的光电化学免疫传感器的制备及应用

### (57)摘要

本发明涉及一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器的制备及应用。本发明以锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料为基底材料,二氧化锡和二硫化锡能级的良好匹配和锌引入的陷阱能级使得基底材料具有优异的光电流响应。此外,锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡表面原位还原金纳米颗粒之后, $\beta$ -淀粉样蛋白抗体可以直接与之形成金胺键,不必再修饰胶黏性材料连接材料与抗体,这进一步简化了实验步骤。待测 $\beta$ -淀粉样蛋白溶液的量不同,导致形成免疫复合物的量不同,进而导致了对光电信号影响程度的不同。据此,构建的传感器实现了对 $\beta$ -淀粉样蛋白的检测。其检测限为0.05 pg/mL。基于所合成材料构建的免疫传感器具有良好的稳定性、重现性。

1. 一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器的制备, 其特征在于, 包括以下步骤:

1) 将ITO导电玻璃依次用洗洁精、丙酮、乙醇、0.1 mol/L氢氧化钠溶液和超纯水超声清洗0.5 h, 氮气下吹干;

2) 取8  $\mu$ L锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的溶液滴加到ITO导电玻璃的导电面, 室温下晾干;

3) 滴加6  $\mu$ L、1  $\mu$ g/mL的 $\beta$ -淀粉样蛋白抗体溶液, 4  $^{\circ}$ C下孵化1 h后超纯水清洗, 自然晾至湿润薄膜状态;

4) 滴加3  $\mu$ L、质量分数为1% ~ 3%的牛血清白蛋白溶液于修饰电极表面, 0.5 h后用超纯水冲洗电极表面, 4  $^{\circ}$ C冰箱中晾至湿润薄膜状态;

5) 滴加6  $\mu$ L浓度为0.1 pg/mL ~ 100 ng/mL  $\beta$ -淀粉样蛋白标准溶液, 4 ~ 50  $^{\circ}$ C恒温孵化4 h后超纯水冲洗电极表面, 制得一种检测 $\beta$ -淀粉样蛋白的光电化学免疫传感器。

2. 如权利要求1所述一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器的制备, 所述锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的溶液, 其特征在于, 制备步骤如下:

1) 取0.2 ~ 2 g四氯化锡五水合物加入到10 ~ 50 mL超纯水中, 磁力搅拌10 min, 再向溶液中加入0.001 ~ 0.2 g硝酸锌六水合物, 然后, 再加入0.5 ~ 1 g硫代乙酰胺;

2) 将此溶液搅拌1 h后移入反应釜, 在100 ~ 200 $^{\circ}$ C下反应6 ~ 16 h, 自然冷却, 所得产物用无水乙醇和超纯水各洗涤3次, 离心分离, 40  $^{\circ}$ C真空干燥12 h;

3) 称量0.1 ~ 1 g制备的锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡材料, 加入100 mL蒸馏水中, 在室温下搅拌0.5 h, 然后向悬浮液中逐滴加入0.1 ~ 1.0 mL氯金酸四水合物(1%质量分数), 并在室温下搅拌4 h, 然后, 再将0.3 ~ 2.5 mL 氯金酸四水合物连续滴入悬浮液中, 并将反应混合物搅拌12 h, 最后, 离心并洗涤得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料, 并在50  $^{\circ}$ C的真空烘箱中干燥8 h, 研磨后得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料配置成浓度为1 ~ 6 mg/mL的锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料水溶液。

3. 如权利要求1所述的制备方法制备的一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器, 用于 $\beta$ -淀粉样蛋白的检测, 检测步骤如下:

1) 使用电化学工作站以三电极体系进行测试, 饱和甘汞电极为参比电极, 铂丝电极为辅助电极, 制备的ITO修饰电极为工作电极, 在15 mL、pH 为5.1 ~ 8.0的溶有浓度为0.05 ~ 0.3 mol/L的抗坏血酸的磷酸盐缓冲溶液中进行测试;

2) 用时间-电流法对 $\beta$ -淀粉样蛋白标准溶液进行检测, 设置电压为0 V, 运行时间120 s, 光源波长为400 ~ 450 nm;

3) 电极放置好之后, 每隔20 s开灯持续照射20 s, 记录光电流, 绘制工作曲线;

4) 用待测的 $\beta$ -淀粉样蛋白样品溶液代替 $\beta$ -淀粉样蛋白标准溶液进行检测。

## 一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器的制备及应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器的制备及应用,具体是采用锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料作为基底材料制备了一种灵敏检测 $\beta$ -淀粉样蛋白的光电化学免疫传感器,属于新型功能材料与生物传感检测技术领域。

### 背景技术

[0002]  $\beta$ -淀粉样蛋白是一种含有39 ~ 43个氨基酸的多肽,是导致神经元死亡的原因,也被科学家认为是阿尔茨海默病的生物标志物,其含量与疾病的发展的程度密切相关。阿尔茨海默病是一种常见的中枢神经系统退行性疾病,是导致痴呆的最常见的神经系统疾病。主要表现为认知功能障碍、进行性记忆障碍、人格改变、语言障碍等神经精神症状, $\beta$ -淀粉样蛋白被视为阿尔兹海默症的生物标志物。

[0003] 研究人员采用了多种方法来实现 $\beta$ -淀粉样蛋白的检测。例如,Wang等采用电化学发光方法实现了对 $\beta$ -淀粉样蛋白在50 pg/mL~ 50000 pg/mL浓度范围内的准确检测,检测限为0.206 pg/mL(ACS Appl. Mater. Interfaces,8, 1296-1302.)。Rajasekhar等采用荧光偏振法实现了对 $\beta$ -淀粉样蛋白的检测,检测范围为20 ~ 600 pg/mL,检测限为7.30 pg/mL。(Biosens. Bioelectron,98, 54-61)。Tang等采用荧光免疫法实现了对 $\beta$ -淀粉样蛋白的检测,检测范围为23 ~ 456.2 pg/mL,检测限为7.6 pg/mL(Spectrochim. Acta A,201, 82-87)。电化学检测和荧光检测的实现了对 $\beta$ -淀粉样蛋白的检测,但检测精度不高并且检测方法背景信号大,不利于检测限的进一步提高。而光电化学检测的激发信号是光,检测信号是电。激发和被检两种信号能量形式的不同导致了光电检测具有很低的背景信号,使得光电检测可以达到极低的检测限。此外,光电检测还具有设备简单、灵敏度高、易于微型化等特点,已发展成为一种极具应用潜力的分析方法。

[0004] 在光电传感器的设计中,基底材料的高电子传输性能也是一个重要的参考因素。目前,这些材料主要包括二氧化钛、硫化镉等半导体材料。但是,目前广泛使用的二氧化钛具有带隙宽、光电转换效率低、价格高等缺点,由于二氧化钛带隙宽,在可见光范围内没有光响应,而硫化镉材料毒性高,易发生光腐蚀。因此,有必要对光电转换效率高、成本低、易获得、低毒、无害的光电活性材料进行研究所以,具有高光电转换效率的环境友好型光电转换材料仍需要探索。

[0005] 二氧化锡是一种化学稳定性非常好的半导体材料,价格低廉,易于制备,已被广泛应用于太阳能电池,气体传感器,电容器等领域,在储能,催化,水处理和能量转换方面也具有很大的潜力。但是,其较大的禁带宽度约为3.6 eV,使其在可见光下的光响应十分微弱,这严重阻碍了它的应用。二硫化锡是一种禁带宽度约为2.2 eV的n型薄层结构半导体,具备价格低廉、良好的稳定性、无污染、分布广泛等优势。研究发现,当水热法合成二硫化锡时,如果硫源的量小于锡源的两倍,合成的材料表面会有一部分二氧化锡,这大大提高了二

硫化锡易积累缺陷和光吸收能力;另外两者匹配的能级结构也使得光生电子空穴对的复合率大大降低。除此之外,在合成二氧化锡/二硫化锡时,加入锌源,使得在生成的材料中带有缺陷能级,进一步降低光生电子空穴对的复合率,使得光电信号得以进一步增大。

[0006] 产生被检电信号的基底材料对传感器的性能起着非常重要的作用。具有高光电转换效率并且性能稳定的基底材料一直是研究人员的探索目标。近年来,发现掺杂可以大大提升材料的光电转换效率,并且克服单组分存在的光腐蚀等问题。本发明采用一锅水热法合成了锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡复合材料,解决了合成步骤复杂的难题。此外,本发明以锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料为光电转换材料构建了光电化学免疫传感器,实现了对 $\beta$ -淀粉样蛋白的灵敏检测。该材料的合成方法未被其它专利文献报道,其在光电化学免疫传感器中的应用也尚未被报道。

## 发明内容

[0007] 本发明的目的之一是在硫代乙酰胺存在的情况下,通过控制加入硫代乙酰胺的量,控制产物中二氧化锡和二硫化锡的比例,通过光电流测试确定二氧化锡和二硫化锡的最佳比例。

[0008] 本发明的目的之二是通过简单的一锅水热法合成出锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡复合材料,并实现其在光电转换方面的应用。

[0009] 本发明的目的之三是通过负载金纳米, $\beta$ -淀粉样蛋白抗体可以直接与之形成金胺键,不必再修饰其它胶黏性材料连接材料与抗体,简化实验步骤,合成过程简单。

[0010] 本发明的目的之四是以锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料为基底制备出一种灵敏度高、特异性强、重现性好、检测速度快的光电化学免疫传感器,实现了可见光条件下对 $\beta$ 淀粉样蛋白的超灵敏检测。

[0011] 本发明的技术方案如下:

1. 一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器的制备,包括以下步骤:

1) 将ITO导电玻璃依次用洗洁精、丙酮、乙醇、0.1 mol/L氢氧化钠溶液和超纯水超声清洗0.5 h,氮气下吹干;

2) 取8  $\mu$ L锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的溶液滴加到ITO导电玻璃的导电面,室温下晾干;

3) 滴加6  $\mu$ L、1  $\mu$ g/mL的 $\beta$ -淀粉样蛋白抗体溶液,4  $^{\circ}$ C下孵化1 h后超纯水清洗,自然晾干至湿润薄膜状态;

4) 滴加3  $\mu$ L、质量分数为1% ~ 3%的牛血清白蛋白溶液于修饰电极表面,0.5 h后用超纯水冲洗电极表面,4  $^{\circ}$ C冰箱中晾干至湿润薄膜状态;

5) 滴加6  $\mu$ L浓度为0.1 pg/mL ~ 100 ng/mL  $\beta$ -淀粉样蛋白标准溶液,4 ~ 50  $^{\circ}$ C恒温孵化4 h后超纯水冲洗电极表面,制得一种检测 $\beta$ -淀粉样蛋白的光电化学免疫传感器。

[0012] 2. 锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的溶液,制备步骤如下:

1) 取0.2 ~ 2 g四氯化锡五水合物加入到10 ~ 50 mL超纯水中,磁力搅拌10 min,再向溶液中加入0.001 ~ 0.2 g硝酸锌六水合物,然后,再加入0.5 ~ 1 g硫代乙酰胺;

2) 将此溶液搅拌1 h后移入反应釜,在100 ~ 200 $^{\circ}$ C下反应6 ~ 16 h,自然冷却,所得产

物用无水乙醇和超纯水各洗涤3次,离心分离,40 °C真空干燥12 h;

3)称量0.1 ~ 1 g制备的锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡材料,加入100 mL蒸馏水中,在室温下搅拌0.5 h,然后向悬浮液中逐滴加入0.1 ~ 1.0 mL氯金酸四水合物(1%质量分数),并在室温下搅拌4 h,然后,再将0.3 ~ 2.5 mL 氯金酸四水合物连续滴入悬浮液中,并将反应混合物搅拌12 h,最后,离心并洗涤得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料,并在50 °C的真空烘箱中干燥8 h,研磨后得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料配置成浓度为1 ~ 6 mg/mL的锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料水溶液。

[0013] 3. 一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器,用于 $\beta$ -淀粉样蛋白的检测,检测步骤如下:

1)使用电化学工作站以三电极体系进行测试,饱和甘汞电极为参比电极,铂丝电极为辅助电极,制备的ITO修饰电极为工作电极,在15 mL、pH 为5.1 ~ 8.0的溶有浓度为0.05 ~ 0.3 mol/L的抗坏血酸的PBS缓冲溶液中进行测试;

2)用时间-电流法对 $\beta$ -淀粉样蛋白标准溶液进行检测,设置电压为0 V,运行时间120 s,光源波长为400 ~ 450 nm;

3)电极放置好之后,每隔20 s开灯持续照射20 s,记录光电流,绘制工作曲线;

4)用待测的 $\beta$ -淀粉样蛋白样品溶液代替 $\beta$ -淀粉样蛋白标准溶液进行检测。

[0014] 本发明的有益成果

1. 锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡表面原位还原金纳米之后, $\beta$ -淀粉样蛋白抗体可以直接与之形成金胺键,不必再修饰胶黏性材料连接材料与抗体,这进一步简化了实验步骤。

[0015] 2. 本发明采用一步水热法首次成功地合成了锌掺杂二氧化锡/二硫化锡材料高倍透射电子显微镜显示为表面负载有棒状物(~ 20 nm)的片(~ 50 nm)。X射线光电子能谱分析证明了复合物中氧、锡、硫、锌、金五种元素的存在。同时,X射线能谱分析也进一步证明金负载成功。得益于二氧化锡和二硫化锡两种组分的能带匹配良好,锌引入的杂质能级使得本工作的基底材料具有优异的光电流响应。所合成的锌掺杂二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料所述的光电流测试中展示出了75微安的光电流响应,这是二氧化锡光电流响应的60倍,二硫化锡材料的50倍。通过掺杂锌提高了光电流响应,该复合材料在光电转换方面应用潜力巨大。

[0016] 3. 通过控制硫代乙酰胺的量可以控制产物中二氧化锡和二硫化锡的比例,通过测试光电流响应可以确定基底材料中二氧化锡和二硫化锡的最佳比例。

[0017] 4. 本发明制备的光电化学免疫传感器,用于 $\beta$ -淀粉样蛋白的检测,响应时间短,检测限低,线性范围宽,稳定性好,可以实现简单、快速、高灵敏和特异性检测,本发明制备的传感器对 $\beta$ -淀粉样蛋白检测线性范围为0.1 pg/mL ~ 100 ng/mL,检测限达到0.05 pg/mL。

## 具体实施方案

[0018] 实施例1 一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器的制备:

1)将ITO导电玻璃依次用洗洁精、丙酮、乙醇、0.1 mol/L氢氧化钠溶液和超纯水超声清洗0.5 h,氮气下吹干;

2) 取6  $\mu\text{L}$  锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的溶液滴加到ITO导电玻璃的导电面, 室温下晾干;

3) 滴加6  $\mu\text{L}$ 、1  $\mu\text{g/mL}$  的 $\beta$ -淀粉样蛋白抗体溶液, 4  $^{\circ}\text{C}$ 下孵化1 h后超纯水清洗, 自然晾至湿润薄膜状态;

4) 滴加3  $\mu\text{L}$ 、质量分数为1%的牛血清白蛋白溶液于修饰电极表面, 0.5 h后用超纯水冲洗电极表面, 4  $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中晾至湿润薄膜状态;

5) 滴加6  $\mu\text{L}$  浓度为0.1  $\mu\text{g/mL}$  ~ 100  $\text{ng/mL}$   $\beta$ -淀粉样蛋白标准溶液, 37  $^{\circ}\text{C}$ 恒温孵化4 h后超纯水冲洗电极表面, 制得一种检测 $\beta$ -淀粉样蛋白的光电化学免疫传感器。

[0019] 实施例2 锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡溶液的制备:

向30 mL超纯水中依次加入1.75 g 四氯化锡五水合物、0.25 g 硝酸锌六水合物和0.60 g 硫代乙酰胺并磁力搅拌30 min, 将上述溶液移入50 mL反应釜, 190  $^{\circ}\text{C}$ 下反应6 h, 自然冷却, 所得产物用无水乙醇和超纯水各洗涤3次, 离心分离, 40  $^{\circ}\text{C}$ 真空干燥12 h, 研磨后得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡材料, 并配置成浓度为1  $\text{mg/mL}$  的锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡水溶液。

[0020] 实施例3 锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡溶液的制备:

向30 mL超纯水中依次加入1.75 g 四氯化锡五水合物、0.19 g 硝酸锌六水合物和0.67 g 硫代乙酰胺并磁力搅拌30 min, 将上述溶液移入50 mL反应釜, 190  $^{\circ}\text{C}$ 下反应6 h, 自然冷却, 所得产物用无水乙醇和超纯水各洗涤3次, 离心分离, 40  $^{\circ}\text{C}$ 真空干燥12 h, 研磨后得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡材料, 并配置成浓度为3  $\text{mg/mL}$  的锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡水溶液。

[0021] 实施例4 锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡溶液的制备:

向30 mL超纯水中依次加入1.75 g 四氯化锡五水合物、0.07 g 硝酸锌六水合物和0.75 g 硫代乙酰胺并磁力搅拌30 min, 将上述溶液移入50 mL反应釜, 190  $^{\circ}\text{C}$ 下反应6 h, 自然冷却, 所得产物用无水乙醇和超纯水各洗涤3次, 离心分离, 40  $^{\circ}\text{C}$ 真空干燥12 h, 研磨后得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡材料, 并配置成浓度为6  $\text{mg/mL}$  的锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡水溶液。

[0022] 实施例5 锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料溶液的制备:

称量0.2 g 锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡材料, 加入50 mL蒸馏水中, 在室温下搅拌0.5 h, 然后向悬浮液中逐滴加入0.15 mL 氯金酸四水合物(2%)并在室温下搅拌4 h, 然后, 再将0.3 mL 氯金酸四水合物连续滴入悬浮液中, 并将反应混合物搅拌12 h, 最后, 离心并洗涤得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料, 并在50  $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中干燥8 h, 研磨后得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料配置成浓度为1  $\text{mg/mL}$  的锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料水溶液。

[0023] 实施例6 锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料溶液的制备:

称量0.5 g 锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡材料, 加入100 mL蒸馏水中, 在室温下搅拌0.5 h, 然后向悬浮液中逐滴加入0.1 ~ 1.0 mL 氯金酸四水合物(1%)并在室温下搅拌4 h, 然后, 再将0.3 ~ 2.5 mL 氯金酸四水合物连续滴入悬浮液中, 并将反应混合物搅拌12 h, 最后, 离心并洗涤得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料, 并在50  $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中干燥8 h, 研磨后得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料配置成浓度为3  $\text{mg/mL}$  的

锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料水溶液。

[0024] 实施例7 锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料溶液的制备：

称量1 g锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡材料，加入100 mL蒸馏水中，在室温下搅拌0.5 h，然后向悬浮液中逐滴加入0.8 mL氯金酸四水合物(1%)并在室温下搅拌4 h，然后，再将2.4 mL 氯金酸四水合物连续滴入悬浮液中，并将反应混合物搅拌12 h，最后，离心并洗涤得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料，并在50 °C的真空烘箱中干燥8 h，研磨后得到锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料配置成浓度为6 mg/mL的锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料水溶液。

[0025] 实施例8  $\beta$ -淀粉样蛋白的检测

(1)使用电化学工作站以三电极体系进行测试，饱和甘汞电极为参比电极，铂丝电极为辅助电极，制备的IT0修饰电极为工作电极，在15 mL、pH 为5.5的溶有浓度为0.1 mol/L的抗坏血酸的PBS缓冲溶液中进行测试；

(2)用时间-电流法对 $\beta$ -淀粉样蛋白标准标准溶液进行检测，设置电压为0 V，运行时间140 s，光源波长为380 nm；

(3)电极放置好之后，每隔20 s开灯持续照射20 s，记录光电流，绘制工作曲线；

(4)用待测的 $\beta$ -淀粉样蛋白样品溶液代替 $\beta$ -淀粉样蛋白标准溶液进行检测。

[0026] 例9  $\beta$ -淀粉样蛋白的检测

(1)使用电化学工作站以三电极体系进行测试，饱和甘汞电极为参比电极，铂丝电极为辅助电极，制备的IT0修饰电极为工作电极，在15 mL、pH 为7.4的溶有浓度为0.25 mol/L的抗坏血酸的PBS缓冲溶液中进行测试；

(2)用时间-电流法对 $\beta$ -淀粉样蛋白标准标准溶液进行检测，设置电压为0 V，运行时间140 s，光源波长为450 nm；

(3)电极放置好之后，每隔20 s开灯持续照射20 s，记录光电流，绘制工作曲线；

(4)用待测的 $\beta$ -淀粉样蛋白样品溶液代替 $\beta$ -淀粉样蛋白标准溶液进行检测。

[0027] 实施例10 应用实施例1构建的传感器按照实施例9的检测方法对 $\beta$ -淀粉样蛋白标准溶液进行了检测，测得传感器的线性检测范围为0.1 pg/mL ~ 100 ng/mL，检测限达到0.05 pg/mL。该传感器具有的优越稳定性和选择性使其在生物标志物检测领域和其他相关领域展现出巨大的潜力。

专利名称(译)	一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器的制备及应用		
公开(公告)号	<a href="#">CN110849948A</a>	公开(公告)日	2020-02-28
申请号	CN201911272027.5	申请日	2019-12-12
[标]申请(专利权)人(译)	济南大学		
申请(专利权)人(译)	济南大学		
当前申请(专利权)人(译)	济南大学		
[标]发明人	马洪敏 高宁 张益峰 王欢 王雪莹 任祥 魏琴		
发明人	马洪敏 高宁 张益峰 王欢 王雪莹 任祥 魏琴		
IPC分类号	G01N27/26 G01N27/30 G01N33/531		
CPC分类号	G01N27/26 G01N27/30 G01N33/531		
代理人(译)	于洪伟		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

本发明涉及一种锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料的光电化学免疫传感器的制备及应用。本发明以锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡-金纳米复合材料为基底材料，二氧化锡和二硫化锡能级的良好匹配和锌引入的陷阱能级使得基底材料具有优异的光电流响应。此外，锌掺杂的二氧化锡/二硫化锡表面原位还原金纳米颗粒之后， $\beta$ -淀粉样蛋白抗体可以直接与之形成金胺键，不必再修饰胶黏性材料连接材料与抗体，这进一步简化了实验步骤。待测 $\beta$ -淀粉样蛋白溶液的量不同，导致形成免疫复合物的量不同，进而导致了对光电信号影响程度的不同。据此，构建的传感器实现了对 $\beta$ -淀粉样蛋白的检测。其检测限为0.05 pg/mL。基于所合成材料构建的免疫传感器具有良好的稳定性、重现性。