



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116867563 A

(43) 申请公布日 2023. 10. 10

(21) 申请号 202280015582.3

(22) 申请日 2022.02.17

(30) 优先权数据

63/150,973 2021.02.18 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.08.17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/016815 2022.02.17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/178141 EN 2022.08.25

(71) 申请人 莫雷尔股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 F·帕西尼 B·肖尔滕

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

专利代理师 江漪

(51) Int.Cl.

B01F 23/231 (2006.01)

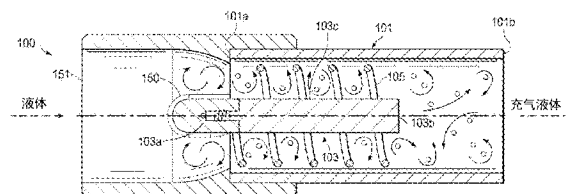
权利要求书3页 说明书8页 附图21页

(54) 发明名称

纳米气泡发生器

(57) 摘要

一种纳米气泡产生设备,包括:细长壳体,该细长壳体限定了适于接纳液体载体的内部腔体、液体入口和液体出口;气体可渗透构件,该气体可渗透构件至少部分地设置在壳体的内部腔体内,该气体可渗透构件包括适于接纳加压气体的第一端部、第二端部和多孔侧壁;以及电导体,该电导体适于随着液体载体从液体入口流到液体出口产生平行于气体可渗透构件的外表面的磁通量。该壳体和气体可渗透构件构造成使得平行于气体可渗透构件的外表面流动的液体载体的流率大于液体的湍流阈值,以创建湍流条件,从而允许液体从气体可渗透构件的外表面剪切气体并在液体载体中形成纳米气泡。



1. 一种用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的设备,所述设备包括:

(a) 细长壳体,所述细长壳体包括第一端部和第二端部,所述壳体限定了液体入口、液体出口以及适于接纳来自液体源的所述液体载体的内部腔体;

(b) 气体可渗透构件,所述气体可渗透构件至少部分地设置在所述壳体的所述内部腔体内,所述气体可渗透构件包括适于接纳来自气体源的加压气体的第一端部、第二端部以及在所述第一端部与所述第二端部之间延伸的多孔侧壁,所述气体可渗透构件限定了内表面、外表面和内腔;

(c) 至少一个电导体,所述至少一个电导体适于随着所述液体载体从所述液体入口流到所述液体出口产生平行于所述气体可渗透构件的所述外表面的磁通量,

所述壳体和所述气体可渗透构件构造成使得随着所述液体载体平行于所述气体可渗透构件的所述外表面从所述液体入口流到所述液体出口,来自所述液体源的所述液体载体的流率大于所述液体的湍流阈值,以创建湍流条件,从而允许所述液体从所述气体可渗透构件的所述外表面剪切气体并在所述液体载体中形成纳米气泡。

2. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,所述气体可渗透构件是导电的。

3. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,所述电导体包括电磁线圈。

4. 根据权利要求3所述的设备,其特征在于,所述电磁线圈包括定子。

5. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,所述电导体包括导线。

6. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,包括螺旋构件,所述螺旋构件适于随着所述液体载体从所述液体入口流到所述液体出口而使所述液体载体旋转。

7. 根据权利要求6所述的设备,其特征在于,所述螺旋构件呈与所述气体可渗透构件、所述壳体或其两者成整体的图案形式。

8. 根据权利要求7所述的设备,其特征在于,所述螺旋构件包括电磁线圈,所述电磁线圈适于随着所述液体载体从所述液体入口流到所述液体出口产生平行于所述气体可渗透构件的所述外表面的磁通量。

9. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,所述电导体位于所述壳体的外部上。

10. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,所述电导体位于所述壳体的所述内部腔体中。

11. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,所述电导体位于所述气体可渗透构件的所述外表面上。

12. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,所述电导体位于所述气体可渗透构件的下游。

13. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,所述电导体位于所述气体可渗透构件的上游。

14. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,还包括位于所述壳体的所述内部腔体中的水翼。

15. 根据权利要求14所述的设备,其特征在于,所述水翼位于所述气体可渗透构件的上游。

16. 根据权利要求14所述的设备,其特征在于,所述水翼位于所述气体可渗透构件的下游。

17. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于,水翼物理地附接到所述气体可渗透构件。

18. 一种用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的设备,所述设备包括:

(a) 细长壳体,所述细长壳体包括第一端部和第二端部,所述壳体限定了液体入口、液体出口以及适于接纳来自液体源的所述液体载体的内部腔体;

(b) 气体可渗透构件,所述气体可渗透构件至少部分地设置在所述壳体的所述内部腔体内,所述气体可渗透构件包括适于接纳来自气体源的加压气体的第一端部、第二端部以及在所述第一端部与所述第二端部之间延伸的多孔侧壁,所述气体可渗透构件限定了内表面、外表面和内腔;

(c) 一个或多个电导体,其中一个电导体包括电磁线圈,所述电磁线圈适于随着所述液体载体从所述液体入口流到所述液体出口产生平行于所述气体可渗透构件的所述外表面的磁通量,

(d) 螺旋构件,所述螺旋构件适于随着所述液体载体从所述液体入口流到所述液体出口使所述液体载体旋转,以及

(e) 水翼,所述水翼位于所述壳体的所述内部腔体中,

所述壳体和所述气体可渗透构件构造成使得随着所述液体载体平行于所述气体可渗透构件的所述外表面从所述液体入口流到所述液体出口,来自所述液体源的所述液体载体的流率大于液体的湍流阈值,以创建湍流条件,从而允许所述液体从所述气体可渗透构件的所述外表面剪切气体并在所述液体载体中形成纳米气泡。

19. 根据权利要求18所述的设备,其特征在于,所述螺旋构件包括所述电磁线圈。

20. 一种使用根据权利要求1或权利要求18所述的设备生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的方法,所述方法包括:

(a) 将液体载体以在所述气体可渗透构件的所述外表面处产生高于所述湍流阈值的湍流的流率从液体源通过所述壳体的所述液体入口引入到所述壳体的所述内部腔体中;

(b) 随着所述液体载体从所述液体入口流到所述液体出口,施加平行于所述气体可渗透构件的所述外表面的磁通量;并且

(c) 以选定的气体压力将来自气体源的加压气体引入到所述气体可渗透构件的所述内腔中,使得所述内腔内的压力大于所述壳体的所述内部腔体内的压力,从而迫使气体通过所述多孔侧壁并在所述气体可渗透构件的所述外表面上形成纳米气泡,

其中,平行于所述气体可渗透构件的所述外表面从所述液体入口流到所述液体出口的所述液体载体从所述气体可渗透构件的所述外表面去除纳米气泡,以形成包含所述液体载体和分散在其中的所述纳米气泡的组合物。

21. 根据权利要求20所述的方法,其特征在于,包括施加平行于所述气体可渗透构件的所述外表面的振荡磁通量。

22. 根据权利要求21所述的方法,其特征在于,包括施加平行于所述气体可渗透构件的所述外表面的高频振荡磁通量。

23. 一种用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的设备,所述设备包括:

(a) 细长壳体,所述细长壳体包括第一端部和第二端部,所述壳体还包括内部腔体和适于将加压气体从气体源引入到所述内部腔体中的气体入口;

(b) 气体可渗透构件,所述气体可渗透构件至少部分地设置在所述壳体的所述内部腔

体内,所述气体可渗透构件包括适于接纳来自液体源的液体的液体入口、液体出口以及在所述液体入口与液体出口之间延伸的多孔侧壁,所述气体可渗透构件限定内表面、外表面和液体流过其中的内腔;

(c)至少一个电导体,所述至少一个电导体适于随着所述液体载体从所述液体入口流到所述液体出口产生平行于所述气体可渗透构件的所述内表面的磁通量,

所述壳体和所述气体可渗透构件构造成使得随着所述液体载体平行于所述气体可渗透构件的所述内表面从所述液体入口流到所述液体出口,来自所述液体源的所述液体载体的流率大于所述液体的湍流阈值,以创建湍流条件,从而允许所述液体从所述气体可渗透构件的所述内表面剪切气体并在所述液体载体中形成纳米气泡。

24.一种使用根据权利要求23所述的设备生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的方法,所述方法包括:

(a)将液体载体以在所述气体可渗透构件的所述外表面处产生高于所述湍流阈值的湍流的流率从液体源通过所述壳体的所述液体入口引入到所述气体可渗透构件的所述内部腔体中;

(b)随着所述液体载体从所述液体入口流到所述液体出口,施加平行于所述气体可渗透构件的所述内表面的磁通量;并且

(c)以选定的气体压力将来自气体源的加压气体引入到所述壳体的所述内部腔体中,使得所述壳体的所述内部腔体内的压力大于所述气体可渗透构件的内部中的压力,从而迫使气体通过所述多孔侧壁并在所述气体可渗透构件的所述内表面上形成纳米气泡,

其中,平行于所述气体可渗透构件的所述内表面从所述液体入口流到所述液体出口的所述液体载体从所述气体可渗透构件的所述内表面去除纳米气泡,以形成包含所述液体载体和分散在其中的所述纳米气泡的组合物。

25.根据权利要求24所述的方法,其特征在于,包括施加平行于所述气体可渗透构件的所述内表面的振荡磁通量。

26.根据权利要求25所述的方法,其特征在于,包括施加平行于所述气体可渗透构件的所述内表面的高频振荡磁通量。

纳米气泡发生器

[0001] 优先权声明

[0002] 本申请要求于2021年02月18日提交的美国临时专利申请第63/150,973号的优先权,其全部内容以参见的方式纳入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及在液体载体中产生纳米气泡。

背景技术

[0004] 纳米气泡在液体载体中长时间稳定,允许它们在液体载体中运输而不聚结。这些特性使得纳米气泡在许多领域都很有用,包括水处理、植物生长、水产养殖和杀菌。

发明内容

[0005] 在第一方面,描述了一种用于在液体载体中产生包括纳米气泡的组合物的设备。该设备包括:(a)细长壳体,该细长壳体包括第一端部和第二端部,并且限定了液体入口、液体出口以及适于接纳来自液体源的液体载体的内部腔体;(b)气体可渗透构件,该气体可渗透构件至少部分地设置在壳体的内部腔体内,该气体可渗透构件包括适于接纳来自气体源的加压气体的第一端部、第二端部以及在该第一端部与第二端部之间延伸的多孔侧壁,该气体可渗透构件限定了内表面、外表面和内腔;以及(c)至少一个电导体,该至少一个电导体适于随着液体载体从液体入口流到液体出口产生平行于气体可渗透构件的外表面的磁通量。该壳体和气体可渗透构件构造成使得随着液体载体平行于气体可渗透构件的外表面从液体入口流到液体出口,来自液体源的该液体载体的流率大于液体的湍流阈值,以创建湍流条件,从而允许液体从气体可渗透构件的外表面剪切气体并在液体载体中形成纳米气泡。

[0006] 在一些实施例中,该气体可渗透构件是导电的。该电导体可以是电磁线圈(例如,定子)或导线。在一些情况下,该设备包括一对电导体,其中一个是气体可渗透构件,另一个是例如电磁线圈或导线。

[0007] 在一些实施例中,该设备包括螺旋构件,该螺旋构件适于随着液体载体从液体入口流到液体出口使液体载体旋转。该螺旋构件可以呈与气体可渗透构件、壳体或两者成整体的图案形式。在其他实施例中,该螺旋构件包括电磁线圈,该电磁线圈适于随着液体载体从液体入口流到液体出口产生平行于气体可渗透构件的外表面的磁通量。在后一种情况下,该螺旋构件也起导电构件的作用。

[0008] 该电导体可以位于壳体的外部上、壳体的内部腔体中、或气体可渗透构件的外表面上。该电导体也可以位于气体可渗透构件的下游或上游。

[0009] 该设备还可以包括位于壳体的内部腔体中的水翼。该水翼可以位于气体可渗透构件的上游或下游。在一些实施例中,该水翼物理地附接到气体可渗透构件。随着液体载体流过水翼,水翼使其旋转。

[0010] 在第二方面,描述了用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的第二设备。该设备包括:(a)细长壳体,该细长壳体包括第一端部和第二端部,并且限定了液体入口、液体出口以及内部腔体,该内部腔体适于接纳来自液体源的液体载体;(b)气体可渗透构件,该气体可渗透构件至少部分地设置在壳体的内部腔体内,该气体可渗透构件包括适于接纳来自气体源的加压气体的第一端部、第二端部以及在该第一端部与第二端部之间延伸的多孔侧壁,该气体可渗透构件限定了内表面、外表面和内腔;(c)一个或多个电极,其中一个电极是电磁线圈,该电磁线圈适于随着液体载体从液体入口流到液体出口产生平行于气体可渗透构件的外表面的磁通量,(d)螺旋构件,该螺旋构件适于随着液体载体从液体入口流到液体出口使液体载体旋转,以及(e)水翼,该水翼位于壳体的内部腔体中。该壳体和气体可渗透构件构造成使得随着液体载体平行于气体可渗透构件的外表面从液体入口流到液体出口,来自液体源的该液体载体的流率大于液体的湍流阈值,以创建湍流条件,从而允许液体从气体可渗透构件的外表面剪切气体并在液体载体中形成纳米气泡。

[0011] 在一些实施例中,该螺旋构件包括电磁线圈。

[0012] 在第三方面中,描述了使用本发明的第一方面和第二方面中所描述的设备生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的方法。该方法包括:

[0013] (a)将液体载体以在气体可渗透构件的外表面处产生高于湍流阈值的湍流的流率从液体源通过壳体的液体入口引入到壳体的内部腔体中;(b)随着液体载体从液体入口流到液体出口,施加平行于气体可渗透构件的外表面的磁通量;并且(c)以选定的气体压力将来自气体源的加压气体引入到气体可渗透构件的内腔中,使得该内腔内的压力大于壳体的内部腔体内的压力,从而迫使气体通过多孔侧壁并在气体可渗透构件的外表面上形成纳米气泡。平行于气体可渗透构件的外表面从液体入口流到液体出口的液体载体从气体可渗透构件的外表面去除纳米气泡,以形成包含液体载体和分散在其中的纳米气泡的组合物。

[0014] 在一些实施例中,流率至少为2米/秒。该方法可以包括施加振荡磁通量,例如高频振荡磁通量。

[0015] 在第四方面,描述了用于生产包括分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的第三设备。该设备包括:(a)细长壳体,该细长壳体包括第一端部和第二端部,该壳体还包括内部腔体和适于将加压气体从气体源引入到内部腔体中的气体入口;(b)气体可渗透构件,该气体可渗透构件至少部分地设置在壳体的内部腔体内,该气体可渗透构件包括适于接纳来自液体源的液体的液体入口、液体出口以及在该液体入口与液体出口之间延伸的多孔侧壁,并且限定了内表面、外表面以及液体流过其中的内腔;以及(c)至少一个电导体,该至少一个电导体适于随着液体载体从液体入口流到液体出口产生平行于气体可渗透构件的内表面的磁通量。该壳体和气体可渗透构件构造成使得随着液体载体平行于气体可渗透构件的内表面从液体入口流到液体出口,来自液体源的该液体载体的流率大于液体的湍流阈值,以创建湍流条件,从而允许液体从气体可渗透构件的内表面剪切气体并在液体载体中形成纳米气泡。

[0016] 在第五方面中,描述了使用本发明的第四方面所述的设备生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的方法。该方法包括:(a)将液体载体以在气体可渗透构件的外表面处产生高于湍流阈值的湍流的流率从液体源通过壳体的液体入口引入到气体可渗透构件的内部腔体中;(b)随着液体载体从液体入口流到液体出口,施加平行于气体可渗透构件

的内表面的磁通量；并且(c)以选定的气体压力将来自气体源的加压气体引入到壳体的内部腔体中，使得壳体的内部腔体内的压力大于气体可渗透构件的内部中的压力，从而迫使气体通过多孔侧壁并在气体可渗透构件的内表面上形成纳米气泡。平行于气体可渗透构件的内表面从液体入口流到液体出口的液体载体从气体可渗透构件的内表面去除纳米气泡，以形成包含液体载体和分散在其中的纳米气泡的组合物。

[0017] 在一些实施例中，流率至少为2米/秒。该方法可以包括施加振荡磁通量，例如高频振荡磁通量。

[0018] 在上述设备和方法中的每一个中，构造设备使得随着液体载体平行于气体可渗透构件的内表面或外表面从液体入口流到液体出口，来自液体源的液体载体的流率大于液体的湍流阈值，以创建湍流条件，从而使纳米气泡聚结最小化。包括至少一个电导体以随着液体载体从液体入口流到液体出口产生平行于气体可渗透构件的内表面或外表面的磁通量（例如，高频振荡磁通量），增加了纳米气泡的产生和纳米气泡的产生速率。测量电导体的电阻变化可用于检测流体中纳米气泡的存在。

[0019] 螺旋构件通过向液体载体赋予角速度以引起漩涡，来进一步增加了纳米气泡的产生和纳米气泡的产生速率，从而提高了在气体可渗透构件与液体流之间的界面处捕获纳米气泡的效率。水翼通过基于水翼的表面和水翼下游的湍流后缘在流过设备的流体中产生高湍流区域，来进一步增加纳米气泡的产生和纳米气泡的产生速率。

[0020] 上述设备和方法可以用于各种应用中。示例包括水处理，例如用于充氧化和/或去除水体中污染物的废水处理。其他示例包括水产养殖和植物生长，其中组合物可用于输送氧气或其他营养物。又一个示例是清洁和消毒，例如在热水浴缸或温泉中，以最小化或消除诸如氯的化学物质的使用。

[0021] 附图和以下说明进一步详细说明了本发明的一种或多种实施方式。本发明的其它特征、目的和优势将通过说明书、附图以及权利要求书得以清楚展现。

附图说明

[0022] 图1A是用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的示例设备的俯视图。

[0023] 图1B是图1A的设备的剖视侧视图。

[0024] 图1C是图1A的设备的分解图。

[0025] 图2A是用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的示例设备的俯视图。

[0026] 图2B是图2A的设备的剖视侧视图。

[0027] 图3A是用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的示例设备的俯视图。

[0028] 图3B是图3A的设备的剖视侧视图。

[0029] 图4A是用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的示例设备的俯视图。

[0030] 图4B是图4A的设备的剖视侧视图。

[0031] 图5A是用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的示例设备的俯视图。

图。

[0032] 图5B是图5A的设备的剖视侧视图。

[0033] 图6A是用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的示例设备的俯视图。

[0034] 图6B是图6A的设备的剖视侧视图。

[0035] 图7是用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的示例设备的俯视图。

[0036] 图8是用于生产包含分散在液体载体中的纳米气泡的组合物的示例设备的俯视图。

[0037] 图9A是示例水翼的立体图。

[0038] 图9B是图9A的水翼的侧视图。

[0039] 图9C是图9A的水翼的俯视图。

[0040] 图10A是联接到图9A的水翼的示例安装部的俯视图。

[0041] 图10B是图10A的安装部的剖面,出于说明的目的,该剖面不包括水翼。

[0042] 图10C是联接到图9A的水翼的图10A的安装部的剖面。

[0043] 图11是示例可渗透构件示意图。

[0044] 图12是示例设备的示意图。

[0045] 在各个附图中,相似的附图标记指示相似的元件。

具体实施方式

[0046] 本公开描述了一种用于在液体载体中产生纳米气泡的设备。纳米气泡具有小于1微米(μm)的直径。在一些实施例中,纳米气泡具有小于或等于500纳米(nm)的直径。在一些实施例中,纳米气泡具有小于或等于200纳米(nm)的直径。

[0047] 除了剪切之外,本文所述的设备和方法选择性地应用超空化、涡度和/或磁场(优选地为高频振荡磁场)的组合以在液体载体中形成纳米气泡。

[0048] 图1A和1B是分别示出了示例性设备100的俯视图和剖视侧视图的示意图。图1C是示出了设备100的分解图的示意图,其中示出了设备100的部件彼此分离。设备100包括壳体101、可渗透构件103和电导体105。细长壳体101由第一端部101a、第二端部101b和适于接纳来自液体源的液体载体的内部腔体限定。壳体101包括入口和出口。第一端部101a可以是入口,且第二端部101b可以是出口。

[0049] 设备100包括至少部分地设置在壳体101的内部腔体内的气体可渗透构件103。可渗透构件103限定内表面、外表面和内腔。可渗透构件103可以包括适于接纳来自气源的加压气体的第一端部103a、第二端部103b和在第一端部103a与第二端部103b之间延伸的多孔侧壁103c。可渗透构件103的第一端部103a可以是开放端部,并且可渗透构件103的第二端部103b可以是封闭端部。

[0050] 壳体101和可渗透构件103可以布置成使得随着液体载体平行于可渗透构件103的外表面从液体入口流到液体出口,来自液体源的液体载体的流率大于液体的湍流阈值,以创建湍流条件,从而允许液体从气体可渗透构件的外表面剪切气体并在液体载体中形成纳米气泡。

[0051] 如图1A-C所示,设备100包括以螺旋构件(例如,螺旋电极)形式的电导体105,位于壳体101的内部腔体中。随着液体载体从壳体101的液体入口流到液体出口,电导体105适于产生平行于可渗透构件103的外表面的磁通量。优选地,电导体105适于产生高频振荡磁通量。

[0052] 电导体105可以位于可渗透构件103的外表面上。电导体105可以围绕可渗透构件103的至少一部分。电导体105也可以以其他形式实施。例如,在一些实施例中,电导体105包括导线。在一些实施例中,电导体105包括一个或多个电极。在一些实施例中,电导体105是电磁线圈的形式(例如,定子)。在一些实施例中,可渗透构件103可以用作电导体105。

[0053] 在一些实施例中,设备100连接到提供液体载体(例如,水)的液体源。在一些实施例中,该液体源是经由抽吸管线连接到泵的容器或水体。在一些实施例中,该泵是变速泵。在一些实施例中,该泵经由带有控制阀的排放管线连接到设备100。在一些实施例中,该排放管线与壳体101流体连通。例如,液体载体从泵流过控制阀、流过排放管线,并到达第一端部101a。控制阀的百分比开度可以调节以控制液体载体到设备100的压力和流率。

[0054] 设备100可以可选地包括水翼150,该水翼成形为引起流过设备100的液体载体旋转。在一些实施例中,水翼150成形为(例如,具有锥形和/或弯曲的表面)以在流过设备100的液体载体中引起超空化。例如,水翼150可以成形为基于水翼150的表面和水翼150下游的湍流后缘在流过设备100的流体中产生高端流区域。在本公开中,术语“下游”和“上游”与液体载体的整体流动方向相关,例如,通过设备100。例如,在图1A-1B中,液体载体通过设备100的整体流动方向是从左到右,因此“下游”与“向右”相关,而“上游”与“向左”相关。

[0055] 如图1B所示,水翼150可以位于壳体101的内部腔体内。水翼150的至少一部分可以位于可渗透构件103的上游。水翼150可以物理地附接到可渗透构件103。也可以考虑水翼的其他实施方式。例如,在一些实施例中,水翼150的至少一部分可以位于可渗透构件103的下游。水翼150和一个或多个其他部件(比如螺旋构件和/或电导体105)可以协配地引起流过设备100的流体的旋转。

[0056] 在一些实施例中,设备100可选地包括安装部151。该安装部可以用于将设备中的两个或更多个部件联接在一起。如图1A-1B所示,可渗透构件103以及可选的水翼150可以联接到安装部151。壳体101可以联接到安装部151,例如,壳体101的第一端部101a可以联接到安装部151。可以应用用于将部件联接在一起的各种装置。例如,壳体101的第一端部101a可以与安装部151的内孔接合。安装部151可以将流体入口和/或出口提供到其联接部件中。例如,安装部151可以限定与可渗透构件103的第一端部103a流体连通的端口151a。端口151可以用于将气体引入到可渗透构件103中。

[0057] 设备100连接到气体源。如上所述,该气体源可以连接到(由安装部151限定的)端口151a,该端口与可渗透构件103的第一端部103a流体连通。气体可以流到第一端部103a并流入可渗透构件103的内腔中。随着气体从内腔流出并流过可渗透构件103的孔,通过液体载体以高于液体湍流阈值的流率流过可渗透构件103的外表面,能够从可渗透构件103的外表面剪切并形成纳米气泡。

[0058] 在一些实施例中,包含由设备100形成的纳米气泡的液体载体流出设备100(例如,流出第二端部101b)到排放管线。在一些实施例中,包含由设备100形成的纳米气泡的液体载体流出设备100到多个可选择的排放管线(例如,在容器或水体中)。

[0059] 图2A和2B是示例性设备200的示意图。尽管设备200包括设备100的一个或多个相同特征(例如,可渗透构件103、安装部151),但也存在若干个区别。例如,设备200包括分段的壳体201。壳体201的部段可以通过安装部151联接。安装部151可以位于壳体201的第一端部201a与第二端部201b之间。

[0060] 图2A-2B的设备200还包括多个电导体205、207。电导体205是位于可渗透构件103下游的壳体201的外部上的电磁线圈(例如,定子)。电导体205是位于可渗透构件103上游的壳体201的内部腔体中的螺旋构件207(例如,线圈电极)。螺旋构件207可以包括沿着壳体201的内周向壁定位的螺旋形挡板(或盘绕的导线)。螺旋构件207适于使液体载体在流过设备200(例如,从液体入口到液体出口)时旋转。类似于设备100的电导体105,螺旋构件207也可以用作电磁线圈,该电磁线圈适于随着液体载体流过设备200(例如,从液体入口到液体出口)产生平行于可渗透构件103的外表面的磁通量(例如,高频振荡磁场)。

[0061] 在一些实施例中,螺旋构件207可以是导致液体载体旋转的可渗透构件103、壳体201或其两者的整体特征。例如,螺旋构件207可以包括在可渗透构件103、壳体201或其两者的壁上的一个或多个表面特征,其使得邻近表面流动的液体载体旋转。这些表面特征可以包括壁上的腔体和/或突出物。例如,在一些实施例中,螺旋构件207可以包括沿着壳体的内壁形成的螺旋形表面。

[0062] 这里提供的设备可以包括各种电导体构造。在一些实施例中,一个或多个电导体(例如,电导体205或螺旋构件207)是设备200内的单独的组件。例如,电导体205和螺旋构件207可以是直接联接到壳体201(如图2A-2B所示)、或者与壳体201间隔开(如图1A-1B所示)的单独的部件。例如,螺旋构件207可以是联接到可渗透构件103的外表面并绕着可渗透构件103的外表面设置的螺旋形挡板的形式。在一些实施例中,一个或多个电极的至少一部分可以位于可渗透构件103的上游、下游或相同的近似位置。

[0063] 图3A和3B示出了另一示例性设备300。尽管设备300包括先前讨论的设备(例如,设备100、200)的一些相同特征(例如,可渗透构件103),但本节集中于设备300中存在的区别。例如,设备300具有位于壳体301内的多个电导体,包括位于可渗透构件103上游的电定子305以及围绕可渗透构件103的至少一部分的螺旋构件307。螺旋构件307的尺寸可以根据需要而定。例如,设备300的螺旋构件307比可渗透构件103长,使得螺旋构件307的一部分延伸到可渗透构件103的下游。在一些实施例中,螺旋构件307可以更长、更短,或者沿着纵向方向与可渗透构件的近似长度相同。

[0064] 图4A和4B示出了另一示例性设备400。尽管设备400包括先前讨论的设备(例如,设备100、200、300)的一些相同特征(例如,可渗透构件103),但本节集中于设备400中存在的区别。例如,设备400包括呈位于壳体401外部的螺旋构件(例如,螺旋电极)的形式电导体405。例如,电导体405可以包括直接联接到壳体401并绕在壳体401的外部设置的盘绕的导线(或仅仅是线圈)。设备400的电导体405位于可渗透构件103的上游。在一些实施例中,电导体405的至少一部分可以位于可渗透构件103的下游或相同的近似位置处。在一些实施例中,电导体可以设置在安装部405上。

[0065] 图5A和5B示出了另一示例性设备500。设备500包括先前讨论的设备(例如,设备100、200、300、400)的一些类似特征(例如,可渗透构件103),但是本节集中于设备500中存在的区别。设备500包括以螺旋构件(例如,螺旋电极)形式的电导体505,该螺旋构件位于壳

体501外部,通常定位在可渗透构件103的下游,靠近壳体501的出口端部501b。

[0066] 图6A和6B示出了另一示例性设备600。设备600包括先前讨论的设备(例如,设备100、200、300、400、500)的一些类似特征(例如,可渗透构件103),但是本节集中于设备600中存在的区别。设备600的电导体605包括电磁线圈(例如,定子),该电磁线圈位于壳体601外部,并且位于可渗透构件103的上游,靠近壳体入口601a。

[0067] 图7示出了另一示例性设备700。设备700包括以电磁线圈(例如定子)形式的电导体705,该电磁线圈位于壳体701外部上。设备700的电导体705位于可渗透构件的大致相同的位置,并围绕可渗透构件103的一部分。

[0068] 图8示出了另一示例性设备800,其包括位于可渗透构件103下游的壳体801的外部上的电导体105、电磁线圈(例如,定子)。

[0069] 图9A-9C示出了示例性水翼150。该水翼包括不对称形状,其构造成在水翼150下游的流体(例如,液体载体)的流动中产生湍流。水翼150的形状可以包括彼此偏移的弯曲翼(一对渐缩的端部),该弯曲翼引起围绕水翼流动的流体旋转。水翼150可以可选地包括联接元件(例如,图9A所示的扩散器安装部中的内螺纹部分),该联接元件可联接到可渗透构件103的第一端部103a。水翼150的形状可以引起流过设备100的流体旋转,并导致流体绕着图1A-1B的可渗透构件103旋转(例如,以螺旋方式)。虽然上面关于设备100描述了水翼150的描述,但是相同的概念可以应用于本文描述的设备200、300、400、500、600、700或800中的任何一个。

[0070] 图10A-10C示出了可以可选地包括在这此描述的设备中的示例性安装部151。如上所述,该安装部可以联接到在此描述的设备的一个或多个部件,例如图1A-1B的水翼150。

[0071] 图11是可以在此描述的任何设备中实施的示例性气体可渗透构件103的示意图。可渗透构件103限定多个孔,气体可以穿过这些孔以产生纳米气泡。每个孔的直径可以小于或等于50微米。在一些实施例中,每个孔的直径在200纳米到50微米的范围内。这些孔可以具有均匀的尺寸或变化的尺寸。这些孔可以均匀地或随机地分布在可渗透构件103的表面(例如,外表面)上。这些孔可以具有任何规则(例如,圆形)或不规则的形状。在一些实施例中,可渗透构件103是导电的,并用作细长电极。

[0072] 气体可以流入可渗透构件103中,使得随着液体绕着可渗透构件103的外表面流动,气体从可渗透构件103的内腔流过孔,以沿着可渗透构件103的表面产生纳米气泡。绕着可渗透构件103流动的液体从可渗透构件剪切纳米气泡,以产生富含纳米气泡的液体。

[0073] 图12是示例性设备1200示意图。与先前的示例性设备不同,设备1200包括适于接纳来自气体源的气体的壳体1201和适于接纳来自液体源的液体载体的可渗透构件1203。可渗透构件1203可以基本上类似于可渗透构件103(如图11所示)。在设备1200中,液体流入可渗透构件1203中,气体绕着可渗透构件1203的外表面流动。气体通过孔流入可渗透构件1203的内腔中,以产生纳米气泡,该纳米气泡被剪切并分散到在可渗透构件1203内流动的液体中。

[0074] 设备1200的壳体1201包括作为封闭端部的第一端部1201a和第二端部1201b。气体从源通过由壳体1201限定的端口1201c流入壳体1201的内部腔体中。尽管在图12中示出端口1201c位于壳体1201的中间附近,但只要端口1201c提供用于气体进入壳体1201的内部腔体的进入点,端口1201c就可以位于壳体1201的任何点处。

[0075] 可渗透构件1203具有第一端部1203a,该第一端部可以用作适于接纳液体载体的液体入口。可渗透构件1203包括允许气体穿过其壁的孔。可渗透构件1203封围在壳体1201的内部腔体内,使得壳体内的气体流过可渗透构件1203的壁。施加压力以使气体流过可渗透构件1203的孔并流入可渗透构件1203的内腔中。随着气体流过可渗透构件1203的孔,形成纳米气泡。随着纳米气泡形成,流过可渗透构件1203的内腔的液体载体从可渗透构件1203的内表面剪切纳米气泡。可渗透构件1203的第二端部1203b可以是开口端部或用于排出携带形成的纳米气泡的液体载体的出口。

[0076] 图12的设备1200包括电磁线圈(例如,定子)形式的电导体1205,该电磁线圈位于壳体1201外部上。电导体1205围绕可渗透构件1203的至少一部分,并且位于端口1201c的上游。一个或多个电导体可以以多种方式实施,如以上各节所述。

[0077] 设备1200可以可选地包括部件(例如,螺旋构件和/或水翼),以引起流过可渗透构件1203的液体旋转,如本文先前所述。该可选的部件可以位于壳体1201的内部腔体中。例如,该可选的部件可以联接到可渗透构件1203。在一些实施例中,该可选的部件与可渗透构件1203成整体的。例如,该可选的部件可以是螺旋构件,该螺旋构件包括绕着可渗透构件1203的内表面设置的螺旋形挡板或线圈。在一些实施例中,该可选的部件的至少一部分位于可渗透构件1203的上游或下游。在一些实施例中,设备1200包括水翼、螺旋构件和/或电导体1205,它们可以协配地引起流过设备1200的流体旋转。

[0078] 本文描述的任何设备和方法包括产生平均直径小于1微米的纳米气泡。在一些实施例中,纳米气泡的平均直径范围为从大约10纳米到大约500纳米、从大约75纳米到大约200纳米、或从大约50纳米到大约150纳米。组合物中的纳米气泡可以具有直径的单峰分布,其中平均气泡直径小于1微米。在一些实施例中,通过本文所述的设备和方法生产的任何组合物包括纳米气泡,但不含微气泡。

[0079] 已描述了主题的特定实施例。然而,应当理解,可进行各种修改、替换和改变。

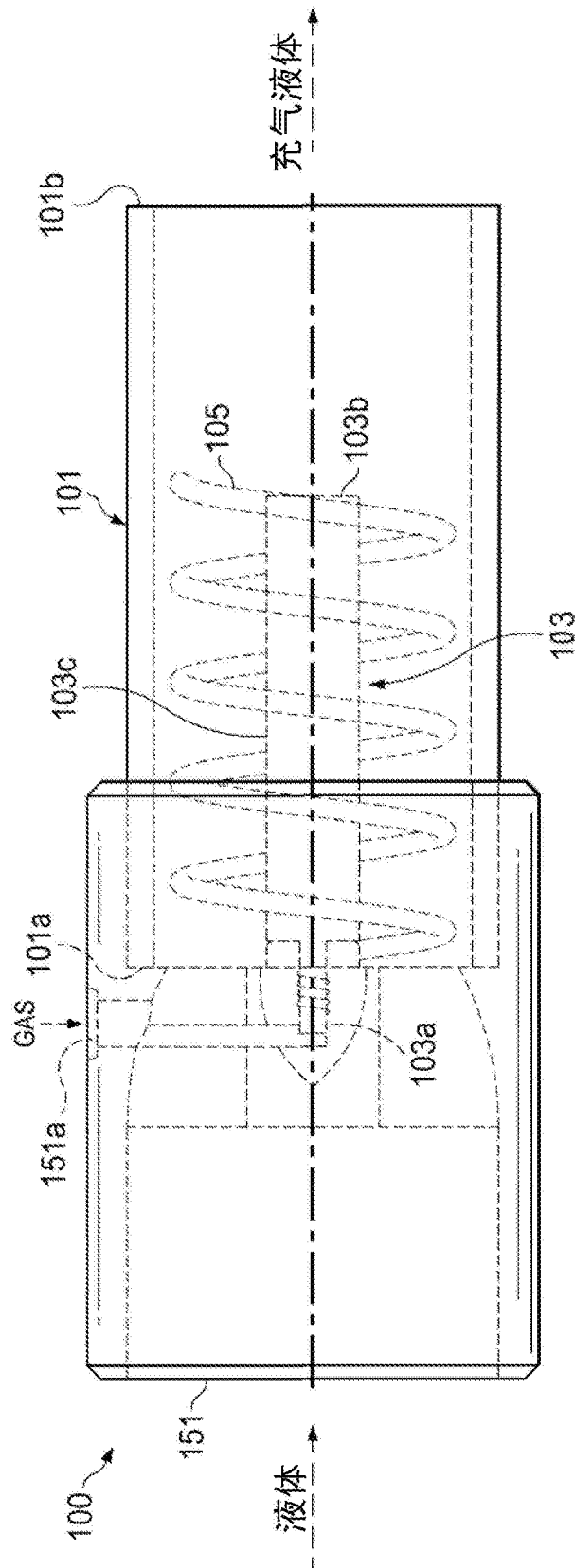


图1A

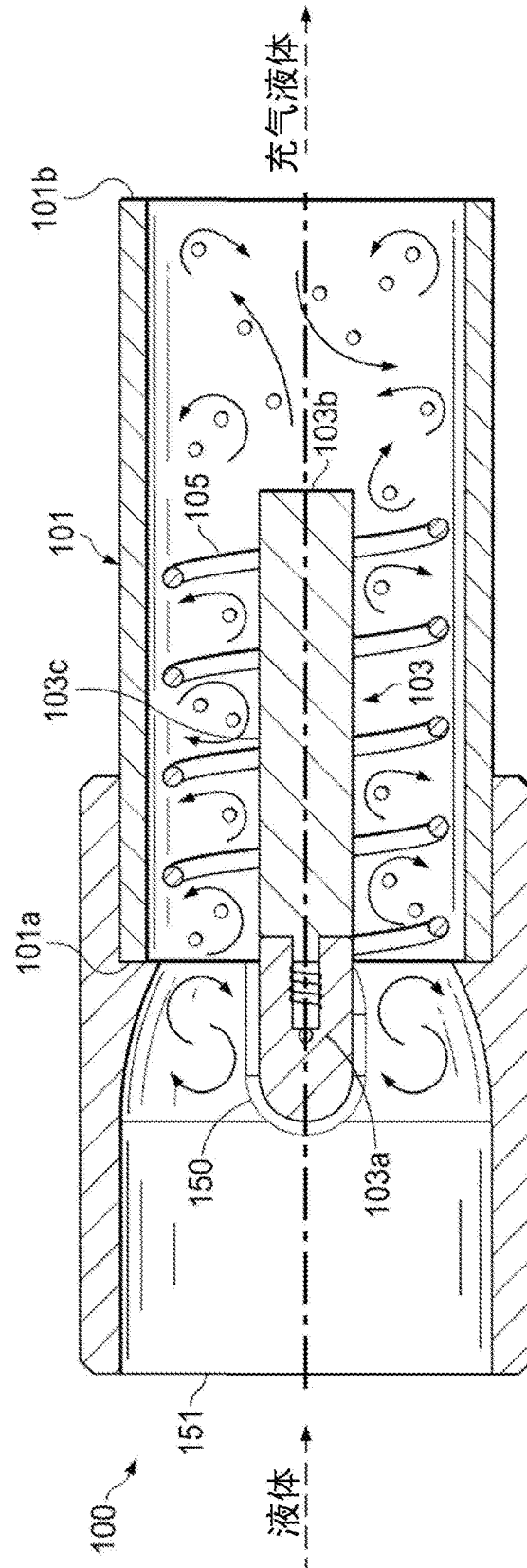


图1B

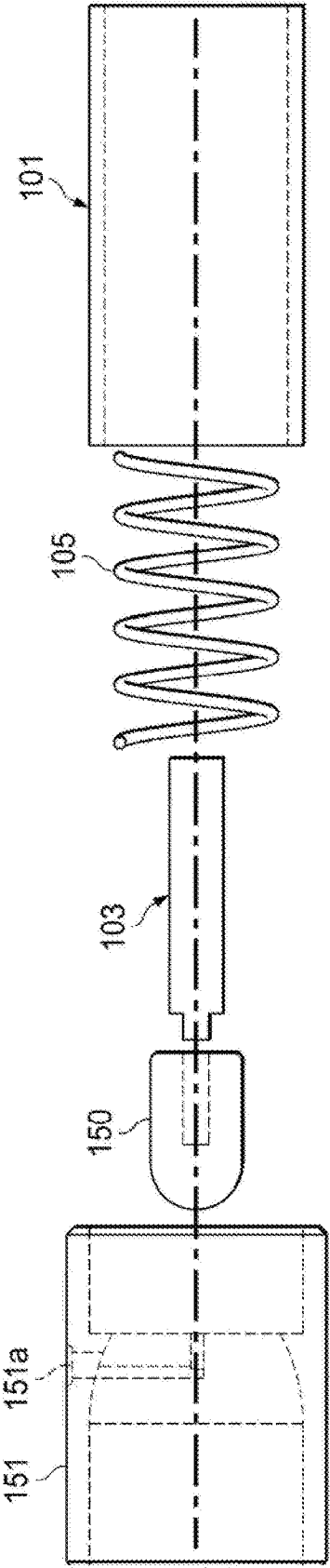


图1C

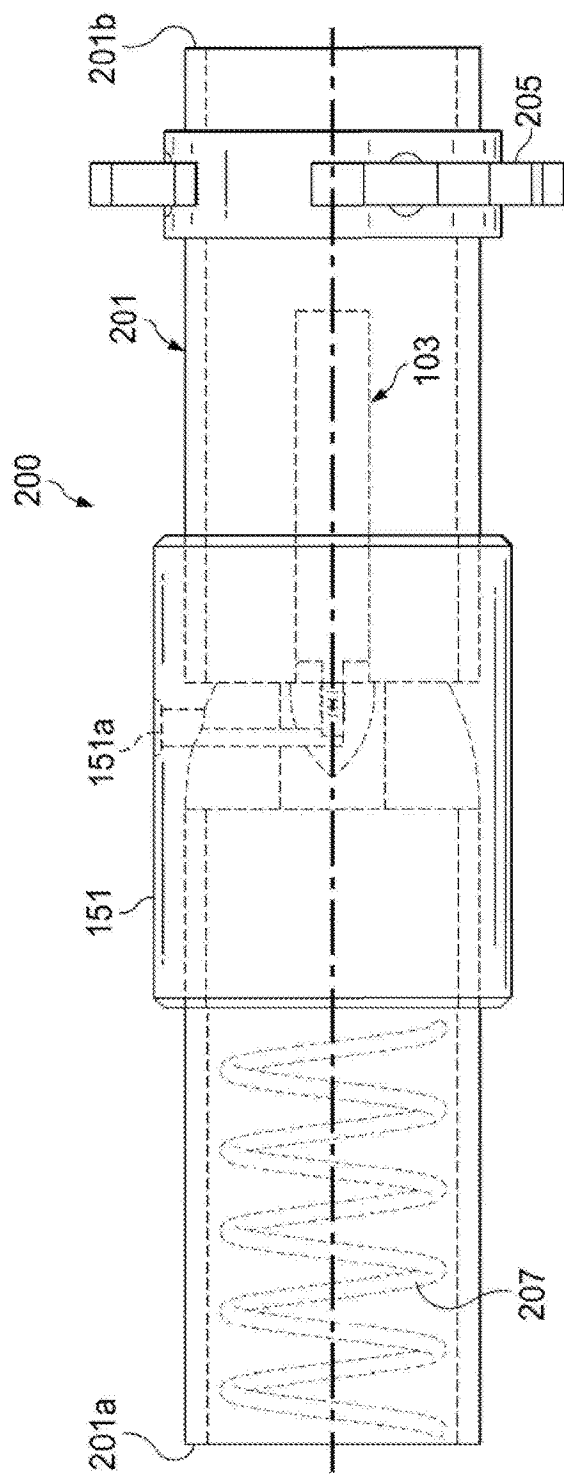


图2A

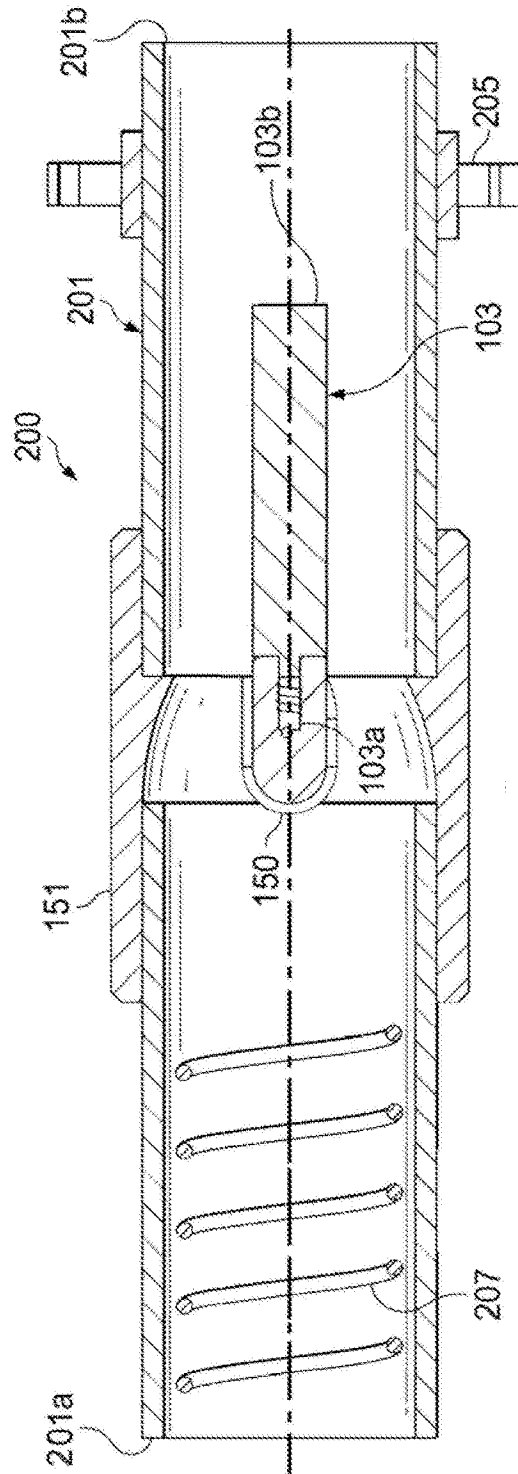


图2B

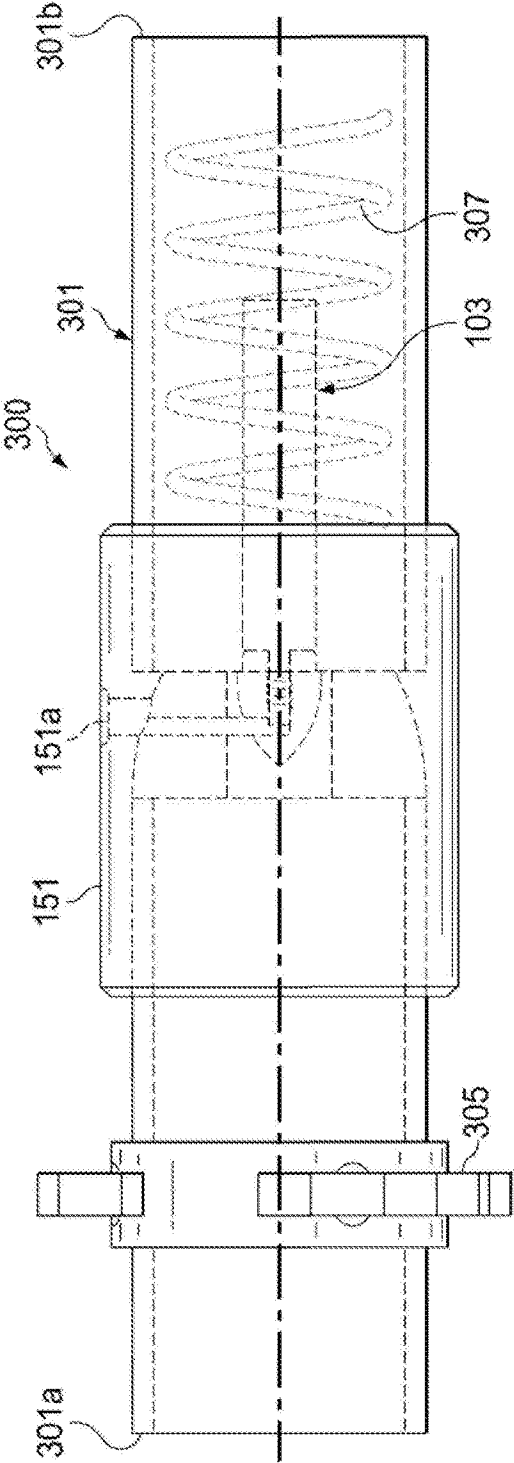


图3A

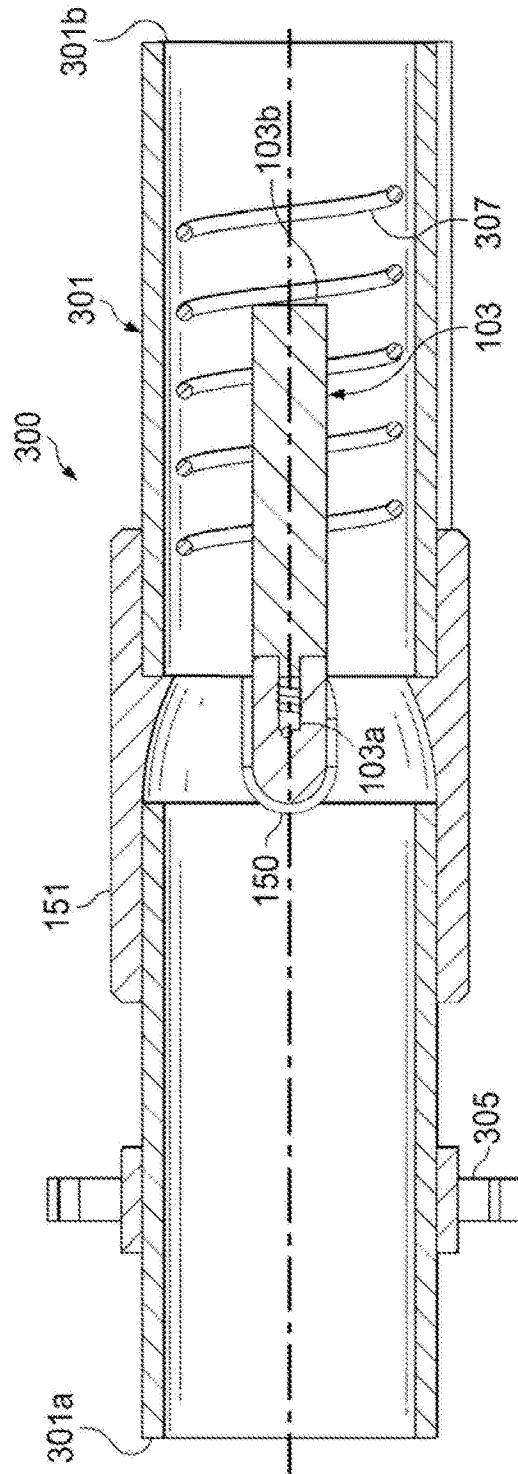


图3B

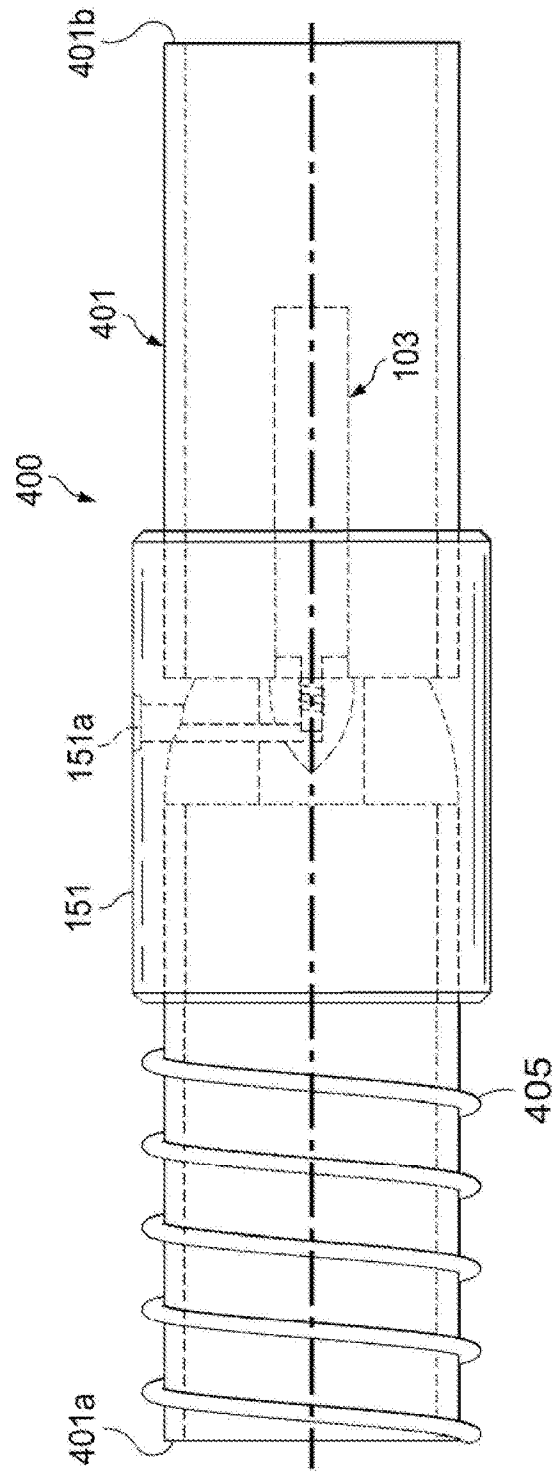


图4A

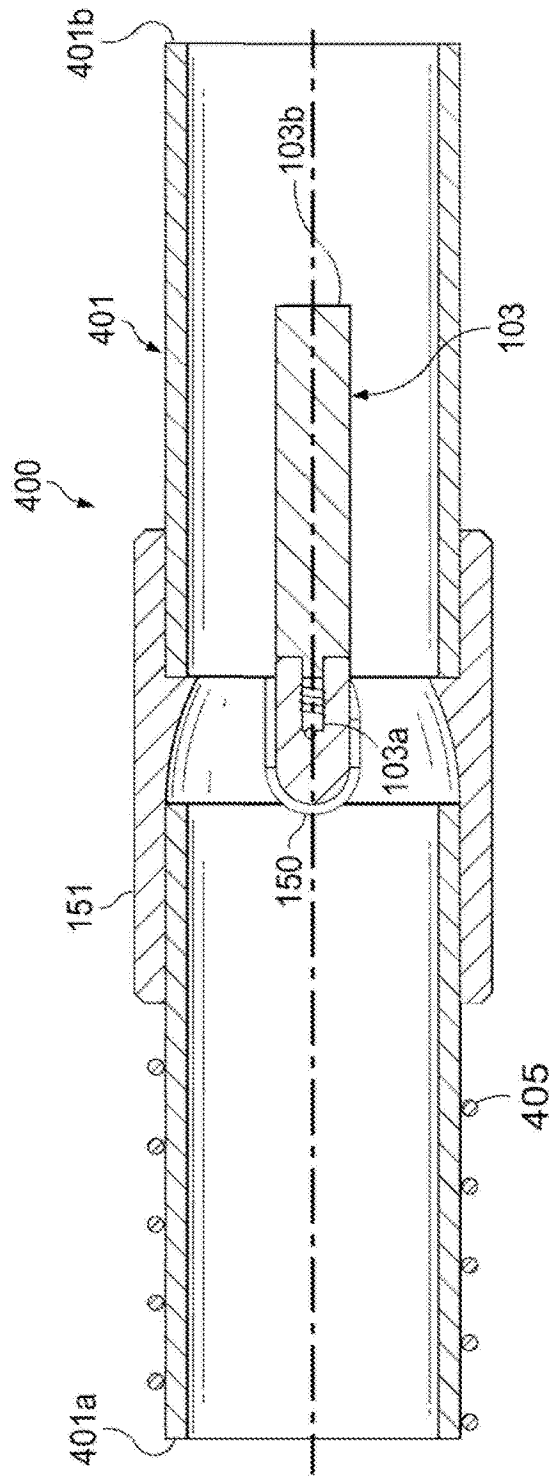


图4B

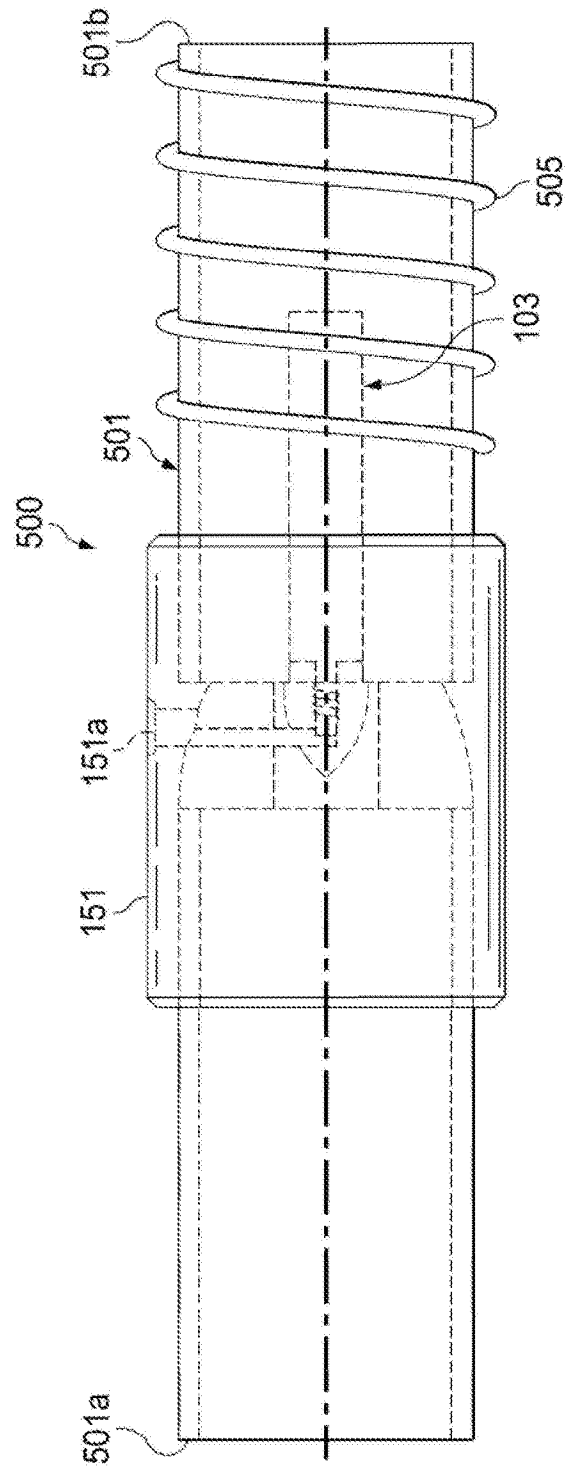


图5A

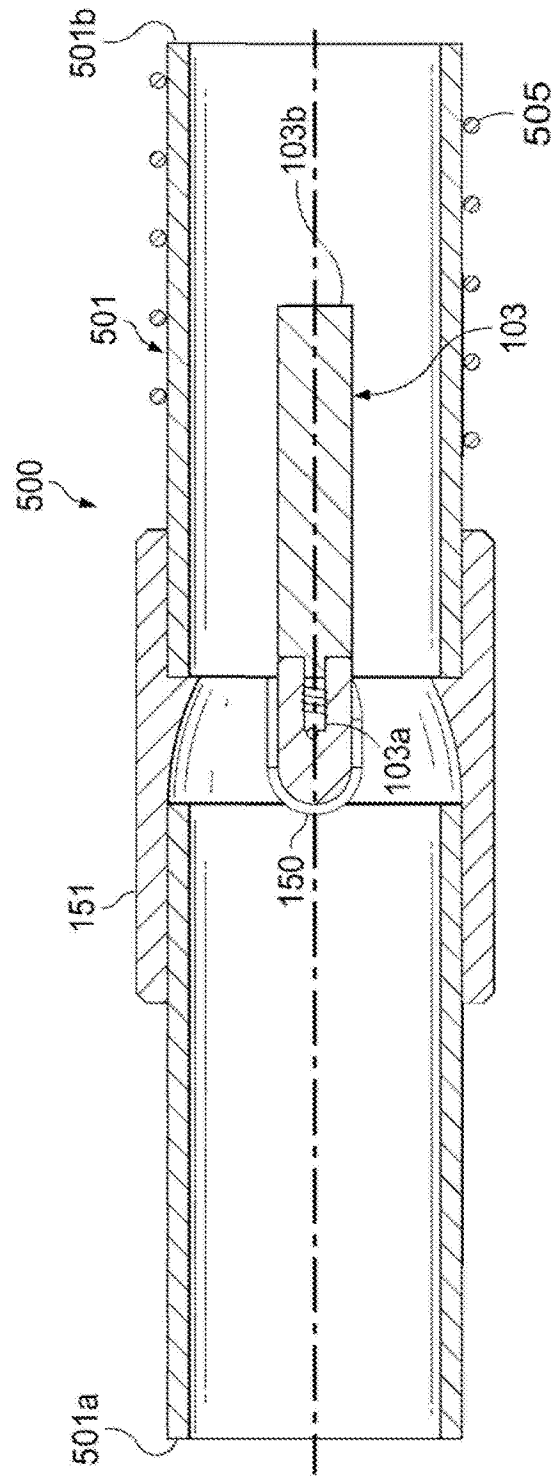


图5B

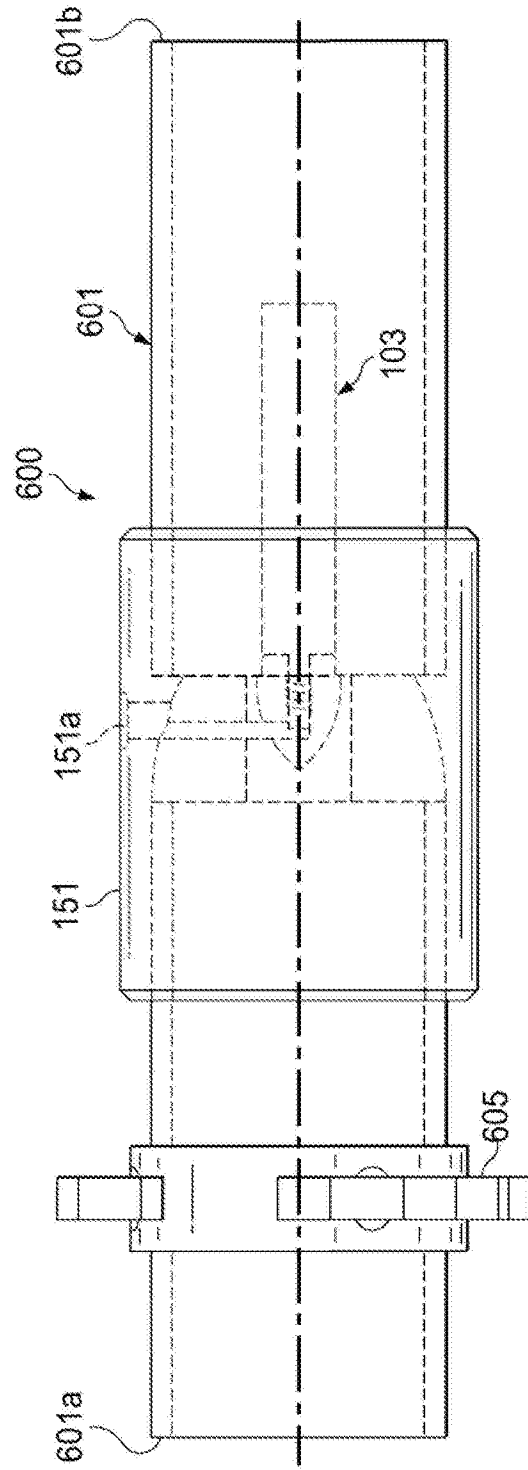


图6A

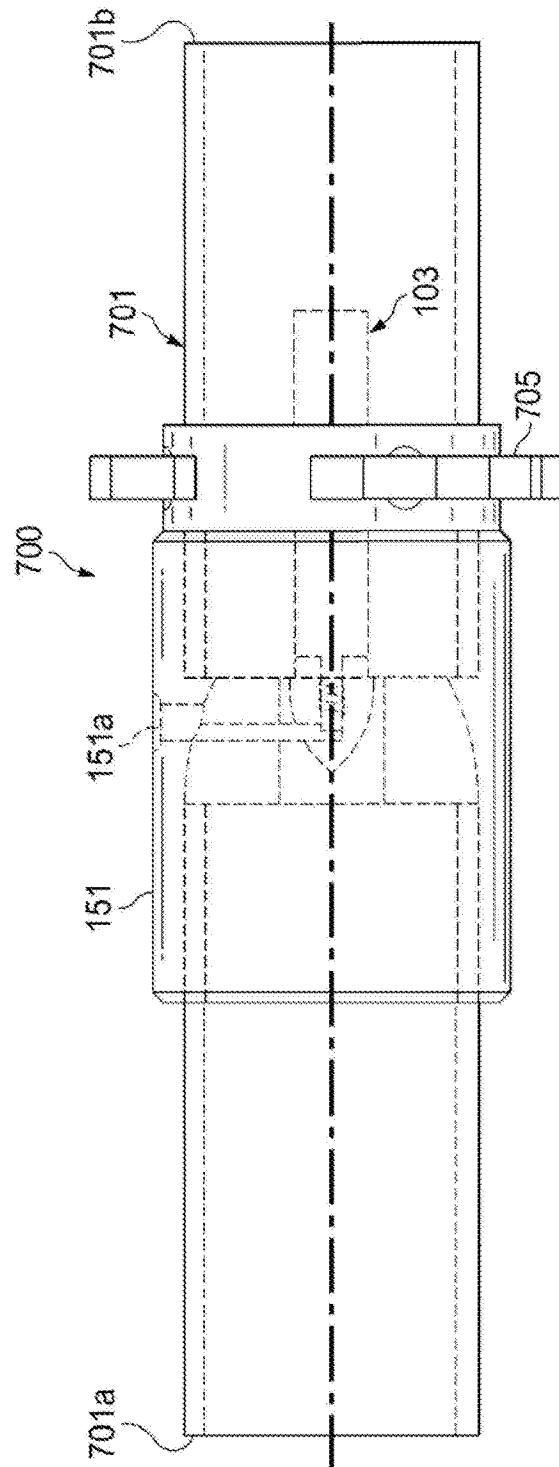


图7

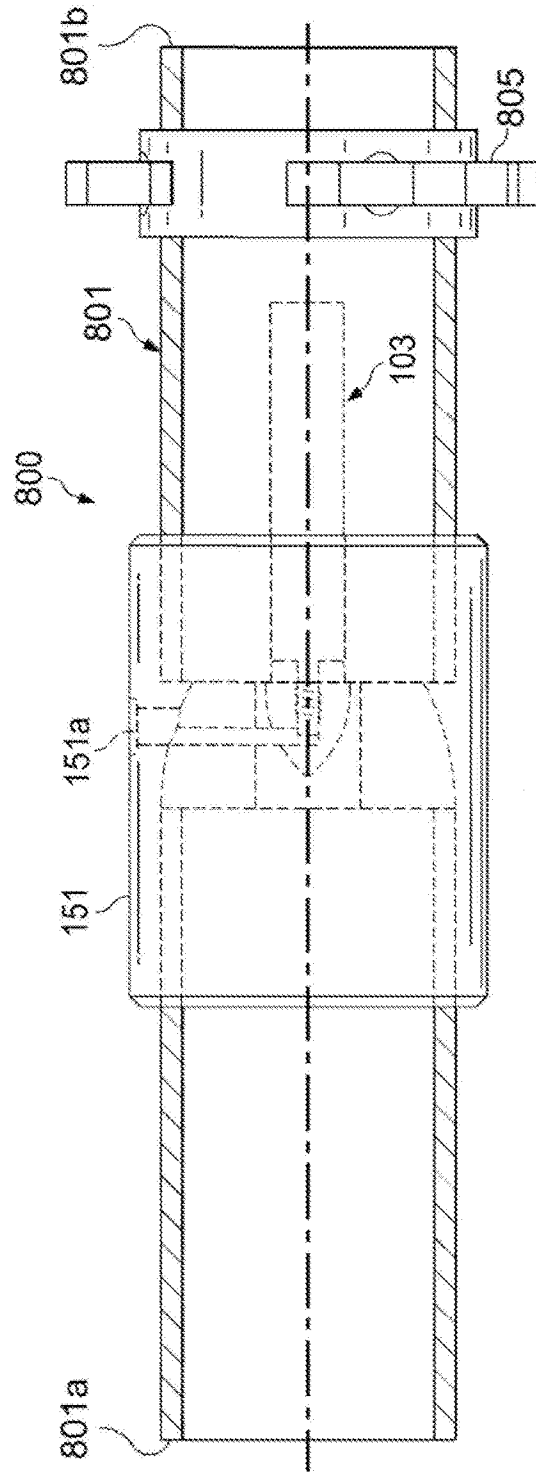


图8

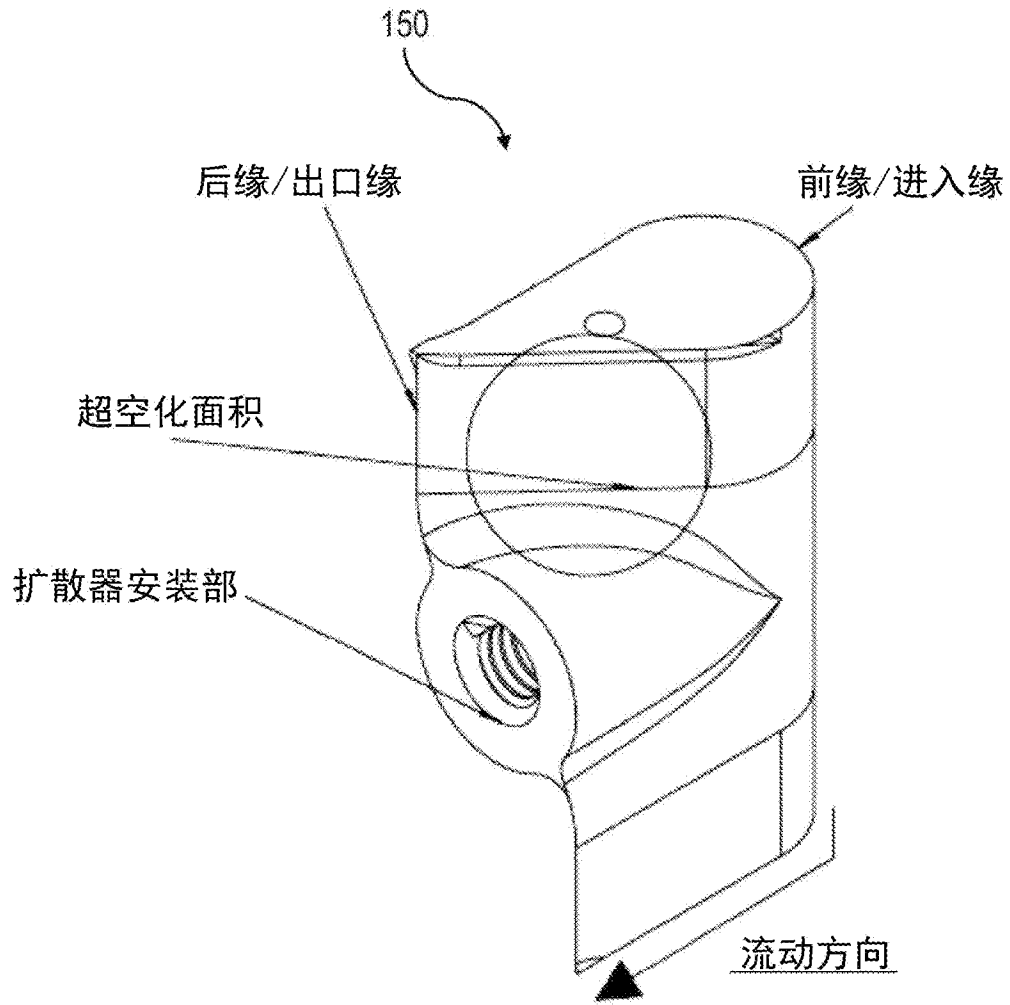


图9A

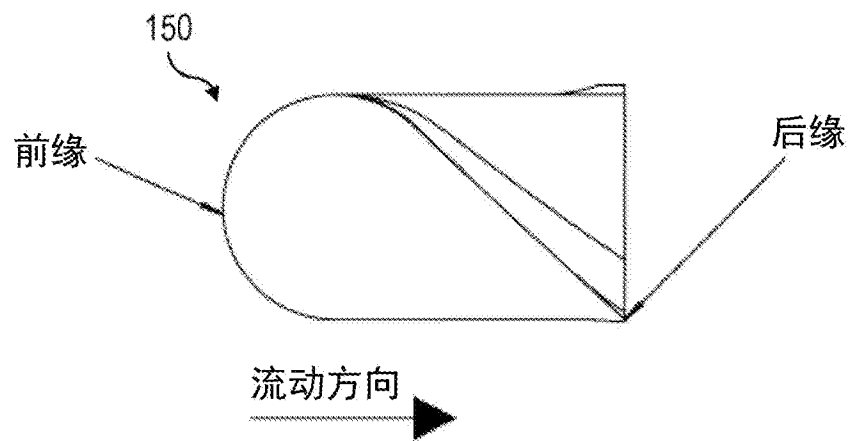


图9B

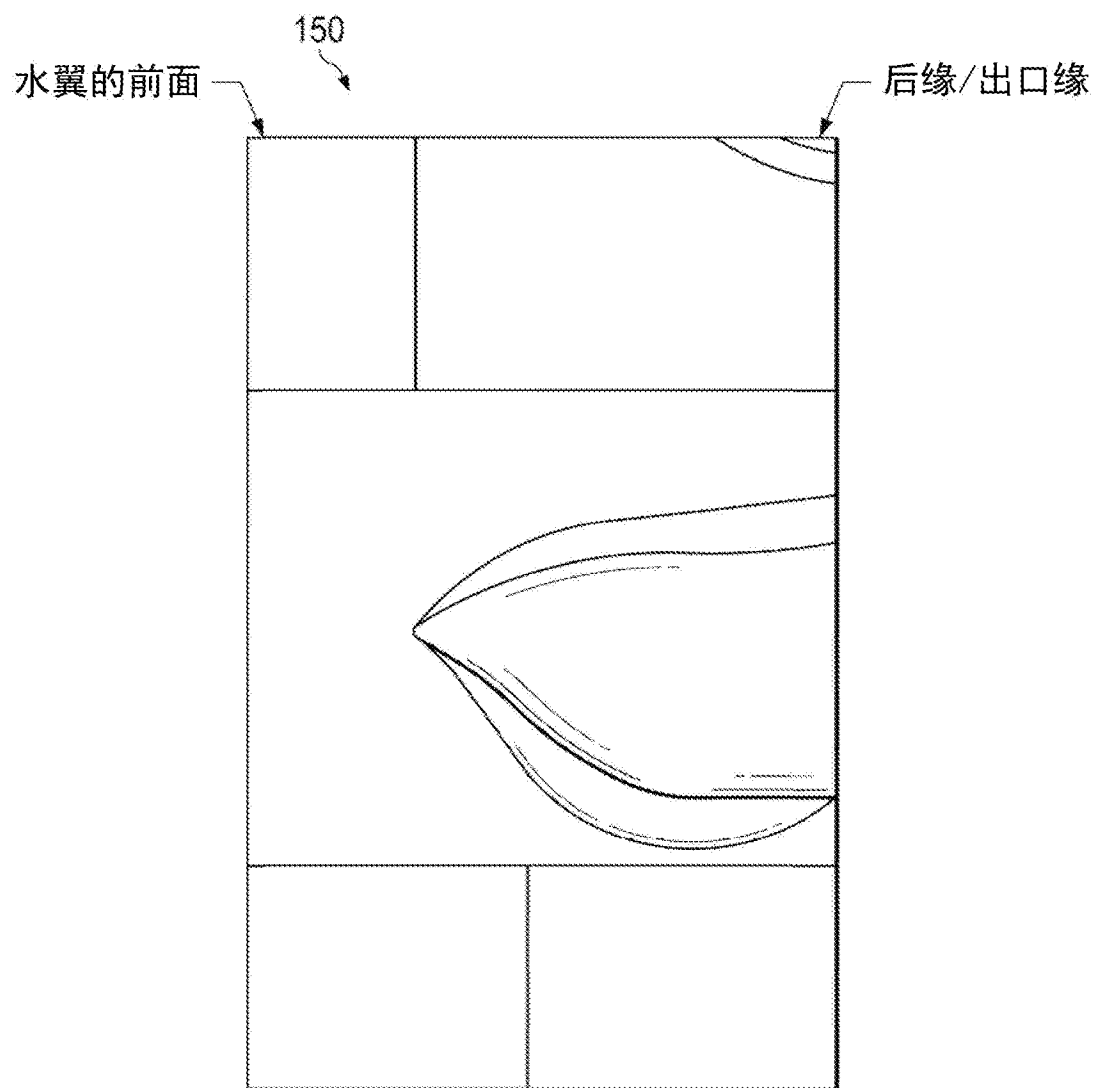


图9C

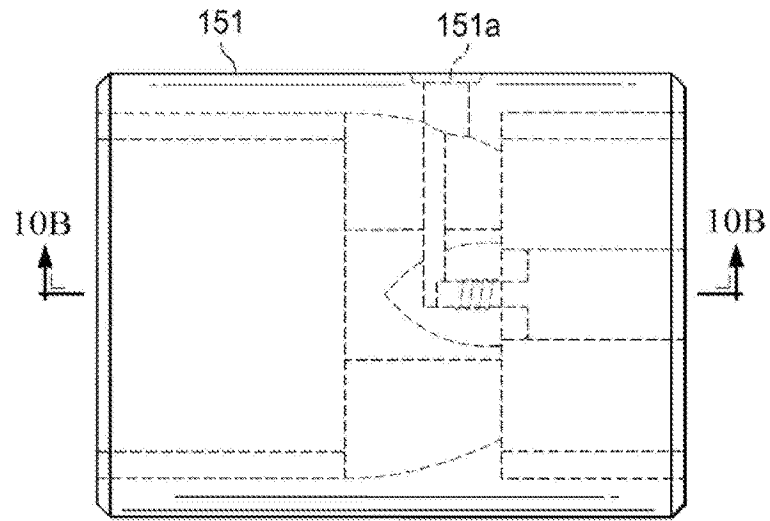


图10A

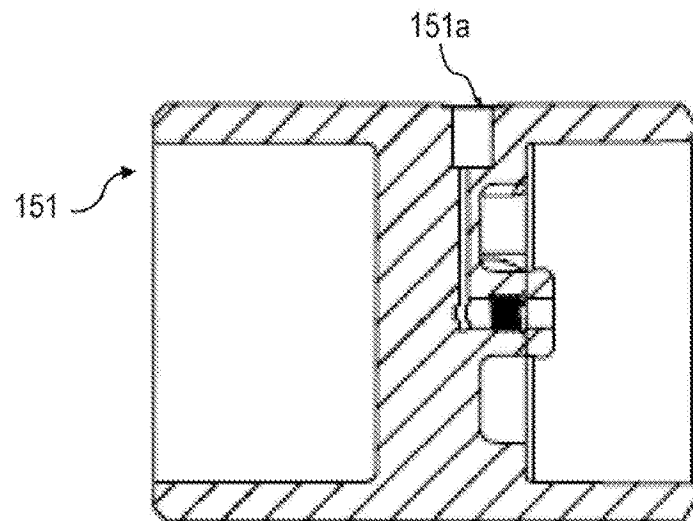


图10B

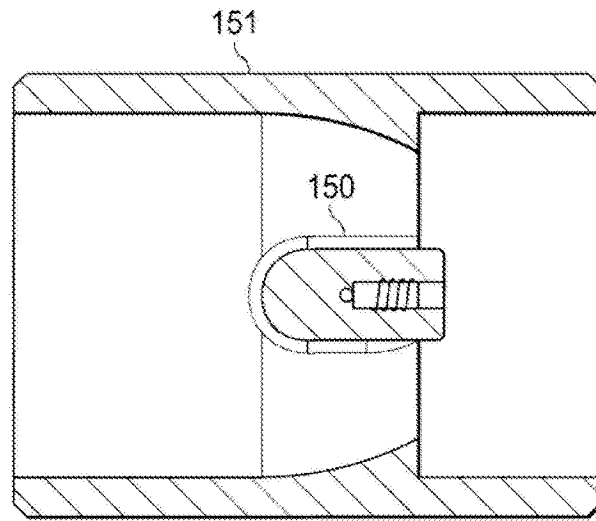


图10C

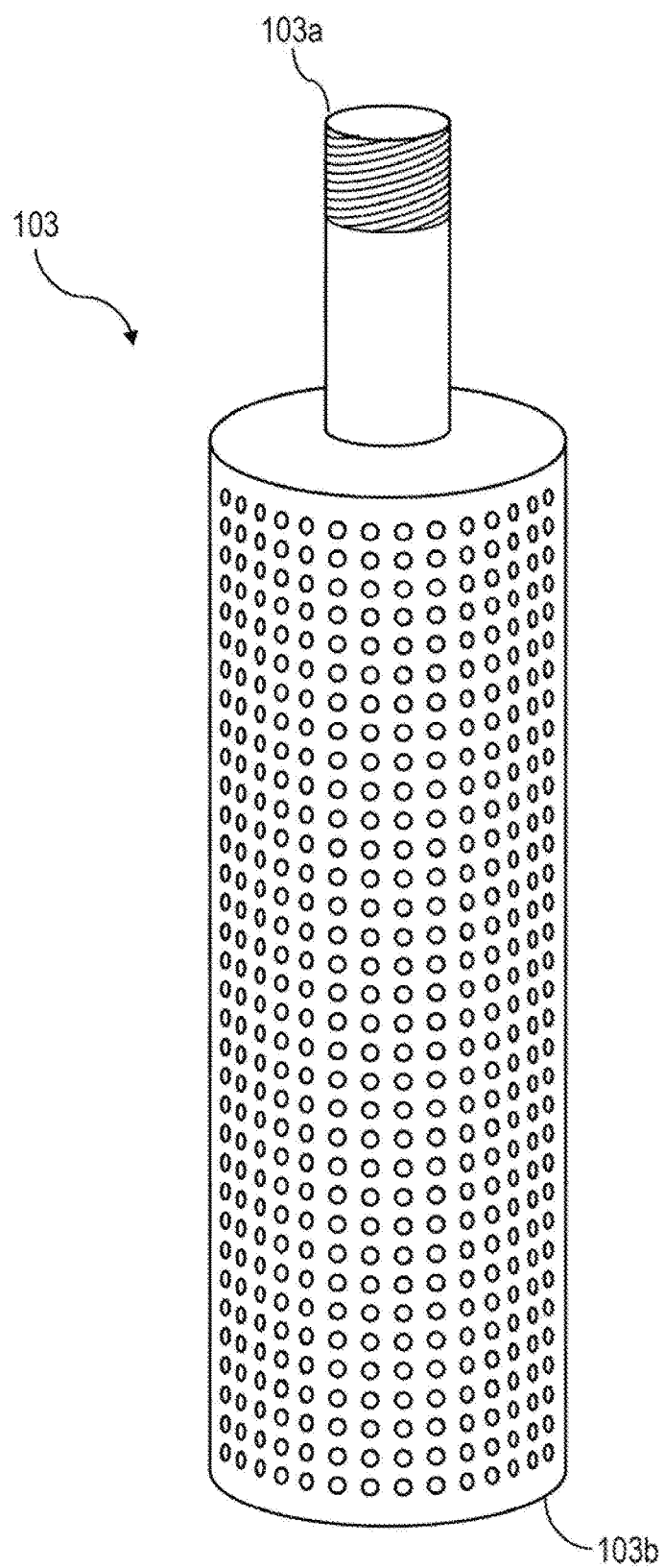


图11

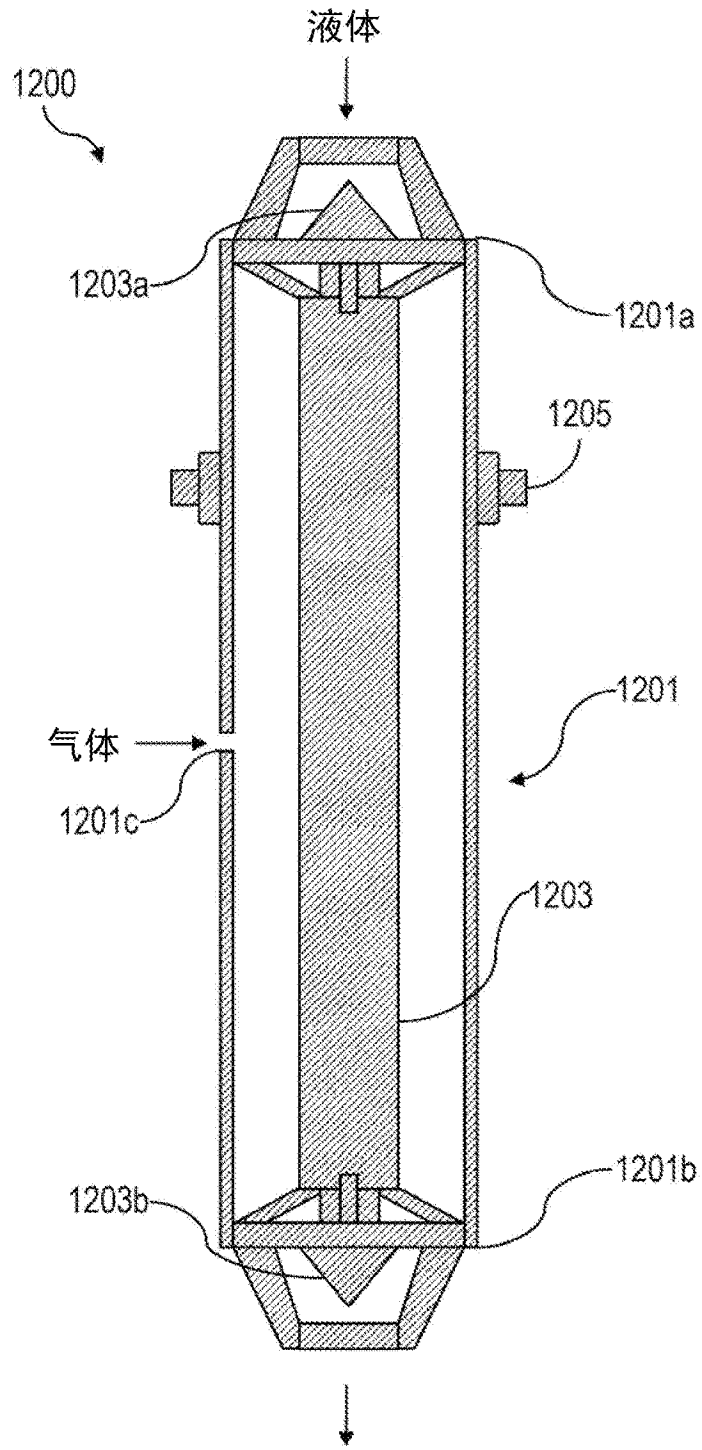


图12