



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110389229 A

(43)申请公布日 2019.10.29

(21)申请号 201910673266.5

(22)申请日 2019.07.24

(71)申请人 中国科学院烟台海岸带研究所

地址 264003 山东省烟台市莱山区春晖路
17号

(72)发明人 李博伟 齐骥 陈令新 李博峰
周俊瑞 刘丰

(74)专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限公司 11429

代理人 马国冉

(51)Int.Cl.

G01N 33/574(2006.01)

G01N 33/53(2006.01)

G01N 35/00(2006.01)

B01L 3/00(2006.01)

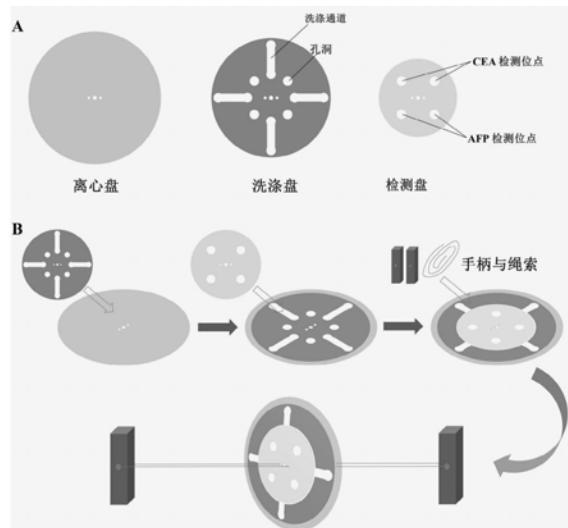
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置及其应用

(57)摘要

本发明提供了一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置及其应用,其特征在于,所述制作方法包括以下步骤:图样设计、芯片原件制作、芯片原件连接、组装;所述装置用于全血分离及其一个或多个血清样品中不同种类肿瘤标志物的分析检测。本发明的有益效果在于:本发明在一个手动离心式的旋转阀纸芯片装置上完成了从全血样品输入到检测结果输出的全部过程,兼具经济、便携、快速等优势,提供了一种血清分析临床诊断的新型装备与策略,丰富了纸芯片用于临床诊断的相关研究。



1. 一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置的制作方法,其特征在于,纸芯片是免疫分析和手动离心式旋转装置的载体,能够实现血液中血细胞和血清的分离;双手向背离纸芯片的方向做拉动和恢复的动作,纸芯片自身的旋转惯性和绳线扭转惯性所提供的扭转力可以使纸芯片具有很高的离心动力;

所述装置的制作方法包括以下步骤:

(1.1) 图样设计:用制图软件设计3个圆片状芯片图样,分别为离心盘图样、洗脱盘图样和样品检测盘图样,且要求每个圆片状芯片图样上都设计有圆心孔和与所述圆心孔平行分布的两个绳线孔;

(1.2) 芯片原件制作:在植物纤维纸上用蜡印法印制步骤(1.1)设计的所述3个圆片状芯片图样,并用控温加热装置对印制好的所述植物纤维纸进行加热,利用重力渗透,所述植物纤维纸表层的蜡融化后均匀渗透到纸张内部形成疏水屏障,得到亲水区域和疏水区域相间的印有离心盘图样、洗脱盘图样和样品检测盘图样的纸张;之后将印有离心盘图样、洗脱盘图样和样品检测盘图样的纸张按图样裁剪,并裁剪出所述圆心孔和绳线孔部分,即得到离心盘、洗脱盘和样品检测盘;

(1.3) 芯片原件连接:以所述离心盘、洗脱盘和样品检测盘的圆心为中心堆叠后用铆钉将其连接,且所述堆叠连接顺序由上到下依次为样品检测盘、洗涤盘、离心盘,并使所述样品检测盘、洗涤盘、离心盘分别可以以圆心为中心在圆盘所在平面自由旋转,形成旋转阀的设计;

位于最底层的所述离心盘上是完全疏水的覆盖有蜡印颜色的芯片层,起到所述分隔洗涤盘和样品检测盘的作用,同时毛细采血管采集的血液样品可以被粘贴在所述离心层的反面,起到负载离心样品的作用;位于中间层的所述洗涤盘上设计有对应所述样品检测盘上检测位点的引流疏散洗涤液的洗涤液输送通道,用于对所述检测位点上每一步实验的洗涤过程,洗涤液渗过所述样品检测盘上的检测位点,溶有需要洗脱去除的物质,顺着所述洗涤液输送通道流出,进而离开所述检测位点;位于最上层的所述样品检测盘设计有多个样品检测位点,用于同时进行多种标志物的高通量检测;

(1.4) 组装:将具有一定强度的绳线依次穿过圆心周边的两个绳线孔和预先准备好的两个手柄,之后将所述绳线打结,形成绳线的闭合回环,即得到手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置。

2. 一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置,其特征在于,所述装置采用权利要求1所述的制作方法制作得到。

3. 根据权利要求2所述的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置的应用,其特征在于,所述装置用于全血分离。

4. 根据权利要求3所述的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置的应用,其特征在于,所述全血分离包括以下步骤:

(4.1) 用适宜长度的毛细采血管采集全血,之后将所述采血管的一端密封;之后将一端密封的所述毛细管固定在所述手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置离心盘的反面,且确保未封闭一端对准圆心,密封一端朝向圆盘边缘;

(4.2) 全血在室温下静置一段时间后,开始离心操作,操作者双手各握一个手柄,使绳线做一定幅度的回环运动数周,待双股绳线之间纠缠成纽后,双手向背离纸芯片的方向做

拉动和恢复的动作,纸芯片自身的旋转惯性和绳线扭转惯性所提供的扭转力可以使纸芯片快速周期性高速转动,一定时间的持续手动过程后,实现对全血的分离;

(4.3) 按(4.2)中的离心步骤将血细胞、血浆与血清分离后,采用微量采集装置,准确提取确定量的上层血清样品,供检测使用。

5. 根据权利要求2所述的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置的应用,其特征在于,所述装置用于一个或多个血清样品中不同种类肿瘤标志物的分析检测。

6. 根据权利要求5所述的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置的应用,其特征在于,所述一个或多个血清样品中不同种类肿瘤标志物的分析检测包括以下步骤:

(6.1) 根据需要诊断的肿瘤类型选择对应的一种或几种肿瘤标志物进行检测;

(6.2) 利用装置首先将样品检测盘旋转避开洗涤盘上的洗涤液输送通道,在每个检测位点加入壳聚糖溶液,在室温下干燥,随后滴加戊二醛溶液,反应数小时;

(6.3) 旋转所述样品检测盘的检测位点对准洗涤盘的洗涤液输送通道,滴加适量洗涤液洗涤,去除多余物质;之后将检测盘的检测位点转离洗涤区域;

(6.4) 利用装置在样品检测盘的检测位点上固定对应肿瘤标志物种类的捕捉抗体,再加入经牛血清白蛋白封闭后依次与待检测的血清和酶标记抗体反应形成夹心型的免疫复合物在所述装置上,每加入一种物质后利用纸芯片旋转阀控制洗涤液输送通道的开关,重复(6.2)和(6.3)中所述的洗涤步骤完成洗涤;

(6.5) 用显色剂为共反应试剂产生颜色信号,以纸芯片插入式或拍照式的方式,利用便携式比色分析装置或一般颜色分析方法,实现对一个或多个血清样品中不同种类肿瘤标志物的定量和/或定性分析检测。

一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置及其应用

技术领域

[0001] 本发明属于免疫分析与医学诊断领域,涉及微流控芯片技术流域,具体涉及一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置及其制作方法和应用。

背景技术

[0002] 目前,医学的进步和诊断手段的发展,人类可以诊断并治愈的疾病也越来越多,但是,这些检测和诊断手段一般都需要借助一些昂贵的诊疗器械。而在发展中国家和贫困地区,这些高耗能、昂贵的诊疗器械难以得到普及,严重阻碍了世界健康的发展。医学诊断是医疗过程的第一步,精准的诊断也是人类抵抗疾病的基础,所以,开发低成本、低耗能、准确实用的诊断设备对于人类健康发展非常重要。

[0003] 在医学诊断中重要的一个诊断方式为血清分析,血清分析分是对患者血液样品的处理(提取血清)和分析。目前,从全血样品中得到血清的常规方法为使用离心机离心得到上层血清,该过程需要昂贵的离心机械并且需要电能的驱动。

[0004] 本发明为了解决血清分析过程遇到的挑战,开发了一种可以进行手动全血离心的微流控纸芯片免疫分析装置,并将其应用于临床肿瘤标志物的分析检测。

[0005] 微流控芯片技术是把化学、生物、医学分析等过程中的样品制备、反应、分离、检测等基本操作单元集成到一块微米尺度的芯片上,自动完成分析过程。微流控纸芯片作为微流控芯片的一个重要分支,目前被广泛应用到许多领域;纸作为分析的基底材料有成本低廉、生物相容性好、可降解、化学性能良好等优点。通过在纸芯片上构建微流通道,试样可以在设计的通道内通过毛细作用力流动,不需要借助外部动力,可自动驱动待测样品。在现场检测和经济欠发达地区,本发明的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置将具有有着很好的应用前景。

发明内容

[0006] 为了弥补现有技术的不足,本发明提供了一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置及其制作方法和应用,将离心过程与分析检测过程集成于一个纸芯片免疫分析装置上,很好的解决了现有技术存在成本高、耗能高的问题,而且检测准确性和实用性都很高。

[0007] 本发明提供了一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置的制作方法,其特征在于,纸芯片是免疫分析和手动离心式旋转装置的载体,能够实现血液中血细胞和血清的分离;双手向背离纸芯片的方向做拉动和恢复的动作,纸芯片自身的旋转惯性和绳线扭转惯性所提供的扭转力可以使纸芯片具有很高的离心动力;

[0008] 前述装置的制作方法包括以下步骤:

[0009] (1.1) 图样设计:用制图软件设计3个圆片状芯片图样,分别为离心盘图样、洗脱盘图样和样品检测盘图样,且要求每个圆片状芯片图样上都设计有圆心孔和与前述圆心孔平行分布的两个绳线孔;

[0010] (1.2) 芯片原件制作:在植物纤维纸上用蜡印法印制步骤(1.1)设计的前述3个圆

片状芯片图样，并用控温加热装置对印制好的前述植物纤维纸进行加热，利用重力渗透，前述植物纤维纸表层的蜡融化后均匀渗透到纸张内部形成疏水屏障，得到亲水区域和疏水区域相间的印有离心盘图样、洗脱盘图样和样品检测盘图样的纸张；之后将印有离心盘图样、洗脱盘图样和样品检测盘图样的纸张按图样裁剪，并裁剪出前述圆心孔和绳线孔部分，即得到离心盘、洗脱盘和样品检测盘；

[0011] (1.3) 芯片原件连接：以前述离心盘、洗脱盘和样品检测盘的圆心为中心堆叠后用铆钉将其连接，且前述堆叠连接顺序由上到下依次为样品检测盘、洗涤盘、离心盘，并使前述样品检测盘、洗涤盘、离心盘分别可以以圆心为中心在圆盘所在平面自由旋转，形成旋转阀的设计；

[0012] 位于最底层的前述离心盘上是完全疏水的覆盖有蜡印颜色的芯片层，起到前述分隔洗涤盘和样品检测盘的作用，同时毛细采血管采集的血液样品可以被粘贴在前述离心层的反面，起到负载离心样品的作用；位于中间层的前述洗涤盘上设计有对应前述样品检测盘上检测位点的引流疏散洗涤液的洗涤液输送通道，用于对前述检测位点上每一步实验的洗涤过程，洗涤液渗过前述样品检测盘上的检测位点，溶有需要洗脱去除的物质，顺着前述洗涤液输送通道流出，进而离开前述检测位点；位于最上层的前述样品检测盘设计有多个样品检测位点，用于同时进行多种标志物的高通量检测；

[0013] (1.4) 组装：将具有一定强度的绳线依次穿过圆心周边的两个绳线孔和预先准备好的两个手柄，之后将前述绳线打结，形成绳线的闭合回环，即得到手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置。

[0014] 本发明还提供了一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置，是采用权前述的制作方法制作得到。

[0015] 本发明还提供了一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置的应用，用于全血分离。

[0016] 优选的，前述全血分离包括以下步骤：

[0017] (2.1) 用适宜长度的毛细采血管采集全血，之后将前述采血管的一端密封；之后将一端密封的前述毛细管固定在前述手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置离心盘的反面，且确保未封闭一端对准圆心，密封一端朝向圆盘边缘；

[0018] (2.2) 全血在室温下静置一段时间后，开始离心操作，操作者双手各握一个手柄，使绳线做一定幅度的回环运动数周，待双股绳线之间纠缠成纽后，双手向背离纸芯片的方向做拉动和恢复的动作，纸芯片自身的旋转惯性和绳线扭转惯性所提供的扭转力可以使纸芯片快速周期性高速转动，一定时间的持续手动过程后，实现对全血的分离；

[0019] (2.3) 按(2.2)中的离心步骤将血细胞、血浆与血清分离后，采用微量采集装置，准确提取确定量的上层血清样品，供检测使用。

[0020] 本发明还提供了一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置的应用，用于一个或多个血清样品中不同种类肿瘤标志物的分析检测。

[0021] 优选的，前述一个或多个血清样品中不同种类肿瘤标志物的分析检测包括以下步骤：

[0022] (3.1) 根据需要诊断的肿瘤类型选择对应的一种或几种肿瘤标志物进行检测；

[0023] (3.2) 利用装置首先将样品检测盘旋转避开洗涤盘上的洗涤液输送通道，在每个

检测位点加入壳聚糖溶液,在室温下干燥,随后滴加戊二醛溶液,反应数小时;

[0024] (3.3) 旋转前述样品检测盘的检测位点对准洗涤盘的洗涤液输送通道,滴加适量洗涤液洗涤,去除多余物质;之后将检测盘的检测位点转离洗涤区域;

[0025] (3.4) 利用装置在样品检测盘的检测位点上固定对应肿瘤标志物种类的捕捉抗体,再加入经牛血清白蛋白封闭后依次与待检测的血清和酶标记抗体反应形成夹心型的免疫复合物在前述装置上,每加入一种物质后利用纸芯片旋转阀控制洗涤液输送通道的开关,重复(3.2)和(3.3)中前述的洗涤步骤完成洗涤;

[0026] (3.5) 用显色剂为共反应试剂产生颜色信号,以纸芯片插入式或拍照式的方式,利用便携式比色分析装置或一般颜色分析方法,实现对一个或多个血清样品中不同种类肿瘤标志物的定量和/或定性分析检测。

[0027] 本发明的有益效果在于:本发明提供的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置及其制作方法和应用具有以下优势:

[0028] ①本发明第一次公开了一种基于纸基微流控设备的全血离心生物标志物分析系统的原型系统;本发明的装置是对微流控纸芯片功能化设计,并使纸芯片具有手动全血离心的功能,在经喷蜡疏水处理含有通道的纸芯片中结合旋转阀的设计,可以进行洗涤液的引入和疏散运输,酶联免疫比色反应在多个检测位点的成功进行,可以实现多种肿瘤标志物的定性定量检测。

[0029] ②本发明的装置体型小、便于携带,并成功地将手摇离心机与免疫分析单元集成在基于旋转阀的微流控纸芯片上,能够实现对血液的分析应答,还可以实现对人血浆中多种肿瘤标志物的分析。

[0030] ③本发明的装置操作简单,未经训练的使用者也可以快速学会使用,并在无电力条件下进行全血分析操作过程。

[0031] ④本发明的装置成本低,重量轻,更适合快速现场检测。

[0032] ⑤这项发明的装置制作成本低廉、方法简便,可为医学诊断提供较好的解决方案,特别是为资源贫乏地区的人们在医疗诊断方面开辟一条新的道路:可以为世界资源有限地区的人们提供服务,特别是在一些无法获得稳定电力的地区;还可以为那些需要在战场或救灾现场快速检测生化指标的人服务。

附图说明

[0033] 图1为本发明实施例1制作的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置的结构示意图;

[0034] 图2为本发明实施例2中的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置在全血分离时旋转阀功能方式的示意图;

[0035] 图3为本发明实施例2中的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置用于全血分离时,旋转离心过程的原理示意图;

[0036] 图4为本发明实施例2中的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置用于全血分离时,离心时间与产生血清量的实物关系图;

[0037] 图5为本发明实施例3中的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置用于对CEA和AFP肿瘤标志物的定性定量分析时建立的线性方程。

具体实施方式

[0038] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0039] 实施例1

[0040] 一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置的制作方法,包括以下步骤:

[0041] (1)图样设计:用Adobe illustrator制图软件设计3个圆片状芯片图样,分别为离心盘图样、洗脱盘图样和样品检测盘图样,且要求每个圆片状芯片图样上都设计有圆心孔和与圆心孔平行分布的两个绳线孔;

[0042] (2)芯片原件制作:在Whatman No.1滤纸上用蜡印法印制步骤(1)设计的3个圆片状芯片图样,并用控温加热装置对印制好的Whatman No.1滤纸加热到150℃,30s后取出,冷却到室温,利用重力渗透,Whatman No.1滤纸表层的蜡融化后均匀渗透到纸张内部形成疏水屏障,得到亲水区域和疏水区域相间的印有离心盘图样、洗脱盘图样和样品检测盘图样的纸张;之后将印有离心盘图样、洗脱盘图样和样品检测盘图样的纸张按图样裁剪,并用打孔器打出圆心孔和绳线孔部分,即得到离心盘、洗脱盘和样品检测盘;

[0043] (3)芯片原件连接:以离心盘、洗脱盘和样品检测盘的圆心为中心堆叠后用铆钉将其连接,且堆叠连接顺序由上到下依次为样品检测盘、洗涤盘、离心盘,并使样品检测盘、洗涤盘、离心盘分别可以以圆心为中心在圆盘所在平面自由旋转,形成旋转阀的设计;

[0044] 位于最底层的离心盘上是完全疏水并覆盖有蜡印颜色的芯片层,且离心盘为直径95mm的淡蓝色圆盘,起到分隔洗涤盘和样品检测盘的作用,同时毛细采血管采集的血液样品可以被粘贴在离心层的反面(有芯片堆叠的一面为正面),起到负载离心样品的作用;位于中间层的洗涤盘为直径83mm的蓝色圆盘,且洗涤盘上设计有四个长度为27mm的对应样品检测盘上检测位点的引流疏散洗涤液的洗涤液输送通道,用于对检测位点上每一步实验的洗涤过程,洗涤液渗过样品检测盘上的检测位点,溶有需要洗脱去除的物质,顺着洗涤液输送通道流出,进而离开检测位点;位于最上层的样品检测盘为直径55mm的粉色圆盘,且样品检测盘上设计有四个直径为6mm的样品检测位点,用于同时进行多种标志物的高通量检测;

[0045] (4)组装:将330mm尼龙线(钓鱼线)依次穿过圆心周边的两个绳线孔(孔径1mm左右)和预先准备好的两个手柄,之后将绳线打结,形成绳线的闭合回环,即得到手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置,见图1。

[0046] 实施例2

[0047] 使用实施例1制备的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置用于全血分离,具体包括以下步骤:

[0048] (1)用医用28G采血针穿刺人体手指末梢表皮,通过挤压手指使血液流出形成血滴,用毛细采血管吸取50μL左右的血液,之后将采血管的一端用热熔胶密封;之后将两只一端密封的毛细管固定在手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置离心盘的反面,且确保未封闭一端对准圆心,密封一端朝向圆盘边缘;

[0049] (2)全血在室温下(25℃)静置30min后,开始离心操作,操作者双手各握一个手柄,使绳线做一定幅度的回环运动数周,待双股绳线之间纠缠成纽后,双手向背离纸芯片的方

向做拉动和恢复的动作,纸芯片自身的旋转惯性和绳线扭转惯性所提供的扭转力可以使纸芯片快速周期性转动(旋转阀功能方式见图2),一段时间的持续手动过程后,实现对全血的分离(分离原理见图3,离心时间与产生血清量的实物关系图见图4);

[0050] (3)按(2)中的离心步骤将血细胞、血浆与血清分离后,采用微量采集装置,准确提取确定量的上层血清样品,供检测使用。

[0051] 实施例3

[0052] 使用实施例1制备的一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置用于对CEA和AFP肿瘤标志物的定性定量分析,具体包括以下步骤:

[0053] (1)利用装置首先将样品检测盘旋转避开洗涤盘上的洗涤液输送通道,在每个检测位点加入加入5 μ L 0.25mg/mL壳聚糖溶液,在室温下干燥,随后滴加5 μ L 2.5%的戊二醛溶液,反应2h;

[0054] (2)旋转样品检测盘的检测位点对准洗涤盘的洗涤液输送通道,滴加10 μ L PBS缓冲液(pH=7.4)洗涤5次,去除多余物质;之后将检测盘的检测位点转离洗涤区域(以后的实验每次洗涤时将检测盘的检测位点旋转对准洗涤区域,洗涤完成后转离洗涤区域);

[0055] (3)室温下干燥后在样品检测盘的相应检测位点上分别滴加5 μ L的1 μ g/mL的CEA抗体和5 μ L的1 μ g/mL的AFP抗体,在室温下反应30min,用PBS缓冲液洗涤5次并室温干燥;再滴加5 μ L的0.5%的BSA-PBS溶液,室温下反应30min后用PBS缓冲液(含有0.05%的Tween-20, pH=7.4)洗涤5次;干燥后将5 μ L血清样品分别加入到CEA和APF的检测位点,反应15min后用PBS缓冲液洗涤8次,室温干燥后分别滴加CEA的HRP标记抗体和APF的HRP标记抗体到相应的检测区域,反应30min后,PBS缓冲液洗涤8次室温干燥;

[0056] (4)在每个检测位点滴加5 μ L的TMB-H₂O₂显色液,控制最终显色反应时间,滴加完成20s后放入便携式显色反应分析仪中进行检测;得到最终数值,使用得到的线性方程(见图5)进行计算,实现多样品两种不同抗体的定性定量检测。

[0057] 应当理解,以上所描述的具体实施例仅用于解释本发明,并不用于限定本发明。由本发明的精神所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明的保护范围之中。

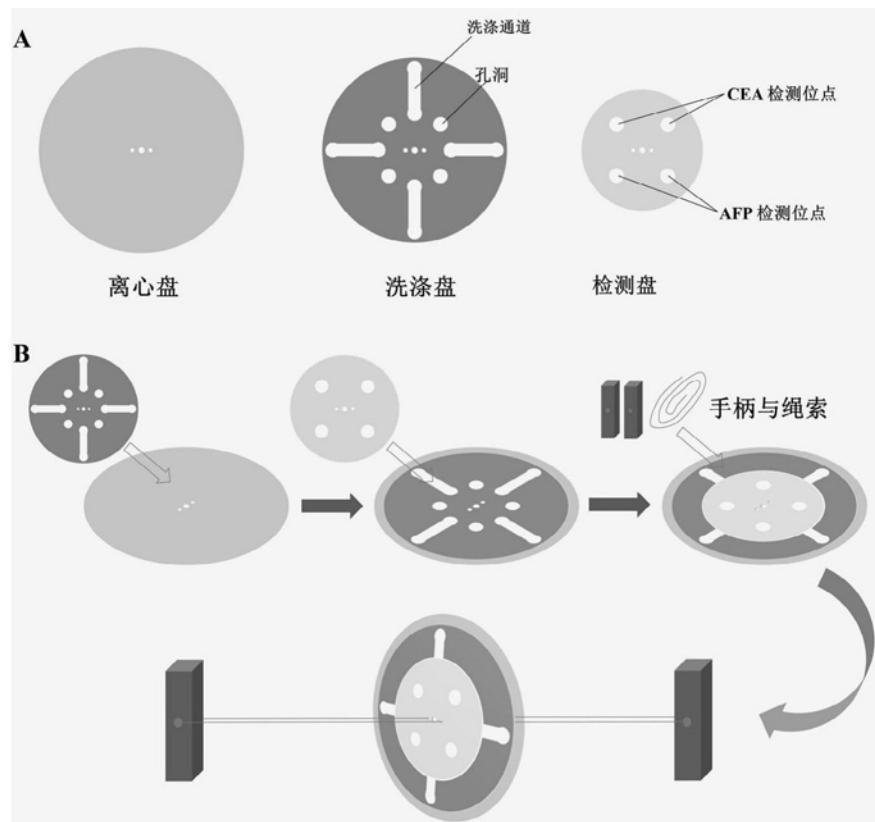


图1

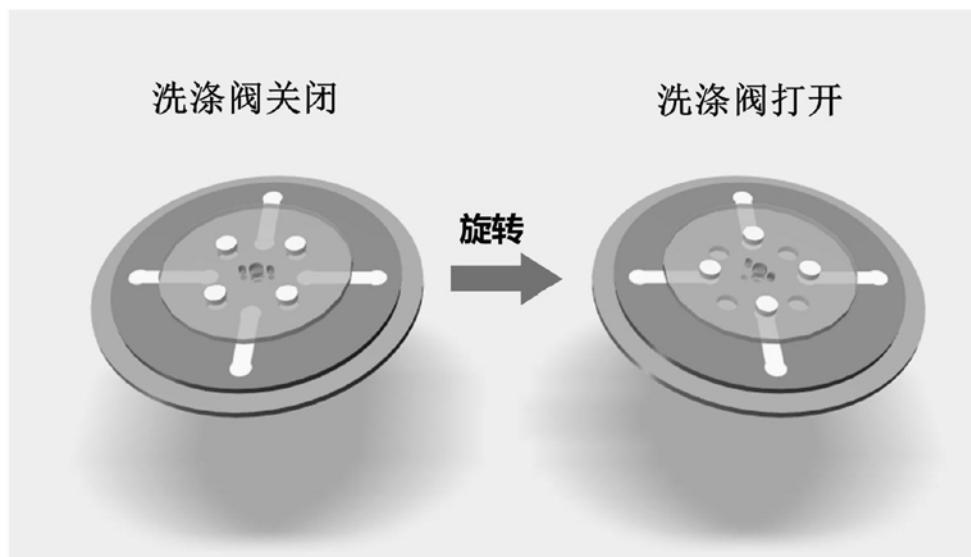


图2

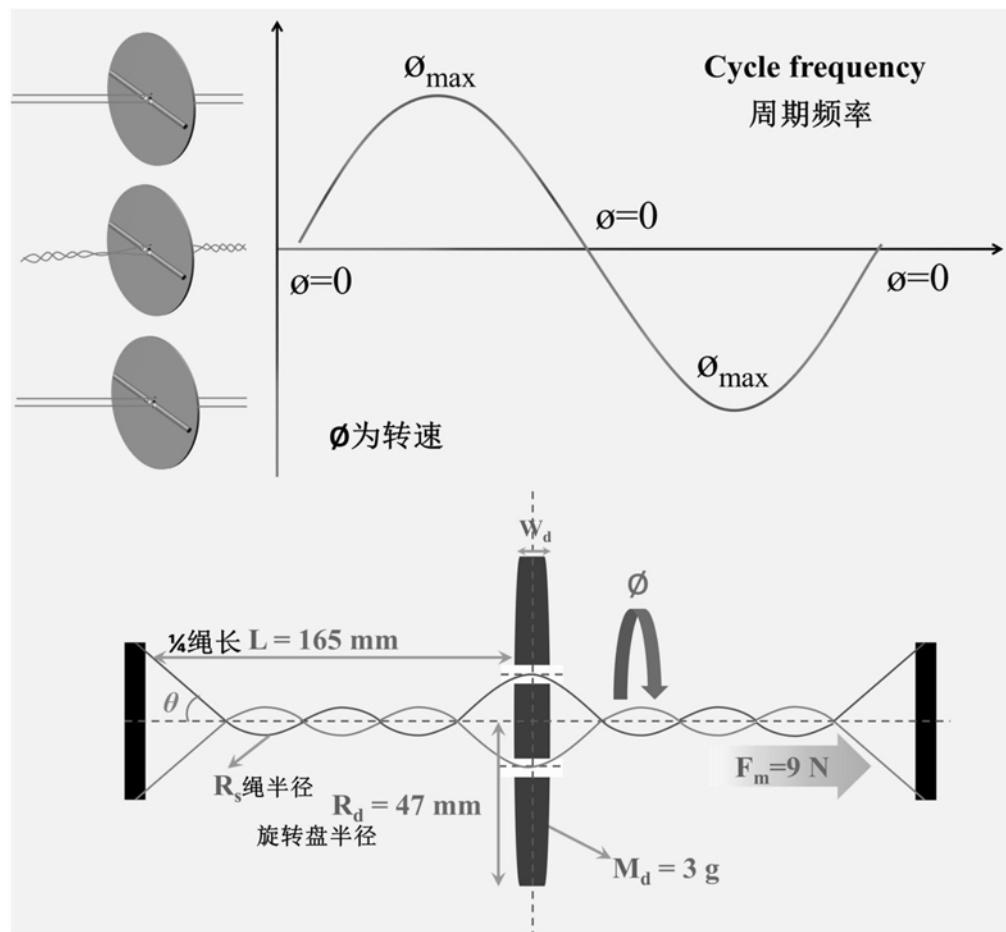


图3

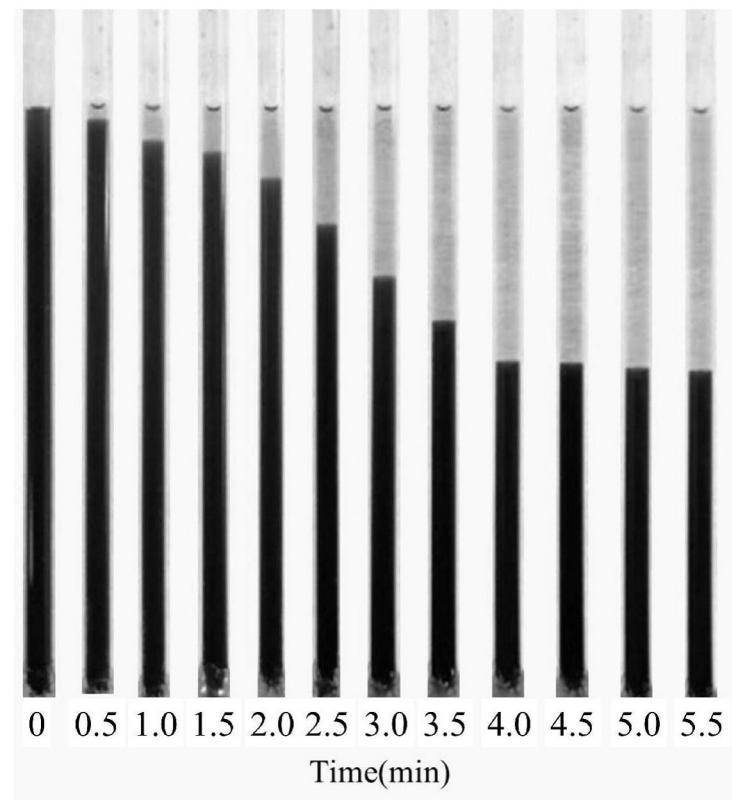


图4

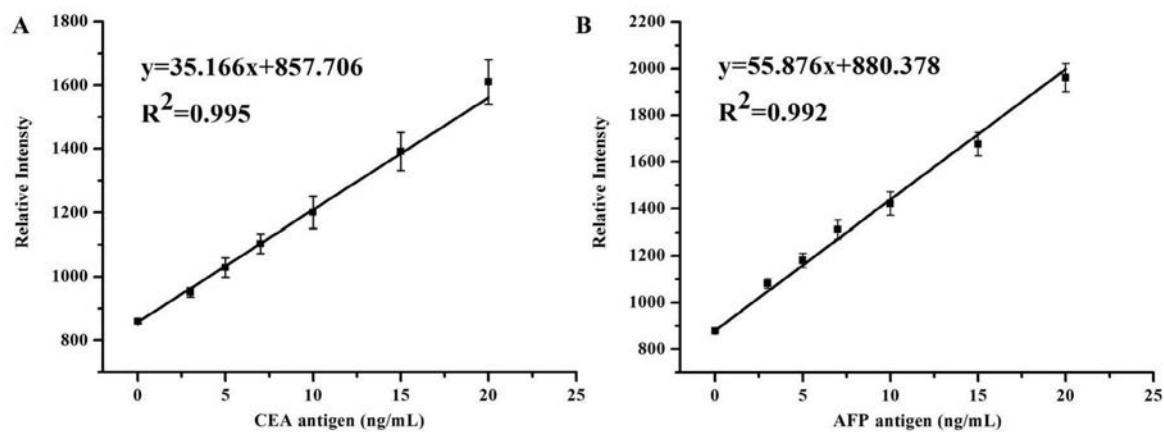


图5

专利名称(译)	一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置及其应用		
公开(公告)号	CN110389229A	公开(公告)日	2019-10-29
申请号	CN201910673266.5	申请日	2019-07-24
[标]申请(专利权)人(译)	中国科学院烟台海岸带研究所		
申请(专利权)人(译)	中国科学院烟台海岸带研究所		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学院烟台海岸带研究所		
[标]发明人	李博伟 齐骥 陈令新 李博峰 周俊瑞 刘丰		
发明人	李博伟 齐骥 陈令新 李博峰 周俊瑞 刘丰		
IPC分类号	G01N33/574 G01N33/53 G01N35/00 B01L3/00		
CPC分类号	B01L3/5027 G01N33/5302 G01N33/57484 G01N35/00 G01N2035/00108 G01N2035/00247 G01N2035/00495		
外部链接	Espacenet Sipo		

摘要(译)

本发明提供了一种手动离心式旋转阀纸芯片免疫分析装置及其应用，其特征在于，所述制作方法包括以下步骤：图样设计、芯片原件制作、芯片原件连接、组装；所述装置用于全血分离及其一个或多个血清样品中不同种类肿瘤标志物的分析检测。本发明的有益效果在于：本发明在一个手动离心式的旋转阀纸芯片装置上完成了从全血样品输入到检测结果输出的全部过程，兼具经济、便携、快速等优势，提供了一种血清分析临床诊断的新型装备与策略，丰富了纸芯片用于临床诊断的相关研究。

