



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110672863 A

(43)申请公布日 2020.01.10

(21)申请号 201910936447.2

(22)申请日 2019.09.29

(71)申请人 桂林理工大学

地址 541004 广西壮族自治区桂林市七星区建干路12号

(72)发明人 张云 姚茂茂 聂瑾芳 庄苗苗

(51)Int.Cl.

G01N 33/84(2006.01)

G01N 33/53(2006.01)

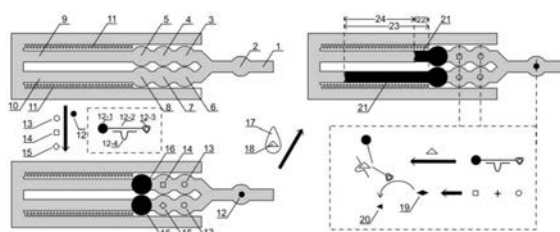
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种二价铅离子免仪器定量检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种二价铅离子免仪器定量检测方法。利用Pb<sup>2+</sup>特异性结合修饰在微珠表面的DNA酶链后切割底物DNA链以释放催化探针用于原位产生气体产物,进而介导多通道纸芯片纸体润湿性变化以选择性调控彩色试剂在不同纸通道中流动长度的机制。Pb<sup>2+</sup>浓度与不同通道中彩色试剂的流动长度差值成正比关系。通过目视直接读取纸芯片中与彩色试剂流动长度相关的刻度数目和差值,就能实现nM水平Pb<sup>2+</sup>的免仪器定量检测。本发明方法操作简单、成本低廉、分析快速、不需使用专业分析仪器设备、适于Pb<sup>2+</sup>的现场分析和即时检测。本方法能直接推广应用于环境监测、食品安全、医学诊断等诸多领域里各类溶液样品中Pb<sup>2+</sup>的简单、经济、快速、灵敏、特异的便携式定量检测。



1. 一种二价铅离子免仪器定量检测方法,其特征在于具体步骤为:

(1) 制备多通道纸芯片,并在其长方形加样通道中圆形微区滴加固定表面修饰了末端标记催化探针的底物DNA链及 $Pb^{2+}$ 依赖的DNA酶链的功能化微珠;

(2) 在纸芯片上部长方形分析通道的三个尺寸相同的圆形微区依次固定反应试剂1、反应试剂2以及彩色试剂,并在纸芯片下部长方形分析通道的三个尺寸相同的圆形微区依次固定反应试剂1、惰性试剂以及彩色试剂;

(3) 将纸芯片加样通道尖端置于 $Pb^{2+}$ 样品溶液和pH值为7的缓冲溶液的等体积混合溶液中数秒钟,随后观察两个分析通道中彩色试剂的流动情况,待其停止流动后读取与彩色试剂流动长度相关的刻度数目,所得流动长度差值与 $Pb^{2+}$ 的浓度呈正相关,从而实现 $Pb^{2+}$ 的免仪器定量检测;

所述纸芯片为镂空型和疏水性物质图案化型中的一种,其具有Y型结构,主要包含连通的长方形加样通道和上下两个形状相同的长方形分析通道;

所述纸芯片的长方形加样通道的长为1~2 cm,宽为1.5~2.5 mm,其中部设计直径为4~7 mm的圆形微区用于滴加固定表面修饰了末端标记催化探针的底物DNA链及 $Pb^{2+}$ 依赖的DNA酶链的功能化微珠,该功能化微珠为无机物和有机物中的一种,其粒径为1~5  $\mu m$ ,同时该功能化微珠不随液体在纸通道中流动;

所述催化探针、反应试剂1和反应试剂2在上部分分析通道的第二个圆形微区混合后能够生成不溶于反应溶液的气体产物,其中上部分分析通道长为5~7 cm,宽为1.5~2.5 mm,第二个圆形微区的直径为4~7 mm;

所述惰性试剂与反应试剂2的润湿性类似,且与催化探针及反应试剂1三者在下部分分析通道的第二个圆形微区混合后不发生化学与生物反应;

所述彩色试剂被滴加固定在纸芯片两个分析通道中最后一个圆形纸微区的整个亲水性纸体中,该彩色试剂在纸体中所形成的彩色印迹具有良好的水溶性,被反应溶液溶解后形成的彩色溶液能够在毛细管作用下从圆形亲水性纸体中自发流向后部的长方形亲水性纸通道;

所述 $Pb^{2+}$ 样品溶液被纸芯片吸取后发生的反应是 $Pb^{2+}$ 可特异性结合修饰在微珠表面的DNA酶链以切割底物DNA链,从而释放出催化探针与上部分分析通道中的反应试剂1和反应试剂2在第二个圆形纸微区中混合,三者混合后生成不溶于反应溶液的气体产物,增强该圆形纸微区中纸体的疏水性,降低或完全阻止后续流往第三个圆形纸微区以溶解彩色试剂并在后部长方形通道中流动的反应溶液的体积,进而调控总体积恒定的反应溶液更多地流向下部分分析通道。

## 一种二价铅离子免仪器定量检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于纳米化学传感技术领域,具体涉及一种二价铅离子免仪器定量检测方法。

### 背景技术

[0002] 全球范围的环境污染问题日益严峻。由二价铅离子( $\text{Pb}^{2+}$ )等重金属离子引发的水污染是最严重的环境污染问题之一,严重威胁着人类健康。例如,人体内过量的 $\text{Pb}^{2+}$ 将影响儿童大脑和神经系统的发育、加大成人发生高血压和肾脏损害危险、导致孕妇流产、死产、早产和低出生体重等。《国标生活饮用水卫生标准(GB 5749-2006)》中限定饮用水中铅含量不得超过0.01 mg/L(约48 nM)。为保障饮用水、食物和环境中的 $\text{Pb}^{2+}$ 不影响人体健康和生命安全, $\text{Pb}^{2+}$ 的定量检测意义重大。现有的常规金标准 $\text{Pb}^{2+}$ 定量检测技术主要包括电感耦合等离子体质谱法、原子吸收光谱法、原子发射光谱法、原子荧光光谱法等。然而,这些定量方法普遍存在分析成本昂贵、操作步骤繁琐费时、不适于家庭应用与野外现场分析等问题。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是针对现有定量技术的不足,提供一种二价铅离子免仪器定量检测方法。

[0004] 本发明的思路:通过 $\text{Pb}^{2+}$ 特异性结合其DNA酶链后,对相应的底物DNA链进行切割,以释放预先标记在底物DNA链某端的催化探针。该探针随后参与纸芯片中后续的催化反应原位产生气体产物,进而通过介导纸芯片纸体润湿性变化,选择性调控彩色试剂在纸芯片不同通道中的流动长度。 $\text{Pb}^{2+}$ 浓度与不同通道中彩色试剂的流动长度差值成正比关系。通过目视读取纸芯片不同通道中与彩色试剂流动长度相关的刻度数目,代替电感耦合等离子体质谱仪、原子吸收光谱仪、原子荧光光谱仪等价格昂贵且缺乏便携性的专业分析仪器进行信号(彩色试剂的流动长度)读取,即可实现 $\text{Pb}^{2+}$ 的简单、快速、低成本、便携式准确定量分析。

[0005] 具体步骤为:

(1) 制备多通道纸芯片,并在其长方形加样通道中圆形微区滴加固定表面修饰了末端标记催化探针的底物DNA链及 $\text{Pb}^{2+}$ 依赖的DNA酶链的功能化微珠。

[0006] (2) 在纸芯片上部长方形分析通道的三个尺寸相同的圆形微区依次固定反应试剂1、反应试剂2以及彩色试剂,并在纸芯片下部长方形分析通道的三个尺寸相同的圆形微区依次固定反应试剂1、惰性试剂以及彩色试剂。

[0007] (3) 将纸芯片加样通道尖端置于 $\text{Pb}^{2+}$ 样品溶液和pH值为7的缓冲溶液的等体积混合溶液中数秒钟,随后观察两个分析通道中彩色试剂的流动情况,待其停止流动后读取与彩色试剂流动长度相关的刻度数目,所得流动长度差值与 $\text{Pb}^{2+}$ 的浓度呈正相关,从而实现 $\text{Pb}^{2+}$ 的免仪器定量检测。

[0008] 所述纸芯片为镂空型和疏水性物质图案化型中的一种,其具有Y型结构,主要包含

连通的长方形加样通道和上下两个形状相同的长方形分析通道。

[0009] 所述纸芯片的长方形加样通道的长为1~2 cm,宽为1.5~2.5 mm,其中部设计直径为4~7 mm的圆形微区用于滴加固定表面修饰了末端标记催化探针的底物DNA链及 $Pb^{2+}$ 依赖的DNA酶链的功能化微珠,该功能化微珠为无机物和有机物中的一种,其粒径为1~5  $\mu m$ ,同时该功能化微珠不随液体在纸通道中流动。

[0010] 所述催化探针、反应试剂1和反应试剂2在上部分分析通道的第二个圆形微区混合后能够生成不溶于反应溶液的气体产物,其中上部分分析通道长为5~7 cm,宽为1.5~2.5 mm,第二个圆形微区的直径为4~7 mm。

[0011] 所述惰性试剂与反应试剂2的润湿性类似,且与催化探针及反应试剂1三者在下部分分析通道的第二个圆形微区混合后不发生化学与生物反应。

[0012] 所述彩色试剂被滴加固定在纸芯片两个分析通道中最后一个圆形纸微区的整个亲水性纸体中,该彩色试剂在纸体中所形成的彩色印迹具有良好的水溶性,被反应溶液溶解后形成的彩色溶液能够在毛细管作用下从圆形亲水性纸体中自发流向后部的长方形亲水性纸通道。

[0013] 所述 $Pb^{2+}$ 样品溶液被纸芯片吸取后发生的反应是 $Pb^{2+}$ 可特异性结合修饰在微珠表面的DNA酶链以切割底物DNA链,从而释放出催化探针与上部分分析通道中的反应试剂1和反应试剂2在第二个圆形纸微区中混合,三者混合后生成不溶于反应溶液的气体产物,增强该圆形纸微区中纸体的疏水性,降低或完全阻止后续流往第三个圆形纸微区以溶解彩色试剂并在后部长方形通道中流动的反应溶液的体积,进而调控总体积恒定的反应溶液更多地流向下部分分析通道。

[0014] 与现有的常规金标准 $Pb^{2+}$ 定量检测方法相比,本发明的突出优点在于:

(1)滤纸、色谱层析纸、硝酸纤维素膜等多孔性纸基材成本低廉,纸芯片可批量制备,且单个芯片尺寸小巧(厘米级别,便于保存、携带和使用)。

[0015] (2)利用纸芯片定量检测 $Pb^{2+}$ 的操作过程极为简单和快速,仅涉及两个步骤——样品溶液吸取和彩色试剂流动长度读取,从而在极大降低分析成本的同时还能实现 $Pb^{2+}$ 的家庭检测和野外现场分析。

[0016] (3)本发明可直接推广应用于环境监测、食品安全、医学诊断等诸多领域里各类溶液样品中 $Pb^{2+}$ 分析物的简单、经济、快速、灵敏、特异的便携式定量检测。

## 附图说明

[0017] 图1为本发明的 $Pb^{2+}$ 免仪器定量检测方法的原理示意图。

[0018] 图中标记:1-纸芯片的长方形加样通道;2-加样通道中的圆形纸微区;3-上部长方形分析通道中的第一个圆形纸微区;4-上部分分析通道中的第二个圆形纸微区;5-上部分分析通道中的第三个圆形纸微区;6-下部长方形分析通道中的第一个圆形纸微区;7-下部分分析通道中的第二个圆形纸微区;8-下部分分析通道中的第三个圆形纸微区;9-上部长方形分析通道中的彩色试剂流动通道;10-下部长方形分析通道中的彩色试剂流动通道;11-纸芯片中用于指示彩色试剂流动长度的刻度;12-表面修饰了末端标记催化探针的底物DNA链及 $Pb^{2+}$ 依赖的DNA酶链的功能化微珠(12-1-微珠,12-2-底物DNA链,12-3-标记在底物DNA链末端的催化探针,12-4- $Pb^{2+}$ 依赖的DNA酶链);13-固定在两个长方形分析通道的第一个圆形纸

微区中的反应试剂1;14-固定在上部分分析通道的第二个圆形纸微区中的反应试剂2;15-固定在下部分分析通道的第二个圆形纸微区中的惰性试剂;16-固定在两个长方形分析通道的第三个圆形纸微区中的彩色试剂;17-样品溶液和缓冲溶液的等体积混合溶液;18-Pb<sup>2+</sup>;19-反应试剂1和2反应生成的二级产物;20-Pb<sup>2+</sup>结合DNA酶链并切割底物DNA链后释放出的催化探针催化前述二级产物生成的不溶于反应溶液的气体产物;21-固定在纸芯片中的彩色试剂被反应溶液再次溶解并流入两个长方形通道后形成的彩色印迹;22-上部分分析通道中彩色试剂的流动长度;23-下部分分析通道中彩色试剂的流动长度;24-上下两个分析通道中彩色试剂的流动长度差值。

[0019] 图2为本发明实施例1中使用本发明的Pb<sup>2+</sup>免仪器定量检测方法分别检测不含分析物离子的空白水样(blank)、62 nM Pb<sup>2+</sup>水样、其他15种金属离子水样(离子浓度均为10 μM)、这些金属离子与62 nM Pb<sup>2+</sup>的混合水样所得信号值(纸芯片两个分析通道中彩色试剂红墨水的流动长度差值,length change)的比较。图中的误差棒为三次平行实验结果的标准偏差。

[0020] 图3为本发明实施例2中使用本发明的Pb<sup>2+</sup>免仪器定量检测方法分析一系列浓度范围为1.8~500 nM的Pb<sup>2+</sup>水样时信号值(纸芯片两个分析通道中彩色试剂红墨水的流动长度差值,length change)与Pb<sup>2+</sup>浓度的Log值(Log[Pb<sup>2+</sup>])之间的工作曲线。图中的误差棒为三次平行实验结果的标准偏差。

## 具体实施方式

[0021] 以下实施例将对本发明予以进一步的说明,但并不因此而限制本发明。

[0022] 实施例1:

使用本发明的Pb<sup>2+</sup>免仪器定量检测方法检测不含分析物离子的空白水样(blank,不含Pb<sup>2+</sup>的电阻率为18.2 MΩ·cm的超纯水)、62 nM Pb<sup>2+</sup>水样、其他15种金属离子水样(即Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ag<sup>+</sup>、Cu<sup>2+</sup>、Pb<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Co<sup>2+</sup>、Cd<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Zn<sup>2+</sup>、Ni<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>、Cr<sup>3+</sup>和Al<sup>3+</sup>;离子浓度均为10 μM)以及这些金属离子与62 nM Pb<sup>2+</sup>的混合水样。每个水样均进行三次平行实验。

[0023] 如图1所示,本实施例的具体步骤为:

步骤一:根据图1所示形状,以色谱层析纸为多孔性纸基材,利用激光切割法制备镂空型纸芯片,其中长方形加样通道长2 cm、宽1.5 mm,中部圆形纸微区直径4 mm;上下两个长方形分析通道均长1.6 cm、宽1.5 mm,6个圆形纸微区直径均为4 mm;对应于长方形分析通道中圆形纸微区后部长方形通道的两行刻度宽度和间隔均为1 mm。

[0024] 步骤二:采用戊二醛交联法将底物DNA链(碱基序列:5'-COOH-A<sub>12</sub>-ACT CAC TAT ArG GAA GAGATG A<sub>12</sub>-NH<sub>2</sub>-3',Ar为特异性切割位点)修饰到氨基功能化的聚苯乙烯微珠(粒径1 μM)表面;并利用碳二亚胺/N-羟基琥珀酰亚胺偶联法在该链末端标记上过氧化氢酶;进而通过核酸杂交反应将DNA酶链(碱基序列:5'-CAT CTC TTC TCC GAG CCG GTC GAA ATA GTG AGT-3')结合到微珠表面;最后将所得生物功能化聚苯乙烯微珠悬浮在10 mM磷酸盐缓冲溶液(pH 7,1 mg/mL,含1.5 wt%的聚乙二醇2000)中。

[0025] 步骤三:在长方形加样通道的圆形纸微区中滴加2 μL生物功能化聚苯乙烯微珠(1 mg/mL),在纸芯片上部长方形分析通道的三个圆形纸微区依次滴加2 μL 100 mM葡萄糖溶液(10 mM磷酸盐缓冲溶液,pH 7,含1.5 wt%的聚乙二醇2000)、2 μL 1 mg/mL 葡萄糖氧化

酶溶液(10 mM磷酸盐缓冲溶液,pH 7,含1.5 wt%的聚乙二醇2000)以及2  $\mu\text{L}$ 未稀释红墨水原液(上海英雄集团有限公司产品);并在纸芯片下部长方形分析通道的三个尺寸相同的圆形微区依次滴加2  $\mu\text{L}$  100 mM葡萄糖溶液(10 mM磷酸盐缓冲溶液,pH 7,含1.5 wt%的聚乙二醇2000)、2  $\mu\text{L}$  1 mg/mL 牛血清白蛋白溶液(10 mM磷酸盐缓冲溶液,pH 7,含1.5 wt%的聚乙二醇2000)以及2  $\mu\text{L}$ 未稀释红墨水原液(上海英雄集团有限公司产品);干燥后用透明胶带封装纸芯片(但加样通道尖端不封闭,便于吸取样品溶液)。

[0026] 步骤四:将纸芯片加样通道尖端置于62 nM  $\text{Pb}^{2+}$ 水样(硝酸铅水溶液)和10 mM磷酸盐缓冲溶液(pH 7)的等体积混合溶液中10 s;肉眼观察纸芯片两个分析通道中红墨水溶液的流动情况,并待其停止流动后(约5 min),读取两个通道中与红墨水流动长度相关的刻度数目与差值(length change)。

[0027] 根据相同的步骤,利用纸芯片检测空白水样品(blank,即电阻率为18.2  $\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 的超纯水)、其他15种金属离子水样(即 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cr}^{3+}$ 和 $\text{Al}^{3+}$ ;离子浓度均为10  $\mu\text{M}$ )或这些金属离子与62 nM  $\text{Pb}^{2+}$ 的混合水样,并记录相应纸芯片两个通道中红墨水溶液的流动长度差值(length change)。

[0028] 从图2可以看出,检测空白水样和其他15种金属离子水样时所得的红墨水流动长度差值仅为0.5 mm左右,而检测62 nM  $\text{Pb}^{2+}$ 水样所得的红墨水流动长度差值高达9.5 mm。这应当归因于只有 $\text{Pb}^{2+}$ 可以特异性结合修饰在微珠表面的DNA酶链,并切割底物DNA链释放出过氧化氢酶探针。该酶探针随着反应溶液流入上部分分析通道后,将和葡萄糖及葡萄糖氧化酶在第二个圆形纸微区中混合。葡萄糖氧化酶可催化葡萄糖生成过氧化氢和葡萄糖酸产物。同时,所生成的二级产物过氧化氢进一步被过氧化氢酶催化分解产生氧气。该原位产生的氧气产物,通过提高第二个圆形纸微区中纸体的疏水性,降低后续流往上部分分析通道第三个圆形纸微区以溶解彩色试剂红墨水并在后部长方形通道中流动的反应溶液的体积,得到较短的红墨水流动长度。另一方面,由于总的反应溶液体积是恒定的,更多的反应溶液则被迫分流到下部分分析通道以溶解较多的彩色试剂并在后部长方形通道中流动较长的长度。最终在纸芯片两个分析通道中获得较大的红墨水流动长度差值。图2中的对比实验结果表明,本发明的 $\text{Pb}^{2+}$ 免仪器定量检测方法切实可行,同时表现出良好的分析特异性。

[0029] 实施例2:

使用本发明的 $\text{Pb}^{2+}$ 免仪器定量检测方法分析浓度范围为1.8~500 nM的 $\text{Pb}^{2+}$ 水样。每个浓度均进行三次平行实验。

[0030] 如图1所示,本实施例中每个 $\text{Pb}^{2+}$ 水样分析的具体步骤为:

步骤一:根据图1所示形状,以色谱层析纸为多孔性纸基材,利用激光切割法制备镂空型纸芯片,其中长方形加样通道长2 cm、宽1.5 mm,中部圆形纸微区直径4 mm;上下两个长方形分析通道均长1.6 cm、宽1.5 mm,6个圆形纸微区直径均为4 mm;对应于长方形分析通道中圆形纸微区后部长方形通道的两行刻度宽度和间隔均为1 mm。

[0031] 步骤二:采用戊二醛交联法将底物DNA链(碱基序列:5' - COOH-A<sub>12</sub>-ACT CAC TAT ArG GAA GAGATG A<sub>12</sub>-NH<sub>2</sub>-3',Ar为特异性切割位点)修饰到氨基功能化的聚苯乙烯微珠(粒径1  $\mu\text{M}$ )表面;并利用碳二亚胺/N-羟基琥珀酰亚胺偶联法在该链末端标记上过氧化氢酶;进而通过核酸杂交反应将DNA酶链(碱基序列:5' -CAT CTC TTC TCC GAG CCG GTC GAA ATA GTG AGT-3')结合到微珠表面;最后将所得生物功能化聚苯乙烯微珠悬浮在10 mM磷酸盐缓

冲溶液(pH 7, 1 mg/mL, 含1.5 wt%的聚乙二醇2000)中。

[0032] 步骤三:在长方形加样通道的圆形纸微区中滴加2  $\mu\text{L}$ 生物功能化聚苯乙烯微珠(1 mg/mL),在纸芯片上部长方形分析通道的三个圆形纸微区依次滴加2  $\mu\text{L}$  100 mM葡萄糖溶液(10 mM磷酸盐缓冲溶液,pH 7,含1.5 wt%的聚乙二醇2000)、2  $\mu\text{L}$  1 mg/mL 葡萄糖氧化酶溶液(10 mM磷酸盐缓冲溶液,pH 7,含1.5 wt%的聚乙二醇2000)以及2  $\mu\text{L}$ 未稀释红墨水原液(上海英雄集团有限公司产品);并在纸芯片下部长方形分析通道的三个尺寸相同的圆形微区依次滴加2  $\mu\text{L}$  100 mM葡萄糖溶液(10 mM磷酸盐缓冲溶液,pH 7,含1.5 wt%的聚乙二醇2000)、2  $\mu\text{L}$  1 mg/mL 牛血清白蛋白溶液(10 mM磷酸盐缓冲溶液,pH 7,含1.5 wt%的聚乙二醇2000)以及2  $\mu\text{L}$ 未稀释红墨水原液(上海英雄集团有限公司产品);干燥后用透明胶带封装纸芯片(但加样通道尖端不封闭,便于吸取样品溶液)。

[0033] 步骤四:纸芯片加样通道尖端置于62 nM  $\text{Pb}^{2+}$ 水样(硝酸铅水溶液)和10 mM磷酸盐缓冲溶液(pH 7)的等体积混合溶液中10 s;肉眼观察纸芯片两个分析通道中红墨水溶液的流动情况,并待其停止流动后(约5 min),读取两个通道中与红墨水流动长度相关的刻度数目与差值(length change)。最后将所有水样所得红墨水的流动长度差值(length change)对 $\text{Pb}^{2+}$ 浓度的Log值( $\text{Log}[\text{Pb}^{2+}]$ )作图(图3)。

[0034] 由图3可知,随着 $\text{Pb}^{2+}$ 浓度的增加,相应的红墨水流动长度差值逐渐增大。这是因为,当水样中 $\text{Pb}^{2+}$ 浓度较大时,其在相同时间里可以切割更多的底物DNA链以释放出更多的过氧化氢酶探针,从而产生更多的氧气产物,更大程度地提高第二个圆形纸微区中纸体的疏水性,致使后续流往上部分分析通道第三个圆形纸微区以溶解彩色试剂红墨水并在后部长方形通道中流动的反应溶液的体积越小,从而流动长度越短。与此同时,更多的反应溶液则分流到下部分分析通道以溶解较多的彩色试剂并在后部长方形通道中流动较长的长度。最终在纸芯片两个分析通道中获得较大的红墨水流动长度差值。此外,图3显示,所得红墨水流动长度差值与 $\text{Pb}^{2+}$ 浓度的Log值( $\text{Log}[\text{Pb}^{2+}]$ )在1.8~500 nM的浓度范围内呈现良好的线性关系。根据 $3\sigma$ 方法估算本方法的 $\text{Pb}^{2+}$ 检测下限约为0.97 nM。

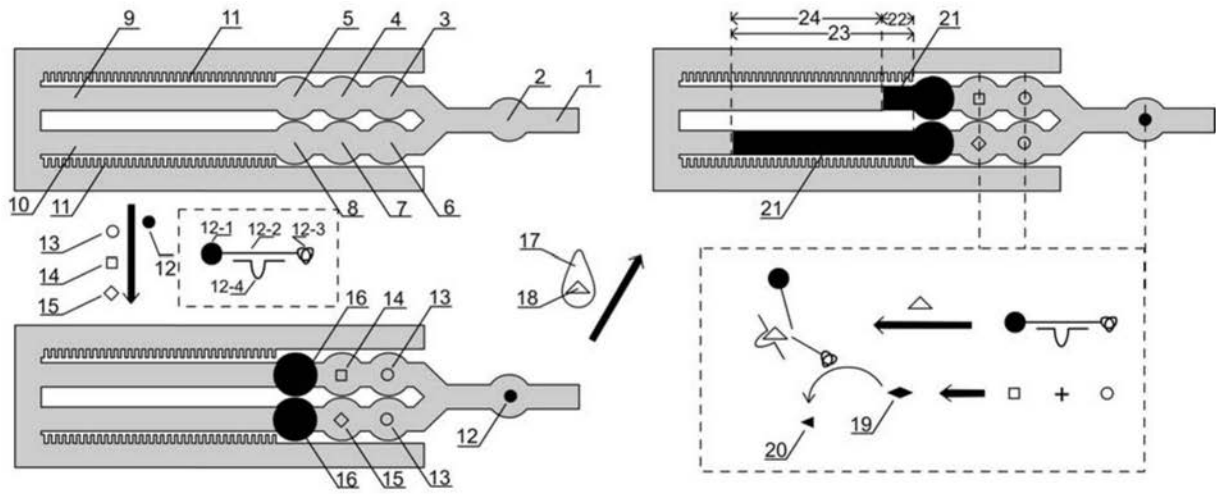


图1

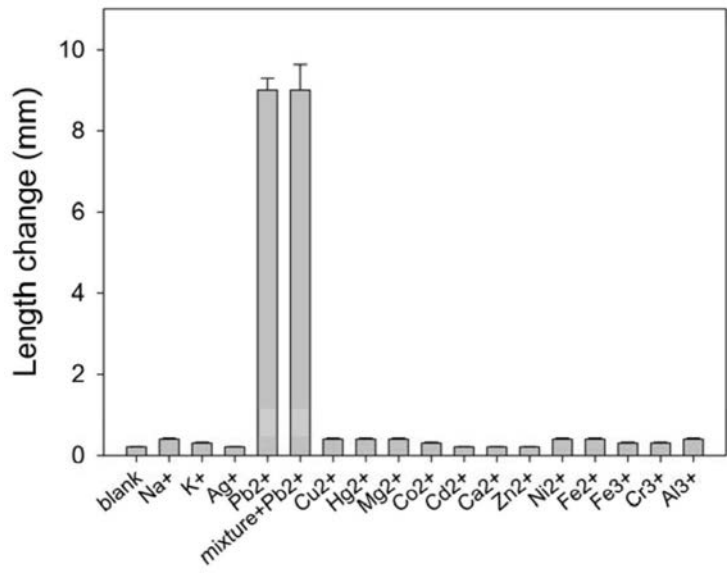


图2

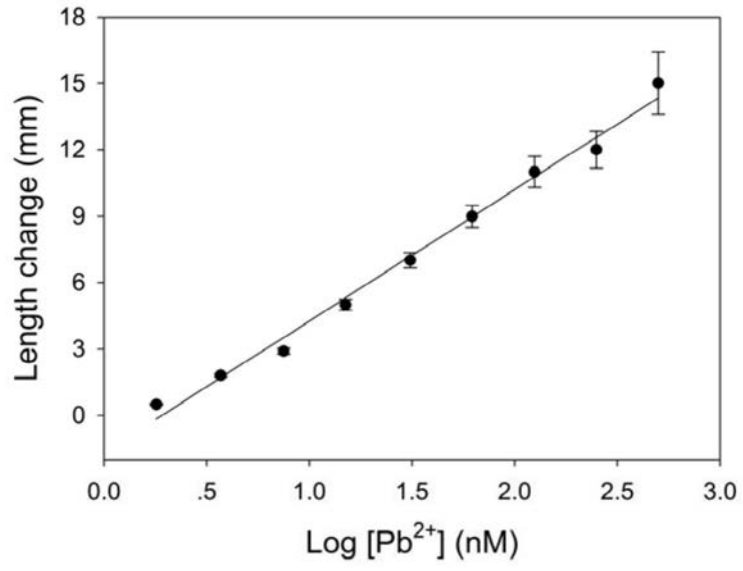


图3

专利名称(译)	一种二价铅离子免仪器定量检测方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN110672863A</a>	公开(公告)日	2020-01-10
申请号	CN201910936447.2	申请日	2019-09-29
[标]申请(专利权)人(译)	桂林理工大学		
申请(专利权)人(译)	桂林理工大学		
当前申请(专利权)人(译)	桂林理工大学		
[标]发明人	张云 姚茂茂 聂瑾芳 庄苗苗		
发明人	张云 姚茂茂 聂瑾芳 庄苗苗		
IPC分类号	G01N33/84 G01N33/53		
CPC分类号	G01N33/5308 G01N33/84		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种二价铅离子免仪器定量检测方法。利用Pb<sup>2+</sup>+特异性结合修饰在微珠表面的DNA酶链后切割底物DNA链以释放催化探针用于原位产生气体产物，进而介导多通道纸芯片纸体润湿性变化以选择性调控彩色试剂在不同纸通道中流动长度的机制。Pb<sup>2+</sup>浓度与不同通道中彩色试剂的流动长度差值成正比关系。通过目视直接读取纸芯片中与彩色试剂流动长度相关的刻度数目和差值，就能实现nM水平Pb<sup>2+</sup>的免仪器定量检测。本发明方法操作简单、成本低廉、分析快速、不需使用专业分析仪器设备、适于Pb<sup>2+</sup>的现场分析和即时检测。本方法能直接推广应用于环境监测、食品安全、医学诊断等诸多领域里各类溶液样品中Pb<sup>2+</sup>的简单、经济、快速、灵敏、特异的便携式定量检测。

