



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103314293 B

(45) 授权公告日 2015.02.25

(21) 申请号 201180055197.3

(22) 申请日 2011.11.16

(30) 优先权数据

10191353.1 2010.11.16 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013.05.16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2011/070250 2011.11.16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/066034 EN 2012.05.24

(73) 专利权人 霍夫曼-拉罗奇有限公司

地址 瑞士巴塞尔

(72) 发明人 C. 席勒 T. 弗兰茨 M. 古特孔斯特

H-J. 波兰

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 马丽娜 卢江

(51) Int. Cl.

G01N 33/487(2006.01)

G01N 21/51(2006.01)

G01N 21/90(2006.01)

G01N 35/10(2006.01)

G01N 33/14(2006.01)

(56) 对比文件

CN 2588336 Y, 2003.11.26, 全文.

WO 2005/003758 A1, 2005.01.13, 全文.

US 2008/0305012 A1, 2008.12.11, 全文.

DE 102008023047 A1, 2009.11.12, 全文.

审查员 陈伟潘

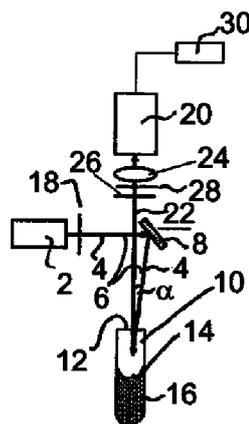
权利要求书2页 说明书10页 附图22页

(54) 发明名称

用于检测器皿内的液体表面上的泡沫的方法和设备

(57) 摘要

本发明涉及一种用于检测器皿(10)内的液体表面(14)上的泡沫的方法,其包括以下步骤:-a) 提供器皿(10),尤其是管状器皿,其具有被边界围绕的上部开口(12),并且其包含一定量的液体,-b) 通过采用提供对应的图像数据的图像感测装置(20)从疑似在所述器皿内包含泡沫的区域获取至少一个图像,-c) 采用图像评估程序借助数据处理系统(30)在所述图像数据的基础上对所述图像执行自动评估,其特征在于,根据步骤-b)的所述至少一个图像是在从器皿(10)的顶部通过开放的上部开口(12)向液体表面(14)上看的情况下获取的,并且所述数据处理系统(30)的图像评估程序适于识别出所述图像中的泡沫区域和非泡沫区域,并提供有关所述图像内存在还是不存在泡沫区域的信息作为所述图像评估的结果。本发明的主题还是一种用于执行所述方法的设备。



1. 用于检测管状器皿(10)内的液体表面(14)上的泡沫的方法,包括以下步骤:

- a) 提供管状器皿(10),其具有被边界围绕的上部开口(12),并且其包含一定量的液体,

- b) 通过采用提供对应的图像数据的图像感测装置(20)从疑似在所述器皿内包含泡沫的区域获取至少一个图像,

- c) 采用图像评估程序借助数据处理系统(30)在所述图像数据的基础上对所述图像执行自动评估,

其特征在于

根据步骤 b) 的所述至少一个图像是在从器皿(10)的顶部通过开放的上部开口(12)向液体表面(14)上看的情况下获取的,

所述数据处理系统(30)的图像评估程序适于识别出所述图像中的泡沫区域和非泡沫区域,并提供有关所述图像内存在还是不存在泡沫区域的信息作为所述图像评估的结果,并且

在步骤 b) 中,还将器皿(10)的边界包含到所述图像内,并且其中,步骤 c) 包括通过应用图像评估算法检测器皿(10)的边界以及检测所述开口(12)的中心。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,在步骤 b) 中,从器皿的顶部对液体表面照明,并通过偏振滤波器(26)获取图像,以便抑制直接从液体表面(14)反射的光。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其中,所述照明光被线性偏振,并且其中,通过其获取图像的偏振滤波器(26)适于发射垂直于所述照明光的偏振方向被偏振的光。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,在步骤 b) 中,通过采用图像感测装置(20)获取液体表面(14)的一系列对应图像,并且其中,对对应图像像素的数据求平均,以提供每一像素的相应平均值,用于在步骤 c) 中的进一步的数据处理。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,计算径向图像,其中图像点或像素被分配给径向坐标或极坐标,并且其中,采用向接近正弦和 / 或余弦曲线的曲线最佳拟合来执行器皿开口边界的最佳拟合计算。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,在步骤 c) 中,向所述图像数据的至少一部分或者向由其导出的对应数据应用边缘检测算子以便检测出所述图像内的泡沫特定区域的边界。

7. 根据权利要求 6 所述的方法,其中,所述边缘检测算子是苏贝尔算子。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,步骤 c) 包括检测由所述开口的边界围绕的图像部分的至少预定中央区域没有泡沫特定区域。

9. 用于检测管状器皿内的液体表面上的泡沫的设备,所述器皿具有被边界围绕的上部开口(12),并且包括一定量的液体,

所述设备包括:

- 适于将在顶部处具有其开口(12)的相应的含有液体的器皿(10)定位到预定位置的支架,

- 适于在将器皿定位到预定位置时对器皿(10)内的液体表面(14)照明的照明装置(2),

- 适于在将器皿定位到预定位置时从所述器皿(10)内的疑似含有泡沫的区域获取至

少一个图像并提供对应的图像数据的图像感测装置(20),以及

- 适于采用图像评估程序并在所述图像数据的基础上对所述图像执行自动评估的数据处理系统(30),

其特征在于

所述图像感测装置(20)被定位并适于在从器皿(10)的顶部通过开放的上部开口(12)向液体表面(14)上看的情况下获取至少一个图像,也包括器皿(10)的边界,并且所述数据处理系统(30)的图像评估程序适于

- 检测器皿(10)的边界以及所述开口(12)的中心,
- 识别出所述图像中的泡沫区域和非泡沫区域,并且
- 提供有关所述图像内存在还是不存在泡沫区域的信息作为所述图像评估的结果。

10. 根据权利要求9所述的设备,其中,所述照明装置(2)包括至少一个光源和至少一个反射装置(8),所述反射装置用于反射所述光源的光,使得被反射的光将进入所述器皿(10)的开口(12),以从上面对器皿(10)内的液体表面(14)照明。

11. 根据权利要求9或10所述的设备,其中,至少一个光学成像透镜(24)被布置到所述图像感测装置(20)的前面,并且其中,可变光阑(28)被定位到所述透镜(24)的前面。

12. 根据权利要求9或10所述的设备,其中,偏振滤波器(26)被布置到所述器皿(10)和所述图像感测装置(20)之间的成像光路中。

13. 根据权利要求12所述的设备,其中,偏振滤波器(18)被布置到所述光源和所述器皿(10)之间的照明光路(6)中,所述偏振滤波器(18)的偏振方向垂直于布置在所述成像光路(22)中的偏振滤波器(26)的偏振方向。

14. 根据权利要求9或10所述的设备,其中,所述设备是包括至少一个移液装置的自动液体移液系统的一部分,所述移液装置可在图像感测装置(20)和处于其预定位置的器皿(10)之间操作,以从所述器皿(10)吸出液体。

15. 根据权利要求9或10所述的设备,其中,所述设备是包括至少一个移液装置的自动液体移液系统的一部分,并且其中,所述图像传感器装置附着至所述移液装置。

16. 根据权利要求14所述的设备,其中,所述自动液体移液系统具有与所述数据处理系统通信的控制装置,所述控制装置适于依据由所述数据处理系统提供的有关相应的器皿内存在还是不存在泡沫特定区域的信息来控制所述移液装置。

用于检测器皿内的液体表面上的泡沫的方法和设备

[0001] 本发明涉及用于检测器皿中的液体表面上的泡沫的方法和设备。术语器皿是指诸如管、瓶、杯等的容器。术语管状器皿表示具有基本上圆柱形状，开放顶部和封闭底部的器皿。这样的用于检测器皿中的液体表面上的泡沫的系统在自动分析仪领域尤其有用，所述自动分析仪包括用于在器皿或容器之间交换预定量的液体的移液系统，所述器皿或容器在这样的自动分析仪系统中被自动操纵。从相应器皿对液体样本或被分析物的移液是利用移液管实施的，使移液管稍微浸入到液体中，其中，使移液管的尖端进入液体，并将预定量的液体吸到移液管内。如果液体上存在泡沫层，那么可能发生移液管的尖端的末端位置处于泡沫层内的情况，从而在移液周期内将相当大量的泡沫抽吸到移液管内。这可能导致自动分析仪的错误分析结果。

[0002] 由于液体的填充液位一般随着不同的器皿而变化，因而已经开发出了检测液体表面液位的技术解决方案。例如，在 EP 1562027A1 和 WO 2000/42384A1 中公开了检测液面液位的系统。根据 EP 1562027A1，将准直光引导到液体的表面。优选入射角处于 10° 和 20° 之间。采用半导体光传感器作为指向液体表面的 CCD 光探测器。入射角的扫描或者整个探测系统的移动能够提供更多的有关液体表面的信息。可以通过反射率的干扰检测气泡。可以将光探测系统与电容测量结合进行液位检测。WO 2000/42384A1 中描述的系统按照与 EP 1562027A1 中的系统类似的方式工作。现有技术中的这两种系统不包含用于确定泡沫的扩展的图像采集和图像处理。

[0003] US 5414778A 涉及用于质量和过程控制的动态液位和气泡检查，并且涉及用于检测液体中的气泡的快速图像处理，并提供有关用于表征气泡的算法的信息。但是，并未考虑表面上的泡沫，并且图像是在传送过程中获取的而不是从器皿的顶部获取的。按照类似的方式操作根据 WO 2005/03758A1 的系统。泡沫的图像是透过器皿的管壁获取的。没有关于从器皿的顶部获取图像的描述。

[0004] WO 2005/003758A1 公开了用于通过图像处理表征液体上的泡沫的方法和系统。器皿内的泡沫的图像是通过器皿的透明侧壁记录的，而不是从器皿的顶部记录的。

[0005] 例如，从 WO 2004/077008A2 以及论文“Study of Foam Stability by Video Image Analysis: Relationship with the Quantity of Liquid in the Foams”，C. Guillerme, Journal of Texture Studies, 24(1993), 287-302 已知通过记录图像和评估图像数据观察器皿中的泡沫并表征其的其他系统。

[0006] DE 102008023047A1 公开了一种通过偏振滤波器记录封闭容器的盖的图像，从而检查所述容器的致密性的方法。根据金属和泡沫的不同表面特性以及它们的不同去偏振效果，在从容器中出现泡沫的位置识别出泄漏。

[0007] 此外，还已知通过例如附着到用于从器皿移液的移液管的尖端的压力传感器检测液面上的泡沫。

[0008] 现有技术中已知的用于检测泡沫的系统不能提供器皿内的上部液面上的泡沫分布的具体结果。

[0009] 本发明的目的在于提供一种检测器皿内的液体表面上的泡沫的方法，其可以在自

动液体移液系统中实施,并且其能够被执行用于以感测的方式自动在液体表面上的泡沫区域和非泡沫区域之间进行区分,以便提供作为作出判定所述器皿是否准备好由其对液体进行移液的基础的信息。

[0010] 本发明的另一目的在于提供一种用于执行本发明的方法的设备。

[0011] 为了实现上述目的,根据本发明的方法包括以下步骤:

[0012] - a) 提供器皿,尤其是管状器皿,其具有被边界围绕的上部开口,并且其包含一定量的液体,

[0013] - b) 通过采用提供对应的图像数据的图像感测装置从疑似在所述器皿内包含泡沫的区域获取至少一个图像,

[0014] - c) 采用图像评估程序借助数据处理系统在所述图像数据的基础上对所述图像执行自动评估,

[0015] 其中

[0016] 根据步骤 - b) 的所述至少一个图像是在从器皿的顶部通过开放的上部开口向液体表面上看的情况下获取的,并且其中所述数据处理系统的图像评估程序适于识别出所述图像中的泡沫区域和非泡沫区域,并提供有关所述图像内存在还是不存在泡沫区域的信息作为所述图像评估的结果。

[0017] 根据本发明的方法,所述液体表面的至少一个图像是从器皿的顶部通过器皿的开放的上部开口获取的。所述图像感测装置的观测方向基本上对应于在从所述器皿对液体进行移液时其尖端浸入到相应器皿内的情况下移液管移动所必须沿着的方向。换言之,所述图像感测装置指向这样的移液管尖端的目标区域和该目标区域的周围,并且这是获取器皿内的液体表面上的泡沫分布的图像的最佳视向。所述图像感测装置优选是具有 CCD 传感器芯片或 CMOS 传感器芯片的摄像机,其提供彩色或灰度级图像。只获取具体器皿中的液体表面的一个图像并对所述图像执行自动评估以识别出泡沫区域可能就足够了。或者,所述图像感测装置可以按照连续视频模式或者串行模式工作,以提供液体表面的一系列对应图像,其中,对对应图像像素的数据求平均,以提供每一像素的相应平均值,用于进一步的数据处理。

[0018] 通过利用数据处理系统对图像数据进行处理执行对所述图像的自动评估,所述数据处理系统采用图像评估程序工作,所述图像评估程序适于识别图像中的泡沫特定区域并提供有关所述图像中存在还是不存在泡沫特定区域的信息作为图像评估结果。具体而言,所述图像的自动评估可以提供相应器皿内的液体表面上的泡沫分布的结果,以便能够作出判定充分大的中央区域,例如,移液的目标区域,是否基本上没有泡沫。如果液体表面的这样的目标区域没有泡沫,则可以执行移液,而不管该区域外的任何泡沫。术语泡沫特定区域是指器皿边界以内的图像的那些不同于液体表面的均质部分的部分。

[0019] 图像处理或图像评估(步骤 c) 优选包括三个步骤,即:

[0020] - 抓取图像,

[0021] - 识别器皿或特定的器皿特征,例如,器皿的开放上部开口的边界,

[0022] - 如果存在泡沫,对泡沫进行识别或表征。

[0023] 有很多常规的图像评估算法,本领域技术人员可以选择其用于在所述图像中识别出预期器皿特征、泡沫区域和非泡沫区域的典型轮廓和结构。那些图像评估算法可以包括

计算径向图像的算法,其中图像点或像素被分配给径向坐标或极坐标。如果计算出了这样的径向图像,那么可以容易地执行器皿开口边界向接近正弦和 / 或余弦曲线的曲线的最佳拟合计算,尤其是在所述边界为圆形的情况下。

[0024] 在识别出所述边界之后,可以容易地识别出从上面通过器皿的开口看到的液体表面的中心和中央目标区域。

[0025] 为了对泡沫进行表征,优选向所述图像数据的至少一部分或者向由其导出的对应数据应用进行边缘检测的算子,尤其以便于检测出所述图像中的泡沫特定区域。根据本发明,优选采用公知的苏贝尔算子作为进行边缘检测的算子。此外,可以应用直方图计算算法识别出液体表面上的泡沫特定区域。

[0026] 为了获得良好的图像质量,优选从器皿的顶部对液体表面照明,并且应当通过偏振器获取图像,以抑制从液体表面直接反射的光。优选所述照明光被线性偏振,其中,通过其获取图像的偏振器适于发射垂直于所述照明光的偏振方向被偏振的光。

[0027] 本发明的主题还是一种用于检测器皿内的液体表面上的泡沫的设备,所述器皿具有被边界围绕的上部开口,并且包括一定量的液体。本发明的设备包括

[0028] - 适于将其开口处于顶部的相应的含有液体的器皿定位到预定位置的支架,

[0029] - 适于在将器皿定位到预定位置时对器皿内的液体表面照明的照明装置,

[0030] - 适于在将器皿定位到预定位置时从器皿的顶部通过器皿的开口获取所述液体表面的至少一个图像并提供对应的图像数据的图像感测装置,

[0031] - 适于采用图像评估程序并在所述图像数据的基础上对所述图像执行自动评估的数据处理系统,所述图像评估程序适于识别所述图像中的泡沫特定区域,并提供有关所述图像中存在还是不存在泡沫特定区域的信息作为图像评估结果。

[0032] 根据本发明的设备优选适于自动执行上文解释的本发明的方法。

[0033] 用于将其开口处于顶部的器皿定位到预定位置的支架可以是自动分析仪的可移动器皿支架。这样的可移动器皿支架的例子是转盘,其具有用于多个器皿的容座,可以通过使所述转盘相应地旋转来将所述多个器皿定位到预定位置。

[0034] 所述照明装置可以包括任何类型的充足的光源,例如,LED、灯泡、高亮度发光二极管(SLD)、激光器、弧光灯或闪光灯。可以针对所要观测的液体的吸收和 / 或反射特性优化由所述源发射的光的波长。在所述设备的优选实施例中,所述照明装置具有处于 400nm 和 700nm 之间的典型波长,并且在适用的情况下不排除采用 UV 光或红外光。

[0035] 所述图像感测装置可以包括 CCD 摄像机或 COMS 摄像机,用于获取图像,并为所述数据处理系统提供对应的图像数据。所述数据处理系统优选是个人计算机等。

[0036] 根据所述设备的优选实施例,所述照明装置包括至少一个光源,其从上面直接照射器皿内的液体表面或者通过反射装置间接照射器皿内的液体表面。这样的反射装置可以是反射镜或分束器,尤其是偏振分束器。为了实现所述液体表面的良好成像,应当将至少一个光学成像透镜布置到所述图像感测装置的前面,其中,在所述透镜的前面放置可变光阑,以便实现相对大的焦深。所述可变光阑的孔径可以是例如 1mm。

[0037] 优选在所述光源和所述器皿之间的照明光路内布置偏振滤波器,并且还所述器皿和所述图像感测装置之间的成像光路内布置偏振滤波器,其中,所述照明光路内的偏振滤波器的偏振方向垂直于布置在所述成像光路内的偏振滤波器的偏振方向。采用这一偏振

滤波器布置来抑制从液体表面直接反射的光。或者,可以采用偏振分束器替代两个偏振滤波器。

[0038] 根据本发明的设备优选是自动液体移液系统的一部分,所述系统包括至少一个移液装置,该装置可在所述图像感测装置和所述器皿之间操作,以从所述器皿吸出液体。所述自动液体移液系统具有与所述数据处理系统通信的控制装置,其中,所述控制装置适于依据由所述数据处理系统提供的有关相应的器皿内存在还是不存在泡沫特定区域的信息控制所述移液装置。本发明的主题还是这样的包括根据本发明的设备的自动液体移液系统。

[0039] 在替代实施例中,根据本发明的设备是自动液体移液系统的一部分,该系统包括至少一个移液装置,其中,所述图像传感器装置附着至所述移液装置,或者附着至所述移液装置的可移动支架。

[0040] 将参考附图说明本发明的优选实施例。

[0041] 图 1-5 通过示意图示出了根据本发明的设备的不同实施例;

[0042] 图 6a、7a 和 8a 示出了含有液体和部分泡沫的管状器皿的示意图,其中,移液管浸到了所述器皿内;

[0043] 图 6b 示出了具有从器皿的顶部到器皿开口内的视向的器皿中的液面的照片,其中,所述液面基本上没有泡沫,与图 6a 的图一致;

[0044] 图 7b 是具有与图 6b 所示的相同的视向的器皿的照片,其中,所述液面根据图 7a 的图被覆盖有泡沫层;

[0045] 图 8b 示出了具有与图 6b 和 7b 相同的视向的管状器皿的照片,其中,在图 8b 中,所述液面根据图 8a 的图具有无泡沫的中央区域和被覆盖有泡沫的环状边界区域。

[0046] 图 9 示出了器皿内的泡沫的图像。

[0047] 图 10 示出了从笛卡尔坐标到极坐标的转换。

[0048] 图 11 示出了图 9 的从笛卡儿坐标到极坐标(径向图像)的转换。

[0049] 图 12 示出了应用于图 11 中的径向图像的苏贝尔算子的结果。

[0050] 图 13 示出了采用霍夫变换确定的描述器皿边界的正弦曲线。

[0051] 图 14 示出了通过苏贝尔和霍夫算法的结合发现的内部器皿圆周。

[0052] 图 15 示出了根据所应用的图像处理算法得到的图 9 的改善图像。

[0053] 图 16 示出了对图 15 所做的从笛卡儿坐标到极坐标的变换。

[0054] 图 17 示出了当器皿的中心等价于图像的中心时的图 15。

[0055] 图 18 示出了提取出的图 17 的内部器皿(泡沫)区域。

[0056] 图 19 示出了采用苏贝尔算子转换的图 18。

[0057] 图 20 示出了具有大对比度(泡沫区域)的内部器皿区域(左)的直方图(右)。

[0058] 图 21 示出了具有小的对比度(非泡沫区域)的内部器皿区域(左)的直方图(右)。

[0059] 图 22 示出了显示直方图标准偏差的图像。

[0060] 图 23 是傅里叶变换转换的图像。

[0061] 图 24 示出了具有径向傅里叶变换图像(右)的泡沫图像(左)。

[0062] 图 25 示出了具有亮环的泡沫图像。

[0063] 图 26 示出了向图 25 的径向图像应用苏贝尔算子的结果。

[0064] 图 27 示出了通过霍夫变换检测到的亮环。

[0065] 根据图 1, 所述设备的第一实施例包括沿照明光路 6 的水平部分向反射镜 8 发射光束 4 的光源 2。反射镜将所述光束以相对于垂直方向的小角度 α 向下反射。被反射的光束通过管状器皿 10 的环状上部开口 12 进入到该器皿 10。光束 4 照射器皿 10 内的液体 16 的表面 14。在照明光路 6 中, 将偏振滤波器 18 插入到照明装置 2 和反射镜 8 之间。偏振滤波器 18 使光束 4 线性偏振。

[0066] 照明装置 2 包括作为光源的至少一个发光二极管, 但是应当注意, 其他类型的光源也是适用的。将图像感测装置 20 垂直布置到器皿 10 的开口 12 之上, 并使其指向器皿 10。在成像光路 22 中, 沿着其在从表面 14 以及器皿 10 的周围边界散射或反射的光传播至图像感测装置 20, 将光成像透镜 24 布置到图像感测装置 20 的前面。在成像光路 22 中, 将偏振滤波器 26 布置到成像透镜 24 的前面。滤波器 26 的偏振方向垂直于滤波器 18 的偏振方向。为了实现大的焦深或锐度深度, 在成像透镜 24 的前面布置可变光阑 28。可变光阑 28 的孔径优选是小的, 大约为 1mm。将优选为 PC 的数据处理系统 30 连接至图像感测装置 20, 以进行数据传输。

[0067] 图中未示出将器皿 10 定位在图像感测装置 20 下面的预定位置的支架。

[0068] 图像感测装置 20 优选是 CCD 摄像机, 其提供采用其获取的图像的灰度级信息, 但是不排除采用还提供待评估的色彩信息的图像感测装置 20。

[0069] 不要求图像感测装置 20 的分辨率极高。利用 4mm×4mm 的传感器芯片的 500×500 像素的分辨率获得良好的结果。在图 1 所示的设备的一种型式中, 将具有 $f=35\text{mm}$ 的焦距的成像透镜 24 与具有 1mm 的孔径的可变光阑一起使用。由于所述光学器件的数值孔径非常小, 因而实现充分的光学成像的锐度深度至少在 $\pm 40\text{mm}$ 上扩展。这样的大焦深或锐度深度范围对于考虑不同的液位是重要的, 不同的液位导致器皿 10 中的相应液位 14 与透镜 24 之间的不同的距离。

[0070] 应当指出, 可以采用不同种类和形状的器皿用于使液面暴露于图像感测装置 20。最优选的是管状器皿, 例如, 如图所示的标准管器皿。所述器皿的长度和直径可以不同。采用直径处于大约 5mm 和 20mm 之间且长度最高在 150mm 以下的器皿来获得良好的结果。用于本发明的典型的管具有 13mm 的直径, 100mm 的长度。

[0071] 成像透镜 24 和处于其预定位置的器皿 10 的最高的可能液位之间的距离大约为 220mm, 并且当器皿 10 内的液位较小时可能增大。这样的相对大的距离允许在所述设备的光学部件和器皿 10 之间移动移液装置, 从而从器皿 10 对液体进行移液。

[0072] 优选将本发明的设备集成到自动分析仪内, 其中, 器皿 10 中的液体 16 是诸如人血清或溶血液体的生物学样本。事实上也可以采用其他液体, 例如, 被分析物等。

[0073] 图 2 示出了根据本发明的设备的第二实施例, 其与第一实施例的区别在于, 在所述成像光路 22 内插入了偏振分束器 25 来替代偏振滤波器 26。

[0074] 采用对应的参考数字标示图 2-5 中的对应于图 1 中的部件的部件。关于这些部件的说明可以参考上文所述的第一实施例。第二实施例中的偏振分束器 25 与偏振滤波器 18 一起工作来抑制被液面直接反射的光。偏振分束器 25 还提供了可以传递至第二图像感测装置(未示出)或者其他观测装置的第二成像射束 32。

[0075] 图 3 的实施例与图 1 的实施例的区别在于, 交换照明装置 2 的位置和具有光学部件 24、28 的图像感测装置 20 的位置, 因而在图 3 中, 通过反射镜 9 使成像光路 22 产生曲折,

而照明光路 6 是直的。

[0076] 根据图 4 的实施例与图 1 的实施例的区别在于,将公共偏振分束器 5 插入到照明光路 6 和成像光路 22 内,而偏振滤波器 18、26 在图 4 的实施例中被省略。

[0077] 在根据图 5 的实施例中,将发光二极管 2 作为照明装置等距离地布置到一个环上,并且在它们的前面提供偏振环 18,从而使由所述发光二极管发射的光偏振。图 1-5 中所示的所有实施例可适于执行根据本发明的方法。通过支架(未示出)将器皿 10 定位到预定位置,其中其上部开口 12 暴露至图像感测装置 20,如图 1-5 所示。照明光束被引导到液体 16 的表面 14,图像感测装置 20 从器皿 10 的顶部获取液面的图像。将优选是具有灰度级和/或色彩信息的像素数据的图像数据传送至数据处理系统,以基于所述图像数据对该图像执行自动评估,而采用图像评估程序来识别该图像中的泡沫特定区域,并提供有关图像中存在还是不存在泡沫特定区域的信息作为图像评估的结果。所述图像评估程序应用适用的图像处理算法来识别上部开口 12 的边界和/或器皿 10 的其他特征,从而能够通过所述数据处理系统确定器皿 10 的类型。已经证明就圆形器皿开口 12 而言应用执行径向图像计算以便为图像数据分配径向坐标或极坐标的算法是有用的。于是器皿边界到正弦和/或余弦曲线的最佳拟合计算成为可能。可以将器皿的中心和半径从理论曲线计算成正弦和/或余弦函数,并将其变换至笛卡尔坐标。在器皿半径已知的情况下,可以提取出具有液体样本(器皿的内部部分)的图像部分。提出向图像数据或者由其导出的对应数据应用用于进行边缘检测的算子,尤其是众所周知的苏贝尔算子,以检测图像中的泡沫特定区域的边界。此外,可以出于该目的执行直方图计算。所述图像评估过程导致有关器皿 10 内的液面上的泡沫分布的信息,并且可以对所述信息进行处理,以控制具有用于从器皿对液体进行移液的移液装置的自动化液体移液系统的操作。

[0078] 在图 6a、7a、8a 和图 6b、7b 和 8b 中示出了器皿 10 内出现泡沫的三个不同情形以及泡沫出现对移液过程的影响。

[0079] 在图 6a 中示出了在其中具有液体 16 的器皿,所述液体在其表面 14 上不具有泡沫。移液管尖端 35 稍微浸入到液体 16 内,从而在不发生故障的情况下可以执行移液过程。图 6b 对应于图 6a 中所示的情况,并且示出了采用图像感测装置 20 获取的图像。粗略画出白环 37 以便标记针对移液管尖端 35 的中央目标区域。

[0080] 在图 7a 中,相对厚的致密泡沫层 39 停留在液面 14 上。所述泡沫由凝聚成团的具有在 0.2mm 和 5mm 之间的典型直径的小气泡构成。也可能包含更大的气泡。移液管尖端 35 以其预定浸入深度终止于泡沫层 39 内。在执行移液过程时,仅将泡沫吸到了移液管内,并且移液结果不合格。图 7b 是从器皿的顶部获取的图像,并且示出了根据图 7a 的泡沫情况。

[0081] 图 8a 示出了其中只有液面 14 的外环形区域被覆盖有泡沫 39 并且大于用于移液管尖端 35 的目标区域的中央区域没有泡沫的情况。尖端 35 浸入到液体 16 的目标区域内,并且采用其待执行的移液过程将提供正确结果。图 8b 所示的泡沫情况对应于图 8a 中所示的情况。

[0082] 根据本发明,可以由数据处理系统 30 做出液面上的目标区域 37 是没有泡沫还是覆盖有泡沫的自动判定。可以采用这一判定自动控制液体移液系统。就图 6a、6b 和 8a、8b 而言,允许移液,而就图 7a 和 7b 而言不允许移液。

[0083] 应当指出,可以在移液步骤之前和之后执行根据本发明的方法,以监测所述移液

过程。在本发明的另一实施例中,还可以在移液步骤中连续地执行所述方法。

[0084] 可以通过常规控制手段控制移液管尖端的浸入深度。

[0085] 本发明的各种变型是可能的。可以采用光纤执行对液体表面的照明。所述图像感测装置可以适于提供针对器皿内的样本的粗略光谱分析的信息。根据本发明的变型,可以获取暗场图像,并对其进行评估,以进行泡沫检测。

[0086] 也可以获取直接图像(在不采用偏振滤波器的情况下)并对其进行评估。

[0087] 参考图 9-27,用于确定泡沫特定区域以将其与非泡沫区域区分开的例子将被描述如下。

[0088] 确定泡沫特定区域的例子

[0089] 下文的讨论分成两个部分:第一部分涉及怎样检测器皿壁,第二部分讨论怎样检测器皿内的泡沫。

[0090] 器皿检测

[0091] 所述测量一般由两个图像构成,即第一和第二图像。图 9 示出了第一图像的例子,其用于检测器皿位置以及评估器皿内部的信号。

[0092] 向极坐标的转换

[0093] 在第一步骤中,将第一图像从笛卡尔坐标变换至极(或径向)坐标,如图 10 所示。通过下述公式给出了数学背景:

[0094] $x = r \cdot \cos(\varphi)$ 和 $y = r \cdot \sin(\varphi)$

[0095] 如图 11 所示,通过变换所述图像中的每一像素以及采用图像的中心作为原点,获得了经变换的(径向)图像。现在所述图像中的水平轴是角度 ϕ (在 0° 和 360° 之间的值);垂直轴为半径。

[0096] 苏贝尔算法的应用

[0097] 向所述图像应用苏贝尔算法,以在所述径向图像中获得清晰的器皿边界线。采用下述矩阵算子对所述图像中的每一像素进行数学上的卷积:

[0098]

$$\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{pmatrix}$$

[0099] 这一算子放大了水平线,其在图像的上部部分中具有低信号,并且在下部部分中具有高信号。图 12 示出了所述结果。也可以采用任何其他对所述线进行放大的算子。

[0100] 霍夫变换

[0101] 为了找到上部正弦亮光,采用霍夫变换:

[0102] 沿通过下式描述的正弦曲线累加图像像素:

[0103]

$$r = a + b \cdot \sin(\varphi + c)$$

[0104] 改变参数 a 、 b 、 c ,并累加沿所述正弦曲线的图像像素的信号之和。这给出作为 a 、 b 、 c 的函数的信号,其包含局部极大值。例如,假设 a_1 、 b_1 、 c_1 是其中找到最大信号的参数。在这种情况下,所述正弦曲线最有可能描述器皿的边界。图 13 给出了所找到的描述器皿边

界的正弦曲线的例子。

[0105] 参数 a_1 描述器皿的半径; b_1 描述器皿被偏心多少, 同时 c_1 给出了有关器皿偏心的方向的信息。

[0106] 在所述正弦曲线上获得的信号之和是所述线的总强度的质量参数, 如果找到了几条具有类似的和信号的正弦曲线, 那么将采用所述信号之和。如果对于两条或更多正弦曲线而言, 所述信号是相似的, 则通过具有 a 的最大值(即最大半径)的曲线来描述器皿。

[0107] 可以简单地通过由所述正弦曲线中的参数计算所述环的半径和偏心来找到原始图像中的器皿环。在图 14 中描述了通过上述算法找到的器皿壁的例子。

[0108] 在图 14 中, 已经减去了器皿厚度, 并通过虚线(黑白)环描述了结果。

[0109] 泡沫检测

[0110] 在泡沫检测之前, 计算图 14 中的虚线(黑白)环(器皿的内环)内的平均信号 S_m , 并将其与预期值 S_a 进行比较。这有助于调整例如摄像机增益, 以使亮度提高或降低至预期值。其他调整图像的亮度的方法可以是

[0111] • 曝光时间的减少或增加。

[0112] • 光强(其用于样本的照明)的降低或提高。

[0113] • 在采用来自闪光灯的光对样本照明的情况下, 脉冲持续时间的减少或增加。

[0114] 在调整例如光强之后, 记录样本的第二图像。图 15 示出了具有适合的强度的图像。可以通过上文所述的过程再一次获得器皿位置和器皿的内部部分, 或者可以在两个图像的捕获过程中不存在移动的情况下由所述第一图像获取所述器皿位置和所述器皿的内部部分。

[0115] 在下文中将详细说明获得有关泡沫的详细信息的不同方法。

[0116] 向极坐标的转换

[0117] 在图 16 中示出了图 15 的如上文所述的向极坐标的变换, 图 16 示出了泡沫图像的径向图像。

[0118] 按照与上文描述的相同的方式找到器皿位置和半径。由所述正弦曲线的幅度和相位能够计算出器皿相对于中心的位移, 并且能够推导出器皿的中心。

[0119] 径向图像中的泡沫部分的提取

[0120] 利用新的中心能够重新计算所述径向图像。图 17 示出了所得到的具有器皿的中心的径向图像。

[0121] 现在, 器皿边界为直线。针对下述考虑, 假设对于关于泡沫的存在的判定而言, 只有液体表面的围绕器皿中心的环形区域是所感兴趣的。所述环形区域可以具有例如大约 1.5mm 的内半径和大约 5mm 的外半径, 因而所述环形区域的外径大约为 10mm。实验表明, 如果在上述环形区域内没有泡沫, 那么在具有 3mm 的直径的中央区域内, 通常不会出现泡沫。在图 18 中示出了这样的环形区域的提取图像的例子。较大的范围是没有必要的, 因为在当前的例子中, 我们只对 6mm 的直径内是否存在泡沫感兴趣。不同的更多算法导致在具有这样的直径的环内是否存在泡沫的判定。在下文中将描述三种主要的算法。

[0122] 径向图像的直方图估算

[0123] 在第一步骤中, 采用由两个矩阵描述的两个不同矩阵算子(苏贝尔算子)对所提取的泡沫图像卷积:

$$[0124] \quad \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{pmatrix} \text{ 和 } \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

[0125] 所述过程与上文描述的过程类似。所述算法将沿垂直和水平方向发现像素亮度的急剧变化。能够观察到强度的负变化和正变化。如果计算负变化,那么采取绝对量。通过这种方式,获得了针对两个矩阵(应用于同一径向图像)的两个图像。采用第一矩阵获得的图像着重水平方向内的台阶,而另一矩阵提供了更多的有关垂直方向内的台阶的信息。两个图像的平均值示出了在任何方向出现台阶的区域。在图 19 中示出了针对图 18 的例子采用苏贝尔算子最终计算的(或者转换的)径向图像。在所述图像中,已经能够清楚地看出存在泡沫,尤其是在图像的右侧和左侧。在应用额外的算法时所述泡沫将变得更加明显:直方图算法,在所述算法中针对所述图像中的每一像素计算出围绕所述像素的直方图。

[0126] 为了解释所述算法,提供了下面的两个例子:

[0127] • 图 20 示出了具有大的对比度的结构的直方图。计算出了强度变化大的白环内的直方图,其导致了大于 19 的标准偏差。

[0128] • 图 21 示出了具有小对比度的结构的直方图。图 21 说明,在具有较小的强度变化的区域内,直方图要比图 20 中窄得多(现在标准偏差大约为 3)。

[0129] 所述例子说明,标准偏差是检测泡沫区域的适当方案。采用针对所述图像中的所有像素的计算并在新的图像内显示所述标准偏差,获得了图 22,其示出了具有直方图标准偏差的显示的图像。至少在右边和左边,显然肯定已经存在很多泡沫。

[0130] 径向图像的 FFT 估算

[0131] 尽管通过上面的方法(直方图图像计算)已经检测到了泡沫图像的大约 80% 到 90%,但是额外的算法有助于区分具有泡沫和没有泡沫的图像。所述算法开始于径向提取图像,如例如图 18 中所描绘的。对于每一像素而言,采用相邻的水平像素,并计算傅里叶系数。具体而言,在大部分情况下采用 32 个水平像素计算中心像素的傅里叶系数。数学表述:

[0132] $S(i, j)$ 将是水平位置 i 和垂直位置 j 处的像素的强度。对于沿水平方向采用 32 个像素的计算而言,将获取在处于 $i-15$ 到 $i+16$ 的水平位置之间的信号,并通过傅里叶变换对其逼近:

[0133]

$$\tilde{S}(i, j) = S_0 + \sum_{k=1}^{15} A_k(i, j) \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{k} \cdot i\right) + \sum_{k=1}^{15} B_k(i, j) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{k} \cdot i\right)$$

[0134] 对于大 k 而言系数 A_k 和 B_k 越高,在这一区域内越可能发现泡沫,因为在这些位置能够针对泡沫预料到在小距离上的像素强度的变化。为了简化,采取 k 大于 2 的系数,并针对所述图像中的每一像素计算平方和:

[0135]

$$\frac{\sum_{k=3}^{15} A_k(i, j)^2 + B_k(i, j)^2}{S_0}$$

[0136] 针对每一图像像素计算这一信号得到图 23 所示的傅里叶变换转换的图像。

[0137] 可以将针对 4mm 以下的半径的最大 FFT 信号看作泡沫指示,即,该值越大,就越可能存在泡沫。

[0138] 其他通过傅里叶变换转换的泡沫图像甚至更加清楚地表明已经存在泡沫。这在图 24 中被示出,在该图中,在右手边示出了针对左手边的泡沫图像的径向傅里叶变换图像。

[0139] 对很多样本(大约 1000 个)的统计学评估表明,傅里叶变换非常有助于将泡沫检测概率进一步提高到高于 95% 的值。

[0140] 环检测

[0141] 在大部分情况下,上文描述的两种算法足以将泡沫图像与非泡沫图像分开。然而,在一些情况下,可能在泡沫图像的捕获过程中出现伪像。最严重的影响是由来自器皿底部的反射引起的,其能够被观测为亮环。在图 25 中示出了具有亮环的泡沫图像的例子。

[0142] 径向图像的计算(与图 16 和图 17 相似)、泡沫图像的提取(与图 18 类似)以及苏贝尔算子的应用(与图 19 相似)导致图 26 所示的径向苏贝尔图像(具有环)。

[0143] 采用上文描述的霍夫算法(找到所述图像中的正弦曲线)能够清晰地检测出所述曲线。在图 27 中示出了通过霍夫变换检测出的亮环。

[0144] 所述环的存在是亮信号来自器皿背景而非来自泡沫的指示。因此应当将样本表征为无泡沫。

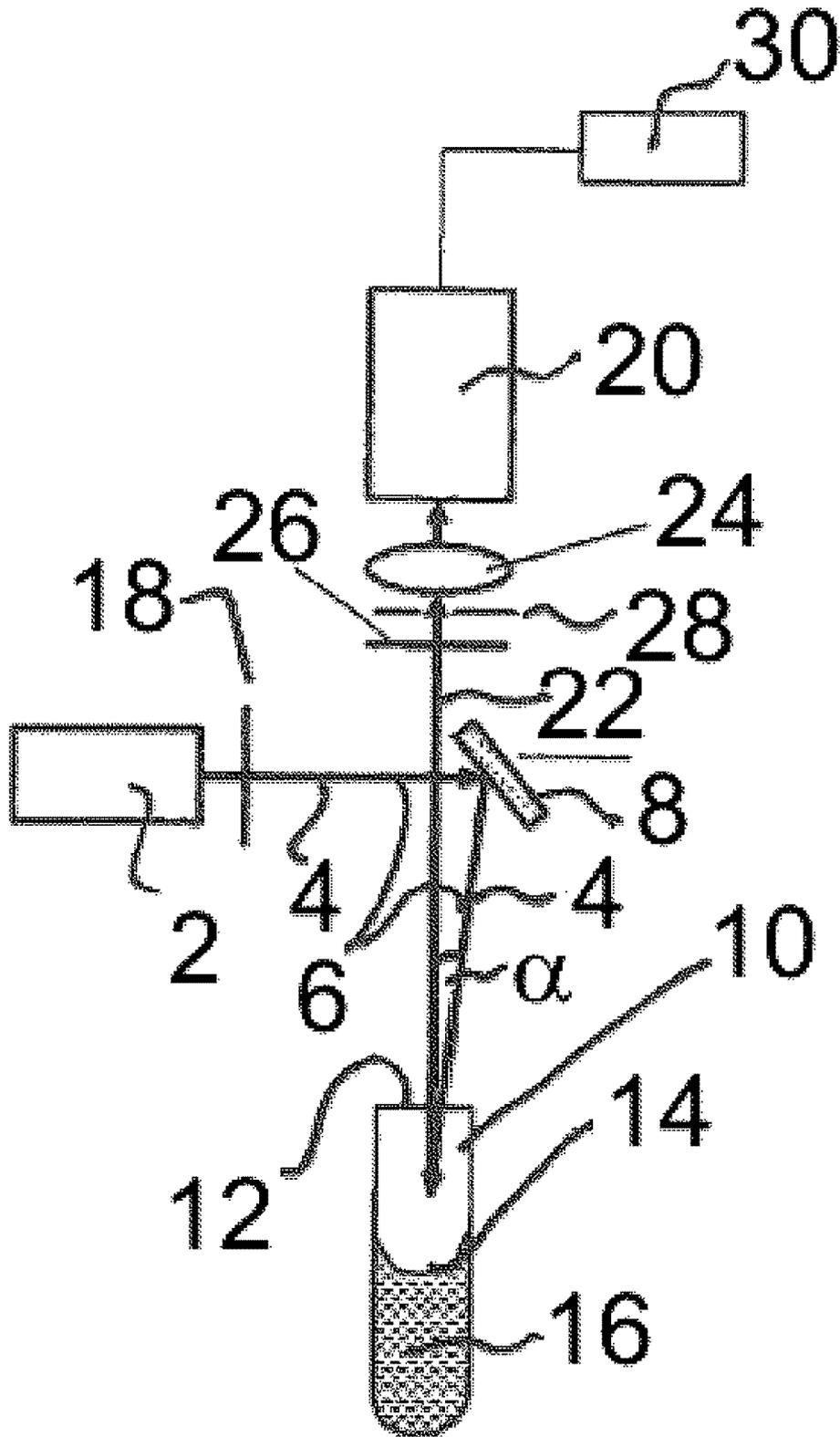


图 1

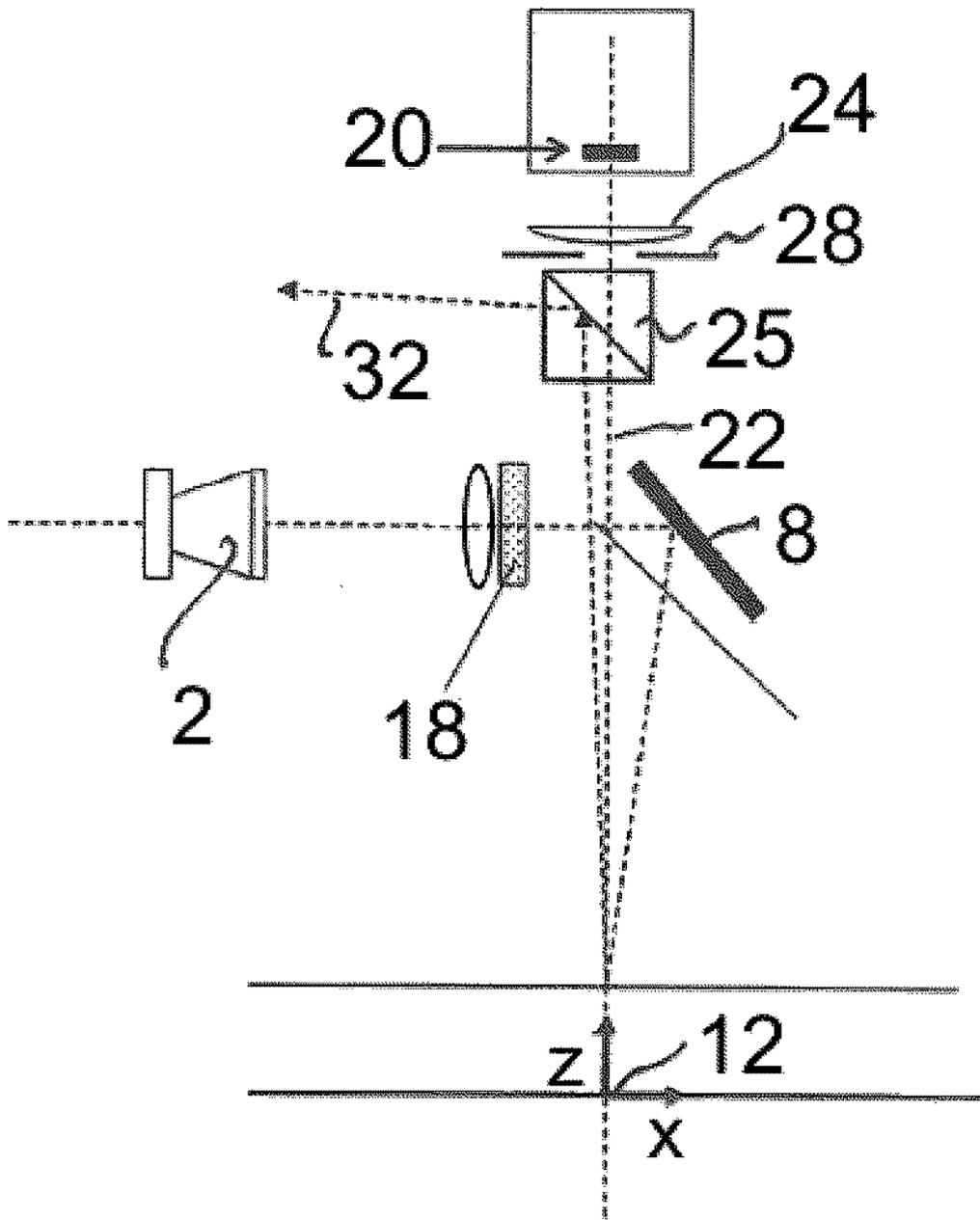


图 2

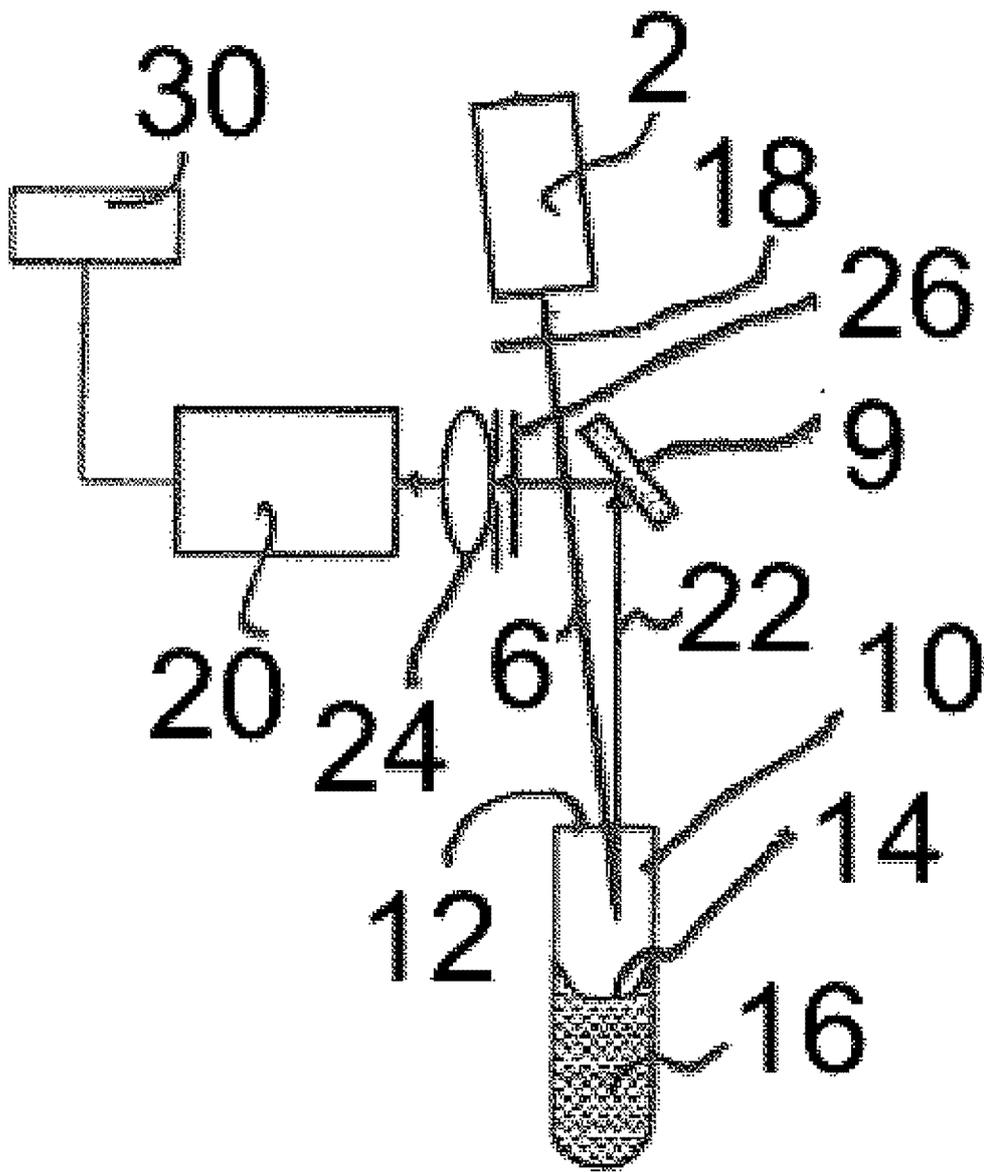


图 3

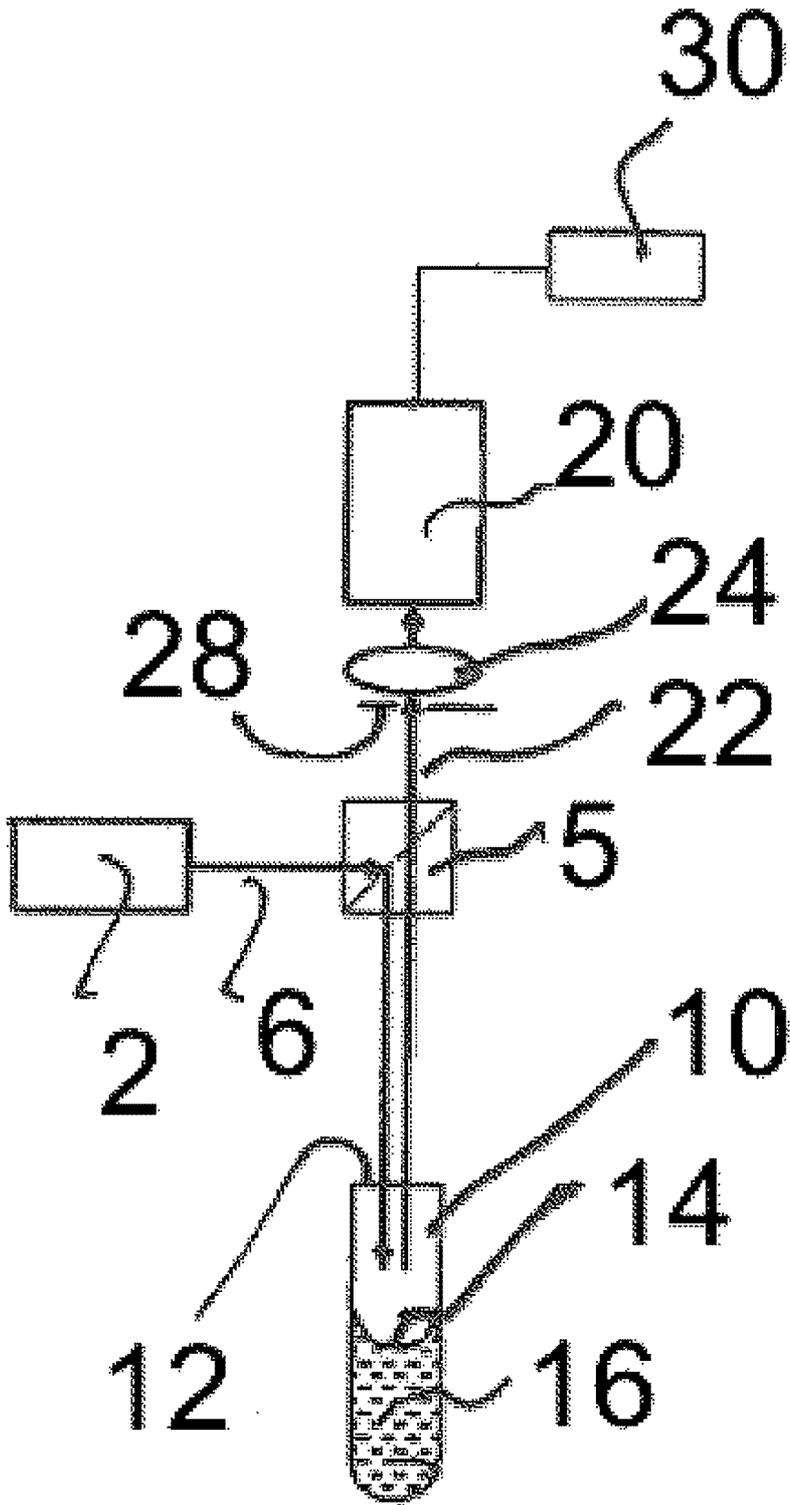


图 4

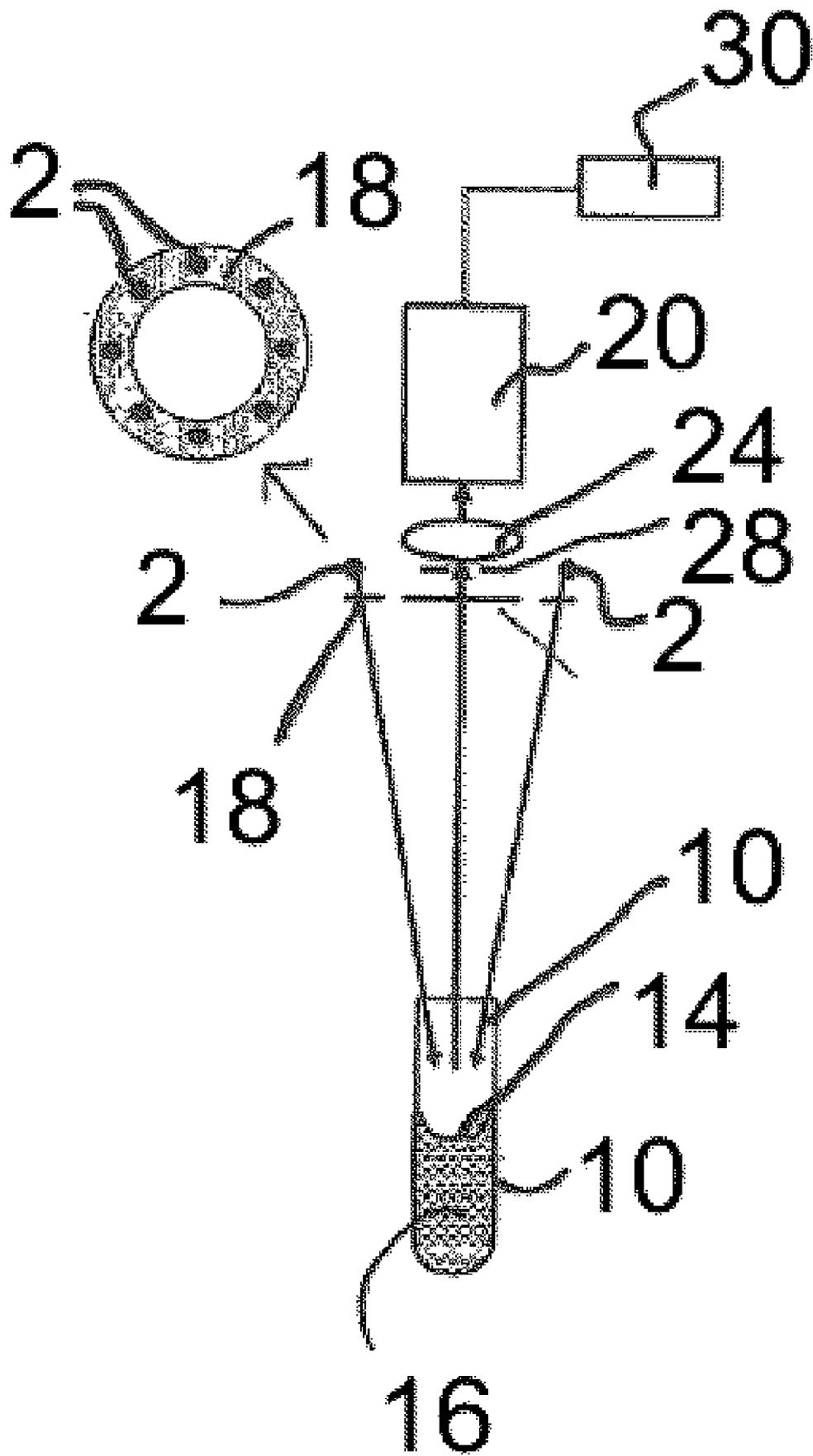


图 5

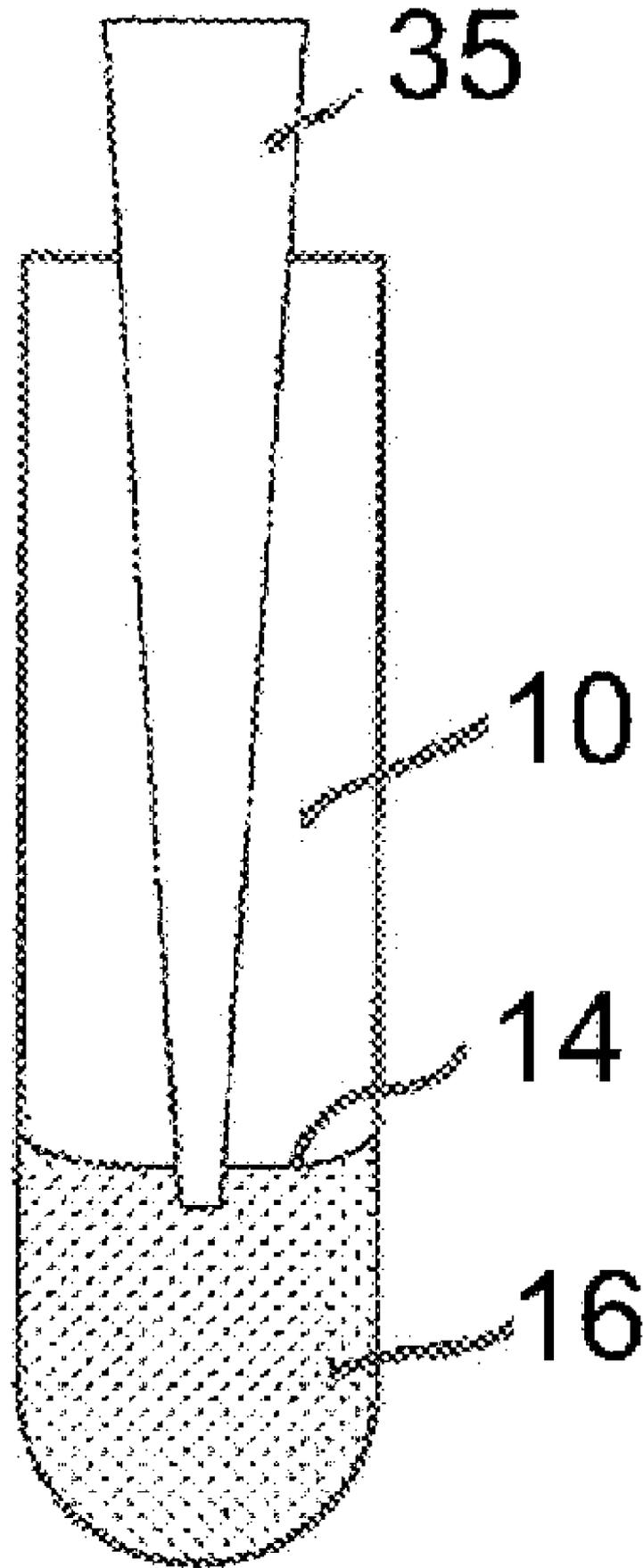


图 6a

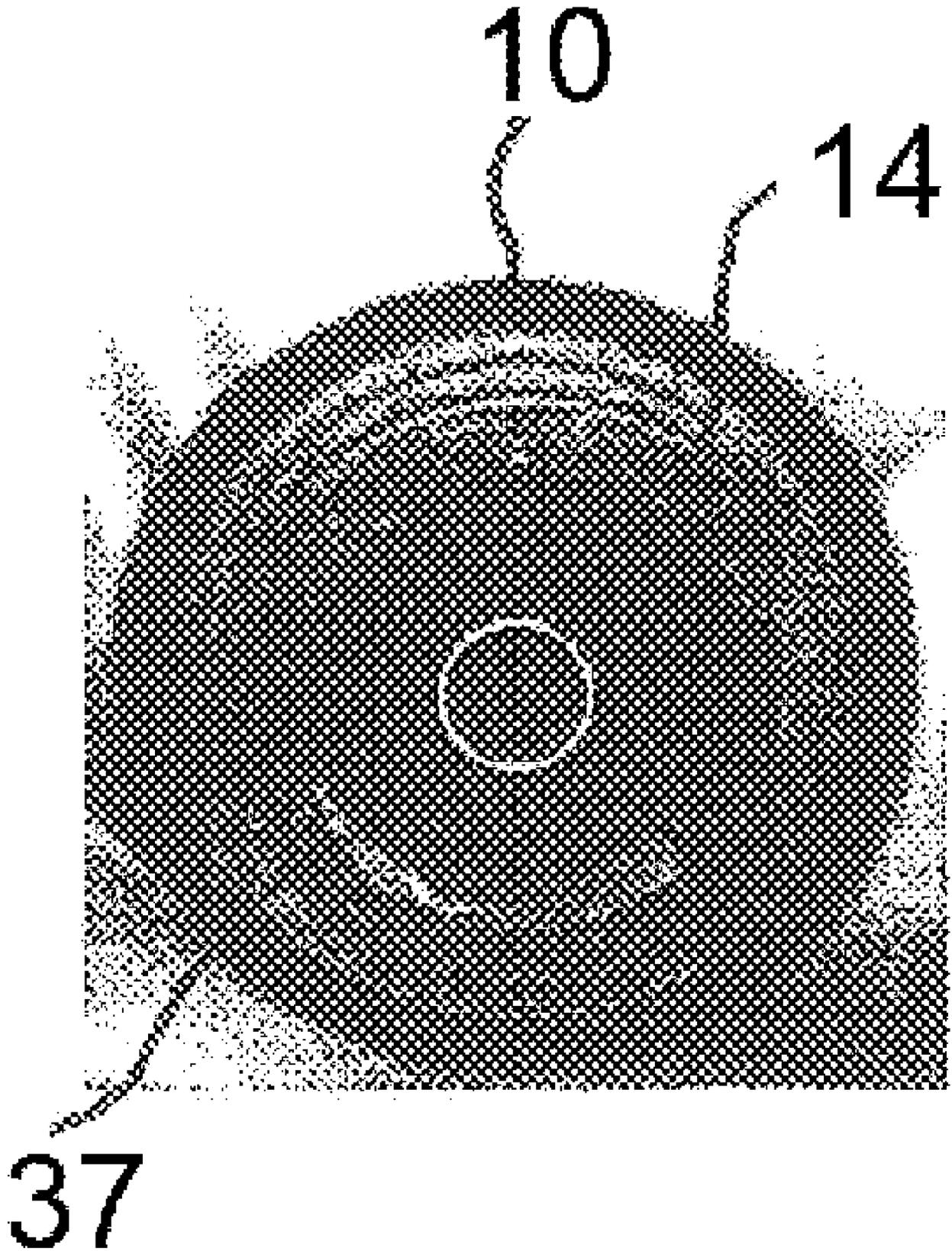


图 6b

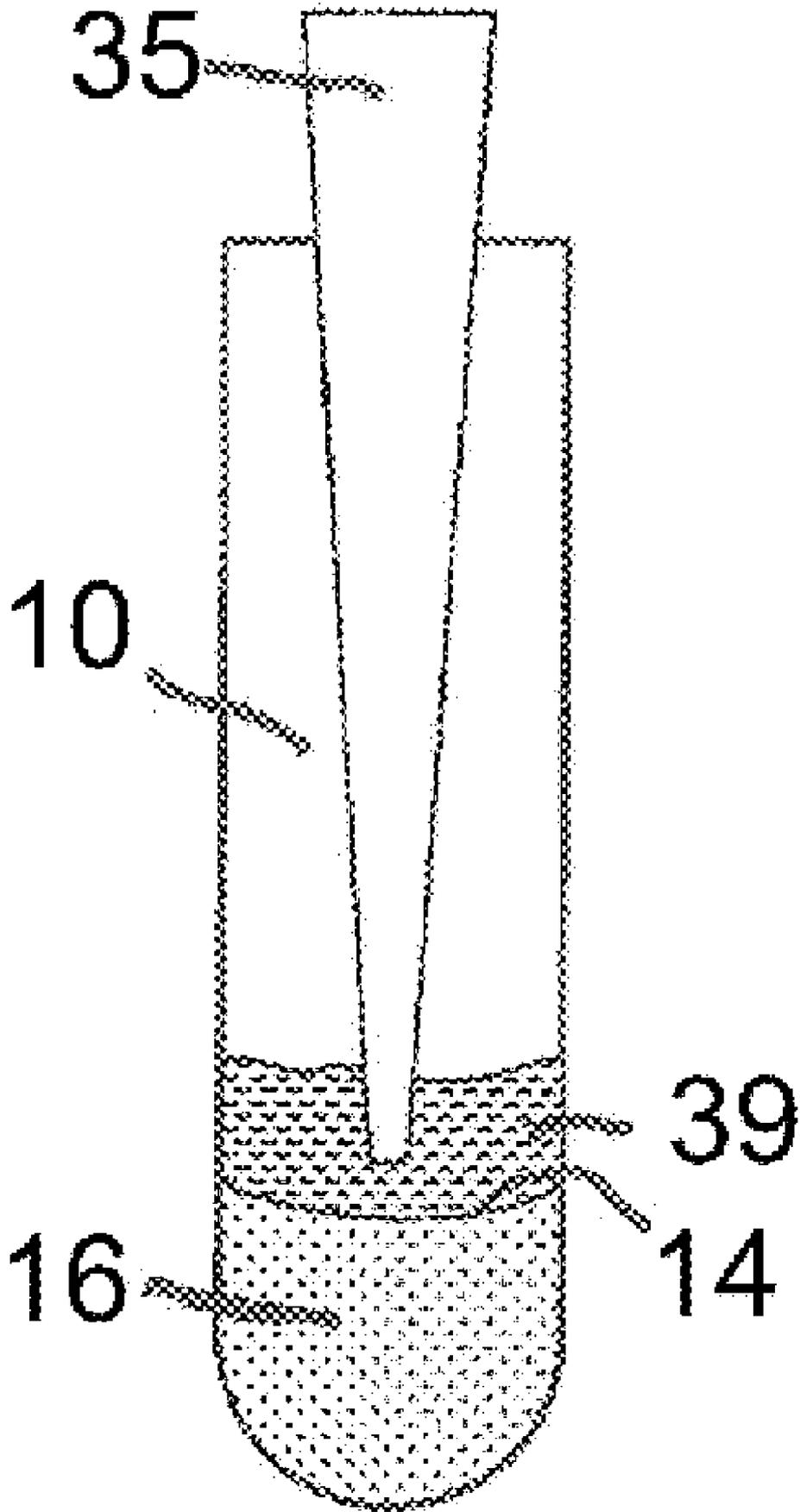


图 7a

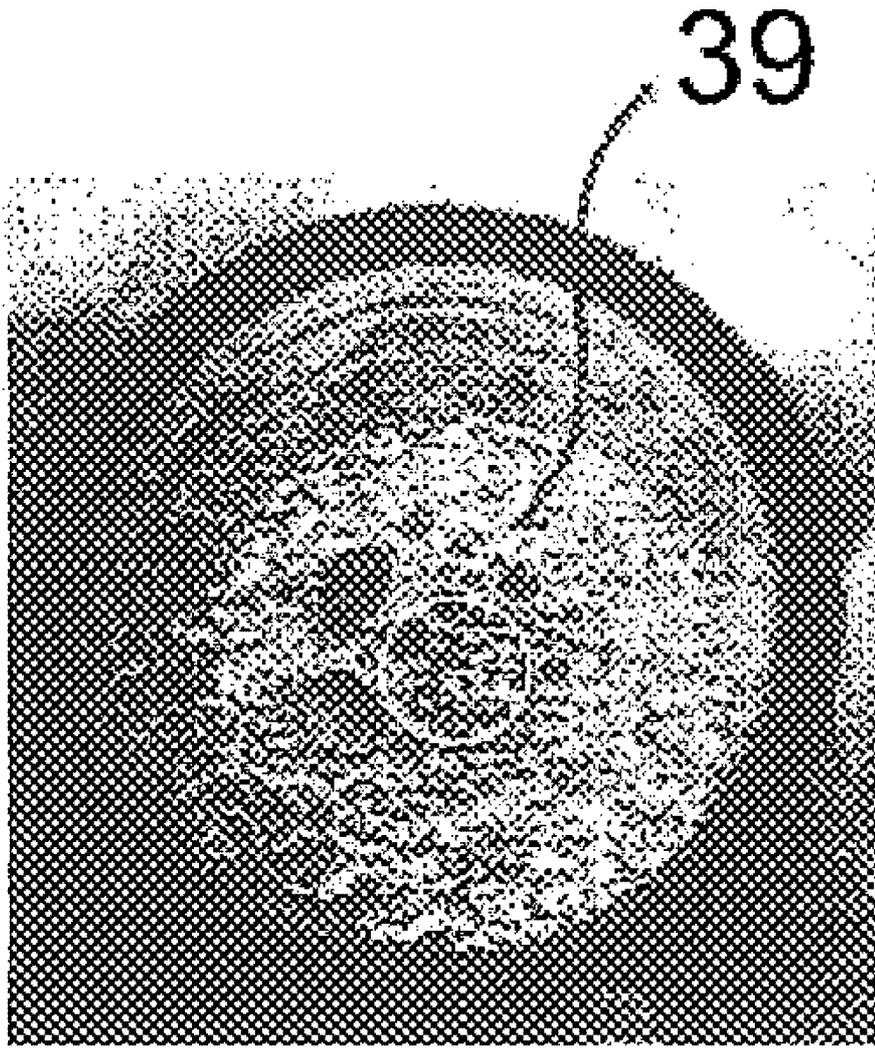


图 7b

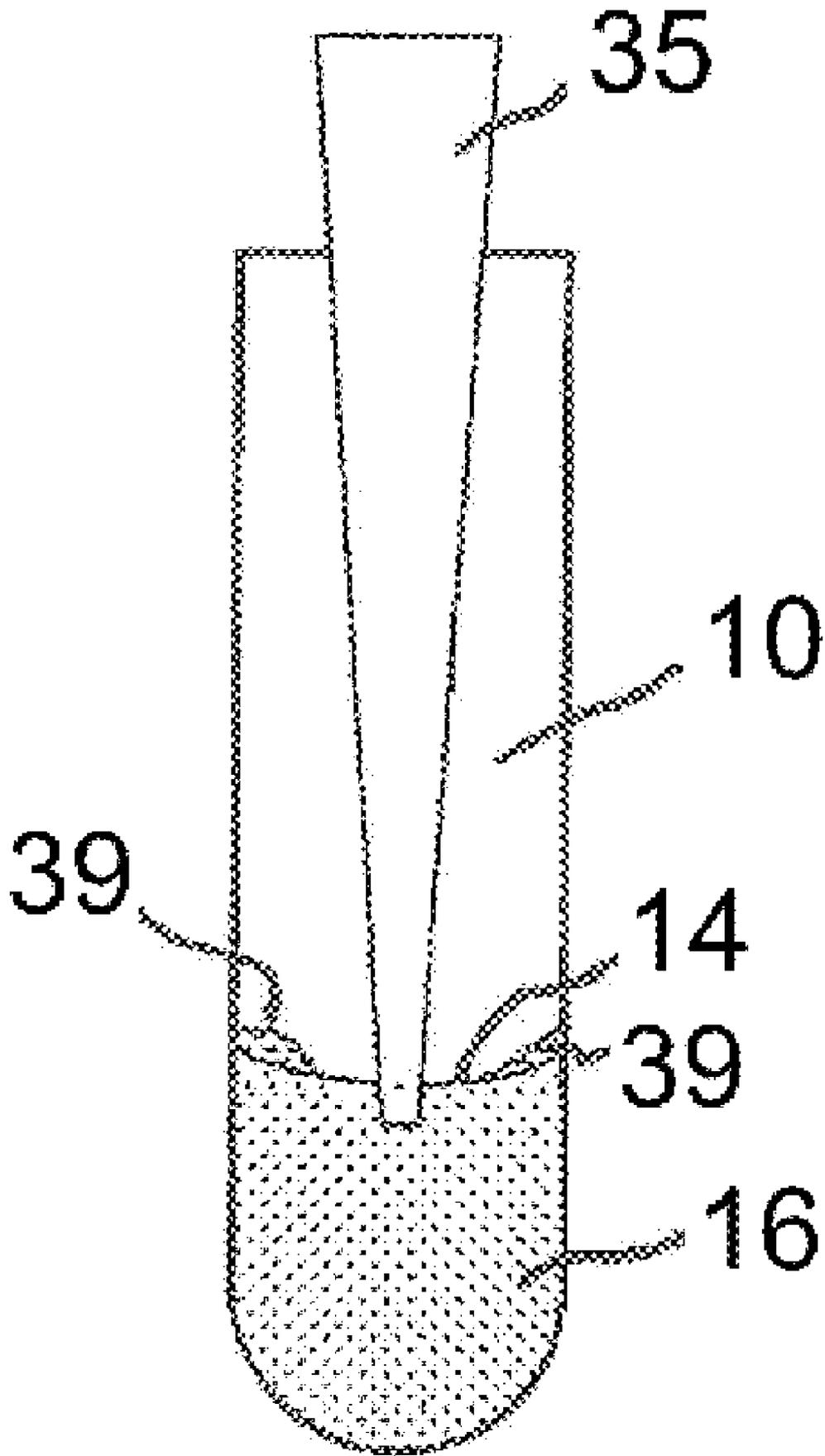


图 8a

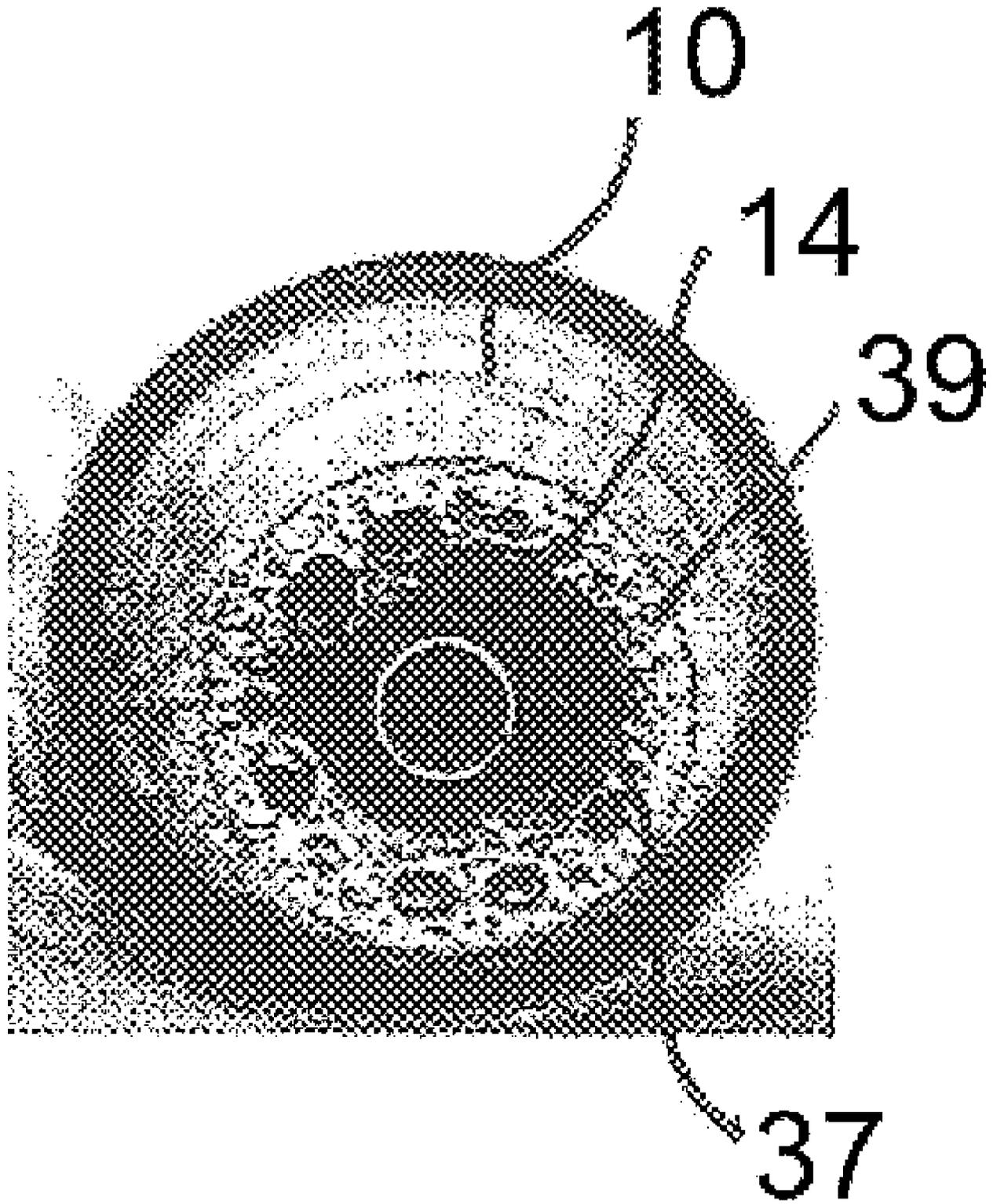


图 8b

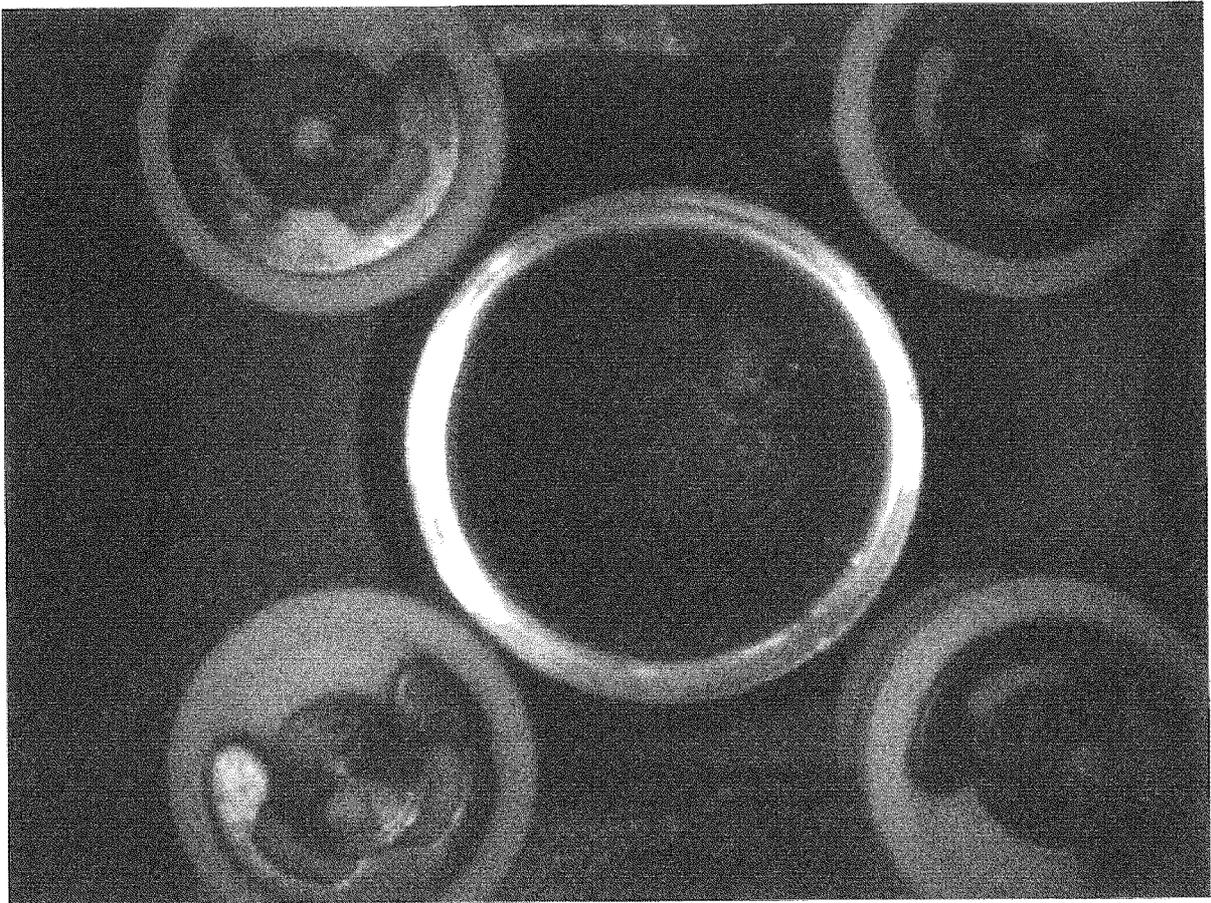


图 9

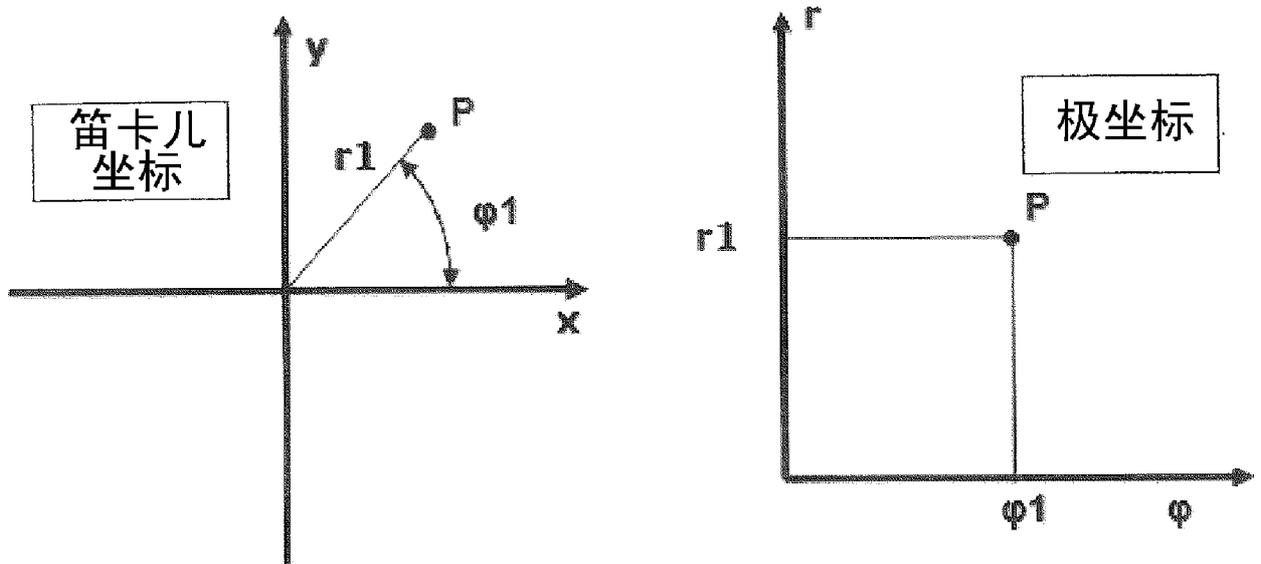


图 10

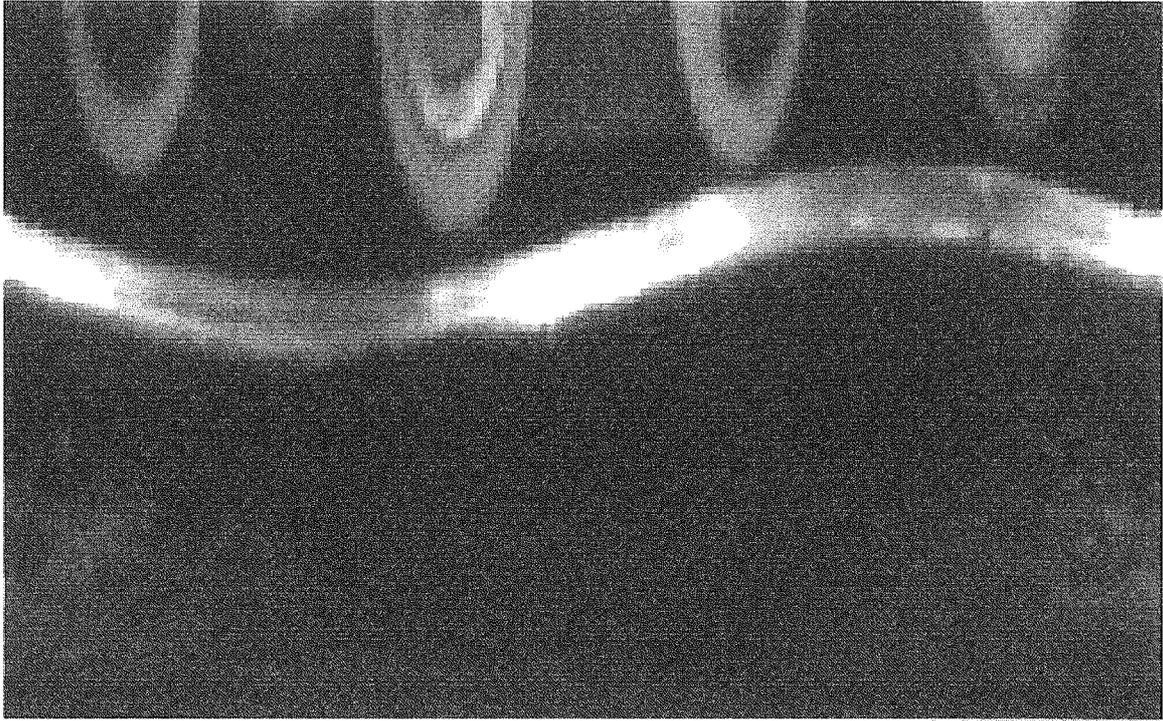


图 11

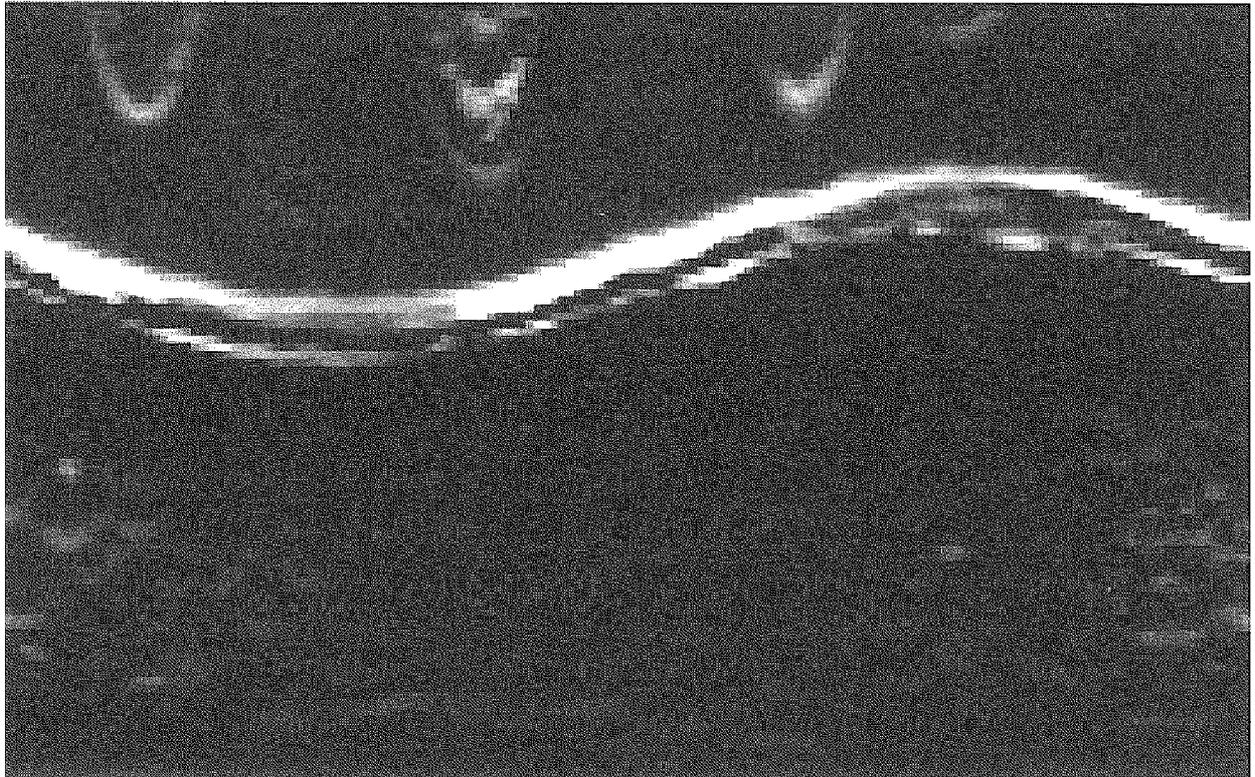


图 12

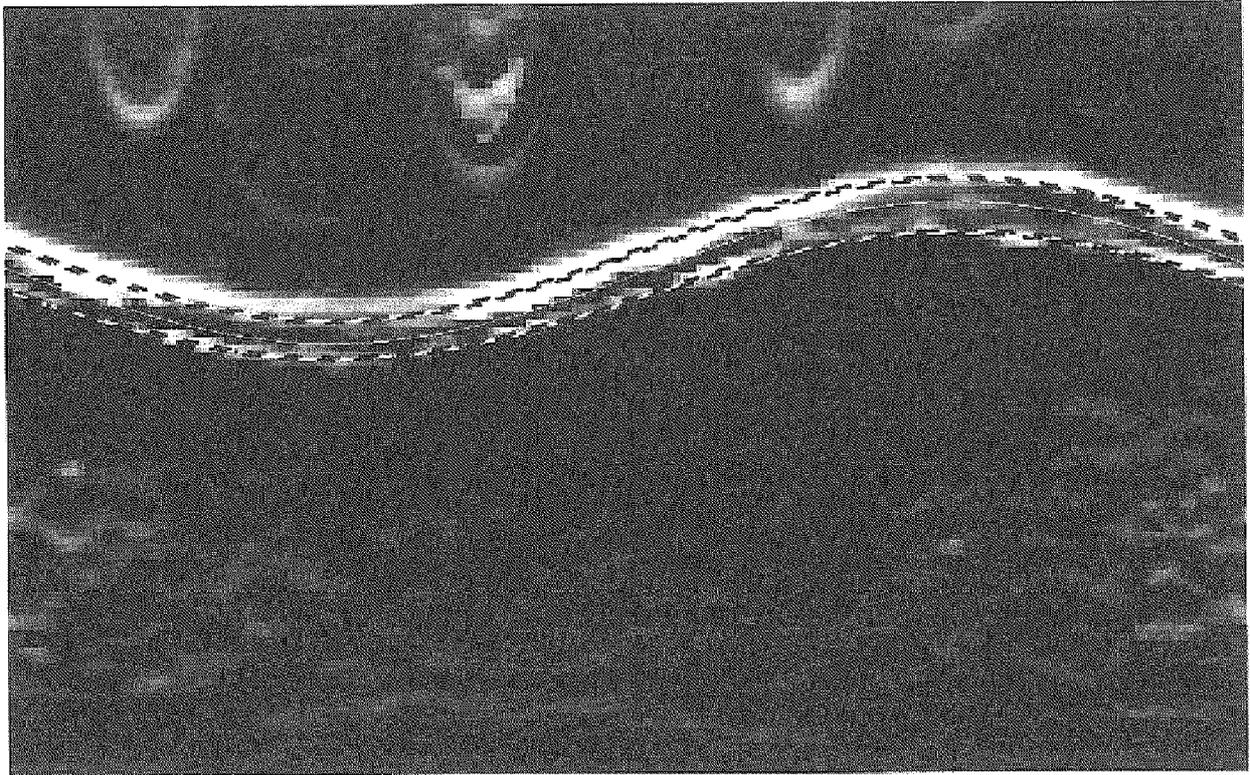


图 13

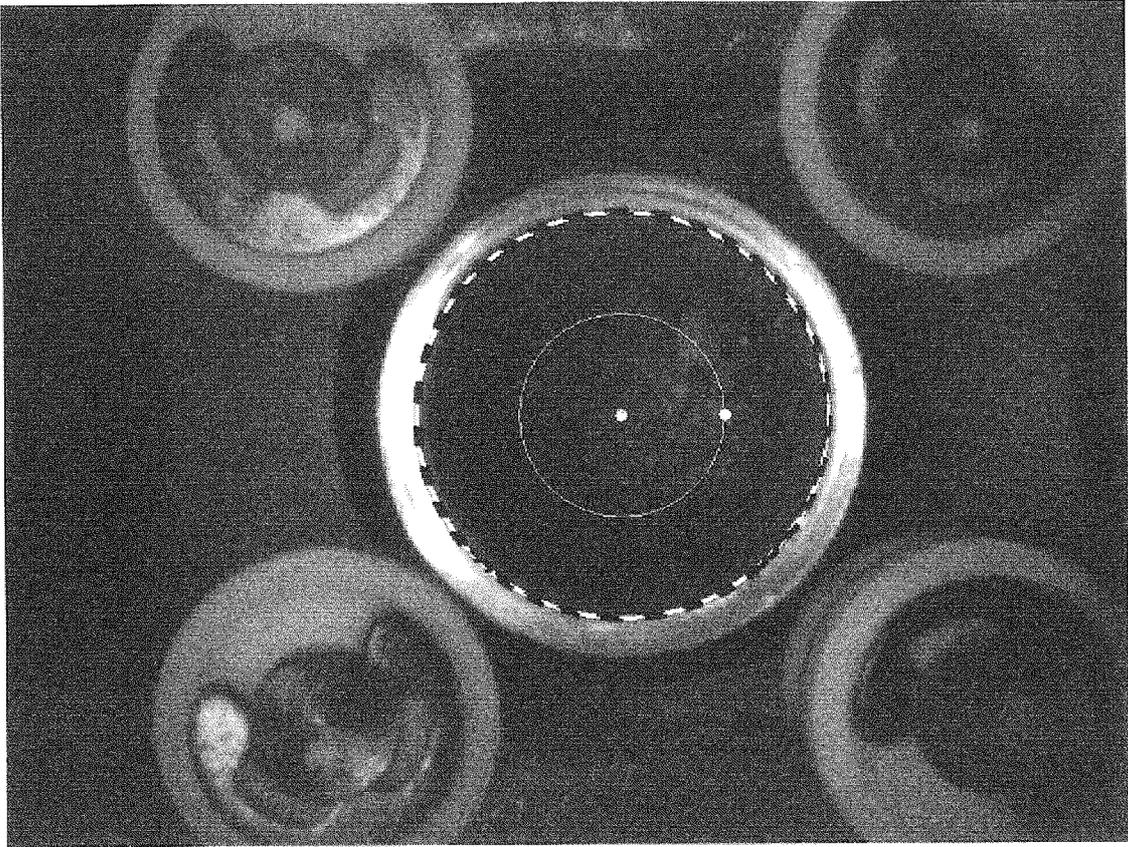


图 14

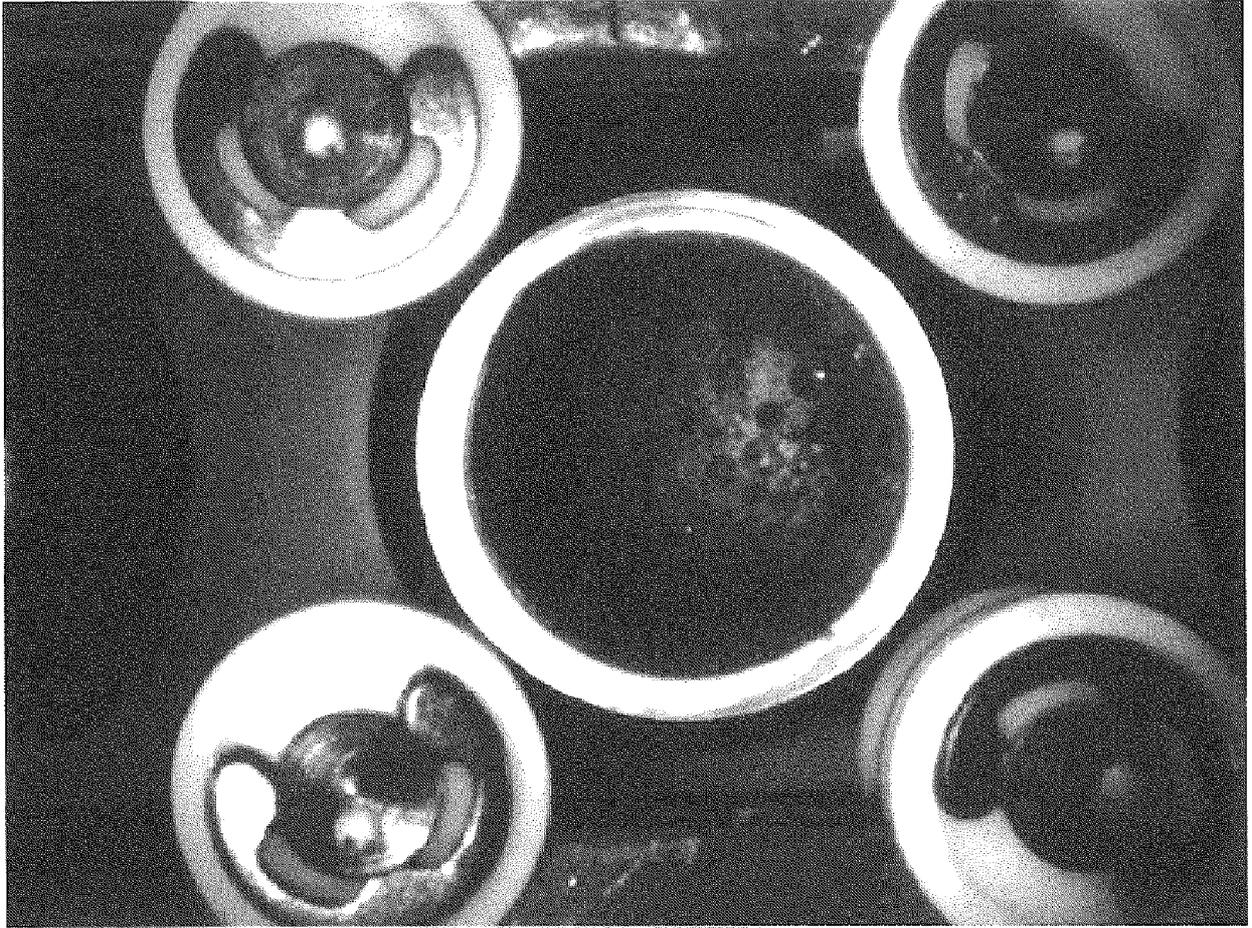


图 15

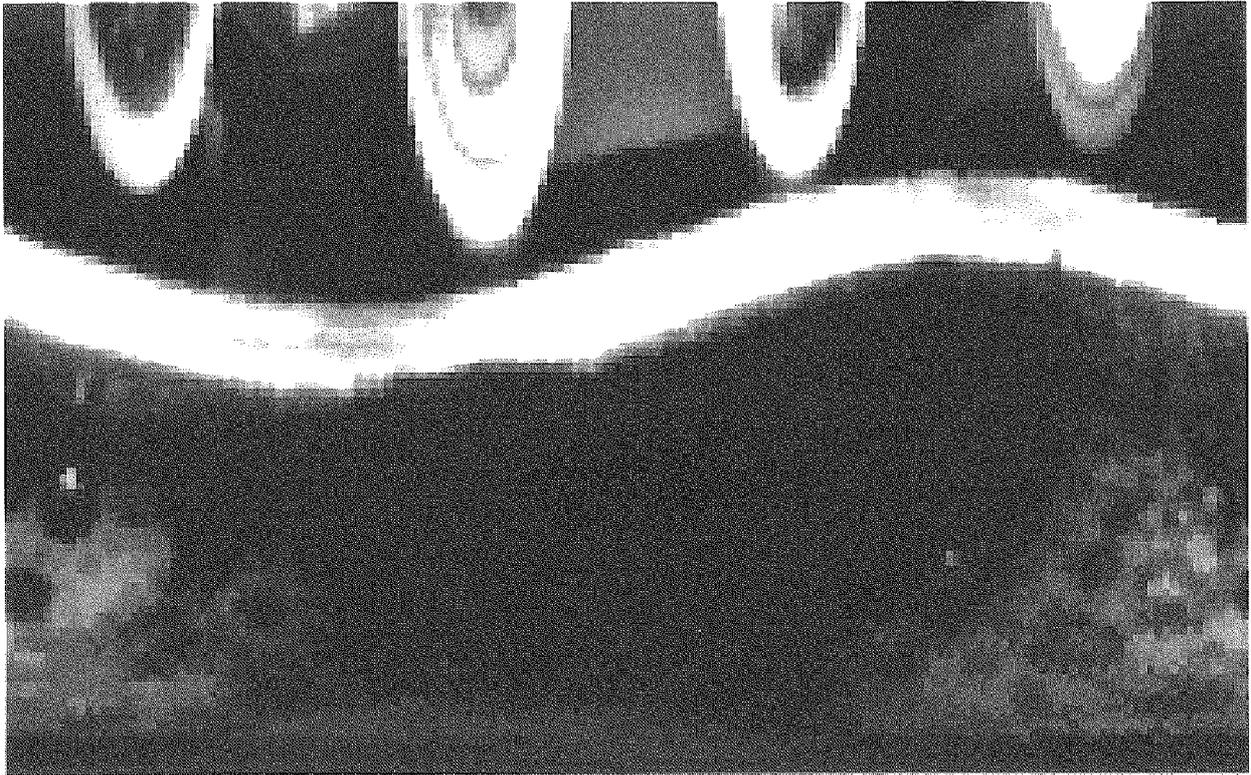


图 16

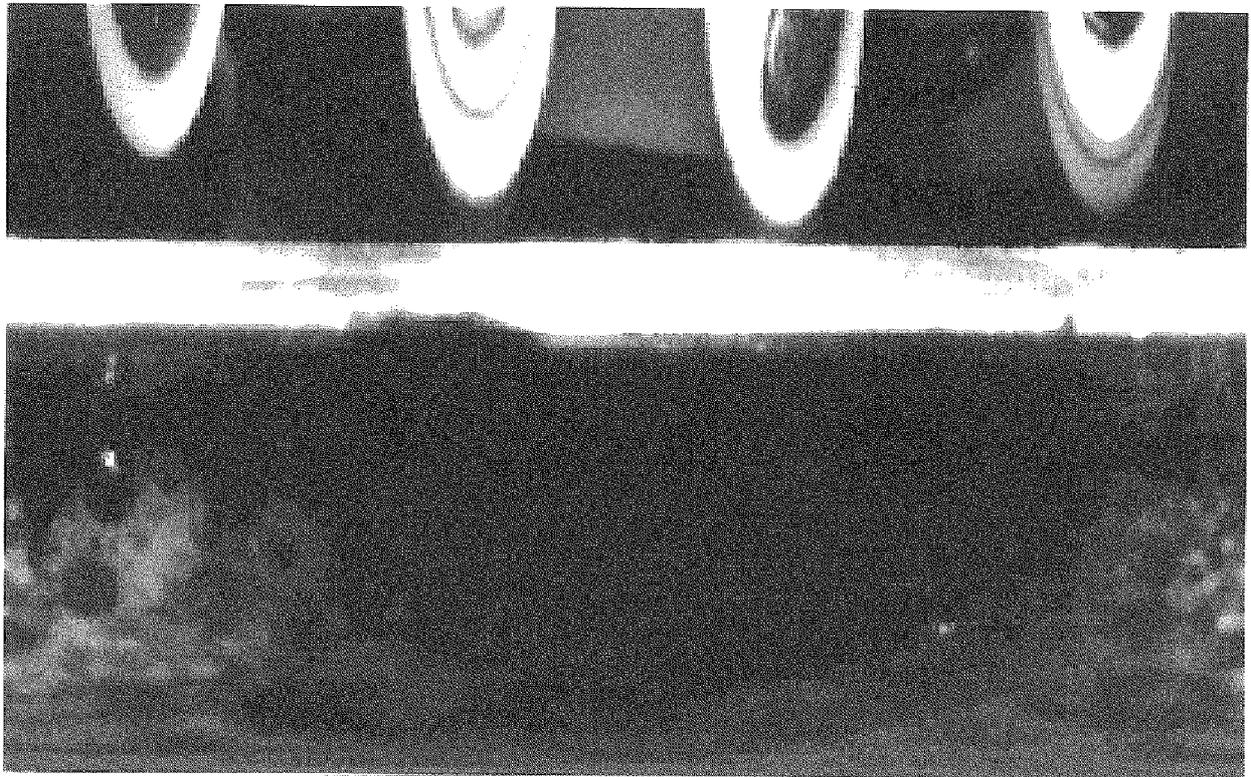


图 17

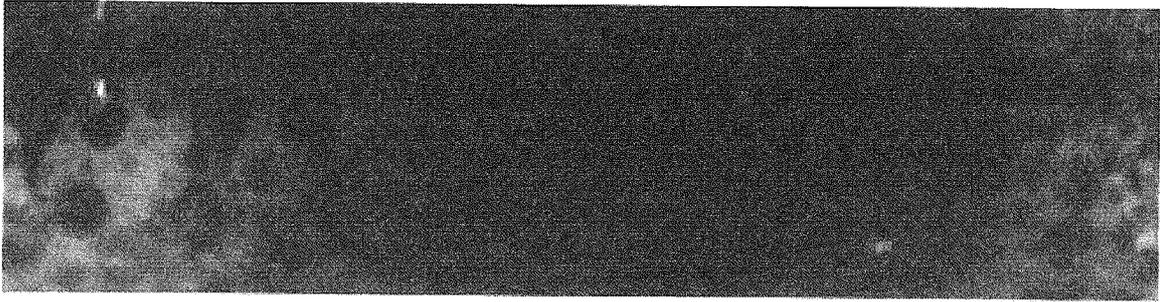


图 18

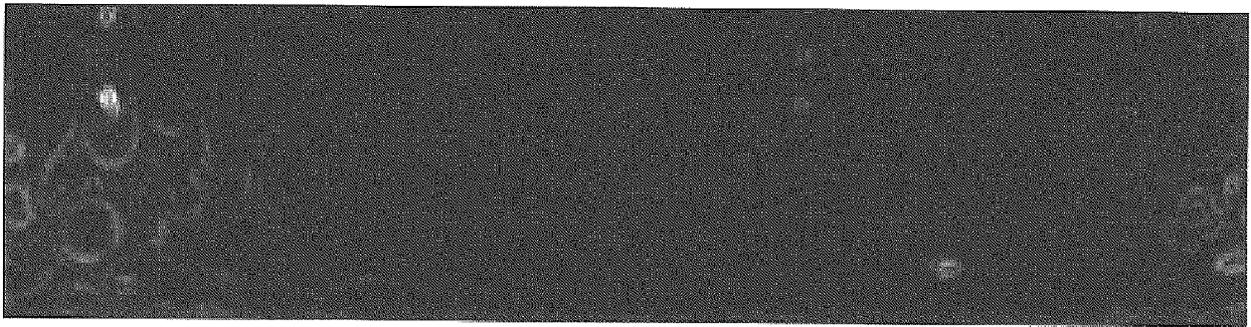


图 19

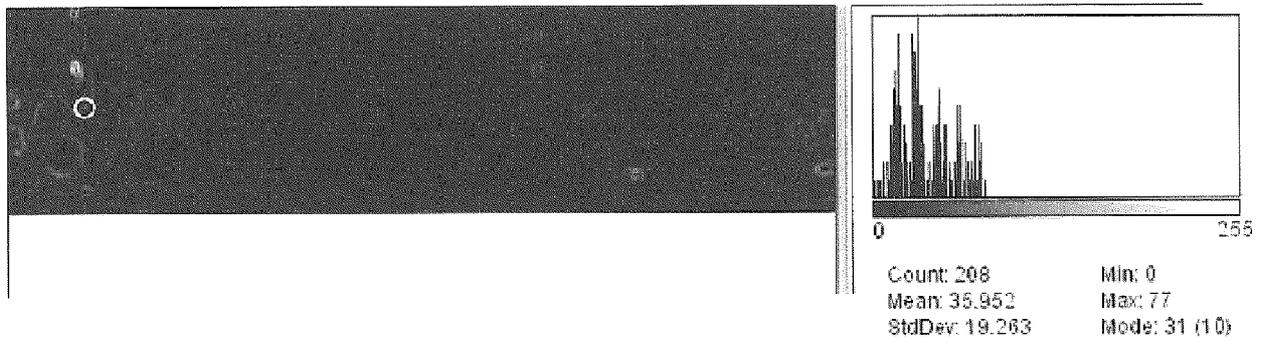


图 20

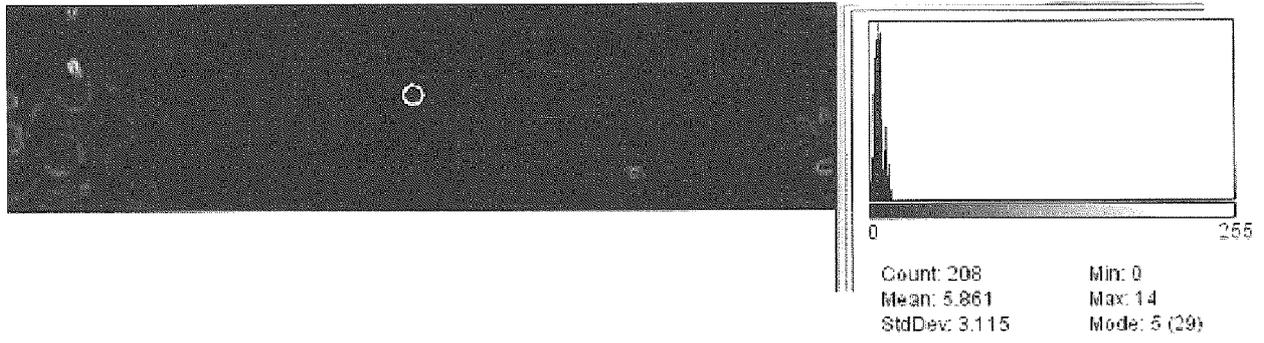


图 21

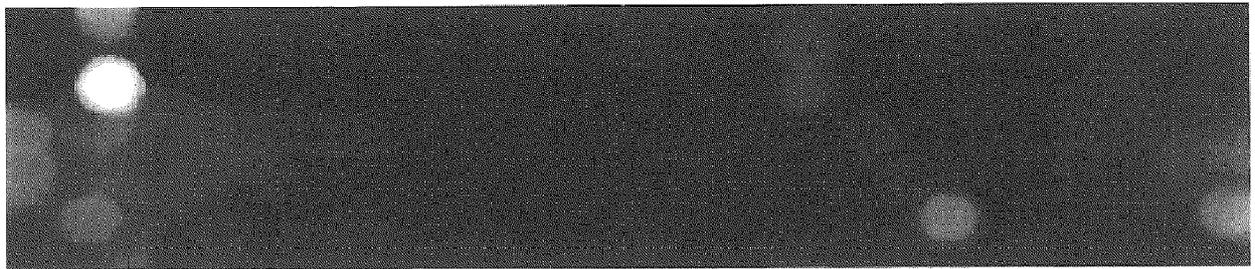


图 22

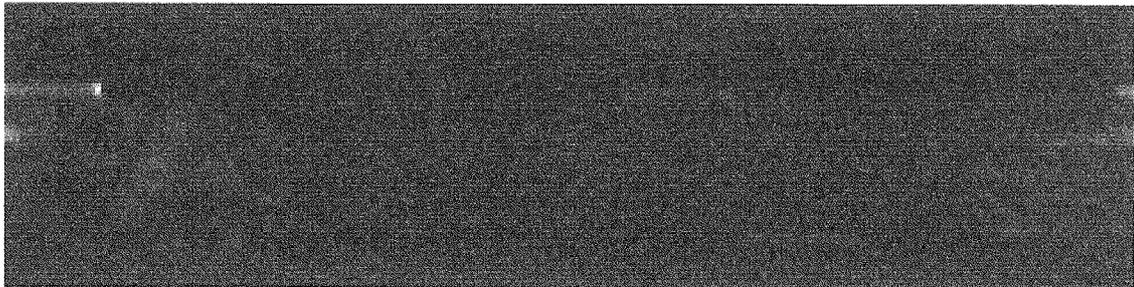


图 23

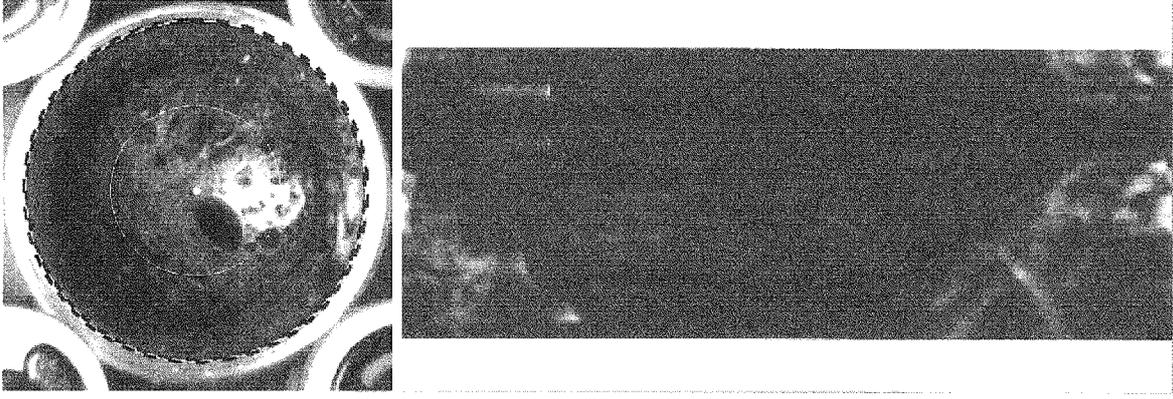
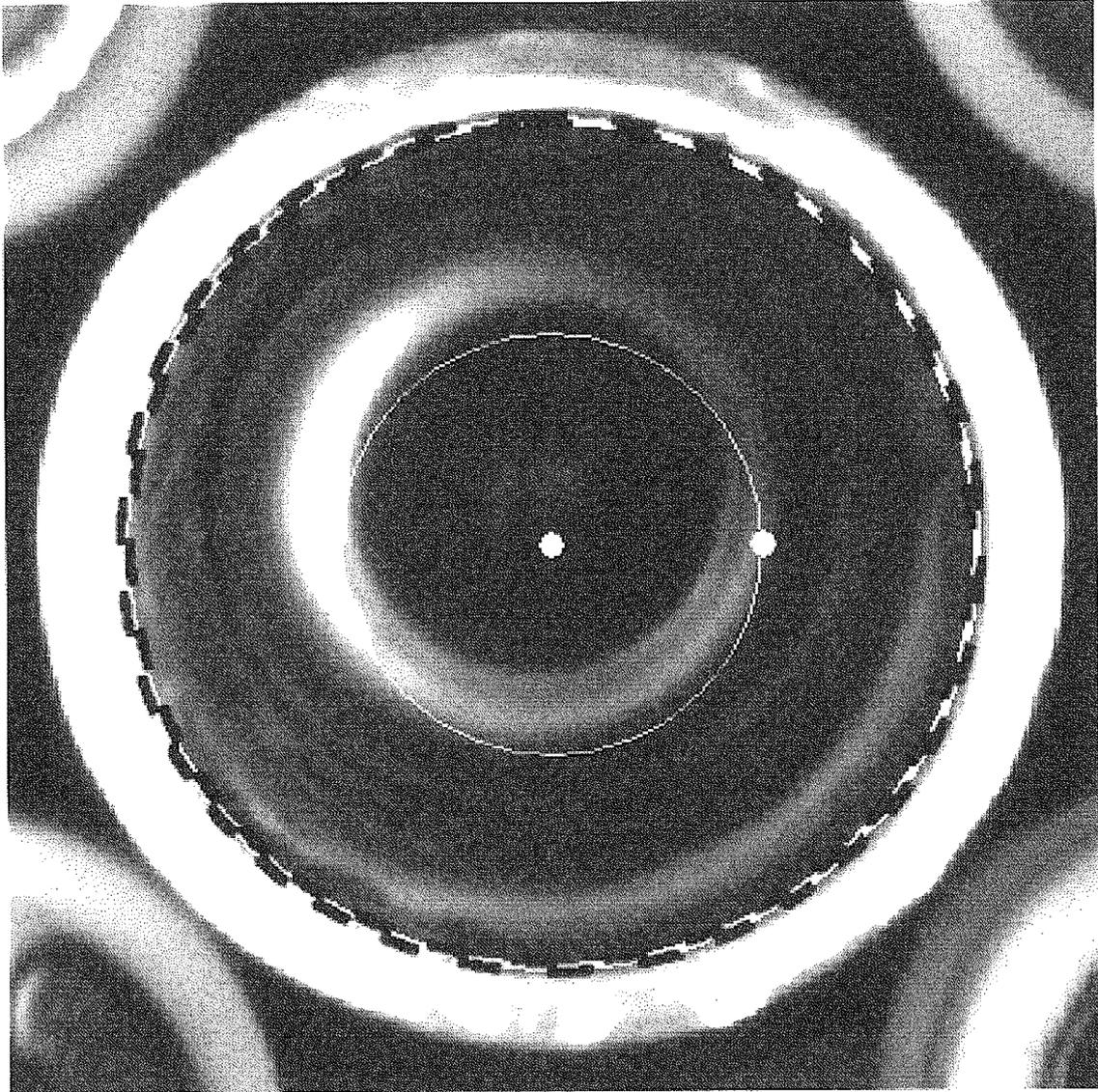


图 24



— — — — —

图 25

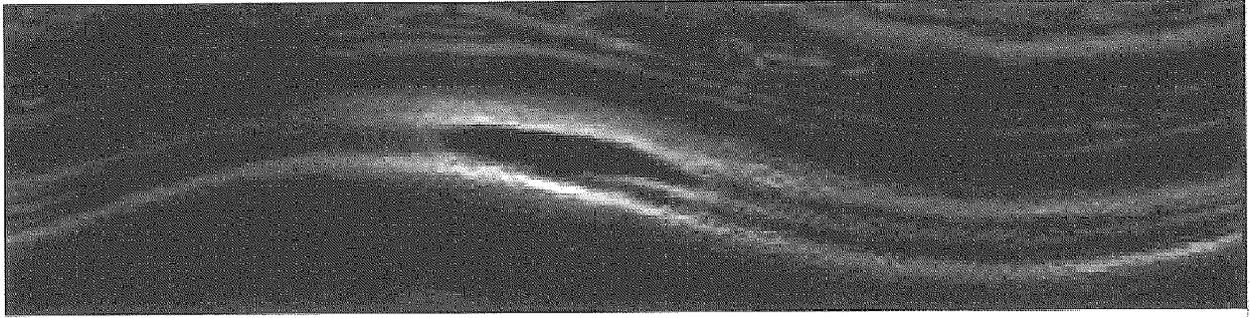


图 26

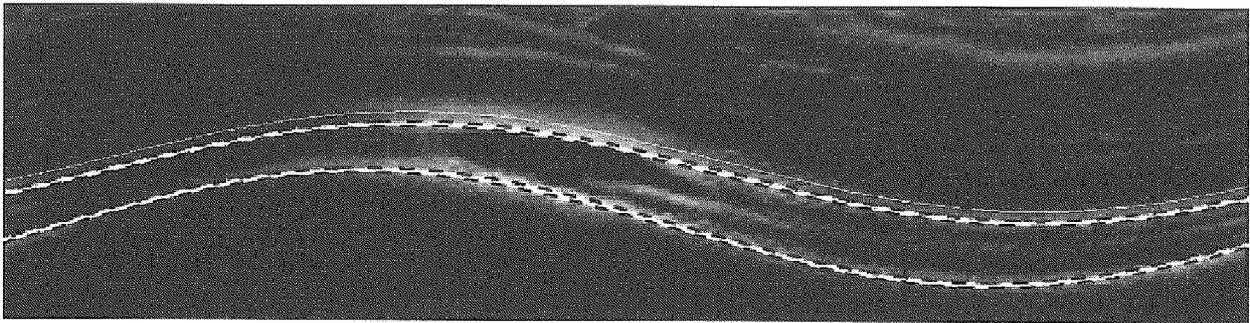


图 27