(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 115066286 B
(45)授权公告日 2025.02.18

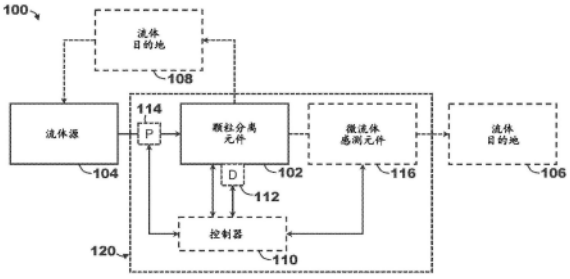
(21)申请号 202080081978.9
(22)申请日 2020.11.25
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115066286 A
(43)申请公布日 2022.09.16
(30)优先权数据
62/942,009 2019.11.29 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.05.26
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/062401 2020.11.25
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/108692 EN 2021.06.03
(73)专利权人 唐纳森公司
地址 美国明尼苏达州
(72)发明人 D·B·莫拉维茨 D·L·夸姆 A·J·达拉斯 M·A·约德 D·D·劳尔
(74)专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275
专利代理师 王维绮
(51)Int.Cl.
B01D 21/26(2006.01)
B01D 21/32(2006.01)
B01L 3/00(2006.01)
G01N 15/1409(2024.01)
G01N 15/149(2024.01)
(56)对比文件
US 2011096327 A1,2011.04.28
审查员 魏少平
权利要求书3页 说明书31页 附图17页

(54)发明名称

用于分离流体中颗粒的系统和方法

(57)摘要

包括微流体通道的分离元件可以使用水力分离器或流动路线选择元件来分离流体中的颗粒。颗粒传感器可以用于对每个微流体通道中的颗粒进行计数。可以使用唯一的孔口模式来促进多个微流体通道使用共享颗粒传感器。分离元件可以用于比如发动机燃料系统、散装燃料系统、液压颗粒过滤器和液压除气增强器等各种系统中。



CN 115066286 B

1.一种系统,包括:

水力分离元件,所述水力分离元件包括一个或多个水力分离器,每个水力分离器限定流体连通的弯曲的微流体通道,每个微流体通道限定:

入口,所述入口被配置成接收第一流体和分散在所述第一流体中的颗粒,其中,所述颗粒具有与所述第一流体不同的成分,以及

出口,所述出口包括第一流动分支和第二流动分支,

其中,在预定流量时,每个微流体通道被配置成将超过对应阈值大小的任何颗粒引导到所述第二流动分支中,并且将任何其余颗粒引导到所述第一流动分支和所述第二流动分支中;

颗粒传感器,所述颗粒传感器沿着所述一个或多个水力分离器定位,所述颗粒传感器被配置成提供表示与所述第一流体和所述第一流体中的颗粒相对应的信号的信号数据;

控制器,所述控制器可操作地联接到所述颗粒传感器以接收信号数据并且可操作地联接到与所述水力分离元件处于流体连通的流体泵,所述控制器被配置成:

控制所述流体泵将所述第一流体引导穿过所述水力分离元件,

基于来自所述颗粒传感器的信号数据,确定至少一个微流体通道中是否存在阈值水平的颗粒,以及

响应于确定所述至少一个微流体通道中存在所述阈值水平的颗粒,控制穿过所述水力分离元件的流量,以预定流量将所述第一流体引导穿过所述水力分离元件,从而将超过所述对应阈值大小的任何颗粒集中到所述至少一个微流体通道的第二流动分支;以及

与所述入口和所述第二流动分支处于流体连通的源储器,其中,所述第一流体和所述颗粒可从所述源储器泵送到所述水力分离元件并通过所述第二流动分支选择性地返回到所述源储器。

2.根据权利要求1所述的系统,其中,所述颗粒传感器包括:

光源,所述光源被配置成将某一频带的光束沿着路径引导穿过所述至少一个水力分离器,其中,所述频带被选择为所述颗粒与所述第一流体具有更不同的吸光率;

孔元件,所述孔元件限定定位在来自所述光源的光束的路径上的光孔;以及

光检测器,所述光检测器被定位成在所述光束穿过所述至少一个水力分离器和所述光孔之后在感测区域中接收所述光束,所述光检测器被配置成提供表示所述频带的光在穿过所述至少一个水力分离器之后剩余的量的信号数据。

3.根据权利要求1所述的系统,其中,所述颗粒传感器包括电容传感器。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的系统,其中,所述颗粒包括不同于所述第一流体的第二流体。

5.根据权利要求4所述的系统,其中,所述控制器进一步被配置成基于所述信号数据来确定每单位体积的所述第一流体中微滴形式的所述第二流体的量。

6.根据权利要求5所述的系统,其中,所述量不包括溶解在所述第一流体中的第二流体。

7.根据权利要求4至6中任一项所述的系统,其中,所述控制器被配置成基于所述信号数据来确定分散在所述第一流体的流中的第二流体的一个或多个微滴的微滴速率或微滴大小。

8.根据权利要求7所述的系统,其中,所述控制器被配置成基于以下各项中至少一项来确定所述微滴速率或所述微滴大小:

包含在所述信号数据内的脉冲幅度,

包含在所述信号数据内的脉冲宽度,

用于检测感测区域中的最小大小液滴的第一阈值信号电平,

用于检测填充所述感测区域的微滴的第二阈值信号电平,以及

阈值信号电平交叉率。

9.根据权利要求8所述的系统,其中,所述控制器进一步被配置成确定以下各项中的至少一项:

基于所述微滴速率和所述微滴大小来确定每单位体积的第一流体中微滴形式的第二流体的量;

响应于所述信号不与所述第二阈值信号电平交叉而基于包含在所述信号数据内的脉冲的幅度来确定所述微滴大小;

响应于所述信号与所述第二阈值信号电平交叉而基于包含在所述信号数据内的脉冲的宽度来确定所述微滴大小;以及

基于所述微滴速率来确定所述微滴大小。

10.根据权利要求4至9中任一项所述的系统,其中,所述第一流体包括烃流体并且所述第二流体包括水。

11.一种系统,包括:

颗粒分离元件,所述颗粒分离元件包括:

并联流体连通的一个或多个微流体通道,每个微流体通道限定:

入口,所述入口被配置成接收第一流体和分散在所述第一流体中的颗粒,其中,所述颗粒具有与所述第一流体不同的成分,以及

出口,所述出口包括第一流动分支和第二流动分支;

流动路线选择元件,所述流动路线选择元件沿着至少一个出口的至少一个流动分支定位;

颗粒传感器,所述颗粒传感器沿着一个或多个微流体通道定位,所述颗粒传感器被配置成提供表示与所述第一流体和分散在所述第一流体中的颗粒的相对应的信号的信号数据;

控制器,所述控制器可操作地联接到所述流动路线选择元件并且可操作地联接到所述颗粒传感器以接收所述信号数据,所述控制器被配置成:

控制所述流动路线选择元件将流体流引导到所述至少一个微流体通道的至少一个出口的第一流动分支,

基于来自所述颗粒传感器的信号数据,确定所述至少一个微流体通道中是否存在阈值水平的颗粒,以及

响应于确定所述至少一个微流体通道中存在所述阈值水平的颗粒,控制所述流动路线选择元件将流体流引导到所述至少一个微流体通道的第二流动分支;以及

与所述入口和所述第二流动分支处于流体连通的源储器,其中,所述第一流体和所述颗粒可从所述源储器泵送到所述分离元件并通过所述第二流动分支选择性地返回到所述

源储器。

12.根据权利要求11所述的系统,其中,所述颗粒分离元件包括水力分离器元件,所述水力分离器元件包括一个或多个水力分离器,所述一个或多个水力分离器包括所述一个或多个微流体通道,其中,每个微流体通道是弯曲的。

13.根据权利要求11或12所述的系统,其中,所述颗粒传感器包括:

光源,所述光源被配置成将某一频带的光束沿着路径引导穿过所述至少一个微流体通道,其中,所述频带被选择为所述颗粒与所述第一流体具有更不同的吸光率;

孔元件,所述孔元件限定定位在来自所述光源的光束的路径上的光孔;以及

光检测器,所述光检测器被定位成在所述光束穿过所述至少一个微流体通道和所述光孔之后在感测区域中接收所述光束,所述光检测器被配置成提供表示所述频带的光在穿过所述至少一个微流体通道之后剩余的量的信号数据。

14.根据权利要求11或12所述的系统,其中,所述颗粒传感器包括电容传感器。

15.根据权利要求11至14中任一项所述的系统,其中,所述颗粒包括不同于所述第一流体的第二流体。

16.根据权利要求15所述的系统,其中,所述控制器进一步被配置成基于所述信号数据来确定每单位体积的所述第一流体中微滴形式的所述第二流体的量。

17.根据权利要求16所述的系统,其中,所述量不包括溶解在所述第一流体中的第二流体。

18.根据权利要求15至17中任一项所述的系统,其中,所述控制器被配置成基于所述信号数据来确定分散在所述第一流体的流中的第二流体的一个或多个微滴的微滴速率或微滴大小。

19.根据权利要求18所述的系统,其中,所述控制器被配置成基于以下各项中至少一项来确定所述微滴速率或所述微滴大小:

包含在所述信号数据内的脉冲幅度,

包含在所述信号数据内的脉冲宽度,

用于检测感测区域中的最小大小液滴的第一阈值信号电平,

用于检测填充所述感测区域的微滴的第二阈值信号电平,以及

阈值信号电平交叉率。

20.根据权利要求19所述的系统,其中,所述控制器进一步被配置成确定以下各项中的至少一项:

基于所述微滴速率和所述微滴大小来确定每单位体积的所述第一流体中液滴形式的第二流体的量;

响应于所述信号不与所述第二阈值信号电平交叉而基于包含在所述信号数据内的脉冲的幅度来确定所述微滴大小;

响应于所述信号与所述第二阈值信号电平交叉而基于包含在所述信号数据内的脉冲的宽度来确定所述微滴大小;以及

基于所述微滴速率来确定所述微滴大小。

21.根据权利要求15至20中任一项所述的系统,其中,所述第一流体包括烃流体并且所述第二流体包括水。

用于分离流体中颗粒的系统和方法

[0001] 本申请要求2019年11月29日提交的美国临时申请号62/942,009的权益,该美国临时申请的披露内容通过援引以其全文并入本文。

[0002] 本披露内容涉及分离颗粒。特别地,本披露内容涉及将流体中的颗粒分离。

[0003] 在某些系统中,比如在发动机燃料系统、散装燃料系统、液压系统或其他处理或储存流体的系统中,分散在流体中的颗粒可能会造成问题。例如,燃料中的水颗粒(或微水滴)可能会给内燃发动机的发动机燃料系统带来问题。可以燃料中的水可能会因燃烧过程中的腐蚀或汽化而损坏燃料喷射器。喷油器的损坏可能会导致发动机操作的各种问题,比如无法符合管辖排放标准。燃料喷射器损坏可能需要修理或维护。对于商用或工业用车辆来说,缩短操作时间的成本可能特别高。通常,流体中分散的气体、液体或固体颗粒可能会在各种流体系统(比如散装燃料系统、液压系统等)中造成问题。传统的流体过滤器捕获介质结构中的颗粒。随着时间的推移,介质结构可能会堵塞,需要维护或替换过滤器。

发明内容

[0004] 本披露内容的技术总体上涉及在各种流体系统中集中流体中的某些颗粒并且将这样的颗粒从流体中或从其他大小的颗粒中分离出来。通常,流体系统可以包括颗粒分离元件(比如水力分离元件),以将特定大小范围内的颗粒集中。颗粒分离元件可以包括入口和具有至少两个流动分支的出口。特定大小范围的颗粒可以被集中到两个流动分支中的一个流动分支中。在一些实施例中,超过阈值大小范围的颗粒被集中到两个流动分支中的一个流动分支中。任何其余颗粒可以流过这至少两个流动分支。在一些实施例中,颗粒分离元件可以用于补充或替代流体过滤器。

[0005] 在一个方面,本披露内容涉及一种水力分离器。一种系统包括水力分离元件,该水力分离元件具有一个或多个水力分离器,每个水力分离器限定流体连通的弯曲的微流体通道。每个微流体通道限定入口和出口,该入口被配置成接收流体和分散在流体中的颗粒,其中,颗粒具有与流体不同的成分,该出口包括第一流动分支和第二流动分支。在预定的流量时,每个微流体通道被配置成将超过对应阈值大小的任何颗粒引导到第二流动分支中,并且将任何其余颗粒引导到第一流动分支和第二流动分支中。系统还包括沿着一个或多个水力分离器定位的颗粒传感器,该颗粒传感器被配置成提供表示与流体和该流体中的颗粒相对应的信号的信号数据。系统进一步包括控制器,该控制器可操作地联接到该颗粒传感器以接收信号数据并且可操作地联接到与该水力分离元件处于流体连通的流体泵。控制器被配置成:控制流体泵将流体引导穿过水力分离元件,基于来自该颗粒传感器的信号数据,确定该至少一个微流体通道中是否存在阈值水平的颗粒,以及响应于确定至少一个微流体通道中存在阈值水平的颗粒,控制穿过水力分离元件的流量,以预定流量将流体引导穿过水力分离元件,从而将超过对应阈值大小的任何颗粒集中到至少一个微流体通道的第二流动分支。

[0006] 在另一方面,本披露内容涉及一种颗粒分流器。一种系统包括颗粒分离元件。颗粒分离元件包括一个或多个并联流体连通的微流体通道。每个微流体通道限定入口和出口,

该入口被配置成接收流体和分散在流体中的颗粒,其中,颗粒具有与流体不同的成分,该出口包括第一流动分支和第二流动分支。系统还包括流动路线选择元件,该流动路线选择元件沿着至少一个出口的至少一个流动分支定位。系统进一步包括颗粒传感器,该颗粒传感器沿着一个或多个微流体通道定位,该颗粒传感器被配置成提供表示与流体和分散在该流体中的颗粒相对应的信号的信号数据。系统包括控制器,该控制器可操作地联接到至少一个流动路线选择元件并且可操作地联接到颗粒传感器以接收信号数据。控制器被配置成:控制该流动路线选择元件将流体流引导到该至少一个微流体通道的至少一个出口的第一流动分支,基于来自该颗粒传感器的信号数据,确定该至少一个微流体通道中是否存在阈值水平的颗粒,以及响应于确定该至少一个微流体通道中存在该阈值水平的颗粒,控制该流动路线选择元件将流体流引导到该至少一个微流体通道的第二流动分支。

[0007] 在另一方面,本披露内容涉及一种颗粒分选器。一种系统包括水力分离元件,该水力分离元件包括串联流体连通的多个水力分离器,该多个水力分离器包括至少第一水力分离器和第二水力分离器,每个水力分离器限定弯曲的微流体分离通道以分离不同大小范围的颗粒。每个微流体分离通道限定入口和出口,该入口被配置成接收包含颗粒的流体,该出口包括第一流动分支和第二流动分支。在特定流量时,每个微流体分离通道被配置成将超过对应阈值大小的任何颗粒引导到该第二流动分支中并且将任何其余颗粒引导到该第一流动分支和该第二流动分支中,其中,该第一水力分离器的第一流动分支与该第二水力分离器的入口处于流体连通。系统还包括与水力分离元件处于流体连通的微流体感测元件。微流体感测元件包括多个微流体感测通道,每个微流体感测通道与水力分离元件的不同流动分支处于流体连通。多个微流体感测通道至少包括:第一微流体感测通道,该第一微流体感测通道与该第一水力分离器的第二流动分支处于流体连通以接收超过第一阈值大小的任何颗粒,以及第二微流体感测通道,该第二微流体感测通道与该第二水力分离器的第二流动分支处于流体连通以接收超过第二阈值大小的任何颗粒,其中,该第一阈值大小大于该第二阈值大小。

[0008] 在还一方面,本披露内容涉及孔口模式。一种系统包括多个微流体感测通道,每个微流体感测通道被配置成接收流体的流和分散在流体中的颗粒。颗粒具有与流体不同的成分。系统还包括光源,该光源被配置成将某一频带的光束沿着路径引导穿过多个微流体感测通道。该频带被选择为颗粒与流体具有不同的吸光率。系统进一步包括限定多个光孔的孔元件,这些光孔具有与每个微流体感测通道对准的不同组的光孔。每组光孔沿着对应的微流体感测通道限定唯一的间隔模式。系统还包括光检测器,该光检测器被定位成在光束穿过孔元件的多个光孔并穿过多个微流体感测通道之后在感测区域中接收该光束。光检测器被配置成提供表示该频带的光在穿过多个微流体感测通道之后剩余的量的信号。进一步地,该系统包括控制器,该控制器可操作地联接到光检测器并且被配置成:基于来自光检测器的信号来确定信号数据,基于信号数据来确定颗粒是否已经穿过感测区域,以及基于信号数据来确定与穿过感测区域的颗粒相关联的唯一的间隔模式。

[0009] 在又另一方面,本披露内容涉及水滴检测。一种系统包括根据本披露内容的系统,其中,颗粒包括不同于流体的第二流体。

[0010] 在另外的方面,本披露内容涉及一种发动机燃料系统。一种系统包括燃料管线,该燃料管线被配置成将燃料输送到燃料喷射器系统。系统还包括水力分离元件,该水力分离

元件具有一个或多个水力分离器,每个水力分离器限定弯曲的微流体通道以分离燃料中的颗粒。每个微流体通道限定入口和出口,该入口与燃料管线处于流体连通以接收燃料,该出口包括与燃料管线处于流体连通以向燃料喷射器系统提供燃料的第一流动分支、以及接收特定大小范围内的颗粒的第二流动分支。

[0011] 在另一方面,本披露内容涉及一种散装燃料系统。一种系统包括燃料管线,该燃料管线被配置成将燃料从散装燃料储存箱输送到车辆燃料箱。系统还包括水力分离元件,该水力分离元件具有一个或多个水力分离器,每个水力分离器限定弯曲的微流体通道以分离燃料中的颗粒。每个微流体通道限定入口和出口,该入口与燃料管线处于流体连通以接收燃料,该出口包括与燃料管线处于流体连通以向该车辆燃料箱提供燃料的第一流动分支、以及接收特定大小范围内的颗粒的第二流动分支。

[0012] 在又另一方面,本披露内容涉及一种液压颗粒过滤器。一种系统包括液压流体管线,该液压流体管线被配置成将液压流体从液压泵输送到液压部件。系统还包括水力分离元件,该水力分离元件具有一个或多个水力分离器,每个水力分离器限定弯曲的微流体通道以分离液压流体中的颗粒。每个微流体通道限定入口和出口,该入口与液压流体管线流体连通以接收来自液压泵的液压流体,该出口包括与液压流体管线处于流体连通以向液压部件提供液压流体的第一流动分支、以及接收特定大小范围内的颗粒的第二流动分支。

[0013] 在还一方面,本披露内容涉及增强液压除气。一种系统包括液压流体返回管线,该液压流体返回管线被配置成将液压流体从该液压部件输送到液压泵。系统还包括水力分离元件,该水力分离元件具有一个或多个水力分离器,每个水力分离器限定弯曲的微流体通道以分离液压流体中的颗粒。每个微流体通道限定入口和出口,该入口与液压流体管线流体连通以接收来自液压泵的液压流体,该出口包括与液压流体管线处于流体连通以向液压泵提供液压流体的第一流动分支、以及接收特定大小范围内的颗粒的第二流动分支。

附图说明

[0014] 在附图中展示了本披露内容的各种实施例,附图总结如下:

[0015] 图1是示出根据本披露内容的流体系统的一个示例的构思图,该流体系统包括被配置成接收来自流体源的流体流的颗粒分离元件。

[0016] 图2是示出流体系统的一个示例的构思图,该流体系统可以与图1的颗粒分离元件一起使用以在机器上处理燃料。

[0017] 图3是示出流体系统的一个示例的构思图,该流体系统可以与图1的颗粒分离元件一起使用以处理散装燃料。

[0018] 图4是示出流体系统的一个示例的构思图,该流体系统可以与图1的颗粒分离元件一起使用以输送液压流体。

[0019] 图5是示出流体系统的一个示例的构思图,该流体系统可以与图1的颗粒分离元件一起使用以对液压流体进行除气。

[0020] 图6是示出可以用于图1的颗粒传感器中的光学或基于光的颗粒传感器的一个示例的构思图。

[0021] 图7是示出结合微流体通道使用图1的颗粒传感器的布置的一个示例的构思图。

[0022] 图8是示出结合微流体通道使用图1的颗粒传感器的布置的另一示例的构思图。

[0023] 图9至图10是示出将图1的颗粒传感器与颗粒分离元件和微流体感测元件一起使用的另一种布置的构思图。

[0024] 图11A至图11B是示出技术的一个示例的构思图,该技术可与图1的颗粒传感器一起使用以使用共享光检测器来对多个微流体通道中的颗粒的数目进行计数。

[0025] 图12是示出流体系统的一个示例的构思图,该流体系统可以与图1的颗粒分离元件一起使用以去除颗粒。

[0026] 图13A至图13D分别是示出水力分离器设备和像素强度与通道位置的图像和图表。

[0027] 图14是示出围绕图13A至图13D的水力分离器设备的角度的相对位置的构思图。

[0028] 图15是示出图13A至图13D的水力分离器设备的集中百分比与通道长度的图表。

具体实施方式

[0029] 在以下详细描述中,参考了几个特定实施例。应理解,在不脱离本披露内容的范围或精神的情况下设想了并可形成其他实施例。因此以下详细说明不应以限制性意义来理解。

[0030] 本披露内容提供了在各种流体系统中使流体中的某些颗粒集中并将这些颗粒从流体或其他大小的颗粒中分离出来的技术。通常,流体系统可以包括颗粒分离元件(比如水力分离元件),以将特定大小范围内的颗粒集中。颗粒分离元件可以包括入口和具有至少两个流动分支的出口。特定大小范围的颗粒可以被集中到两个流动分支中的一个流动分支中。在一些实施例中,超过阈值大小范围的颗粒被集中到两个流动分支中的一个流动分支中。任何其余颗粒可以流过这至少两个流动分支。在一些实施例中,颗粒分离元件可以用于补充或替代流体过滤器。

[0031] 颗粒分离元件(可以包括水力分离元件)可以用作过滤器的替代品或补充物。特别是,颗粒分离元件可以用于将高于临界大小的颗粒聚集到一部分流体流中。可以将这部分流体流从系统中去除,从而将大部分超过阈值大小的颗粒去除。在一些情况下,这可能会替代过滤器的部分或所有功能。颗粒分离元件的性能不会随着时间的推移而改变,也不需要定期替换。在一些实施例中,可以在颗粒分离元件的下游使用过滤器来去除低于阈值大小的颗粒。进一步地,在一些实施例中,对由颗粒分离元件集中的颗粒进行过滤。与没有颗粒分离元件的系统相比,这可以在更低的表面速度下完成,并且因此使过滤器压降更低和过滤器寿命更长。

[0032] 颗粒分离元件(可以包括水力分离元件)也可以用于分选不同大小的颗粒。在一些应用中,可以确定阈值大小。颗粒分离元件可以被设计为将高于阈值大小的颗粒聚集到流体流的聚集流体部分中。可以将流体流的聚集部分从系统中去除。这种技术可以用于聚集颗粒以进行颗粒计数。这种技术也可以用于分离不同类型的颗粒或聚集某些材料以便收集。

[0033] 微流体颗粒传感器或微流体感测元件可以用于检测流体(比如液体流)中的单独污染物。分离器或分段级可以定位在颗粒传感器的上游。分段级或颗粒分离元件可以基于颗粒大小将颗粒分离成不同的流体流线。例如,这可以通过迪恩流分离(Dean Flow Separation)来完成。一旦颗粒基于其颗粒大小处于流线中,这些流线就被传送到微流体感测元件的不同感测通道中。感测通道与对颗粒数目进行计数的颗粒传感器相关联。通过了

解每个感测通道中颗粒的数目,可以确定近似的颗粒大小分布。传感器可以是光学传感器、电容传感器、磁性传感器或其他传感器。替代性地,颗粒传感器可以仅包含微流体通道和传感器。相对于其他技术,比如米氏散射(Mie scattering),使用微流体通道可以提高对单独污染物的敏感度。信号处理也可以用于识别污染物类型。

[0034] 进一步地,可以包括水力分离元件的颗粒分离元件可以用于选择性去除颗粒废物。在一些情况下,仅高于一定大小的颗粒才可以从系统中去除。选择性颗粒废物去除的用途可以包括但不限于:去除或聚集牛奶中的脂肪(脂肪通常为0.1至15微米的结块)、去除或聚集橙汁果肉、去除半导体加工流体中的污染物、以及去除工业油墨加工中的油墨团聚物。在与晶圆抛光浆料相关的一个示例中,颗粒分离元件可以被设计为去除高于阈值大小的颗粒,这些颗粒可能是团聚物或杂质,而让低于阈值大小的颗粒通过。

[0035] 定义

[0036] 颗粒

[0037] 如本文所使用的,术语“颗粒”是指可以分散在不同流体中的离散量的材料。可能形成颗粒的材料的非限制性示例包括污垢、金属、气泡和微水滴。在一个特定的示例中,微水滴可以分散在烃流体(比如汽油或柴油燃料)中,以形成乳液。在另一示例中,气泡可能分散在液压流体中。

[0038] 上游/下游

[0039] 如本文所使用的,术语“下游”是指沿着流体流的方向。术语“上游”是指与下游相反的方向,或与流体流相反的方向。

[0040] 微流体通道

[0041] 如本文所使用的,术语“微流体通道”是指至少一个尺寸小于1毫米(1000微米)的通道。微流体通道可以具有小于1000微米的通道宽度、小于1000微米的通道高度(或深度),或具有这两者。在一些实施例中,对于更高流量的应用,微流体通道的至少一个尺寸可以大于1毫米。在一些实施例中,微流体通道的至少一个尺寸大于或等于1、2、3、4、5、6、7、8、9或10毫米,或者小于或等于10、9、8、7、6、5、4、3或2毫米。通常,通道可以具有任何合适的长度,以提供与合适的颗粒集中平衡的合适的压降。

[0042] 微流体通道可以用横截面积宽度×高度来描述。在一些实施例中,微流体通道的横截面积可以小于10、9、8、7、6、5、4、3或2平方毫米。

[0043] 微流体通道也可以用水力直径来描述。例如,对于具有矩形横截面的微流体通道,水力直径可以计算如下:

[0044] $$D_H = \frac{2\times 高度\times 宽度}{高度+宽度} \qquad (等式1)$$

[0045] 其中,D_H是水力直径。根据受益于本披露内容的本领域普通技术人员已知的技术,可以计算其他横截面形状。在一些实施例中,微流体通道的水力直径可以小于5、4、3、2或1毫米。在至少一个实施例中,微流体通道的微流体通道的水力直径可以小于1毫米。

[0046] 水力分离器

[0047] 如本文所使用的,术语“水力分离器”是指弯曲的流体通道,该弯曲的流体通道至少包括入口和出口,入口用于接收流体流,出口包括至少两个将流体流分开的分支。流体通道可以是微流体通道。入口可以接收可以包含各种大小的颗粒的流体。在特定的流速下,水

力分离器被配置成将超过阈值大小的任何颗粒集中到一个分支中。任何其余颗粒都不会集中在流体流中。其余颗粒可以在所有分支之间分开,例如,基于与每个分支相关联的体积分数或出口流量比。可以基于以下参数中的至少一个或多个参数来设计水力分离器:迪恩数(Dean number)、雷诺数、水力直径、曲率半径、目标流量、目标压降、临界颗粒大小、流体粘度、操作温度(可能会影响流体粘度)、出口流量比或这些参数的任意组合。水力分离器也可以被描述为迪恩流分离器。

[0048] 通常,水力分离器包括弯曲的微流体通道,该弯曲的微流体通道被设计为将超过阈值大小的颗粒集中到弯曲的内壁。微流体通道的横截面积限制了可以进入微流体通道的最大颗粒大小。该设备限定了几何形状(比如宽度、高度、曲率半径和通道长度),该几何形状被设计为使特定流量或流量范围内的已知流体中的颗粒集中。然后,通过去除靠近内壁的一部分流体,可以从系统中去除靠近内壁的集中颗粒。在其他实施例中,取决于设备的几何形状和操作条件,颗粒和废物流可以替代性地集中在外壁附近。设备的设计可能取决于应用流量、流体特性(比如粘度和密度)和阈值颗粒大小。水力分离器可以充当系统中的过滤器或预过滤器。

[0049] 弯曲的微流体通道可以用于在适当的流动条件下集中预定大小的颗粒。在层流条件下的弯曲通道或管道中,流体的惯性会在通道上产生压力梯度。为了减轻压力梯度,可能会形成两种螺旋流,称为迪恩流(有时也称为二次流)。迪恩流可能会对流体中的任何颗粒产生阻力。在较大的通道中,颗粒可以以螺旋运动的方式沿通道扫过。当通道变小时,比如在微流体通道中,迪恩流可以用两个附加的力来平衡,使得颗粒可以被捕获并集中在弯曲通道的内壁上。这些力可以被描述为剪切诱导升力以及壁诱导升力,剪切诱导升力引起朝向壁的升力,当颗粒接近壁时,由于流体流的限制,壁诱导升力将颗粒推离壁。颗粒可以在弯曲通道内被集中成特定的流线。以这种方式集中颗粒可以被称为水力分离或迪恩流分离。

[0050] 流动路线选择元件

[0051] 如本文所使用的,“流动路线选择元件”是指被配置成允许对离开流体通道的流体流进行选择性路线选择的部件。流动路线选择元件的部件的非限制性示例包括阀或螺线管。在一个示例中,流动路线选择元件可以包括一个或多个阀,该一个或多个阀被配置成以任何合适的方式将流分流到一个或多个分支。

[0052] 迪恩数

[0053] 迪恩数描述了弯曲管道中的流体行为,并且说明了作用在流体上的惯性力、向心力和粘滞力。在各种实施例中,一种系统被配置成具有5到25之间的迪恩数。迪恩数被定义为:

[0054] $$De = Re\sqrt{\frac{D_H}{2R_c}} \qquad (等式2)$$

[0055] 其中,Re是雷诺数,并且Rc是流体通道的曲率半径。

[0056] 雷诺数

[0057] 雷诺数描述了惯性力与粘滞力的比率,并且被定义为:

[0058] $$Re = \frac{\rho U D_H}{\mu} \qquad (等式3)$$

[0059] 其中,ρ是流体密度,U是平均流体速度,并且μ是流体的动态粘度。

[0060] 现在将参考附图,附图描绘了本披露内容中描述的一个或多个方面。然而,应当理解,附图中未描绘的其他方面落入本披露内容的范围内。图中使用的相似的数字是指相似的部件、步骤等。然而,应当理解的是,使用附图标记来指代给定图中的要素不旨在限制用相同附图标记标注的另一个图中的要素。另外,在不同的图中使用不同的附图标记来指代要素不旨在指示不同地指代的要素不能是相同或类似的。

[0061] 图1是示出流体系统100的一个示例的构思图,该流体系统包括被配置成接收来自流体源104的流体流的颗粒分离元件102。流体系统100可以是可以受益于使用颗粒分离元件102的任何合适类型的系统,比如发动机燃料系统、散装燃料系统或液压系统。流体源104可以被配置成包含流体,该流体可以包含颗粒。颗粒分离元件102可以用作过滤器,以促进从流体中去除特定大小范围的颗粒。例如,被认为是污染物或废物的颗粒可以会被去除。另外地或替代性地,颗粒分离元件102可以用于促进不同大小的颗粒的分选。不同大小的颗粒的分选可以允许流体系统100确定在不同的大小范围内有多少颗粒。

[0062] 颗粒分离元件102可以流体地联接在流体源104与流体目的地之间,比如可选的流体目的地106、108。颗粒分离元件102可以定位在流体源104的下游。颗粒分离元件102可以定位在流体目的地106、108的上游。流体目的地106可以是流体系统100的部件,该部件储存、使用或消耗流体,比如发动机消耗的燃料。流体目的地108可以是流体系统100的部件,该部件使用流体并将流体返回到流体源104,比如液压活塞中使用的液压流体。颗粒分离元件102可以在将流体提供给流体目的地106、108之一之前,将特定大小范围的颗粒从流体中去除。

[0063] 颗粒分离元件102可以包括可用于去除流体中的颗粒或分选流体中的颗粒的任何合适的部件。在一些实施例中,颗粒分离元件102包括水力分离元件。通常,颗粒分离元件102(可以包括水力分离元件)不会装载有颗粒,并且不会随时间改变性能或不需要定期替换。

[0064] 水力分离元件可以包括一个或多个水力分离器。在一些实施例中,水力分离器并联布置。水力分离器的通道长度和布置可以被设计为提供目标压降。

[0065] 在一些实施例中,颗粒分离元件102包括流动路线选择元件。流动路线选择元件可以设置在颗粒分离元件102的出口中。流动路线选择元件可以包括一个或多个阀或螺线管,以将流体流分流。

[0066] 通常,颗粒分离元件102包括具有至少两个不同分支的出口。流体流可以在不同的分支之间分开。在一些实施例中,使用水力分离元件,特定大小范围内的所有颗粒可以被集中到分支中的一个分支中。每个分支可能与不同大小范围的颗粒相关联(参见图9至图10)。

[0067] 每个分支可以指向不同的流体目的地,或者与不同的流体目的地处于流体连通。在一些实施例中,一个分支可以被引导到流体目的地106,并且另一分支可以被引导到流体目的地108。

[0068] 流体泵114可以用于控制流体通过颗粒分离元件102的流量。流体泵114可以相对于颗粒分离元件102定位在任何合适的位置(比如上游、下游或与颗粒分离元件集成)以促进流量的控制。在展示的实施例中,流体泵114定位在颗粒分离元件102的上游。

[0069] 颗粒传感器112可以用于检测流体流中的任何颗粒。颗粒传感器112可以相对于颗

粒分离元件102定位在任何合适的位置(比如上游、下游或与颗粒分离元件集成)以促进某些颗粒的检测。在一些实施例中,颗粒传感器112可以定位在颗粒分离元件102的入口与出口之间。颗粒传感器112可以使用任何合适类型的机构来检测流体中的颗粒。例如,颗粒传感器112可以包括或者是基于光的颗粒传感器200(图6)或基于电容的传感器。

[0070] 微流体感测元件116可以用于感测来自颗粒分离元件102的分支中的一个或多个分支的不同大小的颗粒。微流体感测元件116示出为定位在颗粒分离元件102的下游。在一些实施例中,微流体感测元件116可以被描述为颗粒分离元件102的一部分。微流体感测元件116可以包括一个或多个微流体感测通道。在一些实施例中,微流体感测通道并联布置。微流体感测通道的通道长度和布置可以被设计为提供目标压降和颗粒集中。

[0071] 每个微流体通道可以流体地联接到颗粒分离元件102的分支中的一个分支。微流体感测元件116还可以包括一个或多个颗粒传感器112,以检测已经由颗粒分离元件102分选的不同大小的颗粒。微流体感测元件116也可以用于确定颗粒分离元件102是否已经成功地去除了特定大小范围内的一些或全部颗粒。微流体感测元件116还可以包括流动路线选择元件。流动路线选择元件可以用于促进特定大小范围内的颗粒的去除。

[0072] 流体子系统120可以被限定为可以包括以下一个或多个:颗粒分离元件102、流体泵114、微流体感测元件116和控制器110。控制器110可以用于促进本文描述的流体子系统120的各种功能。

[0073] 设想了流体系统100的各种配置。在本文中更详细地示出和描述了流体系统100的进一步配置和各种部件的非限制性示例。

[0074] 在可以被描述为肾形回路过滤器(未示出)的一个示例中,流体泵114可以用于提供来自流体源104或源储器流过颗粒分离元件102的流体流,该颗粒分离元件可以包括水力分离器元件,该水力分离器元件使主流通过过滤器返回到流体源104。带有液体流体的工业系统可以使用肾形回路过滤系统来去除颗粒。颗粒分离元件102可以用在流体泵114与过滤器之间。颗粒分离元件102可以向流体源104提供主出口流,并且将包含某些颗粒的二次出口流返回到过滤器,过滤器可以聚集颗粒并使需要过滤的流体体积最小化、以及降低表面速度,这可以降低过滤器压降。

[0075] 本文描述的一个或多个部件(比如控制器、传感器、检测器或系统)可以包括处理器,比如中央处理器(CPU)、计算机、逻辑阵列或能够引导数据进出部件的其他设备。处理器可以包括具有存储器、处理和通信硬件的一个或多个计算设备。处理器可以包括用于将控制器的各种部件联接在一起或者将控制器的各种部件与可操作地联接到控制器的其他部件联接在一起的电路。处理器的功能可以由硬件和/或作为非暂时性计算机可读存储介质上的计算机指令来执行。

[0076] 处理器可以包括微处理器、微控制器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)和/或等效的分立或集成逻辑电路中的任何一个或多个。在一些示例中,处理器可以包括多个部件,比如一个或多个微处理器、一个或多个控制器、一个或多个DSP、一个或多个ASIC和/或一个或多个FPGA的任何组合,以及其他分立或集成逻辑电路。本文中归属于处理器的功能可以实施为软件、固件、硬件或其任何组合。

[0077] 在一个或多个实施例中,处理器的功能可以通过使用计算装置使用一个或多个计算机程序来实施,该计算装置可以包括一个或多个处理器和/或存储器。本文所描述的程序

代码和/或逻辑可以应用于输入数据/信息以执行本文所描述的功能并生成期望的输出数据/信息。输出数据/信息可以作为输入被应用到一个或多个如本文所描述的或以已知方式应用的其他设备和/或方法。鉴于以上内容,显而易见的是,可以以本领域技术人员已知的任何方式实施本文所描述的控制器功能。

[0078] 图2是示出流体系统的一个示例的构思图,该流体系统可以用于使用颗粒分离元件102在机器上处理燃料。颗粒分离元件102(可以包括水力分离器元件)可以用于流体系统120(比如发动机燃料系统)上,并且可以替代沿着主燃料管线122的初级过滤器的使用。在发动机燃料系统中,提升泵从燃料箱中抽取流体并且将其推至高压共轨。一些燃料可能会通过燃料返回管线128从燃料喷射器系统返回到燃料箱。

[0079] 如图所示,流体泵114(比如燃料泵或提升泵)可以用于提供从流体源104(比如燃料箱)流过颗粒分离元件102、流过主燃料管线122的流体流,比如燃料。颗粒分离元件102可以使用第一流动分支123提供沿着主燃料管线122到流体目的地106(比如可以包括高压共轨的燃料喷射器系统)的主出口流,并且沿着第二流动分支124将包含某些颗粒的二次出口流返回到流体源104。颗粒的非限制性示例包括污垢和微水滴。

[0080] 颗粒分离元件102可以定位在流体泵114的上游或下游。在展示的实施例中,颗粒分离元件102定位在流体泵114的下游。过滤器126可以沿着主燃料管线122定位在颗粒分离元件102的下游。过滤器126或燃料过滤器可以被配置成从汽油或柴油燃料中过滤颗粒。流体系统120还可以包括从流体目的地106到流体源104的燃料返回管线128。在其他实施例中(未示出),过滤器126可以沿着第二流动分支124定位,或者另一过滤器126也可以沿着该第二流动分支定位,过滤器可以以较低的流量和压降过滤颗粒。

[0081] 颗粒分离元件102可以被配置成从主燃料管线122中去除直径超过或大于特定阈值大小的颗粒,同时流体泵114以特定的流量为发动机操作提供燃料并将这样的颗粒提供给第二流动分支124。特定阈值大小的非限制性示例包括1、2、5、10、15或20微米。

[0082] 颗粒分离元件102的出口可以被描述为具有两个出口流:沿着第一流动分支123到主燃料管线122的“清洁”出口流、以及沿着第二流动分支124的“污浊”出口流。清洁出口流可能主要不含高于阈值大小的颗粒。清洁出口流可以被传送到过滤器126,最终到达流体目的地106,流体目的地被示出为燃料喷射器系统的高压共轨。污浊出口流可以包含高于临界大小的大部分颗粒。污浊流可以被传送回到流体源104(示出为燃料箱)。在其他实施例中,污浊出口流可以与来自高压共轨系统的燃料返回管线结合。换句话说,第二流动分支124可以在返回到流体源104之前流体地联接到燃料返回管线128。颗粒分离元件102可以具有用于控制沿着第二流动分支124的污浊出口流的机构,比如阀(未示出),以在过滤器压力限制由于沿着第一流动分支123的过滤器126的负载而随着时间增加时促进操作。

[0083] 图3是示出流体系统的一个示例的构思图,该流体系统可以用于使用颗粒分离元件102来处理散装燃料。颗粒分离元件102(可以包括水力分离器元件)可以用于流体系统140(比如燃料分配站)上,并且可以用于在将燃料提供给流体目的地106(比如车辆)之前去除颗粒。

[0084] 如图所示,流体泵114可以用于提供来自流体源104(比如散装燃料储存箱)流过颗粒分离元件102到主燃料管线142的流体流,比如燃料。颗粒分离元件102可以使用第一流动分支143提供沿着主燃料管线142到流体目的地106(比如车辆)的主出口流、以及包含某些

颗粒的二次出口流,该二次出口流用于沿着第二流动分支144返回到流体源104或传送到流体目的地108(比如二次储存箱)。颗粒的非限制性示例包括污垢和微水滴。

[0085] 颗粒分离元件102可以定位在流体泵114的上游或下游。在展示的实施例中,颗粒分离元件102定位在流体泵114的下游。过滤器146可以沿着主燃料管线122定位在颗粒分离元件102的下游。过滤器146或燃料过滤器可以被配置成从汽油或柴油燃料中过滤颗粒。流体系统120还可以包括从流体目的地106到流体源104的燃料返回管线128。在其他实施例中(未示出),过滤器146可以沿着第二流动分支144定位,或者另一过滤器146也可以沿着该第二流动分支定位,过滤器可以以较低的流量和压降过滤颗粒。

[0086] 颗粒分离元件102可以被配置成从主燃料管线122中去除直径大于特定阈值大小的颗粒,同时流体泵114以适于燃料分配站的特定流量提供燃料,并且将这样的颗粒提供给第二流动分支144。

[0087] 颗粒分离元件102的出口可以被描述为具有两个出口流:沿着第一流动分支143到主燃料管线142的“清洁”出口流、以及沿着第二流动分支144的“污浊”出口流。清洁出口流可能主要不含高于阈值大小的颗粒。清洁出口流可以被传送到过滤器126,最终到达流体目的地106,达流体目的地被示出为高压共轨系统。污浊出口流可以包含高于临界大小的大部分颗粒。污浊出口流可以被传送回流体源104(示出为散装燃料储存箱),或者可以被传送到流体目的地108(示出为用于包含污浊或受污染的燃料的单独的箱)。颗粒分离元件102可以具有用于控制沿着第二流动分支144的污浊出口流的机构,比如阀(未示出),以在过滤器压力限制由于沿着第一流动分支143的过滤器146的负载而随着时间增加时促进操作。

[0088] 图4是示出流体系统的一个示例的构思图,该流体系统可以用于使用颗粒分离元件102输送液压流体。可以包括水力分离器元件的颗粒分离元件102可以用于流体系统160(比如液压缸系统)上,并且可以用于在将液压流体提供给液压部件(比如致动缸)之前去除颗粒,以保护液压部件以防颗粒。

[0089] 如图所示,流体泵114(比如液压泵)可以用于提供来自流体源104(比如液压流体储器)流过颗粒分离元件102到主流体管线162的流体流。流体源104可以与流体泵114的入口处于流体连通。颗粒分离元件102可以使用第一流动分支163提供沿着主流体管线162到流体目的地106(比如液压部件,其可以包括致动器缸)的主出口流、以及包含某些颗粒的二次出口流,该二次出口流用于沿着第二流动分支164返回到流体源104。颗粒的非限制性示例包括污垢、气泡或微水滴。流体系统160还可以包括从流体目的地106到流体源104的流体返回管线168。在返回到流体源104之前,第二流动分支164可以流体地联接到流体返回管线168。

[0090] 颗粒分离元件102可以定位在流体泵114的上游或下游。在展示的实施例中,颗粒分离元件102定位在流体泵114的下游。液压流体过滤器166可以沿第二流动分支164、流体返回管线168或两者定位在颗粒分离元件102的下游。如图所示,第二流动分支164和流体返回管线168在到达过滤器166之前合并。过滤器166可以与流体源104处于流体连通。

[0091] 颗粒分离元件102的出口可以被描述为具有两个出口流:沿着第一流动分支163到主流体管线162的“清洁”出口流、以及沿着第二流动分支164的“污浊”出口流。清洁出口流可以继续流向流体目的地106,流体目的地被示出为液压部件。污浊出口流可以与流体返回管线168组合,在返回流体源104之前,该流体返回管线会经过过滤器166,该流体源被示出

为流体储器。颗粒分离元件102可以被设计为在温度、流量和系统配置(例如液压缸的延伸)的范围内操作。

[0092] 图5是示出流体系统的一个示例的构思图,该流体系统可以用于使用颗粒分离元件102对液压流体进行除气。可以包括水力分离器元件的颗粒分离元件102可以用于流体系统180(比如液压缸系统)上,并且可以用于在将液压流体返回到流体源104(比如主液压流体储器)之前去除成核气泡,以保护流体目的地106(比如液压部件)以防气泡。

[0093] 如图所示,流体泵114(比如液压流体泵)可以用于提供从流体源104(比如主液压流体储器)沿着主流体管线182到流体目的地106(比如液压部件)的流体流,该流体目的地可以包括致动器缸。可以从流体目的地106向成核过滤器169提供返回流体流,以使沿着流体返回管线188的流体中的气泡成核。颗粒分离元件102可以定位在成核过滤器169的下游。成核过滤器169可以与颗粒分离元件102的入口和流体目的地106处于流体连通。颗粒分离元件102可以使用第一流动分支183提供沿着流体返回管线188到流体源104的主出口流、以及沿着第二流动分支184到流体目的地108的二次出口流(比如沉降储器或充气油收集体积),该二次出口流包含某些颗粒。流体目的地108可以与具有受限的流的流体源104处于流体连通,以允许充气的液压流体得到收集和沉降。

[0094] 液压流体系统180中的流体由流体泵114加压。高压流体可以溶解更多空气。当流体在流体返回管线188中减压时,流体可能会因空气而过饱和,这可能会导致流体流中的气泡的成核和形成。在流体被流体泵114再次吸取之前,气泡可能已被去除。到达流体泵114的气泡可能会导致气蚀,气蚀可能会很响亮,并且可能会损坏流体泵。成核过滤器169可以用于使气泡成核和生长。充满气泡的流体可以被传送通过颗粒分离元件102,该颗粒分离元件可以包括水力分离器。气泡可能会沿着第二流动分支184聚集到“充气回油”出口流中。充气回油出口流可以以允许自然气泡沉降的体积返回到流体目的地108或沉降储器。流体目的地108可以是与流体目的地106相同的容器中的单独隔室。沿着出口流的“主回流”(没有气泡)沿着流体返回管线188被传送到流体目的地106,并且可以立即供流体系统180使用。

[0095] 图6是示出光学或基于光的颗粒传感器200的一个示例的构思图,该颗粒传感器可以用于或用作颗粒传感器112(图1)。通常,可以使用任何合适类型的颗粒传感器,包括例如在2019年5月31日提交的PCT申请号PCT/US2019/034809中描述的颗粒传感器,该申请通过援引并入本文。当颗粒传感器200用于检测流体的微滴时,颗粒传感器200可以被描述为微滴传感器。颗粒传感器200可以可操作地联接到控制器110,并且光学地联接到微流体通道201,该微流体通道可以是颗粒分离元件102(图1)的水力分离器的一部分,或者是微流体感测元件116(图1)的一部分。

[0096] 如图所示,颗粒传感器200包括光源202、光孔204和光检测器206。控制器110可以可操作地连接到光检测器206,并且还可以可操作地连接到光源202。

[0097] 微流体通道201被配置成接收流体208流。微流体通道201可以具有任何合适的横截面形状,比如矩形、圆形或卵形。颗粒传感器200可以被配置成检测和表征可能流过微流体通道201的流体208流中的颗粒210,比如微滴、气泡、污垢、金属。

[0098] 颗粒210可以分散在微流体通道201中的流体208中。例如,颗粒210可以以单独的相悬置在流体208中,或者由不同的成分或材料制成。换句话说,可能是液体的颗粒210没有溶解在流体208中。在一个示例中,颗粒210可以包括与流体208不同的流体。

[0099] 通常,微流体通道201的大小被设置成一次接收一个或多个颗粒210。在一些实施例中,微流体通道201的横截面积大小被设置成一次接收一个预定大小的颗粒210的。特别地,微流体通道201的横截面积大小可以与颗粒210的横截面积大约相同,这可以促进一次计数一个颗粒210,以促进颗粒210的准确计数和大小设置。

[0100] 横截面积可以被限定为正交于流体208流的方向。换句话说,横截面积可以被描述为横向于纵向流体208流。横截面积可以被定义为通道高度(或深度)乘以通道宽度。通道高度和通道宽度两者可以正交于流体208流的方向。在一些实施例中,通道深度小于或等于通道宽度。当颗粒流过微流体通道201时,使用相对浅的通道深度可以防止颗粒210堆积在光源202与光检测器206之间,或者彼此隐藏,这增加了每个颗粒被检测到的机会。

[0101] 光源

[0102] 在展示的实施例中,光源202定位在微流体通道201的外部。至少一个光孔204定位在光源202与光检测器206之间。在一些实施例中,光孔204定位在微流体通道201之前,例如,在光源202与微流体通道201之间。在一些实施例中,光孔204定位在微流体通道201之后,例如,在微流体通道201与光检测器206之间。

[0103] 光源202被配置成引导光212穿过光孔204以形成光束214。光束214被引导穿过微流体通道201。至少对于光束214穿过微流体通道201的路径长度,光束214可以被光孔204准直或基本上准直。光束214可以限定延伸穿过微流体通道201的光束轴线。微流体通道201的壁可以由(至少对于光源202提供的光212)透光材料形成。

[0104] 光束214与微流体通道201相交的路径限定感测区域216,该感测区域也可以被描述为感测体积,在该感测体积中可以检测到颗粒210。在光束214穿过微流体通道201之后,光束214被光检测器206接收,该光检测器可以定位在微流体通道201的外部。当颗粒210和流体208在感测区域216中时,光检测器206可以用于确定颗粒210和流体208对光束214的吸光率,以检测颗粒210、确定该颗粒的大小、或以其他方式表征该颗粒。

[0105] 如本文所使用的,术语“路径长度”是指来自光源202的光在要测量的流体中行进的距离。在一些实施例中,路径长度可以大约等于微流体通道201的宽度或深度。路径长度可以很小,以提高对颗粒的敏感度210。在一些实施例中,路径长度小于或等于2000、1000、500、300、250、200、150或100微米。在一个或多个实施例中,路径长度小于或等于1000微米。

[0106] 光源202被配置成产生选定频带中的光,使得颗粒210在选定频带中具有与流体208不同的吸光率。在一个或多个实施例中,例如当液体是水并且流体208是烃流体时,颗粒210具有比流体208更高的吸光率。例如,在燃料系统应用中,光源202可以产生至少在近红外(NIR)频带中的光212。在一些实施例中,NIR光212可以包括1400至1600纳米范围内的发射峰,或者至少包括在该范围内的频率。特别地,NIR光212可以包括以1550纳米为中心或其附近的发射峰。在一些实施例中,NIR光212可以包括在至少900至1100纳米范围内的发射峰,或者至少包括在该范围内的频率。特别地,NIR光212可以包括以1000纳米为中心或其附近的发射峰。

[0107] 光源202可以包括能够提供选定频带中的光212的任何合适类型的光源。在一些实施例中,光源202是发光二极管(LED)。LED光源202可以是低功率LED。在一些实施例中,LED光源从发光结全向或在所有方向上发射。在一些实施例中,LED光源主要在一个方向上发射。在一些实施例中,光源202可以与将光引导到微流体通道201的光纤电缆配对或包括光

纤电缆。光孔204可以用于允许窄光束214穿过微流体通道201,这可以促进消除例如由于散射和反射引起的噪声或错误信号。

[0108] 光孔204可以是或包括孔元件218中的至少一个开口。如本文所使用的,“孔”是指孔元件218内的开口或空隙。光孔204可以具有相对于微流体通道201和光检测器206设置大小的宽度,以促进检测流体208中的颗粒210的最佳敏感度。在一些实施例中,光孔204的宽度与微流体通道201的通道宽度相同或基本上相同。

[0109] 另外地或替代性地,光孔204的大小可以相对于所关注的预定颗粒大小来设置。例如,在一些实施例中,光孔204的宽度可以被设计为小于或等于所关注的颗粒大小的2、3、4、5、6、7、8、9或10倍。在一些实施例中,光孔204的宽度可以被设计为大于或等于所关注的颗粒大小的1、2、3、4、5、6、7、8或9倍。

[0110] 光孔204可以具有任何合适的几何形状。在一些实施例中,光孔204具有圆形或圆形形状,比如圆形或椭圆形。在一些实施例中,光孔204具有多边形形状,比如三角形、正方形、梯形或矩形。光孔204可以具有可以沿着与流体208流相同的方向延伸的长度。在一个或多个实施例中,光孔204的长度可以与光孔204的宽度相同或基本上相同。

[0111] 光检测器

[0112] 光检测器206可以是对选定频带敏感的任何合适类型的光电检测器,该频带可以是NIR频带。光检测器206还被配置成提供表示来自光束214的光在穿过微流体通道201之后剩余的量的信号。特别地,光检测器206可以被配置成响应于接收到选定频带内的光而生成电信号,比如电流信号、电压信号或功率信号。光电检测器类型的非限制性示例包括铟镓砷(InGaAs)、锗(Ge)或硅(Si)光电二极管。例如,InGaAs光电二极管可以对从1100到1700纳米的频带内的光212敏感。Ge光电二极管可以在1550纳米处具有峰值敏感度。Si光电二极管可以用于可见光。

[0113] 控制器

[0114] 控制器110可以被配置成基于来自光检测器206的信号来检测、确定分散在流体208流中的一个或多个颗粒210的大小测量或以其他方式表征颗粒。在一些实施例中,控制器110可以被配置成一次检测分散在流体208流中的一个颗粒210,特别是预定大小的颗粒。

[0115] 通常,当颗粒210是流体时,该颗粒也可以被称为微滴。当颗粒210是液体时,该信号可以用于确定每单位体积的流体208(例如,烃流体)中的液体(例如,水)(不包括溶解在流体中的液体)量。

[0116] 在一些实施例中,控制器110被配置成确定通过感测区域216的颗粒速率。例如,基于来自光检测器206的信号检测到的吸光率变化可以指示颗粒210正在进入或正在离开感测区域216。替代性地或另外地,控制器110可以被配置成确定颗粒大小。在一些实施例中,控制器110可以基于以下各项中的至少一项来确定颗粒速率或颗粒大小:包含在信号内的脉冲的幅度、包含在信号内的脉冲的宽度、用于检测感测区域中的最小大小颗粒的第一阈值信号电平、用于检测填充感测区域的颗粒的第二阈值信号电平、以及阈值信号电平交叉率。当颗粒是流体时,控制器110可以基于颗粒速率、颗粒大小或两者来确定每单位体积的流体208中微滴形式的颗粒210的量,比如颗粒浓度。在一些应用中,比如非发动机应用,当颗粒速率是规则的或基本上规则的时,颗粒速率可以用于估计或确定颗粒大小或浓度。

[0117] 在一些实施例中,控制器110进一步被配置成基于微滴速率和微滴大小来确定每

单位体积的流体208中微滴形式的颗粒210的量。控制器110还可以被配置成响应于信号不交叉第二阈值信号电平而基于包含在信号数据中的脉冲的幅度来确定颗粒大小。控制器110可以进一步被配置成响应于信号交叉第二阈值信号电平而基于包含在信号数据中的脉冲宽度来确定颗粒大小。进一步地，控制器110可以被配置成基于颗粒速率来确定颗粒大小。

[0118] 基于电容的传感器

[0119] 在其他实施例中，基于电容的传感器(未示出)可以用作颗粒传感器112。为了检测单个颗粒和评估燃料清洁度，可以在微流体通道201中(例如，在出口附近)制造电容传感器。电容传感器可以用于检测颗粒210，比如水或其他微滴或金属颗粒。电容传感器可以包括交叉指型电极，以形成扁平电容器。此通道的电容可以通过以下公式计算：

[0120] $$C_{pair} = \frac{2\varepsilon_f \varepsilon_0 l}{\pi} ln\left[\left(1+\frac{w}{a}\right)+\sqrt{\left(1+\frac{w}{a}\right)^2-1}\right] \quad (等式4)$$

[0121] 其中，ε_f是微流体通道中的流体的介质常数，并且l、w和a是电极的几何尺寸。当颗粒穿过微流体通道时，电容的变化可以简化为(近似成比例)：

[0122] $$\Delta C \propto (\varepsilon_p - \varepsilon_f)A_p \quad (等式5)$$

[0123] 其中，ε_p是颗粒的介质常数，并且A_p是颗粒的面积。

[0124] 电容传感器可以用于感测流体中的各种颗粒，例如，当颗粒材料与流体之间的介电差异足以产生显著信号时。以下表1示出了各种颗粒和流体的介电常数。颗粒材料与本底流体的介电常数的差异较大可能会产生较大的信号差异。通常，除了颗粒与本底流体之间的介电差异之外，信号还可能与颗粒大小有关。在大小已知(或近似已知)的情况下(这可以通过使用颗粒分离元件302(参见图9至图10)来确定)，信号可以用于确定介电常数差、以及可能的污染物材料。

[0125]

污染物/流体	介电常数
油	~3
水	80
燃料	~2.1
聚乙烯	2.25

[0126]

金属	非常高

[0127] 表1

[0128] 图7是示出结合微流体通道221使用颗粒传感器112的布置220的一个示例的构思图。微流体通道221可以包括入口222和出口224，该出口具有至少第一流动分支226和第二流动分支228。

[0129] 可以在入口222处接收流体208流和流体流中的颗粒210。沿着微流体通道221定位的颗粒传感器112可以检测任何颗粒210,以提供表示与流体208和分散在流体中的颗粒210相对应的信号的信号数据。控制器110可以可操作地联接到颗粒传感器112,以接收已经检测到颗粒210的指示。

[0130] 控制器110可以可操作地联接到沿着出口224的至少一个流动分支226、228定位的流动路线选择元件230。在展示的实施例中,流动路线选择元件230包括单个阀232,该单个阀定位在第一流动分支226与第二流动分支228之间,以选择性地将流体流分流到一个分支或另一个分支。控制器110可以被配置成控制流动路线选择元件将流体流引导到第一流动分支226,例如,直到微流体通道221中的颗粒传感器112检测到颗粒210的阈值水平。控制器110也可以被配置成基于来自颗粒传感器112的信号数据来确定微流体通道221中是否存在阈值水平的颗粒210。响应于确定在微流体通道221中存在颗粒210的阈值水平,控制器110可以控制流动路线选择元件230将流体流引导到第二流动分支228。

[0131] 可以以任何合适的方式来确定颗粒210的阈值水平。非限制性示例包括检测一个或多个高于阈值大小的颗粒、检测超过阈值数目的颗粒数目、检测颗粒的阈值速率(或频率)、或检测流体中颗粒的阈值浓度。

[0132] 控制器110还可以确定微流体通道221中的流体208的流量。流量可以用于确定何时控制流体路线选择元件230将流体引导到第二流动分支228的适当时间、以及控制流体路线选择元件将流体引导回到第一流动分支226的持续时间。

[0133] 流动路线选择元件230可以包括一个、两个或更多个阀232、螺线管、用于使流体208流分流的任何其他合适的机构。在一些实施例中(未示出),流动路线选择元件230包括两个阀232,每个阀沿着流动分支226、228中的一个定位。阀232可以交替地打开或关闭,以允许流体208流过第一流动分支226或第二流动分支228。

[0134] 水滴去除

[0135] 在一些实施例中,布置220可以被描述为可以用于从烃流体中去除水滴(比如颗粒210)的水滴去除系统或微流体水滴分流器系统。分流器系统可以包括微流体液滴分流器、或流动路线选择元件230、以及可以检测微流体通道221中的单独水滴的颗粒传感器112(例如,光学类型或电容类型)。在微流体通道221包含水滴的情况下,流体可以经由阀开关或其他机构(比如阀232)分流到废物流,比如第二流动分支228。废物流可以被传送到废物收集区域,传送到水去除过滤器(比如屏障或聚结过滤器),或返回到主燃料箱。流体分流的时间可以根据微流体通道的几何形状(比如传感器和分流器阀之间的尺寸和长度)和流量来确定。在水滴被传送到废物流中之后,分流器阀可以被切换成使得流体被传送到主出口,比如第一流动分支226。主出口被认为是清洁的(比如没有水滴的燃料),并且可以被传送到颗粒去除过滤器、高压共轨系统、或燃料系统的其他部分。

[0136] 在另一种配置中,微流体水滴分流器可以包括两个阀。一个阀可以在主出口通道中,比如第一流动分支226,并且另一个阀可以在废物出口通道或第二流动分支228中。阀可以靠近入口流通道、废物出口通道和主出口通道相遇的接合处,并且因此结合到微流体设备中。替代性地,阀可以远离接合处并独立于微流体设备(例如,在离开设备的管或管道中)。当水滴传感器检测到水滴时,主出口阀可以关闭,并且废水出口阀可以打开。

[0137] 分流器系统可以包含多于一个微流体通道,以增加总处理量。多个通道可以共享

也可以不共享同一个颗粒传感器112。包含水滴的通道可以通过特定于该通道的传感器输出来检测(参见图11A至图11B)。

[0138] 分流器系统也可以与带有两个并联聚结元件的燃料系统一起使用。当定位在第一聚结元件下游的水传感器检测到水时,一个或多个阀可以将流从第一聚结元件切换到第二聚结元件。这可以允许驾驶员以更长的时间间隔或在更方便的时候更换过滤器。

[0139] 图8是示出结合水力分离器260的微流体通道241使用颗粒传感器112的布置240的另一示例的构思图,该水力分离器可以被描述为微流体分离通道。微流体通道241可以包括入口242和出口244,该出口具有至少第一流动分支246和第二流动分支248。如图所示,水力分离器260的微流体通道241是弯曲的。曲线可以遵循圆形形状。在其他实施例中,微流体通道241可以是弯曲的并且具有多重S形形状。可以使用任何合适的弯曲形状来提供足够的惯性力,从而以特定的流量将特定的大小范围内的颗粒集中。入口242可以定位在一端或端部区域上,并且出口244可以定位在相反端或端部区域上。

[0140] 水力分离器260可以被设计成使得在流体208的预定流量下,微流体通道241被配置成将超过对应阈值大小的任何颗粒210引导到第二流动分支248中,并且将任何其余颗粒引导到出口224的第一流动分支246和第二流动分支248中。

[0141] 可以在入口242处接收流体208流和流体流中的颗粒210。沿着微流体通道241定位的颗粒传感器112可以检测任何颗粒210,以提供表示与流体208和分散在流体中的颗粒210的信号相对应的信号数据。控制器110(图1)可以可操作地联接到颗粒传感器112,以接收已经检测到颗粒210的指示。

[0142] 控制器110可以可操作地联接到与水力分离器260的微流体通道241处于流体连通的流体泵114(图1)。流体泵114可以被配置成引导流体穿过一个或多个水力分离器260的微流体通道241。控制器110可以被配置成控制流体泵将流体从入口242穿过水力分离元件引导到出口244。控制器110还可以被配置成基于来自颗粒传感器112的信号数据来确定微流体通道241中是否存在阈值水平的颗粒210。响应于确定在微流体通道241中存在阈值水平的颗粒210,控制器110可以控制流体泵114以流体208的预定流量将流体引导穿过水力分离器260的微流体通道,以将超过对应阈值大小的任何颗粒集中到第二流动分支248。

[0143] 颗粒传感器112a,b可以定位在沿着微流体通道241的任何合适的位置。在一些实施例中,颗粒传感器112a,b可以定位在入口242与出口244之间。在一些实施例中,颗粒传感器112a可以定位得更靠近入口242。更靠近入口242时,高于阈值大小的颗粒210不会沿着水力分离器260的内壁262集中。颗粒传感器112a可以限定覆盖从内壁262到外壁264的微流体通道241的大部分或全部宽度的感测区域(以实线示意性地展示)。更靠近出口244时,高于阈值大小的颗粒210可能沿着水力分离器260的内壁262集中。朝向出口244定位的颗粒传感器112b可以限定感测区域(以实线示意性地展示),该感测区域覆盖从内壁262到外壁264的微流体通道241的一些或少于一半的宽度。

[0144] 通常,当感测到微滴时,布置240可以改变流体流,以将微滴集中到废物流中。可以基于来自颗粒传感器112a,b的大小信息对流量进行校准,以去除特定大小的微滴或颗粒。可以通过压力脉冲、凹陷或流动路径的改变来改变流量(比如打开或改变定位在出口244的一个或多个阀的阀位置)。

[0145] 在一些实施例中,废物流(比如第二流动分支248)可以仅是整个流动流的大小的

一部分。这可以在去除微滴时最大限度地减少对整个流动流的影响。

[0146] 图9至图10是示出将颗粒传感器112与颗粒分离元件302和微流体感测元件116一起使用的另一种布置300的构思图。布置300可以用于对颗粒210进行分选，并计算不同大小范围内的颗粒的数目。尽管两级分离元件302被示出为将颗粒分离成三个大小范围，但是任何合适数量(n)的级可以用于将颗粒分离成不同的大小范围(n+1大小范围)。

[0147] 在展示的实施例中，颗粒分离元件302被配置成将第一大小范围、第二大小范围和第三大小范围内的颗粒210分选成第一出口流304(包含第一大小范围、第二大小范围和第三大小范围内的颗粒)、第二出口流306(包含第二大小范围和第三大小范围内的颗粒)和第三出口流308(包含第三大小范围内的颗粒)，以便由微流体感测元件116进行感测。颗粒传感器112可以沿着微流体感测元件116定位，以检测每个出口流304、306、308中的颗粒的数目。控制器110(图1)可以基于与颗粒分离元件302的流动分支相关联的体积分数来确定与每个大小范围相关联的颗粒的数目。

[0148] 从图10中可以看出，颗粒分离元件302可以至少包括第一水力分离器320和第二水力分离器322。每个水力分离器320、322可以限定弯曲的微流体通道，以分离不同大小变化的颗粒，这可以被描述为微流体分离通道。第一水力分离器320的出口可以包括第一流动分支326和第二流动分支328。第二水力分离器322的出口可以包括第一流动分支330和第二流动分支332。

[0149] 第一水力分离器320的第二流动分支328可以被配置成提供第一出口流304。第二水力分离器322的第二流动分支332可以被配置成提供第二出口流306。第二水力分离器322的第一流动分支330可以被配置成提供第三出口流308。第一水力分离器320的第一流动分支326可以与第二水力分离器322的入口处于流体连通或流体地联接，以提供第四流体流310。

[0150] 第一水力分离器320可以被配置成将第一大小范围内的所有颗粒集中到第二流动分支328中。第一大小范围可以包括超过第一阈值大小的任何颗粒。不超过第一阈值大小的任何其余颗粒可以被提供给第一流动分支326和第二流动分支328。其余颗粒可以认为是均匀分布的。提供给每个分支326、328的其余颗粒的比率可以基于与每个分支326、328相关联的体积分数来确定。通常，第一流动分支326可以接收第一部分，并且第二流动分支328可以接收不超过第一阈值大小的任何其余颗粒的第二部分。从图9中可以看出，来自第二分支328的第一出口流304包括各种大小范围内的颗粒。其他出口流306、308都不包含超过第一阈值大小的颗粒。

[0151] 第二水力分离器322可以接收来自第一分支326的流，该流包括不超过第一阈值大小的任何其余颗粒的第二部分。第二水力分离器322可以被配置成将第二大小范围内的所有颗粒集中到第二流动分支332中。第二大小范围可以包括超过第二阈值大小的任何颗粒。不超过第二阈值大小的任何其余颗粒可以被提供给第一流动分支330和第二流动分支332，这些颗粒可以仅仅是第三大小范围内的颗粒。其余颗粒可以认为是均匀分布的。提供给每个分支330、332的其余颗粒的比率可以基于与每个分支330、332相关联的体积分数来确定。通常，第一流动分支330可以接收第一部分，并且第二流动分支332可以接收不超过第二阈值大小的任何其余颗粒的第二部分。从图9中可以看出，第二出口流306包括两个颗粒大小范围都不超过第一阈值大小的颗粒，并且第三出口流308仅包括不超过第二阈值大小的颗

粒。

[0152] 微流体感测元件116可以与颗粒分离元件302处于流体连通。微流体感测元件116可以包括多个微流体通道340，该多个微流体通道可以被描述为微流体感测通道，每个微流体通道与颗粒分离元件302的不同流动分支处于流体连通。微流体通道340可以并联布置。特别地，每个微流体通道340接收不同的出口流304、306、308。颗粒传感器112可以被定位和配置成检测流过每个微流体通道340的颗粒的数目。

[0153] 控制器110可以通过对微流体通道340中的每个出口流304、306、308中的任何大小范围的颗粒的数目进行计数来确定每个大小范围内的颗粒的数目。为了说明的目的，假设每对流动分支之间的体积分数为1:1，并且其余颗粒的数目(不超过颗粒阈值大小的颗粒的数目)在两个分支之间平均分开，则每个出口流中的颗粒的数目可以计算如下：

[0154]
$$\begin{cases} n_1(d > d_1) = c_1 - (c_2 + c_3) \\ n_2(d_1 \geq d > d_2) = 2(c_2 - c_3) \\ n_3(d \leq d_2) = 4c_3 \end{cases}$$

（等式6A、6B、6C）

[0155] 其中，n_1是第一大小范围，n_2是第二大小范围，n_3是第三大小范围，d_1是第一阈值大小，d_2是第二阈值大小，c_1是在第一出口流304中计数的颗粒的数目，c_2是在第二出口流306中计数的颗粒的数目，以及c_3是在第三出口流308中计数的颗粒的数目。

[0156] 通常，颗粒分离元件302的入口可以接收随机分布的颗粒210。颗粒分离元件302可以将颗粒210分选到不同的出口流304、306、308中。出口流304、306、308可以由微流体感测元件116接收。颗粒传感器112可以对微流体感测元件116的每个微流体通道340中的颗粒的数目进行计数，并且确定每个大小范围内的颗粒的数目。

[0157] 在一些实施例中，颗粒传感器112可以包括检测器，该检测器与每个微流体通道340对准，以对每个通道中的颗粒的数目进行计数。在其他实施例中，颗粒传感器112可以使用跨多个通道的共享检测器来对每个通道中的颗粒的数目进行计数。

[0158] 布置300可以被描述为微流体颗粒传感器，该微流体颗粒传感器可以用于测量液体应用中的流体清洁度水平。在一个示例中，微流体颗粒传感器可以用于柴油过滤系统，以测量流体清洁度。传感器可以放置在过滤器的上游、下游或作为过滤器的旁路。传感器可以包括分段级或颗粒分离元件302，该分段级或颗粒分离元件例如基于ISO清洁度代码将颗粒分成流线，这些流线可以包括第一流中4至6微米的颗粒、第二流中6至14微米的颗粒、以及第三流中大于14微米的颗粒。可以不将大小小于4微米的颗粒计算在内，或者可以增加附加级(等于四个级)来捕获颗小于4微米、4至6微米、6至14微米以及大于14微米的颗粒。微流体颗粒传感器也可以用于液压或润滑油应用。

[0159] 传感器可以被描述为具有两个级。第一级可以被描述为基于颗粒大小将颗粒集中成特定流线的“分离级”，比如颗粒分离元件302。第二级可以被描述为包括多个感测通道(比如微流体感测元件116)的“感测级”，其中包含特定微粒的流线被传送到不同的通道中。每个通道具有颗粒传感器或颗粒计数器。分离级的设计可以决定进入每个通道的颗粒大小范围。通过计数或以其他方式检测感测通道中的颗粒，可以确定颗粒大小分布。

[0160] 一旦颗粒已经基于其颗粒大小被集中成流线，则这些流线可以被传送到不同的感

测通道(比如微流体通道340)中。每个感测通道对应于颗粒大小范围(基于分离级的设计和性能)。每个感测通道可以与颗粒传感器相关联。颗粒传感器可以检测感测通道中的颗粒的通过或对其进行计数。颗粒传感器可以是光学的(使用光吸收、荧光、散射或其他光学方法)、电子的(使用电容传感器或阻抗传感器)或磁性的。当每个通道的信号输出都是唯一的时,感测通道可以共用单个颗粒传感器。

[0161] 这种在颗粒计数器上游使用被动颗粒集中方案的微流体颗粒传感器在对颗粒进行计数时可以不需要被校准。这可以允许简化制造。微流体颗粒传感器还可以被设计为在具有不同特性(比如电子特性或磁特性)的一系列不同类型的颗粒上工作。微流体颗粒传感器还可以逐个计数单独颗粒,而不是读取散装流体,这可能使敏感度增加。使用微流体通道还可以使本底流体或载送流体的影响最小化。

[0162] 图11A至图11B是示出技术的一个示例的构思图,该技术用于使用比如光检测器206(图6)等共享光检测器对多个微流体通道340a、340b、340c中的颗粒的数目进行计数。孔元件350可以类似于孔元件218(图6),不同之处在于孔元件350包括与各个微流体通道340a、340b、340c对准的多个孔204。每组孔204可以沿着对应的微流体感测通道340a、340b、340c限定唯一的间隔模式。独特的间隔模式也可以被描述为唯一的孔口模式。

[0163] 控制器110(参见图6)可以被配置成基于来自光检测器206的信号来确定信号数据,并且基于信号数据来确定颗粒是否已经穿过感测区域216。控制器110可以基于信号数据来确定与穿过感测区域216的颗粒相关联的独特的间隔模式。特别地,穿过微流体感测通道340a的颗粒可以提供第一唯一信号数据342a,穿过微流体感测通道340b的颗粒可以提供第二唯一信号数据342b,并且穿过微流体感测通道340c的颗粒可以提供第三唯一信号数据342c。控制器110的信号处理或模式识别处理可以被配置成区分这些唯一模式,以识别对应的微流体感测通道340a、340b、340c和对应的微流体感测通道中的颗粒的数目。

[0164] 通常,唯一的间隔模式为液滴移动穿过特定的微流体感测通道340a、340b、340c提供了不同的时间曲线。在展示的实施例中,一系列孔洞被安置在彼此不同的距离处,使得移动穿过通道的液滴将给出几个信号凹陷,并且凹陷的时间模式对于通道是特定的。也可以使用产生不同信号轮廓的孔口模式(比如不同形状的孔洞口)来创建唯一的信号。唯一的间距和唯一的形状也可以一起使用。如果通道中存在多个液滴,可以使用信号去卷积算法来区分各个通道。

[0165] 在一些实施例中,衍射光栅也可以用于控制进入通道的光。衍射光栅可以在通道中或封闭在通道中,并且将光路朝向检测器阵列中的特定检测器引导。

[0166] 虽然本披露内容不限于此,但是通过下文提供的对具体示例和说明性实施例的讨论,将获得对本披露内容的各个方面的理解,这些具体示例和说明性实施例提供了颗粒分离以补充或替代过滤器。示例和说明性实施例的各种修改、以及本披露内容的附加实施例将在本文中显而易见。

[0167] 图12是示出流体系统360的一个示例的构思图,该流体系统可以用于使用颗粒分离元件102去除颗粒。颗粒分离元件102(可以包括水力分离器元件)可以沿着主流动管线362用于流体系统360上。

[0168] 如图所示,流体泵114可以用于提供来自流体源104穿过颗粒分离元件102到主流动管线362的流体流。颗粒分离元件102可以使用第一流动分支363提供主出口流,并且使用

第二流动分支364提供二次出口流。第一流动分支363和第二流动分支364可以沿着流体目的地106上游的主流动管线362重新组合,该流体目的地可以包括系统360的其余部分。

[0169] 可以在与主出口流重新组合的上游将二次出口流沿着第二流动分支364提供给过滤器366。可选的过滤器368可以例如沿着重新结合上游的第一流动分支363或者沿着重新结合下游的主流动管线362定位。

[0170] 颗粒分离元件102可以定位在流体泵114的上游或下游。在展示的实施例中,颗粒分离元件102定位在流体泵114的下游。

[0171] 颗粒分离元件102可以被配置成从主流动管线362中去除直径大于特定阈值大小的颗粒,同时流体泵114以特定流量提供流体。

[0172] 分离器元件102可以用于将高于特定阈值大小的颗粒集中到总流体流的一部分中。聚集的颗粒流可以沿着第二分支364被集中或引导到二次出口流中,该二次出口流可以被提供给过滤器366,该过滤器可以被描述为死端过滤器,以去除颗粒。在穿过过滤器366之后,来自第二流动分支364的聚集的颗粒流的流体可以与来自第一流动分支363的其余流体组合,并且被输送到系统的其余部分(示出为流体目的地106)。可以将高于临界大小的颗粒从提供给流体目的地106的整体流体中被大部分去除。

[0173] 在系统360中,仅总流体流的一部分通过过滤器366过滤。在一些实施例中,提供给第二流动分支364的聚集的颗粒流可以包括小于总流体体积的50%、小于总流体体积的25%、或小于总流体体积的10%。通过过滤器366的流量可能低于例如未使用颗粒分离元件102的系统中的流量。较低的流量可能会使过滤器压降更低和/或过滤器寿命更长,或既使过滤器压降更低也使过滤器寿命更长。

[0174] 附加的过滤器368可以用于例如在流体流线组合之后沿着沿着第一流动分支363的“清洁流”线、或者沿着主流动管线362去除临界大小以下的颗粒。沿着第一流动分支363的清洁流中的流量计量或可变压力物体可以用于在离开分离器元件102的两个流之间适当地平衡流量。

[0175] 将分离器元件102联接到过滤器的技术可以用于多种应用,比如发动机燃料、发动机机油、发动机液压系统和固定式液压系统。这种技术在发动机机油、发动机液压系统或固定式液压系统中可能特别有用,在这些系统中,流体通过过滤器系统进行再循环。

[0176] 示例

[0177] 设备制造

[0178] 在示例1中,使用标准软光刻技术,由聚二甲基硅氧烷(PDMS)将水力分离器制造为微流体设备。简而言之,使用DraftSight制备光掩模,并以20,000dpi进行印刷(CAD/艺术服务公司(Art Services,Inc.);俄勒冈州布兰登市)。使用SU-8 2100光致抗蚀剂(MicroChem公司;马萨诸塞州牛顿市)制备SU-8模具。MicroChem公司提供的SU-8 2100数据表中描述了工艺参数。将PDMS(Sylguard 184;道康宁公司(Dow Corning);10:1w/w底座:固化剂)倒在模具上,脱气30分钟,并在85℃的烘箱中固化一晚上。从将PDMS从晶圆上去除之后,用活检针打出入口孔洞和出口孔洞。使用透明胶带去除PDMS中的颗粒和纤维。最终的设备是通过使用Harrick Plasma清洁器在800微米(毫托)将PDMS等离子粘合到载玻片上1分钟而制备的。将成品设备放在约100℃的热板上15分钟。设备设计有恒定的曲率半径、通道宽度和通道深度。

[0179] 颗粒成像

[0180] 在示例2中,将荧光颗粒悬置在去离子水中进行测试(表1)。2、10和20微米(μm)的颗粒以水悬浮液的形式提供。这些样品被稀释并直接测试。

[0181] 25μm和30μm颗粒以粉末形式提供。这些样品在去离子水中添加了十二烷基硫酸钠表面活性剂(SDS),以制备测试溶液。

[0182] 典型的混合物包含50mg颗粒、100mg SDS和500mL去离子水。使用激光衍射粒度分析仪(Beckman-Coulter LS-320)来确定颗粒大小分布。

[0183] 使用压力驱动流动系统(ElveFlow OB1-Mk3;Elvesys法国巴黎)将颗粒供给到根据实施例1制备的水力分离器中。系统包含在线流量计,用于实时测量流量(Elveflow FS4(0-1mL/min)或FS5(0.2-5mL/min);Elvesys公司;法国巴黎)。可通过ESI软件包内的压力或流量对流量进行控制。

[0184] 使用Olympus IX-73倒置显微镜(奥林巴斯生命科学公司(Olympus Life Science);美国马萨诸塞州沃尔瑟姆市)结合汞蒸气短弧灯(U-HGLGPS,奥林巴斯生命科学(Olympus Life Science);美国马萨诸塞州沃尔瑟姆市)光学地测量水力分离器内的颗粒集中。选择荧光滤光立方体来匹配荧光颗粒的吸光特性和发射特性。图像是用10x物镜拍摄的。使用MicroManager(版本1.4;https://micro-manager.org/wiki/Micro-Manager)使用Prime BSI sCMOS相机(Teledyne Photometrics;亚利桑那州托斯卡纳市)捕获图像。

[0185]

颗粒大小（μm）	来源	零件编号	颗粒光学特性	
			λ_{ex}（nm）	λ_{em}（nm）
2	西格玛奥德里奇（SigmaAldrich）	L3030	553	635
10	Polysciences 公司	18140-2	441	485
20	Polysciences 公司	19096-2	441	485
25	Cospheric 有限责任公司	UVPMS-BR-0.995 22-27 μm	300 - 550	605
30	Cospheric 有限责任公司	UVPMS-BR-1.090 27-32 μm	300 - 550	605

[0186] 表2:荧光颗粒特性

[0187] 在注入颗粒之前,使用去离子水(DI)对每个水力分离器进行压力-流量校准,以对含颗粒溶液的不可靠流量计读数进行校准。将数据拟合到二阶多项式并用于确定期望实验流量的操作压力。

[0188] 在颗粒实验期间,控制系统压力,并且记录压力-流量数据。如果压力-流量数据表明在实验时间范围内衰减,则假设颗粒是在设备中的某处收集的,并且数据未被记录。

[0189] 实验后,将设备切成两半,并且在Keyence VHX数字显微镜(Keyence;伊利诺伊州

伊塔斯卡)上光学地测量通道深度。

[0190] 一旦校准了设备的压力-流量关系,就可以在恒定的迪恩数或流速下利用单一荧光颗粒溶液进行实验。通过设备以不同角度拍摄荧光图像,从而测量作为长度的函数的颗粒集中(L=αR$_c$,其中,α是通过设备的弧度角度,并且R是在内壁测量的曲率半径)。这些角度是围绕例如如图14所示的每个水力分离器的圆形形状限定的。图14是示出在入口10°(A)、180°(B)、270°(C)和出口350°(D)处围绕水力分离器400的角度的相对位置的构思图。cMOS相机积分时间设置为使信号差异最大化,而不会使任何像素饱和。

[0191] 使用ImageJ开源软件中的图像分析来确定颗粒集中的程度。在设备的每个成像位置处测量通道的像素强度。假设像素强度与平均颗粒浓度成比例。根据出口图像(340°或350°)确定颗粒集中的位置。对于每个图像,集中百分比被确定为集中区域的积分像素强度与整个通道的积分像素强度之比,如下所示:

[0192] $$F\% = \frac{\int_{集中} I(x)}{\int_{通道} I(x)}$$ (等式7)

[0193] 图13A示出了在10度时来自设备入口380的代表性图像。图13B示出了在350度时来自设备出口382的代表性图像。图13C是跨越由图13A中的线384标注的通道的像素强度与通道位置(以像素为单位)的图表390。图13D是跨越由图13B中的线386标注的通道的像素强度与通道位置(以像素为单位)的曲线图392。方框394、396被视为集中区域。

[0194] 集中研究:相同的设备,不同的迪恩数(140μm深度:25μm颗粒)

[0195] 在示例3中,25μm的颗粒以两个迪安数在水力分离器中集中(通道宽度:500μm,通道深度:140μm,曲率半径:20mm)。图15示出了在1010毫巴压力(3.97mL/min)时迪恩数为15时,集中百分比与通道长度数据的图表410。图表410示出了三个不同的区域:颗粒未集中的初始区域412、颗粒集中的区域414、以及颗粒已完全集中的区域416。

[0196] 在设备入口处,颗粒的集中度为约35%。在通道长度的前14mm,集中量没有增加,这可能是由于剪切升力导致颗粒从通道中心迁移到通道边缘。设备的这个区域412可以被描述为颗粒迁移区域,并且具有长度L$_0$。此长度可能取决于颗粒大小、流体特性和流量。

[0197] 在颗粒迁移区域之后,集中的颗粒的百分比可以相对于通道长度线性地增加。设备的这个区域414可以被描述为线性集中区域。线性拟合的斜率可以被描述为线性集中率(r$_f$)。集中的颗粒的百分比总体上线性地增加,直至达到最大值。

[0198] 一旦达到颗粒集中的最大值,颗粒集中可能会保持大致恒定。设备的这个区域416可以被描述为完全集中区域。在这个示例中,完全集中区域中的最大集中百分比(f$_m$)示出为约90%(即,90%的颗粒集中)。

[0199] 可以用于达到目标集中百分比的水力分离器的长度可以被描述为:

[0200] $$L_D = L_0 + \frac{f_t - f_0}{r_f}$$ (等式8)

[0201] 其中,L$_D$是达到目标集中百分比所需的水力分离器通道长度,L$_0$是颗粒迁移区域的长度,r$_f$是线性集中率,f$_0$是在入口处(以及在颗粒迁移区域414期间)的颗粒集中百分比,并且f$_t$是目标集中百分比。当f$_0$<f$_t$<f$_m$时,可以特别地使用这个等式。

[0202] 表3示出了在不同迪恩数下使用相同设备进行集中实验的数据。颗粒迁移区域的长度和达到90％集中所需的长度是相似且几乎相同的。

[0203]

迪恩数	颗粒迁移区域的长度-L_0（mm）	线性集中率-r_f（％集中/mm）	达到90％集中所需的长度-L_D（mm）
10	14	0.57%	110
15	14	0.58%	108

[0204] 表3:利用相同设备、不同迪恩数的实验的集中数据

[0205] 使用相同迪恩数、不同设备的实验(104μm深度:30μm颗粒)

[0206] 在示例4中,利用近似相同的迪恩数、但在具有两种不同曲率半径的设备上进行与示例3相似的实验。使用了30μm的颗粒。实验结果如表4所示。对于具有较小曲率半径的设备,颗粒迁移区域的长度较短。另外,对于具有较小曲率半径的设备,线性集中率较高。基于这些结果,例如,对于具有较小曲率半径的设备,将颗粒集中到50％所需的长度较短。

[0207]

曲率半径-Rc（mm）	迪恩数	颗粒迁移区域的长度-L_0（mm）	线性集中率-r_f（％集中/mm）	达到50％集中所需的长度-L_D（mm）	达到50％集中所需的近似压降-P_D（毫巴）
10	21	5	0.91%	35	600
20	23	10	0.58%	75	1500

[0208] 表4:利用相同迪恩数、不同设备的实验的集中数据

[0209] 通常,与曲率半径较大的设备相比,曲率半径较小的设备可以以较低的流量达到目标迪恩数。当比较集中颗粒所需的压降时,较小的曲率半径可能导致通道较短且流量较低,这可能对压降产生较大影响。

[0210] 作为示例,根据表4中的数据和施加的实验压力,与被设计为使50％颗粒集中的水力分离器相关联的压降由以下等式计算:

[0211] $$P_D = P_{app}\frac{L_D}{R_C}\frac{360°}{350°*2\pi}$$ （等式9）

[0212] 其中,P_{app}是实验施加的压力,L_D是达到50％集中所需的长度(表4),R_c是设备的曲率半径(表4),并且术语$\frac{360°}{350°*2\pi}$说明了实验设备设计,在该实验设备设计中,设备仅覆盖350°的圆弧长度,以允许入口端口和出口端口。计算出的压降如表4所示。曲率半径较小的设备用于以低得多的压降集中颗粒。

[0213] 线性集中区域的长度

[0214] 最近发现,实现最大颗粒集中(85％-95％颗粒集中)所需的线性集中区域的长度

可以由以下关系式描述：

[0215] $$L_f \propto \frac{Re}{De^2}\frac{w^2}{D_H} = \frac{2R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2$$ （等式10）

[0216] 其中，Re是雷诺数，De是迪恩数，D_H是水力分离器的水力直径，w是通道宽度，并且R_c是水力分离器的曲率半径。更具体地说，关系如下：

[0217] $$L_f = 156.2\frac{R_c}{Re}\left(\frac{w}{D_H}\right)^2 + 24.3$$ （等式11）

[0218] 此外，对于特定的颗粒大小，实现最大颗粒集中所需的线性集中区域的长度可以由以下关系式描述：

[0219] $$L_f = 1598.8\frac{R_c a w^2}{ReD_H^3} + 6.4$$ （等式12）

[0220] 其中，a是颗粒直径。颗粒直径可以是球形度大于0.5的颗粒的等效球形直径。对于直径大于通道水力直径的8％且小于或等于通道高度的50％的颗粒，该等式可以预测线性集中区域的长度。

[0221] 水力分离器的总长度可以确定或计算为：

[0222] $L_D = L_0 + L_f$ (等式13)

[0223] 此等式可以用于计算各种应用实现最大颗粒集中所需的最小水力分离器通道长度。实验结果表明，颗粒迁移区域L_0的长度范围是实现最大颗粒集中所需的水力分离器L_D总长度的0％至29％。进一步地，数据示出了颗粒迁移区域L_0的长度范围是线性集中区域L_f的长度的0％至40％。这样，水力分离器通道长度L_D可以大于或等于线性集中区域长度L_f的长度，以实现最大的颗粒集中。水力分离器通道长度L_D可以比线性集中区域L_f的长度大不超过40％，以实现与最小化通道上的压降相平衡的颗粒集中。

[0224] 说明性实施例

[0225] 一些实施例涉及水力分离器。

[0226] 在实施例A1，一种系统包括：

[0227] 水力分离元件，该水力分离元件包括一个或多个水力分离器，每个水力分离器限定流体连通的弯曲的微流体通道，每个微流体通道限定：

[0228] 入口，该入口被配置成接收流体和分散在该流体中的颗粒，其中，这些颗粒具有与该流体不同的成分，以及

[0229] 出口，该出口包括第一流动分支和第二流动分支，

[0230] 其中，在预定流量时，每个微流体通道被配置成将超过对应阈值大小的任何颗粒引导到第二流动分支中，并且将任何其余颗粒引导到第一流动分支和第二流动分支中；

[0231] 颗粒传感器，该颗粒传感器沿着一个或多个水力分离器定位，该颗粒传感器被配置成提供表示与流体和该流体中的颗粒相对应的信号的信号数据；以及

[0232] 控制器，该控制器可操作地联接到该颗粒传感器以接收信号数据并且可操作地联接到与该水力分离元件处于流体连通的流体泵，该控制器被配置成：

[0233] 控制流体泵将流体引导穿过水力分离元件，

[0234] 基于来自该颗粒传感器的信号数据,确定该至少一个微流体通道中是否存在阈值水平的颗粒,以及

[0235] 响应于确定至少一个微流体通道中存在阈值水平的颗粒,控制穿过水力分离元件的流量,以预定流量将流体引导穿过水力分离元件,从而将超过对应阈值大小的任何颗粒集中到至少一个微流体通道的第二流动分支。

[0236] 在实施例A2中,一种系统包括根据实施例A1的系统,其中,颗粒传感器包括:

[0237] 光源,该光源被配置成将某一频带的光束沿着路径引导穿过至少一个水力分离器,其中,该频带被选择为颗粒与流体具有更不同的吸光率;

[0238] 孔元件,该孔元件限定定位在来自该光源的光束的路径上的光孔;以及

[0239] 光检测器,该光检测器被定位成在该光束穿过该至少一个水力分离器和该光孔之后在感测区域中接收该光束,该光检测器被配置成提供表示该频带的光在穿过该至少一个水力分离器之后剩余的量的信号数据。

[0240] 在实施例A3中,一种系统包括根据实施例A1的系统,其中,颗粒传感器包括电容传感器。

[0241] 在实施例A4中,一种系统包括根据任一前述A实施例的系统,该系统进一步包括与入口和第二流动分支处于流体连通的源储器,其中,流体和颗粒可从源储器泵送到水力分离元件并通过第二流动分支选择性地回到源储器。

[0242] 一些实施例涉及颗粒分流器。

[0243] 在实施例B1中,一种系统包括:

[0244] 颗粒分离元件,该颗粒分离元件包括:

[0245] 并联流体连通的一个或多个微流体通道,每个微流体通道限定:

[0246] 入口,该入口被配置成接收流体和分散在该流体中的颗粒,其中,这些颗粒具有与该流体不同的成分,以及

[0247] 出口,该出口包括第一流动分支和第二流动分支;

[0248] 流动路线选择元件,该流动路线选择元件沿着至少一个出口的至少一个流动分支定位;

[0249] 颗粒传感器,该颗粒传感器沿着一个或多个微流体通道定位,该颗粒传感器被配置成提供表示与流体和分散在该流体中的颗粒的相对应的信号的信号数据;以及

[0250] 控制器,该控制器可操作地联接到至少一个流动路线选择元件并且可操作地联接到颗粒传感器以接收信号数据,该控制器被配置成:

[0251] 控制该流动路线选择元件将流体流引导到该至少一个微流体通道的至少一个出口的第一流动分支,

[0252] 基于来自该颗粒传感器的信号数据,确定该至少一个微流体通道中是否存在阈值水平的颗粒,以及

[0253] 响应于确定该至少一个微流体通道中存在该阈值水平的颗粒,控制该流动路线选择元件将流体流引导到该至少一个微流体通道的第二流动分支。

[0254] 在实施例B2中,一种系统包括根据实施例B1的系统,其中,颗粒分离元件包括水力分离器元件,该水力分离器元件包括一个或多个水力分离器,该一个或多个水力分离器包括一个或多个微流体通道,其中,每个微流体通道是弯曲的。

[0255] 在实施例B3中,一种系统包括根据实施例B1或B2的系统,其中,颗粒传感器包括:

[0256] 光源,该光源被配置成将某一频带的光束沿着路径引导穿过至少一个微流体通道,其中,该频带被选择为颗粒与流体具有更不同的吸光率;

[0257] 孔元件,该孔元件限定定位在来自该光源的光束的路径上的光孔;以及

[0258] 光检测器,该光检测器被定位成在该光束穿过该至少一个微流体通道和该光孔之后在感测区域中接收该光束,该光检测器被配置成提供表示该频带的光在穿过该至少一个微流体通道之后剩余的量的信号数据。

[0259] 在实施例B4中,一种系统包括根据实施例B1或B2的系统,其中,颗粒传感器包括电容传感器。

[0260] 在实施例B5中,一种系统包括根据任一前述B实施例的系统,该系统进一步包括与入口和第二流动分支处于流体连通的源储器,其中,流体和颗粒可从源储器泵送到水力分离元件并通过第二流动分支选择性地回到源储器。

[0261] 一些实施例涉及颗粒分选器。

[0262] 在实施例C1中,一种系统包括:

[0263] 水力分离元件,该水力分离元件包括串联流体连通的多个水力分离器,该多个水力分离器包括至少第一水力分离器和第二水力分离器,每个水力分离器限定弯曲的微流体分离通道以分离不同大小范围的颗粒,每个微流体分离通道限定:

[0264] 入口,该入口被配置成接收包含颗粒的流体,以及

[0265] 出口,该出口包括第一流动分支和第二流动分支,

[0266] 其中,在特定流量时,每个微流体分离通道被配置成将超过对应阈值大小的任何颗粒引导到该第二流动分支中,并且将任何其余颗粒引导到该第一流动分支和该第二流动分支中,其中,该第一水力分离器的第一流动分支与该第二水力分离器的入口处于流体连通;以及

[0267] 微流体感测元件,该微流体感测元件与该水力分离元件处于流体连通,该微流体感测元件包括多个微流体感测通道,每个微流体感测通道与该水力分离元件的不同流动分支处于流体连通,其中,该多个微流体感测通道至少包括:

[0268] 第一微流体感测通道,该第一微流体感测通道与该第一水力分离器的第二流动分支处于流体连通,以接收超过第一阈值大小的任何颗粒,以及

[0269] 第二微流体感测通道,该第二微流体感测通道与该第二水力分离器的第二流动分支处于流体连通以接收超过第二阈值大小的任何颗粒,其中,该第一阈值大小大于该第二阈值大小。

[0270] 在实施例C2中,一种系统包括根据实施例C1的系统,其中,多个微流体分离通道包括与第二水力分离器的第一流动分支处于流体连通的第三水力分离器。

[0271] 在实施例C3中,一种系统包括根据实施例C1或C2的系统,进一步包括:

[0272] 颗粒传感器,该颗粒传感器沿着多个微流体感测通道定位,该颗粒传感器被配置成提供表示与流体中的颗粒相对应的信号的信号数据;以及

[0273] 控制器,该控制器可操作地联接到颗粒传感器以接收信号数据,该控制器被配置成基于信号数据基于与流动分支相关联的体积分数来确定与每个大小范围相关联的颗粒的数目。

[0274] 在实施例C4中,一种系统包括根据实施例C3的系统,其中,至少一个微流体分离通道包括出口,该出口包括第一出口分支和第二出口分支,进一步包括沿着至少一个微流体感测通道的出口定位的至少一个流动路线选择元件,其中,控制器可操作地联接到至少一个流动路线选择元件并且进一步被配置成响应于在对应的微流体感测通道中检测到颗粒而控制流动路线选择元件将流体流引导到第二出口分支。

[0275] 在实施例C5中,一种系统包括根据实施例C3或C4的系统,其中,颗粒传感器包括电容传感器。

[0276] 在实施例C6中,一种系统包括根据实施例C3或C4的系统,其中,颗粒传感器包括:

[0277] 光源,该光源被配置成将某一频带的光束沿着路径引导穿过至少一个微流体感测通道,其中,该频带被选择为颗粒与流体具有更不同的吸光率;

[0278] 孔元件,该孔元件限定定位在来自该光源的光束的路径上的光孔;以及

[0279] 光检测器,该光检测器被定位成在光束穿过光孔和至少一个微流体感测通道之后在感测区域中接收该光束,该光检测器被配置成提供表示该频带的光穿过至少一个微流体感测通道之后剩余的量的信号数据。

[0280] 在实施例C7中,一种系统包括根据实施例C6的系统,其中,孔元件包括多个光孔,该多个光孔包括定位在来自光源的光束的路径上的光孔,其中,该多个光孔包括与每个微流体感测通道对准的不同的一组光孔,其中,每组光孔沿着对应的微流体感测通道限定唯一的间隔模式,并且其中,光检测器被定位成在光束穿过多个光孔和多个微流体感测通道之后在感测区域中接收该光束,并且其中,控制器被配置成基于唯一的间隔模式来确定与每个大小范围相关联的颗粒的数目。

[0281] 一些实施例涉及孔口模式。

[0282] 在实施例D1中,一种系统包括:

[0283] 多个微流体感测通道,每个微流体感测通道被配置成接收流体流和分散在该流体中的颗粒,其中,颗粒具有与流体不同的成分;

[0284] 光源,该光源被配置成将某一频带的光束沿着路径引导穿过多个微流体感测通道,其中,该频带被选择为颗粒与该流体具有不同的吸光率;

[0285] 孔元件,该孔元件限定多个光孔,该多个光孔包括与每个微流体感测通道对准的不同组的光孔,其中,每组光孔沿着对应的微流体感测通道限定唯一的间隔模式;

[0286] 光检测器,该光检测器被定位成在该光束穿过该孔元件的多个光孔并穿过该多个微流体感测通道之后在感测区域中接收该光束,该光检测器被配置成提供表示该频带的光在穿过该多个微流体感测通道之后剩余的量的信号;以及

[0287] 控制器,该控制器可操作地联接到该光检测器并且被配置成:

[0288] 基于来自该光检测器的信号来确定信号数据,

[0289] 基于该信号数据来确定颗粒是否已经穿过该感测区域,以及

[0290] 基于该信号数据来确定与穿过该感测区域的颗粒相关联的唯一的间隔模式。

[0291] 在实施例D2中,一种系统包括根据实施例D1的系统,其中,每个微流体感测通道被配置成接收不同大小范围内的颗粒,并且控制器进一步被配置成确定与每个大小范围相关联的颗粒的数目。

[0292] 在实施例D3中,一种系统包括根据实施例D1或D2的系统,该系统进一步包括水力

分离元件,该水力分离元件定位在多个微流体感测通道的上游,该水力分离元件包括串联流体连通的多个水力分离器,该多个水力分离器包括至少第一水力分离器和第二水力分离器,每个水力分离器限定弯曲的微流体分离通道以分离不同大小范围的颗粒,每个微流体分离通道限定:

[0293] 入口,该入口被配置成接收流体和分散在该流体中的颗粒,以及

[0294] 出口,该出口包括第一流动分支和第二流动分支,

[0295] 其中,在特定流量时,每个微流体分离通道被配置成将超过对应阈值大小的任何颗粒引导到该第二流动分支中并且将任何其余颗粒引导到该第一流动分支和该第二流动分支中,其中,该第一水力分离器的第一流动分支与该第二水力分离器的入口处于流体连通。

[0296] 在实施例D4中,一种系统包括根据实施例D3的系统,其中,控制器进一步被配置成基于信号数据基于与流动分支相关联的体积分数来确定与每个大小范围相关联的颗粒的数目。

[0297] 在实施例D5中,一种系统包括根据实施例D3或D4的系统,其中,控制器可操作地联接到与水力分离元件处于流体连通的流体泵,控制器被配置成控制流体泵以特定流量引导流体穿过水力分离元件。

[0298] 在实施例D6中,一种系统包括根据实施例D3至D5中任一个的系统,其中,至少一个微流体感测通道包括出口,该出口包括第一出口分支和第二出口分支,进一步包括沿着至少一个微流体感测通道的出口定位的至少一个流动路线选择元件,其中,控制器可操作地联接到至少一个流动路线选择元件并且进一步被配置成响应于在对应的微流体感测通道中检测到颗粒而控制流动路线选择元件将流体流引导到第二出口分支。

[0299] 一些实施例涉及水滴检测。

[0300] 在实施例E1中,一种系统包括根据任一A实施例、任一B实施例、实施例C4至C8中任一实施例或任一D实施例的系统,其中,颗粒包括不同于该流体的第二流体。

[0301] 在实施例E2中,一种系统包括根据实施例E1的系统,其中,控制器进一步被配置成基于信号数据来确定每单位体积的流体中微滴形式的第二流体的量。

[0302] 在实施例E3中,一种系统包括根据实施例E2的系统,其中,该量不包括溶解在流体中的第二流体。

[0303] 在实施例E4中,一种系统包括根据任一前述E实施例的系统,其中,控制器被配置成基于信号数据确定分散在流体流中的第二流体的一个或多个微滴的微滴速率或微滴大小。

[0304] 在实施例E5中,一种系统包括根据实施例E4的系统,其中,控制器被配置成基于以下各项中的至少一项来确定微滴速率或微滴大小:

[0305] 包含在该信号数据内的脉冲幅度,

[0306] 包含在该信号数据内的脉冲宽度,

[0307] 用于检测感测区域中最小大小微滴的第一阈值信号电平,

[0308] 用于检测填充该感测区域的微滴的第二阈值信号电平,以及

[0309] 阈值信号电平交叉率。

[0310] 在实施例E6中,一种系统包括根据实施例E5的系统,其中,控制器进一步被配置成

确定以下各项中的至少一项：

[0311] 基于微滴速率和微滴大小来确定每单位体积的流体中微滴形式的第二流体的量；

[0312] 响应于该信号不与该第二阈值信号电平交叉而基于包含在该信号数据内的脉冲的幅度来确定该微滴大小；

[0313] 响应于该信号与该第二阈值信号电平交叉而基于包含在该信号数据内的脉冲的宽度来确定该微滴大小；以及

[0314] 基于该微滴速率来确定该微滴大小。

[0315] 在实施例E7中，一种系统包括根据任一前述E实施例的系统，其中，流体包括烃流体，并且第二流体包括水。

[0316] 一些实施例涉及发动机燃料系统。

[0317] 在实施例F1中，一种系统包括：

[0318] 燃料管线，该燃料管线被配置成将燃料输送到燃料喷射器系统；

[0319] 水力分离元件，该水力分离元件包括一个或多个水力分离器，每个水力分离器限定弯曲的微流体通道以分离燃料中的颗粒，每个微流体通道限定：

[0320] 与该燃料管线处于流体连通以接收燃料的入口，以及

[0321] 出口，该出口包括与该燃料管线处于流体连通以向该燃料喷射器系统提供燃料的第一流动分支、以及接收特定大小范围内的颗粒的第二流动分支。

[0322] 在实施例F2中，一种系统包括根据实施例F1的系统，其中，颗粒包括分散在燃料中的微水滴。

[0323] 在实施例F3中，一种系统包括根据实施例F1或F2的系统，该系统进一步包括与每个入口处于流体连通并且与每个第二流动分支处于流体连通的燃料箱。

[0324] 在实施例F4中，一种系统包括根据任一前述F实施例的系统，该系统进一步包括燃料过滤器，该燃料过滤器被配置成从沿着燃料管线定位的汽油或柴油燃料中过滤颗粒。

[0325] 在实施例F5中，一种系统包括根据任一前述F实施例的系统，该系统进一步包括与燃料管线处于流体连通的燃料泵，其中，该燃料泵被配置成沿着燃料管线向燃料喷射器系统提供燃料流，其中，燃料喷射器系统包括高压共轨。

[0326] 一些实施例涉及散装燃料系统。

[0327] 在实施例G1中，一种系统包括：

[0328] 燃料管线，该燃料管线被配置成将燃料从散装燃料储存箱输送到车辆燃料箱；

[0329] 水力分离元件，该水力分离元件包括一个或多个水力分离器，每个水力分离器限定弯曲的微流体通道以分离燃料中的颗粒，每个微流体通道限定：

[0330] 与该燃料管线处于流体连通以接收燃料的入口，以及

[0331] 出口，该出口包括与燃料管线处于流体连通以向车辆燃料箱提供燃料的第一流动分支、以及接收特定大小范围的颗粒的第二流动分支。

[0332] 在实施例G2中，一种系统包括根据实施例G1的系统，该系统进一步包括储存燃料的散装燃料储存箱，该散装燃料储存箱与入口处于流体连通并且可选地与第二流动分支处于流体连通。

[0333] 在实施例G3中，一种系统包括根据实施例G1或G2的系统，该系统进一步包括与第二流动分支处于流体连通的储存燃料的二次储存箱。

[0334] 在实施例G4中,一种系统包括根据任一前述G实施例的系统,该系统进一步包括燃料过滤器,该燃料过滤器被配置成从沿着燃料管线定位的汽油或柴油燃料中过滤颗粒。

[0335] 在实施例G5中,一种系统包括根据任一前述G实施例的系统,该系统进一步包括与燃料管线处于流体连通的燃料泵,其中,该燃料泵被配置成沿着燃料管线向燃料车辆燃料箱提供燃料流。

[0336] 一些实施例涉及液压颗粒过滤器。

[0337] 在实施例H1中,一种系统包括:

[0338] 液压流体管线,该液压流体管线被配置成将液压流体从液压泵输送到液压部件;

[0339] 水力分离元件,该水力分离元件包括一个或多个水力分离器,每个水力分离器限定弯曲的微流体通道以分离液压流体中的颗粒,每个微流体通道限定:

[0340] 入口,该入口与液压流体管线处于流体连通以接收来自液压泵的液压流体,以及

[0341] 出口,该出口包括与液压流体管线处于流体连通以向液压部件提供液压流体的第一流动分支、以及接收特定大小范围内的颗粒的第二流动分支。

[0342] 在实施例H2中,一种系统包括根据实施例H1的系统,进一步包括用于从液压流体中过滤颗粒的液压流体过滤器,该液压流体过滤器沿着在第二流动分支与液压流体储器之间流体连通的液压流体返回管线定位,该液压流体储器与液压泵的入口处于流体连通。

[0343] 一些实施例涉及增强液压除气。

[0344] 在实施例I1中,一种系统包括:

[0345] 液压流体返回管线,该液压流体返回管线被配置成将液压流体从该液压部件输送到液压泵;

[0346] 水力分离元件,该水力分离元件包括一个或多个水力分离器,每个水力分离器限定弯曲的微流体通道以分离液压流体中的颗粒,每个微流体通道限定:

[0347] 入口,该入口与液压流体管线处于流体连通以接收来自液压泵的液压流体,以及

[0348] 出口,该出口包括与液压流体管线处于流体连通以向液压泵提供液压流体的第一流动分支、以及接收特定大小范围内的颗粒的第二流动分支。

[0349] 在实施例I2中,一种系统包括根据实施例I1的系统,其中,颗粒包括气泡。

[0350] 在实施例I3中,一种系统包括根据实施例I2的系统,该系统进一步包括成核过滤器,该成核过滤器用于使液压部件与入口之间流体连通的液压流体中的气泡成核。

[0351] 在实施例I4中,一种系统包括根据实施例I3的系统,该系统进一步包括:

[0352] 主储器,该主储器在该第一流动分支与该液压泵之间流体连通;以及

[0353] 沉降储器,该沉降储器在该第二流动分支与该主储器之间流体连通。

[0354] 因此,披露了用于分离烃流体中的颗粒的系统和方法的各种实施例。尽管本文参考形成本披露内容的一部分的附图,但本领域的至少普通技术人员将了解,本文所描述的实施例的多处不同改编和修改在本披露内容的范围内或不脱离本披露内容的范围。例如,本文所描述的实施例的方面可以按多种方式彼此组合。因此,应理解,在所附权利要求的范围内,所要求保护的本发明可以按除了本文明确地描述的其他方式来实践。

[0355] 本文引用的所有参考文献和公开物出于所有目的明确地通过援引以其全文并入本文中,除非到了任何方面与本披露内容直接相抵触的程度。

[0356] 除非另外规定,否则本文使用的所有科学和技术术语均具有本领域常用的含义。

本文提供的定义是为了有助于理解本文中频繁使用的某些术语,并且不意味着限制本披露内容的范围。

[0357] 除非另外指明,否则本说明书和权利要求中使用的表示特征大小、量和物理性质的所有数字可以理解为受术语“精确地”或“大约”修饰。因此,除非指明相反情况,否则在前述说明书和所附权利要求中阐述的数值参数是近似值,该近似值可以取决于本领域技术人员利用本文披露的教示来寻求获得的期望性质而变化或者例如在典型的实验误差范围内变化。

[0358] 通过端点叙述数值范围包括归入该范围内的所有数字(例如,1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.80、4和5)以及该范围内的任何范围。在本文中,术语“多达”或“不大于”某数字(例如,多达50)包括该数字(例如,50),并且术语“不小于”某数字(例如,不小于5)包括该数字(例如,5)。

[0359] 与取向相关的术语,比如“上游”和“下游”,用来描述部件的相对位置,并且不意味着限制所设想的实施例的绝对取向。

[0360] 术语“联接”或“连接”是指元件彼此直接地附接(彼此直接接触)或间接地附接(具有在这两个元件之间并将其附接的一个或多个元件)。任一术语都可以用“操作性地”和“可操作地”来修饰,这两个术语可以互换使用,以描述联接或连接被配置成允许部件相互作用来实现功能。

[0361] 如本文所使用的,术语“被配置成”可以与术语“适应于”或“被构造成”互换使用,除非本披露内容的内容另有明确规定。

[0362] 术语“或”通常以其包含性的意义使用,例如,表示“和/或”,除非内容清楚地另外指明。术语“和/或”意指所列出的元素中的一个或全部元素或者所列出的元素中的至少两个元素的组合。

[0363] 后面跟有列表的短语“……中的至少一个”、“包括以下中的至少一个”和“……中的一个或多个”是指该列表中的任一项以及该列表中的两个或更多项的任何组合。

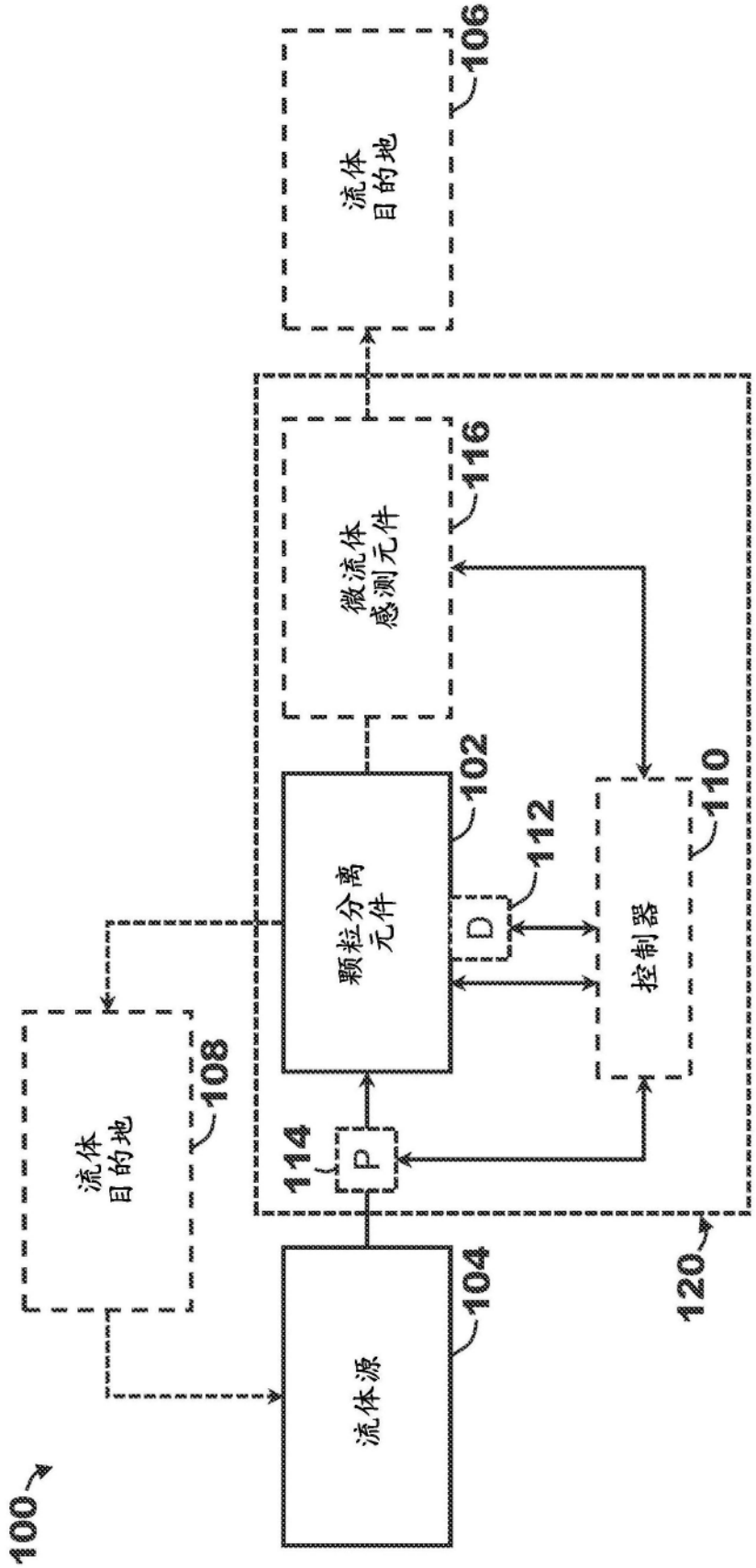

流体目的地
106
微流体感测元件
116
颗粒分离元件
102
D
112
控制器
110
流体目的地
108
P
114
流体源
104
120
100

图1

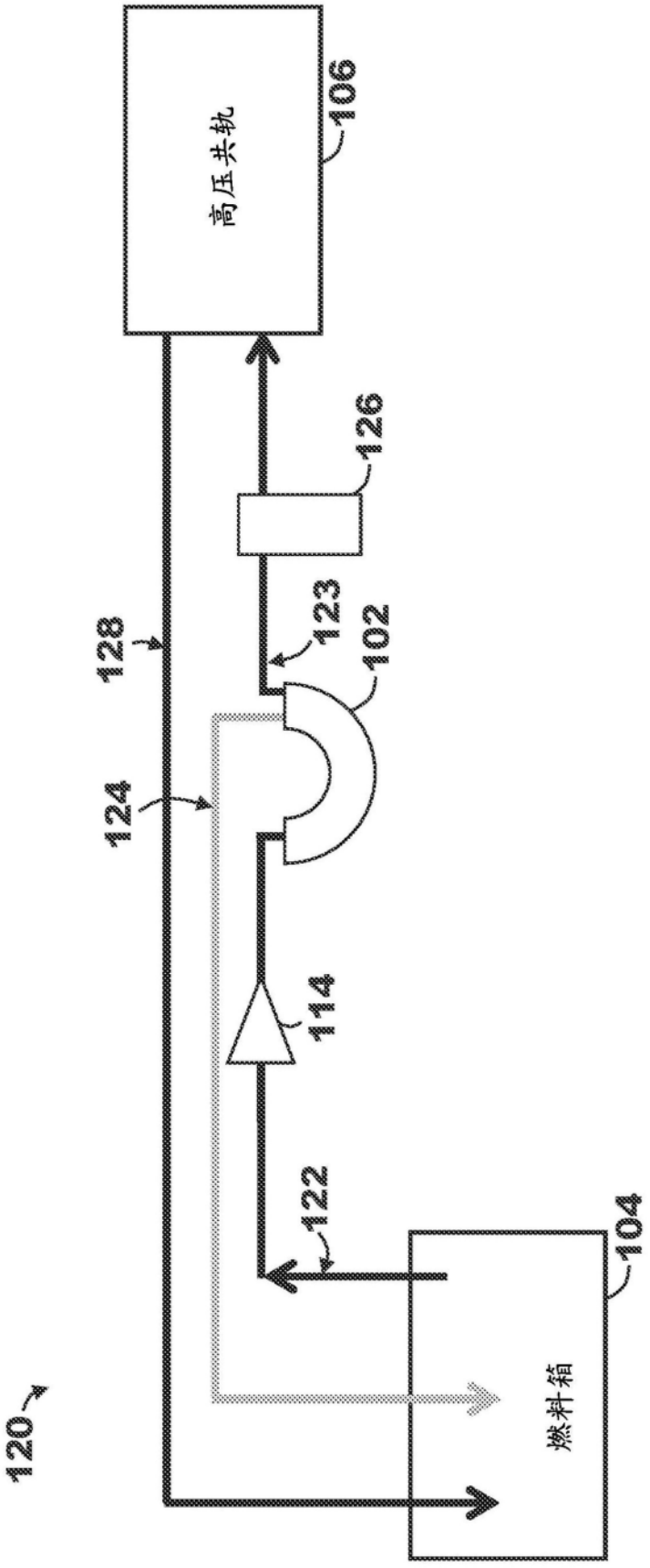


图2

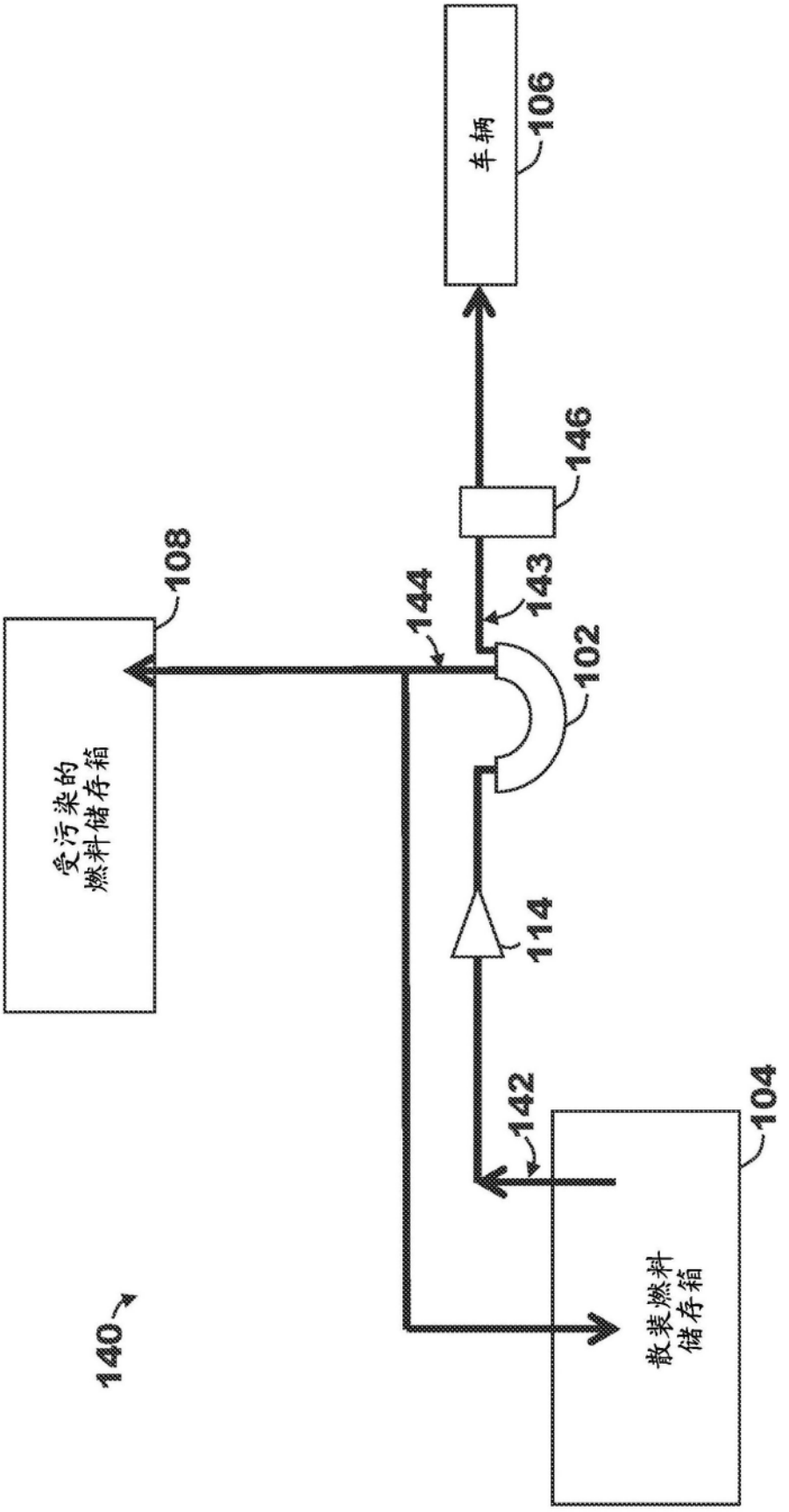


图3

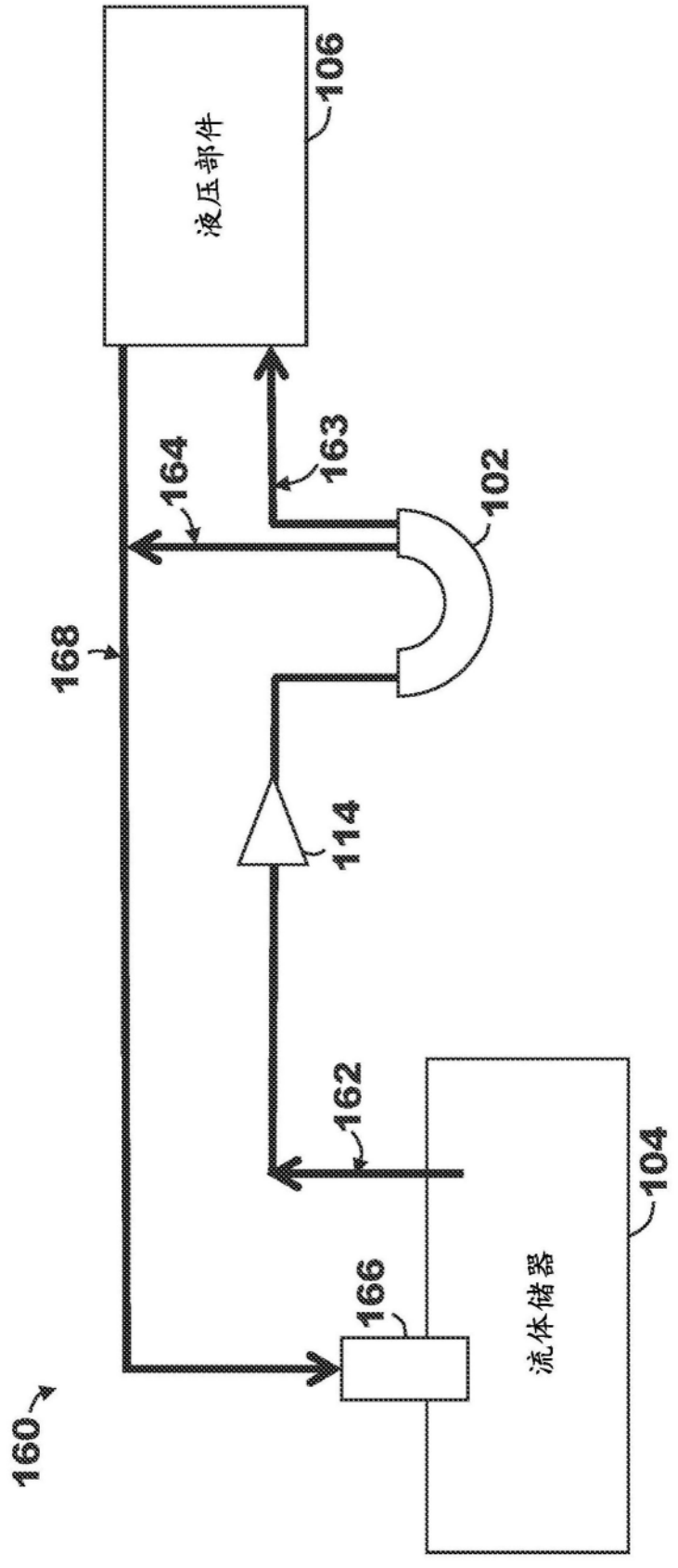


图4

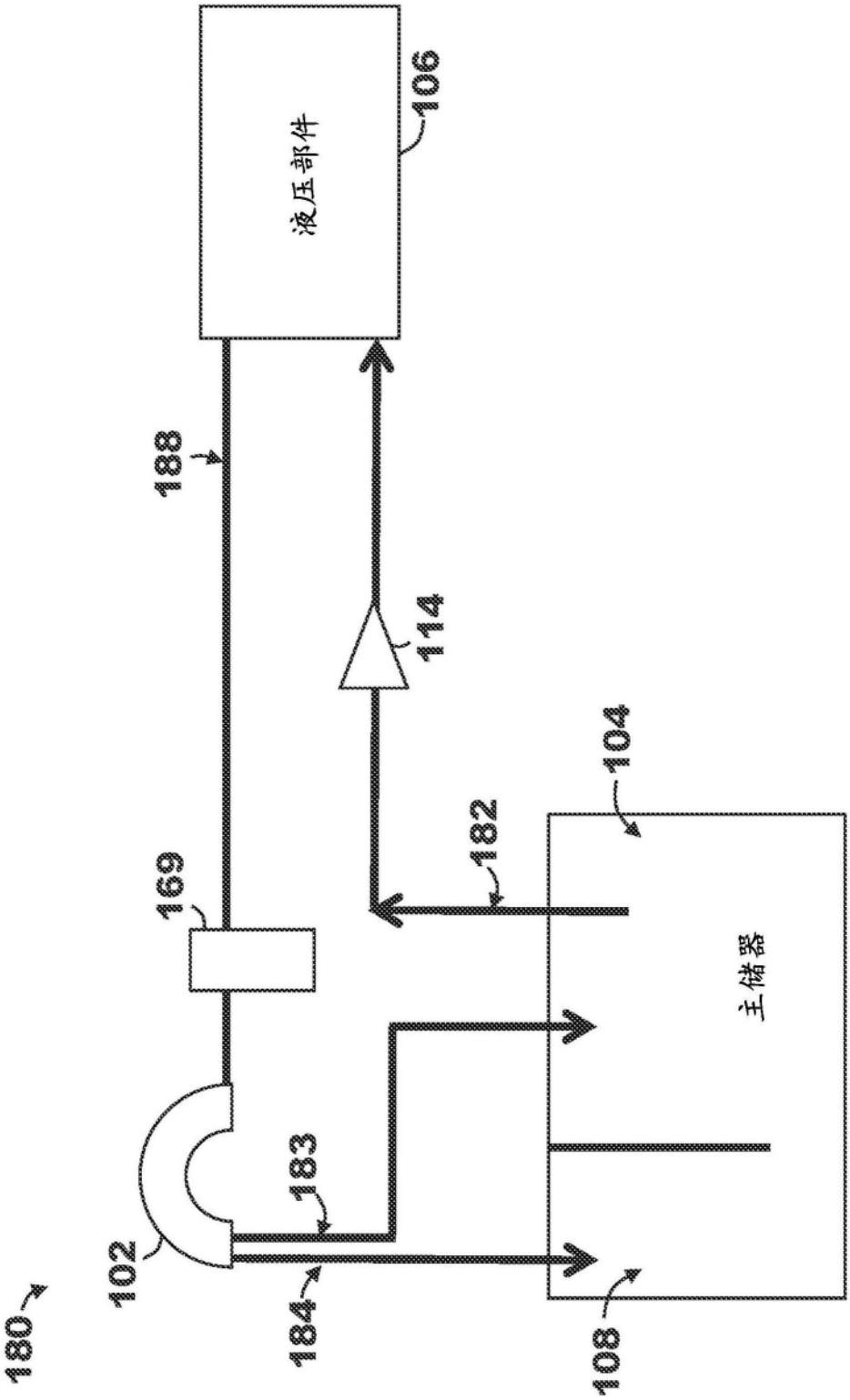


图5

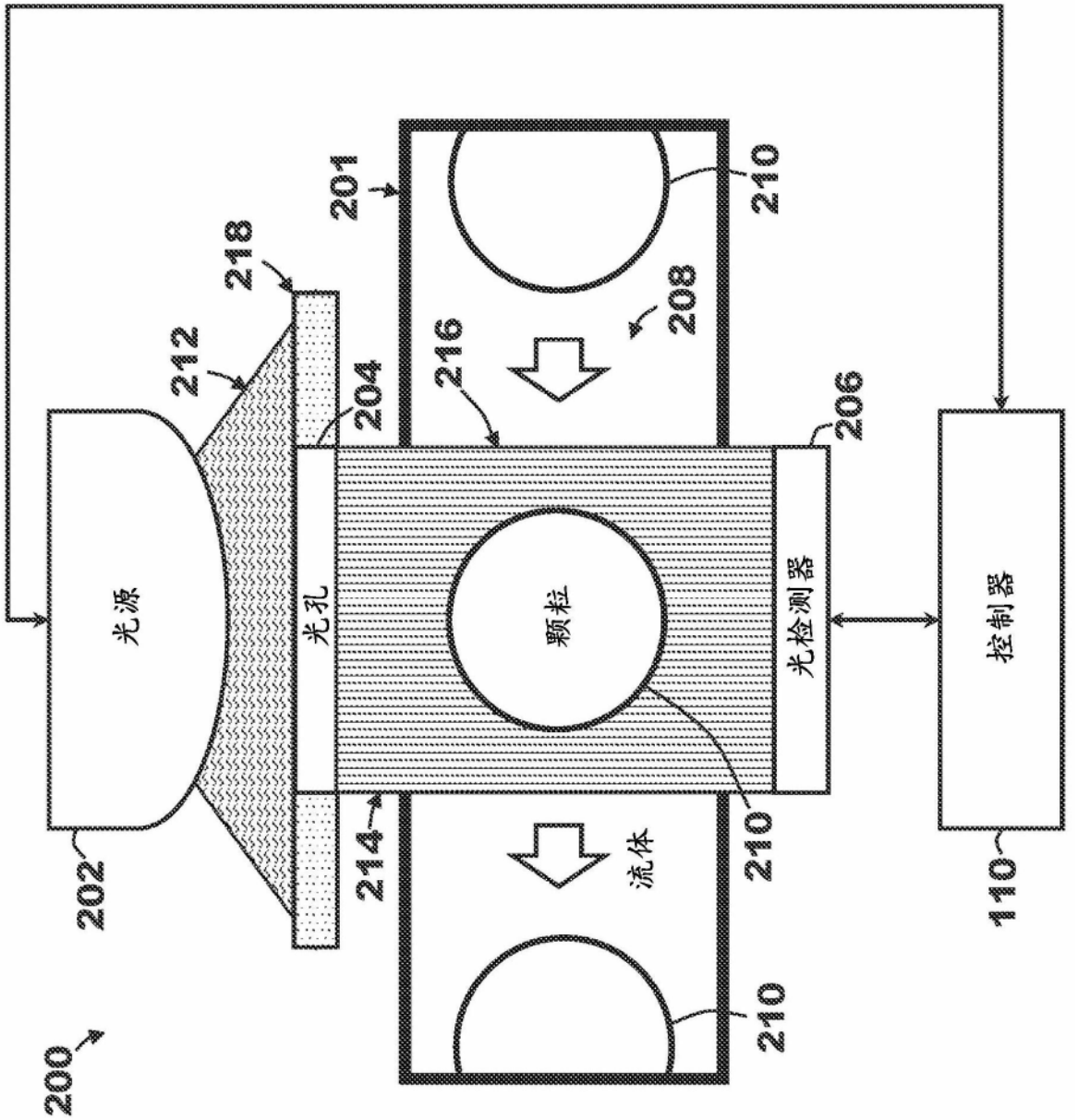

光源
光孔
颗粒
光检测器
控制器
流体
200
201
202
204
206
208
210
212
214
216
218
110

图6

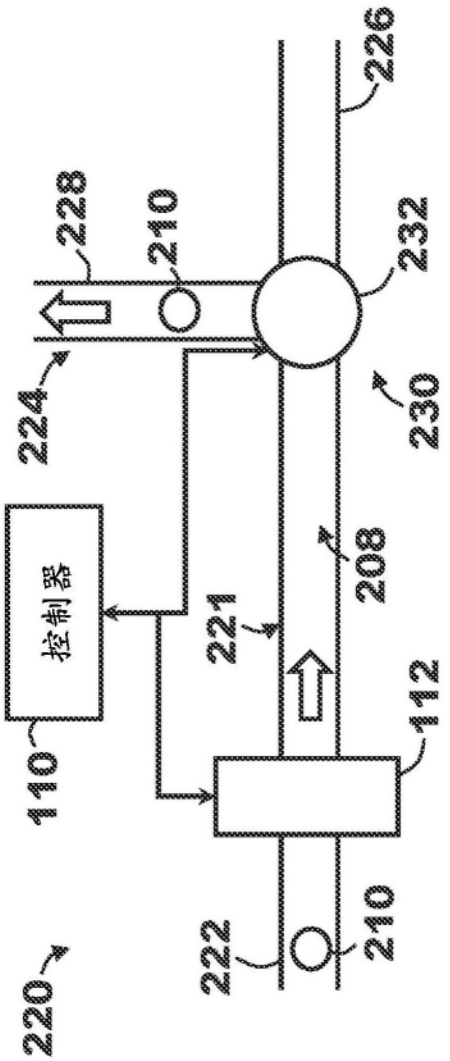


图7

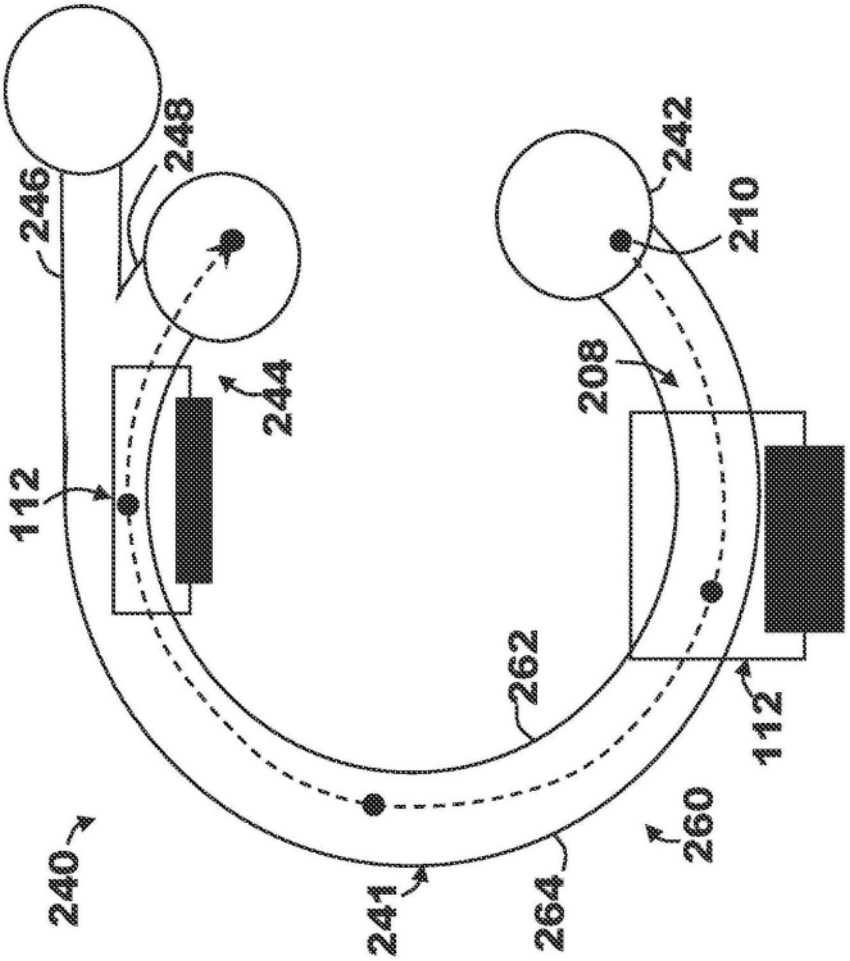


图8

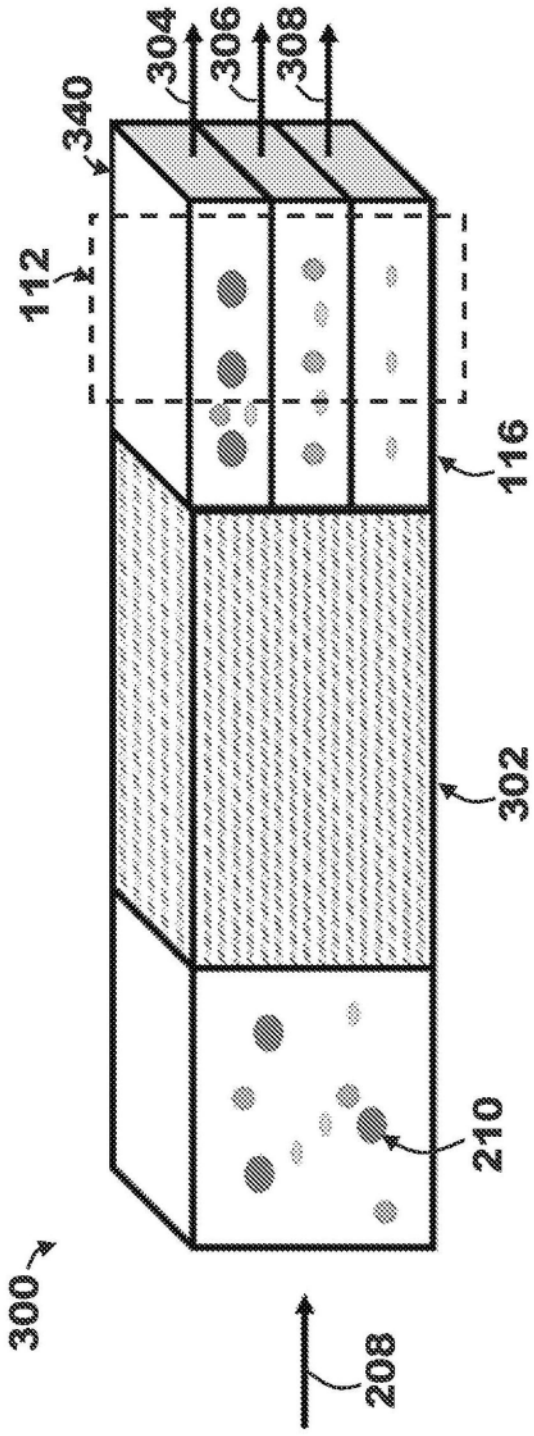


图9

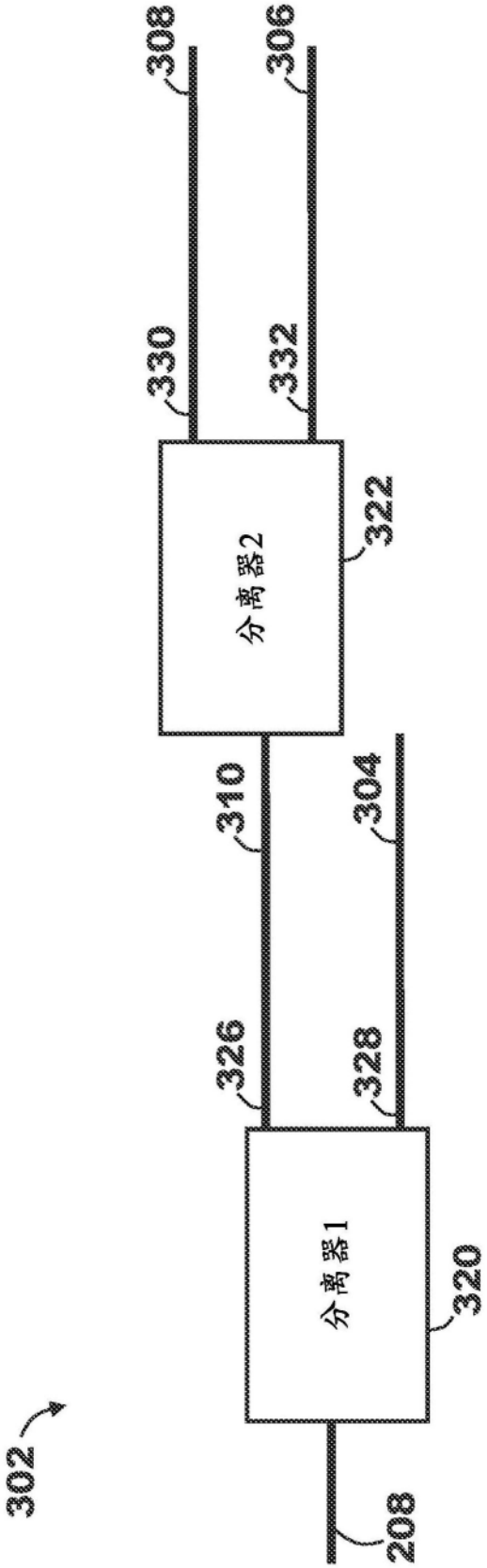


图10

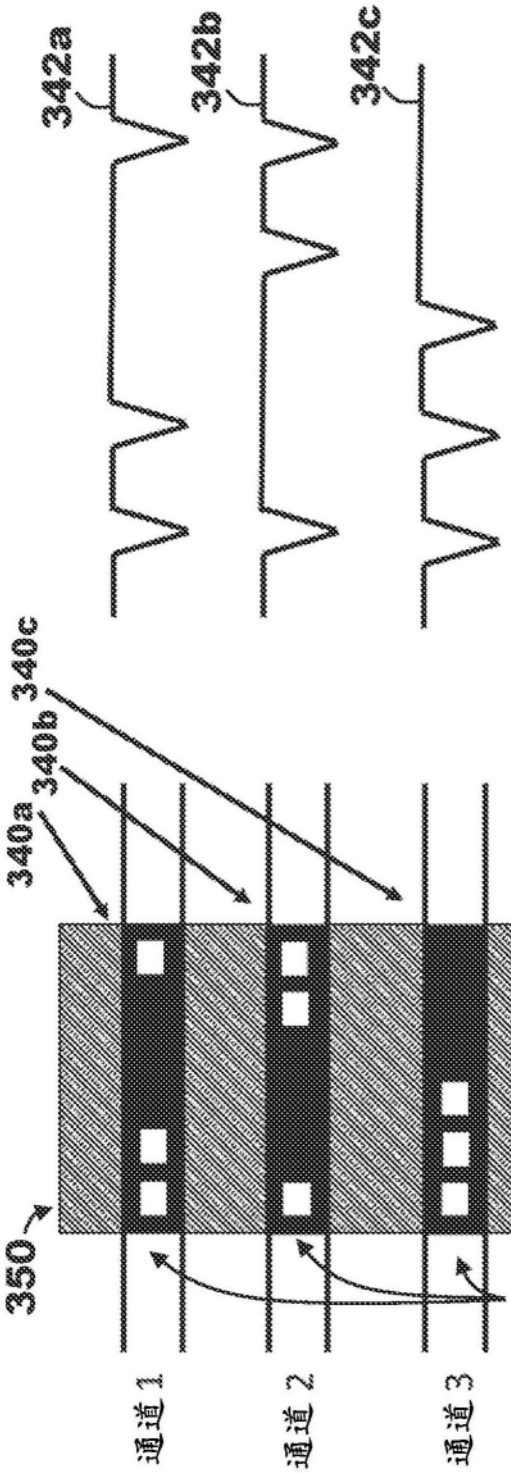


图 11A

图 11B

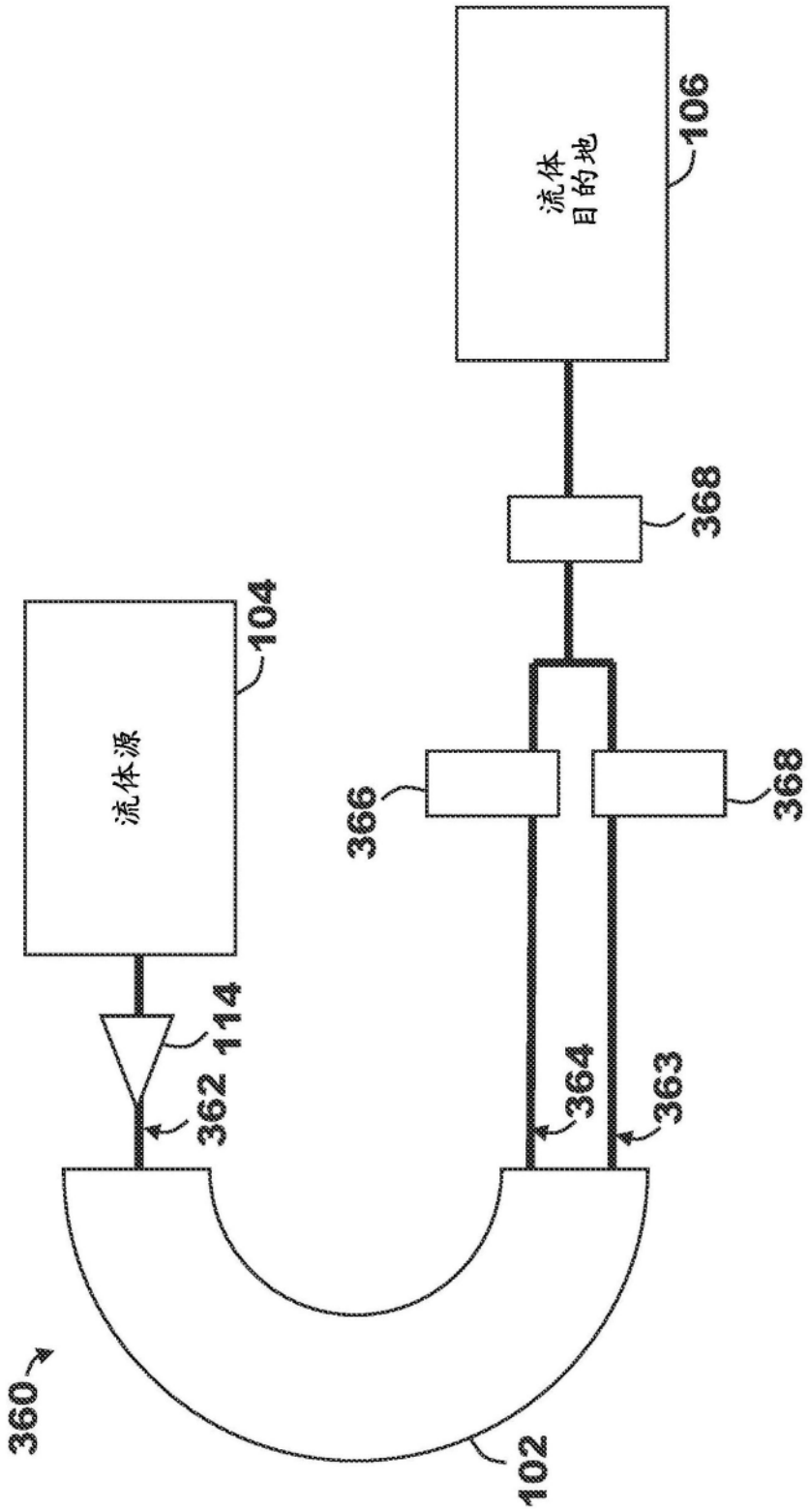


图12

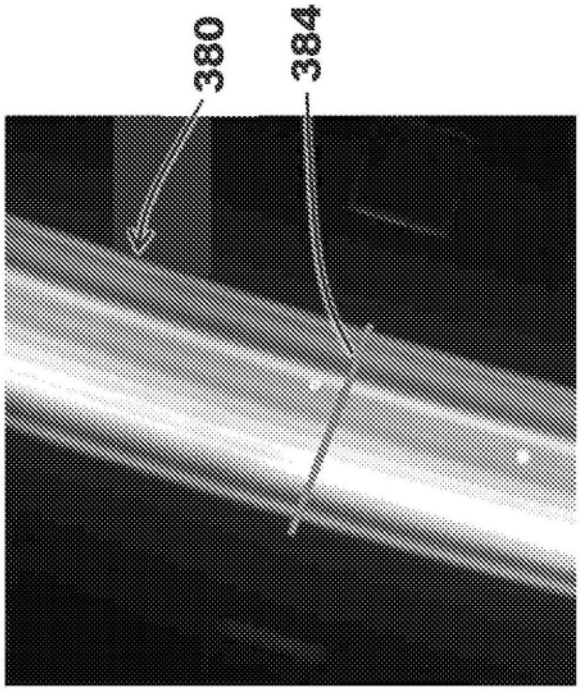


图13A

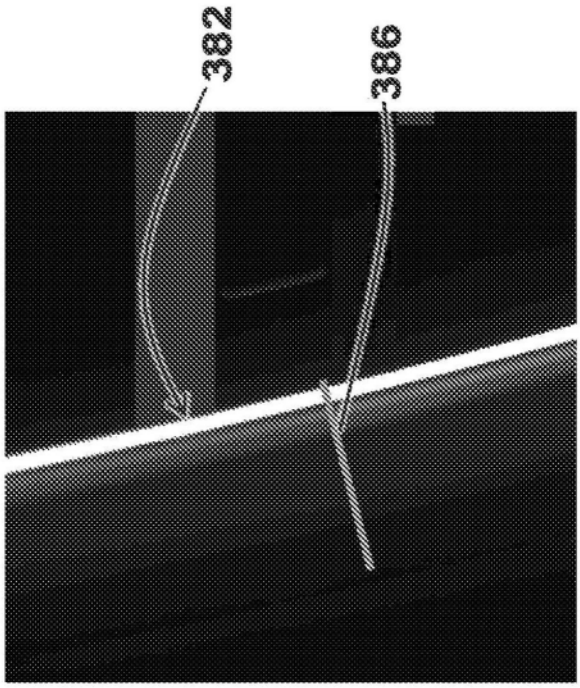


图13B

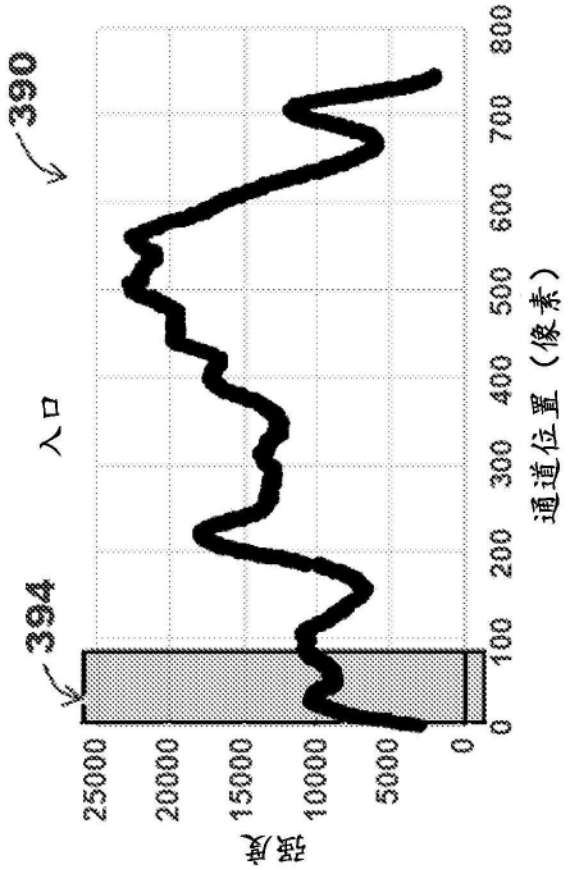

390
394
入口
强度
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
通道位置（像素）

图13C

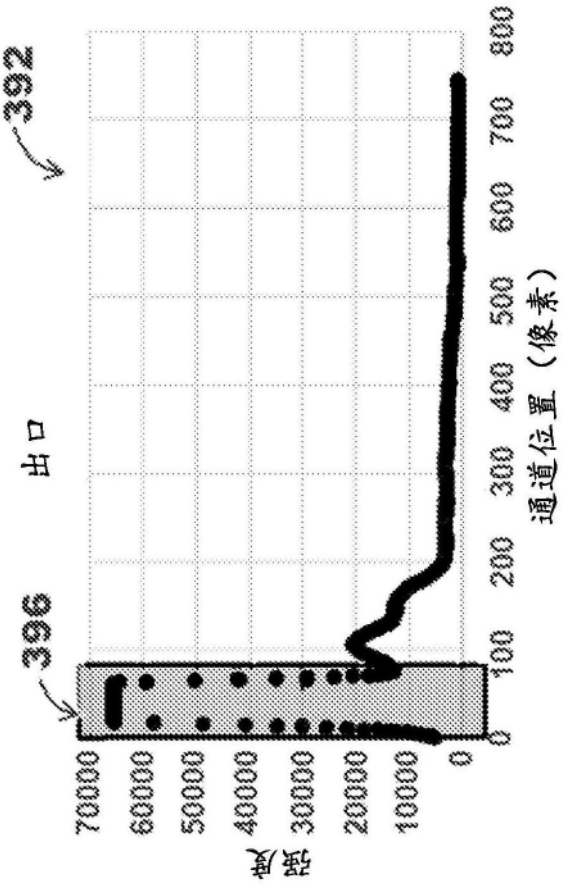

392
396
出口
强度
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
100
200
300
400
500
600
700
800
通道位置（像素）

图13D

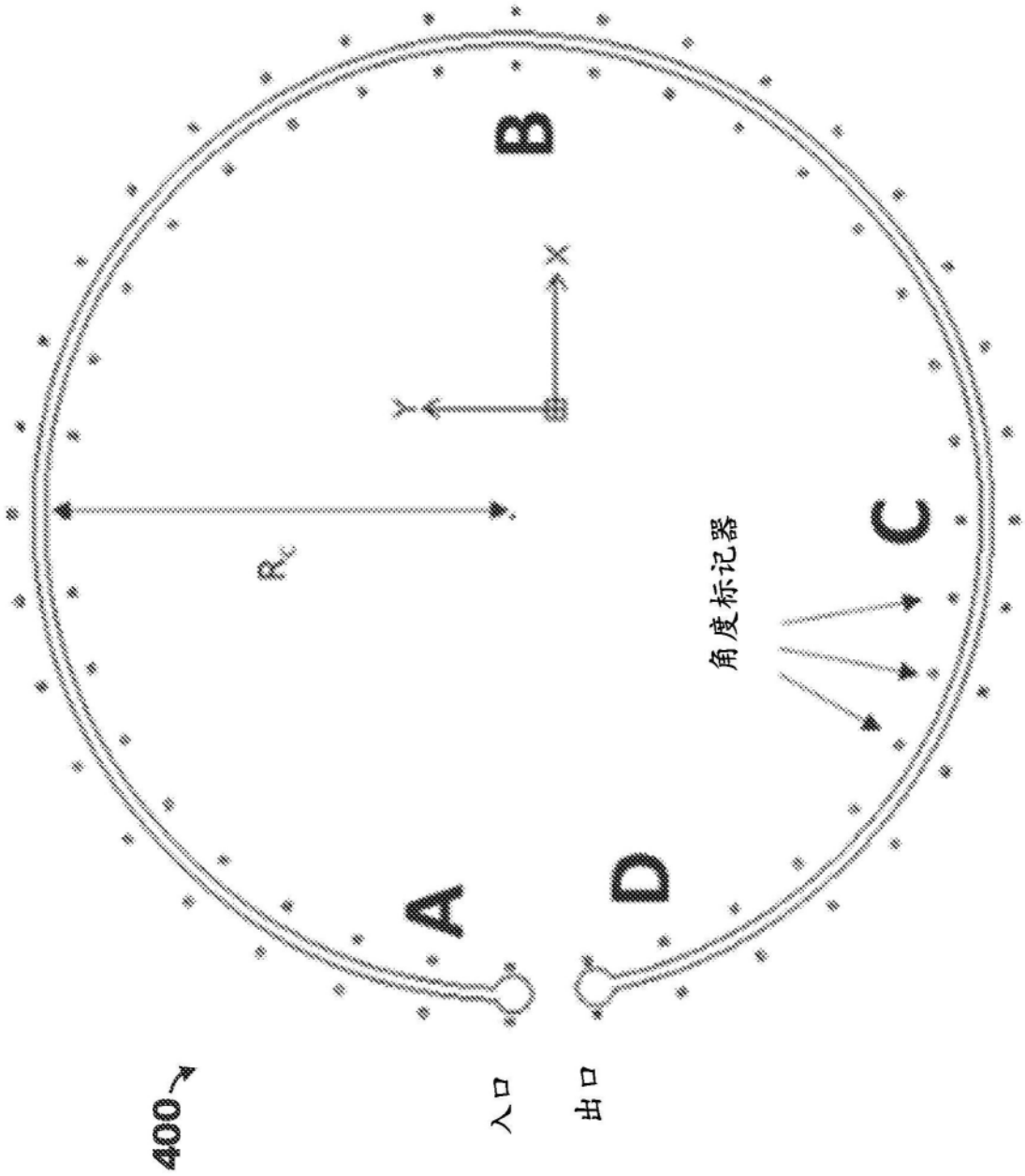


图14

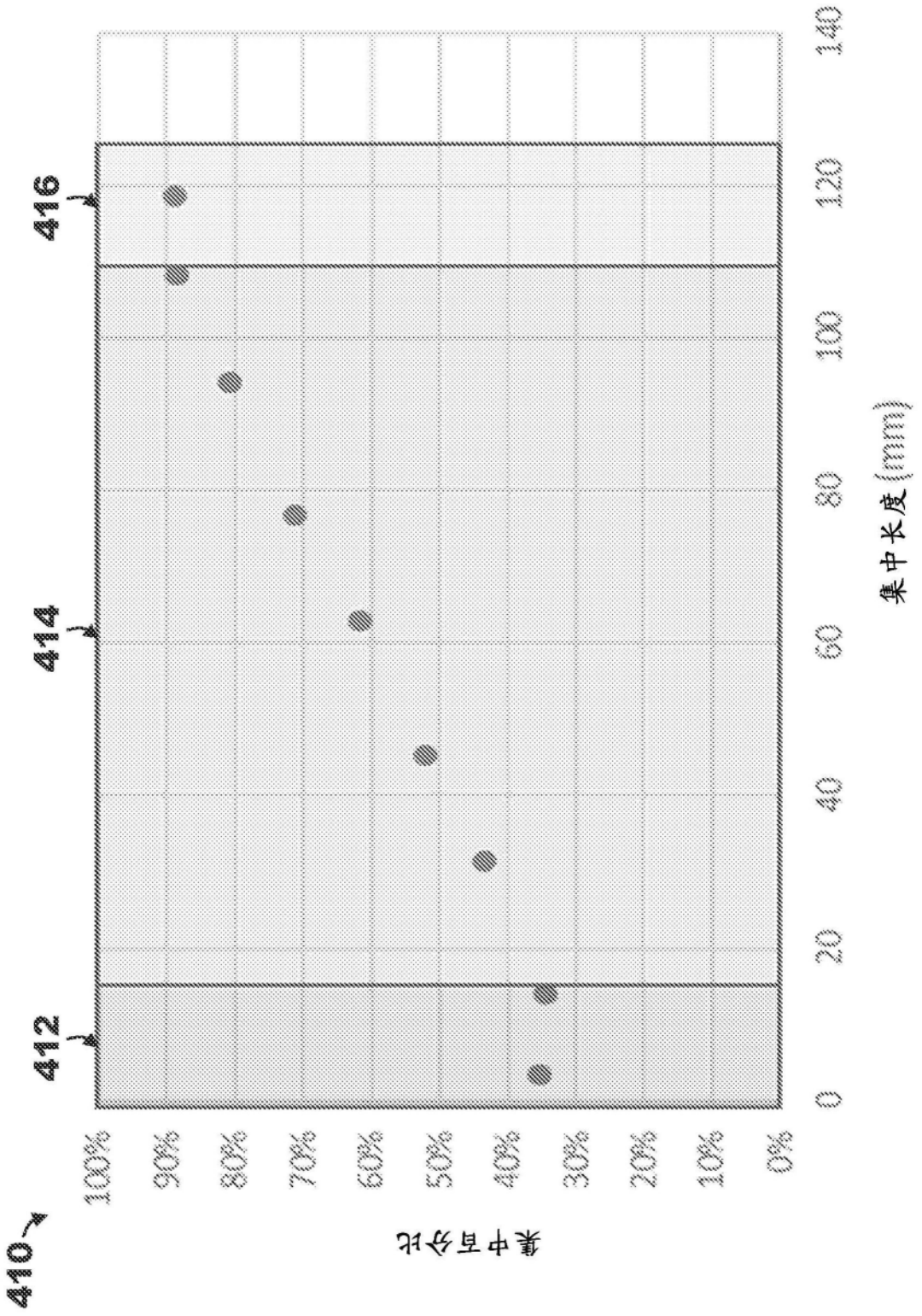

410
412
414
416
集中百分比
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
集中长度(mm)
0
20
40
60
80
100
120
140

图15