



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103657537 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201210323200. 1

(22) 申请日 2012. 09. 04

(71) 申请人 香港大学深圳研究院

地址 518000 广东省深圳市南山区科技中二路深圳科技园二期 11 栋 5A 室

(72) 发明人 岑浩璋 刘元骏

(74) 专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司 11280

代理人 蔡民军

(51) Int. Cl.

B01J 8/16 (2006. 01)

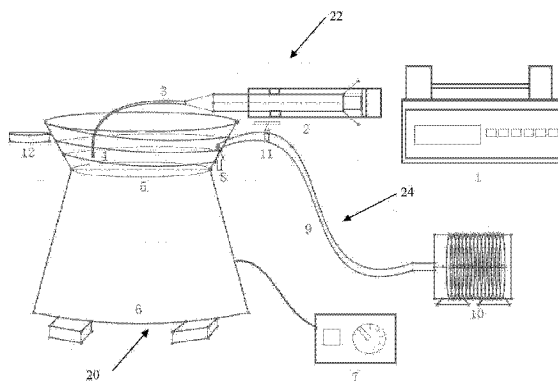
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

用于制备存在于气相中的液滴的设备和方法

(57) 摘要

本发明提供一种适用于制备宏观的存在于气相中的液滴的设备,其特征在於,包括铺有疏水性固体颗粒的机动振动装置和用于将液滴滴落至所述振动装置的液滴产生装置,其中所述振动装置构造通过振动使得所述振动装置上的所述疏水性固体颗粒散布,从而包裹所述液滴以形成所述宏观的存在于气相中的液滴。此外,本发明还提供一种制备存在于气相中的液滴的方法。本发明还涉及一种采用振动盘送料装置制备宏观的存在于气相中的液滴的用途。



1. 一种适用于制备宏观的存在于气相中的液滴的设备,其特征在于,包括铺有疏水性固体颗粒的机动振动装置和用于将液滴滴落至所述振动装置的液滴产生装置,其中所述振动装置构造成通过振动使得所述振动装置上的所述疏水性固体颗粒散布,从而包裹所述液滴以形成所述宏观的存在于气相中的液滴。

2. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,所述宏观的存在于气相中的液滴包括液体弹珠。

3. 根据权利要求1或2所述的设备,其特征在于,所述振动装置构造成振动盘送料装置,所述振动盘送料装置包括顶盘和安置于顶盘下的振动本体,所述振动盘送料装置顶盘包括其上铺设有所述疏水性固体颗粒的底部、围绕所述底部的轨道和顶盘出口,其中所述振动盘送料装置构造成通过振动自动地将在所述底部形成的所述宏观的存在于气相中的液滴送上轨道并经轨道送至所述顶盘出口。

4. 根据权利要求3所述的设备,其特征在于,所述轨道呈螺旋上升的轨道形式。

5. 根据权利要求1或2所述的设备,其特征在于,还包括用于移除所述宏观的存在于气相中的液滴上多余的疏水性固体颗粒的微气流装置。

6. 根据权利要求1或2所述的设备,其特征在于,所述液滴产生装置包括注射泵、注射器和连接到所述注射器的经疏水性处理的毛细玻璃管。

7. 根据权利要求3所述的设备,其特征在于,还包括适于收集自顶盘出口送出的存在于气相中的液滴的收集装置。

8. 根据权利要求1或2所述的设备,其特征在于,还包括至少部分遮盖所述疏水性固体颗粒的覆盖装置,所述覆盖装置具有供所述液滴产生装置穿过的开口和供所述存在于气相中的液滴穿过的出口。

9. 根据权利要求1或2所述的设备,其特征在于,所述液滴具有小于等于2.5mm的直径。

10. 一种制备宏观的存在于气相中的液滴的方法,包括:

提供铺有疏水性固体颗粒的机动振动装置;

使所述振动装置振动以使得铺在其上的疏水性固体颗粒散布;和

在所述振动装置振动时滴落液滴,从而使得所述散布的疏水性固体颗粒包裹所述液滴以形成所述宏观的存在于气相中的液滴。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述宏观的存在于气相中的液滴包括液体弹珠。

12. 根据权利要求10或11所述的方法,其特征在于,所述振动装置构造成具有顶盘和安置在顶盘下的振动本体的振动盘送料装置,所述顶盘包括其上铺设有所述疏水性固体颗粒的底部、围绕所述底部的轨道和顶盘出口,其中所述振动装置振动步骤还包括使得在所述底部形成的存在于气相中的液滴被自动地送上轨道并经轨道被送至所述顶盘出口。

13. 根据权利要求10或11所述的方法,其特征在于,还包括朝所形成的所述宏观的存在于气相中的液滴喷吹微气流以便移除液体弹珠上多余的疏水性固体颗粒的步骤。

14. 根据权利要求10或11所述的方法,其特征在于,还包括在所述振动装置振动之前遮盖所述疏水性固体颗粒的步骤。

15. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,还包括收集自所述顶盘出口被送出的

存在于气相中的液滴的步骤。

16. 根据权利要求 10 或 11 所述的方法,其特征在于,还包括在铺上所述疏水性固体颗粒之前对所述振动装置进行疏水性处理的步骤。

17. 根据权利要求 10 或 11 所述的方法,其特征在于,所述滴落液滴步骤包括通过经疏水性处理的毛细管来逐滴依次滴落所述液滴。

18. 根据权利要求 10 或 11 所述的方法,其特征在于,所述液滴具有小于等于 2.5mm 的直径。

19. 根据权利要求 12 所述的方法,其特征在于,所述轨道包括螺旋上升的轨道,且所述存在于气相中的液滴沿所述螺旋上升的轨道被送至所述顶盘出口。

20. 一种采用振动盘送料装置制备宏观的存在于气相中的液滴的用途。

用于制备存在于气相中的液滴的设备和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及存在于气相中的液滴的制备,具体涉及用于制备宏观的存在于气相中的液滴的设备和方法,尤其是液体弹珠的制造设备和方法。

背景技术

[0002] 当前,已知有一种所谓的“存在于气相中的液滴 (liquid-in-gas droplet)”的物质。这种“存在于气相中的液滴”,其总体呈由一薄层固体包裹处于液态的内芯结构,由此从其所处环境状态看来,仍呈现处于空气(气相)中的液滴形式,这相比于被容纳在由固体物质所形成的内腔中的物质在许多性质方面具有明显区别。因此,存在于气相中的液滴适用于许多应用场合。在此,本发明中所限定的术语“存在于气相中的液滴”将符合上述限定。

[0003] 所述存在于气相中的液滴一般分为两种类型,一种为微观的 (microscopic) 存在于气相中的液滴,而另一种为宏观的 (macroscopic) 存在于气相中的液滴。

[0004] 这种微观的存在于气相中的液滴也是一种由颗粒(粉末)包裹的液滴,但其尺寸较小,一般是微米级(例如,零点几微米、几微米或十几微米)。从视觉看来,它们一般呈现为自由流动的粉末状,通常也会被称为“干水(dry water)”,其通常用工业混合机和冷凝水及可自组纳米颗粒制成。

[0005] 对于宏观的存在于气相中的液滴,其具有比上述微观的存在于气相中的液滴大的尺寸,通常是毫米级(例如,零点几毫米、几毫米等),比如约 0.1mm- 约 10mm、约 0.2mm- 约 5mm、约 0.5mm- 约 3mm、约 0.5mm- 约 2.5mm 等。相比于微观的存在于气相中的液滴,所述宏观的存在于气相中的液滴具有更好的颗粒包裹性,这主要是由于其尺寸及其性质所带来的。一种最常见的宏观的存在于气相中的液滴是“液体弹珠 (liquid marble)”,这是由 Aussillous, P. 和 Quere, D. 在自然杂志 2001 年 411 卷 6840 期 924-927 页的“Liquid marbles”的论文中首先提出,该文献援引加入本文。通常,液体弹珠一般是指是被(高)疏水性颗粒(粉末)包裹形成的不润湿的液滴(视觉上可见,如毫米级)。当液体弹珠静置或运动于固体或液体表面时,其可以不粘连表面,其不粘连的性质大大减少在表面移动的摩擦力,因而赋予其在物体表面快速移动的能力,其较小的尺寸也使其具有良好的微流体反应的构造。关于液体弹珠的进一步定义和性质可以参考上述的文献。近年来,在生物化学领域,所述液体弹珠被已广泛关注。通过对当中被包裹的液滴与外层高疏水性颗粒的研究,液体弹珠被认为在药物输送、气体检测、血型检测,甚至于加速度测量等方面有潜在的应用。

[0006] 现有技术中,液体弹珠尚未具有工业化制备手段,其制备主要是将液体滴入(高)疏水性颗粒(粉末)床中,通过人工使液滴在高疏水性固体颗粒床上滚动,从而使得液滴粘上床上的颗粒,即这些颗粒被动地粘附到液滴上,进而形成液体弹珠。这种滚动制造液体弹珠的效率尤为低下,且不适于连续制造。并且,液滴需要小心和缓慢滚动以免破裂或不利于液体弹珠的形成,这进一步不利地影响生产率。此外,这样的制备方法还严格地要求高疏水性颗粒有一定的厚度。现今仍缺乏有一种高效而简单的连续制备方法,从而液体弹珠尚未能实现大规模的工业应用。

发明内容

[0007] 因此,本发明的目的是希望提供一种适用于工业上生产的宏观的存在于气相中的液滴,尤其是液体弹珠的制备设备和方法。

[0008] 令人惊奇地,本发明人发现,无需如现有技术的小心和缓慢地使液滴在疏水性颗粒(粉末)床上滚动,通过将液滴滴入其上振动中的机动振动装置即随着振动装置被振动的高疏水性固体颗粒中,仍可以实现液滴的制备,这样的制备产量较高,质量符合要求,且更为有利的是尤其适合工业化应用。与现有技术中的疏水性固体颗粒基本上是静置地被动粘附到液滴不同,在本发明的设备通过振动装置振动至少可使得高疏水性固体颗粒(粉末)处于散布(弥漫)状态,从而能很好地主动包裹液滴。另外,本发明的振动装置最好可使得液滴沿预定路径运动,例如沿预定路径滚动。人们将明白本发明所述的机动振动装置指非人工的机械或电动振动装置。

[0009] 由此,在本发明一个方案中,提供了一种适用于制备宏观的存在于气相中的液滴的设备,其包括铺设具有高疏水性固体颗粒的机动振动装置和用于将液滴滴落至所述振动装置的液滴产生装置,其中所述振动装置构造成通过振动使得在该振动装置上的所述高疏水性固体颗粒散布,从而主动包裹所述液滴以形成所述存在于气相中的液滴。且优选,该宏观的存在于气相中的液滴包括所述的液体弹珠。

[0010] 在本发明另一个方案中,还提供了一种制备宏观的存在于气相中的液滴的方法,包括:提供铺设具有高疏水性固体颗粒的振动装置;使所述振动装置振动以使所述高疏水性固体颗粒散布;和在所述振动装置振动时滴落液滴,从而通过所述振动装置的振动使得所述散布的高疏水性固体颗粒主动包裹所述液滴以形成所述存在于气相中的液滴。优选,该宏观的存在于气相中的液滴包括所述的液体弹珠。

[0011] 本发明通过上述主动包裹的疏水性固体颗粒实现了显著的进步。但本发明的设备和方法的振动装置的振动还可使液滴也相应地运动如滚动从而粘附上疏水性固体颗粒,以进一步促进存在于气相中的液滴的形成。

[0012] 人们可以想到,为了实现本发明的目的,任何合适的振动装置及其振动均是可行的,例如可以提供上下、左右、前后、往复、扭转等振动或这些振动的任意组合,只要这些振动装置或其振动能够实现根据本发明的宏观的存在于气相中的液滴如液体弹珠的形成。

[0013] 但是根据本发明人的进一步发现,将上述的振动装置具体选用振动盘送料装置(VBF, vibration bowl feeder)可以获得特别有利的技术效果。这种装置的现有目的主要是使得无序的工件以有序的方式被送出,用于本发明的振动盘送料装置可以使得液滴产生装置在振动盘上位置连续滴落液滴时,能连续地产生符合要求的液体弹珠。

[0014] 优选地,该振动盘送料装置具有螺旋上升的轨道,从而液体弹珠可沿该螺旋轨道被送出。作为替代方式,振动盘送料装置可以具有直线轨道,液体弹珠借此可沿该直线轨道被送出。

[0015] 因此,在本发明的再一方案中,提供了一种用振动盘送料装置制备在宏观的存在于气相中的液滴的用途。

[0016] 在本发明的一个优选方案中,希望在上述振动盘送料装置(或其它振动装置)的合适位置设置微气流装置,以便能够移除液体弹珠上多余的高疏水性固体颗粒(粉末)或者将

某些固体颗粒吹回振动装置的底部。

[0017] 优选地,上述设备、方法最好采用小于等于大约 2.5mm 的液体弹珠。

[0018] 通过本发明的设备和方法,尤其是通过配设有振动盘送料装置(VBF)制备宏观的存在于气相中的液滴如液体弹珠具有以下至少一些优点:稳定和连续制造;较高的产量;单分散性的液体弹珠具有较好的包裹性;成本较低和节省制备时间;减少高疏水性固体颗粒(粉末)的使用量;以及无需对振动盘送料装置做出大改动。

[0019] 本发明的其他特征和优点的一部分是本领域技术人员阅读本发明后所显见的,另一部分将在下文结合附图描述的具体实施例体现。

附图说明

[0020] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0021] 图 1 是本发明的示意图;

[0022] 图 2 是振动盘的顶盘及液滴产生装置的末端放大示意图;

[0023] 图 3a-d 显示了疏水性固体颗粒(粉末)包裹液滴以形成液体弹珠的过程示意图;

[0024] 图 4 是根据本发明的一个实施例的流速与液体弹珠常量对比图;

[0025] 图 5a 示出了使用根据本发明的设备的一个实施例在一分钟内的通常液体弹珠产量的照片;

[0026] 图 5b 示出了图 5a 中所示液体弹珠的放大图的照片。

[0027] 附图标记列表:1. 注射泵,2. 注射器,3. 毛细软管,4. 毛细玻璃管,5. 顶盘,6. 振动本体,7. 控制装置,8. 微气流孔,9. 软管,10. 气泵,11. 控制气阀,12. 收集装置,13. 高疏水性固体颗粒,14. 液滴,20. 振动盘送料装置,22. 液滴产生装置,24. 微气流装置,26. 底部,28 轨道,30. 顶盘出口。

[0028] 在本发明说明书和附图中,相同附图标记将表示相同构件或特征。

具体实施方式

[0029] 现参考以下的具体说明以及附图,描述所公开装置的示意性方案。尽管提供附图是为了呈现本发明的一些实施方案,但附图不必按具体实施方案的尺寸绘制,且某些特征可被放大、移除或部分剖切以更好地示出和解释本发明的公开内容。

[0030] 在说明书多个地方出现的短语“在附图中”或类似用语不必全都参考同一附图或示例。在本发明中的术语“约”将会被本领域普通技术人员理解且将根据用到该术语的上下文在一定范围内变化。

[0031] 在如图 1 所示的本发明的一个实施例中,提供了一种可以连续制备宏观的存在于气相中的液滴的设备,例如一种用于制备液体弹珠的设备。在下文中将以制备液体弹珠为例描述相应的制备装置和方法。但人们应明白下述的装置和方法同样适用于其它宏观的存在于气相中的液滴的制备。该设备包括振动盘送料装置 20,液滴产生装置 22、微气流装置 24 以及配设的收集装置 12,下文将针对这些装置及其部件的功能以及相互关系进行详述。

[0032] 如图 1 进一步示出,液滴产生装置 22 包括注射泵 1 和注射器 2 以及其它所需的附属装置。注射泵 1 可以具有调节注射的速度的功能。在一个优选实施例中,液滴产生装置 22 还可以包括与注射器 2 相连接的毛细管机构。如图 1 进一步示出,该毛细管机构可包括

与注射器 2 的末端连接的毛细软管 3 以及与该毛细软管 3 末端连接的毛细玻璃管 4。该毛细玻璃管 4 可以经拉针仪 (pipette puller) 拉伸, 以便提供具有合适流量的液滴。优选, 经拉针仪拉伸的毛细玻璃管 4 的末端管径小于约 0.2mm。该毛细玻璃管 4 还可以经疏水性处理, 例如至少使毛细玻璃管的末端蘸有十八烷基三甲氧基硅烷。通过提供根据本发明的毛细管机构(并优选经上述处理手段处理)或者其他合适的机构, 希望液滴产生装置 22 能提供符合本发明所希望的液滴直径, 例如该液滴能够形成宏观的存在于气相中的液滴, 即液滴也可以具有毫米级的尺寸, 例如液滴直径可以大约 0.1mm- 约 10mm, 约 0.2mm- 大约 5mm, 约 0.5mm- 约 3mm 等。但是, 液滴直径最好小于约 3mm, 如在约 2mm 至约 3mm 范围内, 但特别优选的是液滴直径小于等于约 2.5mm。本发明人发现, 液滴直径在小于等于约 2.5mm 时便于获得较为理想的制造效果和产量。

[0033] 尽管如上所述使用机动振动装置使得疏水性粉末扩散以主动包裹液滴相比于现有技术中使液滴在疏水性粉末(颗粒)床上滚动以使粉末被动粘附到液滴上已具有显著进步, 但本发明人发现使用振动盘送料装置(VBF, vibration bowl feeder)具有尤为优异的技术效果。振动盘送料装置(VBF)本身及其功能是现有技术已知的, 例如作为解释, 振动盘送料装置内的物件如工件由于受到振动盘的振动作用能够沿螺旋轨道上升, 直到送到出料口(出口)。由此在现有技术中, 振动盘工作目的通常是通过振动将无序工件自动有序定向排列整齐, 准确地输送到下道工序。

[0034] 下面继续参考图 1, 描述适合用作本发明的振动装置的振动盘送料装置的一个实施例。如图 1 所示, 显示了配设有微气流装置 24 的振动盘送料装置 20, 该振动盘送料装置可以包括顶盘 5, 安置在该顶盘下并带动其振动的振动本体 6 和用于控制振动的动作的控制装置 7 组成。如图 1 所示, 所述振动盘送料装置顶盘 5 可以包括底部 26 和围绕底部 26 的盘侧部, 在盘侧部中限定出螺旋状上升的轨道 28, 而在轨道的末端则形成有顶盘出口 30 (出料口)。尽管图中未清楚示出, 可以在底部 26(内表面)上铺设高疏水性固体颗粒(粉末)。而由液滴 14 和固体颗粒 1-3 形成的液体弹珠可借助于设定振动盘振动能够从底部被送上轨道并沿着轨道运动到出料口。由此, 振动盘送料装置的顶盘 5 的内表面(包括底部 26 内表面和轨道 28 内表面)可以进行疏水性处理, 优选是打蜡, 以使得内表面具有疏水性, 从而便于输送液体弹珠和避免液体粘附。这样的振动盘送料装置例如可以采用电磁铁激振方式提供振动, 或者用凸轮曲柄连杆机构或偏心轮机构等来产生振动, 或者其他任何合适的方式提供振动。且振动方式可以采用多种形式, 例如为往复扭转和上下振动的结合, 并且振动频率和振幅可以根据需要进行改变。但这些振动一方面需要实现疏水性颗粒粉末的扩散, 且另一方面还要实现液体弹珠的自动送料。

[0035] 尽管上述示出了一个振动盘送料装置实施例, 但是任何适用的振动盘送料装置均是可行的, 而且本发明的振动盘送料装置可以根据需要包括任何需要的振动盘送料装置的零部件。而且, 图 1 显示的振动盘送料装置 20 与微气流装置 24 相结合, 但是可以想到不设置微气流的仍在本发明范围内的次选实施例。此外, 相比于振动盘送料装置的上述现有目的, 本发明通过采用振动盘送料装置, 一方面能够通过振动实现疏水性固体颗粒(粉末)的弥漫进而实现对液滴的主动包裹(如图 3a-d 所示), 另一方面实现了制好的液体弹珠的自动送料和收集, 另外还能借助于这样的自动送料大大减少或者避免了液滴与上一液滴接触的可能性(即上一液滴会因振动“让出”位置以供下一液滴滴落)。

[0036] 如图 1 进一步示出,在上述振动盘送料装置 20 的顶盘 5 上,例如在接近顶盘出口 26 附近的轨道 28 壁或者在轨道的某一位置处钻有一小孔 8,上述的微气流装置 24 可以连接到所述小孔 8。微气流装置 24 可以包括软管 9 和气泵 10。如图所示,软管 9 的一端可连接气泵 10,另一端可与小孔 8 连接。微气流装置 24 还可以包括用于控制气流的大小的控制气阀 11,其可安装在软管 9 中部。如上所述,微气流装置可用于选择性地从液体弹珠上移除疏水性固体粉末,且可能地将经过该小孔 8 的漂浮疏水性固体粉末吹回底部 26,但人们应明白,该“微”气流装置是指其气流大小应不能显著地使得液体弹珠移动或使其明显地偏离预定轨道。而且,人们也应理解该微气流装置的喷吹位置最好能够促使粉末回到或倾向于回到底部。

[0037] 此外,尽管图中未明确指出,但作为优选的实施例希望提供覆盖装置。例如,在振动盘底部 26 铺上高疏水性颗粒粉末之后,然后用覆盖装置例如优选透明的塑料膜在距离高疏水性颗粒(粉末) 13 一定高度距离处将顶盘 5 盖住,如在顶盘的顶部处将顶盘盖住,以便减少粉末的扩散。该覆盖装置可以设有两个开口。其中第一开口可供毛细玻璃管 4 插入,另一开口用作供液体弹珠穿过的出口,其如设置在顶盘出口 30 处,或者设置在距离上述顶盘出口附近的轨道 28 上。该供液体弹珠穿过的出口允许液体弹珠经该出口并顶盘出口 30 被输送至收集装置 12。

[0038] 下面结合附图描述本发明的制备液体弹珠(或其它宏观的存在于气相中的液滴)的方法。首先,可选地,可以在振动盘送料装置 20 的顶盘 5 内表面上打蜡或其他疏水性处理;在底部上铺设高疏水性固体颗粒(粉末) 13,并用覆盖装置在一定高度处将这些固体颗粒(粉末)遮盖住。

[0039] 接下来,将液滴产生装置的毛细玻璃管 4 插入覆盖装置的第一开口中,优选毛细玻璃管 4 末端距离振动盘顶盘 5 底部(或其上铺设固体颗粒(粉末))不超过大约 3 厘米。在此之前,还可以进行准备液滴产生装置 22 的步骤,例如将液体注入注射器 2,并将注射器 2 及任何可能的附属装置安装在注射泵 1 中,并在注射器末端接上毛细机构如毛细软管 3 和毛细玻璃管 4。

[0040] 此时,可让振动盘开始振动,该振动可以使得粉末在振动作用下逐渐均匀扩散至顶盘 5 底部的整个表面(以及可能进入轨道)。这时可以启动气泵 10,调节控制气阀 11,从而微气流装置 24 可使得沿着顶盘 5 的轨道 28 运输的粉末落回顶盘 5 底部。在该顶盘振动的时候,可以启动注射泵 1,使得注射器 2 将液体通过毛细软管 3 再经毛细玻璃管 4 挤出,从而将多滴独立液滴逐滴滴入(即两滴液滴之间有时间间隔地接续滴落)振动盘顶盘 5 底部,从而液滴 14 在振动作用下被高疏水性固体颗粒 13 包裹成为液体弹珠 15,

[0041] 如图 3 所示。并且在所述振动盘送料装置的振动下,液体弹珠沿着顶盘轨道 28 被输送至顶盘出口的收集装置 12 中。该收集装置 12 优选距离顶盘出口不超过大约 3cm。

[0042] 此外,可基于液滴粘度来调整振动盘送料装置的具体的振动情况。通常只要使得液滴能够被送上顶盘轨道即可。一般的振动盘送料装置的振动强度和频率已能符合本发明的液体弹珠的制备要求。

[0043] 实例 1

[0044] 下面结合图 4-5 描述制造本发明的液体弹珠的一个实例。

[0045] 在该实例中,液体弹珠 15 基本上通过上述的方法制得。其中,顶盘表面涂覆有

蜡以便具有一定的疏水性。且上述的高疏水性固体颗粒(粉末)为疏水性烟雾硅胶粉末,而液体溶液大致为浓度为4%(重量)的藻酸钠溶液,这些藻酸钠溶液最好具有蓝色的亚甲蓝。并且由液体产生装置产生小于等于大约2.5mm的液滴,且在该实例中液滴基本上还大于大约2mm。此外,在该实例中,振动盘送料装置的顶盘可以使得疏水性烟雾硅胶可以至少约300mm/s的峰值振动速率和约100Hz的振动频率,而液滴产生装置22分别以多种流量(例如图4所示的1.7ml/min)分别滴落在底部的疏水性烟雾硅胶粉末上。而且,毛细玻璃管4末端距离底部距离为大约3cm。收集装置可以为培养皿,并且位于顶盘出口之下大约3cm处。

[0046] 如图4所示,当液滴产生装置22的液滴流量大于1.6ml/min时,可以获得很高的产量,如最高可达每分钟280个左右的液体弹珠。且如图5a和5b所示,通过本发明形成的液体弹珠具有较为均匀的尺寸,并且很少有破损的液体弹珠。且本发明的液体弹珠整体能呈现液滴的颜色,例如亚甲蓝的蓝色,这也体现这些液体弹珠的高疏水性固体颗粒的包裹性良好。

[0047] 尽管本发明公开示出了多个实施例,且同时通过这些实施例描述了本发明的许多细节,但申请人不打算将本发明的范围局限于或以任何形式限制到这些细节。在阅读本发明的公开内容之后,本发明其它的优点和改变对于本领域技术人员来说很容易明白。因此,可以在不脱离申请人所要求的本发明的思想和范围的情况下做出改变,例如实施例的特征可互换、结合、改变和增加。本发明范围不是参考上述说明进行确定,而应参照所附权利要求书及其所有等同范围确定。

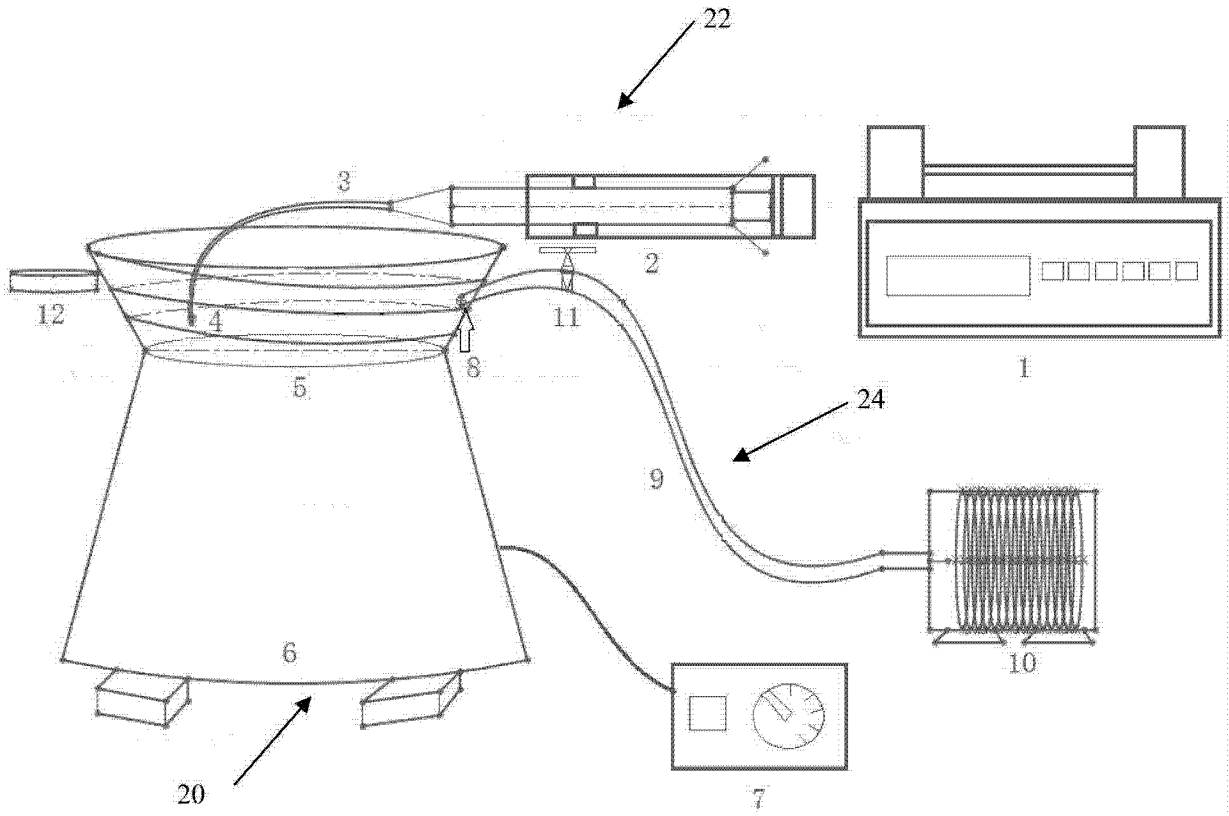


图 1

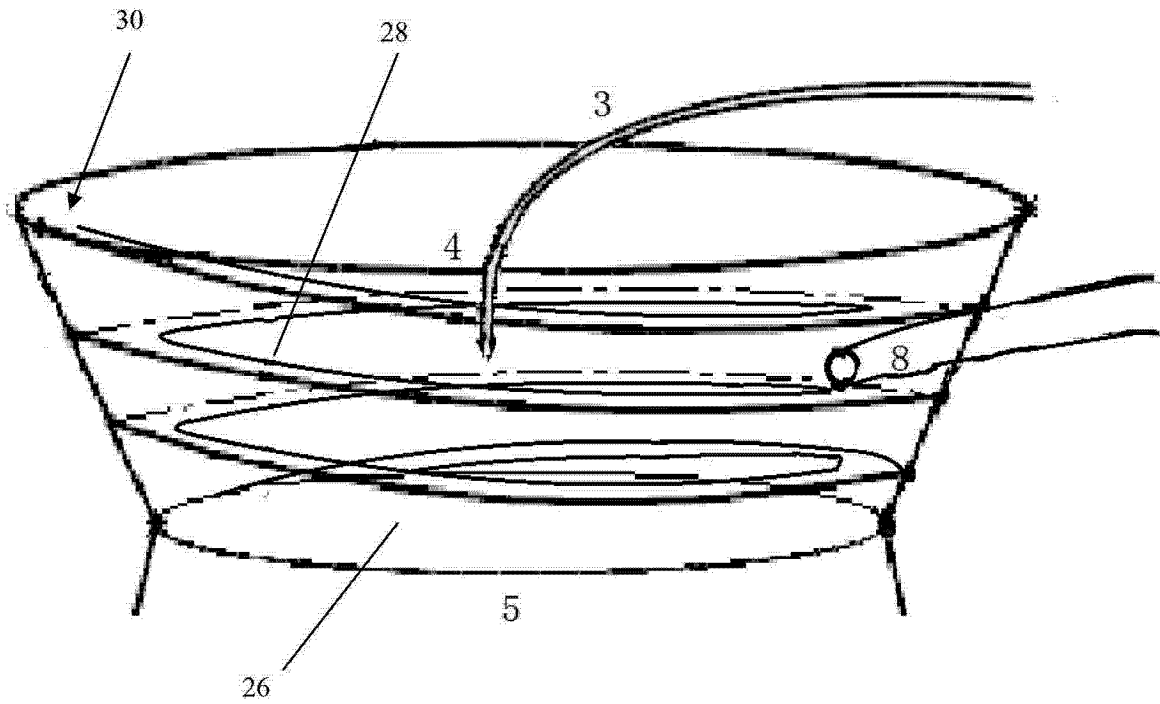


图 2

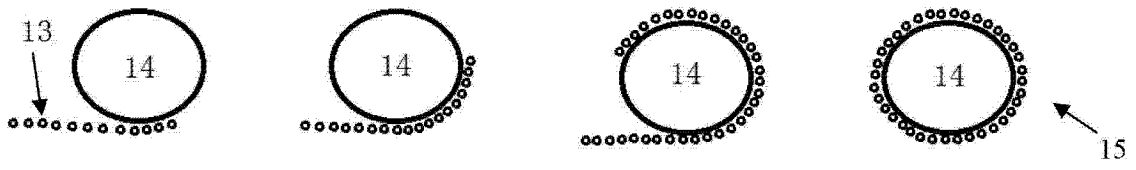


图 3a

图 3b

图 3c

图 3d

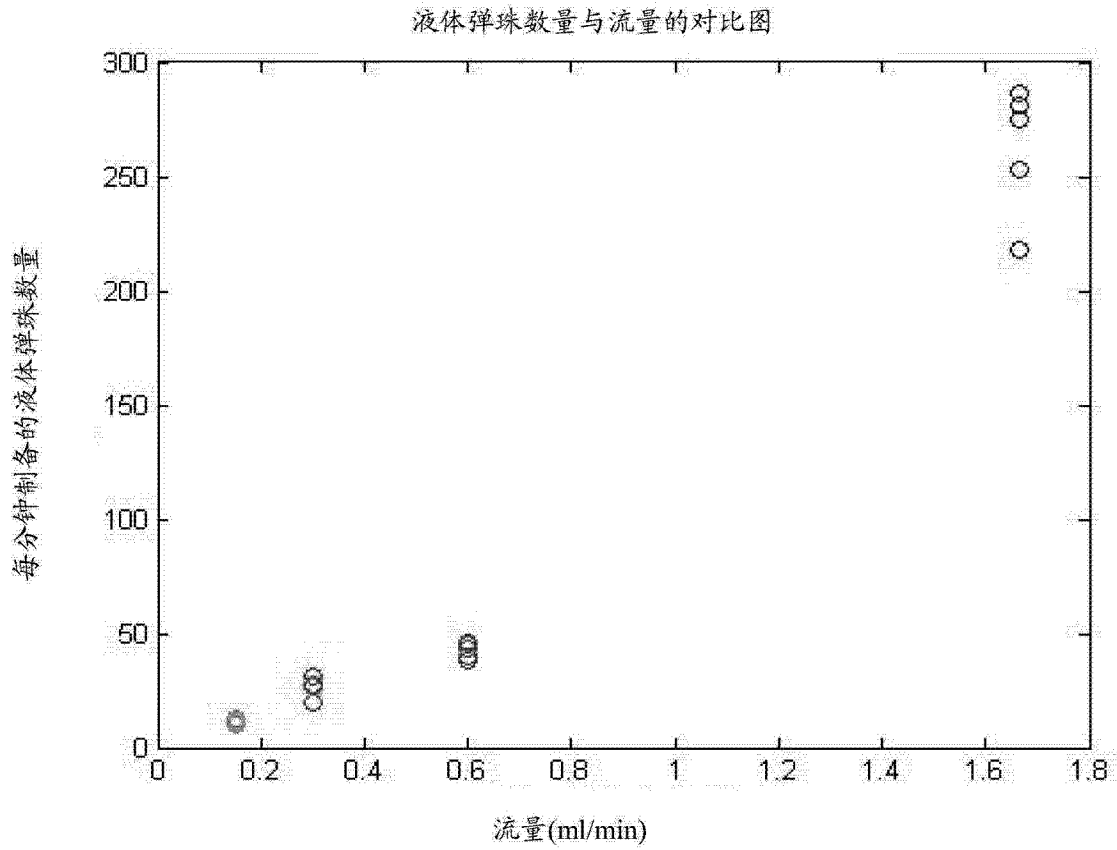


图 4

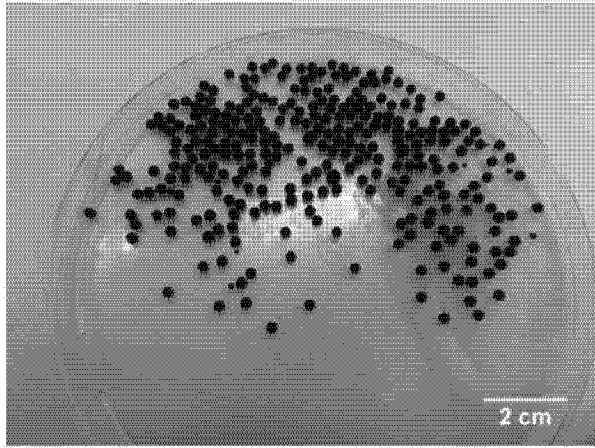


图 5a

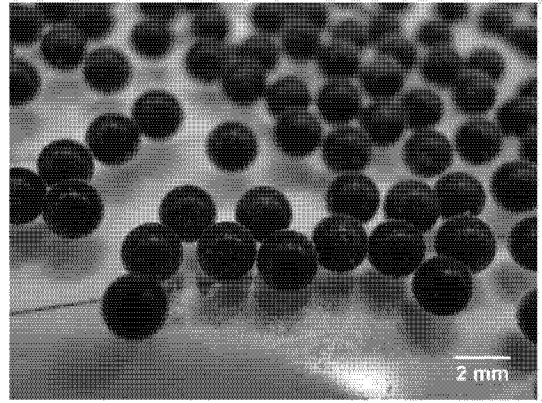


图 5b