



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110038726 A

(43)申请公布日 2019.07.23

(21)申请号 201811621367.X

B03C 11/00(2006.01)

(22)申请日 2014.04.16

B01D 17/06(2006.01)

(30)优先权数据

C10G 33/02(2006.01)

61/812,700 2013.04.16 US

(62)分案原申请数据

201480029126.X 2014.04.16

(71)申请人 麻省理工学院

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 赛义德·礼萨·马哈茂迪

克里帕·K·瓦拉纳西

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

代理人 沈锦华

(51)Int.Cl.

B03C 5/02(2006.01)

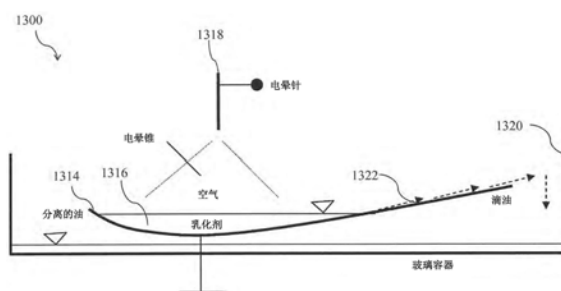
权利要求书1页 说明书21页 附图31页

(54)发明名称

用于乳化剂及其它混合物的单极分离的系统及方法

(57)摘要

本文中论述的实施例涉及用于分离乳化剂或其它混合物中的两种或两种以上相的系统及方法。所述方法包含：向混合物提供净单极电荷（举例来说，使得其中的邻近液滴获得净单极电荷），借此提高其中的同相液滴的聚合且产生两种或两种以上固结相或提高两种或两种以上固结相的产生；以及收集所述两种或两种以上固结相。



1. 一种用于分离乳化剂混合物 (举例来说, 乳化剂) 的两种或两种以上相的方法, 所述方法包括以下步骤:

(a) 向所述混合物提供净单极电荷 (举例来说, 使得其中的邻近液滴获得净单极电荷), 借此提高其中的相似相液滴的聚合且产生两种或两种以上固结相或提高两种或两种以上固结相的产生; 以及

(b) 收集所述两种或两种以上固结相。

用于乳化剂及其它混合物的单极分离的系统及方法

[0001] 分案申请的相关信息

[0002] 本案是分案申请。该分案的母案是申请日为2014年04月16日、申请号为201480029126.X、发明名称为“用于乳化剂及其它混合物的单极分离的系统及方法”的发明专利申请案。

[0003] 相关申请案的交叉参考

[0004] 本申请案主张2013年4月16日申请的标题为“单极乳化剂分离的系统及方法 (Systems and Methods for Unipolar Emulsion Separation)”的第61/812,700号美国临时专利申请案的优先权及权益,且所述申请案以全文引用的方式并入本文中。

技术领域

[0005] 本发明大体上涉及乳化剂或其它混合物的两个或两个以上相的分离。在某些实施例中,本发明涉及通过聚合带相同电荷的液滴来分离乳化剂或其它混合物中的液相。

背景技术

[0006] 乳化剂出现于多种多样的行业中,举例来说,石油化学处理、食品加工、金属加工及抛光、纺织品、纸张、化妆品、药物、生物技术以及其它行业。通常执行这些乳化剂的一或多种成分的分离是必要的,举例来说,在主要由水相组成的或在主要由非水相组成的乳化剂中从非水液相(举例来说,油)分离水液相(举例来说,水)。

[0007] 举例来说,在石油行业中,水被认为是油产品的污染物且在进一步处理之前必须从油产品中分离,因为水可能引起处理设备的严重腐蚀且可能影响所述设备的寿命,这样可能负面影响整个设备。即使油中的微量水也可能在生产线下一步引起严重的问题。在对比实例中,油为食品及金属行业中产生的下游废水及副产品中的常见污染物且应从废水分离。从水(包含微量油)分离油是一重大挑战。为了释放回环境中,政府规定要求水中的油不含有多于特定油量。允许的最大油量可为10ppm油或更少。

[0008] 一项显著挑战是减少能量消耗的资金成本及减少或消除使用化学添加物(尤其是被认为是污染物的那些添加物及/或原本具有负面环境效应的化学添加物),此为促进将乳化剂及其它混合物分解成其成分的传统方法。另一重大挑战是实现期望的油水分离水平。

[0009] 存在用于分离乳化剂的成分的许多传统方式。最常见的分离技术中的一者为重力分离。作为主要及低成本处理步骤,重力分离通常用于分离具有更大液滴尺寸的乳化剂。可通过沉淀过程完成重力分离。举例来说,油可粘附到固态颗粒的表面且通过沉淀有效移除。然而,重力分离不能有效用于使具有小液滴尺寸的乳化剂失稳,因为沉淀的时间不切实际很长(所需的时间与液滴尺寸平方值成反比)。

[0010] 为了分离具有精细液滴的乳化剂,通常预处理乳化剂以促进凝结且增加絮状物尺寸,借此使重力分离期间乳化相失稳。在一些常规方法中,还可将乳化剂加热以减小粘性、诱发更强密度差异且减小液滴之间的稳定化膜的表面张力。其它化学处理方法增加酸度或将离子剂添加到乳化剂以中和液滴的电荷。化学处理方法为能量密集型的且可引入数种不

期望的化学污染物。额外化学污染物的分离可能需要后处理单元操作以用于分离化学品，导致增加的成本及更大的环境污染风险。

[0011] 除了重力分离，用于使乳化剂失稳的其它物理方法包含加热、离心分离、过滤、超滤（举例来说，使用膜）及反渗透。超滤（举例来说，膜超滤）具有比重力分离小的化学占用面积且可能对小液滴尺寸（举例来说，小于100μm）的乳化剂稍微有效。然而，与超滤相关联的成本往往较高（或过高），这是由于大容量超滤所需的高能量消耗及由于随着时间推移膜涂覆材料的退化（举例来说，使得需有规律地提供新膜，进一步增加成本）。

[0012] 用于分离乳化剂的成分的另一物理方法是静电分离。存在可用以诱发聚合的三种静电体积力。在由强加电场引起的电介质液体中的电体积力可如下表达：

$$[0013] \quad \vec{f} = \rho_c \vec{E} - \frac{1}{2} \vec{E}^2 \nabla \epsilon + \frac{1}{2} \nabla \left[\vec{E}^2 \rho \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial \rho} \right) \right] \quad (1)$$

[0014] 其中 ρ_c 为体电荷密度， ϵ 为流体介电常数， ρ 为流体密度，且 T 为流体温度。公式(1)的右侧的第一项为由流体中的净自由空间电荷引起的电泳力或库伦(Coulombic)力。被称为介电泳力的第二项来源于介电常数梯度。被称为电致伸缩力的最后一项仅对可压缩流体重要。

[0015] 在这些静电分离器中，主要是利用第二项介电泳力促进乳化剂中的液滴聚合。在一种常规技术中，将两张平行板浸没到乳化剂中，在电极之间具有小间隙。这些浸没电极用以诱发外部电场到大多数乳化剂。介质中的水滴变成极化的且正负端吸引彼此使得两个液滴之间的油膜挤压且被排干。当两个邻近滴之间的油层破裂时，这两滴可融合到一起。这些液滴不会获得净电荷。此技术的一个限制是随液滴的尺寸按比例决定极化力。液滴尺寸越小，须施加的场就越大。此外，两个邻近液滴的定向为重要的。如果角度不适当，两个液滴排斥而不是吸引且它们不能融合-此为常规静电分离器的显著限制。电水动力诱发的流及由施加的电泳力引起的两极吸引(正负吸引)可诱发液滴的聚合。

[0016] 通过电场与流体流的相互作用产生的电水动力流还可增加液滴聚合的可能性。AC及DC场用以在浸没电极之间建立匀质或异质场。静电分离器在分离小到几百微米的液滴方面为有效的；然而，这些分离器对于中等电场中的更小液滴尺寸为无效的。

[0017] 尽管静电分离器显示出一些前景，但他们也经受数种显著限制。在常规电聚合器中，两个电极被浸入到乳化剂中。直接后果是当乳化剂中的含水量较高（举例来说，大于40wt.%）时此技术可能无法可靠地使用。高含水量可限制施加到电极的电势电平，使得即使是中等的场也可能引起静电击穿。即使当含水量为中等或较低时，所分离的水滴往往也会以强加场的方向对准本身且跨越电极之间的间隙形成链形结构。此链的形成可能会增加静电放电及跨越间隙的电弧的可能性。由于围绕电极的油的化学分解，静电放电造成爆炸风险以及电极或电极覆盖物的腐蚀及增加的污染物。此外，静电放电/击穿可通过抑制背景电场的强度、液滴充电的速率及分离器的效率来降低聚合速率。另外，传统静电分离器在水相具有高含盐量的情况下会发生故障。

[0018] 需要性价比高、对具有小液滴尺寸的乳化剂起作用、不论水相的盐浓度如何都能起效、及不造成爆炸风险或不需要将化学添加物添加到乳化剂的分离方法。

发明内容

[0019] 本发明的各种实施例涉及用于分离乳化剂或其它混合物的两种或两种以上相的方法及系统。在某些实施例中，本发明将净单极电荷引入到混合物中，使得其中的邻近液滴获得净单极电荷且出人意料地提高相似相液滴的聚合，借此使混合物失稳且产生两种或两种以上固结液相或提高两种或两种以上固结液相的产生。

[0020] 本文中论述的一些实施例提供不管分散相的高导电率、不管高含盐量及/或不管表面活性剂或其它乳化剂的存在乳化剂或其它混合物的两种或两种以上相的成功分离。在一些实施例中，混合物的导电率在1mS/m到1S/m之间或高达10S/m。本文中描述的系统及方法适用于多种多样的导电率范围。本文中描述的某些实施例可在无需电极配置的任何特别调整或其它侵入性操纵的情况下分离具有多种多样的含盐量及/或表面活性剂含量的各种各样的混合物。

[0021] 一方面，本发明提供用于分离混合物(举例来说，乳化剂)的两种或两种以上相的方法，所述方法包含以下步骤：(a) 提供具有净单极电荷的混合物(举例来说，使得其中的邻近液滴获得净单极电荷)，借此提高其中的相似相液滴的聚合且产生两种或两种以上固结相或提高两种或两种以上固结相的产生；以及(b) 收集所述两种或两种以上固结相。

[0022] 在某些实施例中，步骤(a) 包含经由电晕放电使用离子轰击所述混合物。

[0023] 在某些实施例中，步骤(a) 包含提供发射器电极(举例来说，锐化电极) 及收集器电极，其中至少所述收集器电极(举例来说，钝化电极) 与所述混合物在物理上接触且以电晕放电阈值或超出电晕放电阈值将电势差施加于所述发射器电极与所述收集器电极之间。

[0024] 在某些实施例中，所述发射器电极不与所述混合物在物理上接触。

[0025] 在某些实施例中，将气体介质(举例来说，氮气、氧气、空气、氩气、氦气等等或不同气体的任何混合物) 定位于所述发射器电极与所述混合物之间。在一些实施例中，所述气体介质为静止的。在一些实施例中，所述气体介质为流动的。在一些实施例中，所述气体流动减少电极的腐蚀，因为电晕放电的副产品浓度变低。此又显著地减少针对本文中论述的系统及方法须待执行的维护。另外，此增加系统的有用寿命且降低操作成本。所述气体介质可为任何温度及压力。

[0026] 在一些实施例中，可将电离气体引入到所述混合物中。塌陷气泡引起所述气泡内的气体的电离。

[0027] 在某些实施例中，将所述收集器电极接地。在一些实施例中，用超出接地电平的相同极性偏置所述收集器电极。在一些实施例中，所述发射器电极能量为+15kV，所述收集器电极可为接地(0kV) 或可将所述收集器电极偏置(举例来说) +1kV。

[0028] 在某些实施例中，所述发射器电极为锐化电极(举例来说，一针、多个针、一刀片或多个刀片、细线或多条线等等)。

[0029] 在某些实施例中，所述发射器电极被涂覆及/或纹理化(举例来说，使用微结构、纳米管(举例来说，CNT)、纳米结构或其它锐化几何体涂覆及/或纹理化)。

[0030] 在某些实施例中，所述发射器电极由对离子化诱发的腐蚀有抵抗力的材料组成或涂覆。

[0031] 在某些实施例中，所述收集器电极包含从由下列各物组成的群组中选出的一个或多个构件：金属、硅及具有自然氧化层的硅，及/或其中所述收集器电极涂覆有电介质膜(举例

来说,及/或其中所述收集器电极为含有混合物的衬底,举例来说,为通道、管、板等等)。在一些实施例中,所述收集器电极未涂覆电介质膜,举例来说,在一些实施例中,所述收集器电极是裸露的。

[0032] 在一些实施例中,通过施加高电压到针或通过施加高电压到混合物通过反转所述发射器电极极性建立混合物与所述发射器电极之间的电势差。在一些实施例中,所述发射器电极为单电极(举例来说,锐化针、线或工程化表面或其任何组合)。

[0033] 在一些实施例中,经由连续AC或DC放电或经由脉冲放电将电场施加到混合物。在一些实施例中,所述放电为具有时间滞后放电的两相、三相或多相放电。在一些实施例中,所述放电为直接放电或阻挡放电。

[0034] 在一些实施例中,基于所述混合物的性质(举例来说,化学性质、物理性质)调整所施加的电压。

[0035] 在一些实施例中,在运输(举例来说,传送带或另一导管上的运输)期间分离所述混合物。

[0036] 在一些实施例中,步骤(a)包含提供具有单极电荷的混合物的一部分,所述方法进一步包括:将混合物的带电部分混合到混合物的剩余部分中,借此提高其中的相似相液滴的聚合且产生两种或两种以上固结相或提高两种或两种以上固结相的产生;以及(b)收集所述两种或两种以上固结相。

[0037] 在某些实施例中,步骤(a)包含注射、喷射或以其它方式将具有净单极电荷的物质(举例来说,液滴、液浴或液流)引入到混合物中,借此提高其中的相似相液滴的聚合且产生两种或两种以上固结相或提高两种或两种以上固结相的产生。

[0038] 在一些实施例中,直接将电荷施加到混合物。在一些实施例中,间接将电荷施加到混合物。在一些实施例中,步骤(a)包含将具有净单极电荷(举例来说,在分立过程中离子化、在运输到混合物期间离子化、在电晕放电室中经由电晕放电离子化)的离子化气体注射到混合物中。在一些实施例中,所述离子化气体穿过所述混合物。在一些实施例中,气体气泡的尺寸可减小以增加离子化气体气泡与混合物的界面。在一些实施例中,将所述离子化气体从单一位置注射到混合物中或从多个点注射到混合物中。

[0039] 在一些实施例中,将所述气体气泡从顶部(举例来说,从混合物上方)注射到混合物中。在一些实施例中,将所述气体气泡从底部(举例来说,从混合物下方)注射到混合物中。

[0040] 在某些实施例中,步骤(a)包含将混合物引入到具有净单极电荷的衬底(举例来说,具有经由摩擦带电施加的电荷的衬底)。

[0041] 在一些实施例中,所述单极电荷为正。

[0042] 在一些实施例中,所述单极电荷为负。

[0043] 在一些实施例中,所述混合物,当维持净单极电荷时,包含具有正及负电荷的物质的组合(举例来说,在给定时间周期其可能会改变)。

[0044] 在一些实施例中,步骤(a)包含在经由导管运输混合物期间经由摩擦带电施加电荷,所述导管包括经配置以改进摩擦带电充电的涂层。在一些实施例中,其中步骤(a)包含通过净单极电荷的直接注射、传导、诱发及/或其任何组合施加电荷。

[0045] 在某些实施例中,所述混合物包含多个液相。

[0046] 在某些实施例中,所述混合物包含从由下列各物组成的群组中选出的一个或多个构件:颗粒、蛋白质、DNA、RNA及细胞(举例来说,其中所述混合物包含平稳剂(例如颗粒或表面活性剂))。

[0047] 在某些实施例中,所述混合物包含低导电率的液体(举例来说,绝缘液体或电介质液体,举例来说,其中所述低导电率液体组成混合物的至少50wt.%)。在某些实施例中,所述混合物包含具有高导电率的液体。

[0048] 在某些实施例中,所述混合物包含水相,且所述水相具有至少约0.5M的含盐量(举例来说,至少约1M、至少约1.5M或至少约2.0M)。

[0049] 在某些实施例中,在引入净单极电荷之前,所述混合物包含在直径方面具有小于或等于约1000微米的平均液滴直径(举例来说, $\leq 500\mu\text{m}$, $\leq 400\mu\text{m}$, $\leq 300\mu\text{m}$, $\leq 100\mu\text{m}$, $\leq 50\mu\text{m}$, $\leq 30\mu\text{m}$, $\leq 20\mu\text{m}$, $\leq 10\mu\text{m}$, $\leq 1\mu\text{m}$, $\leq 900\text{nm}$, $\leq 500\text{nm}$, $\leq 300\text{nm}$, $\leq 100\text{nm}$, $\leq 50\text{nm}$, $\leq 30\text{nm}$, 或 $\leq 10\text{nm}$)的液滴相,且其中在引入所述净单极电荷之后所述液滴聚合。

[0050] 在某些实施例中,所述混合物为包含水相及非水相(举例来说,油)的两相乳化剂,其中所述水相组成所述乳化剂的小于或等于50wt.%(举例来说, $\leq 40\text{wt.}\%$, $\leq 30\text{wt.}\%$, $\leq 20\text{wt.}\%$, $\leq 10\text{wt.}\%$, $\leq 5\text{wt.}\%$, $\leq 3\text{wt.}\%$, $\leq 1\text{wt.}\%$ 或 $\leq 0.5\text{wt.}\%$)。

[0051] 在某些实施例中,所述混合物为包含水相及非水相(举例来说,油)的两相乳化剂,其中所述非水相为所述乳化剂的小于或等于50wt.%(举例来说, $\leq 40\text{wt.}\%$, $\leq 30\text{wt.}\%$, $\leq 20\text{wt.}\%$, $\leq 10\text{wt.}\%$, $\leq 5\text{wt.}\%$, $\leq 3\text{wt.}\%$, $\leq 1\text{wt.}\%$ 或 $\leq 0.5\text{wt.}\%$)。

[0052] 在一些实施例中,所述混合物为三相混合物。在一些实施例中,所述混合物包含液相、固相及气相。在一些实施例中,所述混合物为油中气泡混合物或油中泡沫混合物。在一些实施例中,所述混合物包含乳化剂(举例来说,表面活性剂)。在一些实施例中,所述混合物包含具有至少约0.5M(举例来说,至少约1M、至少约1.5M或至少约2.0M)的含盐量的至少一种相。在一些实施例中,所述混合物包含具有高导电率的液体。在一些实施例中,所述混合物包含油,所述油具有约 10^{-14}S/m (高度绝缘)到约 10^{-5}S/m (高度导电)之间的导电率。在一些实施例中,所述混合物具有约 10^{-7}S/m 到约 100S/m 之间的导电率。

[0053] 在一些实施例中,气压及/或气温经控制/调制以优化放电(V-I)特性的品质及击穿限制(举例来说,以提高电击穿限制)。在一些实施例中,所述气压及/或气温经控制/调制以优化混合物的分离(举例来说,不同相的乳化剂的分离)。在一些实施例中,所述气体混合物的成分可经调整以控制所述V-I特性及所述击穿限制。在一些实施例中,所述气压及/或气温经控制/调制以基于两种或两种以上相发生分离的位置的海拔来优化放电(V-I)特性的品质及击穿限制(举例来说,以提高电击穿限制)。

[0054] 另一方面,本发明针对用于分离混合物(举例来说,乳化剂)的两种或两种以上相的系统,所述系统包含:(a)用于在其中或其上容纳或支撑混合物的容器或支撑件,其中所述容器或支撑件包含(举例来说,为)接地收集器电极,且其中所述容器或支撑件包含斜坡、边缘、边沿及/或其它抬高部分;(b)未与所述混合物物理接触的发射器电极;以及(c)经配置以电晕放电阈值或超出电晕放电阈值在所述发射器电极与所述收集器电极之间施加电势差的电源,其中气体介质(举例来说,氮气、氧气、空气、氩气、氦气或其任何组合/混合物等等)定位于所述发射器电极与所述混合物之间,且其中所述容器或支撑件经配置以在所述发射器电极与所述收集器电极之间在电晕放电阈值或超出电晕放电阈值(举例来说,利

用电晕放电分离的差分扩散或泵吸效应)施加电势差,允许第一相的混合物通过其中及/或其上,同时不允许至少第二相的混合物通过其中及/或其上,借此引起或促进所述混合物的两种或两种以上相的分离。

[0055] 在一些实施例中,本文中论述的电极(发射器及/或收集器)为裸露的。在一些实施例中,本文中论述的电极(发射器及/或收集器)为经涂覆的。

[0056] 在某些实施例中,电源为常规电源(举例来说,电池、DC电力供应器、AC电力供应器或AC/DC供应器)。在某些实施例中,电源为静电产生器(举例来说,范德格拉夫(Van de Graaf)产生器)。

[0057] 在一些实施例中,所述系统为撇渣器、重力分离器或离心分离器。在一些实施例中,所述系统为已经改造以实施混合物的分离的撇渣器。在一些实施例中,当混合物储存于容器中时,相似电荷诱发的分离可加速分离过程。

[0058] 在一些实施例中,基于系统的海平面高度控制/调制所述气体介质的温度及/或压力以优化放电(V-I)特性的品质及击穿限制(举例来说,以提高电击穿限制)。

[0059] 在各种实施例中,也可将关于上文方法描述的特征应用到所述系统。

[0060] 所述方法及/或系统可在现有系统中执行预处理步骤(举例来说,重力及/或沉淀混合物分离过程的改造),或其可与其它技术组合。举例来说,在一些实施例中,本文中描述的方法及系统可促进小液滴之间的聚合以形成更大液滴,接着由传统分离系统(举例来说,重力、沉淀及/或化学添加物分离过程)更简单地处理大液滴。

[0061] 关于本发明的给定方面描述的实施例的要素可用于本发明的另一方面的各种实施例中。举例来说,应预期,依赖于一个独立权利要求的从属权利要求的特征可用于其它从属权利要求中的任一者的设备及/或方法中。

附图说明

[0062] 参照下述各图以及权利要求书能更好地理解本发明的目的和特征。各图未必按比例绘制,而是重点主要放在说明本发明的原理。图中,各个视图中始终用相同的数字表示相同的部分。

[0063] 虽然本文中参考特定实例及特定实施例特别展示及描述本发明,但所属领域的技术人员应理解,在不背离本发明的精神及范围的情况下,可在其中做出形式及细节方面的各种改变。

[0064] 图1为根据本发明的一些实施例的示范把乳化剂界面作为目标以促进液滴的聚合的正或负离子的电晕放电的示意图。

[0065] 图2为根据本发明的一些实施例的展示用于分离乳化剂的两种或两种以上相以同时促进液滴聚合及用于相分离的抽吸/扩散效应的电晕放电系统的示意图。

[0066] 图3为根据本发明的一些实施例的说明用于将单极带电液滴306喷射到乳化剂302中以用于分离乳化剂相的系统的示意图。

[0067] 图4A展示根据本发明的一些实施例的在各种时间相对于两种相似电荷(带正电荷)液滴的接触($t=0$)获得的硅油中的去离子水的两个液滴的一系列显微图。

[0068] 图4B说明根据本发明的一些实施例的油中的带正电金属球体的静电相互作用。

[0069] 图4C说明根据本发明的一些实施例的油中的相似电荷水滴的静电相互作用。

[0070] 图5根据本发明的一些实施例展示示范用于相似电荷液滴的聚合的条件条件的实验数据。实心圆表示液滴的聚合且开口(未填充)圆表示液滴的非聚合。

[0071] 图6A为根据本发明的一些实施例的说明在油中载运不同电荷量级的一对水滴的聚合及非聚合行为的曲线图。液滴的直径为1mm。液滴之间的分离度为50 μ m。实心圆表示液滴的聚合且开口(未填充)圆表示液滴的非聚合。

[0072] 图6B说明根据本发明的实施例的相似电荷水滴的非聚合。液滴为电气连接的且带正电荷。非聚合行为是由于带相等电荷水滴之间的静电排斥。

[0073] 图6C说明根据本发明的一些实施例的在油中的带正电荷水滴的聚合行为。

[0074] 图7A、7B及7C展示根据本发明的一些实施例的基于乳化剂中两个相似电荷液滴的聚合发生的机制。如图7C中展示,在 $t=20$ 微秒处,静电桥出现且似乎增厚成毛细管桥导致液滴的聚合。

[0075] 图7A说明根据本发明的一些实施例的液滴的相似电荷聚合的机制的示意图。圆对应于邻近液滴。区域702对应于负电荷密度。区域704对应于正电荷密度区域。

[0076] 图8A、图8B、图8C及图8D说明根据本发明的一些实施例的针对相对小或大最初分离的油中的正电荷液滴的相互作用的高速成像。根据本发明的一些实施例提出相似电荷聚合的机制。

[0077] 图8A说明根据本发明的一些实施例的在 $t=0$ 处接触之后相似电荷液滴聚合。顶部及底部液滴上的电荷量分别为+35.4pC及+0.29pC。液滴的最初分离为50 μ m。长度方面的比例尺是0.1mm。

[0078] 图8B说明根据本发明的一些实施例的在 $t=0$ 处接触后相似电荷液滴聚合。顶部及底部液滴上的电荷量分别为+150pC及+0.18pC。液滴的最初分离为320 μ m。长度方面的比例尺是0.1mm。

[0079] 图8C说明根据本发明的一些实施例的在 $t=0$ 处接触之后相似电荷液滴聚合。顶部及底部液滴上的电荷量分别为+310pC及+0.27pC。液滴的最初分离为415 μ m。

[0080] 图8D说明根据本发明的一些实施例的液滴的相似电荷聚合的机制的示意图。圆对应于邻近液滴。区域802对应于负电荷密度。区域804对应于正电荷密度区域。

[0081] 图9为根据本发明的一些实施例的使用电晕放电的乳化剂分离系统900的示意图。

[0082] 图10为根据本发明的一些实施例的使用电晕放电的乳化剂分离1000系统的示意图。

[0083] 图11A说明根据本发明的一些实施例的具有两个DI水滴的系统的单极电聚合。所施加的电压及电流分别为+7kV及1 μ A。

[0084] 图11B说明根据本发明的一些实施例的具有三个DI水滴的系统的单极电聚合。所施加的电压及电流分别为+7kV及1 μ A。

[0085] 图11C说明根据本发明的一些实施例的暴露到正DC电晕放电的由1.6%重量的表面活性剂SPAN80®稳定的包含十六烷(透明液体)中2%重量的DI水(展示为白色)的乳化剂的单极分离。所施加的电压及电晕电流分别为10.8kV及10 μ A。

[0086] 图12A及12B展示与通过摩擦充电实现充电的图12C中的图像相对比的在大容量油及90%油中的10%水中通过电晕放电充电的乳化剂中的相似电荷液滴的图像。

[0087] 图13说明根据本发明的一些实施例的用于分离以油为主相的乳化剂的实验电晕

放电分离器装置1300。

[0088] 图14A说明根据本发明的一些实施例的电晕放电暴露之前的油中水乳化剂。电极之间的间隙间隔是10mm。

[0089] 图14B说明根据本发明的一些实施例的具有+7kV施加电压及1 μ A电流的电晕放电暴露之后的油。电极之间的间隙间隔是10mm。

[0090] 图15A说明根据本发明的一些实施例的电晕放电协助恢复之后的水。

[0091] 图15B说明根据本发明的一些实施例的静电地从乳化剂回收的硅油。

[0092] 图15C说明根据本发明的一些实施例的用于电晕放电分离过程的乳化剂,其中展示图15A及15B中的图像。

[0093] 图16说明根据本发明的一些实施例的用于分离以水为主相的乳化剂的实验装置1600。

[0094] 图17说明根据本发明的一些实施例的用于将离子直接注射到以油为主相的乳化剂的实验装置1700。

[0095] 图18说明根据本发明的一些实施例的用于分离单极乳化剂及其它混合物的实验装置1800。

[0096] 图19说明根据本发明的一些实施例的用于分离单极乳化剂及其它混合物的示范性实验装置1900、1900'、1901、1901'。

[0097] 图20说明根据本发明的一些实施例的用于分离单极乳化剂及其它混合物的实验装置2000及2001。

[0098] 图21说明根据本发明的一些实施例的用于使用摩擦带电充电分离单极乳化剂及其它混合物的实验装置2100。

[0099] 图22说明根据本发明的一些实施例的用于将电荷引入到乳化剂或其它混合物的实验装置2200及2201。

具体实施方式

[0100] 应预期,所主张的本发明的物品、设备、方法及处理涵盖使用来自本文中描述的实施例的信息开发的变化及调适。可由相关领域的一般技术人员执行本文中描述的物品、设备、方法及处理的调适及/或修改。

[0101] 在通篇的描述中,在物品及设备被描述为具有、包含或包括特定组件的地方,或处理及方法被描述为具有、包含或包括特定步骤的地方,应预期,另外,存在基本上由所列举的组件组成、或由所列举的组件组成的本发明的物品及设备,且存在基本上由所列举的步骤组成、或由所列举的步骤组成的本发明的处理及方法。

[0102] 应理解,只要本发明维持可操作,用于执行特定动作的步骤的顺序或次序就是不重要的。此外,可同时实行两个或两个以上步骤或动作。可作为连续、半连续或分批处理的一部分执行本发明的实施例。

[0103] 应预期,本发明的方法可与所属领域中已知的反应器、系统或处理组合或用其补充。用于材料分离、隔离及净化的任何已知技术可经过调适以应用于由本发明的各种实施例涵盖的处理,举例来说,用于蒸馏、提取、反应提取、吸附、吸收、剥离、结晶、蒸发、升华、扩散分离、吸附气泡分离、膜分离及/或流体颗粒分离的技术。关于分离处理及其设计的基本

信息可参照(举例来说)CRC出版公司ISBN 0-8493-8344-7,编辑克劳斯·提姆汉斯(Klaus Timmerhaus)、主编理查德C.多尔夫在《工程手册(The Engineering Handbook)》(1995年)第八章第579到657页的“分离过程(Separation Processes)”。还应预期,本发明的方法、系统及处理可包含分离领域的一般技术人员已知的泵、热交换器及气相、液相及/或固相材料处理设备。

[0104] 本文中提及的任何出版物(举例来说,背景技术章节)并非是承认出版物充当关于本文中存在的权利要求书中的任一者的现有技术。提出背景技术章节是用于清楚的目的,且并不意图作为关于任何权利要求的现有技术的描述。

[0105] 本文中描述的实施例适用于分离乳化剂及其它混合物,包含(举例来说):(1)不相融的两种或两种以上液体的混合物,其中一种液相分散在另一液相中(举例来说,水中油乳化剂;油中水乳化剂;盐水中油乳化剂;油中盐水乳化剂;油中颗粒混合物等等),其中分散相的颗粒尺寸大约为1nm到1000nm或1 μ m到1000 μ m;(2)气体及油混合物(举例来说,油中气泡混合物);(3)油中泡沫混合物(举例来说,其中通过同时注射表面活性剂与蒸汽或不可冷凝气体(举例来说,氮气、氦气及蒸汽)以形成泡沫);(4)包括三种相(举例来说,气体、液体及固体)的乳化剂;(5)包括三种或三种以上相的多相乳化剂;(6)包括液体、固体、气体、气泡、泡沫及/或颗粒的任何组合的混合物。

[0106] 在一些实施例中,颗粒尺寸在1到5nm、1到10nm、1到20nm、20到50nm、50到100nm、100到300nm、300到500nm、500到1000nm之间。在一些实施例中,颗粒尺寸在1到5 μ m、1到10 μ m、1到20 μ m、20到50 μ m、50到100 μ m、100到300 μ m、300到500 μ m、500到1000 μ m之间。

[0107] 在一些实施例中,“盐水”指代含盐量约为3.5%的水。在一些实施例中,“盐水”指代含盐量在约3.1%与约3.8%之间的水。在一些实施例中,“盐水”指代在环境条件下含盐量在约3.5%与约26%之间的卤水(举例来说,水中盐溶液(举例来说,氯化钠))。

[0108] 在一些实施例中,分散相包含生物材料。在一些实施例中,所述生物材料包含生物分子。在一些实施例中,生物分子包含(但不限于)DNA、RNA、细胞、酶类、疫苗、蛋白质、氨基酸、核苷酸、糖、脂类等等,不管是自然产生的还是人为创造的。

[0109] 在一些实施例中,油的导电率在约 10^{-14} S/m(高度绝缘)到 10^{-5} S/m(高度导电)之间变化。在一些实施例中,水或含盐混合物的导电率在约 10^{-7} S/m到约100S/m之间。

[0110] 在混合物分离设备中上文论述的乳化剂分离方法可与现有撇渣器集成。在一些实施例中,可作为预处理或后处理步骤针对任何分离系统调适下文论述的乳化剂分离方法。在一些实施例中,下文论述的用于分离乳化剂的系统可独立用作单独分离器。

[0111] 在一些实施例中,下文论述的用于分离乳化剂的系统及方法可与重力分离器、离心分离器及类似物集成。在一些实施例中,可在运输(举例来说,在传送带或类似导管上的运输)期间分离(完全或部分)所述乳化剂。在一些实施例中,所述传送带或导管包含帮助促进分离乳化剂中的各个相的纹理或涂层。

[0112] 在常规的电诱发分离方法中,假设正吸引负(举例来说,带正电液滴将吸引带负电液滴)同时相似电荷(正-正或负-负)排斥(举例来说,带正电液滴将排斥另一带正电液滴)。然而,在本文中提出应用其中相似电荷(但不同电荷密度)的液滴聚合的单极分离技术的方法。本文中描述的实验证明单极性足以诱发接近相似电荷液滴的聚合。因此,本文中提出一种新类别的分离器,其中基于相似电荷吸引来聚合液滴。乳化剂与液滴两者都带电。

[0113] 希望不受任何理论约束的前提下,假设用于邻近液滴的净电荷的不均匀性引起库仑力。利用库仑力会诱发液滴的全向聚合且消除对液滴关于外部场的特定定向的需要。由于仅一个电极被浸没到乳化剂中,所以不期望的静电击穿的可能性可事实上消除。各种不同实施例落在单极静电分离概念内。本文中描述此类实施例的实例。提供标题以用于组织目的且不希望为限制性的。

[0114] 在包含雨滴形成、乳化剂失稳、芯片实验室装置中的液-液界面控制、胶体系统中的颗粒定序及原子化及喷雾的许多流体系统中聚合是重要的过程。在一些实施例中,可由雾化器、喷雾器、电喷雾系统或雾产生器系统完成喷雾。在一些实施例中,常规雾产生器可经修改以产生单极带电液滴。单极带电液滴接着可被引入到可为乳化剂/混合物的目标。电场诱发液滴的聚合。邻近液滴的电聚合发生在重要的过程中,例如,暴风雨、油的脱水及石油工业中的乳化剂击穿、质谱中的电喷雾及喷墨打印。在这些过程中,已假设带相反电荷的质量吸引且聚合而相似电荷排斥且不融合。然而,近来,据展示相似电荷导电硬球在足够靠近时几乎始终彼此吸引但接触之后则会排斥。

[0115] 反直觉的是,在本文中论述的一些实施例中,证明两个正带电水滴可吸引且接着聚合。一个液滴的相互极化诱发另一液滴上的相反极性的镜像电荷以引起短程吸引力。对于具有足够大电荷差的附近液滴,此短程吸引力诱发最近极点处的两个弯液面的局部变形。弯液面接触之后,在变形的极点之间形成液桥。此瞬态桥是相似电荷的液滴之间用于交换电荷以最小化液滴系统的静电能量的导管。最初,载运液桥的电流通过在液桥界面上的垂直与切向方向两者施加的麦斯威尔应力而抵消表面张力的失稳效应得到稳定。此得到静电地支撑的液桥,让人想起“水浮桥”,临时将两个相似电荷的液滴保持连接。接着,随着液滴之间的电场减小,液桥恢复成常规毛细管桥。毛细管桥发展且趋向于使连接液滴的表面最小化。结果,相似电荷液滴的聚合可发生。相似电荷水滴的聚合应尤其影响乳化剂分离的理解。

[0116] 由于表面电荷密度的重新分布及非相等带电“完美”导电球体的相互极化而提升短程吸引力,如将在下文进一步论述。如果使或已使足够接近的相似电荷球体接触,则这些球体将排斥彼此,这是由于等势导电球体总会排斥。

[0117] 如本文中描述,具有净单极电荷的液滴指代负电荷与正电荷的代数总和为非零的液滴。在特定实施例中,混合物(举例来说,乳化剂)中的体电荷密度可小到 $1\text{nC}/\text{m}^3$ 。然而,在特定实施例中,其可高达 $10\mu\text{C}/\text{m}^3$ ($10^{-5}\text{C}/\text{m}^3$),这接近油击穿的限制。在特定实施例中,体电荷密度不小于 $10\text{nC}/\text{m}^3$ 、不小于 $100\text{nC}/\text{m}^3$ 、不小于 $500\text{nC}/\text{m}^3$ 、不小于 $1\mu\text{C}/\text{m}^3$ 、不小于 $5\mu\text{C}/\text{m}^3$ 、或不小于 $10\mu\text{C}/\text{m}^3$ 。

[0118] 运用极化力的先前方法展现液滴上的零净电荷(正电荷与负电荷的数目相等)且乳化剂/混合物中的体电荷密度为零。在这些系统中可围绕电极引入微不足道量的体电荷,但整体体积经历电中性(除了电极周围的不能忽略电化学效应的区域之外,达到了热力学地平衡)。与先前方法相比,本文中描述的实施例将所述体积在非零空间电荷密度下放置在热力学的非平衡状态下。

[0119] 乳化剂的电晕放电轰击

[0120] 在一些实施例中,电晕放电可用以使乳化剂失稳。在一个实例中,带电高电压线失去其固态/油绝缘护套。护套中的油溢出到导电台面而从裸电极发射电晕放电。台面上所泄

漏的油扩展,然而在邻近烧杯中的水弯液面上未观察到类似效应。电晕放电将力施加到油,但在水界面上没有可观察到的效应。此观察基于电晕放电使用明确定义的电晕放电装置促进新的分离器的产生。

[0121] 举例来说,在特定实施例中,至少两个电极用以建立电晕放电-锐化电极(发射器)及钝化接地电极(收集器)。接地收集器电极与油/水(或其它)乳化剂接触,而气体介质定位于发射器电极与乳化剂之间。在一些实施例中,气体介质可为空气或其它气体或不同气体的组合,且系统使用大范围温度内且以大范围压力(举例来说,在大气压力以下、在大气压力处或在大气压力以上)的气体工作。本文中论述的实施例可在任何温度及压力条件下执行。在一些实施例中,可基于对放电品质的需要确定温度及/或压力。在一些实施例中,可取决于场区相对于海平面的高度通过改变气体温度/压力来调整本文中论述的电晕放电实施例中的气体的击穿电压。当施加的锐化电极与钝化电极之间的电势差超出特定电压时(举例来说,所谓的电晕放电阈值),围绕锐化尖端强加的电场就变得足够强,使得电极分离区域中的环绕中性气体分子变成局部电离。朝向低电势区域产生及加速大量离子。由于电场产生的电荷载流子的漂移而跨越间隙转移电荷。因此,由弱电流完成电晕放电。

[0122] 电晕放电在乳化剂中建立净单极电荷。在一些实施例中,将乳化剂作为通过电晕放电的单极离子轰击的目标导致相的分离。举例来说,在一些实施例中,将一个电极浸没到乳化剂中,且将另一电晕放电电极浸没到超出乳化剂界面的空气或气体介质中。气体介质可为任何温度及压力。

[0123] 在一些实施例中,乳化剂可为在具有低导电率的绝缘液体或电介质液体中不同液体、颗粒及液体、蛋白质及DNA、细胞或任何事物的混合。在一些实施例中,电晕电极为一个电极或具有锐化尖端或多个锐化尖端的电极系统。电晕放电从所述一个锐化尖端或多个锐化尖端发射。在一些实施例中,电晕放电电极可为针、具有不同布置的多个针、锐化刀片或多个刀片、细线或多条细线,涂覆有微结构的线、纳米管(CNT)或纳米结构或任何其它锐化几何结构。在一些实施例中,电晕放电针为螺旋形、锯齿或任何其它锐化点针。在一些实施例中,电极优选地由具有耐受电离诱发的腐蚀能力的材料构成,因此使维护成本最小化。在一些实施例中,电晕电极被固定在其中的气体介质可为任何气体介质,例如氮气、氧气、空气、氩气、氦气或任何压力或温度下任何其它气体或气体的组合。在一些实施例中,被浸入乳化剂中的收集器电极可为(举例来说)金属裸电极、具有原生氧化物的硅衬底、具有电介质薄膜涂层的金属电极或类似物。在一些实施例中,举例来说,浸没的电极的几何结构可为平面、三维(波状外形)表面、一条线或多条线、或网格。在一些实施例中,浸没的电极可具有任何几何结构或形状。

[0124] 在一些实施例中,由高压电力供应器施加电晕发射器电极与浸入的电极(其可为接地或可为不同电势)之间的电势差。在一些实施例中,电晕放电阈值电压或超出电晕放电阈值电源通过稍微增加电压,可跨越气体间隙及乳化剂在电极之间测量小电流。此为电晕放电的信号的非限制实例。定性信号的另一非限制实例为由放电现象产生的声学噪声,有时伴有围绕锐化尖端的蓝紫辉光。在一些实施例中,电晕放电取决于湿度及其它因素可伴随或不伴随此辉光。根据本发明的一些实施例,增加电压,就可增加跨越乳化剂的电流且增加由乳化剂获得的容量电荷密度。

[0125] 在一些实施例中,电晕放电一建立,液滴的尺寸就开始增长。在一些实施例中,增

长速率为使得短周期之后,可从主体乳化剂中视觉上观察到大液滴。此为高速率电聚合的证明。注意,正极性或负极性可被施加到电晕电极。然而,根据本发明的一些实施例,选择正极性可增加放电的电动稳定性。

[0126] 先前技术与本文中描述的单极技术之间的重要差异是乳化剂中的邻近液滴获得净单极电荷。因此,在本文中,分离是基于带电液滴之间的强库仑力。举例来说,施加正电晕放电导致具有负电荷的液滴,而施加负电晕放电导致乳化剂中具有负电荷的液滴。锐化电极由乳化剂界面分离开,且根据本发明的一些实施例,在乳化剂界面与锐化发射器电极之间不存在电气接触。因此,根据本发明的一些实施例,仅需单极性电极与乳化剂物理接触。根据本发明的一些实施例,在乳化剂内部含有仅一种极性为有利的。在一些实施例中,此可显著地减小静电事件的可能性,特定来说,因为主电压下降跨越气体间隙发生,不在乳化剂的内部发生。此外,注射到乳化剂中的电荷量不依赖油击穿强度,因为电极不具有与乳化剂的欧姆(ohmic)接触,且大量电荷可被局部地注射到乳化剂中。此导致场中的进一步非均匀性及液滴聚合的发生率的增加。

[0127] 此外,在一些实施例中,所述方法即使对于高度导电的乳化剂(举例来说,液相中盐浓度较高的情况下)可能也是有效的,因为电荷是在乳化剂的外部产生的。因此,在一些实施例中,电流量主要由气体间隙中的放电属性指定且更少依赖于乳化剂。因此,本文中论述的实施例可适于具有任何油或水品质的任何油水混合物。应注意,水中的含盐量对实现成功结果及期望聚合等级也是不重要的。

[0128] 在一些实施例中,可在具有硅油的乳化剂中观察到高含盐量(举例来说, $>0.5\text{M}$ 、 $>1.0\text{M}$ 、 $>1.5\text{M}$ 或 $>2\text{M}$)的盐水溶液的液滴的聚合。常规电聚合是基于油/水及含盐量针对油/水品质具体设计的,且这些因素可根据区域的不同而不同。然而,使用本文中描述的实施例,可通过改变气体介质的压力、增加源处的电压及/或更改电晕暴露时间来控制施加的电压及电流两者,以针对具有不同品质(举例来说,不同含盐量)的油/水乳化剂的期望分离输出来调适技术。所述过程容易调适和控制以用于应用于多种多样的乳化剂成分及分离需求。

[0129] 在不希望受特定理论约束的情况下,单极分离的机制似乎遵循新近发现的绝缘介质中的相似电荷之间的吸引现象。已推测,相似电荷颗粒可能吸引;然而,仍存在显著问题。

[0130] 两个带电导电硬球如果靠的足够近几乎始终吸引彼此。参考李克纳约翰的“两个带电导电球体的静电场(Electrostatics of two charged conducting spheres)”,英国皇家学会会报A(Proceedings of the Royal Society A):数学、物理及工程科学468.2145(2012):2829-2848,以全文引用的方式并入本文中。由于球体的相互极化及这些球体中的一者上的表面电荷密度的分布,吸引力提升。当两个带正电球体更靠近时,一者在最靠近另一球体的极处得到负电荷密度且接着另一者在其邻近极获得增加的正电荷密度。当两个球体靠到一起时此吸引力无限制增强。近电荷的局部吸引战胜两个相似电荷球体之间的库仑力的整体排斥,且它们吸引彼此。上文论述的原理的一个理论例外情况是当两个球体通过接触而获得相同电荷比率时。在此情况下,两个球体排斥。本文中提出的是在具有不同电荷比率的相似电荷液滴的聚合中应用此原理以分离乳化剂的各个相,如由本文中提出的实验结果证明。

[0131] 实验装置及实例

[0132] 直接离子注射-电晕放电

[0133] 图1为根据本发明的一些实施例的示范正离子或负离子的电晕放电把乳化剂界面作为目标以促进液滴的聚合的示意图。左方示意图100展示具有在施加电压之前在乳化剂102中分散的许多液滴104的乳化剂102的示意图。右方示意图100'展示施加电压之后乳化剂102'的示意图-如此示意图中可见,至少一些液滴104聚合形成更大液滴104'。由于电晕放电的离子轰击可直接将产生的离子从界面注射到乳化剂体积中。从外部源(电晕放电)发生乳化剂的带电。在乳化剂的外部产生离子且离子被从乳化剂/空气界面直接注射到体积中。离子在乳化剂中分布,且液滴获得具有相同极性的净电荷。电晕放电在乳化剂中产生高度非均匀单极性电荷。在不希望受任何给定理论的约束下,应相信,邻近液滴之间的电荷差异引起液滴的吸引和最终合并。通过增加暴露时间,可通过聚合小水滴且增长液滴尺寸来从水中分离油。

[0134] 图2为根据本发明的一些实施例的展示用于分离乳化剂的两种或两种以上相以同时促进液滴聚合及抽吸效应或针对相分离的差分分散现象的电晕放电系统的示意图。左方示意图200是具有在施加电晕放电之前在乳化剂202中分散的许多液滴204的乳化剂202的示意图。右方示意图200'是施加电晕放电到乳化剂之后乳化剂202'的示意图-这使得至少一些液滴204聚合且形成更大液滴204'。

[0135] 在一些实施例中,电晕放电电极系统可经设计使得其利用以下两者:(i)由于相似电荷电聚合水滴(或其它相)从乳化剂分离出来;以及(ii)富油相的物理抽吸/分散/移动远离富水相(或其它剩余相),举例来说,从乳化剂容器。根据本发明的一些实施例,因为对于油而不对水发生'抽吸'或分散效应,所以可以利用差分效应以进一步提高分离效率。

[0136] 在一个实施例中,乳化剂的水槽配备有凸边(斜坡),其充当低电压电极。锐化电极安置于水槽上方且用以建立电晕放电。乳化剂可以连续、半连续或分批方式被添加到水槽。来自单电极或多个电极的电晕放电可沿着斜坡向上物理上移动或抽吸经过净化的油相且将其引导到另一容器或导管以用于留存从所述乳化剂分离的经过净化的油。分离的水相可维持在水槽的底部,在这里分离的水相可流干。

[0137] 在一些实施例中,电晕放电发射器电极中的一或多者围绕所述斜坡放置以利用电晕放电抽吸效应。当主体内部发生电聚合时,由电极的适当配置将经过净化的油向上抽吸。根据本发明的一些实施例,乳化剂的水相中的更高含盐量在此可甚至为有利的,因为这样可提高油相与水相之间的对比导电率。

[0138] 通过质量转移的单极电荷转移-将单极电荷液滴喷射到乳化剂中

[0139] 在电晕放电实施例中,通过气体分子的电离直接引入电荷。然而,可经由带电质量将单极电荷传送到主体乳化剂中。举例来说,将单极带电液滴或流喷射到乳化剂中可导致乳化剂获得净单极电荷,使得其中的邻近液滴获得净单极电荷。在一些实施例中,喷射经由电喷射或机械喷射(举例来说,雾化)发生。

[0140] 图3是根据本发明的一些实施例的说明用于将单极带电液滴306喷射到乳化剂302以用于分离乳化剂相的系统的示意图。左方的示意图300展示在电喷射之前具有在乳化剂302中分散的许多液滴304的乳化剂302。右方的示意图300'展示电喷射之后的乳化剂302',此引起至少一些液滴304聚合形成更大液滴304'。

[0141] 图3为展示用于将单极带电液滴喷射到乳化剂中以用于分离乳化剂相的系统的示意图。在一些实施例中,可使用绝缘油或水的静电雾化且小带电液滴的云可被直接引导到

乳化剂中。在一些实施例中,可基于待分离的乳化剂的成分选择所注射的雾化液体。举例来说,针对水为主相的油中水乳化剂,在一些实施例中,油可为雾化的。在一些实施例中,乳化剂中具有单极净电荷的液滴可通过导电及/或对流机制将电荷转移到乳化剂。油中的原生水滴获得这些电荷,且如与电晕放电一起论述的机制可发生且引起单极带电液滴的电聚合。可使用不同的电极配置;举例来说,可使用圆形喷嘴、矩形雾化器、单雾化器或多个雾化器。

[0142] 倾倒单极带电液体的溶液到乳化剂中

[0143] 在经由质量转移的单极电荷转移的另一非限制实施例中,乳化剂的量首先被充电且接着被引入到更大的乳化剂中。举例来说,电晕放电可使用于一些实施例中以将电荷注射到包含一部分乳化剂的溶液中。接着,带电液体或混合物的溶液被引入到执行分离的乳化剂的更大分批或流。所述带电液体扩散到乳化剂中且通过导电与对流两者转移电荷。通过质量传送及电气传导转移的单极电荷可引起主体中的液滴的聚合,使得分散相的液滴尺寸增长。所述分离的液滴足够大以在批次的底部沉淀及收集。此方法可以与重力分离组合以加快分离过程。净化油可带电荷且被注入到重力分离器水槽中。由于单极分离所以发生单极电聚合。

[0144] 摩擦带电-单极分离技术

[0145] 在一些实施例中,使用摩擦带电执行单极乳化剂分离。此方法是电晕放电暴露及单极带电液滴喷射到乳化剂的替代方案。根据本发明的一些实施例,其与电晕放电技术一样简单,但其可消除对有源电力供应器的需求。

[0146] 举例来说,在一些实施例中,通过将电荷传递通过由PMMA或其它摩擦带电材料制成的聚合管将电荷转移到乳化剂中。在一些实施例中,管的内部表面可涂覆有聚合物或聚合物的组合(例如PMMA、PVC或类似物)。跨越表面传递乳化剂可在乳化剂内部产生单极体电荷,这是因为管与乳化剂之间的摩擦。此单极电荷可导致液滴尺寸增加,这是因为单极电聚合。举例来说,在一些实施例中,此概念可应用于重力塔,其中增加水滴的尺寸可让分离明显变快。在一些实施例中,只需要跨越适当摩擦带电材料传递乳化剂使得液滴变成带电就够了。在一些实施例中,重力塔、分离柱或其它容器应当为电绝缘的使得电荷保留在分离器中。

[0147] 观察

[0148] 本文中描述的方法可在无需实质上改变其布局的情况下与当前油/水分离过程组合。现有系统可使用单极电荷分离级或模块(举例来说,如本文中描述)改造。

[0149] 本文中示范的是新型分离技术,其中单极液滴吸引彼此。不同于先前介电泳技术,本文的活性机制是电泳力。实验验证在背景相中分散的液滴的相似电荷吸引。此吸引引起液滴的聚合借此实施乳化剂的相分离。所述概念可应用于分离乳化剂中的液滴,以及悬浮的固态颗粒。应用包含(但不限于)水/油乳化剂的分离,以及细胞、蛋白质、DNA及其它类型混合物的分离。

[0150] 在特定实施例中,仅收集器单极被浸入到乳化剂/混合物中,且发射器电极在乳化剂/混合物的外部。在特定实施例中,所述混合物获得净电荷。因此,不同于常规方法,其中体电荷是微不足道的,以我们的方法,体电荷是主要的,且在特定实施例中,其至少为 $1\text{nC}/\text{m}^3$ 、至少 $10\text{nC}/\text{m}^3$ 、至少 $100\text{nC}/\text{m}^3$ 或至少 $1\mu\text{C}/\text{m}^3$ 。

[0151] 本文中提出的方法的一个优点是高压电极不与乳化剂接触。由于横跨间隙发生主电压降,所以弧或静电击穿的可能性可被显著减小。此外,在涉及将单极带电液滴喷射到乳化剂或乳化剂的摩擦带电的实施例,静电击穿的可能性被显著减小而维持主体中的单极电荷。

[0152] 使用电晕放电的提出的方法的另一优点是可将大的体电荷密度注射到乳化剂中使得在非匀质乳化剂介质中存在强的电场非均匀性。场中的此非均匀性可引起相似电荷液滴之间的电势差且此可增加聚合的可能性。此外,在一些实施例中,水/油乳化剂相的物理分离通过电晕放电增强,因为净化油被静电压力抽吸(或协助抽吸)而导电水相上的静电压力为零。此可为在微型重力条件中用于分离混合物的特别重要的实施例,举例来说,功率被限制及缺少重力场。重力分离不能用于微型重力,而电晕放电实施例可为此类方法的取代。随抽吸油相一起提高的聚合率可导致使用最少的功率消耗产生具有更低油污污染物的更大水滴,甚至在外空间应用中也是如此。

[0153] 本文中描述的实施例中,电聚合似乎不取决于液滴相对于电场的定向。在常规的方法中,液滴须在场中定向成使得产生吸引力。在这些电聚合器中,液滴的小偏差可引起液滴之间的排斥以及稳定而不是期望的分离。相比之下,本文中描述的实施例中,电聚合是全向的。对方向及定向没有要求,因为电泳力可在任何方向施加。

[0154] 对于油中水乳化剂与水中油乳化剂两者,实验展示本文中描述的电晕放电系统都是有效的。在特定实施例中,可分离平均液滴尺寸<50微米、<25微米、<10微米、<1微米、<0.5微米或<0.1微米的乳化剂的相。在特定实施例中,施加电压的范围可在从约1到约20千伏(举例来说,几千伏),而电极与乳化剂界面之间的间隙间隔可在从约0.1mm到约50mm(举例来说,大概几十毫米)。在一些实施例中,所施加的电压及所述间隙可被更改的范围比上文提出的更大,但所得的场应当足够大($\sim 10^5$ – 10^7 V/m)以引起来自电晕电极的尖端的电晕放电。“匹克定律”可提供针对给定间隙间隔及给定气体压力及温度的施加电势的第一逼近,但所述电势还取决于电晕尖端的曲率半径。电晕电流及电晕尖端的数目可依据尖端的几何结构及数目而变化,但针对单一尖端,电晕电流在约0.1到约200微安的范围。增加暴露时间可引起净化增强,但在特定实施例中到1到30秒这么短的时间就足以产生满意的聚合。还可以多个级管理电晕放电分离。在每一级,可使用具有不用配置的不同电晕电压,然而,一个暴露级可能为足够的。

[0155] 在特定实施例中,乳化剂的容器本身(或其一部分)充当接地电极且可具有不同形状。其可为(举例来说)平坦电极、倾斜平坦电极、波状电极或弯曲电极。乳化剂可为停滞的或其可在敞开的通道中流动。

[0156] 电泳力可直接收集经过净化的油或其可为终端系统。电晕放电暴露可作为预处理步骤执行以用于现有系统(举例来说,重力及/或沉淀乳化剂分离过程的改造),或其可与其它技术容易地组合。举例来说,电晕放电暴露可促进小液滴之间的聚合以形成更大液滴,更大液滴可接着由当前分离系统(举例来说,重力、沉淀及/或化学添加物分离过程)更容易地处理。

[0157] 在一些实施例中,如需要上文揭示的方法可与彼此组合。在一些实施例中,这些方法可取决于输出净化的需要品质相及背景作为预步骤或后处理步骤与其它传统技术、静电现有技术、重力、过滤或其它技术组合。

[0158] 在一些实施例中,为了在必需的程度上增加安全性,可使用任何其它气体取代气体相,举例来说,惰性气体。所述技术不限于气体或乳化剂的任何特定压力或温度,从而允许更通用的分离过程。

[0159] 在一些实施例中,方法可经应用以引起固态颗粒的聚集,例如、石油或生物介质中的泥、沙或类似物。类似地,可通过单极充电含有此类成分的混合物来针对细胞、蛋白质、DNA或RNA聚集(或其它基因材料的聚集)实现聚集。

[0160] 相似电荷液滴的聚合

[0161] 图4A展示在各种时间相对于两个相似电荷(正电荷)液滴的接触($t=0$)获得的硅油中的去离子水的两个液滴的一系列显微图。 Q_a 是液滴a的电荷, Q_b 是液滴b的电荷, r_a 是液滴a的半径且 r_b 是液滴b的半径。在液滴的电荷密度为不同的情况下观察液滴的吸引及聚合,举例来说,其中 $Q_a/r_a \gg Q_b/r_b$,且其中液滴足够接近彼此。

[0162] 图4B表示在近分离处具有相同尺寸的两个正电荷隔离金属球体之间的静电相互作用的实验结果。观察到,当球体之间的电荷的量级的差异足够大时正电荷球体吸引彼此。随着电荷差的建立,吸引力将右球体朝向左方的固定球体拉。在简短的接触后,两个球体变成等势的且接着排斥彼此。此观察证实近来对带有相似电荷的导电硬球的吸引及接触后排斥的预测。

[0163] 图4C展示在具有足够大电荷差异的油的浴液中带有正电荷的不同尺寸的相似电荷水滴的静电相互作用的一系列显微图。顶部及底部液滴的电荷分别为+10.7pC及0.94pC。类似于关于图4B论述的金属球体,具有足够大电荷差异的两个非等势液滴在近分离处吸引。然而,在 $t=0$ 处的接触后,不同于图4B的金属球体,两个液滴吸引彼此且聚合,如图4C中展示。相似电荷液滴缓慢接近,且在最近极点的明显接触之后聚合立即发生。图4C中展示的比例尺是0.5mm。背景油是450厘司硅油。

[0164] 图5表示展示当库伦力(F_{Attr}/F_{Rep})大概>1时两个相似电荷液滴的聚合发生的实验数据。在两个液滴之间的相似电荷中的差异的量级更大的情况下(举例来说, Q_a/Q_b 更大的情况下),在彼此距离更远的液滴之间观察到聚合,这个距离高达约1mm远。

[0165] 图6A描绘在50 μ m的固定最初分离处具有相同尺寸的两个正电荷近液滴的电荷测量的结果。最初分离是充电之前中性液滴之间的间隙。如图6A中展示,根据本发明的一些实施例,液滴之间的小电荷差异足以引起液滴的电聚合。

[0166] 相比之下,图6B说明针对两个电气连接相同水液滴,在一些实施例中观察到,液滴即使被机械地拉到一起也不融合。这归因于液滴接触之后变成等势及电荷差接着等于零的事实。针对相同球体 $a=b$,具有净正电荷 Q_a 及 Q_b 的相似电荷的导电球体之间的短程吸引力的表达可得到如下:

$$[0167] \quad F_{Attr} = - \frac{\{Q_a - Q_b\}^2}{8\pi\epsilon_0 a S \left\{ \ln\left(\frac{4a}{S}\right) + 2\gamma \right\}^2} \quad (2)$$

[0168] ϵ_0 , S 及 γ 分别是介质电容率、液滴之间的分离及欧拉(Euler's)常数。从上文方程式(2),可推论出如果且仅如果 $Q_a \neq Q_b$ 足够接近的具有相同尺寸的球体始终吸引。然而,针对具有精确相同电荷的两个相同球体($a=b$ 且 $Q_a=Q_b$),吸引力为零。在此情况下,相同的电荷球体变成等势的且排斥。针对近分离处的等势球体,排斥力 F_{rep} 与分离程度无关且可由开尔文(Kelvin)公式获得:

$$[0169] \quad F_{rep} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_a^2}{(2a)^2} \frac{4\ln 2 - 1}{6(\ln 2)^2} \quad (3)$$

[0170] 尽管图6A、6B及6C中展示的实验结果可由上文方程式(2)中提出的相似电荷吸引的表达解释,但仍然还不清楚为什么不相等带电液滴接触之后聚合。为了研究聚合的机制,接触之前及之后立即执行液滴聚合的高分辨率高速成像。

[0171] 图7A到7C展示基于乳化剂中的两个相似电荷液滴的聚合发生的机制。在 $t=20$ 微秒处,静电桥出现,且不希望受任何特定理论约束,静电桥似乎增厚成毛细管桥导致液滴的聚合。

[0172] 图8A、8B及8C在 $180,000$ 帧 s^{-1} 的一系列循序高速图像中说明硅油中的相似电荷DI水滴的行为。针对两个邻近相似电荷液滴,具有更大绝对正电荷的液滴(顶部液滴)极化具有更小净电荷的另一液滴(底部液滴)。图8D表示相似电荷液滴的吸引及聚合的静电相互作用的动画。所述动画基于图8A到8C提出的实验视觉化。

[0173] 如图8D中展示,负镜像电荷的批次(灰云)出现在具有更小正电荷的液滴的最近极点处(粉红云)。附近液滴的极点之间的电场随局部电荷的重新分布而增加。正电荷弯液面与另一液滴弯液面的最近极点上的其负镜像电荷之间的吸引引起液滴之间的吸引。

[0174] 如图8A、8B及8C中可见,吸引力诱发泰勒(Taylor)锥形变形,这是由于麦斯威尔(Maxwell)应力在最近极点中(此处电场强)的局部提高。液滴及两个变形的弯液面两者接近到一起。随着两个弯液面接近,电场变得甚至更强,增强场重新分布电荷及其镜像,从而引起弯液面中更显著变形。变形的弯液面最终触摸彼此,且液桥立即在两个液滴之间形成。

[0175] 针对如图8A中提出的具有小分离的液滴,接触后立即形成桥导致连接相似电荷液滴之间的颈的高局部弯曲率。弯曲颈的形成产生局部低压区域导致朝向桥的内流。所述内流供应液体到桥且充实颈;因此,相似电荷液滴的聚合开始。针对此类小型分离,桥形态学在其早期演进处($t=0$),不能以适当的光分辨率捕获到,这是由于其尺寸小。为了使接触之后具有合理分辨率的演进的细节视觉化,液滴之间的最初分离被增加,如图8B及8C中可见。为了建立相似电荷吸引及聚合以用于新的更大分离,电荷的绝对量级及液滴之间的电荷差增加。顶部液滴上的电荷被增加接近其雷利(Rayleigh)限制,而底部液滴上的电荷被维持很小。针对这些较大最初分离,也发生电聚合。观察到,两个液滴吸引彼此且其弯液面在其最近极点处变形。随着两个变形弯液面接触,形成显著稳定的瞬态液桥。高纵横比液桥显然与常规毛细管桥不同。此类瞬态液桥让人想起先前报道的空气中浮水桥及轻微导电液体的电支持高纵横比柱。类似于水浮桥,由于液桥的电容率大于介质(在我们的情况中为油)的电容率, $\epsilon_w > \epsilon_o$,电流载运液桥因为桥中的常规及切向静电麦斯威尔应力而得以稳定。静电与极化力两者趋向于抵消失稳效应“拉平”桥,这是由于表面的作用。此平稳液桥使两个液滴保持电气连接。最初,当跨越桥的电场较大时,两个带电液滴之间的液桥由电场稳定。随着电荷转移跨越桥,沿着桥的油/水界面之间的切向场逐渐降低。随后,静电支撑的桥恢复成毛细管桥。连接液滴之间的毛细管桥趋向于使连接主体的表面最小化。自足的电流载运桥的形成及其转换成毛细管桥有助于两个连接液滴的聚合。针对高度带电的邻近液滴,在弯液面接触之前,由于施加到变形的极点的强切向应力发生电喷射。甚至在高带电液滴之间存在此类锥喷射及电喷射的情况下,相似电荷聚合也会继续。此暗示相似电荷聚合是普遍现象但其可发生于广泛范围的电荷量级。

[0176] 图9及10展示运用如本文中描述的相似电荷液滴聚合的油/水乳化剂分离系统的两个实例示意图。

[0177] 在图9中,乳化剂流入电晕线(发射器电极)904之下的半管902。在一些实施例中,半管902可含有或可能本身是接地收集器电极。分离发生在乳化剂沿着半管902的流动期间。电晕放电引起的油相的差分扩散/抽吸迫使油相超出半管902的边沿,且下降到收集器斜坡906到收集导管908中。除了半管902,可使用(举例来说)具有不同几何结构的另一通道。在特定实施例中,可使用在乳化剂/空气界面上方装备有电晕线的多分支半管。

[0178] 在图10中展示的实施例中,乳化剂填充水槽1010。电晕线1004、电晕刀片或任何其它类型的锐化发射器电极位于水槽上方,近水槽1010的斜坡或倾斜侧或边缘1012。经过净化的油相的差分扩散/抽吸起因于电晕放电且迫使油相(但非水相)超出边缘且进入收集导管1008。在一些实施例中,水槽可被不断使用乳化剂填充,同时电晕放电分离各相且收集纯净油。替代地,在一些实施例中,水槽可以分批模式或半分批模式操作。针对大规模系统,在一些实施例中,可使用多个高压电极。

[0179] 在一些实施例中,使用摩擦静电而不是电晕放电以产生单极条件引起乳化剂的各相的分离。

[0180] 相似电荷聚合的概念可被应用到乳化剂的失稳。图11A、11B及11C示范具有在油及油中水乳化剂中的两个水滴的系统的相似电荷聚合。图11A及11B分别展示具有接受单极离子注射的油中的两个或三个邻近水滴的系统的单极聚合。通过施加超出电晕放电阈值的高压到锐化发射器电极来建立正DC电晕放电。邻近发射器电极的空气被电离,并且由于强电场的作用,正离子的云被朝向空气/液体界面加速。加速的正离子被注射到油体积中。注射的电荷沉积在水/油液滴界面的表面之上。由于水滴所获得的净电荷与其表面积成正比,所以可通过施加非均匀电荷注射而建立不同尺寸的两个邻近液滴之间的任意电荷差。一旦建立足够电荷差,短程吸引就可引起相似电荷水滴的聚合。

[0181] 图11C展示在接受不同暴露时间的电晕放电的十六烷(Hexadecane)中的1.5%wt.的DI水组成的乳化剂中的相似电荷聚合及单极分离。为了使乳化剂稳定,添加1.6%wt.的Surfactant Span80[®]。就在离子暴露之前,乳化剂中的液滴的平均直径经测量约为300nm。20ml乳化剂被注入到两个相同烧杯中。左侧烧杯被暴露到电晕放电而右侧烧杯并未被暴露。乳化剂连续暴露于放电,会供应空间非均匀体积电荷密度到邻近水滴。邻近水滴获得非匀质正电荷,此促进油中的水滴的相似电荷聚合。结果,当液滴暴露于放电且乳化剂分离发生时,液滴的尺寸增加。如图11C中展示,随着水滴聚合及沉降,左侧烧杯中的云化乳化剂变成透明油。在未暴露的情况下,右侧烧杯的云化外观在实验的相同时间展示微不足道的改变,这表明液滴的聚合是极小的,因为实验期间乳化剂是稳定的。

[0182] 图12A、12B及12C展示与通过摩擦静电相比,通过电晕放电充电的乳化剂中的相似电荷液滴的图像。为了获得图12C中呈现的摩擦静电结果,PMMA衬底与聚酯纤维摩擦。其它对材料可用以产生在其上倾倒或以其它方式引入乳化剂的带电衬底。在不摩擦衬底上沉积乳化剂,不会产生分离效应,这是因为衬底上没有电荷。当摩擦干PMMA衬底时,衬底变成带正电荷而纤维变成负。衬底上的电荷达到饱和限制且经测量为 $\sim 100\text{nC/m}^2$ 。在带电衬底上沉积乳化剂导致乳化剂的有力分离。两个邻近液滴之间的小电荷差引起吸引力,此引起水滴的聚合。稠乳化剂中的小电荷差可导致乳化剂的失稳及期望的相分离。这些电荷在两个

或许多液滴上可为单极。在不希望受任何特定理论约束的情况下,电荷的单一极性足以诱发乳化剂分离。

[0183] 分离25%水与75%油

[0184] 在此实例中,在存在分离油的静电抽吸的情况下实施有电晕放电协助的乳化剂分离。如图13中展示,弯曲电极1314首先被填充硅油中的DI水的乳化剂(25wt.%水、75wt.%油)1316。弯曲电极1314是接地的。电晕针1318被固定在乳化剂/空气界面上方。电晕电极与乳化剂界面之间的距离为几十毫米。因此,接地电极1314已与乳化剂1316接触,而电晕针1318位于环境空气中且不与乳化剂1316欧姆接触。通过将高于临界值的电压施加到针1318,在乳化剂1316及弯曲接地电极1314的表面之上建立正电晕放电。通过测量电晕电流而证实电晕放电的建立。

[0185] 使用此离子轰击给在存在强电场及乳化剂1316的情况下朝向乳化剂1316加速的电离空气的云带上正电荷。主体油中的水滴立即聚合。在不希望受理论约束的情况下,液滴的非均匀充电被认为代表正-正带电液滴的聚合。此外,通过电晕放电暴露分离的纯净油提升到弯曲接地电极1314的右侧上的弯曲斜坡。电晕放电用于分离纯净油及将纯净油抽吸出乳化剂容器1320这两个功能。应注意,仅纯净油能够沿斜坡1322提升,而水不受影响。可实施利用此差分效应的系统以进一步提高乳化剂的相的分离。在水滴上不能形成静电压力,且水(或其它水相)不能沿斜坡1322上移。此被认为是因为水的导电率太高,且电荷释放比较快。因此,不能在水滴上建立静电压力且将它们向上抽送。相比之下,对于背景油,电荷可停留较长的时间周期且可建立电压力且将分离的纯净油沿斜坡向上抽送。

[0186] 通过空气-乳化剂界面应用7kV到1 μ A的电晕放电(7毫瓦的功率消耗)约10秒到油乳化剂中水,如图14A可见。图14B说明展示出有力电聚合的小液滴。在此阶段中回收约90%的油含量。回收的油是清的但具有较小水微滴踪迹。具有较小水滴踪迹的经过净化的油被转移到第三阶段。随着20秒的连续放电7kV到1 μ A且接着更强放电8.6kV到2 μ A及更强很多的12kV到3 μ A,实现的分离展示99.9%的分离。单一针电极的电晕放电协助分离器的能量消耗可低到实验室尺寸分离的几毫瓦。在许多实施例中,本文中描述的方法及系统可被按比例放大。举例来说,对于仅40瓦时(10kV、1 μ A),每小时可处理0.1m³。

[0187] 图15C说明用于分离过程的乳化剂。图15B展示以静电方式从乳化剂回收的硅油。图15A说明电晕放电协助回收之后的水。

[0188] 分离90%水与10%油

[0189] 图16中展示的装置1600示范在无需利用抽吸效应的情况下的乳化剂的电晕放电分离。电晕放电协助技术可用以将水分离出主要是油的乳化剂,其中乳化剂含有低浓度水及/或乳化于油背景中的小液滴尺寸水。在其它实施例中,电晕放电协助技术可用以从主要为水的乳化剂分离水与油相。

[0190] 暴露于电晕放电的乳化剂趋向于在暴露于放电时最小化其静电能量。因此,离子可朝向衬底转移油滴。如果衬底亲油,油在液体积下方产生薄膜。相异电场可将油拖拽出液滴且引起水变成分离。应注意,当油在水中被乳化时,系统的电容是大的。带电油层远离低电势衬底。当场暴露时,离子的云到达水界面且穿过界面。油滴现在吸引到衬底以使电容越低越好。电晕放电协助技术使分离成为可能,即使针对在水中具有1%份的油的乳化剂也是如此。所述技术展示出前景,尤其在衬底为平坦的情况中。当实施于小液滴形式时所述技术

似乎更加高效。

[0191] 离子注射

[0192] 在图17描绘的配置中,液滴1730在乳化剂的浴液中通过单极离子注射通过电晕针1718被直接充电,类似于图13中展示的实施例。然而,因为容器1720非弯曲,油不能被向上抽吸。分离的油停留在顶部且不能通过电晕放电被抽吸出。聚合之后,可使用标准过程分离相。

[0193] 在一个实例中,使用石英容器。所述石英容器填满乳化剂(由Span® 80非离子表面活性剂稳定的10%油与90%乳化剂)。接地平坦电极1714被固定在容器1720的底部,如图17中展示。电晕针1718被固定在乳化剂/空气界面上方。电极与乳化剂/空气界面之间的间隙约为5mm。接地电极1714为具有原生氧化物的硅衬底。通过增加施加的电压,跨越乳化剂的电流维持零且乳化剂不失稳。进一步增加施加的电压,在电晕放电阈值的开始值处或超出电晕放电阈值的开始值,建立电流。此为电晕放电的信号。超出此阈值电压,观察到水滴1730之间的立即聚合,且相分离(乳化剂失稳)发生。在此实例中,施加7kV且在此电压处的总电流是0.9 μ A。油中的水滴1730的平均直径在分离之前是50 μ m。电晕放电暴露之后,取决于暴露时间,平均液滴尺寸增长幅度大一个数量级。

[0194] 构造性实例-使用中性乳化剂使一部分乳化剂带电且混合带电部分

[0195] 如图18中展示,将油乳化剂中的水分到两个容器(或乳化剂或其它混合物最初可存在于两个容器中)。乳化剂或其它混合物的第一部分置于容器1820中。通过电晕放电使乳化剂1816带电。电晕针1818及具有电介质涂层的接地电极1814用以建立电晕放电,如上文的一些实施例中论述。接地电极1814与乳化剂1816接触。气体介质(举例来说,任何压力或温度的一种气体或上文论述的气体的混合物)定位于乳化剂1816与电晕针1818之间。当施加(举例来说,通过连续AC放电或DC放电或脉冲放电)到电晕针1818与接地电极1814之间的电势差超出电晕放电阈值时,在电晕针1818的尖端周围所强加的电场变得足够强,使得电极分离区域中的周围中性气体介质变得部分电离化,以产生使乳化剂1816带电的正离子的云1840。接着经由导管1842将带电乳化剂1816'运输到第二容器1844。第二容器包含最初的中性乳化剂1846。带电乳化剂1816'可接着与须待分离的最初中性的乳化剂1846混合。

[0196] 构造性实例-使用不同发射器电极及接地电极配置的实验装置

[0197] 参看图19,实验装置1900运用多个发射器电极1918及具有电介质涂层的接地电极1914。实验装置1900'运用多个发射器电极1918及一个裸接地电极1914'。实验装置1901运用单线发射器电极1918'及具有电介质涂层的接地电极1914。实验装置1901'运用单线发射器电极1918'及裸接地电极1914'。

[0198] 构造性实例-在运输乳化剂或其它混合物期间应用电晕放电的实验装置

[0199] 现在参看图20,说明实验装置2000及2001。实验装置2000说明在运输油中水乳化剂2016(其它混合物也可被分离)期间应用电晕放电。电晕电极线2018'置于乳化剂2016的上方(举例来说,电晕放电线2018未与乳化剂2016接触)。在一些实施例中,电晕放电线2018'带涂层。在一些实施例中,电晕放电线2018'为裸的。一半(或管体积的另一适当部分)被填充气体(举例来说,可有效增加电流放电的效应的空气或任何气体合成物)。实验装置2000允许乳化剂2016(或另一混合物)在运输期间被使用电晕放电分离。可使用任何适当电晕放电电极几何图形。

[0200] 实验装置2001说明在运输油中水乳化剂2016' (其它混合物也可被分离) 期间应用电晕放电。多个电晕电极2018置于乳化剂2016' 的上方。一半 (或管体积的另一适当部分) 被填充气体 (举例来说, 空气或任何气体合成物, 包含不同气体的混合物, 其可有效增加电流放电的效应)。实验装置2001允许乳化剂2016' (或另一混合物) 在运输期间被分离。可使用任何适当电晕放电电极几何图形。

[0201] 构造性实例-摩擦带电充电示范性装置

[0202] 参看图21, 展示用于在运输期间分离乳化剂或其它混合物的实验装置2100。可在运输期间通过摩擦带电充电将电荷引入到移动乳化剂2116。如图21中展示, 可在运输期间在管2150 (或能够运输乳化剂或其它混合物的任何其它导管) 中分离乳化剂2116。管2148的内部表面 (举例来说, 与运输的乳化剂或其它混合物接触的表面) 涂覆有经配置以改进摩擦带电充电的摩擦电涂层。在一些实施例中, 涂层2150包含特氟龙 (Teflon) 及尼龙的组合 (以适当比例)。在一些实施例中, 涂层2150为适当类型 (举例来说, 适于改进摩擦带电充电) 的静态涂层。在当其穿过管2150的运输期间混合物的体积中的单极电荷可促进分离乳化剂2116。在通过管2150的乳化剂运输期间可完全或部分完成单极分离。

[0203] 构造性实例-电离气体示范性装置

[0204] 参看图22, 展示用于分离乳化剂或其它混合物的实验装置2200。在电离室2256中馈入中性气体 (例如, 不带净电荷的气体) 2254。接着在电离室2256中电离中性气体2254。在一些实施例中, 通过使用电晕放电 (举例来说, 如上文其它电晕放电实施例所论述) 电离中性气体2254。接着将载运单极电荷的部分电离气体2254' 引入到乳化剂或其它混合物2216中 (举例来说, 从一个位置或从多个位置)。在一个实施例中, 部分电离气体2254' 穿过乳化剂或其它混合物2216。

[0205] 实验装置2201说明用于将电荷引入到待分离的乳化剂或其它混合物2217中的另一说明性实施例。将中性气体2255馈入到管或另一导管2258中。在通过管或另一导管2258的运输期间电离中性气体2255 (举例来说, 经由电晕放电的电离)。接着将部分电离气体2255' 注入到乳化剂或另一混合物2217中 (从单一位置或从多个位置)。在一些实施例中, 部分电离气体2255' 穿过乳化剂或其它混合物2217。

[0206] 在一些实施例中, 为了增大具有乳化剂或其它混合物2216或2217的电离气体气泡的界面, 可减小气泡的尺寸。在一些实施例中, 在气泡进入乳化剂或其它混合物2216或2217中之前, 可物理地搅动乳化剂或其它混合物2216或2217。可从单一位置或多个位置将气泡注入到乳化剂或其它混合物2216或2217中。可从乳化剂或其它混合物2216或2217的下方注入气泡。在其它实施例中, 可从乳化剂或其它混合物2216或2217上方注入气泡。

[0207] 其它实施例

[0208] 本文中描述的实施例及实例仅用于说明目的且并非用于限制目的。通过附接到其的权利要求书说明本发明的范围, 且对所属领域的技术人员来说, 在本发明的范围内的各种改变及修改将为显而易见的。

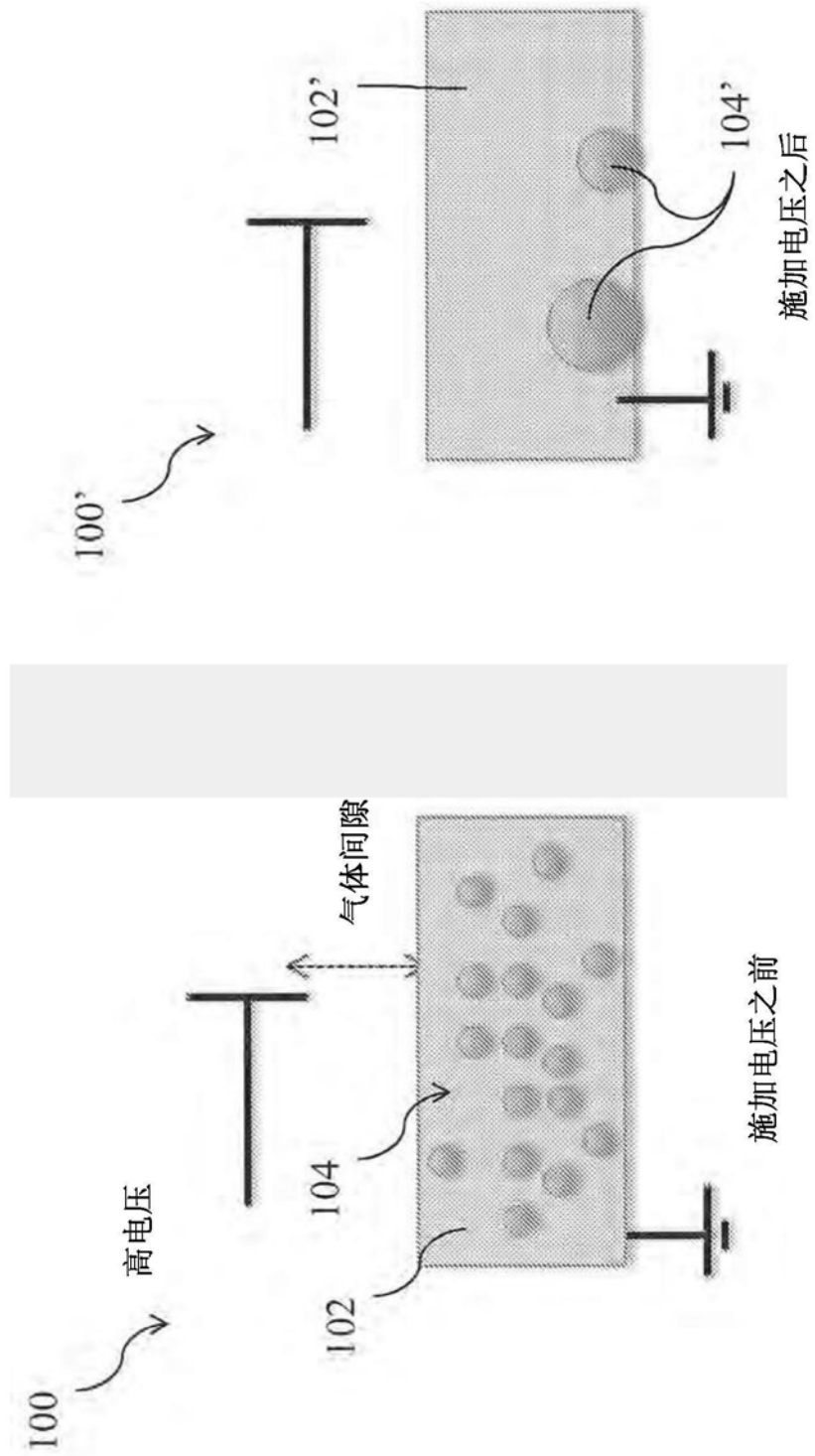


图1

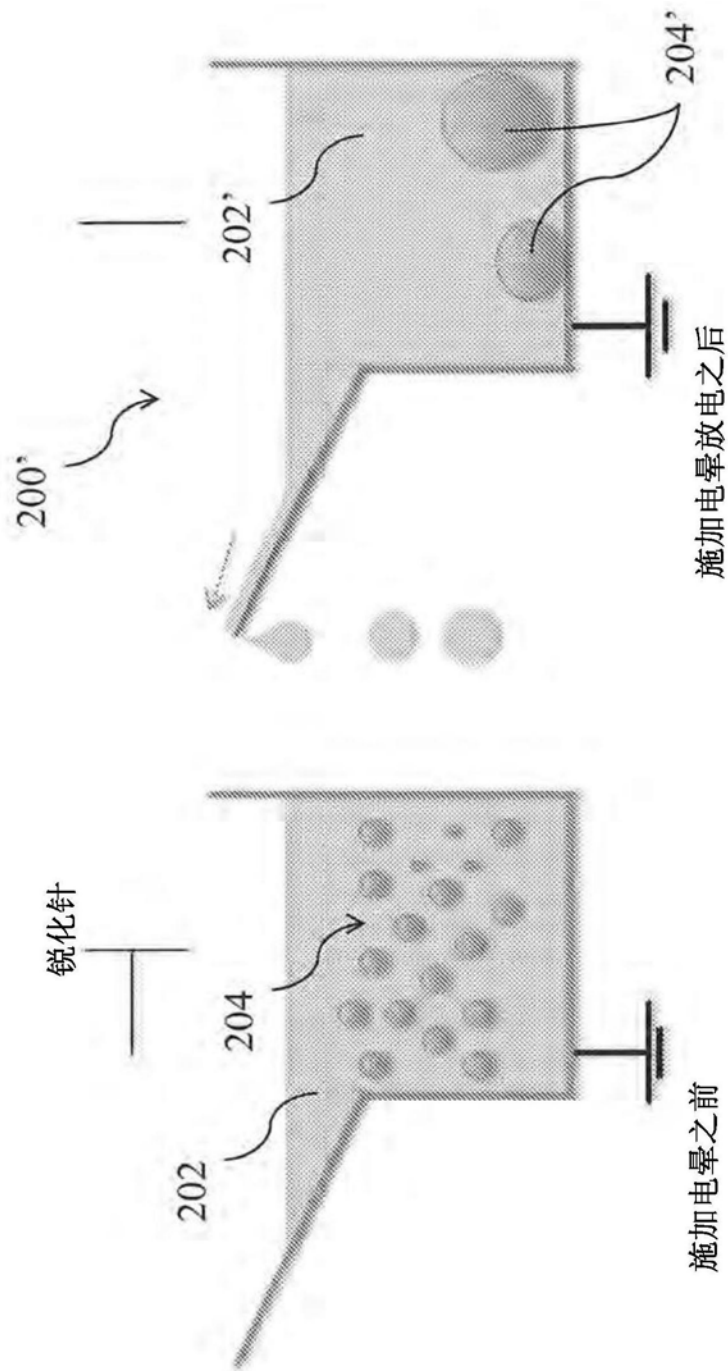


图2

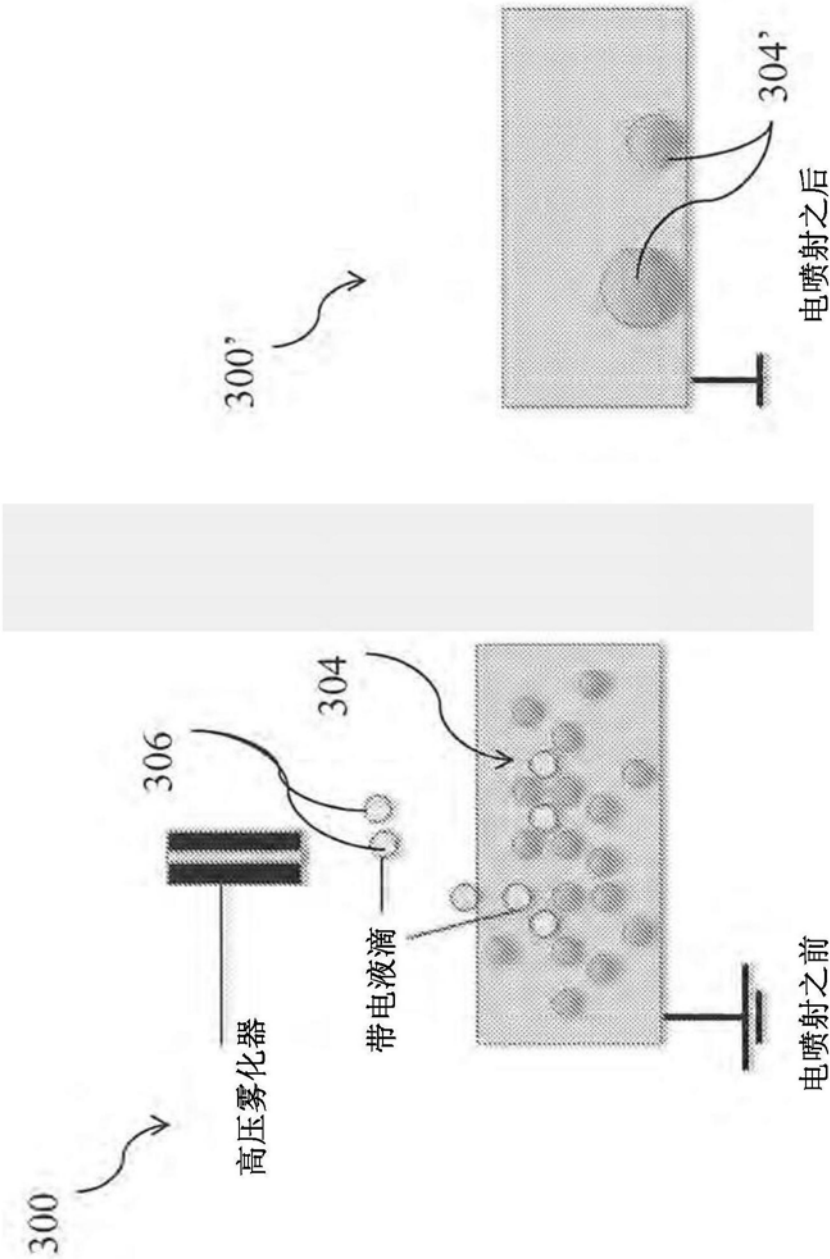


图3

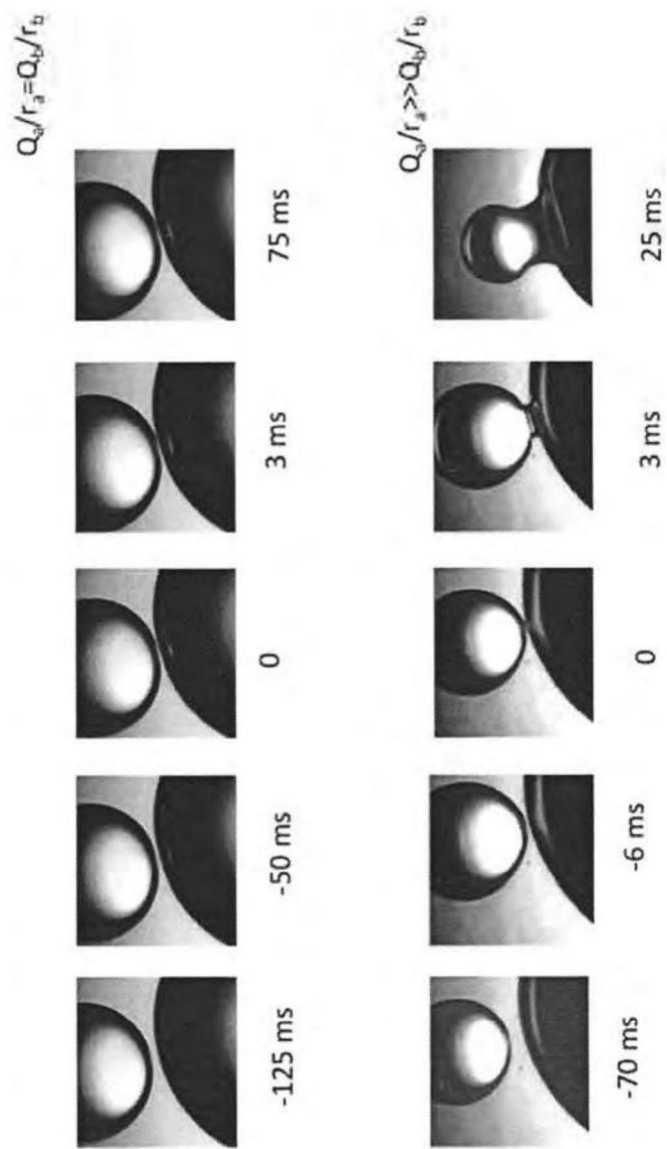
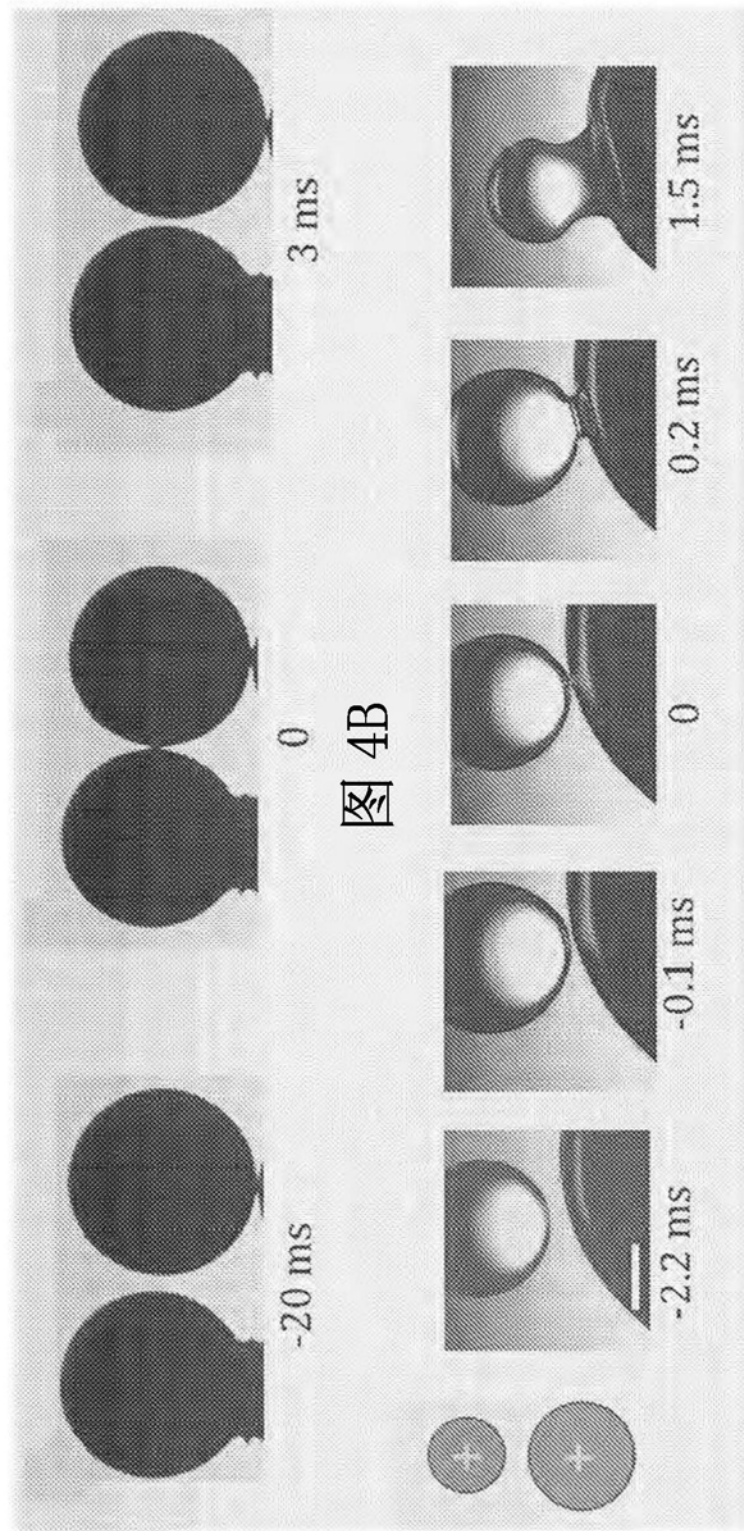


图4A



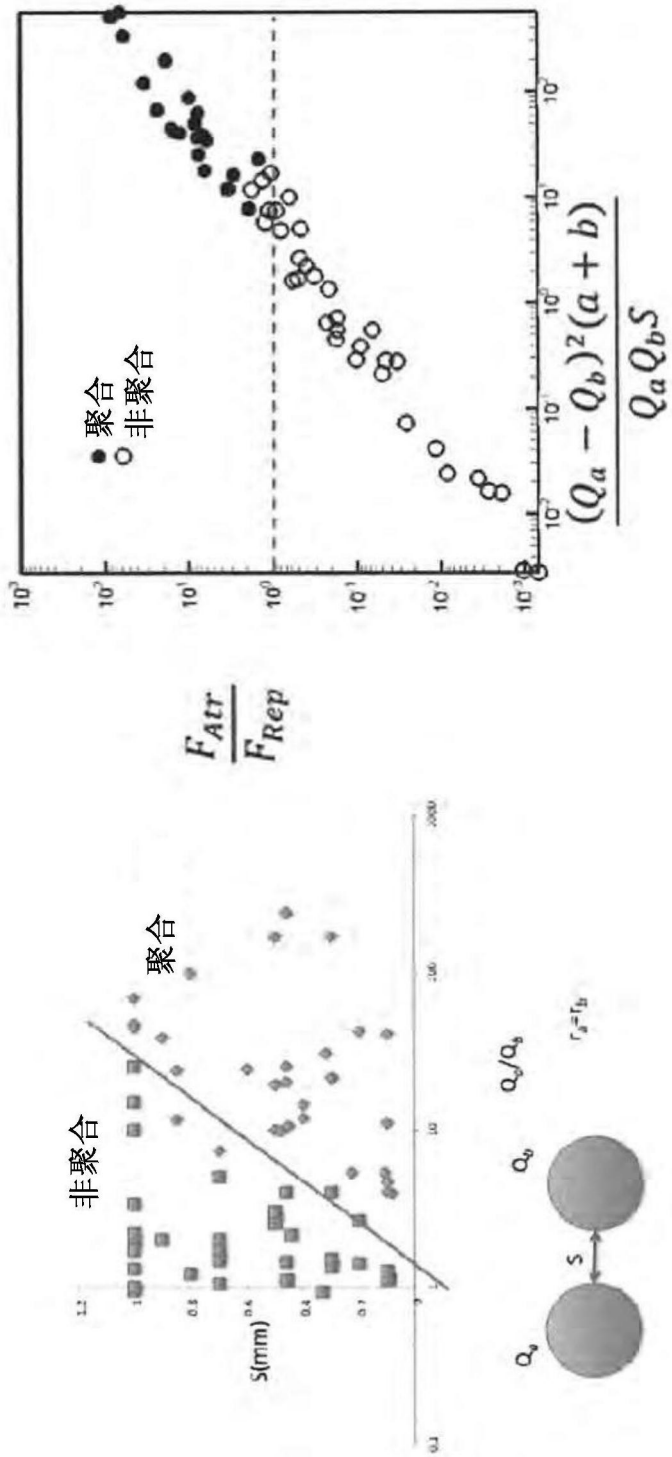


图5

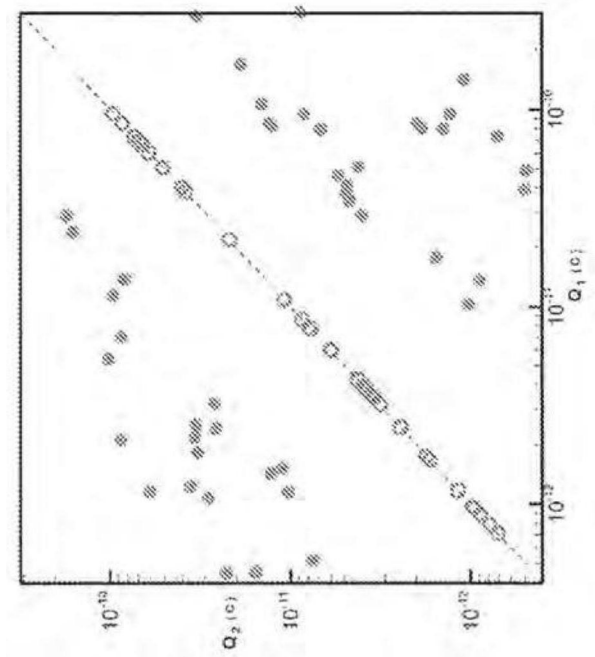
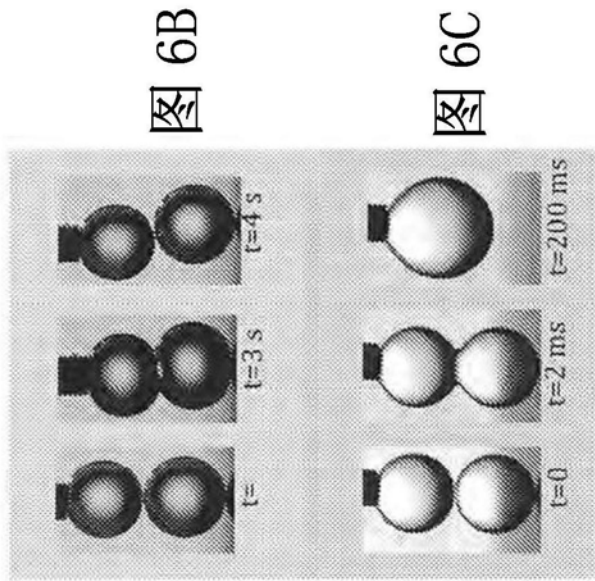
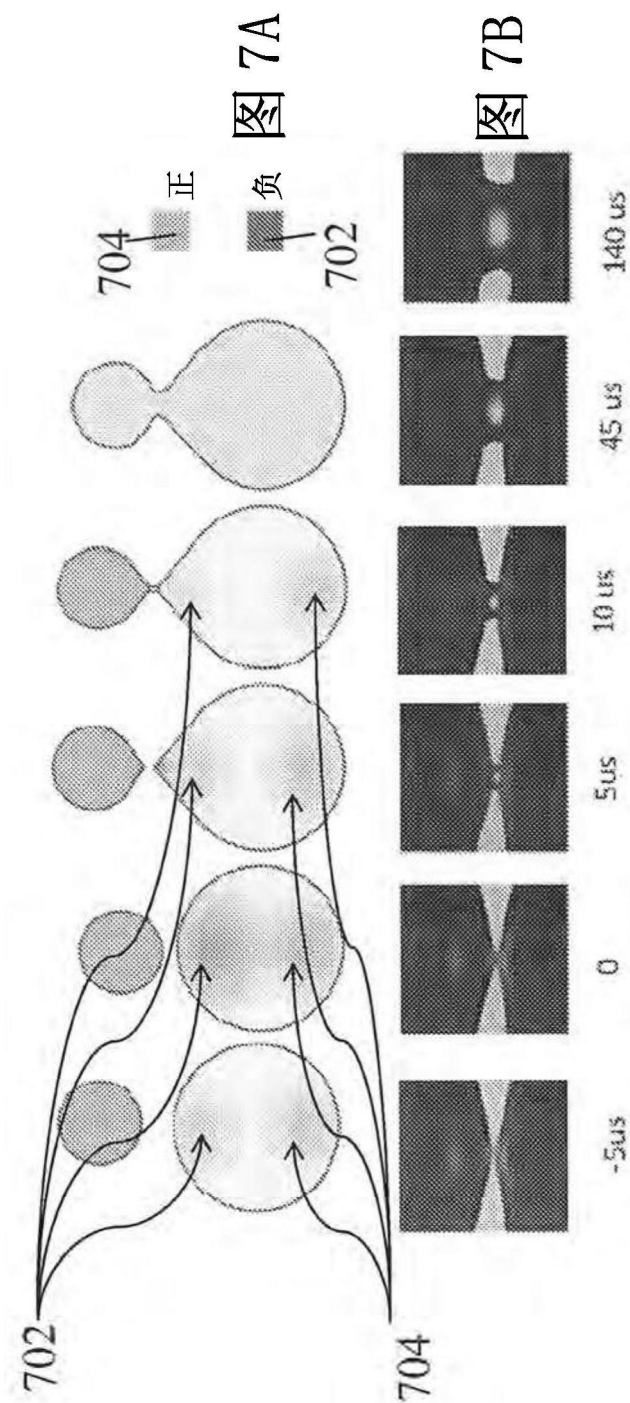


图6A





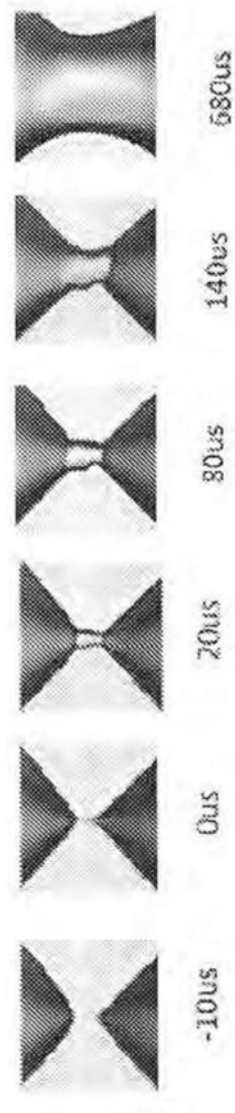


图7C

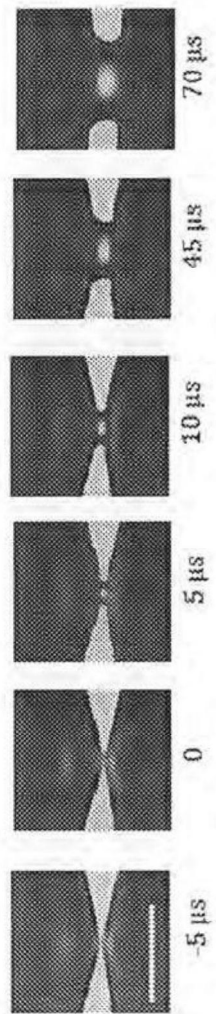


图8A

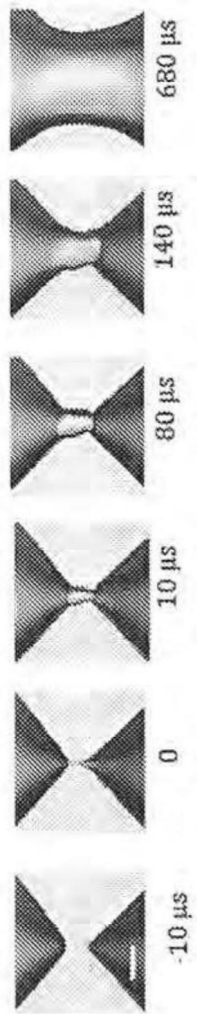


图8B

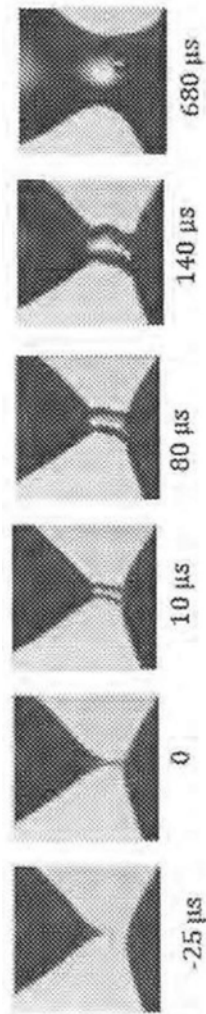


图8C

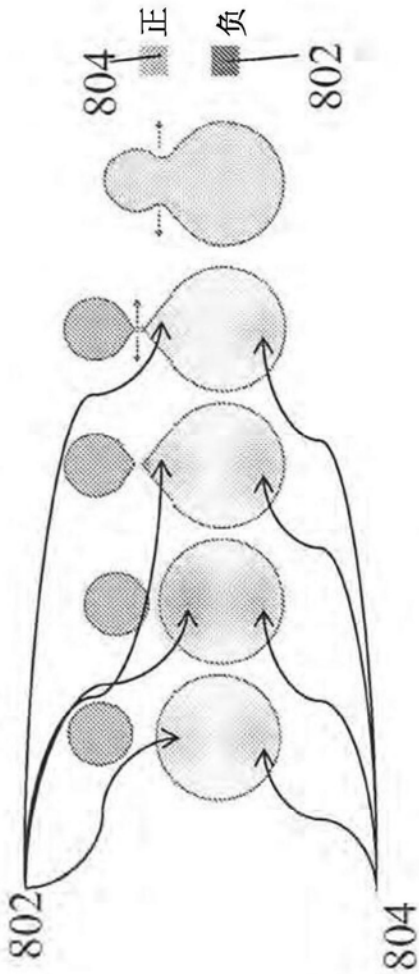


图8D

900

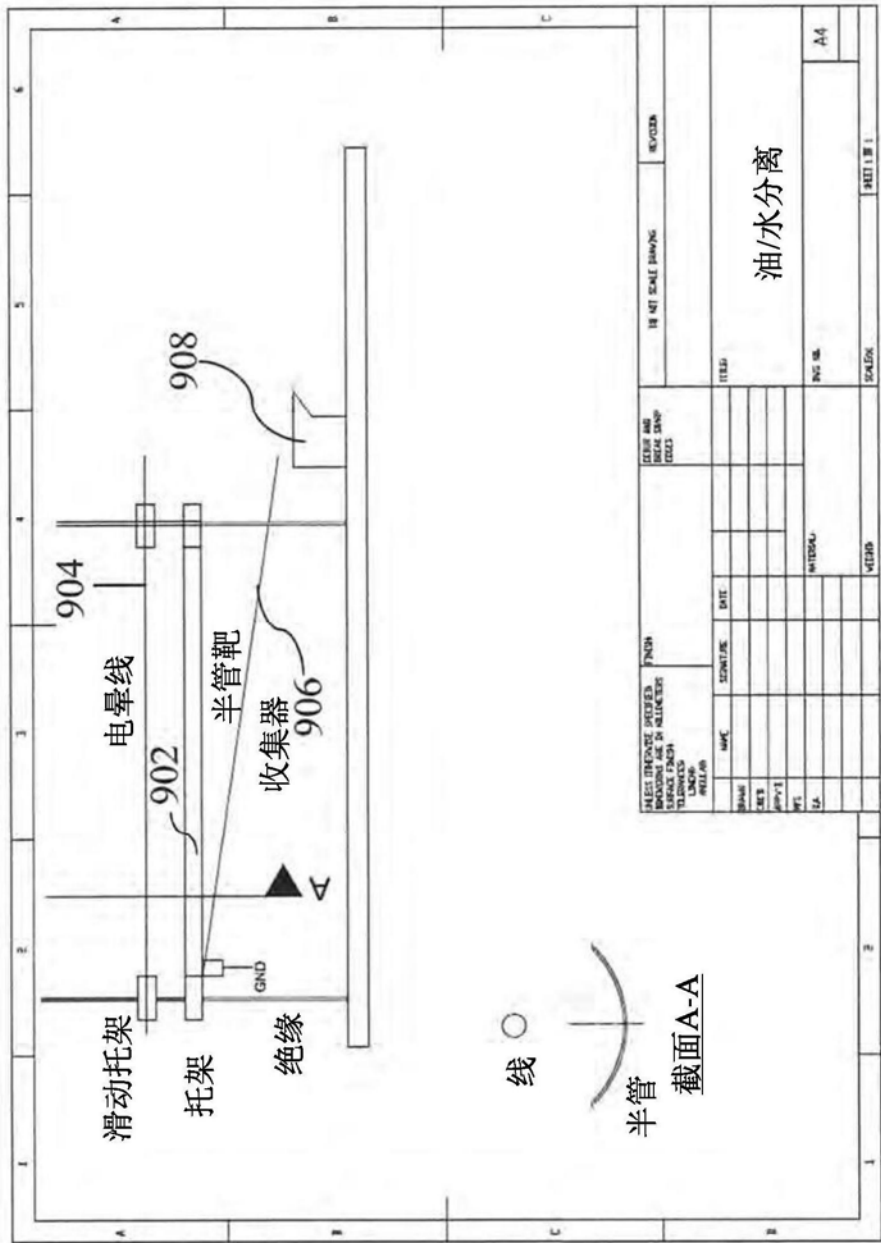


图9

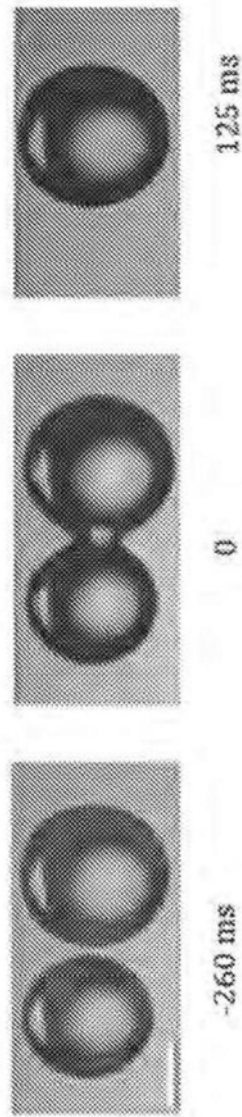


图11A

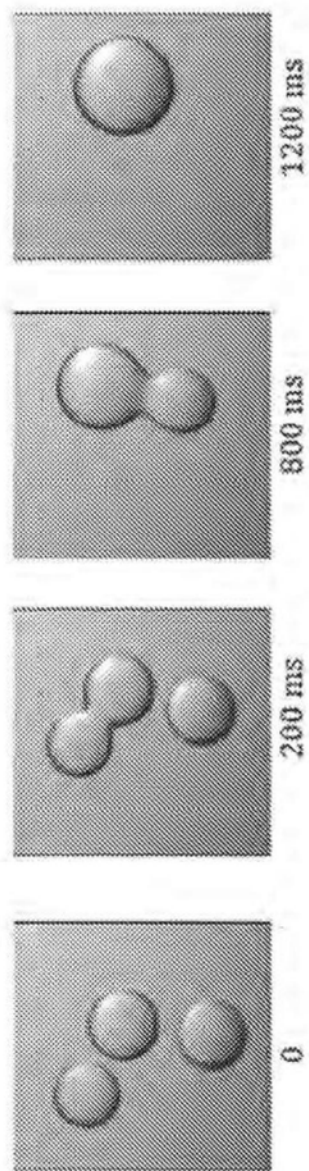


图11B

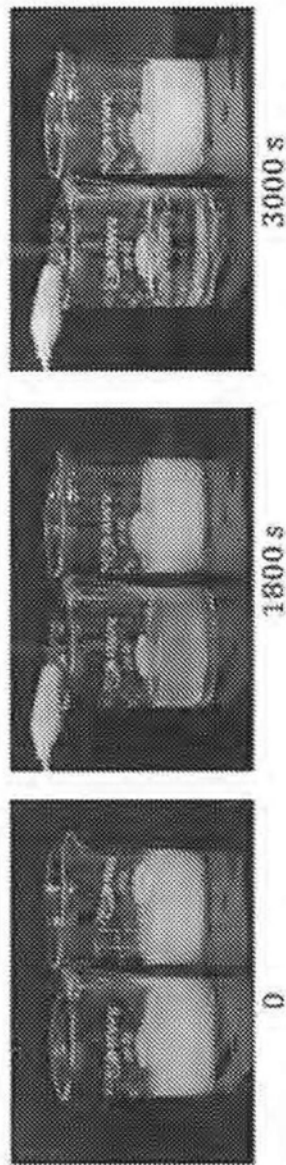


图11C



图12A

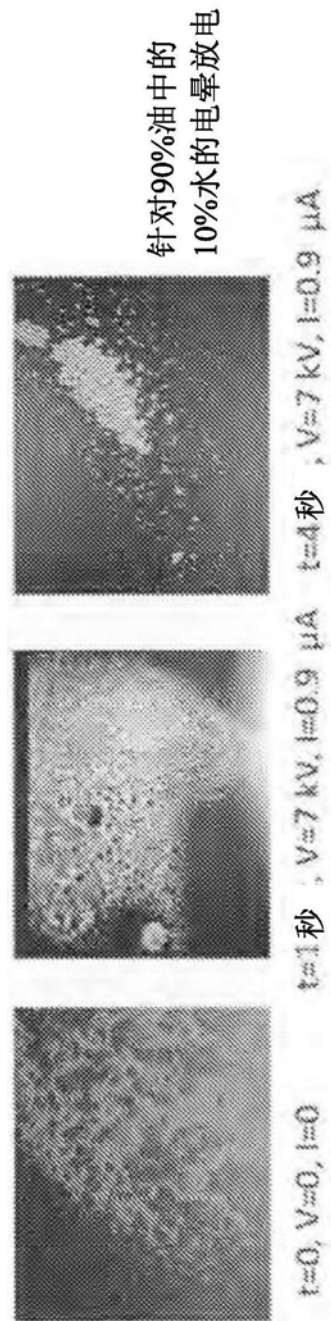


图12B

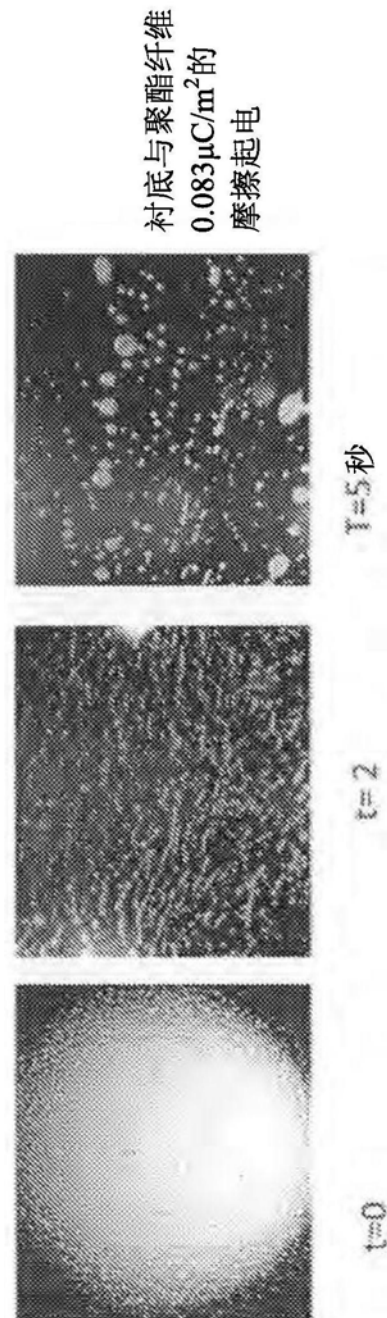


图12C

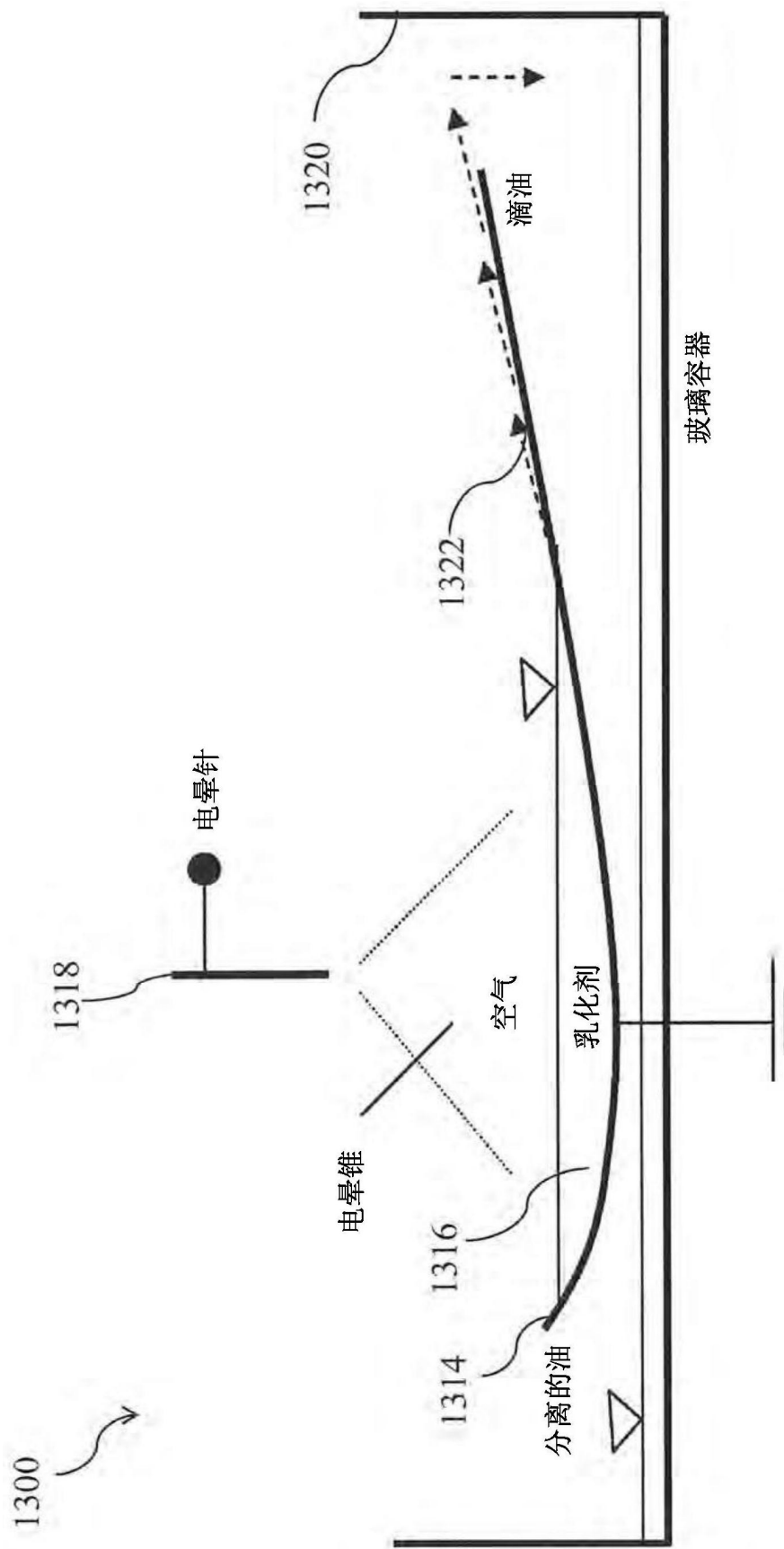


图13

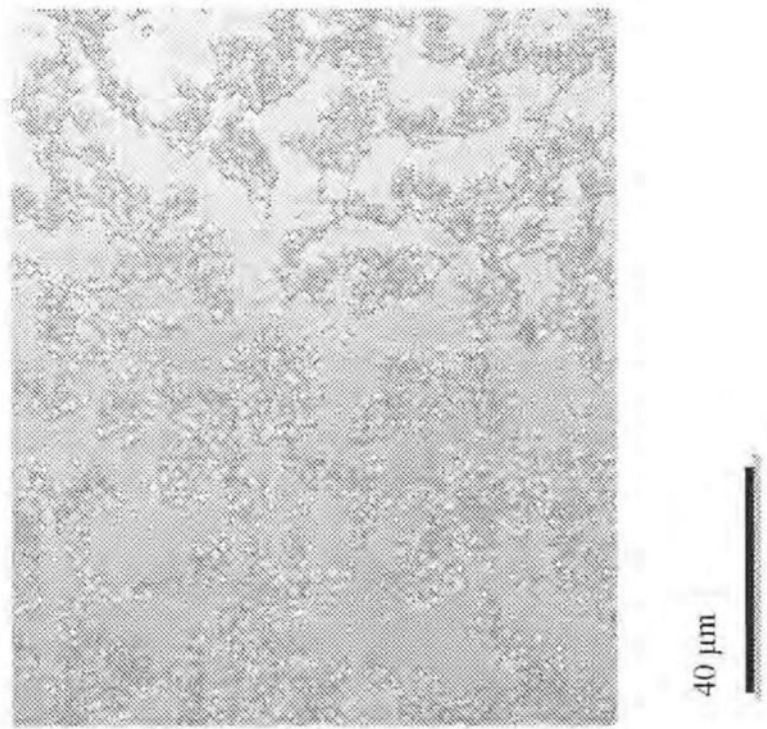


图14A

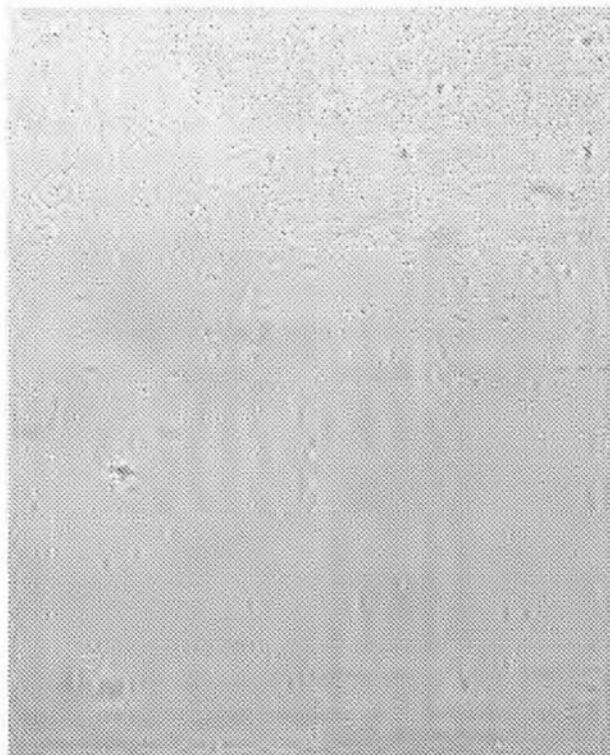


图14B

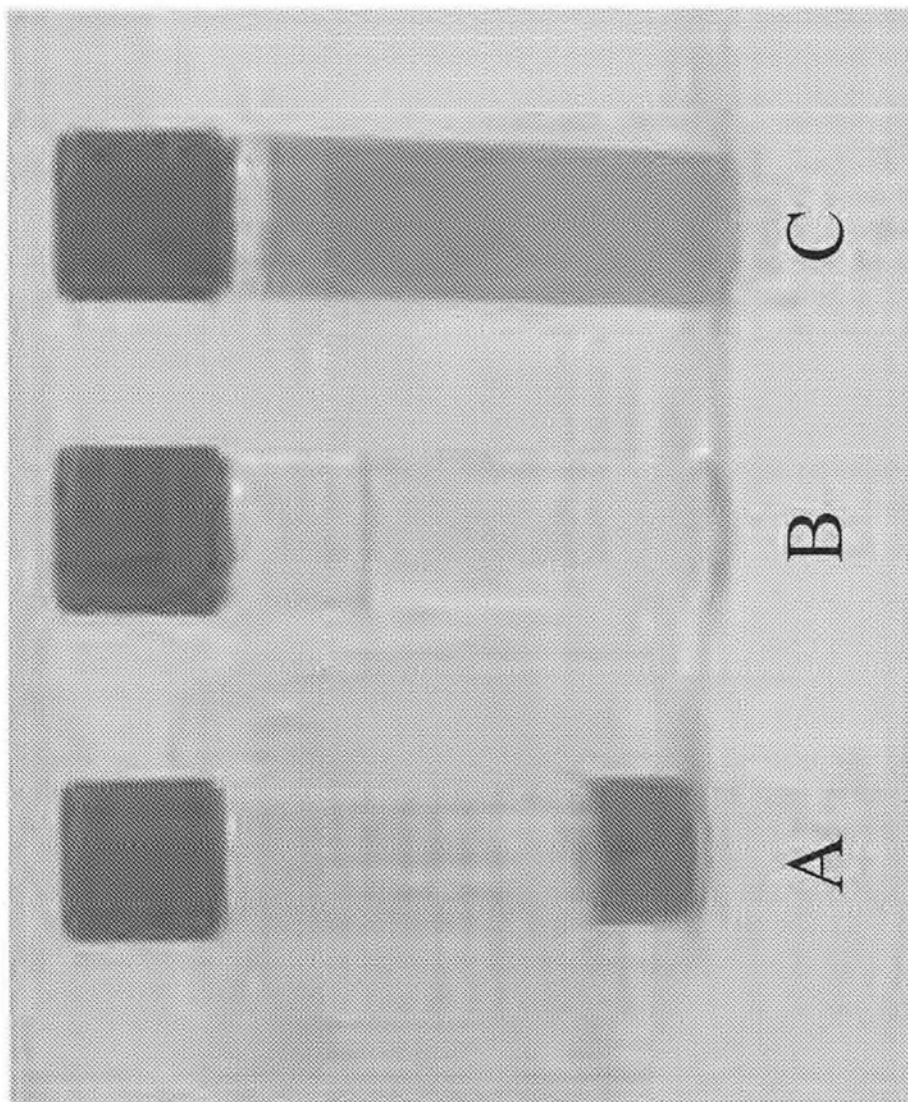


图15

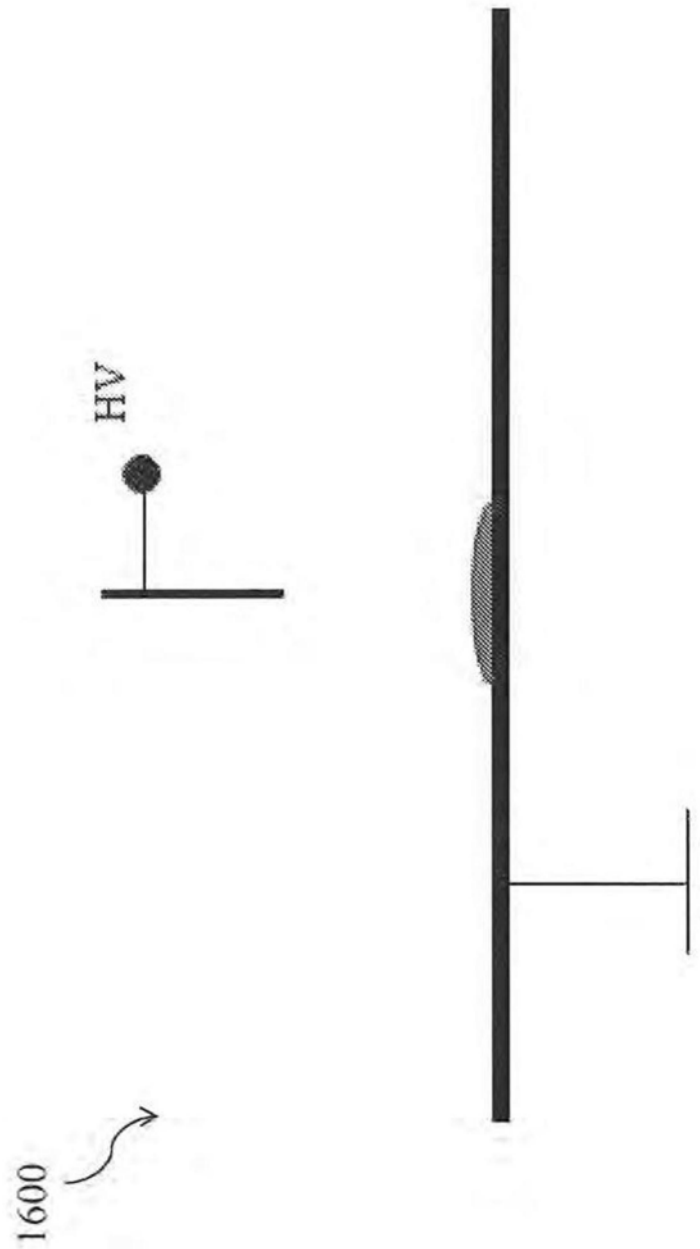


图16

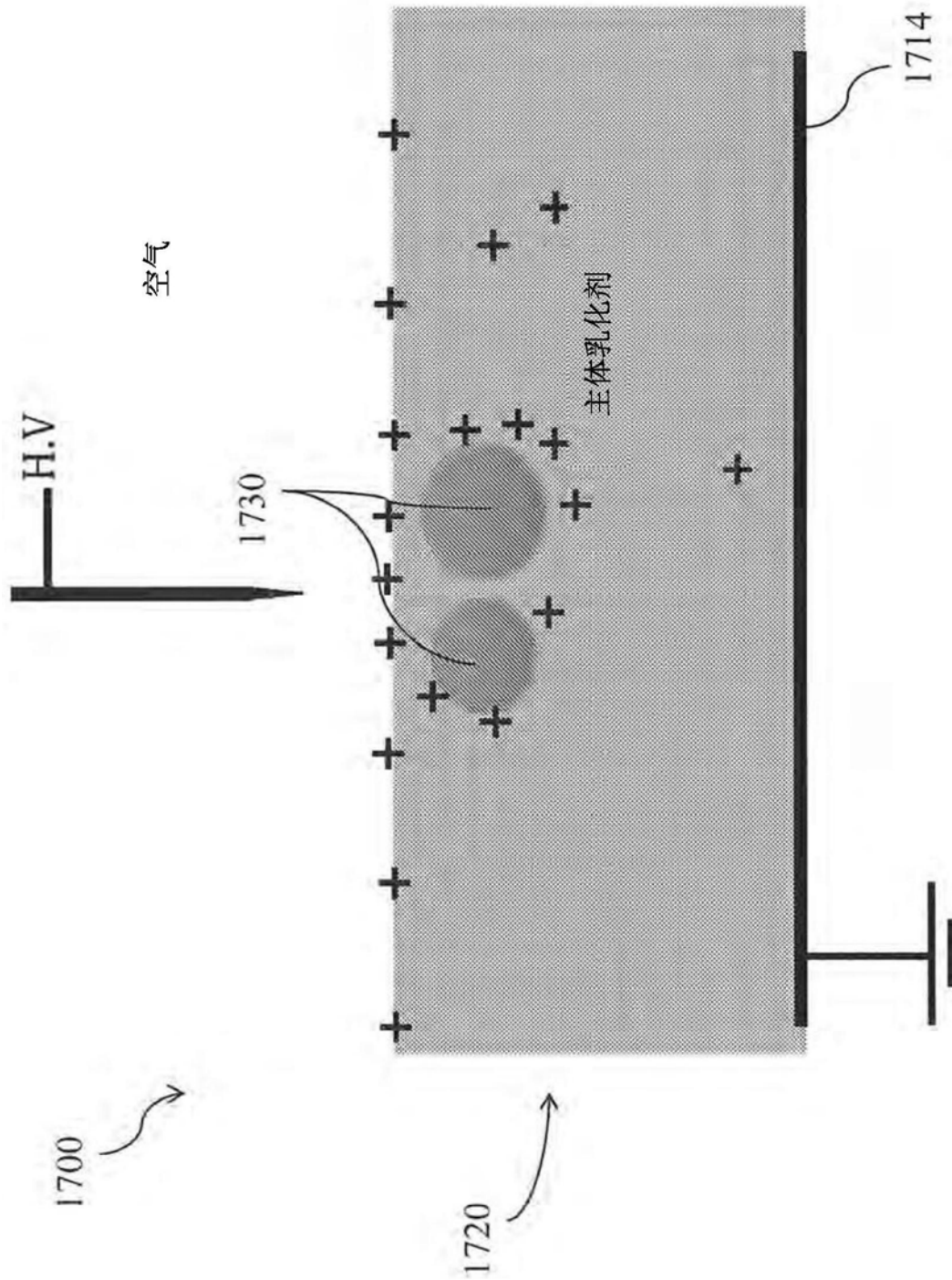


图17

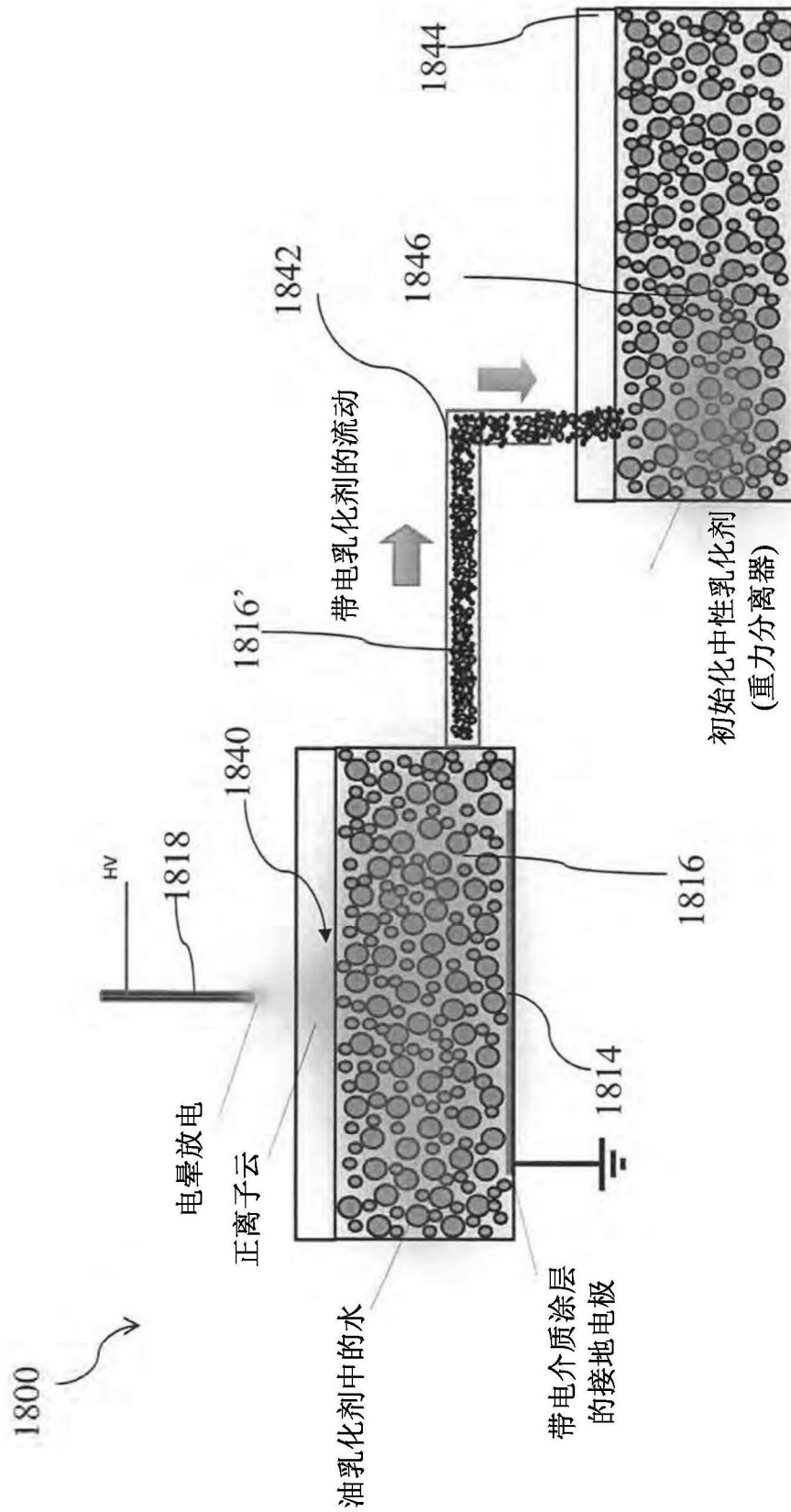


图18

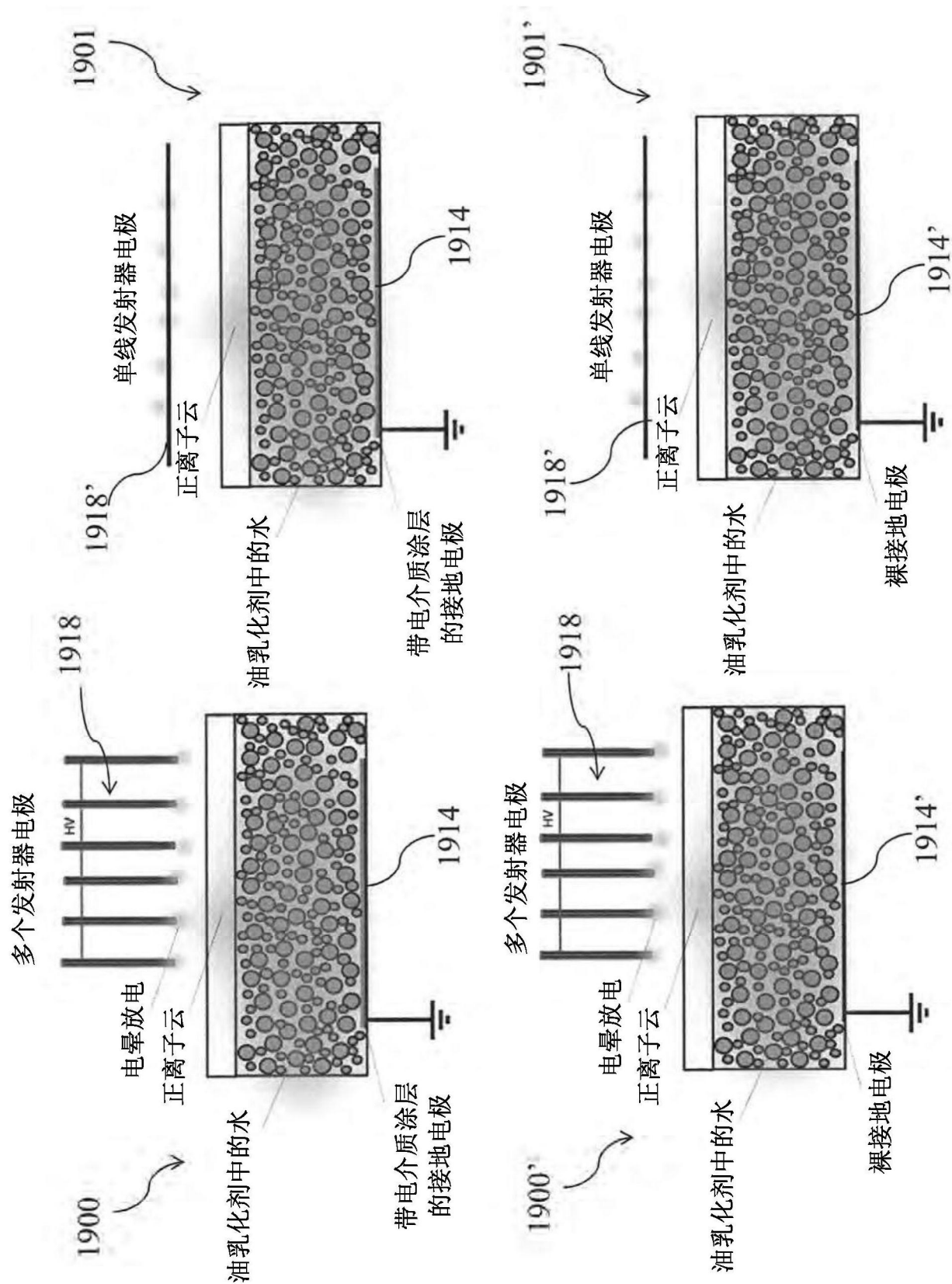


图19

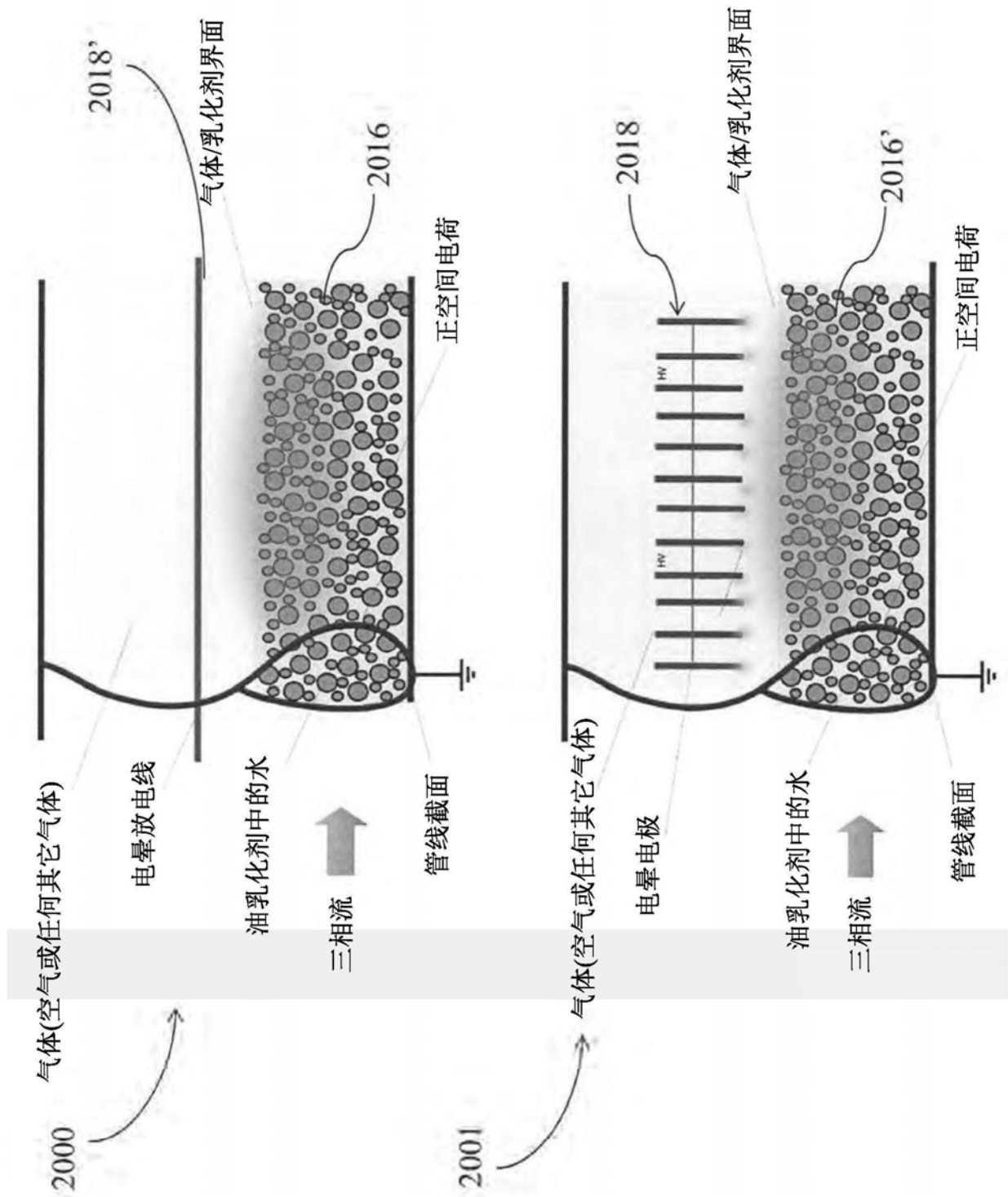


图20

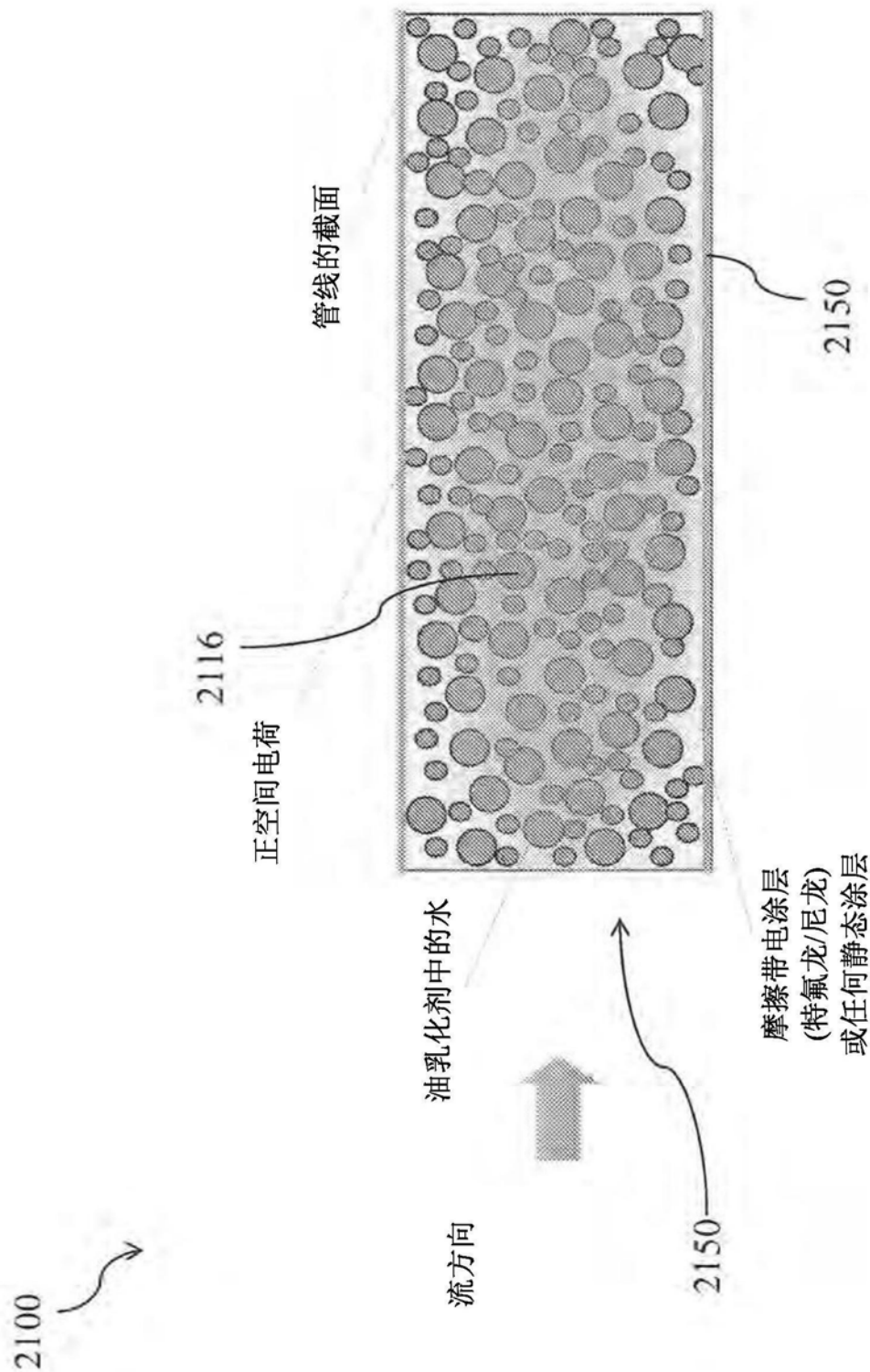


图21

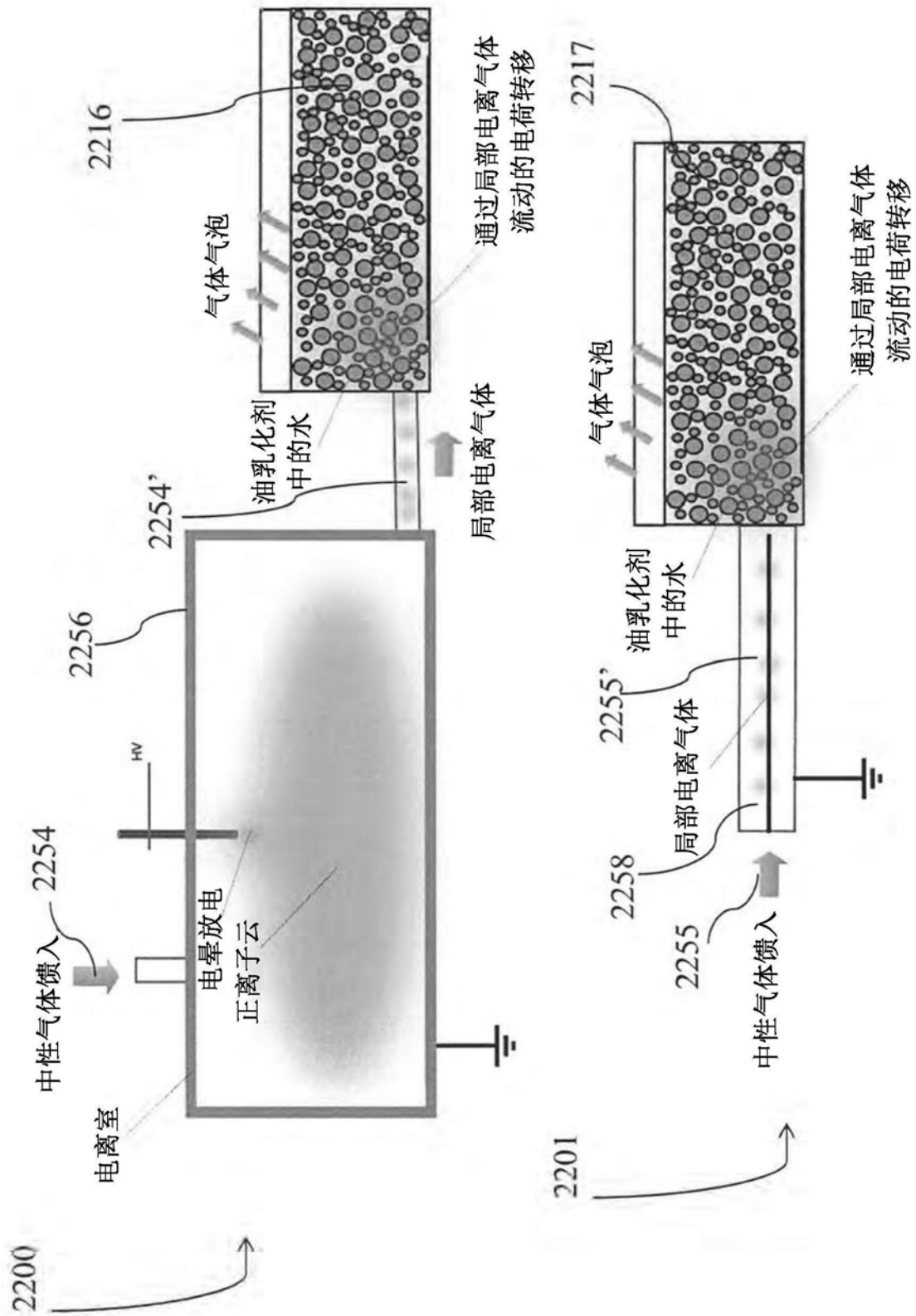


图22