



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105353115 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 24

(21) 申请号 201510687786. 3

G01N 21/49(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 10. 21

(71) 申请人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800 上海市嘉定区上海市 800 —
211 邮政信箱

(72) 发明人 黄立华 肖阳 胡卓非 何薇羽
凌丽青 郭凯 黄惠杰

(74) 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司
31213

代理人 张泽纯 张宁展

(51) Int. Cl.

G01N 33/53(2006. 01)

G01N 21/64(2006. 01)

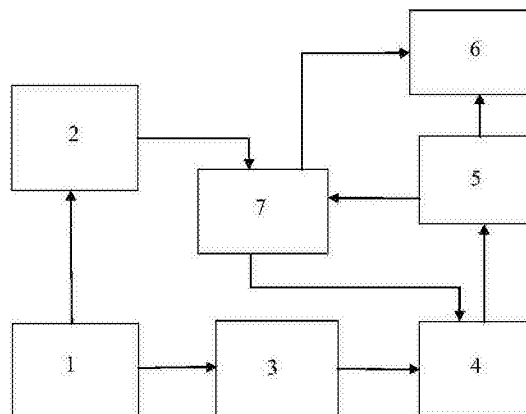
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置及方法

(57) 摘要

一种免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置,包括照明光路机构、参考光路机构、入射光路机构、供待测免疫层析试纸放置的二维倾斜平台、散射光路机构、三维平移平台和数据采集与控制系统,及测量方法。本发明消除光源不稳定性所带来的影响,实现免疫层析试纸条上入射角的改变,从而使整个装置实现不同入射角下散射光场空间分布的测量,实现在同一入射角的情况下,在不同空间点处一连续区域内散射光场的测量,可满足混浊介质散射光场的测量,对同一空间点,采用相对荧光光场强度相对激发光散射光场强度比值,对提高免疫层析类仪器的信噪比提供了有力的工具。



1. 一种免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置, 其特征在于, 包括照明光路机构 (1)、参考光路机构 (2)、入射光路机构 (3)、供待测免疫层析试纸 (401) 放置的二维倾斜平台 (4)、散射光路机构 (5)、三维平移平台 (6) 和数据采集与控制系统 (7);

所述的照明光路机构 (1) 包括激光器 (101), 以及沿该激光器 (101) 的出射光束方向依次放置的准直镜 (102) 和分色镜 (104), 所述的出射光束经该分色镜 (104) 分为透射光束 (201) 和反射光束 (301);

所述的参考光路机构 (2) 包括沿所述的透射光束 (201) 方向依次放置的第一滤光片 (202)、第一聚焦镜 (203)、孔径光阑 (204) 和第一光电探测系统 (205), 所述的透射光束 (201) 由第一滤光片 (202) 滤光后经第一聚焦镜 (203) 聚焦后经孔径光阑 (204) 入射至第一光电探测系统 (205), 该第一光电探测系统 (205) 接收光信号后将其转换为电信号并放大后由所述的数据采集与控制系统 (7) 采集、存储和处理;

所述的入射光路机构 (3) 包括沿所述的反射光束 (301) 方向放置的聚焦透镜 (302), 所述的反射光束 (301) 经该聚焦透镜 (302) 聚焦到放置在所述的二维倾斜平台 (4) 上的待测免疫层析试纸条 (401), 使发生散射并激发出荧光形成散射光束 (501);

所述的散射光路机构 (5) 包括沿所述的散射光束 (501) 方向放置的第二滤光片 (502) 和第二光电探测系统 (503), 所述的散射光束 (501) 经第二滤光片 (502) 后入射至第二光电探测系统 (503), 该第二光电探测系统 (503) 接收光信号后将其转换为电信号并放大后由所述的数据采集与控制系统 (7) 采集、存储和处理;

所述的散射光路机构 (5) 放置在所述的三维平移平台 (6) 上, 且该三维平移平台 (6) 的平面与所述的二维倾斜平台 (4) 平行;

所述的数据采集与控制系统 (7) 分别与所述的二维倾斜平台 (4)、三维平移平台 (6)、第一光电探测系统 (205) 和第二光电探测系统 (503) 相连。

2. 根据权利要求 1 所述的免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置, 其特征在于, 所述的激光器 (101) 的出射光束与所述的准直镜 (102) 同光轴, 与所述的分色镜 (104) 的法线成 45° 入射。

3. 根据权利要求 1 所述的免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置, 其特征在于, 所述的二维倾斜平台 (4) 具有两个正交倾斜轴, 待测免疫层析试纸条的表面与该二维倾斜平台的两个正交倾斜轴构成平面平行, 使得待测免疫层析试纸条可在二维倾斜平台的带动下绕二维倾斜平台的两个正交倾斜轴进行一定角度的转动, 进而使照射到待测免疫层析试纸条上的光束以不同的入射角入射。

4. 根据权利要求 1 所述的免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置, 其特征在于, 所述的三维平移平台 (6) 用于承载散射光路机构 (5), 其具有三个正交平移轴, 通过在三个正交轴上的平移可实现免疫层析试纸条上同一入射角情况下的空间不同点处的散射光场的测量。

5. 根据权利要求 1 所述的免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置, 其特征在于, 所述的数据采集与控制系统 (7) 由具备高精度 A/D 转换功能的多功能数据采集卡及具有相应数据处理和控制软件的计算机构成。

6. 根据权利要求 1 所述的免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置, 其特征在于, 所述的第一光电探测系统由光电转换器件和前置放大器组成, 所述的第二光电探测系

统由第二光电转换器件和第二前置放大器组成。

7. 利用权利要求 1-6 任一所述的测量装置进行免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

步骤 1. 打开激光器 (101),预热一定时间直至光源稳定;

步骤 2. 调整二维倾斜平台 (4) 至初始位置,建立样品坐标系:

调整二维倾斜平台 (4) 使放置其上的免疫层析试纸条的表面垂直于入射光路的光轴,以免层析试纸条上的光束入射点为样品坐标系原点 $O(0,0)$,二维倾斜平台 (4) 的两个正交的轴作为样品坐标系的 X 轴和 Y 轴,建立样品坐标系 OXY:

步骤 3. 调整三维平移平台 (6) 至初始位置,建立测量坐标系:

①在免疫层析试纸条的周围、且不遮挡反射光束 (301) 入射至免疫层析试纸条上的散射光场中任意选取空间点 P_i ,其中 $i = 1, \dots, N$,代表第 i 个空间点;

②将散射光路机构 (5) 放置在三维平移平台 (6) 上,并一同移动到空间点 P_i 处,调整三维平移平台 (6),使三维平移平台 (6) 与所述的待测免疫层析试纸条的表面平行;

③以空间点 P_i 为测量坐标系原点 $P_i(0,0)$,以放置散射光路机构 (5) 的三维平移平台 (6) 两移动正交轴作为测量坐标系的 S 轴和 T 轴,建立测量坐标系 PST:

步骤 4. 测量以 P_i 为中心点、面积为 $(2S_{\max}) \times (2T_{\max})$ 区域的光场强度:

当第二滤光片选用中心波长为光源发射中心波长的滤光片时,所测为激发光散射光场,第一光电探测系统所得参考光强记为 $SR_{i,[m][n]}$ 、第二光电探测系统所得数据记为 $SC_{i,[m][n]}$,其中 i 代表第 i 个空间点, m 代表在 ST 平面内 S 方向上的测量序号, n 代表在 ST 平面内 T 方向上的测量序号;

当二滤光片选用中心波长为荧光中心波长滤光片时,所测为荧光光场,第一光电探测系统所得参考光强记为 $FR_{i,[m][n]}$ 、第二光电探测系统所得数据记为 $FL_{i,[m][n]}$;

①通过数据采集与控制系统 (7) 控制三维平移平台 (6) 将散射光路机构 (5) 移动至 $(-S_{\max}, -T_{\max})$,采集并记录第二光电探测系统和第一光电探测系统的数据 $SC_{i,[m][n]}$ 、 $SR_{i,[m][n]}$ 或 $FL_{i,[m][n]}$ 、 $FR_{i,[m][n]}$,此时 $m = 1, n = 1$;

②通过数据采集与控制系统控制 (7) 控制三维平移平台 (6) 以间隔 ds 沿 S 轴正方向移动散射光路机构 (5) 至下一探测位置,即 $m = m+1$,其中, ds 为第二光电转换器件光接收表面在 S 轴方向上的跨度,采集并记录该位置时第二光电探测系统和第一光电探测系统的数据 $SC_{i,[m][n]}$ 、 $SR_{i,[m][n]}$ 或 $FL_{i,[m][n]}$ 、 $FR_{i,[m][n]}$;重复此步骤,直至完成散射光路机构 (5) 在 S 轴上移动到 $S_{\max}$ 处的光强探测;

③以间隔 dt 沿 T 轴正方向移动散射光路机构 (5) 至下一探测位置,即 $n = n+1$,其中, dt 为第二光电转换器件光接收表面在 T 轴方向上的跨度,采集并记录该位置时第二光电探测系统和第一光电探测系统的数据 $SC_{i,[m][n]}$ 、 $SR_{i,[m][n]}$ 或 $FL_{i,[m][n]}$ 、 $FR_{i,[m][n]}$;

④通过数据采集与控制系统控制三维平移平台以间隔 ds 沿 S 轴负方向移动散射光路机构 (5) 至下一探测位置,即 $m = m-1$,采集并记录该位置时的数据 $SC_{i,[m][n]}$ 、 $SR_{i,[m][n]}$ 或 $FL_{i,[m][n]}$ 、 $FR_{i,[m][n]}$;重复此步骤,直至完成散射光路机构 (5) 在 S 轴上移动到 $-S_{\max}$ 处的光强探测。

⑤以间隔 dt 沿 T 轴正方向移动散射光路机构 (5) 至下一探测位置,即 $n = n+1$,采集并记录该位置时的数据 $SC_{i,[m][n]}$ 、 $SR_{i,[m][n]}$ 或 $FL_{i,[m][n]}$ 、 $FR_{i,[m][n]}$;

⑥重复②~⑤直至完成由 $(-S_{\max}, -T_{\max})$ 到 $(S_{\max}, T_{\max})$ 的所有位置处的空间散射光强的测量和参考光路中对光源强度的测量。

8. 根据权利要求7所述的免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量方法,其特征在于,该方法还包括如下步骤:

步骤5. 确定最佳信号收集点:

①计算以空间点 P_i 为中心点、面积为 $(2S_{\max}) \times (2T_{\max})$ 区域的相对激发光散射光场强度 S_i 和相对荧光光场强度 F_i ,公式如下:

$$S_i = \sum \frac{SC_{i,[m][n]}}{SR_{i,[m][n]}}$$

$$F_i = \frac{FL_{i,[m][n]}}{FR_{i,[m][n]}};$$

②计算最佳信号收集位置判断参考量 T_i ,公式如下:

$$T_i = \frac{F_i}{S_i}$$

③从所有参考量 T_i 中找出最大值 $T_{i\max}$,其所对应的空间点即为所有测量空间点中的最佳信号收集点。

9. 根据权利要求7所述的免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量方法,其特征在于,该方法还包括如下步骤:

步骤5. 测量同一入射点不同入射角下散射光场的空间分布:

①选定入射角 θ_i ,通过数据采集与控制系统(7)控制二维倾斜平台(4)运动使得入射光束以 θ_i 角入射至免疫层析试纸条表面;

②重复步骤3~步骤4,即测量此角度下散射光场的空间分布。

免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及散射光场空间分布测量,特别是一种用于免疫层析试纸条的散射光场空间分布的测量装置及方法。

背景技术

[0002] 以免疫层析试纸条为检测对象的体外诊断技术是 POCT 技术中的一类重要分支。免疫层析试纸条的功能带上附着有荧光颗粒-被检物复合物,当入射激光照射到免疫层析试纸条功能带上时,空间形成一个激发光散射光场和一个荧光光场。免疫层析检测仪器通过收集荧光可实现对免疫层析试纸条上被检物浓度的检测。为了获得高性能的免疫层析检测仪器,需要使仪器最大限度地接收荧光信号和最大限度地消除激发光。而若要达到上述目的,必须对免疫层析试纸条上激发光散射光场分布和荧光光场分布进行测量。

[0003] 免疫层析试纸条由纵横交错的纤维组成,微观结构具有疏松多孔的特点,是一种光混浊介质。当入射光照射在免疫层析试纸条上时,入射光不仅仅只是在试纸条表面的入射点处发生反射和散射,而是大部分的入射光进入试纸条内部经多次散射和吸收后从试纸条上方不同位置以不同的角度出射。入射光所激发的荧光也同样会经多次散射和吸收后从试纸条上方不同位置以不同的角度出射。因而在免疫层析试纸条上方空间形成的激发光散射光场和荧光光场的分布不仅与散射角度有关,还与距入射点的横向距离和纵向距离有关,不能简单地以角分布来表征,亦不能通过角分布测量来确定最佳信号收集位置。

[0004] 在先技术 1(曹麟祥, T. V. Vorburger, A. G. Lieberman, 等. 工件表面轮廓均方根斜率的光散射测量[J]. 宇航计测技术, 1992, (2):1-7.) 和在先技术 2(张玉钧, 刘文清, 郑朝晖, 等. 多波长激光角分辨散射测量系统[J]. 量子电子学报, 2000, 17(1):90-96. DOI:10.3969/j.issn.1007-5461.2000.01.018.) 都是对光学表面的散射进行测量,其散射光场的空间分布只与散射角度有关,故可用角分布表征;而免疫层析试纸条的激发光散射光场和荧光光场的分布与散射角度和距离入射点的空间距离均有关,不可简单以角分布来表征。此外,在先技术 1 和在先技术 2 也不能测量某一连续区域内的光场强度。故在先技术 1 和在先技术 2 中的装置不能用来测量免疫层析试纸条的散射光场空间分布。

[0005] 在先技术 3(丁珏. 混浊介质多参数光谱测量方法的建立及其应用研究. 中国人民解放军军事医学科学院. 2014.) 和在先技术 4(Yun T, Zeng N, Li W, et al. Monte Carlo simulation of polarized photon scattering in anisotropic media. [J]. Optics Express, 2009, 17(19):16590-16602.) 中的实验装置只能测量不同入射角下空间上某一固定位置或某几固定位置的光强大小,而不能测量该固定位置某一连续区域内的光场强度。

[0006] 本发明针对以上在先技术的不足,提供了针对免疫层析试纸这一类混浊介质的散射光场测量装置。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于克服上述在先技术的不足,提供一种混浊介质散射光场空间分

布的测量装置和测量方法。该装置和方法不再以角分布来表征散射光场的空间分布,而是可以测量选定空间点附近一连续区域的光场强度。

[0008] 本发明的技术解决方案如下:

[0009] 一种免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置,其特点在于,包括照明光路机构、参考光路机构、入射光路机构、供待测免疫层析试纸放置的二维倾斜平台、散射光路机构、三维平移平台和数据采集与控制系统;

[0010] 所述的照明光路机构包括激光器,以及沿该激光器的出射光束方向依次放置的准直镜和分色镜,所述的出射光束经该分色镜分为透射光束和反射光束;

[0011] 所述的参考光路机构包括沿所述的透射光束方向依次放置的第一滤光片、第一聚焦镜、孔径光阑和第一光电探测系统,所述的透射光束由第一滤光片滤光后经第一聚焦镜聚焦后经孔径光阑入射至第一光电探测系统,该第一光电探测系统接收光信号后将其转换为电信号并放大后由所述的数据采集与控制系统采集、存储和处理;

[0012] 所述的入射光路机构包括沿所述的反射光束方向放置的聚焦透镜,所述的反射光束经该聚焦透镜聚焦到放置在所述的二维倾斜平台上的待测免疫层析试纸条,使发生散射并激发出荧光形成散射光束;

[0013] 所述的散射光路机构包括沿所述的散射光束方向放置的第二滤光片和第二光电探测系统,所述的散射光束经第二滤光片后入射至第二光电探测系统,该第二光电探测系统接收光信号后将其转换为电信号并放大后由所述的数据采集与控制系统采集、存储和处理;

[0014] 所述的散射光路机构放置在所述的三维平移平台上,且该三维平移平台的平面与所述的二维倾斜平台平行;

[0015] 所述的数据采集与控制系统分别与所述的二维倾斜平台、三维平移平台、第一光电探测系统和第二光电探测系统相连。

[0016] 第一光电探测系统由第一光电转换器件和第一前置放大器组成,第一光电转换器件将所接收到的光信号转换成电信号并经第一前置放大器放大;

[0017] 所述的第一滤光片只透过所述的光源发射的相应波长的光波。所述的参考光路中的孔径光阑用于消除外界杂散光;

[0018] 所述的第一光电转换器件具有多种可供选择的对象,如光电二极管、光电三极管、光电倍增管。

[0019] 第二滤光片与第二光电探测系统共光轴,该光轴与入射光路光轴成一定角度。来自于免疫层析试纸条的散射光经第二滤光片后入射至第二光电探测系统,第二光电探测系统由第二光电转换器件和第二前置放大器组成,第二光电转换器件将所接收到的光信号转换成电信号并经第二前置放大器放大;

[0020] 所述的第二滤光片可更换为中心波长为光源发射中心波长的滤光片和中心波长为荧光中心波长滤光片。通过更换不同的滤光片,散射光路机构可分别测量激发光散射光场和荧光光场的空间分布。

[0021] 所述的第二光电转换器件具有多种可供选择的对象,如光电二极管、光电三极管、光电倍增管。

[0022] 所述的二维倾斜平台用于放置待测的免疫层析试纸条,二维倾斜平台具有两个正

交倾斜轴,免疫层析试纸条表面与二维倾斜平台的两个正交倾斜轴构成的平面平行,免疫层析试纸条可在二维倾斜平台的带动下绕二维倾斜平台的两个正交倾斜轴进行一定角度的转动,进而可实现照射到免疫层析试纸条上的光束以不同的入射角入射。所述的三维平移平台用于承载散射光路机构,其可通过在三个正交轴上的平移来实现免疫层析试纸条上同一入射角情况下的空间不同点处的散射光场的测量。

[0023] 所述的数据采集与控制系统由具备高精度 A/D 转换功能的多功能数据采集卡、电动平台控制板卡及具有相应数据处理和控制功能的应用软件的计算机构成,在应用软件的驱动下,所述的多功能数据采集卡对第一光电探测系统所得到的电信号和第二光电探测系统所得到的电信号进行采集并转换为数字信号后送至所述的计算机进行存储、数据处理,计算机中的应用软件亦可控制二维倾斜台的运动和三维平移平台的运动。

[0024] 所述的激光器发出的光经所述的准直镜后变为平行光,该平行光经所述的分光镜后被分为透射光和反射光,透射光进入参考光路,参考光路中的第一光电探测系统将光信号转换为电信号并放大,然后被所述的数据采集系统与控制系统采集;而反射光进入测量光路,经所述的第二聚焦透镜照射在放置于所述的二维倾斜平台上的免疫层析试纸条上,所述的数据采集与控制系统通过控制二维倾斜平台运动可改变光束照射到免疫层析试纸条上的入射角度,免疫层析试纸条上方空间同时存在激发光散射光场和荧光光场;若所述的散射光路机构中的第二滤光片的中心波长为光源发射中心波长,则激发光散射光可透过第二滤光片而进入到第二光电探测系统中;若所述的散射光路机构中的第二滤光片的中心波长为荧光中心波长,则荧光可透过第二滤光片而进入到第二光电探测系统中;第二光电探测系统将光信号转换为电信号并放大,然后被所述的数据采集与控制系统采集,所述的数据采集与控制系统控制三维平移平台移动,可测量不同空间点的激发光的散射光强度和荧光强度。

[0025] 利用上述免疫层析试纸条散射光场空间分布测量装置进行免疫层析试纸条散射光场空间分布测量的方法,包括如下测量步骤:

[0026] 步骤 1. 打开激光器,预热一定时间直至光源稳定;

[0027] 步骤 2. 调整二维倾斜平台至初始位置,建立样品坐标系:

[0028] 调整二维倾斜平台使放置其上的免疫层析试纸条的表面垂直于入射光路的光轴,以免免疫层析试纸条上的光束入射点为样品坐标系原点 $O(0, 0)$, 二维倾斜平台的两个正交的轴作为样品坐标系的 X 轴和 Y 轴,建立样品坐标系 OXY:

[0029] 步骤 3. 调整三维平移平台至初始位置,建立测量坐标系:

[0030] ①在免疫层析试纸条的周围、不遮挡反射光束入射至免疫层析试纸条上的散射光场中任意选取空间点 P_i , 其中 $i = 1, \dots, N$, 代表第 i 个空间点;

[0031] ②将散射光路机构放置在三维平移平台上,并一同移动到空间点 P_i 处,调整三维平移平台,使三维平移平台与所述的待测免疫层析试纸条的表面平行;

[0032] ③以空间点 P_i 为测量坐标系原点 $P_i(0, 0)$, 以放置散射光路机构的三维平移平台 d 两移动正交轴作为测量坐标系的 S 轴和 T 轴,建立测量坐标系 PST:

[0033] 步骤 4. 测量以 P_i 为中心点、面积为 $(2S_{\max}) \times (2T_{\max})$ 区域的光场强度:

[0034] 当第二滤光片选用中心波长为光源发射中心波长的滤光片时,所测为激发光散射光场,第一光电探测系统所得参考光强记为 $SR_{i, [m][n]}$ 、第二光电探测系统所得数据记为

$SC_{i,[m][n]}$, 其中 i 代表第 i 个空间点, m 代表在 ST 平面内 S 方向上的测量序号, n 代表在 ST 平面内 T 方向上的测量序号;

[0035] 当二滤光片选用中心波长为荧光中心波长滤光片时, 所测为荧光光场, 第一光电探测系统所得参考光强记为 $FR_{i,[m][n]}$ 、第二光电探测系统所得数据记为 $FL_{i,[m][n]}$;

[0036] ①通过数据采集与控制系统控制三维平移平台将散射光路机构移动至 $(-S_{max}, -T_{max})$, 采集并记录第二光电探测系统和第一光电探测系统的数据 $SC_{i,[m][n]}$ 、 $SR_{i,[m][n]}$ 或 $FL_{i,[m][n]}$ 、 $FR_{i,[m][n]}$, 此时 $m = 1, n = 1$;

[0037] ②通过数据采集与控制系统控制控制三维平移平台以间隔 ds (ds 为第二光电转换器件光接收表面在 S 轴方向上的跨度) 沿 S 轴正方向移动散射光路机构至下一探测位置, 即 $m = m+1$, 采集并记录该位置时第二光电探测系统和第一光电探测系统的数据 $SC_{i,[m][n]}$ 、 $SR_{i,[m][n]}$ 或 $FL_{i,[m][n]}$ 、 $FR_{i,[m][n]}$; 重复此步骤, 直至完成散射光路机构在 S 轴上移动到 S_{max} 处的光强探测;

[0038] ③以间隔 dt (dt 为第二光电转换器件光接收表面在 T 轴方向上的跨度) 沿 T 轴正方向移动散射光路机构至下一探测位置, 即 $n = n+1$, 采集并记录该位置时第二光电探测系统和第一光电探测系统的数据 $SC_{i,[m][n]}$ 、 $SR_{i,[m][n]}$ 或 $FL_{i,[m][n]}$ 、 $FR_{i,[m][n]}$;

[0039] ④通过数据采集与控制系统控制三维平移平台以间隔 ds 沿 S 轴负方向移动散射光路机构至下一探测位置, 即 $m = m-1$, 采集并记录该位置时的数据 $SC_{i,[m][n]}$ 、 $SR_{i,[m][n]}$ 或 $FL_{i,[m][n]}$ 、 $FR_{i,[m][n]}$; 重复此步骤, 直至完成散射光路机构在 S 轴上移动到 $-S_{max}$ 处的光强探测。

[0040] ⑤以间隔 dt 沿 T 轴正方向移动散射光路机构至下一探测位置, 即 $n = n+1$, 采集并记录该位置时的数据 $SC_{i,[m][n]}$ 、 $SR_{i,[m][n]}$ 或 $FL_{i,[m][n]}$ 、 $FR_{i,[m][n]}$;

[0041] ⑥重复②~⑤直至完成由 $(-S_{max}, -T_{max})$ 到 (S_{max}, T_{max}) 的所有位置处的空间散射光强的测量和参考光路中对光源强度的测量。

[0042] 优选的, 上述方法还包括:

[0043] 步骤 5 测量同一入射点不同入射角下散射光场的空间分布:

[0044] ①选定入射角 θ_i , 数据采集与控制系统控制二维倾斜平台运动以实现光束以 θ_i 角入射至免疫层析试纸条上。

[0045] ②重复步骤 (三) ~ (五) 即可测量此角度下散射光场的空间分布。

[0046] 步骤 6 数据处理:

[0047] ①对空间点 P_i , 将其所有激发光散射光场强度 $SC_{i,[m][n]}$ 与参考光强 $SR_{i,[m][n]}$ 之比叠加可得以 P_i 为中心点、面积为 $(2S_{max}) \times (2T_{max})$ 区域的相对激发光散射光场强度 S_i , 将其所有荧光光场强度 $FL_{i,[m][n]}$ 与参考光强 $FR_{i,[m][n]}$ 之比叠加可得以 P_i 为中心点、面积为 $(2S_{max}) \times (2T_{max})$ 区域的相对荧光光场强度 F_i , 即:

$$[0048] \quad S_i = \sum \frac{SC_{i,[m][n]}}{SR_{i,[m][n]}}$$

$$[0049] \quad F_i = \frac{FL_{i,[m][n]}}{FR_{i,[m][n]}}$$

[0050] 取相对光场强度是为了消除光源不稳定性所带来的影响。

[0051] ②对以 P_i 为中心点、面积为 $(2S_{\max}) \times (2T_{\max})$ 的区域,将其相对荧光光场强度 F_i 与相对激发光散射光场强度 S_i 作比可得作为最佳信号收集位置判断参考的参量 T_i ,即:

$$[0052] \quad T_i = \frac{F_i}{S_i}$$

[0053] ③从所有 T_i 中找出最大值 $T_{i,\max}$,其所对应的空间点即为所有测量空间点中的最佳信号收集点。

[0054] 与在先技术相比,本发明具有下列技术效果:

[0055] 1、本发明设置了参考光路,可消除光源不稳定性所带来的影响;

[0056] 2、本发明使用二维倾斜平台带动免疫层析试纸条做二维倾斜运动,可实现免疫层析试纸条上入射角的改变,从而使整个装置实现不同入射角下散射光场空间分布的测量,简化了结构。

[0057] 3、本发明采用三维平移平台控制散射光路机构进行三维运动,可实现在同一入射角的情况下,在不同空间点处一连续区域内散射光场的测量,可满足混浊介质散射光场的测量。

[0058] 4、通过更换滤光这种简单的操作,在同一套装置下不仅可实现激发光散射场测量,亦可实现荧光光场测量。不仅充分利用了本套装置,而且使得获取的激发光散射场和荧光光场具有可对照性。

[0059] 5、对同一空间点,采用相对荧光光场强度相对激发光散射光场强度比值,对提高免疫层析类仪器的信噪比提供了有力的工具。

附图说明

[0060] 图1为本发明免疫层析试纸条散射光场空间分布测量装置结构框图;

[0061] 图2为本发明免疫层析试纸条散射光场空间分布测量装置光路图。

具体实施方式

[0062] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步的说明,但不因此限定本发明的保护范围。

[0063] 请参阅图1和图2,图1为本发明免疫层析试纸条散射光场空间分布测量装置结构框图,图2为本发明免疫层析试纸条散射光场空间分布测量装置光路图。由图可见,本发明免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置主要由照明光路机构1、参考光路机构2、入射光路机构3、二维倾斜平台4,散射光路机构5,三维平移平台6,数据采集与控制系统7组成。

[0064] 所述的照明光路机构1由激光器101、准直镜102、分色镜104组成,所述的激光器101发出的激光光束经所述的准直镜102后变成平行光103,该平行光103经所述的分色镜后分为反射光束301和透射光束201,该反射光束301入射至所述的测量光路的入射光路3,该透射光束201入射至所述的参考光路2,激光光束与准直镜共光轴,分色镜法线与准直镜光轴成 45° 角。

[0065] 所述的参考光路机构2沿透射光束201方向依次由第一滤光片202、第一聚焦镜203、孔径光阑204和第一光电探测系统205组成,透射光束201由第一滤光片202滤光后

经第一聚焦镜 203 聚焦后经孔径光阑 204 入射至第一光电探测系统 205, 第一光电探测系统 205 接收光信号后将其转换为电信号并放大, 所得电信号由数据采集与控制系统 7 采集、存储和处理;

[0066] 所述的入射光路机构 3 沿反射光束 301 方向由聚焦透镜 302 组成, 反射光束 301 经聚焦透镜 302 聚焦到待测免疫层析试纸条 401 上;

[0067] 所述的待测免疫层析试纸条 401 放置在所述的二维倾斜平台 4 上, 所述的反射光束 301 经聚焦透镜 302 聚焦到待测免疫层析试纸条 401 上后发生散射并激发出荧光形成散射光束 501, 所述的数据采集与控制系统 7 通过控制二维倾斜平台 4 运动可改变光束照射到免疫层析试纸条上的入射角度;

[0068] 所述的散射光路机构 5 由第二滤光片 502 和第二光电探测系统 503 组成, 散射光束 501 经第二滤光片 502 后入射至第二光电探测系统 503, 第二光电探测系统 503 接收光信号后将其转换为电信号并放大, 所得电信号由数据采集与控制系统 7 采集、存储和处理;

[0069] 所述的三维平移平台 6 在所述的数据采集与控制系统 7 控制下移动, 可测量不同空间点的激发光的散射光强度和荧光强度;

[0070] 所述的数据采集与控制系统 7 由具备高精度 A/D 转换功能的多功能数据采集卡及具有相应数据处理和控制软件的计算机构成。

[0071] 所述的第一滤光片 202 只透过所述的激光器 101 发射的红外光, 用于滤除杂光。本实例中采用的 980nm 滤光片。

[0072] 所述的第二滤光片 502 有只透过所述的激光器 101 发射的红外光和只透过激发出的荧光光波两种, 通过更换滤光片 502 可分别测量入射光波入射后激发光散射光场和其激发的荧光的散射光场的空间分布。

[0073] 所述的参考光路 2 中的孔径光阑 204 用于限定收集光束的孔径和立体角, 限定光电转换器件的接收面积以保证光束的孔径小于或等于光电转换器件的感光面积。

[0074] 所述的第一光电探测系统 205、第二光电探测系统 503 由光电转换器件和前置放大器组成。

[0075] 本实施例中:

[0076] 所述激光器 101 为波长 980nm 的 LD 红外激光, 激发上转换发光材料可发射 541.5nm 的可见光。

[0077] 所述分色镜 104 镀有介质膜, 对 980nm 光的透过率 (45° 入射角) 为 1% 左右, 反射率为 99% 左右, 与激光器输出光路呈 45° 角放置。

[0078] 所述透射光束 201 和激发光散射光束 501 为 980nm 的红外光, 采用光电二极管 (PD) 探测, 其型号可以是日本滨松公司生产的 s1223-01 型; UPC 颗粒发出的上转换光束 501 为波长 541.5nm 的可见光, 经第二滤波片滤波后可采用日本滨松公司的 H5784 型光电倍增管探测。

[0079] 所述的第一滤波片 202 透过 980nm 红外光, 用于滤除波长在 980nm 之外的杂光。

[0080] 所述的第二滤波器 502 在测量激发光散射光场空间分布时同第一滤波片 202, 在测量荧光光场空间分布时透过 541.5nm 可见光, 滤除激发光散射光场。

[0081] 所述前置放大器可以为 LF353 或 LF412。

[0082] 所述多功能数据采集卡实现由模拟信号向数字信号的转变, 需要至少 4 路 A/D 输

入通道（单端或双端）和至少一路输入 D/A 输出通道，可以是 USB7360 系列多功能数据采集卡。

[0083] 具体测量步骤如下：

[0084] 步骤 1. 打开激光器 (101)，预热一定时间直至光源稳定；

[0085] 步骤 2. 调整二维倾斜平台 (4) 至初始位置，建立样品坐标系：

[0086] 调整二维倾斜平台 (4) 使放置其上的免疫层析试纸条的表面垂直于入射光路的光轴，以免层析试纸条上的光束入射点为样品坐标系原点 $O(0, 0)$ ，二维倾斜平台 (4) 的两个正交的轴作为样品坐标系的 X 轴和 Y 轴，建立样品坐标系 OXY；

[0087] 步骤 3. 调整三维平移平台 (6) 至初始位置，建立测量坐标系：

[0088] ①在免疫层析试纸条的周围、且不遮挡反射光束 (301) 入射至免疫层析试纸条上的散射光场中任意选取空间点 P_i ，其中 $i = 1, \dots, N$ ，代表第 i 个空间点；

[0089] ②将散射光路机构 (5) 放置在三维平移平台 (6) 上，并一同移动到空间点 P_i 处，调整三维平移平台 (6)，使三维平移平台 (6) 与所述的待测免疫层析试纸条的表面平行；

[0090] ③以空间点 P_i 为测量坐标系原点 $P_i(0, 0)$ ，以放置散射光路机构 (5) 的三维平移平台 (6) 两移动正交轴作为测量坐标系的 S 轴和 T 轴，建立测量坐标系 PST；

[0091] 步骤 4. 测量以 P_i 为中心点、面积为 $(2S_{\max}) \times (2T_{\max})$ 区域的光场强度：

[0092] 当第二滤光片选用中心波长为光源发射中心波长的滤光片时，所测为激发光散射光场，第一光电探测系统所得参考光强记为 $SR_{i, [m][n]}$ 、第二光电探测系统所得数据记为 $SC_{i, [m][n]}$ ，其中 i 代表第 i 个空间点， m 代表在 ST 平面内 S 方向上的测量序号， n 代表在 ST 平面内 T 方向上的测量序号；

[0093] 当二滤光片选用中心波长为荧光中心波长滤光片时，所测为荧光光场，第一光电探测系统所得参考光强记为 $FR_{i, [m][n]}$ 、第二光电探测系统所得数据记为 $FL_{i, [m][n]}$ ；

[0094] ①通过数据采集与控制系统 (7) 控制三维平移平台 (6) 将散射光路机构 (5) 移动至 $(-S_{\max}, -T_{\max})$ ，采集并记录第二光电探测系统和第一光电探测系统的数据 $SC_{i, [m][n]}$ 、 $SR_{i, [m][n]}$ 或 $FL_{i, [m][n]}$ 、 $FR_{i, [m][n]}$ ，此时 $m = 1, n = 1$ ；

[0095] ②通过数据采集与控制系统控制 (7) 控制三维平移平台 (6) 以间隔 ds (ds 为第二光电转换器件光接收表面在 S 轴方向上的跨度) 沿 S 轴正方向移动散射光路机构 (5) 至下一探测位置，即 $m = m+1$ ，采集并记录该位置时第二光电探测系统和第一光电探测系统的数据 $SC_{i, [m][n]}$ 、 $SR_{i, [m][n]}$ 或 $FL_{i, [m][n]}$ 、 $FR_{i, [m][n]}$ ；重复此步骤，直至完成散射光路机构 (5) 在 S 轴上移动到 $S_{\max}$ 处的光强探测；

[0096] ③以间隔 dt (dt 为第二光电转换器件光接收表面在 T 轴方向上的跨度) 沿 T 轴正方向移动散射光路机构 (5) 至下一探测位置，即 $n = n+1$ ，采集并记录该位置时第二光电探测系统和第一光电探测系统的数据 $SC_{i, [m][n]}$ 、 $SR_{i, [m][n]}$ 或 $FL_{i, [m][n]}$ 、 $FR_{i, [m][n]}$ ；

[0097] ④通过数据采集与控制系统控制三维平移平台以间隔 ds 沿 S 轴负方向移动散射光路机构 (5) 至下一探测位置，即 $m = m-1$ ，采集并记录该位置时的数据 $SC_{i, [m][n]}$ 、 $SR_{i, [m][n]}$ 或 $FL_{i, [m][n]}$ 、 $FR_{i, [m][n]}$ ；重复此步骤，直至完成散射光路机构 (5) 在 S 轴上移动到 $-S_{\max}$ 处的光强探测。

[0098] ⑤以间隔 dt 沿 T 轴正方向移动散射光路机构 (5) 至下一探测位置，即 $n = n+1$ ，采集并记录该位置时的数据 $SC_{i, [m][n]}$ 、 $SR_{i, [m][n]}$ 或 $FL_{i, [m][n]}$ 、 $FR_{i, [m][n]}$ ；

[0099] ⑥重复②~⑤直至完成由 $(-S_{\max}, -T_{\max})$ 到 $(S_{\max}, T_{\max})$ 的所有位置处的空间散射光强的测量和参考光路中对光源强度的测量。

[0100] 步骤5. 测量同一入射点不同入射角下散射光场的空间分布：

[0101] ①选定入射角 θ_i ，通过数据采集与控制系统(7)控制二维倾斜平台(4)运动使得入射光束以 θ_i 角入射至免疫层析试纸条表面；

[0102] ②重复步骤3~步骤4，即测量此角度下散射光场的空间分布。

[0103] 步骤6. 确定最佳信号收集点：

[0104] ①计算以空间点 P_i 为中心点、面积为 $(2S_{\max}) \times (2T_{\max})$ 区域的相对激发光散射光场强度 S_i 和相对荧光光场强度 F_i ，公式如下：

[0105]
$$S_i = \sum \frac{SC_{i[m][n]}}{SR_{i[m][n]}}$$

[0106]
$$F_i = \frac{FL_{i[m][n]}}{FR_{i[m][n]}};$$

[0107] ②计算最佳信号收集位置判断参考量 T_i ，公式如下：

[0108]
$$T_i = \frac{F_i}{S_i}$$

[0109] ③从所有参考量 T_i 中找出最大值 $T_{i\max}$ ，其所对应的空间点即为所有测量空间点中的最佳信号收集点。

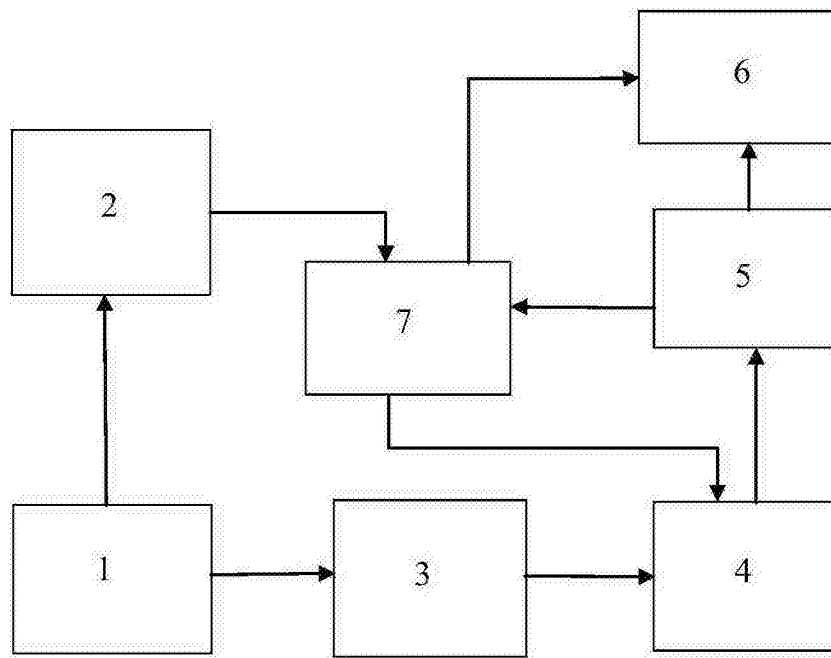


图 1

专利名称(译)	免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置及方法		
公开(公告)号	CN105353115A	公开(公告)日	2016-02-24
申请号	CN201510687786.3	申请日	2015-10-21
[标]申请(专利权)人(译)	中国科学院上海光学精密机械研究所		
申请(专利权)人(译)	中国科学院上海光学精密机械研究所		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学院上海光学精密机械研究所		
[标]发明人	黄立华 肖阳 胡卓非 何薇羽 凌丽青 郭凯 黄惠杰		
发明人	黄立华 肖阳 胡卓非 何薇羽 凌丽青 郭凯 黄惠杰		
IPC分类号	G01N33/53 G01N21/64 G01N21/49		
CPC分类号	G01N21/49 G01N21/6402 G01N33/53		
其他公开文献	CN105353115B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种免疫层析试纸条散射光场空间分布的测量装置，包括照明光路机构、参考光路机构、入射光路机构、供待测免疫层析试纸放置的二维倾斜平台、散射光路机构、三维平移平台和数据采集与控制系统，及测量方法。本发明消除光源不稳定性所带来的影响，实现免疫层析试纸条上入射角的改变，从而使整个装置实现不同入射角下散射光场空间分布的测量，实现在同一入射角的情况下，在不同空间点处一连续区域内散射光场的测量，可满足混浊介质散射光场的测量，对同一空间点，采用相对荧光光场强度相对激发光散射光场强度比值，对提高免疫层析类仪器的信噪比提供了有力的工具。

