



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102654442 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 26

(21) 申请号 201110052025. 2

(22) 申请日 2011. 03. 04

(73) 专利权人 中国人民解放军军事医学科学院  
毒物药物研究所

地址 100850 北京市海淀区太平路 27 号

(72) 发明人 蔡利锋 刘克良

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专  
利商标事务所 11038

代理人 颜镛

(51) Int. Cl.

G01N 13/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1788220 A, 2006. 06. 14,

US 5303030 A, 1994. 04. 12, 全文.

WO 0153798 A1, 2001. 07. 26, 全文.

CN 2629028 Y, 2004. 07. 28, 全文.

GB 2408572 A, 2005. 06. 01, 全文.

CN 2849708 Y, 2006. 12. 20, 全文.

DE 102007056669 A1, 2009. 05. 28, 全文.

CN 101308077 A, 2008. 11. 19, 全文.

Toby E. Young, Robert

E. Synovec. "Enhanced surfactant determination by ion-pair formation using flow-injection analysis and dynamic surface tension detection". 《Talanta》. 1996, 第 43 卷 (第 6 期), 第 889-899 页.

李大勇, 石德全, 张宇彤. "液态铝合金表面张力快速检测新方法装置". 《中国有色金属学报》. 2005, 第 15 卷 (第 2 期), 第 179-183 页.

审查员 周程丽

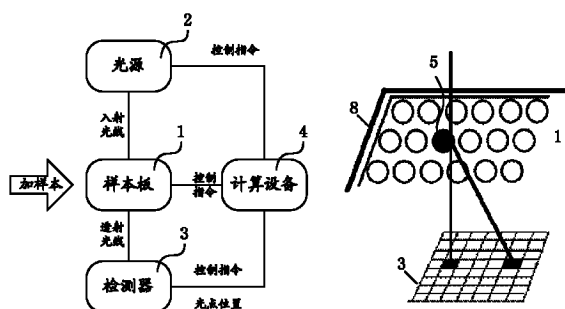
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

表面张力检测装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种表面张力检测装置,包括:样品池,用于填充待测液态介质;光源,设于所述样品池一方,用于向所述样品池中的待测液态介质发射光线;检测器,具有感应区,设于所述样品池另一方,用于检测所述光线透射过所述样品池中的待测液态介质后投射在所述感应区的光点位置;计算设备,与所述检测器相连,用于根据接收到的光点位置计算所述待测液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。本发明涉及一种表面张力检测方法。本发明无需依赖现有表面张力测定技术来校准仪器,而且可实现较高精度和准确度的定量检测。



1. 一种表面张力检测装置,包括:  
样品池,用于填充待测液态介质;  
光源,设于所述样品池的一方,用于向所述样品池中的待测液态介质发射光线;  
检测器,具有感应区,设于所述样品池的另一方,用于检测所述光线透射过所述样品池中的待测液态介质后投射在所述感应区的光点位置;  
计算设备,与所述检测器相连,用于根据接收到的光点位置计算所述待测液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。
2. 根据权利要求1所述的表面张力检测装置,其中,所述样品池具有使待测液态介质发生明显毛细现象的中空结构,所述样品池底部为透明。
3. 根据权利要求2所述的表面张力检测装置,其中,所述中空结构为圆柱形中空结构。
4. 根据权利要求3所述的表面张力检测装置,其中,所述样品池为单孔板或多孔阵列板,所述多孔阵列板还连有定位和步进机构。
5. 根据权利要求4所述的表面张力检测装置,其中,所述多孔阵列板为96、394或1536孔微量酶标板。
6. 根据权利要求1所述的表面张力检测装置,其中,所述光源设于所述样品池垂直上方,所述光源发射的光线竖直射入所述样品池,且入射点偏移所述样品池中心预设距离。
7. 根据权利要求1所述的表面张力检测装置,其中,所述检测器为阵列式光敏检测器或数码照相机。
8. 根据权利要求6所述的表面张力检测装置,其中,所述光源为线状光源,所述计算设备包括:  
光点偏移确定单元,用于根据接收到的光点位置确定光点偏移值;  
第一曲率半径计算单元,用于根据所述光点偏移值计算所述待测液态介质的表面曲率半径;  
表面张力计算单元,用于根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。
9. 根据权利要求6所述的表面张力检测装置,其中,所述光源为柱状光源,所述计算设备包括:  
光斑面积确定单元,用于对接收到的柱状光源发出的光线在感应区投射的光点进行积分确定受光面积;  
第二曲率半径计算单元,用于将所述受光面积计算所述待测液态介质的表面曲率半径;  
表面张力计算单元,用于根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。
10. 根据权利要求6所述的表面张力检测装置,其中,所述光源为已知光强的可控柱状光源,所述计算设备包括:  
光强确定单元,用于对接收到的已知光强的可控柱状光源发出的光线在感应区投射的光点和光强系数的乘积进行积分确定光强;  
第三曲率半径计算单元,用于将所述光强计算所述待测液态介质的表面曲率半径;  
表面张力计算单元,用于根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。
11. 根据权利要求8、9或10所述的表面张力检测装置,其中所述计算设备还包括:  
临界胶束浓度确定单元,用于通过逐步增加待测液态介质的表面活性剂浓度,记录所

述待测液态介质的表面曲率半径的变化曲线,根据所述变化曲线中的拐点确定所述表面活性剂的临界胶束浓度。

12. 根据权利要求 1 所述的表面张力检测装置,其中所述计算设备包括:  
控制单元,用于向所述光源、样品池和 / 或检测器发出控制指令。

13. 一种基于权利要求 1 ~ 12 任一所述的表面张力检测装置的表面张力检测方法,包括:

光源向样品池中填充的待测液态介质发射光线;

检测器检测所述光线透射过所述样品池中的待测液态介质后投射在感应区的光点位置;

计算设备根据接收到的光点位置计算所述液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述液态介质的表面张力。

14. 根据权利要求 13 所述的表面张力检测方法,其中,所述光源向样品池中填充的待测液态介质发射光线的操作具体为:

所述光源向样品池中填充的待测液态介质发射的光线竖直射入所述样品池,且入射点偏移所述样品池中心预设距离。

15. 根据权利要求 14 所述的表面张力检测方法,其中,所述光源为线状光源,所述计算设备根据接收到的光点位置计算所述液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述液态介质的表面张力的操作具体包括:

所述计算设备根据接收到的光点位置确定光点偏移值;

所述计算设备根据所述光点偏移值计算所述待测液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

16. 根据权利要求 14 所述的表面张力检测方法,其中,所述光线为柱状光源,所述计算设备根据接收到的光点位置计算所述液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述液态介质的表面张力的操作具体包括:

所述计算设备对接收到的柱状光源发出的光线在感应区投射的光点进行积分确定受光面积;

所述计算设备将所述受光面积计算所述待测液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

17. 根据权利要求 14 所述的表面张力检测方法,其中,所述光线为已知光强的可控柱状光源,所述计算设备根据接收到的光点位置计算所述液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述液态介质的表面张力的操作具体包括:

所述计算设备对接收到的已知光强的可控柱状光源发出的光线在感应区投射的光点和强度系数的乘积进行积分确定光强;

所述计算设备将所述光强计算所述待测液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

18. 根据权利要求 15、16 或 17 所述的表面张力检测方法,其中,还包括以下步骤:

通过逐步增加待测液态介质的表面活性剂的浓度,记录所述待测液态介质的表面曲率半径的变化曲线;

根据所述变化曲线中的拐点确定所述表面活性剂的临界胶束浓度。

## 表面张力检测装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及检测技术,尤其涉及一种表面张力检测装置及方法。

### 背景技术

[0002] 液体的界面性质在科研、技术开发和产品制造上具有重要意义。液体的表面张力和液-固界面张力是了解液体界面性质的关键,因此表面张力的测定具有非常重要的意义。经典表面张力测定方法能够得到精确的表面张力值,但测定费时费力,对测定人员的技术要求也比较高。而已开发的快速表面张力测定方法在速度方面有所提高,但因其所采用的方法属于序列测定,每一次测定均需要较长的平衡时间才能够得到可靠结果。

[0003] 不同界面性质的液体可在微孔中形成不同的溶液表面或不同的液柱高度,即常见的毛细现象。溶液表面形状由液体表面张力、固体表面张力、液-固界面张力、重力和孔的大小和形状决定,这些关系可由经典的杨氏方程和拉普拉斯方程精确描述。在目前高通量筛选广泛使用的微孔酶标板上(如384孔和1536孔酶标板),板孔直径接近毛细管尺寸,毛细现象变得显著起来,从而使不同界面性质的液体具有不同的液体表面曲率半径。这些不同表面曲率半径的溶液表面会对通过溶液表面的检测光产生不同的反射和折射,从而影响光谱检测信号。

[0004] 目前,已有针对多孔酶标板微孔中表面曲率半径不同引起的光吸收信号差异的专利公开文本W001/53798,可望用于开发快速表面张力检测。其通过检测微孔内不同溶液表面对透射和反射光强度的影响来检测表面张力。这种方式缺乏有效的理论描述,无法合理解释信号变化,因此需要依赖现有表面张力测定技术来校准仪器,这缩小了这种方式的应用范围和使用效率。

[0005] 专利公开文本GB2408572A提供了另一种快速表面张力检测方法。这种方法通过拍摄透过微孔内介质的预设模式图像的图形,并通过匹配比对图像的变形程度来确定微孔内介质的表面曲率半径,这种方式在技术实现上有较大障碍,且无法获得精确的定量结果,难以保证表面张力测量的精度和准确性的要求。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提出一种表面张力检测装置及方法,能够根据不同表面曲率半径的溶液表面对检测光产生的反射和折射来检测出表面张力,且无需依靠现有表面张力测试技术进行标定。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种表面张力检测装置,包括:

[0008] 样品池,用于填充待测液态介质;

[0009] 光源,设于所述样品池的一方,用于向所述样品池中的待测液态介质发射光线;

[0010] 检测器,具有感应区,设于所述样品池的另一方,用于检测所述光线透射过所述样品池中的待测液态介质后投射在所述感应区的光点位置;

[0011] 计算设备,与所述检测器相连,用于根据接收到的光点位置计算所述待测液态介

质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0012] 在上述技术方案中,光源发出的光线在偏离法线的角度下进入待测液态介质中发生折射,而折射后的光线从液态介质中返回空气后发生二次折射,其投射在检测器的光点位置发生偏移,而偏移后的光点位置可根据光的折射原理计算出液态介质的表面曲率半径,进一步通过杨氏和拉普拉斯方程可计算出液态介质的表面张力。这种方式无需依赖现有表面张力测定技术来校准仪器,而且可实现较高精度和准确度的定量检测。

[0013] 进一步的,所述样品池具有使待测液态介质发生明显毛细现象的中空结构,所述样品池底部为透明。本发明中凭借液体表面形状与相关作用力的关系来计算表面张力,其基于液体介质在微孔中的毛细现象,而样品池的直径应小到一定尺寸,如7毫米以下,重力的影响开始退居次要,而毛细现象开始变得显著,以保障其计算精度和准确度越高。样品池的底部为透明,保障光线能够穿透液体介质投射到检测器上。

[0014] 优选的,所述检测池应为圆柱形结构。但并不限于圆柱形结构,也适于采用其他合适结构。

[0015] 进一步的,所述样品池为单孔板或多孔阵列板。本发明可采用单孔板作为样品池,同时为了方便高通量检测,也可采用多孔阵列板,所述多孔阵列板还连有定位和步进机构。通过在多孔阵列板连接定位和步进机构,实现对不同孔进行持续性的扫描。

[0016] 进一步的,所述多孔阵列板为96、394或1536孔微量酶标板,所述微量酶标板还连有定位和步进机构。根据成本和应用范围,多孔阵列板可选用一次性使用的微孔酶标板。微量酶标板的常用规格包括96、394或1536孔,各种规格的孔径有所不同。

[0017] 进一步的,所述光源设于所述样品池垂直上方,所述光源发射的光线竖直射入所述样品池,且入射点偏移所述样品池中心预设距离。偏移样品池中心射入的光线经过非水平的待测液态介质后会偏移竖直方向,光线重新进入空气后,会进一步的偏移竖直方向。

[0018] 进一步的,所述检测器为阵列式光敏检测器或数码照相机。

[0019] 进一步的,所述光源为线状光源,所述计算设备包括:

[0020] 光点偏移确定单元,用于根据接收到的光点位置确定光点偏移值;

[0021] 第一曲率半径计算单元,用于根据所述光点偏移值计算所述待测液态介质的表面曲率半径;

[0022] 表面张力计算单元,用于根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0023] 线状光源所发射出的光束比较细,投射到检测器的感应区可视为一个光点,通过获取该光点的位置信息可以进一步的确定光点偏移值,再利用光折射原理计算出待测液态介质的表面曲率半径。

[0024] 进一步的,所述光源为柱状光源,所述计算设备包括:

[0025] 受光面积确定单元,用于对接收到的柱状光源发出的光线在感应区投射的光点进行积分确定受光面积;

[0026] 第二曲率半径计算单元,用于根据所述受光面积计算所述待测液态介质的表面曲率半径;

[0027] 表面张力计算单元,用于根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0028] 柱状光源发出的光束为具有较宽直径的光束,投射到感应区时实际是一个大的光斑,因此在计算时就不再计算光点位置,而是将光束分解成多条光线,然后通过对这些光线在检测器的感应区投射的光点位置进行积分,得到这些光点所构成的光斑的面积,再根据由光的折射原理推出的受光面积与表面曲率之间的关系曲线来确定对应的待测液态介质的表面曲率半径。

[0029] 进一步的,所述光源为已知光强的可控柱状光源,所述计算设备包括:

[0030] 光强确定单元,用于对接收到的已知光强的可控柱状光源发出的光线在感应区投射的光点和光强系数的乘积进行积分确定光强;

[0031] 第三曲率半径计算单元,用于将所述光强计算所述待测液态介质的表面曲率半径;

[0032] 表面张力计算单元,用于根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0033] 根据光的折射原理,两次折射过程中都还将有一部分光反射回去,折射的光强度与入射光强的比值由折射角确定,也最终由表面曲率半径‘R’决定,可由 Fresnel 方程算出。将这些因素引起的光强系数与上述光斑在检测器投影的光点相乘并积分,即可得到光的强度信息,检测器可为最常用的光强度检测器。由于可建立光强与液体介质表面曲率的定量关系曲线,从而通过毛细现象原理与表面张力建立确定定量关系,该方法理论上可不经其它技术标定进行表面张力的测定。

[0034] 进一步的,所述计算设备还包括:

[0035] 临界胶束浓度确定单元,用于通过逐步增加待测液态介质的表面活性剂浓度,记录所述待测液态介质的表面曲率半径的变化曲线,根据所述变化曲线中的拐点确定所述表面活性剂的临界胶束浓度。在测量待测液态介质的表面张力时,通过增加待测液态介质的表面活性剂浓度会发现当达到一定浓度时,表面曲率半径将不再明显变化,而该浓度即为表面活性剂的临界胶束浓度。这种方法可以用于高通量无探针的表面活性剂临界胶束浓度的测量。

[0036] 进一步的,所述计算设备包括:

[0037] 控制单元,用于向所述光源、样品池和/或检测器发出控制指令。为了提高测量精度和使操作更便利,计算设备还可以直接向光源、样品池和/或检测器等发出控制指令。

[0038] 为实现上述目的,本发明提供了一种基于前述表面张力检测装置的表面张力检测方法,包括:

[0039] 光源向样品池中填充的待测液态介质发射光线;

[0040] 所述检测器检测所述光线透射过所述样品池中的待测液态介质后投射在所述感应区的光点位置;

[0041] 计算设备根据接收到的光点位置计算所述液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述液态介质的表面张力。

[0042] 进一步的,所述光源向样品池中填充的待测液态介质发射光线的操作具体为:

[0043] 所述光源向样品池中填充的待测液态介质发射的光线竖直射入所述样品池,且入射点偏移所述样品池中心预设距离。

[0044] 进一步的,所述光源为线状光源,所述计算设备根据接收到的光点位置计算所述

液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述液态介质的表面张力的操作具体包括:

[0045] 所述计算设备根据接收到的光点位置确定光点偏移值;

[0046] 所述计算设备根据所述光点偏移值计算所述待测液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0047] 进一步的,所述光线为柱状光源,所述计算设备根据接收到的光斑形状和位置计算所述液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述液态介质的表面张力的操作具体包括:

[0048] 所述计算设备对接收到的柱状光源发出的光线在感应区投射的光点进行积分确定受光面积;

[0049] 所述计算设备将所述受光面积计算所述待测液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0050] 进一步的,所述光线为已知光强的可控柱状光源,所述计算设备根据接收到的光强计算所述液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述液态介质的表面张力的操作具体包括:

[0051] 所述计算设备对接收到的已知光强的可控柱状光源发出的光线在感应区投射的光点和强度系数的乘积进行积分确定光强;

[0052] 所述计算设备将所述光强计算所述待测液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0053] 进一步的,还包括以下步骤:

[0054] 通过逐步增加待测液态介质的表面活性剂的浓度,记录所述待测液态介质的表面曲率半径的变化曲线;

[0055] 根据所述变化曲线中的拐点确定所述表面活性剂的临界胶束浓度。

[0056] 基于上述技术方案,本发明中光源发出的光线在偏离法线的角度下进入待测液态介质中发生折射,而折射后的光线从液态介质中返回空气后发生二次折射,其投射在检测器的光点位置发生偏移,而偏移后的光点位置可根据光的折射原理计算出液态介质的表面曲率半径,进一步通过杨氏和拉普拉斯方程可计算出液态介质的表面张力。这种方式无需依赖现有表面张力测定技术来校准仪器,而且可实现较高精度和准确度的定量检测。

## 附图说明

[0057] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0058] 图1为本发明表面张力检测方法实施例的原理示意图。

[0059] 图2为本发明表面张力检测方法实施例中光点偏移值  $\text{shift}$  与液态介质的表面曲率半径  $R$  之间的关系曲线。

[0060] 图3为本发明表面张力检测装置的一实施例的结构示意图。

[0061] 图4为本发明表面张力检测方法的一实施例的流程示意图。

[0062] 图5为本发明表面张力检测方法的又一实施例的原理示意图。

[0063] 图6为图5中光柱投射的示意图。

- [0064] 图 7 为本发明表面张力检测方法实施例应用于临界胶束浓度测定的示意图。  
 [0065] 图 8 为本发明表面张力检测装置的一实施例中计算设备的结构示意图。  
 [0066] 图 9 为本发明表面张力检测装置的又一实施例中计算设备的结构示意图。  
 [0067] 图 10 为本发明表面张力检测装置的另一实施例中计算设备的结构示意图。

### 具体实施方式

[0068] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

[0069] 发明人分析发现在检测光束偏离微孔中心的情况下,根据光的折射原理,折射光将偏离原来的垂直位置,从而使透射光点偏离预定的检测位置。而在一定的仪器设置下,透射光的偏离值与液体的表面曲率半径有直接的简单几何关系,可通过简单计算解析出来。本发明将定量检测光束在不同表面曲率半径的微孔液体表面上折射导致的光点位置偏离值,以此确定液体的表面曲率半径,从而达到对液体表面张力的定量测定,或检测液体界面性质的变化。

[0070] 如图 1 所示,为本发明表面张力检测方法实施例的原理示意图。当检测光线射入微孔中偏离孔中心位置时,该检测光线在不同曲率半径的液面上具有不同的法线。在高表面张力液体形成的近水平溶液表面上,垂直射入的检测光线方向与法线重叠,在通过液面时折射光线方向不变,折射后到达与光源垂直对应的检测器原点位置 Z0。在低表面张力液体引起的弯曲溶液表面上,法线指向弯曲表面的圆心 B;当检测光线偏离样品孔中心时,法线将偏离垂直方向,从而使检测光线经第一次折射进入溶液时偏离入射方向;折射后的检测光线从溶液中重新进入空气时,发生第二次折射,进一步偏离垂直方向。透射光线在检测器的 Z1 位置上形成光点。Z0 和 Z1 间的偏移距离 shift 可通过图一根据光的折射原理计算出。

[0071] 本发明将折射后检测光线光点的位置或偏移值 shift 与液体介质的表面曲率半径 R 的关系进行定量描述,并基于此开发新用途。根据光的折射原理,shift 和 R 的定量关系可通过解以下联立方程组得出:

$$\left[ \begin{array}{l}
 \sin(\alpha) = \text{offset}/R; \\
 \sin(\alpha)/\sin(\beta) = n_2/n_1; \\
 \gamma = \alpha - \beta; \\
 \sin(\gamma)/\sin(\theta) = n_1/n_2; \\
 d_1 = h_1 * \text{tg}(\gamma); \\
 d_2 = h_2 * \text{tg}(\theta); \\
 \text{shift} = d_1 + d_2.
 \end{array} \right.$$

[0072]

[0073] 其中,  $\alpha$  为入射角,  $\beta$  为进入液面的出射角,  $\gamma$  为折射后的偏移角,  $\theta$  为从液体到空气的折射角,  $n_1$ 、 $n_2$  分别为光在液体介质中和空气中的折射系数, offset 为检测光线对微孔中心的偏移值,  $h_2$  为样品池底部到检测器平面的距离,  $h_1$  为微孔中液体介质的深度;  $n_1$ 、 $n_2$ 、offset、 $h_2$  为仪器常数,在固定样品体积和 offset 为 0.7 倍微孔半径下,  $h_1$  基本保



此不变,可视为常数。

[0074] 在一定仪器参数的设置下,光点位置和 shift 与 R 具有确定的关系,该关系曲线如图 2 所示。在图 2 中 h1、h2、offset、n1、n2 分别被设为 5 毫米、10 毫米、1.2 毫米、1.33 和 1。设置不同的上述仪器参数,可以得到不同的关系曲线,通过该曲线就可以由光点偏移值 shift 快速获得对应液态介质的表面曲率半径 R。从图上看,从水平液体表面 (R 无穷大) 到最大曲率液体表面 (R 等于样品池的半径),可测定的 shift 变化范围为 0 ~ 4 毫米,很容易通过现有技术精确测定。

[0075] 前面已经提到,本发明是基于溶液在微孔中的毛细现象来进行检测的。在液-固和液体界面上,由于表面张力包括液体表面张力、固体表面张力、和液-固界面张力和重力的作用,液体在微孔中形成不同曲率的液体表面。液体表面形状和相关作用力的关系可由经典的杨氏方程和拉普拉斯方程确定,与微孔的孔径有很大关系;当孔径小到一定程度时,重力的影响迅速减小,表面张力开始占主导地位,毛细现象就变得显著起来。对于水相溶液,当孔径小于 7 毫米时,重力开始不占主导地位,毛细现象开始显示出来。当孔径小于 3.5 毫米时,毛细现象开始变得显著起来。上述两种孔径接近目前广泛使用的 96 孔和 384 孔板的孔径。

[0076] 下面结合前面的原理提供一种表面张力检测装置的实施例的结构示意图,参见图 3。在本实施例中,表面张力检测装置主要包括:样品池 1、光源 2、检测器 3 和计算设备 4。其中样品池 1 用于填充待测液态介质 5。样品池 1 可具有使待测液态介质 5 发生明显毛细现象的小于 7 毫米的合适半径,样品池底部为透明,表面涂层应亲水性和疏水性适中,以使含纯水的样品在微孔中形成近水平的液面。

[0077] 样品池 1 可设计为多孔阵列板,以方便高通量检测,但也不排除根据需要设计为单孔板的形式。多孔阵列板还可连接定位和步进机构,使其可在水平位置可控调节和移动样品池到特定位置,以便对不同孔进行连续的扫描检测。目前的多孔阵列板可选用广泛使用的 96、384 或 1536 孔微量酶标板。样品池 1 可被安置在检测板架 8 上,检测板架 8 与定位和步进机构一体整合或相连接。

[0078] 对于不同的检测要求,还可以选用包括不同微孔形状和表面涂层材料,以及与步进系统匹配的微孔阵列板,以提高检测质量。例如可将酶标板表层涂抹一层和大多数水相溶液具有相同的液-固界面张力的材料,可更方便测定溶液的绝对表面张力;设计特殊的微孔形状以改善信号质量。

[0079] 多孔阵列板可视成本和应用范围设计成一次性使用和固定器件。因为液体表面张力和液-固界面张力都与溶液的界面性质相关,因此利用已有的酶标板可实现溶液界面性质变化的快速检测。

[0080] 光源 2 设于样品池 1 的一方,如上方,用于向样品池 1 中的待测液态介质 5 发射光线。光源可为非常细的线状光源,例如光线直径小于 10 微米,可用于光点位置或偏移位移测量,也可以为直径较粗的柱状光源,光斑部分可达到与样品池直径匹配或超出检测器的受光部分,可用于光斑面积或光强测量。光源可采用普通非单色光源,也可以根据需要进行选择单色光源来扩展和优化检测。与检测器 3 相匹配,光源还可以发射可见光范围之外的其他可检测的光线(例如紫外光等),只要检测器 3 能够检测出对应的光点位置或偏移位移即可。

[0081] 为了简化计算,光源 2 可设于样品池 1 的垂直上方,光源 2 发射的光线垂直射入样品池 1,且入射点偏移样品池中心预设距离。这种方式在前文已经给出了该偏移距离与表面曲率之间的几何关系推导,这里就不再详述了。

[0082] 检测器 3 具有感应区 6,设于样品池 1 的另一方,例如下方,用于检测光线透射过样品池 1 中的待测液态介质后投射在感应区 6 的光点位置。检测器 3 可采用阵列式光敏检测器或数码照相机,其他满足检测要求的各类型检测器也同样适用。检测器 3 可设为  $1\text{cm}\times 1\text{cm}$  检测面积、400 万黑白像素或更高,其中原点位置(灰色)与入射光线垂直相对。光线经过样品池后在检测器的感应区的相应位置形成光点并从而引发一光信号。根据感应区中光信号的位置和固定的原点位置直接得到光点偏移值 shift。

[0083] 对于光点位置或偏移位移检测,检测器的感应区尽量覆盖全部可能的光点出现位置,可根据阵列光敏检测器确定光斑的确切位置或 shift 值;对于光斑位置偏移检测,检测器感应区应和无折射的原始光斑相匹配,以便在弯曲液面时因光斑偏移使受光面积减少,根据图 5 所示受光面积的变化确定液体的表面曲率;如有可能,将检测器的感光区域设计为与根据上述原理预测的最大可能偏移光斑有一定重合且为最小量重合,以提高检测器的动态范围和检测精度。

[0084] 光斑形状和位置如图 6 所示,其受光面积可由柱状光源发出的每一条光线投射在受光面的光点进行积分算出。根据光的折射原理,两次折射过程中都还将有一部分光反射回去,折射的光强度与入射光强的比值由折射角确定,也最终由表面曲率半径 'R' 决定,可由 Fresnel 方程算出。将这些因素与图 1 及图 5 所示的方法综合起来,检测器还可选用目前广泛使用的光吸收检测器,这样还可得到光强信号与液态介质的表面曲率的定量关系曲线(可参考图 2,这里就不示出了)。这种检测模式可根据最常用的光强度检测确定液态介质的表面曲率,然而根据本发明描述的原理可以解析出溶液表面曲率和光强信号的绝对关系,从而用于测定绝对表面曲率以及由此测定绝对表面张力,而无需依靠通过已知表面张力的样品进行标定,虽然本发明仪器的常规使用中也不排除这种标定。

[0085] 计算设备 4 与检测器 3 相连,基本功能为根据接收到的光点位置计算待测液态介质的表面曲率半径,并根据表面曲率半径计算待测液态介质的表面张力。计算设备 4 可包括控制单元,可根据需要向光源 2、检测器 3 和样本板 1 发出控制指令,对于多孔阵列板连有定位和步进机构的,计算设备 4 中还可以设置阵列板步进控制器;针对于不同的多孔阵列板(例如不同规格的微孔酶标板)则还可以设置酶标板选择和适配器。如果还涉及到利用单色光源和多种光源,还可以在计算设备中设置光源切换器和波长选择器。计算设备可为安装相应计算功能软件的计算机或者计算功能硬件化的单片机等。

[0086] 本发明表面张力检测装置可将上述部件集成为一台仪器,或者将根据光点位置的检测、根据受光面积或根据光强的检测原理单独设计仪器。本发明表面张力检测装置还可参照现有的用于吸收检测的酶标仪进行升级改造,仪器本身也可保留吸收检测功能,使之成为包括本发明描述检测功能的多功能酶标仪。在将检测光线偏置的情况下,已有的检测光吸收的酶标仪可在已有的酶标板上定量测出溶液的表面曲率变化。虽然已有仪器设置很难得到溶液表面曲率和光吸收信号的定量关系。由于有良好的精度和动态范围,本发明在现有仪器上的使用适合测定表面张力的相对变化。

[0087] 基于上述的表面张力检测装置,下面给出一种表面张力检测方法实施例的流程示

意图,如图 4 所示,表面张力检测方法包括:

[0088] 步骤 101、光源向样品池中填充的待测液态介质发射光线;

[0089] 步骤 102、检测器检测所述光线透射过所述样品池中的待测液态介质后投射在感应区的光点位置;

[0090] 步骤 103、计算设备根据接收到的光点位置计算所述液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述液态介质的表面张力。

[0091] 参照图 1 原理图,光源向样品池中填充的待测液态介质发射的光线可竖直射入样品池,且入射点偏移样品池中心预设距离。图 1 中光源为线状光源,对应着步骤 103 中的计算设备的计算过程可具体为:计算设备根据接收到的光点位置确定光点偏移值,根据所述光点偏移值计算所述待测液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。图 2 中已经给出了一种光点偏移值 shift 与液态介质的表面曲率半径 R 之间的关系曲线,根据该曲线就可以快速确定对应的曲率半径 R。再通过杨氏和拉普拉斯方程由曲率半径确定待测液态介质的表面张力。

[0092] 图 5 及图 6 示出了本发明表面张力检测方法的另一实施例的原理。在本实施例中,光源为柱状光源,该光源发出的柱状光束在射入样本池的液面时为一光斑,根据表面曲率形成不同的边缘线。水平液体表面,其投射的光斑为光斑 A。对于待测液态介质,将不同边缘线按照线状光源所对应的计算方法进行计算,即可得到在检测器中的光斑 B。预先计算出受光面积与待测液态介质的表面曲率之间的定量关系曲线(可参考图 2,这里就不示出了)。而受光面积可由柱状光源发出的光线在感应区投射的光点进行积分来确定。计算设备据接收到的光点位置计算所述液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述液态介质的表面张力的操作具体包括:计算设备对接收到的柱状光源发出的光线在感应区投射的光点进行积分确定光斑面积,将所述光斑面积计算所述待测液态介质的表面曲率半径,并根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0093] 将上述柱状光源设计为光强已知和可控(现大多数光源都具有这种功能),根据图 1 原理将折射光的光强系数和上述受光面积计算结合,也可实现本发明的表面张力检测。预先根据计算确定光强与液态介质的表面曲率的定量关系曲线(可参考图 2,这里就不示出了),根据检测光强确定表面曲率,再根据表面曲率计算所述待测液态介质的表面张力。

[0094] 在上述三种光源对应的实施例中,均可以进一步包括以下步骤,即通过逐步增加待测液态介质的表面活性剂的浓度,记录所述待测液态介质的表面曲率半径的变化曲线;根据所述变化曲线中的拐点确定所述表面活性剂的临界胶束浓度。这些步骤可以将表面张力变化检测方法应用在高通量无探针的表面活性剂临界胶束浓度的检测之中。

[0095] 如图 7 所示,为本发明表面张力检测方法实施例应用于临界胶束浓度测定的示意图。采用已有的 384 孔黑色底部透明酶标板在已有酶标仪上测定。表面活性剂(surfactant,单位为 mM)包括:负离子表面活性剂正辛基硫酸钠( $C_8SO_4$ )、正癸基硫酸钠( $C_{10}SO_4$ ),正 12 烷基硫酸钠( $C_{12}SO_4$ ),正癸基磺酸钠( $C_{10}SO_3$ );正离子表面活性剂溴化正癸基 3 甲基季铵盐( $C_{10}NBr$ )、溴化正 12 烷基 3 甲基季铵盐( $C_{12}NBr$ )、溴化正 14 烷基 3 甲基季铵盐( $C_{14}NBr$ )、溴化正 16 烷基 3 甲基季铵盐( $C_{16}NBr$ )、溴化正 18 烷基 3 甲基季铵盐( $C_{18}NBr$ );两亲表面活性剂 3-(氮,氮二甲基正 16 烷铵)-正丙基磺酸盐(SB3-16);非离子型表面活

性剂吐温 20 (Tween20) 和曲拉通 100 (Triton)。

[0096] 表面活性剂溶液倾向于在溶液表面聚集从而降低液体表面张力。表面活性剂溶于液体时引起微孔中液体表面曲率变化,从而引起光信号的变化,当达临界胶束浓度时,表面浓度趋向饱和,表面曲率不再降低,当更多的表面活性剂溶入液体时,表面活性剂将形成胶束,而表面曲率则保持不变。因此表面张力和表面活性剂浓度变化曲线将在临界胶束浓度出现一个拐点,据此确定表面活性剂的临界胶束浓度。通过对不同表面活性剂进行的研究,本发明发现该方法可精确快速测定这些表面活性剂的临界胶束浓度。该方法理论上适用于所有能形成透明或部分透明溶液的表面活性剂。

[0097] 本领域普通技术人员可以理解:实现上述方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成,前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中,该程序在执行时,执行包括上述方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0098] 如图 8 所示,为本发明表面张力检测装置的另一实施例中计算设备的结构示意图。与前面的表面张力检测装置实施例相比,本实施例中光源为线状光源,计算设备 4 包括:光点偏移确定单元 41、第一曲率半径计算单元 42 和表面张力计算单元 43。其中光点偏移确定单元 41 用于根据接收到的光点位置确定光点偏移值。第一曲率半径计算单元 42 用于根据所述光点偏移值计算所述待测液态介质的表面曲率半径。表面张力计算单元 43 用于根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0099] 如图 9 所示,为本发明表面张力检测装置的又一实施例中计算设备的结构示意图。与前面的表面张力检测装置实施例相比,本实施例中光源为柱状光源,计算设备 4 包括:受光面积确定单元 44、第二曲率半径计算单元 46 和表面张力计算单元 43。其中受光面积确定单元 44 用于对接收到的柱状光源发出的光线在感应区投射的光点进行积分确定受光面积。第二曲率半径计算单元 46 用于根据所述受光面积计算所述待测液态介质的表面曲率半径。表面张力计算单元 43 用于根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0100] 如图 10 所示,为本发明表面张力检测装置的另一实施例中计算设备的结构示意图。与前面的表面张力检测装置实施例相比,本实施例中光源为已知光强的可控柱状光源,计算设备 4 包括:光强确定单元 47、第三曲率半径计算单元 48 和表面张力计算单元 43。其中光强确定单元 47 用于对接收到的已知光强的可控柱状光源发出的光线在感应区投射的光点和光强系数的乘积进行积分确定光强。第三曲率半径计算单元 49 用于根据所述光强计算所述待测液态介质的表面曲率半径。表面张力计算单元 50 用于根据所述表面曲率半径计算所述待测液态介质的表面张力。

[0101] 在上述三个实施例中,计算设备还可以包括:临界胶束浓度确定单元,该单元用于通过逐步增加待测液态介质的表面活性剂浓度,记录所述待测液态介质的表面曲率半径的变化曲线,根据所述变化曲线中的拐点确定所述表面活性剂的临界胶束浓度。

[0102] 最后应当说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制;尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者对部分技术特征进行等同替换;而不脱离本发明技术方案的精神,其均应涵盖在本发明请求保护的技术方案范围当中。

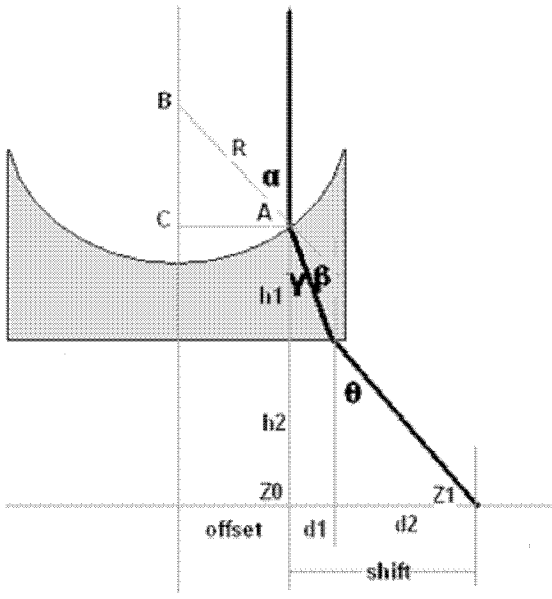


图 1

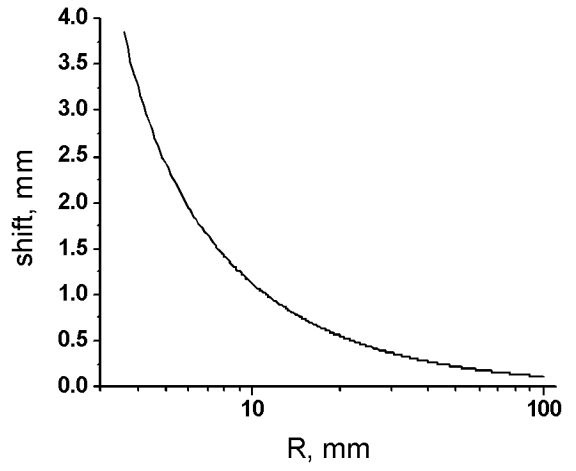


图 2

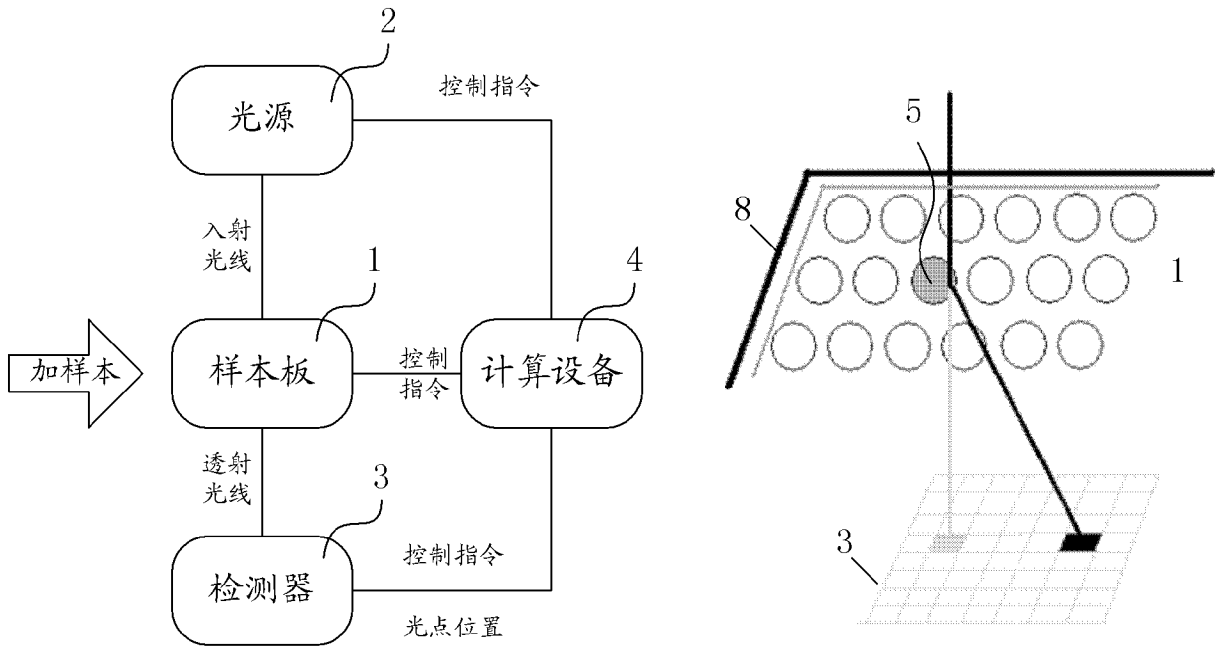


图 3

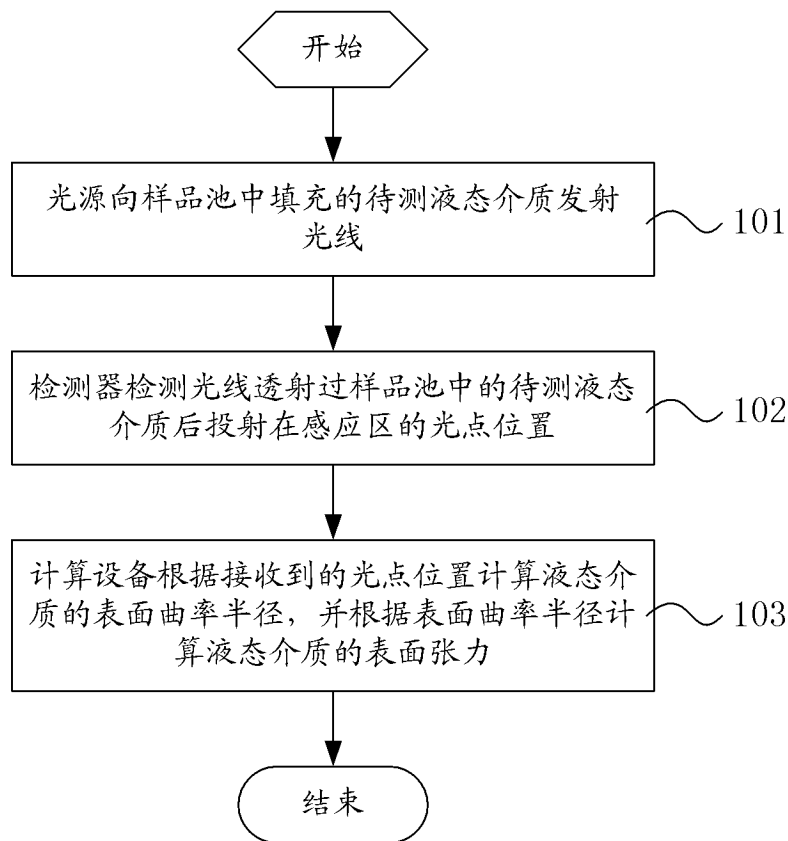


图 4

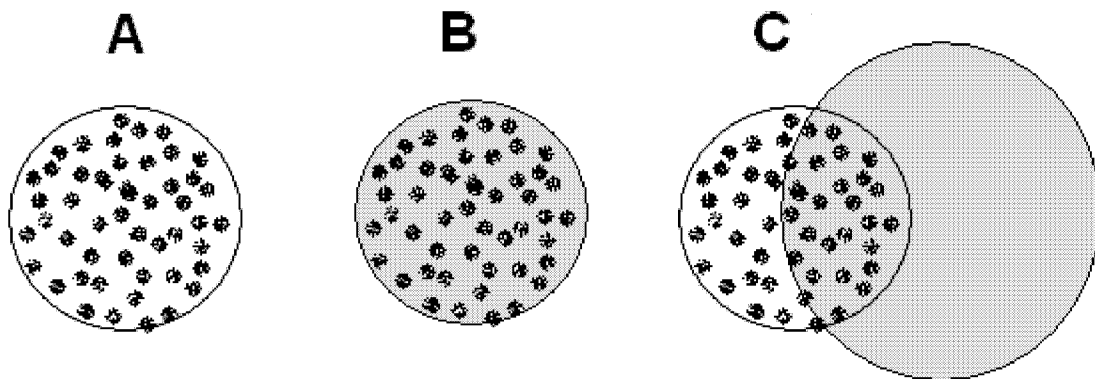


图 5

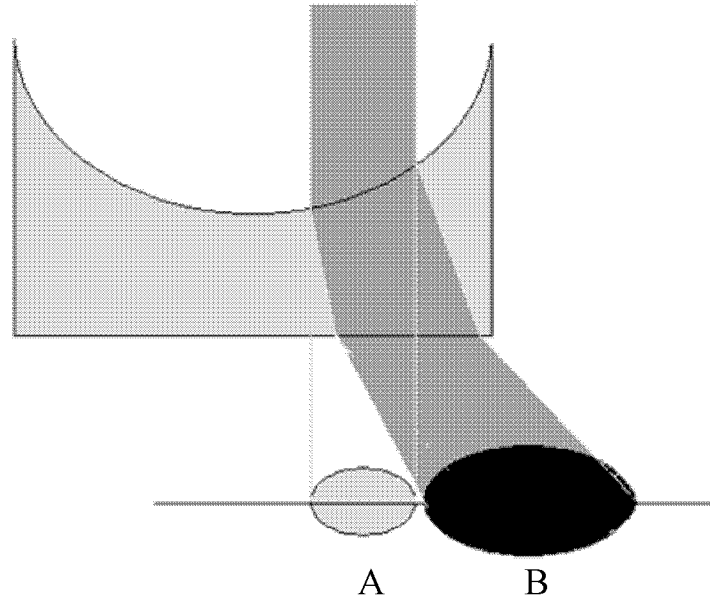


图6

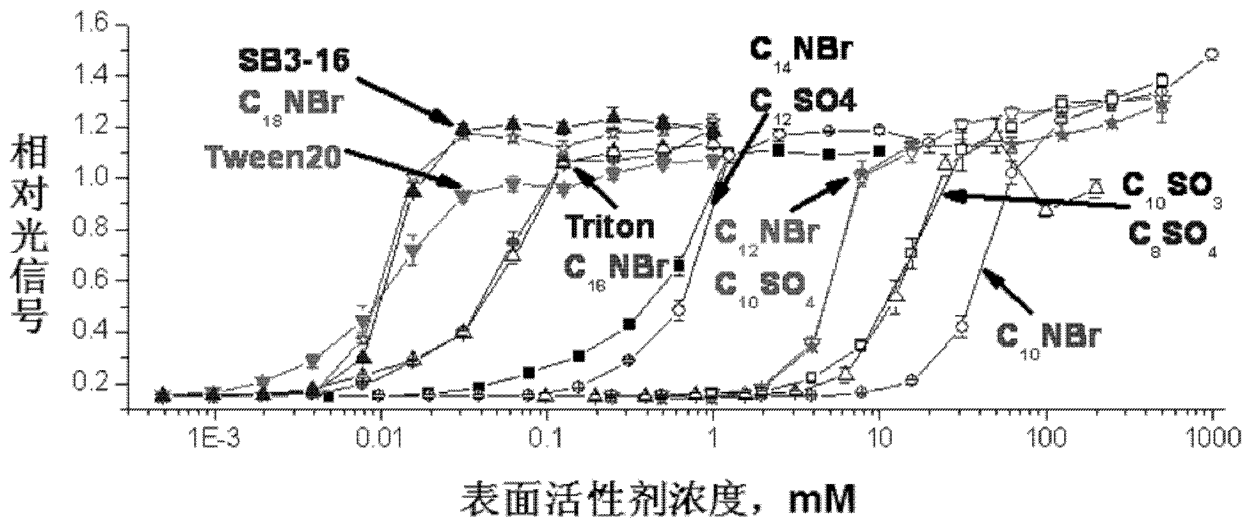


图7

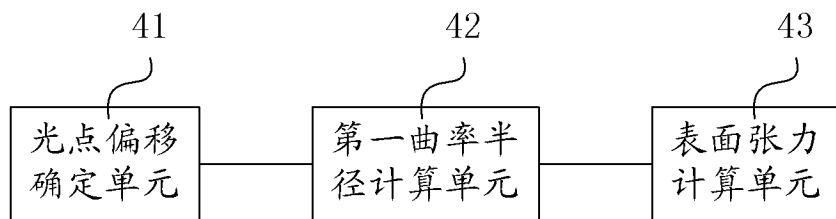


图8

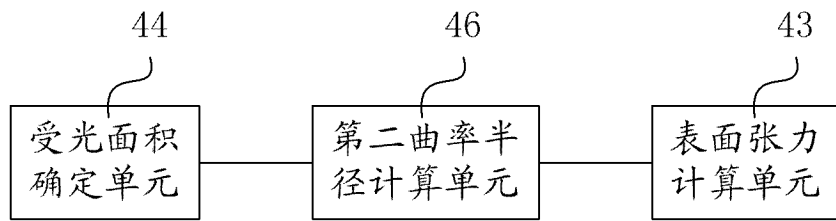


图 9

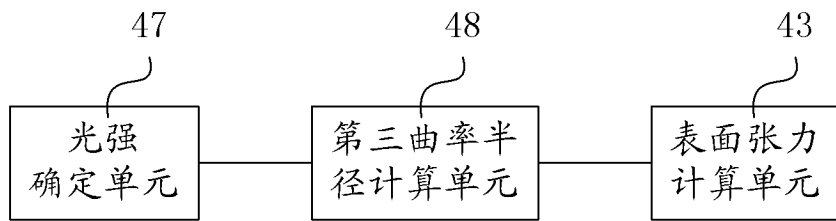


图 10