



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103370119 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201280008831. 2

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

(22) 申请日 2012. 02. 13

代理人 宋莉

(30) 优先权数据

61/463, 194 2011. 02. 14 US

61/626, 493 2011. 09. 27 US

(51) Int. Cl.

B01D 47/00 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 08. 14

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2012/000083 2012. 02. 13

(87) PCT申请的公布数据

W02012/112224 EN 2012. 08. 23

(71) 申请人 韦斯特克环境方案有限责任公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 C. 杜根 R. J. 佩莱格林

W. L. 哈格罗夫 Z. B. 刘

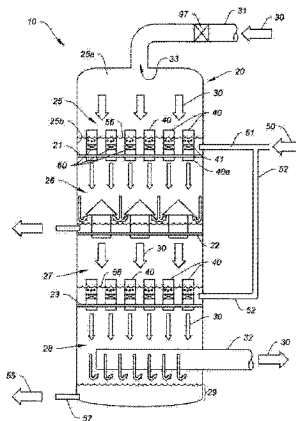
权利要求书3页 说明书14页 附图25页

(54) 发明名称

吸收器

(57) 摘要

提供吸收器,其利用溶剂泡沫以例如从流动气流如来自化石燃料发电厂的烟道气吸收例如所选择的组分如CO₂。在一个实施方式中,溢流管气体吸收器利用延伸跨越反应室的隔板。该板携带多个垂直吸收管,所述吸收管各自携带多个间隔开的筛子。输入气流向下且以相等的速度流过该管。溶剂向下注入该管中。筛子阵列形成泡沫并且迅速地且反复地使泡沫的泡破裂,形成迅速变化的吸收表面。第二实施方式利用无隔板的全直径筛子。一个选项是使用脊形筛子以实现溶剂脉冲,增加效率。公开了垂直和水平反应室两者。



1. 从输入流动气流吸收所选择组分的方法,其中所述吸收跨越含水泡沫的表面发生,所述含水泡沫包括用于所述所选择组分的液体溶剂,所述泡沫与由使在所述泡沫的泡破裂形成的无数微滴混杂,该方法包括使所述气流流入反应容器的第一室的步骤,其中所述第一室具有用于所述流动气流的入口端和用于所述流动气流的出口端,所述出口端具有跨越反应容器延伸的隔板以将所述第一室与所述反应容器的相邻第二室分开,和其中多个吸收管延伸穿过所述隔板且在所述第一室和所述第二室之间提供流体连通,该方法特征在于以下步骤:

在所述吸收管的每一个中和跨越所述吸收管的每一个提供多个网组件,各吸收管的网组件是沿着各个相应的所述管的长度相互间隔开的;

将在所述第一室中的所述流动气流充分加压以导致所述流动气流分成以基本上相同的流量流入所述吸收器管的每一个中的多个独立气流;和

将所述液体溶剂注入所述吸收管的每一个中,由此当所述气流流过所述吸收管时,在所述吸收管的每一个内形成所述含水泡沫,使得所述筛子组件使在所述泡沫中的泡破裂且形成许多不同半径的微滴,由此产生用于所述吸收的迅速变化的表面区域。

2. 权利要求 1 的方法,其中所述网组件包括脊形筛子,该方法进一步特征在于以下进一步的步骤:

在所述吸收器管的至少一些中导致周期性溶剂脉冲,由此所述所选择化合物的所述吸收响应于所述周期性溶剂脉冲而增强。

3. 权利要求 1 的方法,其中所述反应容器是垂直定向的容器,和其中所述气流向下游过所述反应容器。

4. 权利要求 3 的方法,其中所述液体溶剂向下移动通过所述反应容器。

5. 权利要求 1 的方法,其中所述反应容器是水平的。

6. 权利要求 1 的方法,其中所述网组件各自包括波状筛子的阵列。

7. 权利要求 6 的方法,其中所述波状筛子各自具有波状的轴,和其中相邻波状筛子的轴偏移。

8. 权利要求 7 的方法,其中所述相邻波状筛子的轴偏移 60° 到 80° 。

9. 权利要求 2 的方法,其中所述筛子具有丝且具有多个脊,和其中所述筛子的丝的轴与所述脊的轴偏移 45° 。

10. 权利要求 1 的方法,其中所述吸收管各自是文丘里形的,且具有在文丘里管的喉管中形成的孔,和其中液体溶剂注入通过所述孔进入各个所述吸收管中。

11. 用于经由以下方法从气流吸收所选择组分的装置,

在所述方法中所述吸收跨越泡沫的表面发生,该泡沫包括用于所述所选择组分的液体溶剂,所述泡沫与通过使所述泡沫中的泡破裂形成的无数微滴混杂,该装置包括反应容器,所述反应容器具有通过延伸跨越所述反应容器的隔板分开的所述第一室和第二室,所述室流体连接到用于所述气流流入所述第一室的气体入口,该装置特征在于:

离散的垂直定向的吸收管的阵列,其携带在穿过所述隔板形成的各流动口中,各个所述吸收管延伸通过所述隔板进入所述第一室以限定用于所述气流从所述第一室流入所述第二室的各导管,设置所述流动口和吸收管的尺寸和位置以使从所述第一室向下穿过各个所述吸收管进入所述第二室的所述气流的流动速度相等,

多个垂直间隔开的网筛,其设置在所述吸收管的每一个中,在各吸收管中的网筛在各个所述管的侧壁之间横向延伸,

用于将所述液体溶剂注入各个所述吸收管的工具;和

用于使所述第一室中的所述气流加压以由此在所述第一室中引起背压的工具,这又导致所述气流以基本上相等的流量通过所述吸收管的每一个流入所述第二室。

12. 权利要求 11 的装置,其中所述反应容器是垂直容器,和其中所述气流向下流过所述反应容器。

13. 权利要求 11 的装置,其中所述用于将液体溶剂注入各个所述吸收管的工具将溶剂向下注入各管。

14. 权利要求 11 的装置,其中所述用于将液体溶剂注入的工具包括在所述隔板上方和在所述吸收管之间的溶剂储器。

15. 权利要求 11 的装置,其中所述反应容器是水平容器。

16. 权利要求 11 的装置,其中所述多个网筛各自是波状筛子。

17. 权利要求 16 的装置,其中所述波状筛子各自具有波状的轴,和其中相邻波状筛子的轴偏移。

18. 权利要求 17 的装置,其中所述相邻波状筛子的轴偏移 60° 到 80° 。

19. 权利要求 11 的装置,其中所述多个网筛各自是脊形筛子,且所述装置进一步包括:用于在所述反应容器中引起溶剂脉冲以增加所述所选择组分的吸收效率的工具。

20. 从输入流动气流吸收所选择组分的方法,其中所述吸收跨越含水泡沫的表面发生,所述含水泡沫包括用于所述所选择组分的液体溶剂,所述泡沫与由使在所述泡沫的泡破裂形成的无数微滴混杂,该方法包括使所述气流流入反应容器的第一室的步骤,其中所述第一室具有用于所述流动气流的入口端和用于所述流动气流的出口端,所述出口端具有跨越反应容器延伸的隔板以将所述第一室与所述反应容器的相邻第二室分开,其中多个吸收管延伸穿过所述隔板且在所述第一室和所述第二室之间提供流体连通,和其中所述吸收管各自垂直地延伸并携带跨越各个所述管横向延伸的一系列垂直间隔开的脊形筛子,该方法特征在于以下步骤:

将在所述第一室中的所述气流充分加压以导致所述流动气流分成以基本上相同的流量流入所述吸收器管的每一个中的多个独立气流;

将所述液体溶剂注入所述吸收管的每一个中,由此当所述气流流过所述吸收管时,在所述吸收管的每一个内形成所述含水泡沫,

使所述溶剂在所述脊形筛子上积累,由此导致所述气流通过所述筛子的开口部分的速度增加和在所述筛子下的湍流增加,

使所述积累的溶剂周期性地从所述脊形筛子分离且进入所述湍流气体流动,由此产生进入所述流动气流的溶剂脉冲,凭此增加所述所选择组分的吸收效率。

21. 从输入流动气流吸收所选择组分的方法,其中所述吸收跨越含水起泡泡沫的表面发生,所述含水起泡泡沫包括用于所述所选择组分的液体溶剂,所述泡沫与由使在所述泡沫的泡破裂形成的无数微滴混杂,该方法包括使所述气流向下流入垂直延伸的反应容器中的步骤,其中所述反应容器具有用于所述流动气流的上入口和用于所述流动气流的下出口,和其中所述反应容器携带跨越所述反应容器横向延伸的一系列多个垂直间隔开的脊形

筛子,该方法特征在于以下步骤:

对所述反应容器中的所述流动气流加压;

将所述液体溶剂注入所述反应容器,由此当所述气流流过所述脊形筛子时在所述脊形筛子表面附近形成包括所述溶剂的所述含水泡沫,

使所述溶剂在所述脊形筛子上积累,由此导致所述气流穿过所述筛子的开口区域的速度增加和在所述筛子下的湍流增加,和

使所述积累的溶剂周期性地从所述脊形筛子分离且进入在所述筛子下的所述湍流气体流动中,由此产生进入所述流动气流的溶剂脉冲,凭此增加所述所选择组分的吸收效率。

22. 权利要求 21 的方法,其中所述脊形筛子具有方形横截面。

23. 权利要求 21 的方法,其中所述脊形筛子具有矩形横截面。

24. 权利要求 21 的方法,其中所述脊形筛子具有圆顶形横截面。

25. 权利要求 21 的方法,其中所述脊形筛子具有截锥形横截面。

26. 权利要求 21 的方法,其中所述脊形筛子具有倒截锥形横截面。

27. 用于经由以下方法从气流吸收所选择组分的装置,在所述方法中吸收跨越泡沫的表面发生,该泡沫包括用于所述所选择组分的液体溶剂,所述泡沫与通过使所述泡沫中的泡破裂形成的无数微滴混杂,该装置包括具有形成反应室的顶部、底部和侧壁的、垂直定向的反应容器,所述室流体连接到用于所述气流向向下流入所述反应室的气体入口,该装置特征在于:

用于将液体溶剂向下分布到所述反应室中的工具,

在所述反应室中的多个垂直间隔开的筛子,其中所述筛子各自从侧壁水平延伸到侧壁,跨越所述反应室的垂直横截面。

28. 权利要求 27 的装置,其中所述反应容器是圆柱形的,和其中所述筛子各自延伸所述容器的全直径。

29. 权利要求 28 的装置,其中所述筛子各自是脊形筛子。

30. 权利要求 29 的装置,进一步包括用于在所述反应室中产生周期性溶剂脉冲的工具。

吸收器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2011 年 2 月 14 日提交的美国临时申请序列号 61/463, 194 和 2011 年 9 月 27 日提交的美国临时申请序列号 61/626, 493 的权益和优先权。

背景技术

[0003] 典型的现有技术吸收器利用本文中描述为静态的、固定的表面区域, 其上发生吸收。例如, 通常的吸收器设计是“成形填料 (packing)”设计。在该设计中, 具有复杂表面形状的填料单元置于固定尺寸的室中。典型地使液体溶剂向下流动并润湿所述单元的固定尺寸的外表面。这提供大的用于溶剂和气体之间的传质的表面区域。然后驱动气体向上通过该填料, 且气体的所选择组分吸收到溶剂的表面中。填料的表面区域保持固定且静态。三种商业型填料是无规的、规整塔盘和喷雾塔。固定和静态的表面区域是现有技术的主要缺陷。

[0004] 已知吸收器的另一通常缺陷是其中两种流体相互表面接触的时间量相当短。现有技术设计典型地使用逆流布置, 其中在以上特定形状的填料实例中的溶剂向下流动且气体向上流动。逆流技术用于使两种流体之间的浓度梯度最大化, 但是具有其中两种流体的表面接触的时间最小化的固有缺陷。

[0005] 这些常规填料的进一步缺陷是促进吸收过程所需的显著的填料高度。大多数现有技术吸收器的进一步缺陷是: 它们在其构造中需要相对昂贵的材料。促进吸收所需的这些填料的大表面区域也使它们对结垢敏感, 其中表面可变得被污垢、来自气体或液体的杂质或来自吸收本身的沉淀产品弄脏。

[0006] 本发明克服现有技术的全部以上缺陷。

发明内容

[0007] 本发明不仅克服现有技术的以上缺陷; 申请人还识别 (确认) 以下描述为“溶剂脉冲”的流体动力学现象。该现象显著增强本文中描述的吸收器中的吸收效率。

[0008] 与使用现有技术的静态的、固定的表面区域相反, 本发明对于给定体积产生动态的、迅速变化的、大的表面区域。有意使溶剂的泡 (bubble) 和滴 (droplet) 破裂, 并且以快速的速率形成和打碎溶剂的泡和滴。目的是形成最小泡、滴和微滴的尽可能最密集的阵列, 和重复地、迅速地且猛烈地使它们各自破碎或碎裂。传质表面大大地增加且不断地更新, 由此在吸收器反应室的给定体积内使传质 (或吸收) 最大化。接触环境范围为从具有在高频率下重组的微泡沫基体的含水 - 泡沫塔、到在高频率下从微泡沫基体到通过使泡破裂推动的抛射喷雾交替的瞬时泡沫、到具有分离膜破裂和冲击碎裂的剪切 - 喷雾。与常规的气体 / 液体吸收器相比, 这些动态传质过程各自提供高的反应物表面区域和吸收效率的显著增加。

[0009] 本发明使用筛子或文丘里管以使溶剂泡沫碎裂成无数滴, 这产生非常大的用于传质的表面区域, 该表面由溶剂本身构成。但是代替在有限空间中使小滴保持完整 (这将产

生与现有技术设备类似的相对静态的、固定的表面区域), 本发明以快速的速率连续地且猛烈地使所述滴碎裂和重组。还形成泡, 又使所述泡破裂, 从各破裂泡形成数千微观的滴, 由此进一步增加液体溶剂的有效(活性, active)表面区域。液体溶剂的表面的该高频率且连续的再生是本发明的重要方面。在小的体积内产生巨大的反应表面。反应表面连续地且猛烈地破裂和重组以使传质效率最大化。

[0010] 本发明还与现有技术明显不同在于: 它通过使用与逆流技术相反的并流技术使气体和溶剂之间的接触时间段最大化。通过使接触时间段最大化, 我们自然地使吸收过程的效率最大化。通过在过程中使用多段可进一步延长接触时间段。

[0011] 都为了传质的目的, 本发明通过连续地且迅速地再生溶剂的表面区域(在给出的实例中) 而对于其中气体和溶剂相互接触的整个时间段跨越溶剂的整个表面保持最大化的浓度梯度。任何给定的滴或泡将立刻跨越其整个表面与气体相互作用, 和然后随着液体被迫使通过筛子, 气泡破裂, 许多滴碎裂成微滴, 一些滴聚结且然后重组。每次重复该过程, 新鲜形成的表面提供新的溶剂表面区域以与气体以最大化的浓度梯度相互作用, 因为泡、滴和微滴的表面不保持完整足够长以变得被从气体除去或吸收的组分饱和。

[0012] 除了以上优点, 申请人已经识别在本文中称为“溶剂脉冲”的流体动力学现象, 这显著增加吸收效率。尽管总的液体-气体摩尔流量比与常规的接触器相当, 但在本吸收器中的溶剂体积流量不是恒定的。相反, 溶剂体积流量最初低, 且溶剂的一部分在本文中所述的脉冲筛子中积累。当达到临界饱和度时, 积累的溶剂的大部分以脉冲在高的体积流量下向下游行进。在脉冲后, 溶剂体积流量再次为低的, 直到另一脉冲发生。这无限重复。该脉冲是有益的, 因为在与常规塔类似的流量和液体-气体比下, 对于液体的雷诺数稳固地(squarely) 使其处于层流状态。然而, 因为吸收器经历脉冲现象, 因此它在脉冲期间大大地增加体积流量, 使其更符合湍流。存在许多文献显示湍流导致更好的混合。而且, 高速摄影显示脉冲增强微泡沫的形成。还存在文献显示泡沫和泡结构增加接触区域。利用并流和筛子的几何形状容许这些重要的溶剂脉冲发生。

[0013] 本发明还与现有技术明显不同在于: 可使用较少的材料以制造本发明的吸收器。

[0014] 本发明相对于现有的吸收器系统还具有显著的改进。这样的吸收器的固有缺陷是吸收器的效率和物理尺寸。随着液流向下游通过填料, 任何在填料中的不均匀性或液体在填料上的分布不均或吸收器本身不是完全水平的将导致液体的沟流(channeling)。该沟流或分布不均将减少可用于传质的填料的有效表面区域, 由此降低吸收器的效率。为防止这个, 填料床高度限于 5 到 10m 且在填料区之间需要用于气体和液体的再分布器。

[0015] 本发明包括除去“沟流”且还同时增加吸收器的效率并允许吸收器为任何形状的技术。本发明利用在反应室中策略性地布置的管的阵列; 该管迫使气流将其自身分成更小的、大小相等的次级流以流过该管的阵列。该技术导致气流和液流的所有部分相等地分布, 由此消除与常规吸收器有关的沟流或分布不均的问题且允许比使用常规填料的吸收器显著更大直径的吸收器。这些管可为圆的、方形的、多面的或几乎任何几何形状。

[0016] 该技术的进一步实施方式涉及使用文丘里管代替上述筛子或其它技术。在文丘里管的情况中, 随着气体通过文丘里管的喉管, 发生压降。在喉管中的该低压区域将使溶剂从周围的溶剂储器中沉下。气体通过文丘里管的速度将导致溶剂喷入文丘里管中。液体进一步碎裂或打碎成滴和微滴可通过在文丘里管的喉管中放置静态的叶片或筛子而引起。这将

提供其上液体将冲击并打碎或破裂为滴和微滴的表面区域。随着气体离开文丘里管,速度将降低且将恢复一些压降。

[0017] 在又一实施方式中,该管可完全地被波状和 / 或平坦筛子的连续填料代替,其填充吸收器容器的全直径。这些“填料”将通过支承环和栅板固定就位,和使用许多常规液体分布器的任一个使溶剂均匀分散到填料的顶上。

[0018] 就申请人所知,将以上技术组合一起使用首次提供可实际上与任何气体和液体一起使用的通用吸收器。以下的组合使用导致形成克服现有技术吸收器中的上述缺陷的新型通用吸收器:

[0019] • 通过迅速地且连续地形成滴和泡、使泡破裂和使滴碎裂或打碎以形成进一步的微滴而产生的连续再生的反应表面区域;

[0020] • 在整个反应时间段期间在整个反应表面上保持最大化的浓度梯度;通过利用并流使反应时间段最大化;和

[0021] • 利用“溶剂脉冲”以增加效率。

[0022] 本发明的主要目的是提供利用前面段落中描述的特征的一些或全部以改善吸收效率的吸收器。

[0023] 在替换的实施方式中,在反应室中使用适当放置的管的阵列以防止羽流的沟流,增加总体效率,和允许利用大的、有效的泡沫反应室(对于圆柱形室,直径超过 15 米)。

[0024] 本发明的进一步目的是提供能与大的反应室一起使用但是可消除沟流的吸收器。其它目的将从以下描述和附图变得明晰。

附图说明

[0025] 图 1 是以截面图显示的在本文中称为“溢流管气体吸收器 (FTGA)”的吸收器的示意图。

[0026] 图 2 显示单个波状筛子;

[0027] 图 3A 显示单个波状或脊状筛子;

[0028] 图 3B 显示多个波状筛子;

[0029] 图 3C 显示两个文丘里形的吸收管;

[0030] 图 3D 显示吸收器管中的多个正弦曲线形筛子;

[0031] 图 3E 显示将波状筛子与矩形横截面筛子一起使用的筛子填料;

[0032] 图 3F 显示具有不重合的正弦曲线波状筛子的筛子填料;

[0033] 图 3G 显示具有各筛子的可变的丝间距的筛子填料;

[0034] 图 3H 显示具有圆顶形波状筛子的筛子填料;

[0035] 图 3K 是具有截锥形横截面的筛子的透视图;

[0036] 图 3L 是具有三个垂直间隔开的筛子组件的吸收器管的横截面;

[0037] 图 4A 显示具有一排矩形孔的吸收器管;

[0038] 图 4B 说明其顶部对齐的两个管;

[0039] 图 4C 显示具有带缺口的顶端的吸收器管,溶剂在所述带缺口的顶端上流动;

[0040] 图 4D 显示在其侧壁中在水平线上形成的一系列孔的吸收器管,溶剂流过所述孔;

[0041] 图 4E 显示具有垂直间隔开的两排水平孔的吸收器;

- [0042] 图 5 是其中采用“全直径”筛子填料的替换吸收器的示意性横截面；
- [0043] 图 6 显示在图 5 的吸收器中采用的筛子填料；
- [0044] 图 7 是具有水平反应室的替换吸收器的示意性横截面；
- [0045] 图 8 是显示替换的水平反应室的进一步实施方式的示意性横截面；
- [0046] 图 9 说明利用加压溶剂的替换吸收器设计；
- [0047] 图 10 是替换实施方式的示意性横截面,其中没有利用吸收器管或隔板 (bulkhead plates) ;相反地,常规的溶剂分布器将溶剂提供到多个间隔开的方形筛子；
- [0048] 图 11A-11F 说明“溶剂脉冲”技术如何具有动态的、迅速改变的吸收表面；
- [0049] 图 12-18 说明可与本文中描述的吸收器一起使用的多种筛子横截面设计。
- [0050] 图 19A-19F 说明溶剂如何积累且如何产生溶剂脉冲的一种理论 ;和
- [0051] 图 20A-20E 说明溶剂如何积累且如何产生溶剂脉冲的第二种理论。
- [0052] 附图的详细说明

具体实施方式

[0053] 图 1 显示本发明的第一实施方式,在本文中称为“溢流管气体吸收器”(FTGA)。它包括反应或吸收器容器 20,其如所示的为圆柱形、垂直延伸的容器,其在一些应用中直径可超过 15 米。反应或吸收器容器 20 实际上可为任何形状,且具有圆形、椭圆形、矩形、多面形或其它形状的横截面。

[0054] 输入流动气流 30 如来自化石燃料发电厂的烟道气流入连接到在容器 20 的顶部或上端处的入口 33 的入口管 31。气流 30 包含待吸收的所选择组分,如 CO_2 ,例如在烟道气流的情况中。输入流动气流 30 向下流动通过反应或吸收器容器 20,且在进行本文中所述的吸收过程之后,通过出口管 32 排出。

[0055] 反应容器 20 具有通过水平延伸跨越垂直反应容器 20 的隔板 21 分开的第二室 26。第一室 25 流体连接到气体入口管 31 以允许加压气流 30 流入第一室 25。隔板 21 延伸跨越第一室 25 的出口端 25b 以将第一室 25 与相邻第二室 26 分开。

[0056] 多个离散的、垂直定向的吸收管 40 或离散的、垂直定向的吸收管 40 的阵列被携带在穿过隔板 21 形成的各流动口 40a 中。吸收管 40 各自延伸穿过隔板 21 进入第一室 25 以限定用于气流 30 从第一室 25 流入第二室 26 的各导管。这些管是许多可能的几何形状中的任一种。设置流动口 40a 和吸收管 40 的尺寸和位置以使从第一室 25 向下穿过各吸收管 40 进入第二室 26 的气流 30 的流动速度相等。

[0057] 风机 97 构成用于对第一室 25 中的气流 30 加压以在室 25 中引起背压的工具,这又导致气流 30 以基本上相同、相等的流量流过各吸收管 40 进入第二室 26。

[0058] 如图 1 中所示,任意的第二隔板 23(与板 21 相同)安置于第一隔板 21 下方以形成另外一组室 27 和 28,其与室 25、26 相同。

[0059] 离散的、垂直定向的吸收器管 40 的阵列被密集安装到且携带在隔板 21 和 23 中的流入口 40a 中。气体吸收器管 40 垂直于板 21、23 且与容器 20 的垂直轴平行地安装。在各段上所需的气体吸收器管的数目取决于气体和液体流动。各段可包括一个管或成千上万个管。吸收管 40 各自延伸穿过隔板 21 以限定用于气流 30 从第一室 25 流入第二室 26 的各导管。设置管 40 和携带管 40 的口 40a 的尺寸和位置以使从第一室 25 向下穿过各管到第

二室 26 的气流 30 的流动速度相等。

[0060] 贫液体溶剂通过入口管线 51 供给到在板 21 上方的吸收器中以充满在隔板 21 上方且在管 40 之间的空间,形成溶剂储器 56。液体溶剂 50 可为能够吸收所选择组分(在给出的实例中为 CO₂)的任何溶剂。各管 40 携带有以下所述的筛子组件 60。于是,溶剂注入通过孔和/或缝 41 进入各管 40 中到筛子组件(或泡沫发生器)60 上以与气流 30 混合和建立泡沫的滴和泡(为清楚起见,两者未示出)。或者,溶剂可简单地在吸收器管的顶部上流动,取消对孔或缝的需求。在这些情况中,管的顶部可具有缺口(图 4C)以允许溶剂在设定点处排入管或管唇中可甚至在管的整个顶部上产生均匀的溶剂流动。这些技术各自将液体溶剂注入各吸收管 40 中且通过设置在各管 40 中的多个网筛 60,以随着气流 30 流过管 40,在吸收管 40 各自内部由所述液体溶剂形成含水的起泡泡沫。各网筛在各管 40 的侧壁之间横向延伸。

[0061] 各管装备有如后所述的筛子的阵列。这些筛子用于使含水泡沫中的泡破裂、打碎、碎裂或破碎为无数不同半径的滴和微滴,其产生非常大的、迅速变化的溶剂表面,如美国专利 No. 7, 854, 791 中详细描述,其引入本文作为参考。在管 40 内可使用如图 3B、3D-3L、6、10A 所示的筛子组件。那些组件各自具有多个垂直间隔开的网筛。各筛子可具有图 12-18 中所示的横截面的任一种、以及如下所述的任何脊形筛子。

[0062] 可通过本文中所述的多种技术进行将溶剂注入各吸收管中,所有技术将在各吸收管中形成含水泡沫,以筛子组件导致所述泡沫中的泡重复地破裂、重组和破裂以形成许多不同半径的微滴的方式,由此产生用于吸收的迅速变化的表面区域。

[0063] 在一些情况中,为了向各段传递最贫的溶剂,贫溶剂可直接供给到各段(管线 52)。在这种情况下,存在对各段的独立的贫溶剂供应管线和在各吸收器段下的独立的脱水段。

[0064] 在需要气体和液体分离时,多个液体/气体分离器直接安装在管下面。显示这些分离器的一种可能形式,但是存在其它形式。通过液体/气体分离器的通道在吸收器容器的初始排水室 26 和下一吸收器段 27 之间建立流体(气体)连通。在该步骤中,液体落下并沉降到分离器之间的空间中且然后可作为连续液流通过富溶剂排出管线 53 排出以再生为贫溶剂。气体 30 又通过分离器管并进入下一吸收器段中。在各吸收器段之后除去液体吸收剂的需要取决于各应用的要求。

[0065] 在另外的情况中,所有的贫溶剂将经由在吸收器顶部处的单一管线进入吸收器,且通过吸收器的多段以在吸收器的底部或吸收器池处被除去。

[0066] 离开该管的气体和液体流入吸收器中的下一段中。

[0067] 在其中不需要除去液体吸收剂的应用中,来自第一段的部分地用过的吸收剂将落入下一段的液体吸收剂储器中,且又进入气体吸收器管。

[0068] 最终的脱水段 28 包括在容器 20 的底部中的富溶剂储器 29。水平的气体出口管 32 突出穿过最终脱水室中的容器壁以允许气体 30 离开吸收器容器 20。

[0069] 新鲜溶剂或贫溶剂 50 通过入口管线 51 和在多段的情况中通过管线 52 等传递到吸收器。

[0070] 富溶剂 55(已用于从气体吸收组分的溶剂)通过在容器 20 的底部的排放口 57 离开并导向溶剂再生系统,所述溶剂再生系统不是本专利申请的主体。

[0071] 溶剂再生系统使用热和 / 或真空以使已从气流中除去的组分从溶剂清除,使得再生溶剂又可在吸收器中再利用。

[0072] 图 2 说明以下显示和描述的可用作平坦筛子的替换物的单一的、圆形波状筛子 67。

[0073] 图 3A 说明圆形筛子 68。网丝 68a 和 68b 是彼此垂直编织的且具有直线轴 A-A 和 B-B。在筛子 68 中形成脊 68c、68d 和 68e,具有轴 C-C。脊 68c-68e 的 C-C 轴优选分别与筛丝 68a 和 68b 的直线轴 A-A 和 B-B 形成 45° 角。

[0074] 图 3B 显示其中使用波状筛子 167a-167e 的筛子组件 160。该组件可由平坦或波状筛子或两种类型的组合构成。值得注意的是,在筛子 167a-167e 中的波状的轴是相对于彼此旋转的。例如,筛子 161b 的波状的轴 X-X 相对于筛子 161a 的波状的轴 Y-Y 逆时针旋转约 45° 。优选地使相邻的筛子偏移或旋转,使得它们的旋转轴偏移 45° 到 90° ,且最优选 60° 到 80° 。

[0075] 图 3C 显示其中筛子与文丘里管 95 一起使用的进一步变型。文丘里管在喉管 96 内产生低压区域。喉管周围的孔 97 允许积累的溶剂 50 以喷雾的形式吸入喉管区域中。额外的设备可安装在文丘里管的喉管中以促进该喷雾效果。这将产生无数滴和由此产生用于传质的高表面区域。筛子 60 的阵列安装在文丘里管 95 的下部 98 内。

[0076] 图 3D-3L 显示在各吸收器管 40 中携带的筛子组件或筛子填料的多种设计原理。值得注意的是,筛子组件的设计将取决于具体应用而变化。以下显示和描述了设计变量的一些。

[0077] 图 3D 显示多个波状网筛,61a、61b、61c 各自具有大体正弦曲线的横截面,其中在阵列中的各筛子相同,其中波状是对齐的,筛子通过外周间隔物 66 分开(与多孔板相反),且其中各筛子的筛丝之间的间距是均匀的。

[0078] 图 3E 显示其中正弦曲线波状筛子 61d、61e 与矩形波状筛 61f 一起使用的筛子填料 60a,这里筛子通过间隔物 66 分开。

[0079] 图 3F 显示其中正弦曲线波状筛子 61g、61h 和 61k 相对于气流 30 的流动路径有意地不重合或偏移且通过外周的间隔物 66 分开的筛子填料 60b。

[0080] 图 3G 显示其中正弦曲线波状筛子 61m、61n、61p 对齐的筛子填料 60c,但是其中筛丝之间的间距在吸收器管的中心附近更紧密且在吸收器管的侧壁附近更大以有助于使在各吸收器管的横截面上气流 30 的流速相等。

[0081] 图 3H 说明利用通过外周的或圆周的间隔物 66 分开的大体上“圆顶形”的波状筛子 61q、61r、61s 的筛子填料 60d。

[0082] 图 3K 和 3L 说明替换的筛子设计,其中图 3L 的筛子 69 具有图 3L 中所示的横截面。横截面包括截断的三角形 69a 和 69b 的样式,其提供强度以及大的表面区域以使泡和滴的破裂或碎裂最大化。

[0083] 图 2 到 3L 中所示的筛子(或网)和筛子(或网)组件形成或产生溶剂泡沫并且导致泡沫中的泡破裂和形成许多不同半径的微滴,产生用于吸收的迅速变化的表面区域。

[0084] 图 4A-4E 说明多种吸收器管设计。这些吸收器管各自可与吸收器管内的多种筛子组件设计一起使用。与溶剂储器 56(图 1)一起工作的这些管设计各自包括用于使液体溶剂 50 向下注入各吸收管 40 中的工具。

[0085] 图 4A 说明具有在其侧壁中形成的一排矩形缝 941 的管 940 ;溶剂通过缝流入管 940。筛子组件 960 安装在排 941 下方的管 940 内。

[0086] 图 4B 说明吸收器管 540 设计,其中管 540 的顶部水平地对齐,且溶剂简单地流入各管的顶部,如图 4B 中的插入图所示的。

[0087] 图 4C 说明两个吸收器管 540,其中在管的顶部中形成缺口,允许溶剂通过缺口流入管内。管 540 在反应容器 520 中延伸在隔壁 521 上方。

[0088] 图 4D 说明在管的侧壁中形成有孔 741 的管 740 ;溶剂通过孔 741 流入管 740。具有三个波状筛子 761a、761b 和 761c 的筛子组件 760 安装在孔 741 下方的管 760 内。

[0089] 图 4E 说明管 840,其具有垂直间隔开的两排水平孔 841a 和 841b。筛子组件 860a 和 860b 分别安装在排 841a 和 841b 下方的管 840 内。

[0090] 在又一实施方式中,管可完全地被波状和 / 或平坦筛子的连续填料代替,其填充吸收器容器的全直径。这些“填料”通过支承环和栅板固定就位,且使用许多常规液体分布器的任一个使溶剂均匀地分散到填料的顶部上。该实施方式在本文中称为“全直径筛子”实施方式,并且如下图 5 中所示。

[0091] 图 5 显示气流 230 流过其的反应容器 220。不是使用如图 1 中所示的吸收器管 40 的阵列,图 5 中所示的实施方式使用其中单个筛子从侧壁 220a 延伸到侧壁 220b 的“筛子填料” 260。液体分布器 280 使溶剂均匀地分布在“筛子填料” 260 的顶部。在另外的方面中,吸收器容器 220 与图 1 的容器 20 相同。随着气体 230 流过容器 220,风机 297 对气体 230 加压。

[0092] 图 6 示意性地显示“筛子填料”260 如何安置在图 5 中所示的容器 220 的壁 220a 和 220b 之间。筛子 261a-261e 各自优选为波状的,并且波状的轴与相邻筛子偏移多达 90°。筛子 260 通过支承体 266 固定就位。

[0093] 图 7 中说明的水平流动的吸收器 310 (HFA) 是图 1 中所示的 FTGA 的替换实施方式。HFA 由具有水平直线轴的吸收器容器 320 组成。垂直于直线轴安装的隔板 321、322 将吸收器容器分成多个反应室 324、325、327 或段。风机 397 对容器 320 内部加压。

[0094] 多个气体吸收器管 340 垂直于各隔板 321、322 且平行于该容器 320 的直线轴密集地安装,形成两个气体吸收器管板 391、392。各吸收器管板 391、392 沿着吸收器容器 320 的直线轴形成额外的反应室 325、327 或段。各段上所需的气体吸收器管 340 的数目取决于气体和液体流动。各段可包括一个管或成千上万个管。吸收器管沿着吸收器容器的直线轴在第一反应室 324 和第二或下一顺序的反应室 325 之间建立流体连通。

[0095] 贫溶剂通过入口管线 351 经过管线 352、353 供给到用于吸收器的各段的进料头。

[0096] 存在由图 7 和 8 所示的两种可能的水平布置。在图 7 中,使用溢流管 340,其安装在水平面中,如对于垂直吸收器的情况一样。管 340 装配在隔壁头 321、322 中,并且通过 O-环封 390 产生气液密封 ;但可使用本领域中已知的其它密封。该头允许溶剂通过入口 351 供给到管以被加压,使得实现溶剂均匀喷入管 340 横截面中,尽管该管处于水平面中。

[0097] 该相同的加压布置也可用于垂直吸收器。

[0098] 富溶剂池 395 直接地位于各段的下游。富溶剂排出管 396 连接到池 395 以连接各段。在其中吸收器在低压下操作的情况中,需要富溶剂泵(未显示)以将富溶剂泵送到再生系统(未示出)。在吸收器在压力下操作时,富溶剂将能够在吸收器压力下流动到再生系

统。

[0099] 除雾器 385 位于最后的吸收器管板的下游。除雾器的横截面区域垂直于吸收器容器的直线轴安装。溶剂排出口位于吸收器容器的底部中,直接在除雾器下方。除雾器池 398 安装于去雾器。该池连接到富溶剂排出管 396。

[0100] 图 8 说明水平流动吸收器 410,其利用具有水平安装的管 440 的第一段 491,在各端通过 O-环(或现有技术中已知的其它密封)490 密封。隔板 421 和 422 垂直延伸跨越水平反应室 420 的横截面。进料或贫溶剂通过管线 451 供给到隔板 421 和 422 之间的区域中。风机 497 对反应室 420 加压。第一反应室 425 在吸收管 440 的上游,且第二反应室在管 440 的下游。

[0101] 优选地使用第二相同的段 492,与第一段 491 相同。

[0102] 排放口 495 将富溶剂携带到排出管线 496。去雾器网 485 安装在第二段 492 的下游。来自去雾器 485 的富溶剂在排放口中 498 收集且然后进入排出管线 496。

[0103] 图 9 说明替换的实施方式,其中可改变图 8 中吸收器管 440 的垂直布置以如图 9 中所示的具有垂直容器 1420 的管 1440 所示地使用。O-环封(或现有技术中已知的其它密封)1490 可放置或焊接在各吸收器管 1440 与隔板 1421a 和 1421b 之间。对隔板 1421a 和 1422b 之间的室 1485 加压。加压的贫溶剂通过管线 1451 供给到室 1485 中且通过管 1440 的壁中形成的开口 1441 进入吸收器管 1440 中。风机 1497 对容器 1420 加压。

[0104] 溶剂脉冲现象

[0105] 图 10A 说明本发明的实施方式,其中利用溶剂脉冲现象以增加吸收效率。概括地显示为 1310 的吸收器包括垂直延伸的反应容器 1320(图 10A 中仅显示容器 1320 的上部)。反应容器 1320 具有上入口 1331,输入流动气流 1330 流入其中。随着气流 1330 流过容器 1320,风机 1399 对气流 1330 加压。气流 1330 向下流过反应容器 1320,且在反应容器 1320 中处理之后通过下出口(未显示)排出。

[0106] 输入流动气流通过任何常规的风机 1399 或其它已知设备加压。

[0107] 反应容器 1320 携带许多垂直间隔开的脊形筛子 1360,其中各筛子横向延伸跨越所述反应容器。所述筛子从侧壁 1321 延伸到侧壁 1322,且延伸完全跨越反应容器 1320 的横截面。所述筛子被间隔物 1366 垂直间隔开。为了清楚起见,对齐地显示所述筛子,但是所述筛子优选地相对于彼此偏移。

[0108] 在容器 1320 内在容器的顶部附近安装的溶剂注入器 1355 使通过入口管线 1351 供给的液体溶剂 1350 分布。如图 13A 中所示,分布器具有星轮(spider)型头 1356,其使液体溶剂 1350a 向下分布到反应容器 1320 中。

[0109] 液体溶剂 1350a 与气流 1330 并流向下流过反应容器 1320。

[0110] 具有液体溶剂 1350a 的输入气流 1330 与筛 1360 的互相作用产生含水起泡泡沫,其与由导致在泡沫中的泡破裂形成的无数微滴混杂,如上概括描述的和在美国专利 No. 7, 854, 791 中详细描述,且为了简洁起见在此不描述。

[0111] 图 10B 说明通过公共入口管 1331a 供给的两个与图 10A 的反应容器 1320 相同的反应容器的上部。溶剂分布器 1355a 和 1355b 与图 10A 的分布器 1355 相同,并且通过供给管线 1351a 供给溶剂 1350a。图 10B 显示输入气流和溶剂可从公共导管和供给管线供给吸收器如图 10A 的吸收器 1310 的阵列。风机 1399 对气流 1330 加压。

[0112] 我们已发现：通过利用特殊设计的“脊形筛子”，与一定的输入气流的流量一起，我们已识别（确认）在本文中描述为“溶剂脉冲”的现象。该现象在以下示意性地说明和描述，且用于图 10A 和 10B 中所示的吸收器中。在本文中描述的所有吸收器中，溶剂脉冲可用作任选的特征。

[0113] 图 11A-11F 是原理简图，不是按比例，其说明在图 10A 中说明的上部 1321 中产生的“溶剂脉冲”现象。反应容器 1320 顶部附近的筛子 1360 的部分在图 11A-11F 中显示。为了清楚起见，筛子 1360 显示为对齐的，但是优选地如本文所述地偏移。

[0114] 图 11A 说明初始在系统中的溶剂流动 1355。它是以层流形式沿塔（柱）流动的溶剂滴流。

[0115] 图 11B 说明在筛子 1360a 和 1360b 上溶剂积累 1356 的开始。积累在塔的真正（绝对，very）顶部附近发生，且随着流动溶剂的一部分积累，溶剂流量 1355a 降低。

[0116] 图 11C 说明具有溶剂泡沫 1356a 的筛子 1360a、1360b 的接近饱和，其中溶剂流量最低。

[0117] 图 11D 说明所有积累的溶剂 1356b 从筛子 1360a 和 1360b 释放且以高速湍流脉冲向下游行进。

[0118] 图 11E 说明流动返回到如图 14A 中相似的形式；再一次为层流溶剂的滴流。

[0119] 图 11F 说明积累再次开始，如图 14B 中一样；和循环自身重复。

[0120] 筛子

[0121] 图 10A 和 10B 中所示的实施方式的筛子是由编织金属丝网或网筛制造的。该筛子的横截面区域垂直于吸收器管的直线轴布置，使得气体和液体顺序流过各筛子。方波形筛子由垂直的脊壁、平坦的脊顶部和平坦的谷底组成，以减少压降和增加液体-气体界面区域。该筛孔的直线轴以相对于脊的直线轴成 45 度角排列，如以上图 3A 中所示。方波形筛子增加液体滞留，并且向流场中引入湍流。方波筛子实现液体结构的脉冲、液体脉冲的充气（分解，aeration）和泡沫基体形成。各筛子的筛脊的直线轴关于各上游筛子的脊的直线轴旋转 45° 到 90°，且优选 60° 到 80°，以保持在整个反应室中在筛子的横截面区域上均匀分布的液相。紧密间隔的筛子以高频率重组反应物表面，以使暴露于目标气体的新鲜反应物表面最大化。

[0122] 在图 10A 的实施方式中，十个（10）具有 16×16 个开口/平方英寸、0.040”孔径、0.023”丝直径和 40% 开口面积的方波形筛子组件通过 0.25”厚的薄的环形间隔物隔开，所述间隔物在吸收器管的外周附近支承所述筛子。‘脉冲产生’筛子组件实现在筛子中的流体滞留和在操作条件下通过反应室的液体结构的脉冲的引发。

[0123] 在反应室的其余部分中的方波形筛子具有 14×14 个开口/平方英寸、0.046”孔径、0.025”丝直径和 42% 的开口面积，以使脉冲在比脉冲产生筛子低的压降下传播通过反应室，且允许气相和液相之间最佳的接触时间。

[0124] 脉冲如何实现

[0125] 尽管总的液体-气体摩尔流量比与常规的接触器相当，但是如本文中所述吸收器中的溶剂体积流量不是恒定的。相反，溶剂体积流量初始是低的，且溶剂的一部分在筛子中积累，如上所述。当达到临界饱和度时，积累的溶剂的大部分以脉冲在高体积流量下向下游行进。在脉冲之后，溶剂体积流量再次为低的，直到另一脉冲发生。这无限重复。

- [0126] 脉冲的筛子规格 (图 10A) :
- [0127] 开口 / 平方英寸, 丝直径, 开口尺寸, 开口面积比
- [0128] $16 \times 16 - 0.023'' - 0.040'' - 40\%$
- [0129] 在 $2.5 \text{ m/s } V_{\text{气体}}$ 下的脉冲频率 :
- [0130] 产生频率 - 约 2/ 秒
- [0131] 再生频率 - 约 60/ 秒
- [0132] 脉冲增强吸收过程至何种程度
- [0133] 该脉冲是有益的, 因为在与常规塔类似的流量和液体 - 气体比下, 对于液体的雷诺数稳固地使其处于层流状态。然而, 因为吸收器经历脉冲现象, 因此它在脉冲期间大大地增加体积流量, 使其更符合湍流。存在许多文献显示湍流导致更好的混合, 这增加传质速率。而且, 高速摄影显示脉冲增强微泡沫的形成。还存在文献显示泡沫和泡结构增加接触区域。利用并流和筛子的几何形状容许这些重要的溶剂脉冲发生。
- [0134] 用于传播的筛子规格 (图 10A) :
- [0135] 14×14 个开口 / 平方英寸、 $0.025''$ 丝直径、 $0.046''$ 开口尺寸、 42% 开口面积比
- [0136] 跨越筛子直径的约 (4 个) 脊 / 英寸 : $1/8''$ 脊和 $1/8''$ 谷,
- [0137] 例如 $-4''$ 直径筛子具有 16 个脊
- [0138] 脊高度 ... $0.275'' - 0.375''$
- [0139] 筛子通过 $0.25''$ 间隔物分开。
- [0140] 图 12-18 说明申请人认为导致“溶剂脉冲”的“脊形筛子”的多种横截面设计。
- [0141] 图 12 是方波样式, 其中大体上垂直的部分 1661 与大体上水平或横向的气体流动部分 1662 长度相同。
- [0142] 图 13 显示具有矩形样式的筛子 1760, 其中垂直部分具有比水平部分 1762 小的长度。
- [0143] 图 14 显示具有矩形样式的筛子 1860, 其中垂直部分 1861 比水平部分 1862 长。
- [0144] 图 15 显示具有圆顶形样式的筛子 1960, 其具有垂直的或与垂直加或减 20° 的部分 1961、和相对于部分 1961 长度的不同长度的水平部分 1962。
- [0145] 图 16 显示具有截锥样式的筛子 2060, 其中大体上垂直的部分在相对于气流 2030 方向的 0° 到 20° 的角度 A 内。
- [0146] 图 17 显示具有倒截锥形的筛子 2160, 其中大体上垂直的部分 2161 在气流的流动方向的 20° 内, 且水平部分 2162 具有比由部分 2162 和两个相邻部分 2161 形成的脊的喉 2163 大的长度。
- [0147] 图 18 显示利用复合横截面的筛子, 其使用一些方形部分 2261、2262 和倒截锥部分 2263、2264。
- [0148] 将理解, 图 12-18 是举例说明, 且可使用许多其它的“脊形筛子”。认为筛子必须具有稍微垂直的表面区域 (即, 位于在气体流动方向的 20° 内的平面中的区域), 其形成脊的侧壁且趋于在脊和与气流的流动方向大体上横向的开口表面区域之下积累溶剂泡沫以允许显著增加气流的速度。
- [0149] 申请人此时不确定“溶剂脉冲”如何或为什么发生。
- [0150] 图 19A-19F 说明脉冲如何和为什么发生的理论。

[0151] 图 19A-19F 说明在图 10 中说明的筛子 1360 中产生的“溶剂脉冲”现象。单个筛子 1360 示于图 19A-19F 中,因为在该单个筛子中产生溶剂脉冲。

[0152] 如图 19A 中所示,筛子 1360 在本文中称为“脊形筛子”。如本文和权利要求中使用的术语“脊形筛子”是指具有横截面的筛,其中筛子表面区域在基本上与输入流动气流的方向平行即 20° 内的方向上延伸。如图 19A 中所示,筛子 1360 具有垂直区域 1360A,其在垂直方向上延伸,与气流 1330 的方向平行。此外,筛子 1360 的表面区域 1360b 具有在与气流 1330 流动的方向横向的方向上延伸的表面。

[0153] 图 19A 说明在“溶剂脉冲”现象中的第一步。包括溶剂泡和微滴的含水泡沫在筛子 1360 的“脊”区域 1360a 上积累或滞留。气流 1330 以正常速度流动通过筛子 1360 的开口或横向区域 1360b。筛子 1360 下方或下游的气流 1330a 是湍流。

[0154] 如图 19B 中所示,更多的溶剂泡沫 1390 在“脊形”区域 1360a 上积累,进一步限制开口区域 1360b,这又导致输入气流 1330 的速度进一步增加,如通过说明气流 1330 流动的箭头 1399 的更大鲜明度所示的。筛子 1360 下方的气流 1330 的湍流增加。

[0155] 图 19C 说明溶剂泡沫在筛子 1360 上的最大滞留或积累。该溶剂泡沫趋于沿着在图 19C 中所示的脊区域 1360a 和在“脊”1369 下方积累。脊 1369 包括两个大体上垂直的脊区域 1360a 和在脊区域 1360a 的顶部之间延伸的开口区域 1360b。筛子 1360 下面的气体速度和湍流最大化。

[0156] 图 19D 说明“溶剂脉冲”的初始阶段。溶剂泡沫的团 (clump) 1395 从脊 1369 的下侧撕下,且向下流入在筛子 1360 下的强烈湍流中。图 19D 中所示的“溶剂脉冲”使在气流 1330 和溶剂团 1395 之间及在气流 1330 和不为团 1395 的一部分的溶剂泡和微滴之间的 2 相混合最大化。

[0157] 图 19E 说明“溶剂脉冲”的第二阶段,其中溶剂泡沫团已经向下移动在筛子 1360 下足够距离,气流 1330b 开始流过开口区域 1360b。溶剂 1395 的团或脉冲向下游瀑布般地落下,且增强下游的溶剂湍流和 2 相混合。

[0158] 图 19F 说明在溶剂脉冲或团 1395 已向下游移动之后气流流动和溶剂泡沫积累回到图 19A 中所示的状态的情况。图 19A 到 19F 中所示的循环自身不断地重复,只要气流流动和溶剂泡沫流动的的必要条件保持有效。

[0159] 图 20A-20E 说明如何产生溶剂脉冲的第二种理论。该理论实质上提出:由于表面张力,溶剂在筛子的谷部分 1360v 中积累。随着溶剂积累 1390 增加,由于气流流过筛子 1360 的缩小的开口区域,通过箭头 1399 所示的气流速度增加。图 20D 显示溶剂脉冲 1395 如何从筛子 1360 分离和在反应室中向下移动。如图 20E 中所示,在溶剂脉冲与筛子 1360 分离后,气体和溶剂流动回到如图 20A 中所示的常态。然后循环自身重复。

[0160] 过程的技术描述

[0161] 气体/液体吸收是非常通常的化学过程,用于使用液体吸收剂从气流除去组分或反之亦然。吸收器用于天然气处理、炼油、化学和石化工业、药物、肥料等中。应用包括:

[0162] • 从气流除去污染物如 CO_2 、 H_2O 或 H_2S

[0163] • 使用气体作为吸收剂从液流除去污染物

[0164] 本文中显示和描述的吸收器可用于所有气体/液体吸收应用。

[0165] 常规的吸收器使用吸收剂溶剂和填料以产生表面,通过该表面发生传质。液体吸

收剂在吸收器容器的顶部进入,并使用机械分布器均匀分布跨越填料的整个横截面区域。存在若干类型的填料,包括无规的和规整的。无规填料是由单独的压制金属、陶瓷、或塑料型材制成的,它们无规地倒在吸收器中的支撑塔盘上,产生“填料床”。规整填料是金属或塑料的波状片,其形成为具有复杂表面区域的结构,位于吸收器内。

[0166] 或者,吸收器可使用强制目标气体和溶剂之间的接触的塔盘或板。铺塔盘的吸收器使用多孔板、泡罩或浮阀塔盘以允许气体冒泡通过液体吸收剂以促进传质。随着气体鼓泡通过穿孔,当从顶部向下排放的吸收剂液体与从下向上流动的目标气体接触时,发生传质。第三种类型的吸收器是“喷雾塔”,其中液体吸收剂向下喷雾以产生小滴,由此产生用于传质的表面。当气流向上升过塔时,溶剂滴向下落下。

[0167] 用于气体/液体吸收的大直径(15m)吸收器难以在吸收器的横截面区域上保持均匀且一致的气体 and 液体流动。这导致向上流过向下流动的液体吸收剂的气体的沟流,这又导致不良的传质。

[0168] 气体向下通过筛子,与液体混合,且这样做时将溶剂打碎或破碎成无数滴,这产生用于传质的非常大的表面区域。但是代替在有限空间中使小滴保持完整(这将产生与现有技术设备类似的相对静态的、固定的表面区域),本发明以快速的速率连续地且猛烈地使所述滴碎裂和重组。还形成一些泡,又使所述泡破裂,从各破裂泡形成数千微观的滴,由此进一步增加液体溶剂的有效表面区域。液体溶剂的表面的该高频率且连续的再生是本发明的重要方面。在小的体积内产生巨大的反应表面。反应表面连续地且猛烈地破裂和重组以使传质效率最大化。

[0169] 该吸收器实施方式在模块化设计中引入多个气体吸收器管。为了在管的横截面区域上一致的气体 and 液体流动,优化吸收器管。吸收器管的横截面区域可为圆柱形、方形、矩形、三角形或多面形的。对于各应用,优化精确的形状。气体吸收器管可由金属、塑料或陶瓷制成以适合工艺条件。单独的气体吸收器管可密集地安装到水平隔板上或穿过水平隔板,所述水平隔板将反应室分成垂直段。流动的一部分通过各吸收器管,在反应室的横截面区域上保持一致均匀的流动。这仅是该设计的一个特征。

[0170] 本文中描述的吸收器的一个应用是从气流除去CO₂。在该应用中,预期对于大规模CO₂捕获,沉淀溶剂比非沉淀溶剂更经济,然而在常规的填料床吸收器中,复杂结构和通过无规填料的曲折通道妨碍沉淀溶剂的使用。

[0171] 在所有实施方式中,经由滴和泡的产生代替复杂的机械结构,增加液体-气体接触表面区域。滴、破裂泡和微滴在溶剂和目标气体之间提供高的液体-气体表面区域。涡流管、分离漩涡和分离剪切层使溶剂与目标气体以湍流方式在泡沫发生器板之间混合。滴和泡结构的微混合促进目标气体的有效吸收。

[0172] 当使用沉淀溶剂时,操作本发明的吸收器,而没有堵塞该吸收器的沉淀物。

[0173] 目的和优点

[0174] 使用筛子或文丘里管将溶剂打碎或破碎成无数滴而增加液体-气体表面区域,这产生由溶剂本身组成的用于传质的非常大的表面区域。但是代替在有限空间中使小滴保持完整(这将产生与现有技术设备类似的相对静态的、固定的表面区域),本发明以快速的速率连续地且猛烈地使所述滴碎裂和重组。还形成泡,又使所述泡破裂,从各破裂泡形成数千微观的滴,由此进一步增加液体溶剂的有效表面区域。液体溶剂的表面的该高频率且连续

的再生是本发明的重要方面。在小的体积内产生巨大的反应表面。反应表面连续地且猛烈地破裂和重组以使传质效率最大化。通过这些滴和泡提供的用于传质的巨大表面区域,与其不稳定的性质组合,意味着在达到传质平衡之前,滴和泡重组。

[0175] 换句话说,当滴重组时,吸收到溶剂中的组分的浓度仍然是低的。因此,浓度梯度,即与溶剂相比气体中目标组分的浓度之间的差异仍然是高的。动态反应表面区域然后以贫溶剂(即,具有较低浓度的被吸收组分的溶剂)重组,由此在目标气体和溶剂之间产生高的浓度梯度。高的浓度梯度使用于传质的驱动力最大化。

[0176] 反应表面以频繁间隔重组。富溶剂被流下该管的较贫溶剂代替。每次流动通过筛子之一时,反应表面被重组和代替。

[0177] 吸收器可设计成在多种商业和一般的沉淀和非沉淀吸收剂溶剂的最佳气体吸收所需的参数范围内操作,所述吸收剂溶剂具有一系列的粘度、表面张力和比重。

[0178] 单独的气体吸收器管密集装填到 FTGA 实施方式的各段中。所述段充满溶剂到气体吸收器管中的多个溶剂注入口上的预定水平或充满到所述管本身的顶部,使得溶剂以预定的速率引入各吸收器段中的气体吸收器管中。

[0179] 筛子可与溶剂分布板组合使用。当溶剂和气体向下通过管时,这些板用来帮助重新分布溶剂和气体。

[0180] 混合气体和溶剂的流动通过以频繁间隔位于各泡沫发生器组件中的筛板,以使滴、泡和微滴的反应表面重组。在流场中来自反应物表面的富溶剂被来自流体结构的较贫溶剂代替。这些滴、泡和微滴在溶剂和目标气体之间提供高的液体-气体接触区域。

[0181] 液体/气体分离器从流动中除去一部分富溶剂。在下一吸收器段中引入的贫溶剂代替通过液体/气体分离器除去的一部分富溶剂。

[0182] 为了能够使用各种商业和一般的溶剂(其都具有一系列粘度、表面张力、和比重),吸收器可设计成在特定溶剂的最佳气体吸收所需的参数内操作。

[0183] 选择 FTGA 管的尺寸和数目、筛子的网目尺寸和筛子的开口面积比以平衡压降和效率。

[0184] 使筛子和分布器板之间的距离与气流速度和压降平衡以优化系统性能和从气流除去目标杂质。

[0185] 类似地,使筛子之间的距离与反应速率平衡以提供用于湍流结构形成的或多或少的的时间和距离和在高的反应速率下吸收目标气体的反应物表面。

[0186] 认为在上述吸收器的情况中发生如下:在填料床中,在无规或规整填料上的扩散流动由润湿填料表面的界面层、中间流动方式和暴露于气体的自由表面流动组成。当流体分子层在其它流体分子层上流动和在固体表面之间的流动中发生湍流时,在表面层和中间层之间发生适度的混合,但是在中间层和界面层之间发生很少的混合。固体分子的分子引力比流体分子的引力强,因此界面层保持相对静态。当自由表面层中的反应物暴露于目标气体时,反应速率限于通过被湍流和扩散流体动力学驱动的自由表面层和中间层之间的适度混合而保留的新鲜反应物表面的再生。

[0187] 在喷雾塔中,由气体分子和流体分子之间的摩擦导致的落下滴的自由表面中的流且在较少程度上的马兰各尼(Marangoni)效应驱动在已与目标气体反应的自由表面层分子和来自滴内部的新鲜反应物之间的混合。

[0188] 为了说明和描述目的,已经给出了本发明的前述描述,且所述描述不意在为穷举的或将本发明限于所公开的精确形式。根据上述教导,改进和变化是可能的。选择和描述所述实施方式以最好地说明本发明的原理和其实际应用,以由此使本领域其他技术人员能够在适于预期的特定用途的各种实施方式中最好地使用本发明。

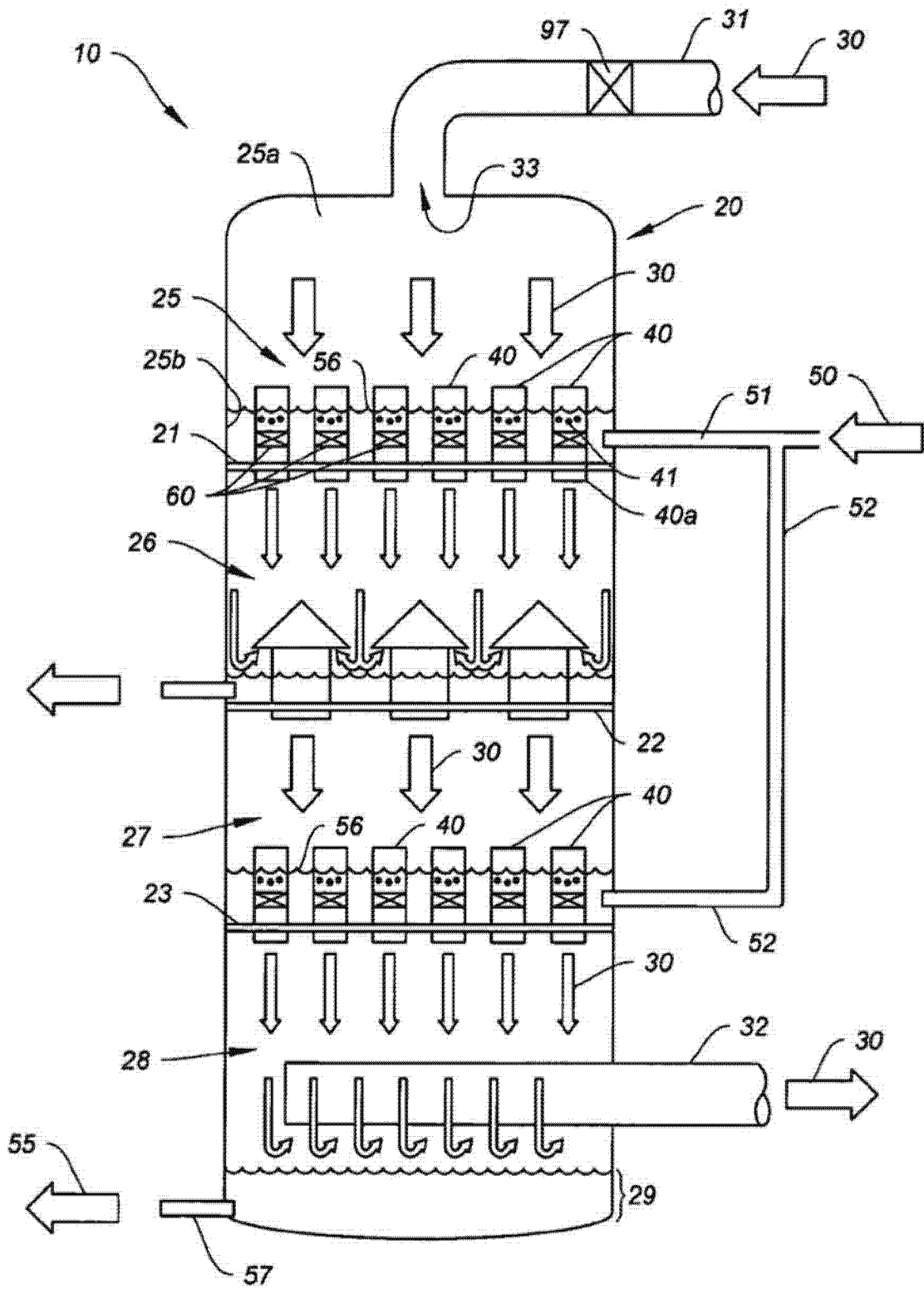


图 1

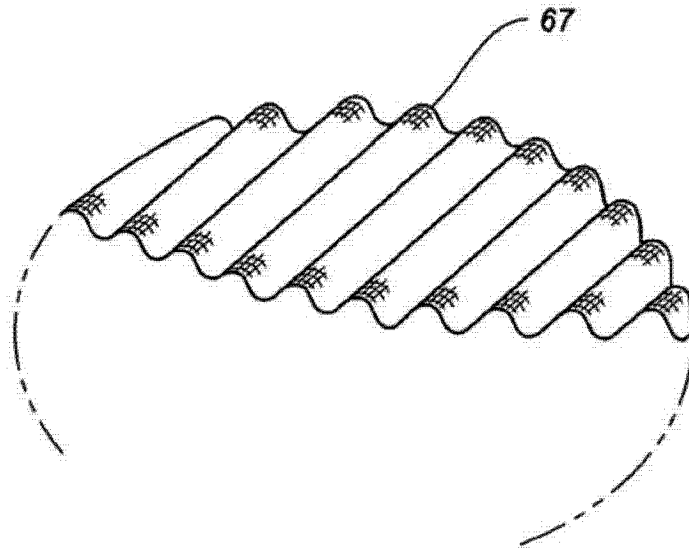


图 2

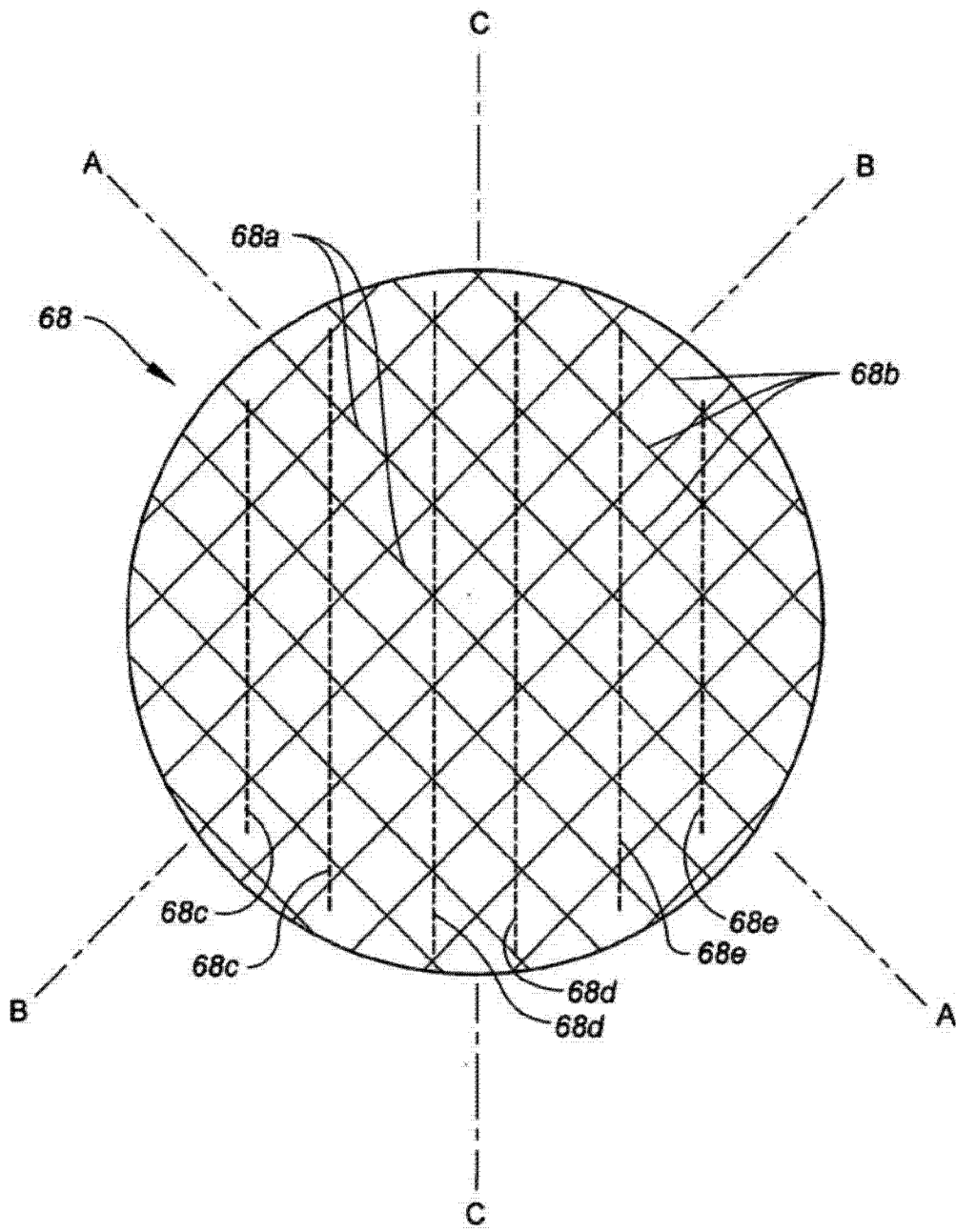


图 3A

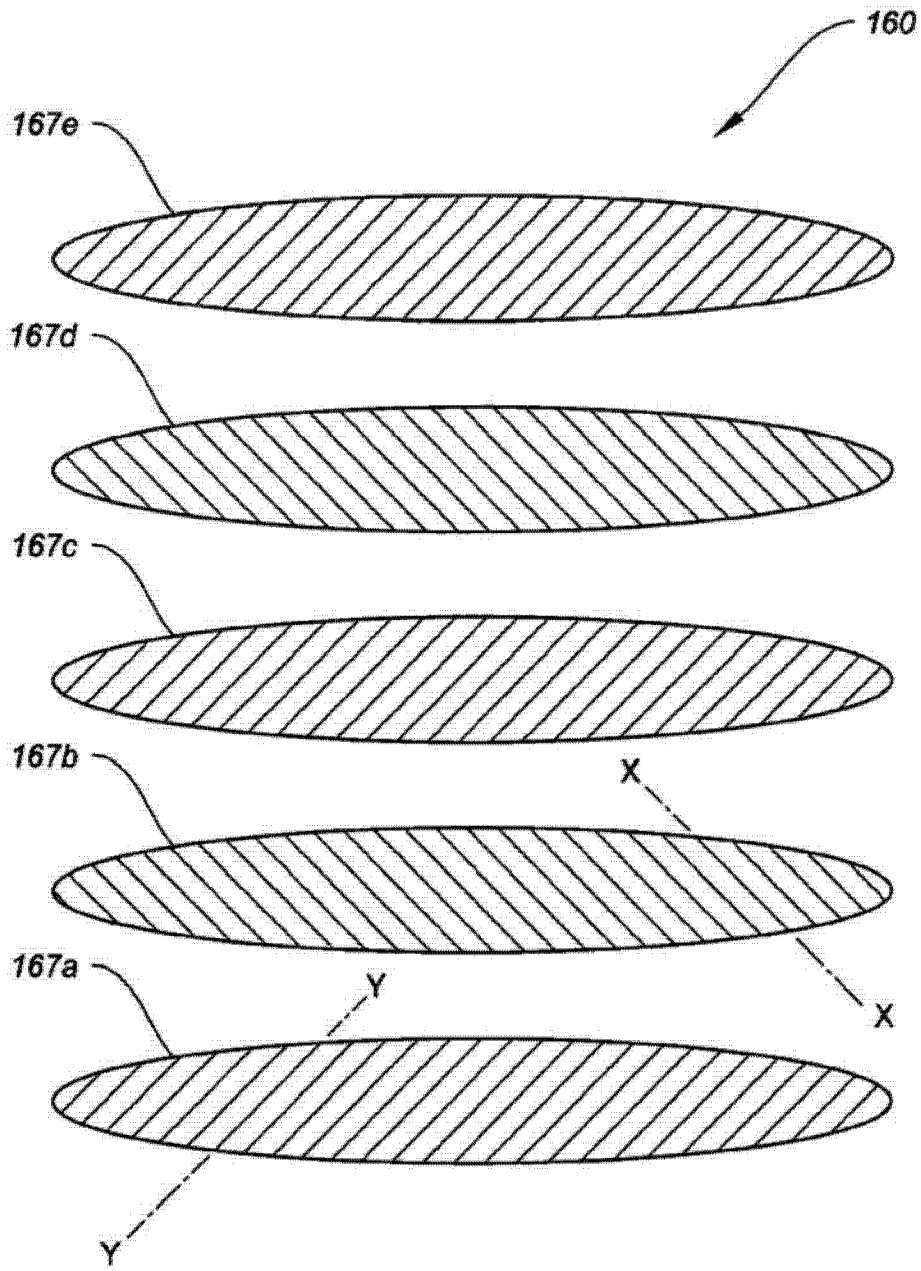


图 3B

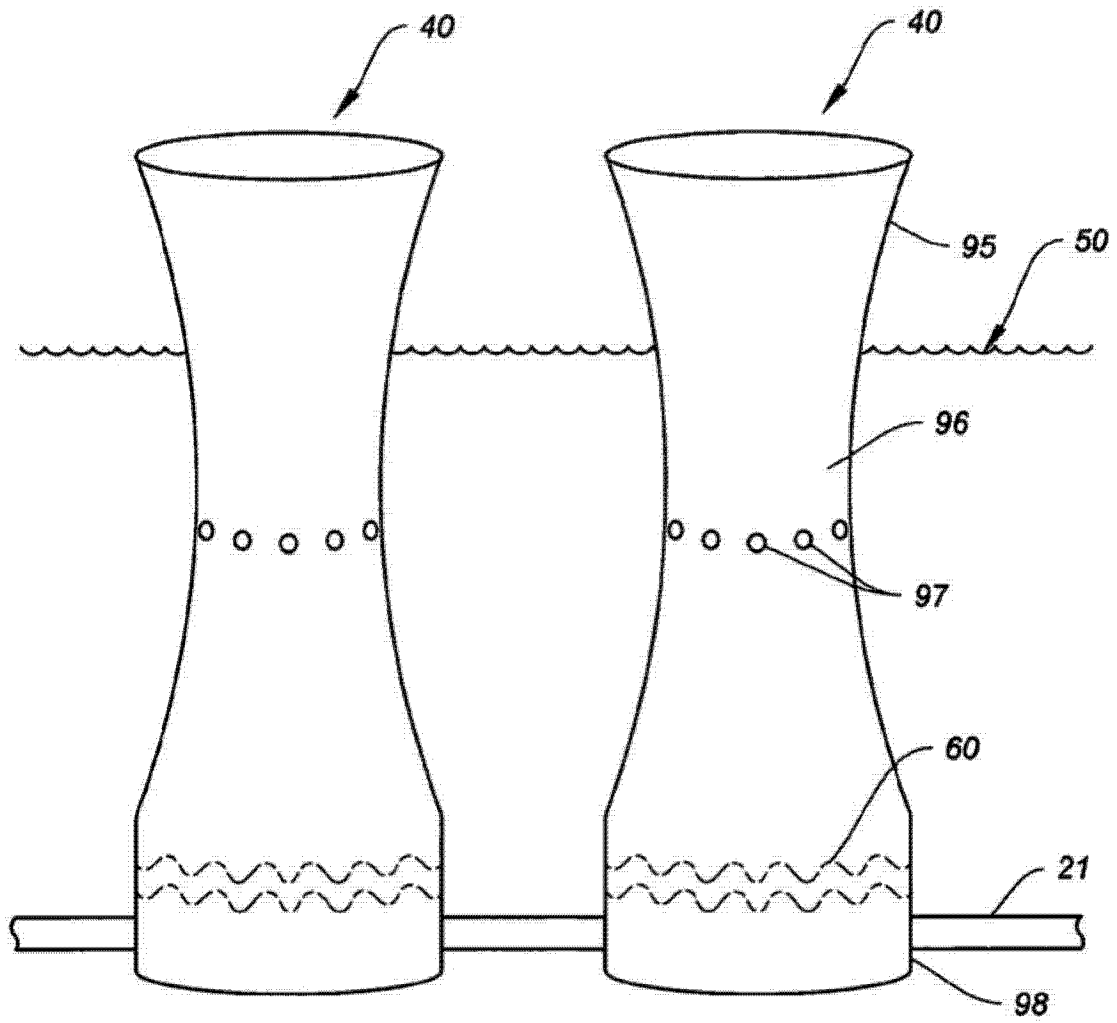


图 3C

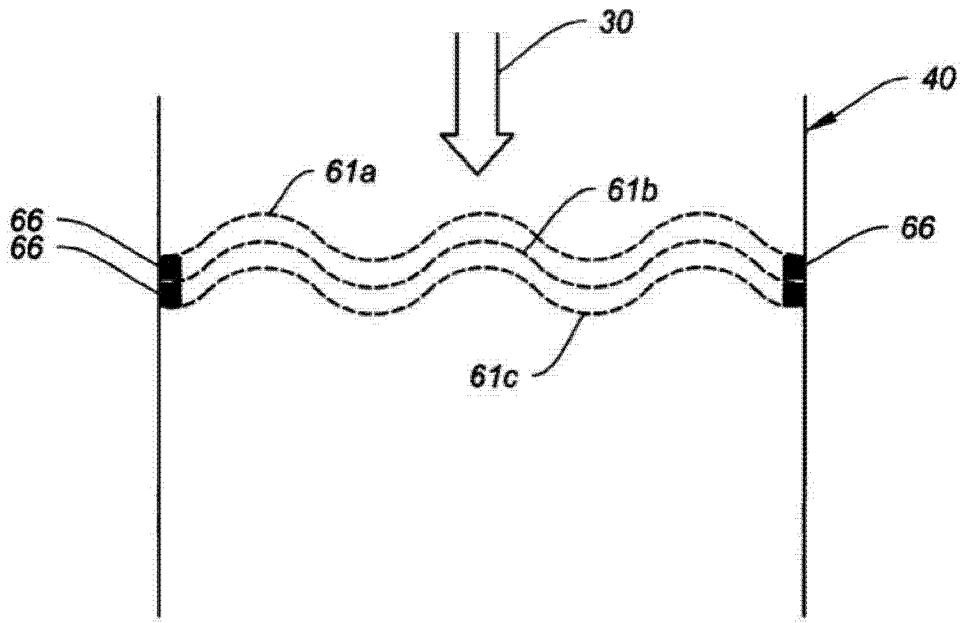


图 3D

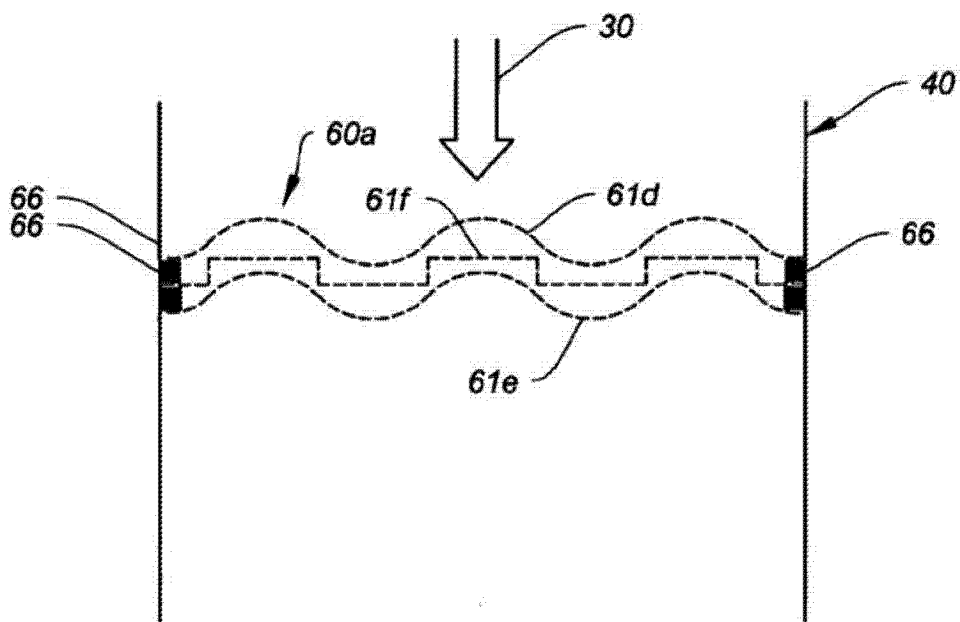


图 3E

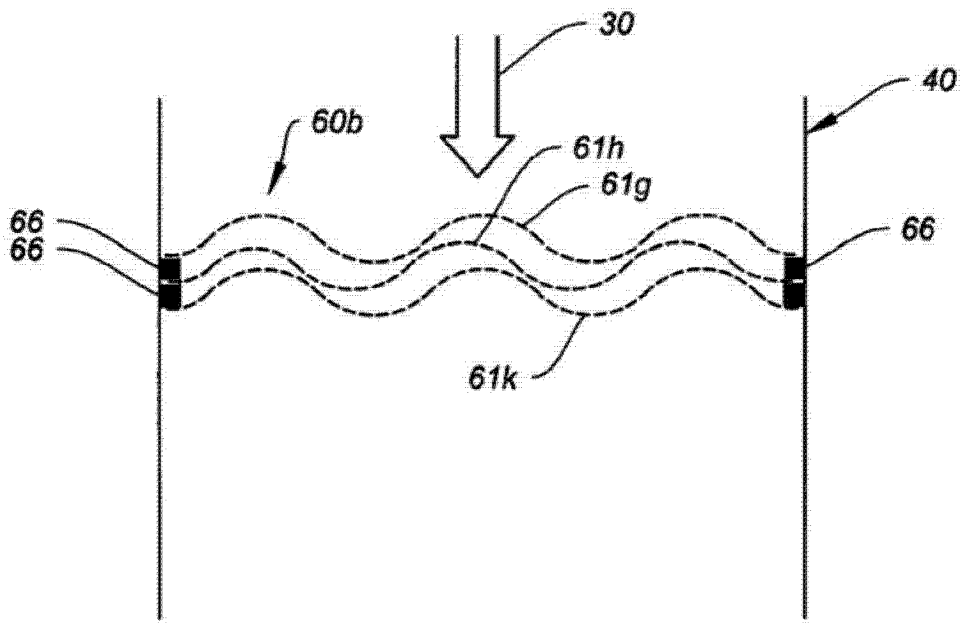


图 3F

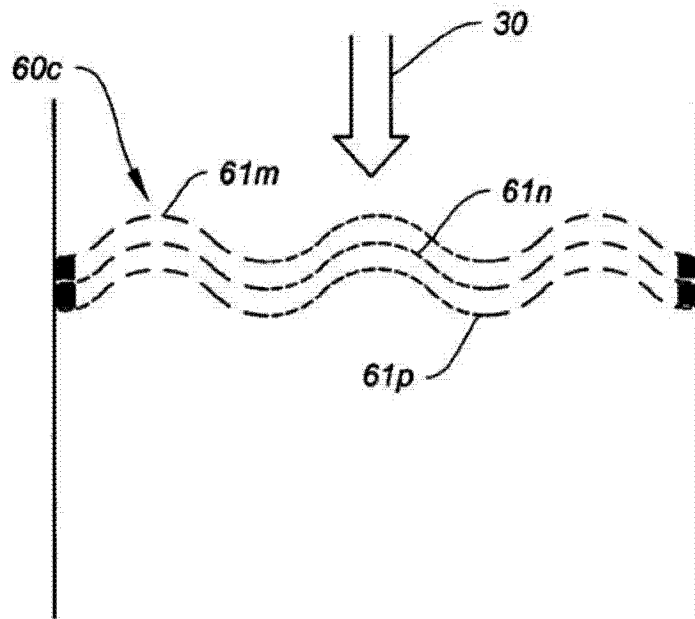


图 3G

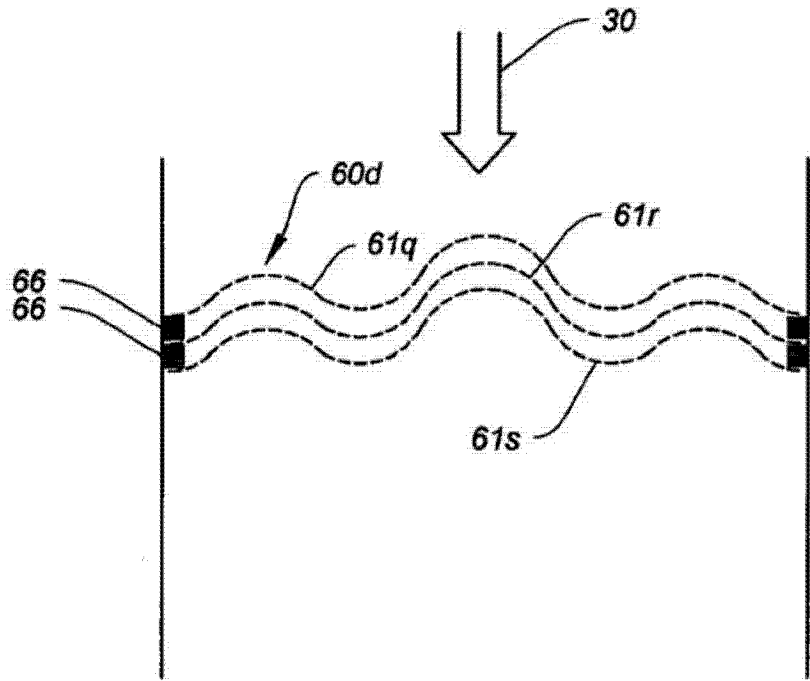


图 3H

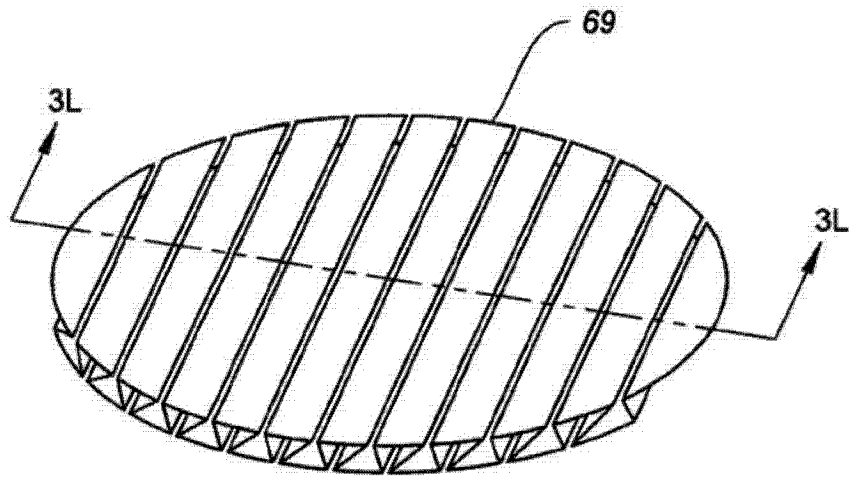


图 3K

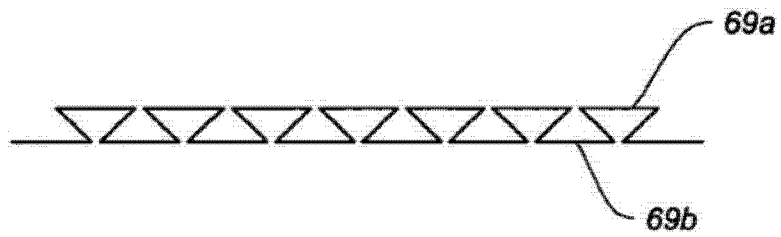


图 3L

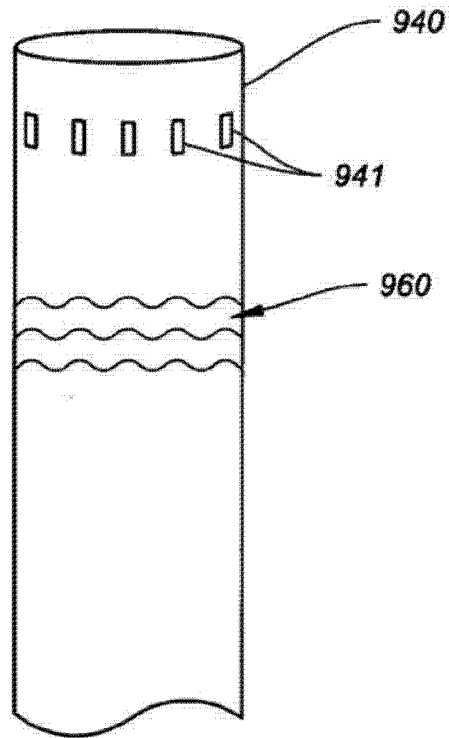


图 4A

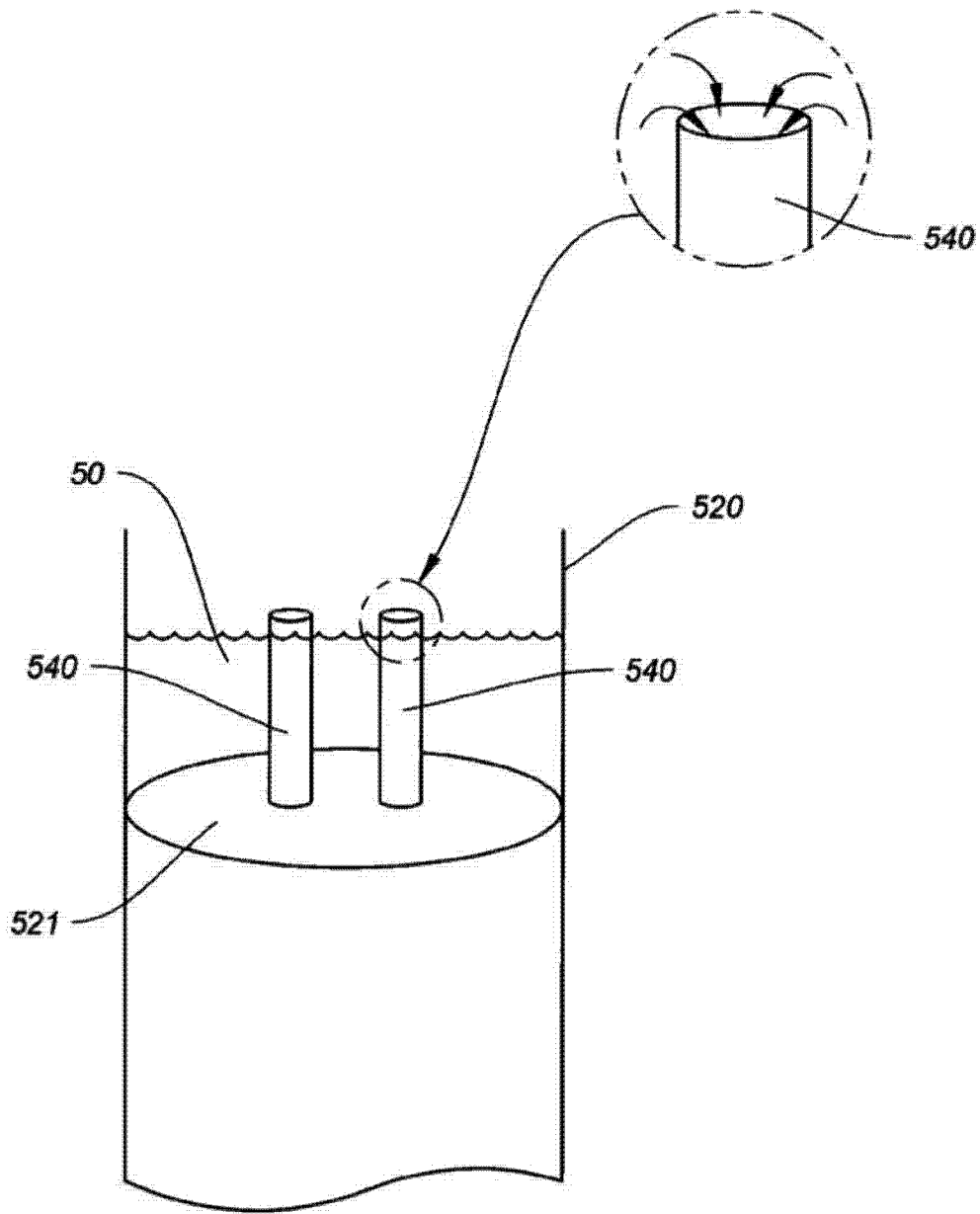


图 4B

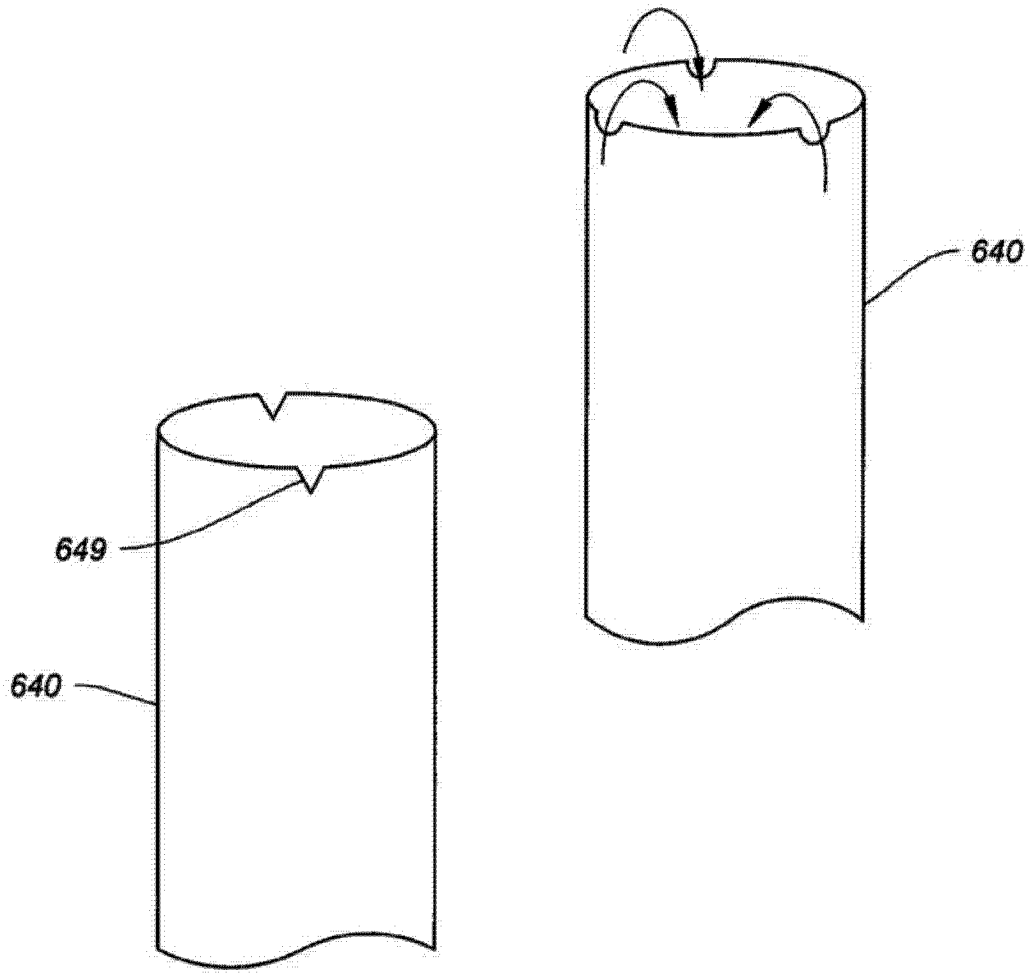


图 4C

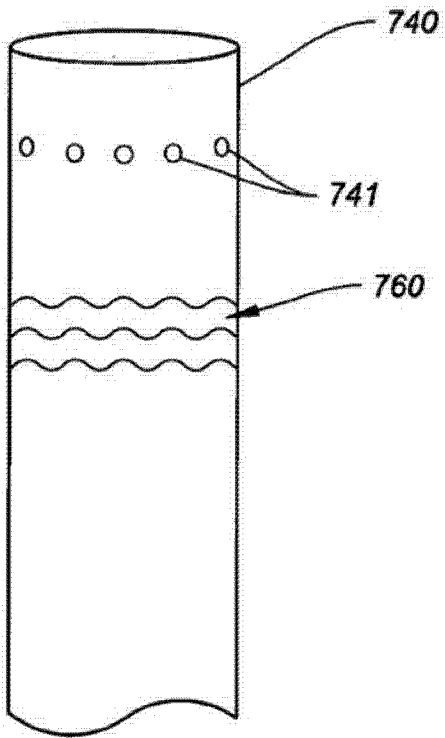


图 4D

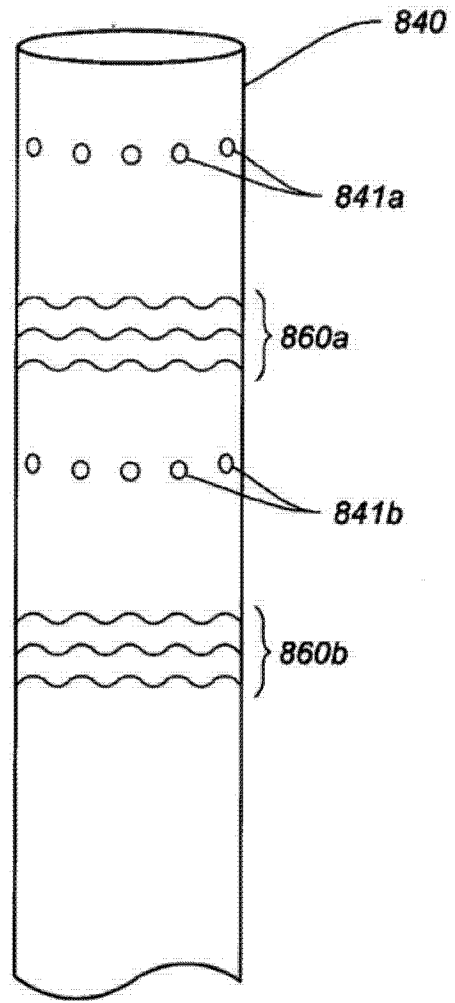


图 4E

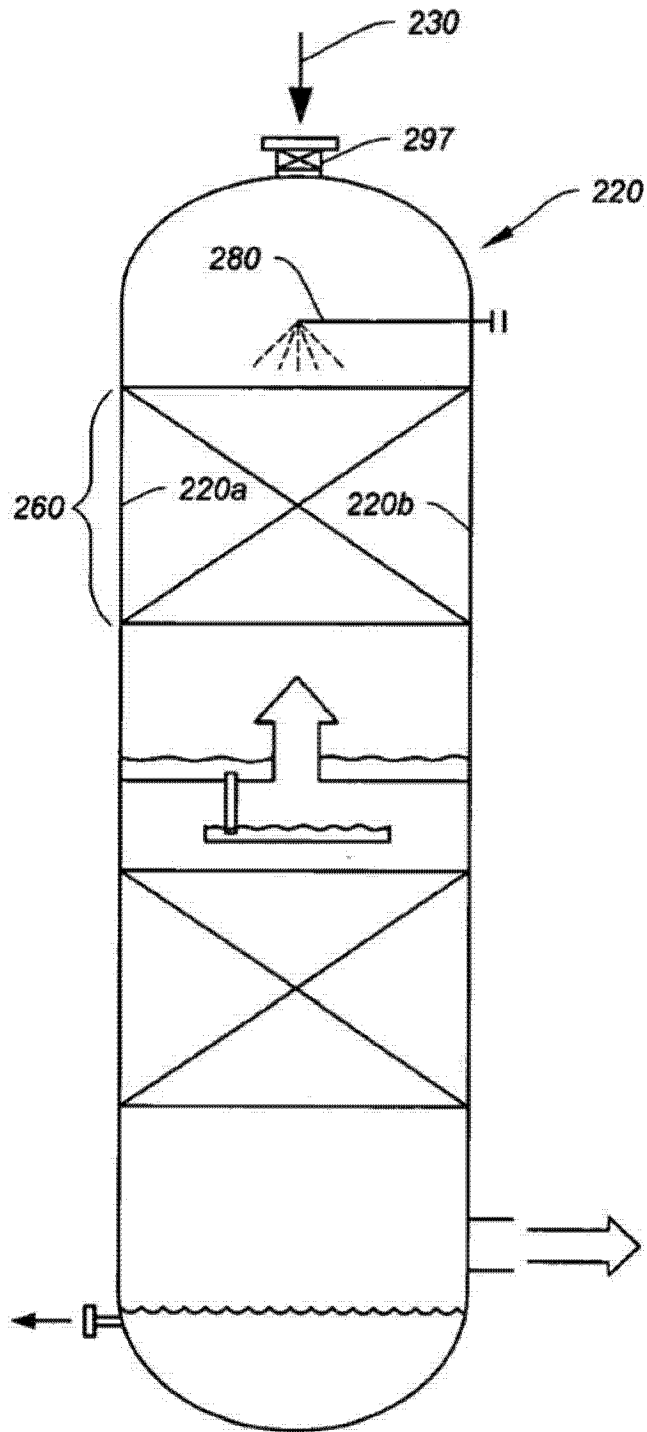


图 5

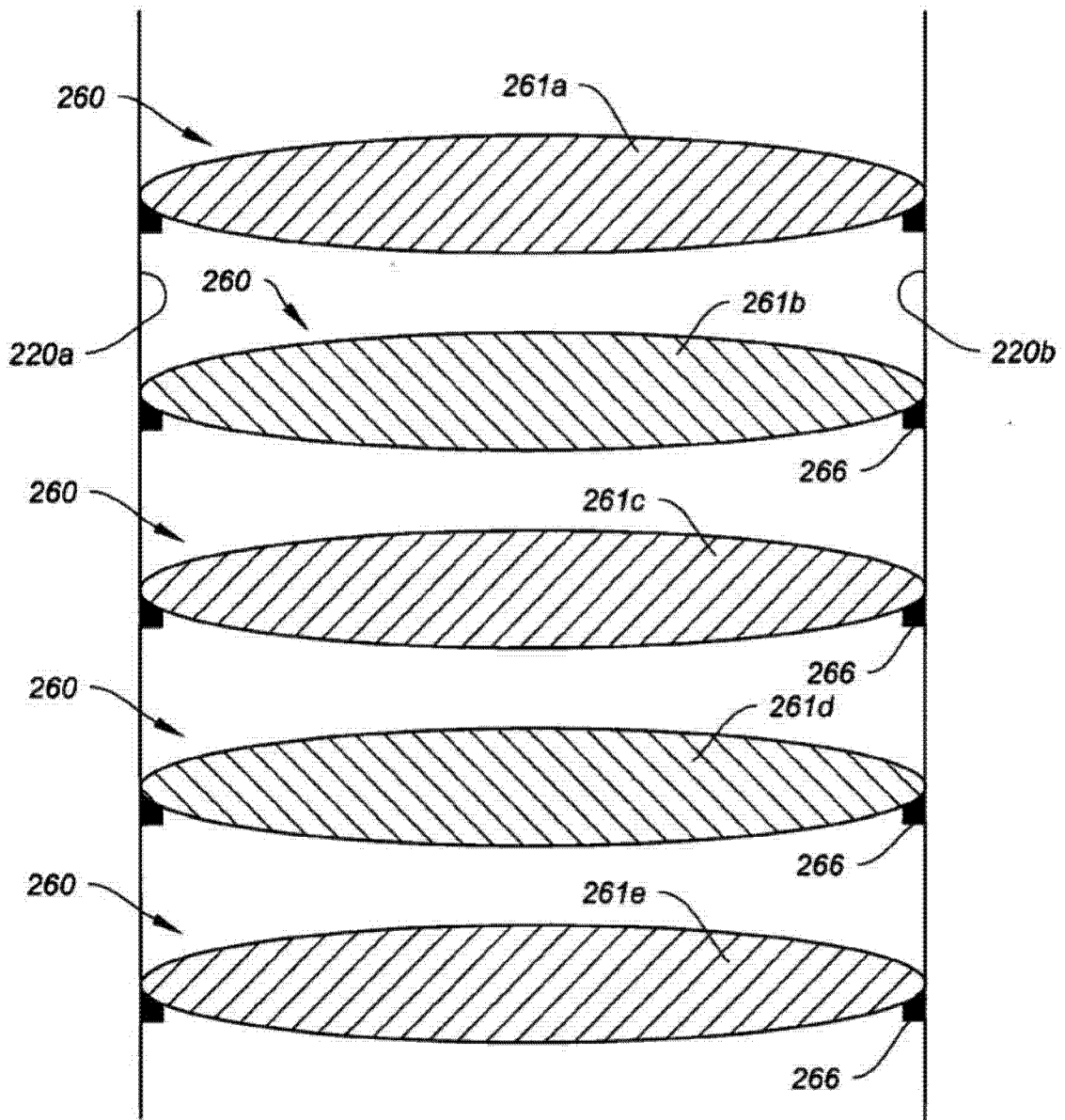


图 6

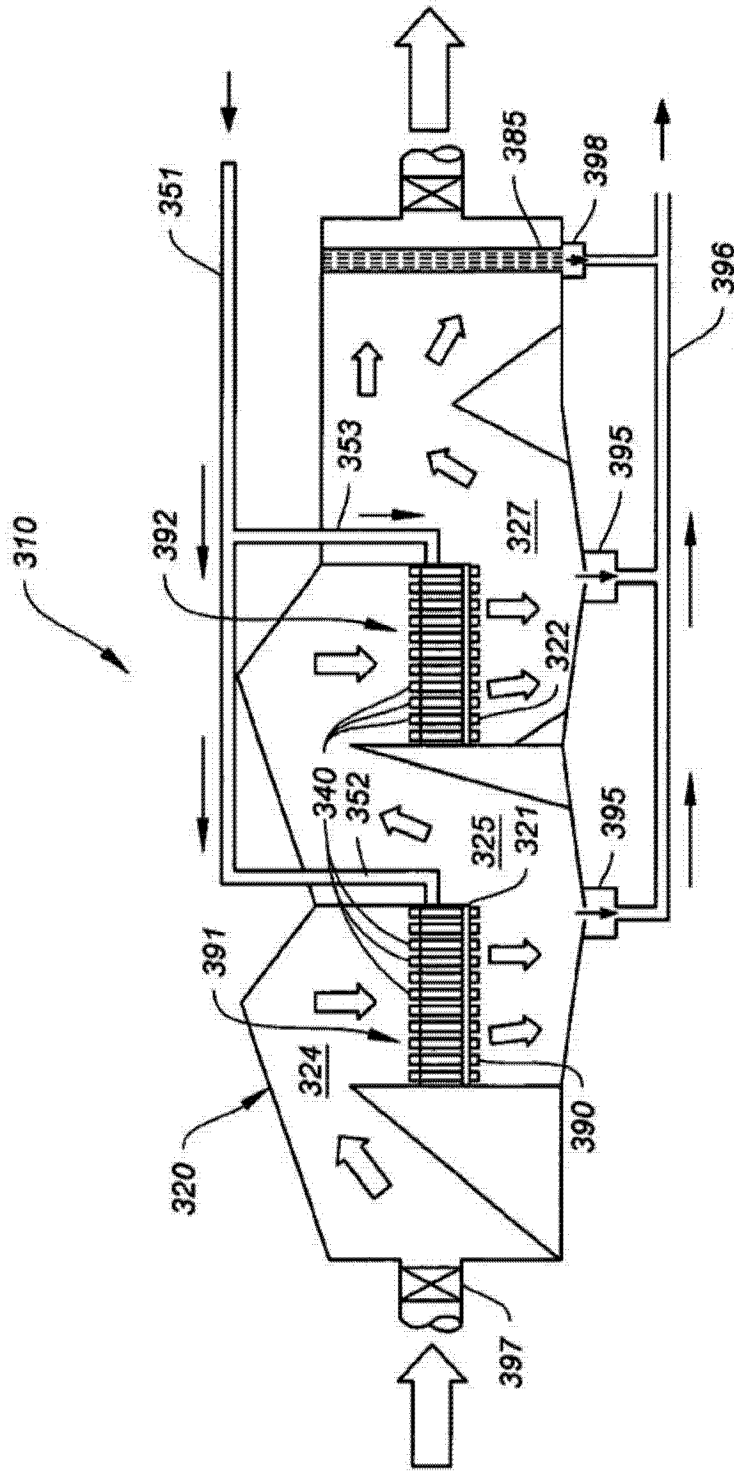


图 7

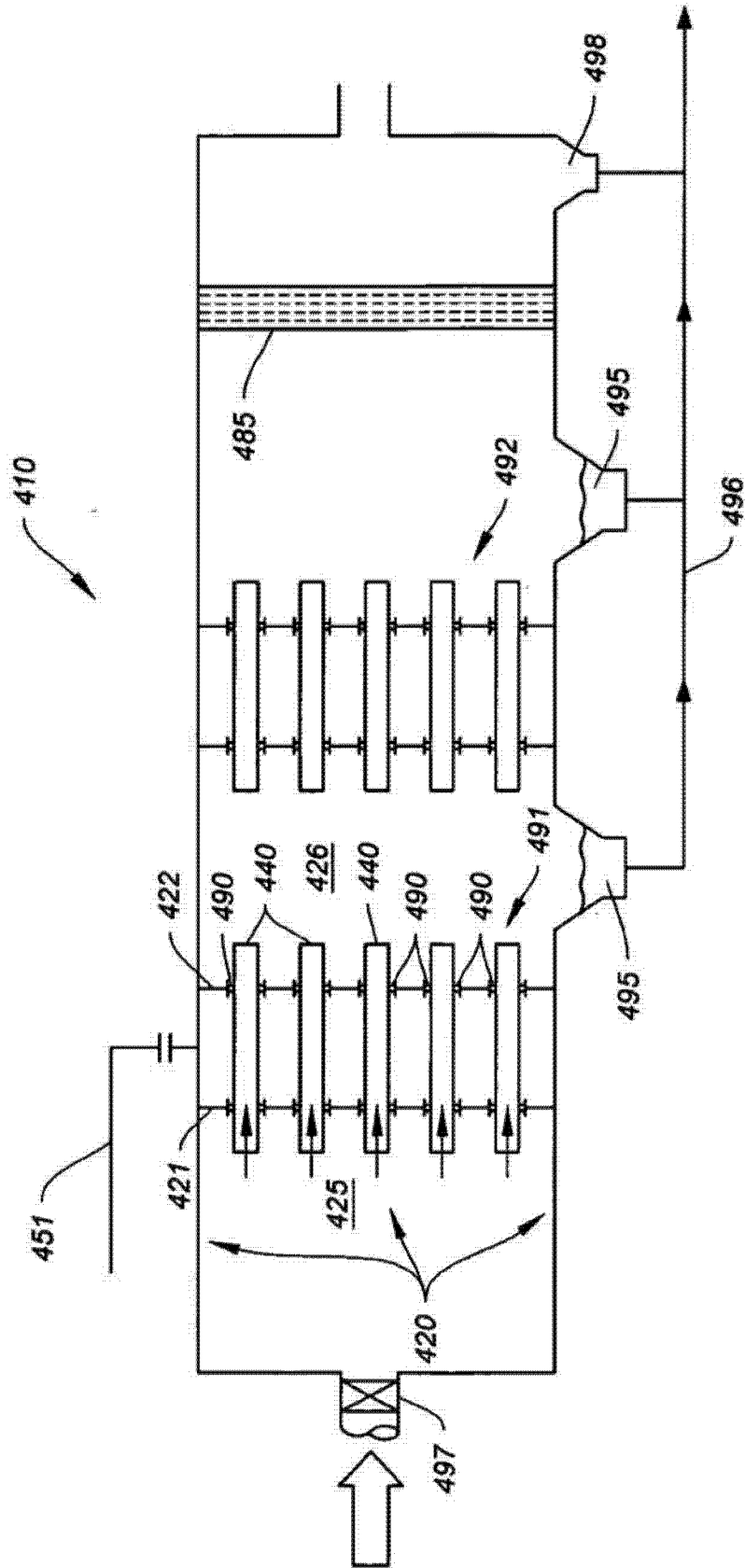


图 8

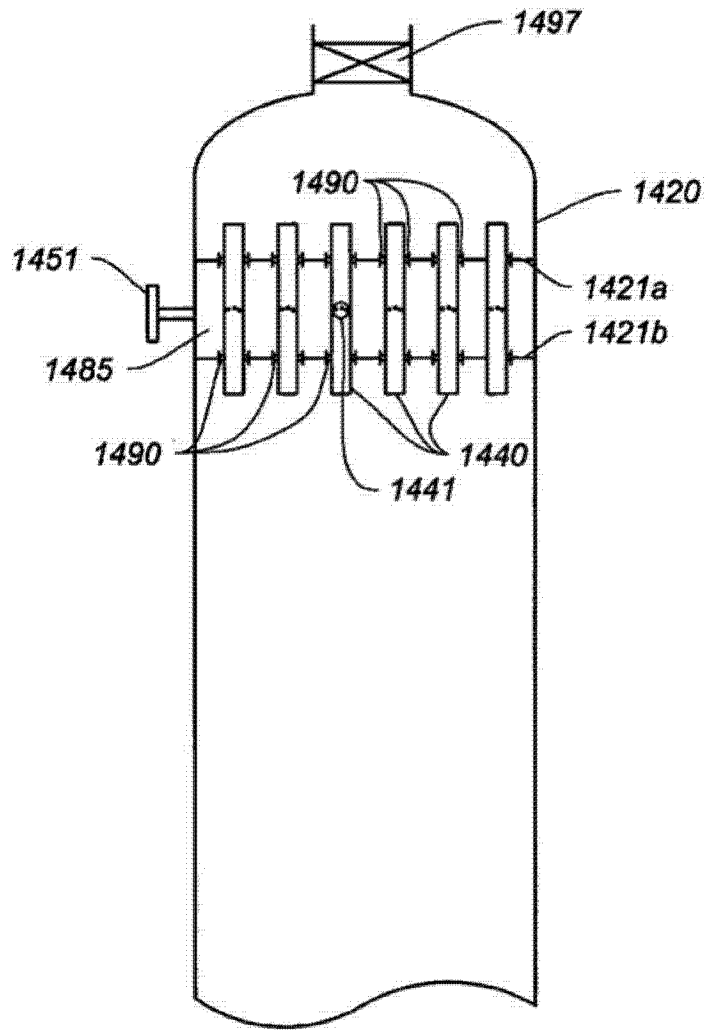


图 9

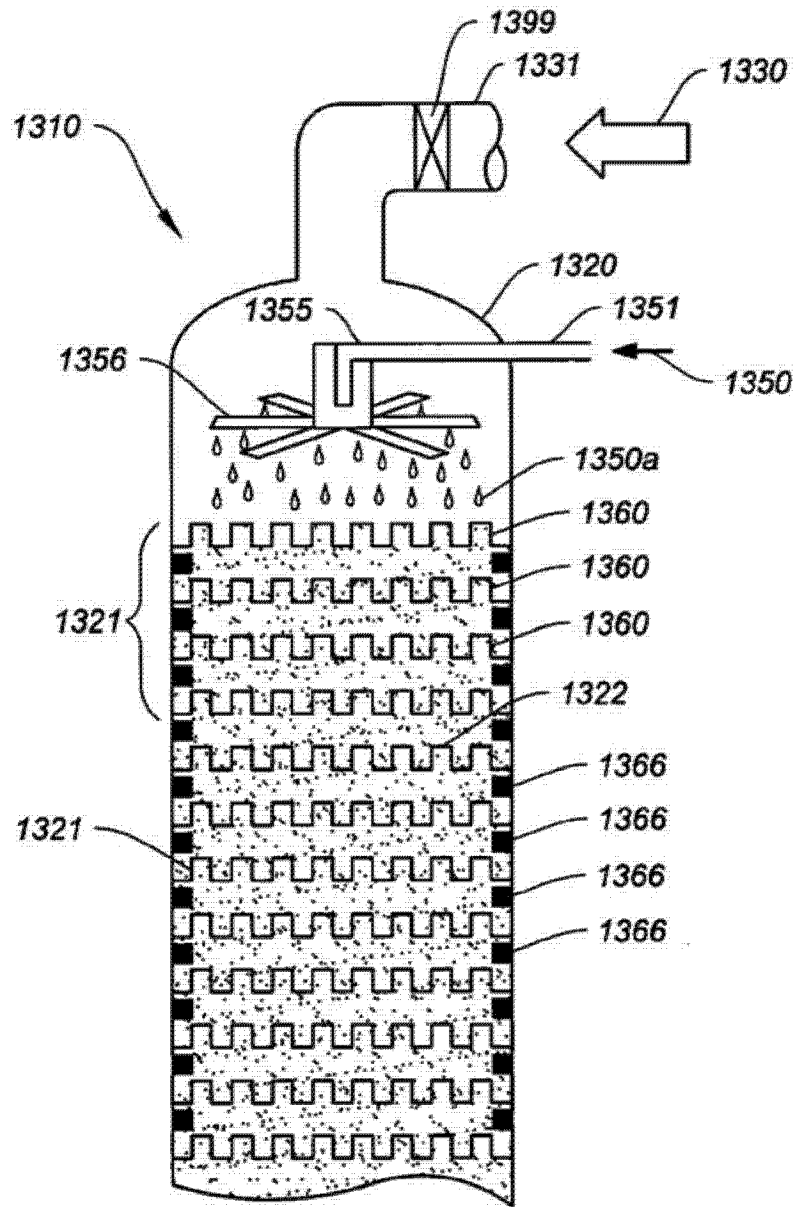


图 10A

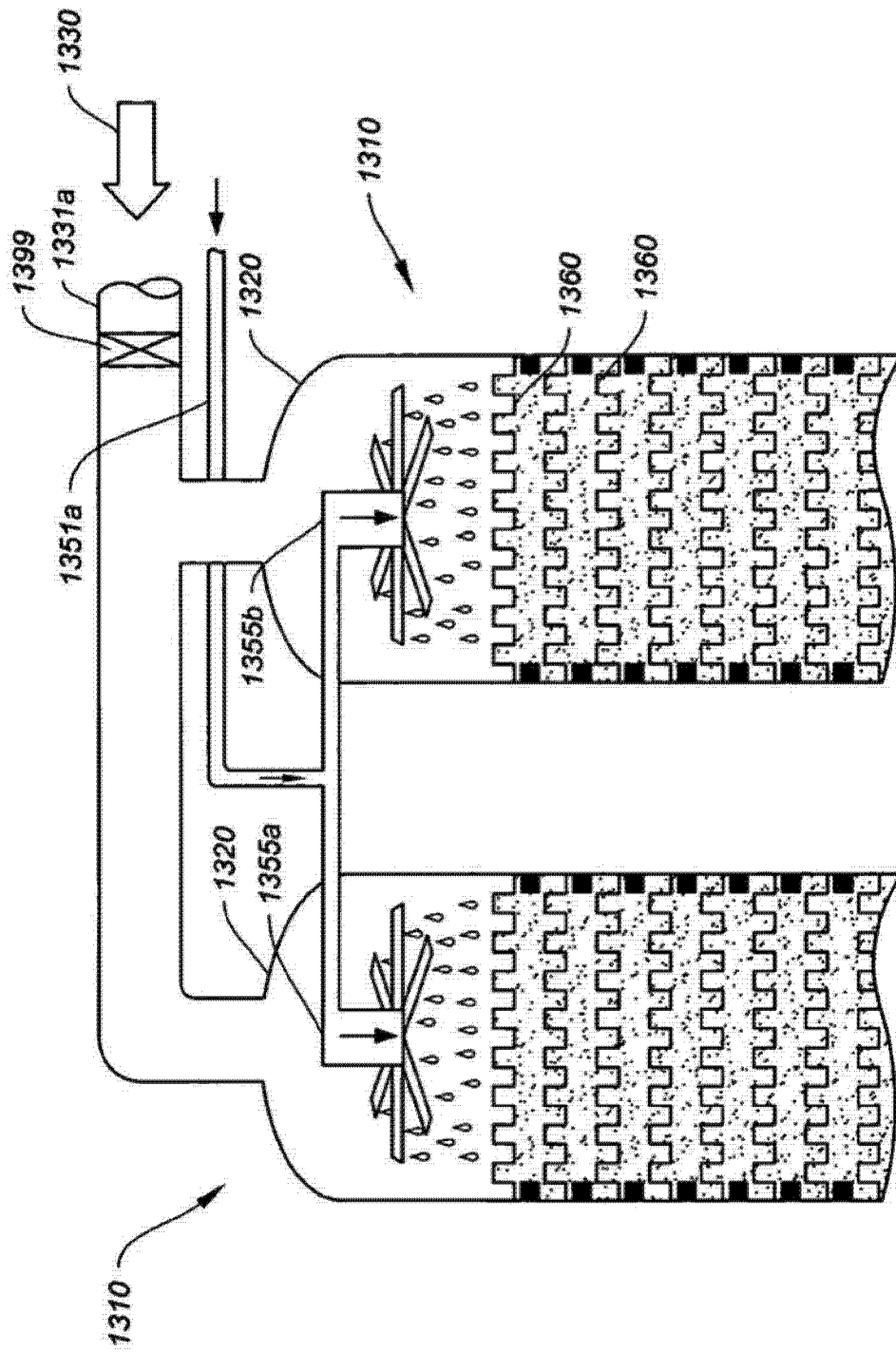


图 10B

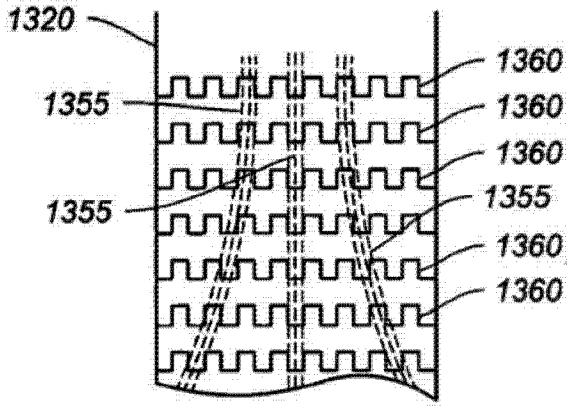


图 11A

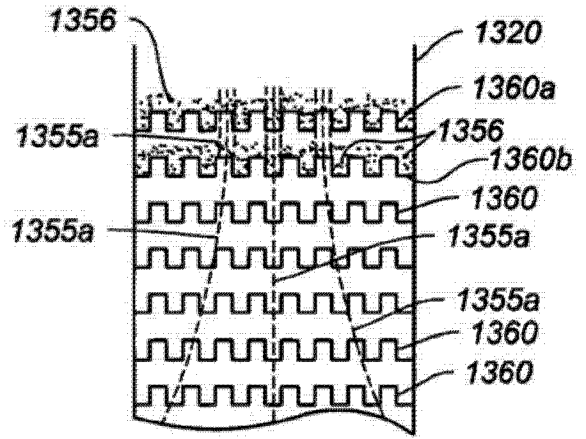


图 11B

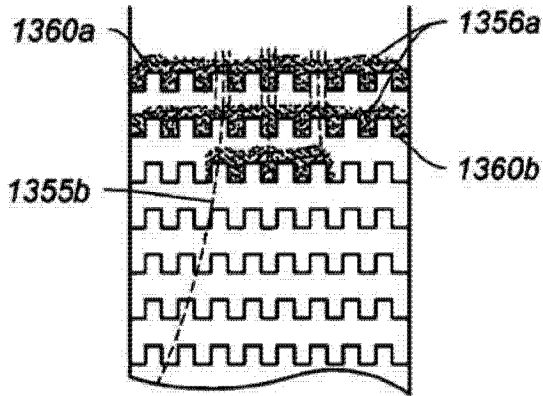


图 11C

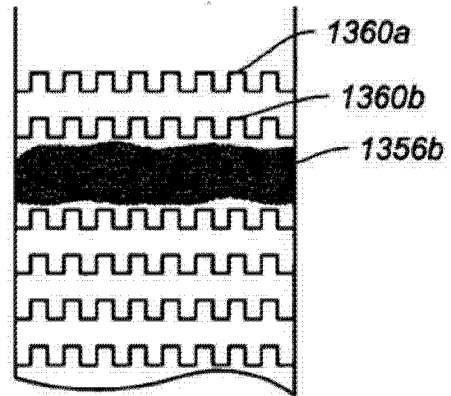


图 11D

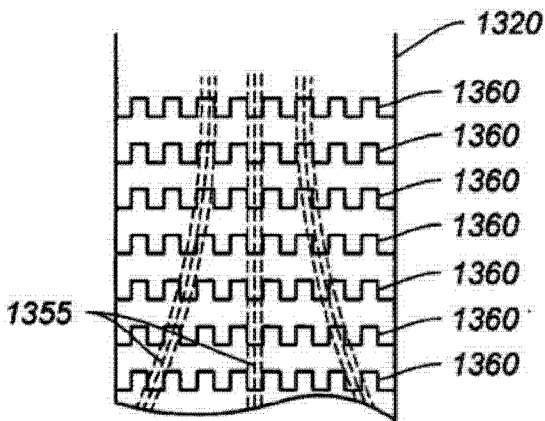


图 11E

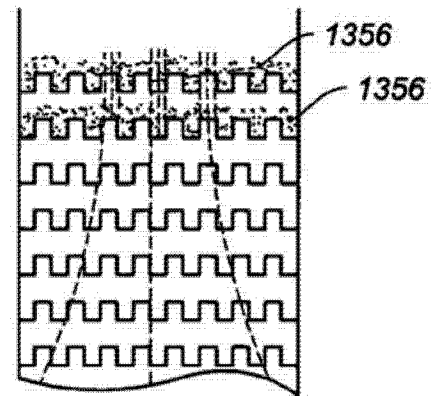


图 11F

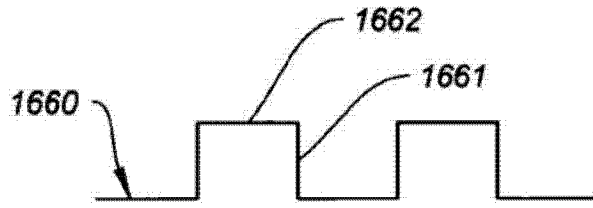


图 12

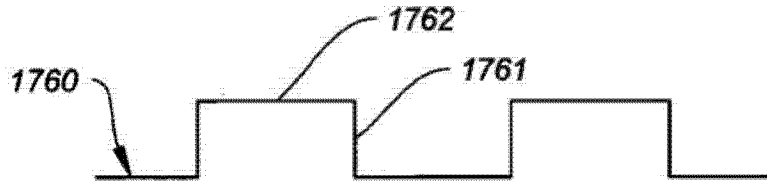


图 13

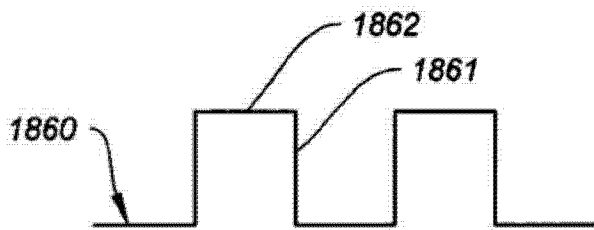


图 14

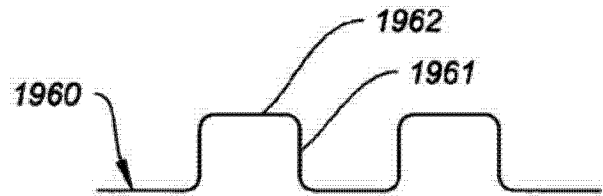


图 15

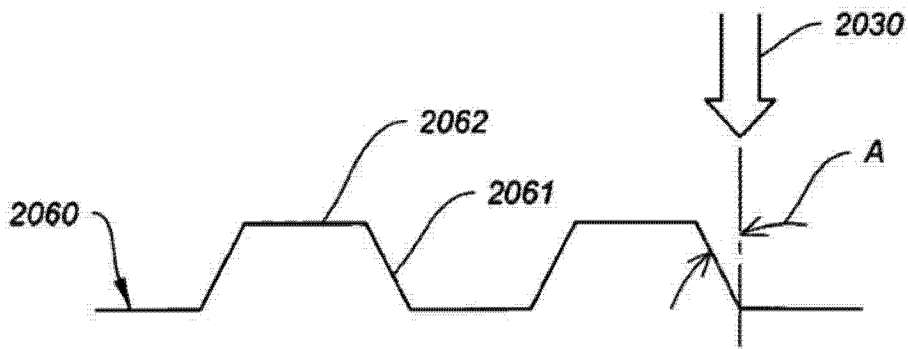


图 16

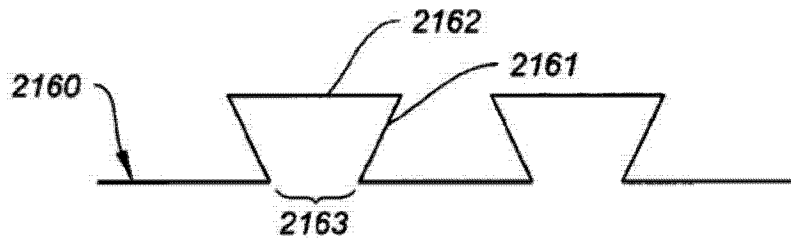


图 17

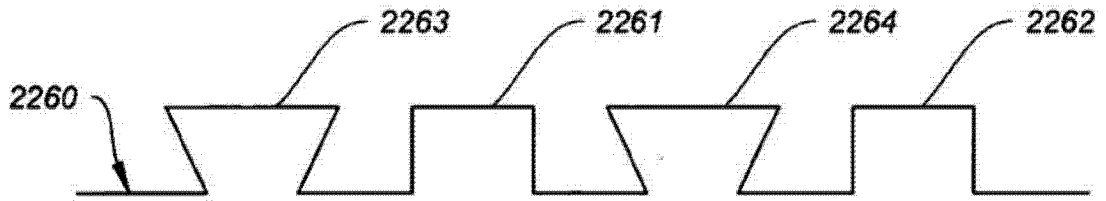


图 18

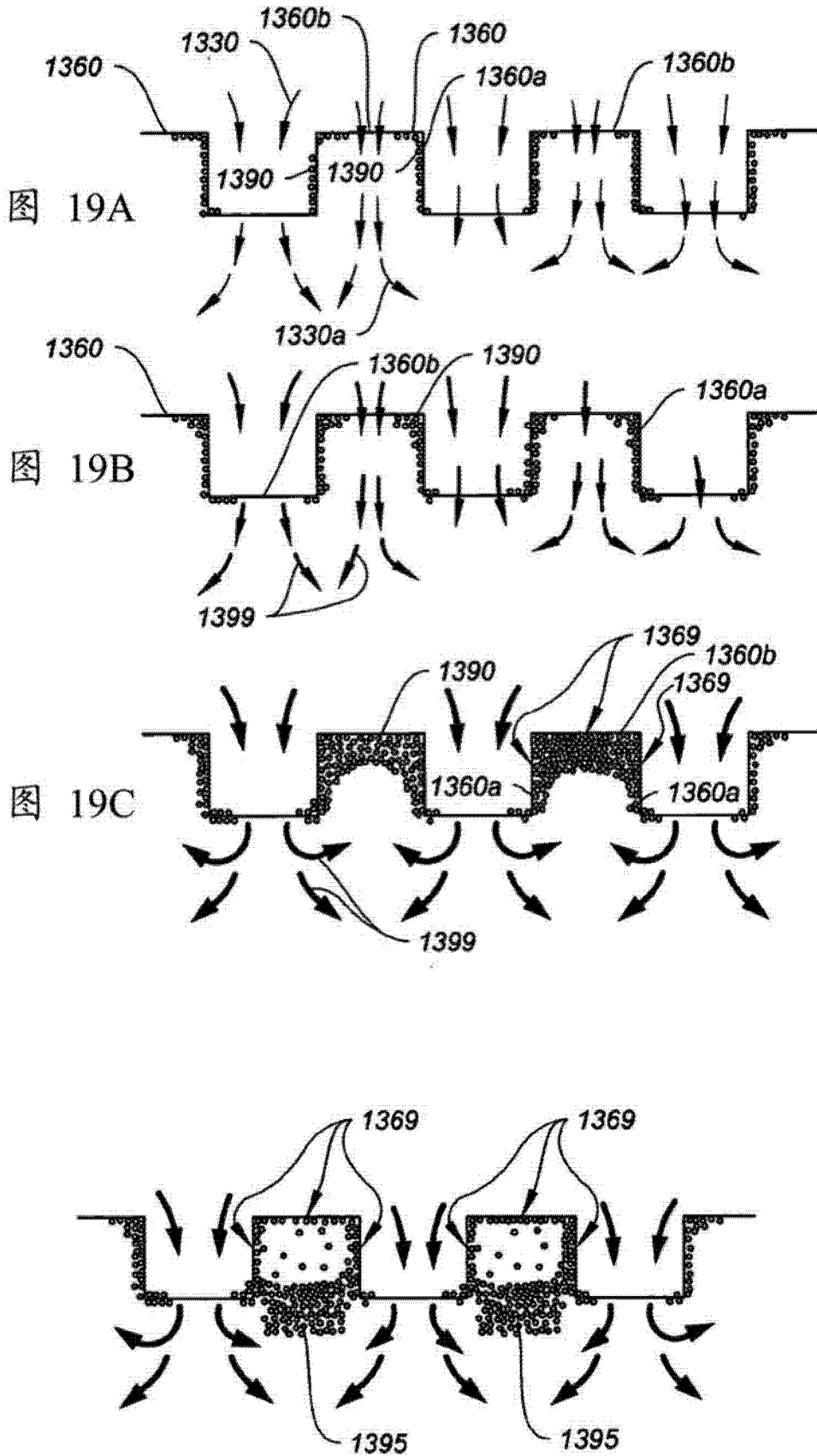


图 19D

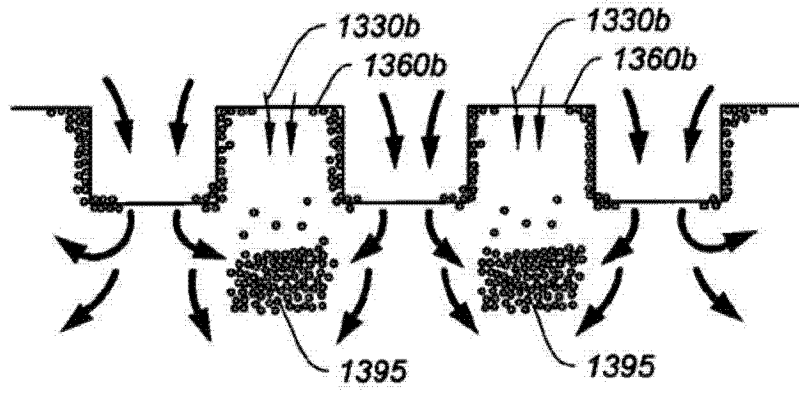


图 19E

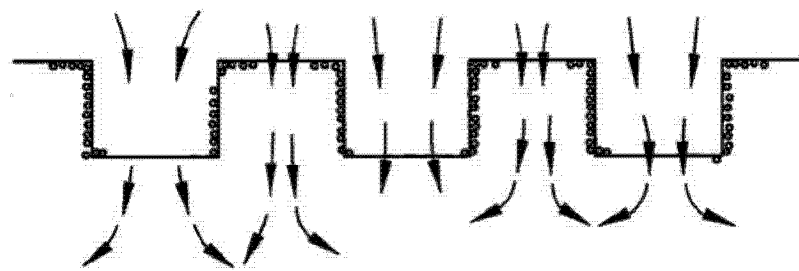


图 19F

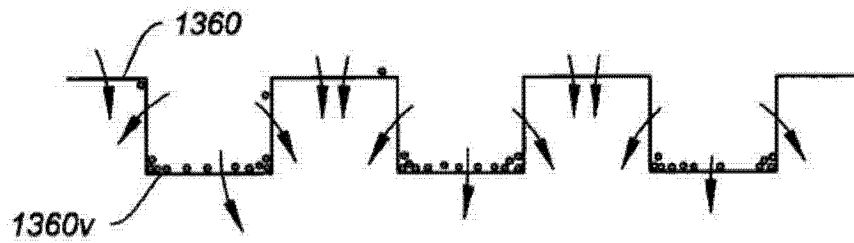


图 20A

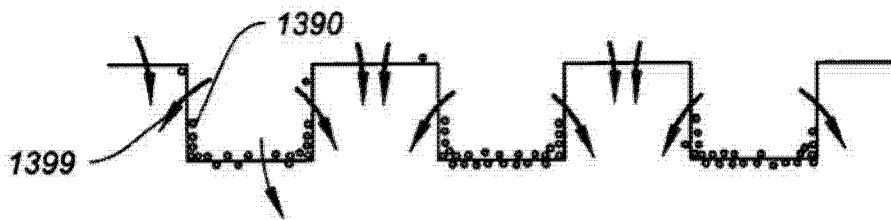


图 20B

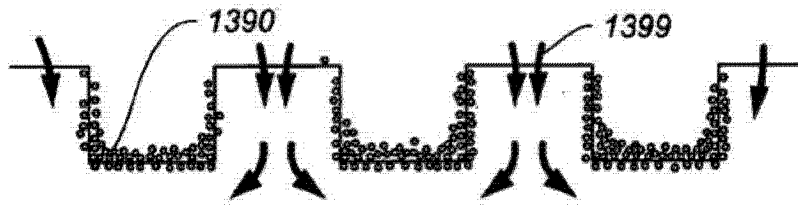


图 20C

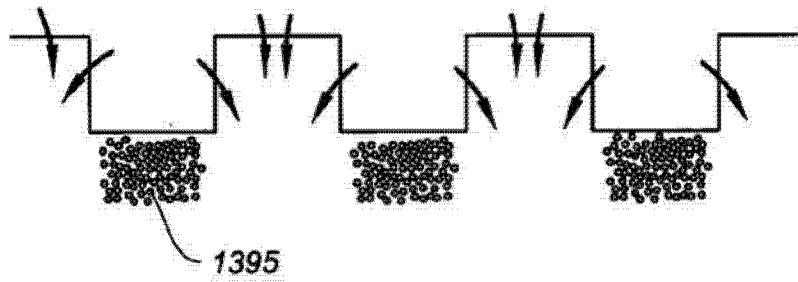


图 20D

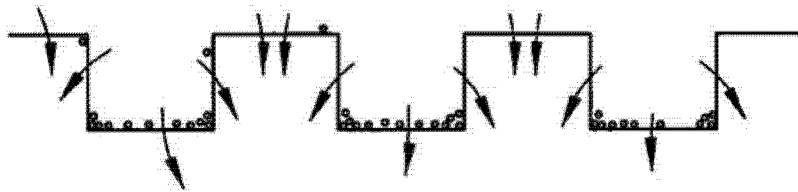


图 20E