(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109715272 B
(45)授权公告日 2022.05.24

(21)申请号 201780056852.4
(22)申请日 2017.09.15
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109715272 A
(43)申请公布日 2019.05.03
(30)优先权数据
62/394,788 2016.09.15 US
62/435,119 2016.12.16 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.03.15
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/051763 2017.09.15
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2018/053253 EN 2018.03.22
(73)专利权人 懿华水处理技术有限责任公司
地址 美国宾夕法尼亚州

(72)发明人 鲍里斯·艾里奥索夫
格伦·P·森德斯特伦
布鲁斯·L·库尔特

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
专利代理师 李慧慧 郑霞
(51)Int.Cl.
B01D 61/14(2006.01)
B01D 61/18(2006.01)
B01D 61/22(2006.01)
C02F 103/04(2006.01)

(56)对比文件
CN 103566758 A,2014.02.12

审查员 陈华伟

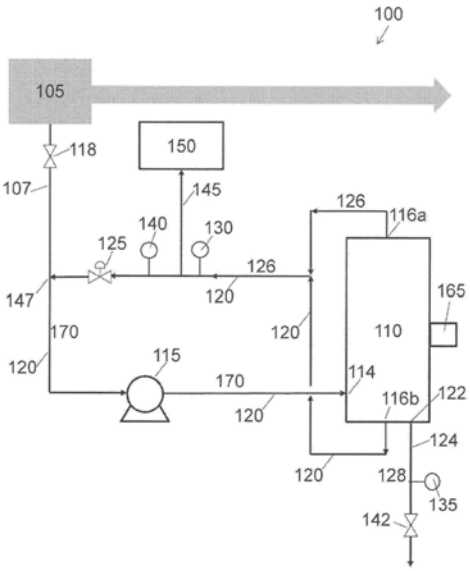
权利要求书2页 说明书13页 附图10页

(54)发明名称

处理超纯水的方法和系统

(57)摘要

根据各个方面和实施方案,公开了一种用于精处理超纯水(UPW)的系统和方法。水精处理系统包括超纯水(UPW)源、具有入口和渗透物出口的超滤(UF)模块、连通渗透物出口与入口并形成再循环回路的再循环管道、沿着再循环管道设置在UF模块的入口的上游并流体联接到UPW源的再循环泵、流体联接到再循环管道和需求源的供应管道,以及压力控制阀,供应管道位于渗透物出口的下游,该压力控制阀沿着再循环管道设置在供应管道的下游并且被配置为将渗透物的压力保持在预定值。



CN 109715272 B

1.一种水精处理系统(100;600),包括:

超纯水源(105)的连接部;

超滤模块(110),其具有入口和渗透物出口;

振动源(165),其可操作地联接至所述超滤模块,所述振动源被配置为通过在超纯水的过滤期间向所述超滤模块施加振动而增加所述超滤模块的膜的颗粒保留效率;

再循环管道(120),其使所述渗透物出口与所述入口连通并形成再循环回路;

再循环泵(115),其沿着所述再循环管道设置在所述超滤模块的所述入口的上游,并流体地联接到所述超纯水源;

供应管道(145),其流体地联接到所述再循环管道和需求源,所述供应管道位于所述渗透物出口的下游;

压力控制阀(125),其沿着所述再循环管道设置在所述供应管道的下游,所述压力控制阀被配置为将渗透物的压力保持在预定值;

压力传感器(140),所述压力传感器沿着所述再循环管道定位在所述供应管道和所述压力控制阀之间,所述压力传感器被配置成产生表示渗透物的压力的压力信号;以及

控制器,所述控制器可操作地联接到所述压力传感器,并被配置为基于所述压力信号控制所述压力控制阀的操作。

2.根据权利要求1所述的水精处理系统,还包括:

超纯水补充管道(170),其流体地联接到所述超纯水源和所述再循环管道;和

混合点(147),在所述混合点处,所述超纯水补充管道流体地连接到所述再循环管道,使得所述压力控制阀位于所述混合点和所述压力传感器之间,并且所述控制器被配置成操作所述压力控制阀,使得渗透物的压力保持在预定压力值。

3.根据权利要求2所述的水精处理系统,其中,所述再循环泵位于所述混合点的下游,使得处于所述预定压力值的包括超纯水和渗透物的流体被输送到所述再循环泵。

4.根据权利要求3所述的水精处理系统,其中,所述再循环泵被配置成以预定的恒定速度操作。

5.根据权利要求4所述的水精处理系统,其中,所述超滤模块还包括用于从所述超滤模块排出渗余物的排出出口(122)和流体地联接到所述排出出口的排出管道。

6.根据权利要求1所述的水精处理系统,还包括沿着所述再循环管道设置的储存罐(655)。

7.一种处理水的方法,包括:

接收从超纯水源引向再循环泵的超纯水流;

将所述再循环泵的速度设定为预定的恒定速度;

将包括超纯水的流体引导至超滤模块的入口;

使用所述再循环泵和再循环管道将渗透物的至少一部分从所述超滤模块的渗透物出口再循环到所述入口;

提供能够从关闭状态致动到打开状态的阀装置,用于影响渗透物到所述再循环泵的压力;

在处于所述阀装置的上游且处于所述渗透物出口的下游的位置处测量渗透物的压力;

沿着所述再循环管道在处于压力测量位置的上游且处于所述渗透物出口的下游的位

置处向需求源提供供应管道；

将所测量的渗透物的压力与预定值进行比较；和

响应于所述比较，致动所述阀装置；并且

还包括在超纯水的过滤期间向所述超滤模块施加振动以增加所述超滤模块的膜的颗粒保留效率。

8.根据权利要求7所述的方法，其中，所述阀装置被致动以保持跨越所述超滤模块的超滤膜的大体上恒定的跨膜压力。

9.根据权利要求7所述的方法，还包括在沿着所述再循环管道定位的混合点处将所述超纯水流与渗透物结合，使得所述阀装置定位在所述混合点的上游。

10.根据权利要求7所述的方法，其中，所述再循环泵被配置成以大于所述预定值的压力将所述流体输送到所述超滤模块。

处理超纯水的方法和系统

[0001] 相关申请

[0002] 本申请根据35U.S.C.§119(e)要求2016年9月15日提交的标题为“POLISHING ULTRAFILTRATION PERFORMANCE ENHANCEMENT FOR VANOX POU,POU FILTRATION,HWC AND FULL FLOW POLISHING UF”的序列号为62/394,788的美国临时申请和2016年12月16日提交的标题为“FILTRATION SYSTEM FOR INDUSTRIAL WATER TREATMENT”的序列号为62/435,119的美国临时申请的优先权,这些申请中的每一个通过引用以其整体并入本文。

发明领域

[0003] 本发明总体上涉及水处理,并且更具体地,涉及用于超纯水(UPW)的水精处理系统(water polishing system)。

[0004] 背景

[0005] 半导体设计和制造的进步已经导致了越来越小且越来越强大的装置的发展。这些结构中使用的较小尺寸使其对用于制造这些装置的加工流体(例如UPW)中存在的较小颗粒的存在越来越敏感。20nm及更小的颗粒可能会显著影响某些半导体装置的产出。这些小颗粒的检测和去除已经证明是一个难以解决的问题。

[0006] 概述

[0007] 各方面和实施方案涉及用于超纯水中的颗粒控制的过滤。

[0008] 根据一个实施方案,水精处理系统包括超纯水(UPW)源、具有入口和渗透物出口的超滤(UF)模块、连通渗透物出口与入口并形成再循环回路的再循环管道、沿着再循环管道设置在UF模块的入口的上游并流体联接到UPW源的再循环泵、流体联接到再循环管道和需求源的供应管道,以及压力控制阀,该供应管道位于渗透物出口的下游,该压力控制阀沿着再循环管道设置在供应管道的下游,并且被配置为将渗透物的压力保持在预定值。

[0009] 在一个示例中,水精处理系统还包括压力传感器,该压力传感器沿着再循环管道定位在供应管道和压力控制阀之间,其中该压力传感器被配置成产生指示渗透物压力的压力信号。在一个示例中,水精处理系统还包括控制器,该控制器可操作地联接到压力传感器,并被配置为基于压力信号控制压力控制阀的操作。

[0010] 在一个示例中,水精处理系统还包括流体连接到UPW源和再循环管道的UPW补充管道,以及混合点,在该混合点处,UPW补充管道流体连接到再循环管道,使得压力控制阀位于混合点和压力传感器之间,并且控制器被配置成操作压力控制阀,使得渗透物的压力保持在预定压力值。

[0011] 在一个示例中,再循环泵位于混合点的下游,使得包括UPW和渗透物的流体以预定压力值被输送到再循环泵。

[0012] 在一个示例中,再循环泵被配置成以预定的恒定速度操作。

[0013] 在一个示例中,UF模块还包括用于来自UF模块的渗余物的排出出口和流体联接到排出出口的排出管道。

[0014] 在一个示例中,水精处理系统还包括沿着再循环管道设置的储存罐(holding

tank)。

[0015] 在一个示例中,水精处理系统还包括联接到UF模块的振动源。

[0016] 另一个实施方案涉及一种处理水的方法。该方法包括接收从UPW源引向再循环泵的超纯水(UPW)流;将再循环泵的速度设定为预定的恒定速度;将包括UPW的流体引导至超滤(UF)模块的入口;使用再循环泵和再循环管道将渗透物的至少一部分从UF模块的渗透物出口再循环至入口;提供可从关闭状态致动到打开状态的阀装置以影响渗透物到再循环泵的压力;在处于阀装置的上游且处于渗透物出口的下游的位置处测量渗透物的压力;将测量的渗透物压力与预定值进行比较;并响应于该比较,致动该阀装置。

[0017] 在一个示例中,阀装置被致动以保持跨越UF模块的UF膜的大体上恒定的跨膜压力(TMP)。

[0018] 在一个示例中,该方法还包括在沿着再循环管道定位的混合点处将UPW流与渗透物结合,使得阀装置定位在混合点的上游。

[0019] 在另一示例中,该方法还包括在处于压力测量位置的上游且处于渗透物出口的下游的位置处沿着再循环管道向需求源提供供应管道。

[0020] 在另一个例子中,再循环泵被配置成以大于预定值的压力将流体输送到UF模块。

[0021] 在一个示例中,该方法还包括对UF模块施加振动。

[0022] 另一个实施方案涉及一种促进超纯水(UPW)的精处理的方法。该方法包括提供具有入口和渗透物出口的超滤(UF)模块,并提供指令以:将渗透物出口连接到入口,将渗透物出口连接到压力控制阀,并利用压力控制阀将离开渗透物出口的渗透物的压力维持在预定值。

[0023] 在一个示例中,该方法还包括提供指令以:将再循环泵连接到UF模块的入口,将渗透物与UPW源混合以形成流体,并将流体引导到再循环泵的入口。

[0024] 在一个示例中,该方法还包括提供指令以:将渗透物出口连接到需求源,并且在渗透物与UPW源混合之前使用压力传感器测量渗透物的压力。

[0025] 在一个示例中,该方法还包括提供控制器,该控制器被配置成可操作地联接到压力传感器和压力控制阀。在另一示例中,该方法还包括向控制器提供控制指令,以将测量的渗透物的压力与预定值进行比较,并且响应于该比较,致动压力控制阀。在一个示例中,控制指令指示控制器致动压力控制阀,以保持跨越UF模块的UF膜的大体上恒定的跨膜压力(TMP)。在一个示例中,该方法还包括提供再循环泵和压力控制阀中的至少一个。

[0026] 这些示例性方面和实施方案的还有的其它方面、实施方案和优点将在下面详细讨论。此外,应理解,上述信息和下面的详细描述都仅仅是各个方面和实施方案的说明性的示例,并且意在提供用于理解所要求保护的方面和实施方案的性质和特性的综述或者体系。本文公开的实施方案可以与其它实施方案组合,并且对“实施方案”、“示例”、“一些实施方案”、“一些示例”、“替代实施方案”、“各个实施方案”、“一个实施方案”、“至少一个实施方案”、“这个以及其它实施方案”、“某些实施方案“等等的引用不一定是相互排斥的,并且意在表示所描述的特定特征、结构或特性可以被包括在至少一个实施方案中。本文中这类术语的出现不一定都指同一实施方案。

[0027] 附图简述

[0028] 下面参考附图讨论至少一个实施方案的各种方面,附图不意在按比例绘制。附图

被包括以提供对各个方面和实施方案的说明和进一步的理解，并且被并入本说明书中并构成本说明书的一部分，但是不意图作为对任何特定实施方案的限制的界定。附图与说明书的其余部分一起用于解释所描述和要求保护的方面和实施方案的原理和操作。在附图中，在不同图中图示的每个相同或几乎相同的部件由相似的标号表示。为了清楚的目的，不是每个部件都可以在每个附图中被标记。在附图中：

[0029] 图1是示出过滤系统在从UPW中去除各种尺寸的颗粒时的保留效率百分比(percent retention efficiency)的曲线图；

[0030] 图2是示出在流动扰动事件期间来自过滤单元的渗透物中的颗粒浓度的曲线图；

[0031] 图3是现有技术使用点(POU)水处理系统的示意性流程图；

[0032] 图4是根据本发明的一个或更多个方面的水精处理系统的一个示例的示意性流程图；

[0033] 图5是根据本发明的一个或更多个方面的水精处理系统的示意图；和

[0034] 图6是根据本发明的一个或更多个方面的水精处理系统的另一个示例的示意性流程图；

[0035] 图7是示出不同流速下渗透物温度的曲线图；

[0036] 图8是示出颗粒浓度随时间变化的曲线图；

[0037] 图9是示出加速度计数据随时间变化的第一曲线图；

[0038] 图10是示出加速度计数据随时间变化的第二曲线图；和

[0039] 图11是示出根据本发明某些方面的超滤系统在从UPW中去除各种尺寸的颗粒时的保留效率百分比的曲线图。

[0040] 详细描述

[0041] 根据本发明的本文所公开的方面并非将其应用限制于在下面的描述中所阐述的或在附图中所图示的部件的构造和布置的细节。这些方面能够假设其它实施方案并且能够以各种方式被实践或被执行。本文提供的特定实施方式的示例仅用于说明性目的而并不旨在是限制性的。特别地，结合任何一个或更多个实施方案讨论的动作、部件、元件和特征并非意图将任何其它实施方案中的类似角色排除在外。

[0042] 本文中使用的措辞和术语也是出于描述的目的，并且不应被认为是限制性的。对于本文中以单数提及的系统和方法的示例、实施方案、部件、元件或者动作的任何引用也可以包含包括复数的实施方案，并且对于本文的任何实施方案、部件、元件或者动作的以复数的任何引用也可以包含仅包括单数的实施方案。单数或者复数形式的引用并不旨在限制当前公开的系统或者方法、其部件、动作或者元件。本文使用“包括(including)”、“包括(comprising)”、“具有(having)”、“含有(containing)”和“涉及(involving)”及其变型意在包含其后列举的项目及其等同物以及额外的项目。对“或”的引用可解释为包括性的，使得使用“或”所描述的任何术语可以指示所描述的术语中的单个、多于一个以及全部中的任何一种。另外，在本文件与通过引用并入本文的文件之间的术语的用法不一致的情况下，在并入的参考文献中的术语用法是对本文件的用法的补充；对于不可调和的不一致性，以本文件中的术语用法为准。

[0043] 如上文所讨论的，目前需要从包括使用UPW的过程的半导体装置制造过程中去除具有20nm及更小的直径的颗粒的能力。某些当前的应用和未来的半导体装置将要求去除尺

寸在10纳米和更小的颗粒的能力。

[0044] 典型的UPW输送系统在满足这些要求方面存在许多缺陷。例如,所使用的过滤器可能不能完全去除尺寸在20nm或更小的颗粒。图1的曲线图中呈现的数据示出了根据颗粒尺寸的筒式过滤装置的保留百分比。如图1所图示的,筒式过滤器有效地去除了超过95%的具有大于25nm的直径的颗粒,但是只能去除大约67%-87%之间的尺寸在10nm-20nm处或10nm-20nm之间的颗粒。

[0045] 典型的UPW输送系统的另一个缺陷是,当过滤器在变化的流速和压力条件下运行时,过滤器可能会产生颗粒。图2中呈现的曲线图示出了当系统受到具有每毫升5×10^9个颗粒的颗粒浓度的胶体材料和流动扰动(即流速和压力波动)两者的挑战时,筒式过滤装置的滤液中颗粒的浓度随时间的变化。结果表明,流动扰动导致流出物中的颗粒的浓度的峰值达到超过每毫升1×10^9个颗粒的值,这表明流量波动可以驱动颗粒通过过滤器。最后,典型的UPW输送系统的另一个缺陷是UF装置的膜中使用的纤维易受流量和压力变化以及氧化剂的影响,这两者都可能导致纤维断裂。

[0046] 参考图3,示出了典型的使用点(POU)水净化系统的一个示例的示意图,且该系统总体上由附图标记10表示。系统10包括位于UPW源105的下游的过滤单元20,并且被配置为以单程模式操作,使得UPW一次通过过滤单元20。如本文所用,术语“使用点(point of use)”是指位于需求源(demand source)150(比如半导体制造工具)附近的过滤系统。在某些情况下,需求源150可以位于定位在工具下方的子工厂或设施水平位置。图3的POU系统10中所示的过滤单元20是被配置用于死端式过滤(dead-end filtration)的筒式过滤器。在死端式过滤中,供给(来自UPW源105的超纯水)穿过过滤器,例如膜或床,其中固体被过滤器截留或以其它方式保留,且渗透物15离开过滤单元20。

[0047] POU系统10由主UPW处理系统提供UPW源105。水的许多工业应用,包括半导体制造,要求使用UPW,UPW是有机碳含量非常低的水,即总有机碳(TOC)水平低于约25ppb,并且在某些情况下可能低于约1ppb。总有机碳是指每十亿水中与有机化合物相关的碳原子的部分。UPW可以在制造过程的各个步骤期间使用,以便从装置中冲洗各种化学品和颗粒材料,例如通过溶解来自基底表面的有机沉积物来冲洗。UPW必须满足严格的质量要求,因为UPW中的污染物会对半导体装置的产出具有负面影响。典型的污染物包括有机和无机化合物,以及颗粒物质。

[0048] UPW处理系统配备有产生UPW的一个或更多个装置,并且可以包括例如包括过滤、离子交换和暴露于紫外线辐射的过程。例如,UPW处理系统可以包括压力驱动的膜过程(例如反渗透和纳滤)、去离子过程(例如电去离子和可再生离子交换)以及颗粒去除过程(例如超滤和亚微米颗粒过滤器)。可用于提供UPW源105的UPW处理系统的另一个例子是使用高级氧化过程(AOP)的系统。高级氧化过程通常是指基于产生强的且非选择性的自由基的氧化方法,这些自由基攻击和破坏水中的有机污染物。氧化剂的非限制性例子包括紫外光、臭氧、过氧化氢和过硫酸盐。受污染的水与一种或更多种氧化剂反应(例如与紫外光结合的过氧化氢)以产生活性基。有机碳因此被氧化成二氧化碳,二氧化碳溶解在水中。可用于产生UPW源105的UPW系统的一个例子是可从Evoqua Water Technologies(宾夕法尼亚州匹兹堡)获得的VANOX® AOP系统。

[0049] 根据某些实施方案,由UPW处理系统产生的UPW源105包括具有小于5ppb的TOC的

水。在某些情况下,UPW源可具有低于1ppb的TOC浓度。此外,UPW源105可具有约17-18.2megaohm-cm(兆欧姆-厘米)之间的范围内的电阻率,并且在一些情况下可具有约18.2megaohm-cm的电阻率。UPW源105的颗粒浓度(尺寸为50-100nm的颗粒)可以小于每升200个颗粒。UPW源105还可以具有一种或更多种其它性质,包括小于3ppb的溶解氧、小于100ppt的在线残余物、小于1CFR/100mL样品的细菌计数、以及小于1ppb的总二氧化硅浓度。

[0050] UPW源105可以在预定压力下被输送到POU系统10,该压力可以是超过需求源150所要求的最小压力的值。在一些情况下,由图3的POU系统10中的UPW源105施加的压力用作使UPW通过过滤单元20的驱动力。在某些情况下,UPW源105可以处于范围为3-5巴(约43.5-72.5psi)的压力下。在一些实施方案中,UPW源105可以处于大于5巴的压力下。

[0051] 图3的POU系统10被配置成根据需求源150的消耗要求而使用阀30以开关方式(on-off regime)来操作。因此,过滤单元20处理UPW源105的唯一时间是需求源150实际消耗渗透物15的时候。此外,过滤单元20将仅以需求源150消耗渗透物15的流速来处理UPW源105。这种类型的通过过滤单元20的间歇流产生了颗粒从过滤器释放的风险。这是因为由流体流速的突然增加所产生的脉冲产生了使尺寸小于过滤器孔隙的颗粒逃离过滤器(即穿透(breakthrough))的额外的驱动力,并且还可能产生源自过滤器材料本身的颗粒。

[0052] 如上所述,UPW处理系统可以以超过需求源150所要求的最小压力的预定压力提供UPW源105。然而,当过滤单元20中的水头损失(head loss)大于需求源150所要求的最小压力时,则过滤单元20不能再使用。此外,随着过滤器的机械强度增加和孔隙尺寸减小,水头损失进一步增加。这些限制使得使用POU系统10来提供满足现代或未来微粒要求的超纯水变得越来越困难。

[0053] 根据至少一个实施方案,提供了一种水处理系统,其能够向半导体过程提供POU超纯水。该水处理系统可以用作水精处理系统(water polishing system),该水精处理系统位于UPW源的下游,并且从输送到需求源(比如半导体工具)的超纯水去除或大体上减少直径为20nm、且在一些情况下直径为10nm或更小的颗粒的存在。

[0054] 图4是水精处理系统100(这里也简称为“系统100”)的一个实施方案的流程图。系统100包括UPW源105、UF模块110、再循环管道120、供应管道145和压力控制阀125。水精处理系统100用于精处理来自主UPW处理系统的UPW,并将精处理的UPW作为渗透物输送到需求源150。

[0055] UPW源105可以是与上面参照上面讨论的POU系统10讨论的源相同的源。例如,UPW源105可以由位于水精处理系统100上游的主UPW处理系统(例如AOP处理系统)产生。UPW源105可以在一定压力下被提供。例如,UPW源105可以处于约20psi至约100psi的压力下。由UPW源105提供的UPW的压力可取决于需求源150的压力要求。在一个实施方案中,UPW源105处于大约3-5巴范围内的压力下。在其它实施方案中,UPW源105处于大于5巴的压力下。UPW源105也可以以一定的流速提供。例如,在一些情况下,UPW源可以处于约0至约50gpm的流速。根据一个实施方案,UPW源可以具有20-30gpm的流速。

[0056] UF模块110用作过滤装置,用于去除不期望的污染物,例如微粒,包括具有高分子量的微粒和具有一定尺寸的微粒。UF模块110具有用于接收流体170的入口114和用于渗透物126的渗透物出口116(在图6中标记为116a和116b)。尽管未明确示出,UF模块110还包括至少一个提供过滤功能的UF膜。UF膜可以根据本领域已知的中空纤维设计来布置,并且可

以取决于特定的应用和/或用户的偏好。根据一个实施方案,UF膜具有至少4000的截留分子量(MWCO)。根据一些实施方案,UF膜具有6000-10,0000的MWCO。认识到,UF膜技术的未来发展可能会被开发出来,并将被应用于本公开中确定的过程和系统中。尽管图4所示的UF模块110包括两个渗透物出口,但是具有单个渗透物出口的UF模块也在本公开的范围内。

[0057] 与图3的POU系统10中示例的死端式过滤(其中供给溶液流垂直于膜表面)不同,图4的水精处理系统100的UF模块110可以被配置为横流过滤装置(cross-flow filtration device),其中大部分供给流在相对于渗透物侧的正压力下切向跨越UF膜(即平行于膜表面)而行进,且因此分离过程由跨越UF膜的压力梯度驱动。UF模块110的横流构造也允许连续流动,使得从膜表面连续冲洗固体。小于膜设计保留尺寸的一定比例的材料作为渗透物穿过膜,而其余部分作为渗余物128(在本文中也称为废水)从UF模块110的排出出口122排出。排出管道124流体联接到排出出口122。可使用的UF模块的非限制性示例包括从Asahi Kasei Corporation可获得的MICROZA™OLT-6036超滤系统和从Evoqua Water Technologies可获得的VANOX® POU-F系统。

[0058] 尽管本文讨论的示例包括作为水精处理系统100中的过滤机构的超滤装置,但其它类型的过滤器也在本公开的范围内。例如,根据某些方面,也可以使用微过滤器、纳米过滤器或反渗透装置。

[0059] 水精处理系统100还包括再循环管道120,该再循环管道120被配置成将UF模块110的渗透物出口116与入口114连通,并形成再循环回路,使得渗透物穿过UF模块110连续地再循环。与图3的系统10不同,穿过过滤器(例如,UF模块110)的流量是恒定的,并且与需求源150的消耗无关。水精处理系统100还包括再循环泵115,其沿着再循环管道120设置在UF模块110的入口114的上游。再循环泵115流体联接到UPW源105。再循环泵115将包括UPW和渗透物126两者的混合物的流体170泵送到UF模块110的入口114。再循环泵115被配置成通过向流体170提供额外的压力来帮助提供驱动力,以使流体移动穿过再循环管道120。这种额外的压力是需要的,以便使得渗透物126可以在经过UF模块110和系统中的其它可能降低渗透物126的压力的部件后,以需求源150所要求的最小压力被输送到需求源150。根据一些实施方案,再循环泵115向流体170增加压力能量,从而增加穿过泵的流体170的压力和流速。机械强度高和/或具有较小孔隙尺寸的过滤器因此可用于精处理系统100中,因为再循环泵115可克服与这些类型的膜相关联的较高水头损失。再循环泵115也可有助于实现穿过UF模块110的恒定流体流速。例如,如下所述,再循环泵115可被设定为在整个过滤过程中保持恒定的预定速度。离开再循环泵115的流体的压力可以由泵的特性以及位于泵下游的一个或更多个部件(包括阀)决定。在一些实施方案中,再循环泵115被配置为本领域已知的离心式泵。对于这些类型的泵,排出压力随着泵速度的平方而增加。因此,再循环泵115在系统100中的存在可以消除或大体上减少与由图3的系统10产生的间歇流相关联的问题,例如颗粒生成。

[0060] 根据一个实施方案,位于排出管道124上的排出阀142可用于产生背压,该背压为渗透物流过UF模块110提供驱动力。

[0061] 根据某些实施方案,再循环泵115可以配备有可由控制器(下面将进一步讨论)控制的可调节速度的驱动系统。例如,再循环泵115的速度可以从零到8000rpm是可调节的。其它速度范围也在本公开的范围内,并且可取决于特定的应用和系统设计。驱动再循环泵115

的变速马达可以由控制器(下面进一步讨论)或由用户基于UF模块110中使用的UF膜所要求的流动特性设定为预定的恒定速度。因此,控制器或用户可以使用泵的可调节速度的驱动器来设定再循环泵115的速度。增加驱动再循环泵115的马达的速度增加了再循环泵115的排量,而降低马达的速度降低了排量。

[0062] 根据其它实施方案,驱动再循环泵115的变速马达可以响应于一个或更多个操作参数来控制,所述操作参数包括水精处理系统100中流体的流速、温度和/或压力。例如,控制器可以使用流速信号来控制再循环泵115的速度。根据另一示例,来自压力传感器140的压力信号可由控制器使用以控制再循环泵115的速度。

[0063] 在一些实施方案中,再循环泵115可被配置和布置成最小化流体170中的颗粒生成。例如,再循环泵115可被配置成最小化对流体170的剪切力或以其它方式向流体170施加低剪切力。根据一个实施方案,再循环泵是无轴承磁悬浮离心泵。这种类型的构造最小化了可从驱动马达的移动部件磨损的颗粒的产生。例如,磁悬浮允许泵的叶轮无接触地悬浮在密封的外壳内,其中叶轮可以由马达的磁场驱动。再循环泵115也可以由最小化颗粒脱落的材料构成,例如碳氟树脂和不锈钢。可包括在所公开的系统中的再循环泵的合适例子包括离心泵,例如可从Levitronix,LLC(马萨诸塞州沃尔瑟姆市)获得的BPS系列。

[0064] 返回参考图4,供应管道145流体联接到再循环管道120和需求源150。供应管道145位于UF模块110的渗透物出口116的下游,并将渗透物126供应到需求源150。流速传感器130可以沿着再循环管道120设置在渗透物出口116的下游。流速传感器130可被配置成产生指示渗透物126的流速的流速信号。

[0065] 水精处理系统100还包括压力控制阀125,其沿着再循环管道120设置在供应管道145的下游。压力控制阀125,在此也称为阀装置,可以是本领域已知的隔膜型压力控制阀。压力控制阀125可从关闭状态致动到打开状态,以影响渗透物126对再循环泵115的压力。如下文进一步详细解释的,压力控制阀125被配置成基于来自位于压力控制阀125的上游的压力传感器140的测量来调节或以其它方式控制渗透物126的压力。控制器可用于控制压力控制阀125的操作,以便基于从压力传感器140获取的测量值将渗透物126的压力保持在预定值。

[0066] 压力传感器140沿着再循环管道120定位在供应管道145和压力控制阀125之间,使得压力传感器140位于供应管道145的下游和压力控制阀125的上游。压力传感器140被配置成产生指示渗透物126的压力的压力信号,并将压力信号发送或以其它方式传输到控制器,如下文进一步详细解释的。

[0067] 经过UF模块110的恒定通量独立于需求源150的渗透物126的消耗,并且通过渗透物126穿过再循环管道120的再循环来实现,并且可以通过再循环泵115和压力控制阀125来维持。根据一个实施方案,经过UF模块110的流量是恒定的,并且大体上等于或大于需求源150所要求的最大流量。当需求源150的消耗小于最大流量(例如,工具未被使用)时,则超过需求源150的实际消耗的流量被不断地再循环到再循环泵115的吸入侧。可以通过压力控制阀125来保持恒定压力,该压力控制阀125由控制器基于压力传感器140进行的压力测量的值来调节。恒定压力和恒定流量都降低了UF模块110的颗粒脱落的风险,并保护过滤器材料免受潜在的损坏。

[0068] 水精处理系统100还包括UPW补充管道(UPW make-up conduit)107,其流体联接到

UPW源105和再循环管道120。UPW补充管道107将来自主UPW处理系统的UPW输送到水精处理系统100，用于在输送到需求源150之前进行最终精处理。补充管道107还可以包括一个或更多个阀，例如阀118，用于隔离UPW到再循环管道120的流动。例如，在维护时段期间，阀118可用于关闭UPW源105以隔离系统的其余部分。补充管道107和再循环管道120被配置成将UPW引向再循环泵115，即再循环泵115的入口侧或吸入侧，如图4所图示的。

[0069] 水精处理系统还包括混合点147，在混合点147处，UPW补充管道107流体联接到再循环管道120。混合点147允许来自UF模块110的渗透物126与来自UPW源105的UPW混合或以其它方式结合成为流体170，流体170是到再循环泵115和入口114的混合供给流。混合点147定位在系统中，使得压力控制阀125位于混合点147和压力传感器140之间。如下文进一步详细讨论的，控制器被配置成操作压力控制阀125，使得渗透物126的压力保持在预定压力值。再循环泵115位于混合点147的下游，使得包括UPW和渗透物126的流体170被输送到再循环泵115。

[0070] 水精处理系统100还可以包括至少一个温度传感器135。在一些情况下，渗透物126的流速与水温成正比。因此，如果水温升高，那么渗透物的流速也会增加(假设恒定的排出流速)。在没有来自需求源150的需求的时段期间，与进入的UPW的温度相比(假设恒定的废水流速)，渗透物的温度将增加预定量(例如，1.2℃-2.0℃或0.9℃-1.6℃)。在较高的流速下，温度的升高较小。假设跨膜压力(TMP)是恒定的(如下所述，使用压力传感器140和压力控制阀125将TMP保持在大体上恒定的值)，温度升高会导致渗透物的流速增加。例如，在一些情况下，温度的升高导致渗透物的流速增加3％-6％。

[0071] 在图4所示的实施方案中，温度传感器135联接到排出管道124，并被配置成产生指示渗余物128的温度的温度信号。温度传感器135在排出管道124上的放置减少了再循环管道120中的配件和障碍物的数量，这避免了颗粒的产生。此外，渗透物126的温度与渗余物128的温度相同。如下文进一步描述的，控制器可以被配置为基于温度信号控制系统的一个或更多个部件。例如，控制器可被配置成基于温度信号改变再循环泵115的速度和/或调节压力控制阀125。在这些情况下，温度传感器135向控制器160发送指示渗余物128温度的温度信号。控制器160然后可以基于温度信号改变再循环泵115的速度和/或调节压力控制阀125。例如，需求源150可要求渗透物126在预定温度值的特定范围内。因此，控制器160可以使用来自温度传感器的温度读数来响应于温度测量来控制压力控制阀125和/或再循环泵115或系统的其它部件，以便使渗透物的温度符合预定温度值的范围。

[0072] 根据一个实施方案，水精处理系统100还包括振动源165。振动源165可以联接至UF模块110。例如，振动源165可附接到UF模块110的外壁或另一外部元件，其中振动能量随后可传递到UF膜。振动源165被配置为向UF模块110传递低水平振动，这导致从正被过滤的UPW中去除小颗粒。例如，振动源165可以从正被过滤的UPW中去除尺寸为30nm及更小、20nm及更小、且在一些情况下为10nm及更小的颗粒。将振动源施加到UF模块导致UF膜保留这些较小尺寸的颗粒。根据一些实施方案，可以在过滤过程期间以预定间隔间歇地施加振动源。振动源的施加也可以随膜污染而变。例如，振动源可以在过滤过程的开始(即，在膜已经经历清洁过程或刚刚被安装之后)、该过程的中间、或该过程的结束(即，在持续使用一段时间之后，但是在膜被清洁之前)施加。

[0073] 振动源165可以是能够传递低水平机械振动的任何装置。振动源165可以是被配置

为机械振荡器的装置，其能够以振动的形式将机械能传递到UF模块110的UF膜。由振动源165施加的振动的频率和/或振幅可以取决于膜的表面积。由振动源165施加的振动也可以是可调节的。根据一些实施方案，振动的频率范围可以是大约20Hz到大约1000Hz。在一些实施方案中，振动的频率可以是至少60Hz。根据某些实施方案，振动的幅度范围可以是大约$1m/s^2$到大约$50m/s^2$。

[0074] 根据各个方面，振动源165可与可包括在水精处理系统100中或与水精处理系统100结合使用的其它类型的过滤单元一起使用。例如，调节系统可用于准备UF模块110以供使用。振动源可以连接到调节系统的一个或更多个部件，例如过滤单元或平台，并且振动可以在调节过程的至少一部分期间施加。这种调节系统的一个例子是可从Evoqua Water Technologies获得的VANOX®系统热水调节(HWC)推车(VANOX® System Hot Water Conditioning(HWC)cart)。

[0075] 现在参考图5，根据一个或更多个实施方案，水精处理系统100可以包括控制器160，控制器160可操作地联接到系统100的一个或更多个部件。根据一个实施方案，控制器160可操作地联接到压力传感器140和压力控制阀125。在一些实施方案中，控制器160还可以可操作地联接到流速传感器130和温度传感器135。如上所述，传感器中的每个可以被配置成测量系统的性质，并将这些测量值传送或以其它方式发送到控制器160。控制器160还可以可操作地联接到系统100的其它部件，例如再循环泵115，且在一些情况下UF模块110，并且可以用于控制这些部件。控制器160可以基于从传感器中的一个或更多个获取的至少一个测量值来控制这些部件中的一个或更多个。

[0076] 根据一个实施方案，水精处理系统100被配置成按需将渗透物126输送到需求源150。在一些情况下，水精处理系统100可以被配置成以预定的流速(例如，以0和25gpm之间的速率)将渗透物126输送到需求源150。水精处理系统100被配置成使用再循环泵115经过UF模块110和再循环管道120再循环流体，使得渗透物在被输送到需求源150之前多次穿过UF模块110。水精处理系统100还被设计成最小化流速的变化并最小化颗粒的产生，即颗粒脱落。如上所述，在系统中的一个或更多个位置处保持恒定压力和恒定流速降低了颗粒脱落的风险。在一个实施方案中，可以通过控制器160结合系统的一个或更多个其它部件(例如压力传感器140和压力控制阀125)来实现保持恒定的压力和流速。在其它实施方案中，流速传感器130和/或再循环泵115也可用于保持恒定的压力和流速。

[0077] 在一个实施方案中，UPW源在第一压力下输送，本文以其它方式称为UPW供应压力。系统100被配置成在一定误差范围内，例如大约±2psi，在第一压力下将渗透物126输送到需求源150，并且在一些应用中可以小于±2psi，并且在本文可以被称为压力的预定值。在某些情况下，预定压力可以是需求源150所要求的最小压力，且因此由需求源150的要求决定。

[0078] 在预定压力下将渗透物126输送到需求源150是使用由系统的部件提供的机构来实现的。例如，再循环泵115可被配置成通过在流体170穿过再循环泵115时增加流体170的压力来克服经过UF模块110的压力损失(例如TMP)、经过管子(管道)的压力损失和经过水精处理系统100中使用的阀的压力损失的至少一部分。在一个实施方案中，再循环泵115以固定的(即恒定的)速度操作，使得系统中的压力损失的至少一部分被克服，并且渗透物126在预定压力下被输送到需求源150。

[0079] 如上所述，系统100可以被配置成以预定流速值(或值的范围)将渗透物126输送到需求源150。预定流速值可以是需求源150所要求的最小流速。渗透物126的流速与UF模块110的跨膜压力(TMP)成比例。如下文进一步讨论的，为了保持恒定的流速，可以控制TMP。

[0080] 根据一个实施方案，再循环泵115的速度在过滤过程开始时被设定为预定值，并保持在预定值。这允许流体170到UF模块110的入口114的大体上恒定的流速。再循环泵115的速度可以基于一个或更多个因素，包括UF模块110的流动特性。例如，可以将再循环泵115的速度设定为与UF模块110的最大流速相关。引入UF模块110的入口114的流体170的流速在这种情况下可以是UF模块110可以接受或以其它方式处理的最大流速。在其它情况下，再循环泵115的速度可以被设定成与UF模块110的最小流速相关。引入UF模块110的入口114的流体170的流速在这种情况下可以是UF模块110可以接受或以其它方式处理的最小流速。最小流速可对应于防止或以其它方式最小化停滞水的形成的流速，停滞水可产生额外的不需要的颗粒。根据另一示例，再循环泵115的速度也可以被设定为UF模块的最大流速要求和最小流速要求之间的速度。如上所述，以固定速度操作再循环泵115降低了泵中颗粒产生的风险。

[0081] 渗透物126的流速与UF模块110中UF膜的跨膜压力(TMP)成正比。根据一些实施方案，保持渗透物126的恒定流速可以通过控制TMP来实现，因为经过UF模块110的流量与TMP线性相关。TMP是供给压力(进入入口114的流体170的压力)和渗透物压力(离开渗透物出口116的渗透物126的压力)之间的压力差。由于进入UF模块110的流体170的压力由再循环泵115(即，通过保持泵的恒定速度)保持在恒定值，因此在需求源150消耗渗透物126的情况下，渗透物压力下降(这导致TMP增加)，这进而产生经过UF模块110的更高流速。在一个实施方案中，通过将TMP保持在预定值，渗透物126的流速可以保持在恒定值。

[0082] 由于进入UF模块110的流体170的流速和压力由再循环泵固定，这可以通过控制渗透物126的背压来实现。例如，根据一个实施方案，压力控制阀125被致动以保持跨越UF模块110的UF膜的大体上恒定的TMP。这可以通过使用由压力传感器140进行的测量来控制压力控制阀125来实现。如图4所示，压力控制阀125在供应管道145(其将渗透物供应到需求源150)的下游和混合点147(其中渗透物126与来自补充管道107的UPW结合)的上游定位在再循环管道120上。压力传感器140正好位于压力控制阀125的上游，但是位于供应管道145的下游。压力传感器140测量渗透物126的压力，并向控制器160发送信号，控制器160将读数与预定值进行比较，并响应于该比较，致动或以其它方式调节压力控制阀125。例如，如果渗透物126的压力下降到预定值以下，则控制器160可以致动压力控制阀125以关闭一定量以增加渗透物126的压力。如果渗透物126的压力高于预定值，则控制器160可以致动压力控制阀125以打开一定量来降低渗透物126的压力。如果渗透物126的压力处于预定值(或在误差范围内)，则控制器160不采取任何动作。如上文所说明的，预定值可以与需求源150的要求相关联，并且在一些情况下可以等于输送到系统的UPW的压力，并且在其它情况下可以在某个误差范围内等于UPW压力，例如±2psi。

[0083] 在一些实施方案中，水精处理系统还包括储存罐。图6是水精处理系统600的一个实施方案的流程图，该水精处理系统600包括沿着再循环管道120设置的储存罐655。水精处理系统600类似于上面参考图4描述的水精处理系统100，但是包括储存罐655，根据一个实施方案，储存罐655可以位于沿着再循环管道120的位置，该位置处于再循环泵115的上游(即，再循泵115的吸入侧)且处于混合点147的下游。储存罐655的目的可以是允许再循环管

道中的流体在来自需求源150的消耗需求很少或没有消耗需求的时段期间积聚。流体170可积聚在储存罐655中。在这些时段期间，经过再循环管道120的连续流动被保持，并且储存罐655允许过量的流体积聚在再循环回路中的一个位置。

[0084] 储存罐655可以是与需求源150的容积或周期性消耗量相当或大于需求源150的容积或周期性消耗量的罐或管。根据一个方面，当储存罐655变满时，在需求源150保持空闲的整个时间段期间，来自罐的大部分水连续穿过UF模块110。

[0085] 根据可选择的实施方案，储存罐655可以定位在混合点147处，使得其执行混合点147的功能。根据该构造，系统600可进一步包括液位控制设备，其用于保持储存罐655中的恒定流体液位。这允许来自补充管道107的UPW匹配需求源150和经由排出管道124离开的渗余物128的消耗之和。

[0086] 储存罐655还可用于降低或保持渗透物126的较低温度。如上所述，在需求源150不使用渗透物126的时段期间，渗透物温度会升高。此外，再循环泵115可提高流体170的温度。允许来自UPW源105的较冷UPW通过以恒定速率排出渗余物128而被连续引入的能力有助于保持较低的温度，并且热量也可以通过离开系统100的渗余物128排出。

[0087] 尽管在附图中没有明确示出，但是根据一个实施方案，水精处理系统可以进一步包括催化剂材料。催化剂材料可以是用于通过降解氧化剂(比如存在于引入UF模块的UPW中的过氧化氢)来保护过滤单元中的膜(比如UF模块110中使用的UF膜)的任何材料。氧化剂可能损坏或以其它方式伤害UF膜，且因此从与膜接触的流体中去除这些材料可以延长模块的工作寿命。催化剂材料可以位于再循环泵115和UF模块110的入口114之间，以便在与UF膜接触之前处理UPW。合适的催化剂的非限制性示例包括铂、钯或酶(例如，过氧化氢酶)。

[0088] 本文公开的水精处理系统还可以包括其它流量控制装置，例如阀、减速器、膨胀机及类似装置。此外，除了在此描述的传感器之外，其它压力传感器、温度传感器和流速传感器可以位于整个系统的一个或更多个位置。水精处理系统中还可以包括其它处理装置，例如热交换器。例如，热交换器可以在再循环泵115和UF模块110的入口114之间设置在再循环管道120中。在没有来自需求源150的需求并且渗透物的温度升高的时段期间，热交换器可能是有用的。

[0089] 本文所述的水精处理系统在某些情况下可用于翻新或替换当前POU过滤系统。可以修改现有设施以利用水精处理系统的任何一个或更多个方面，并且在一些情况下，该设备和方法可以包括连接或构造现有设施以包括如本文所述的水精处理系统。

[0090] 根据某些方面，提供了一种促进UPW的精处理的方法。该方法可以促进预先存在的或新的处理系统的一个或更多个部分。在某些实施方案中，该方法可包括提供具有入口和渗透物出口的超滤(UF)模块，并提供指令以便：将渗透物出口连接到入口，将渗透物出口连接到压力控制阀，并利用压力控制阀将离开渗透物出口的渗透物的压力维持在预定值。在一些实施方案中，促进的方法还包括提供指令以将再循环泵连接到UF模块的入口，将渗透物与UPW源混合以形成流体，并将流体引导到再循环泵的入口。在一个实施方案中，促进的方法还包括指令以便：将渗透物出口连接到需求源，并且在渗透物与UPW源混合之前使用压力传感器测量渗透物的压力。在另一个实施方案中，促进的方法还包括提供控制器，该控制器被配置成可操作地联接到压力传感器和压力控制阀。根据另一实施方案，促进的方法还包括向控制器提供控制指令，以将所测量的渗透物的压力与预定值进行比较，并且响应于

该比较，致动压力控制阀。根据至少一个其它实施方案，控制指令指示控制器致动压力控制阀，以维持跨越UF模块的UF膜的大体上恒定的跨膜压力(TMP)。在又一实施方案中，促进的方法进一步包括提供再循环泵和压力控制阀中的至少一个。

[0091] 示例

[0092] 本文描述的系统和方法的方面可以通过以下实施方案进一步说明，这些实施方案仅用于说明目的，并不限制本文描述的本发明的范围。

[0093] 示例1-渗透物的平衡温度计算

[0094] 进行计算以确定不同输送流速下渗透物的温度。假设该设置大体上类似于图4的系统100中所示的设置，其中UF模块110是来自Evoqua Water Technologies的VANOX® POU-F System。排出流速恒定保持在1.5gpm，而输送流速，即离开过滤器的渗透物流速(或在供应管道145中流入需求源150的渗透物流速)在0和25gpm之间变化。两种不同的TMP压力用于确定渗透物的温度。第一种使用15psi的TMP压力(在图7中标记为“正常”)，且第二种使用20psi的TMP压力(在图7中标记为“最大”)。结果显示在图7的曲线图中，并相对于UPW供应温度绘制，UPW供应温度为20℃。

[0095] 结果表明，当渗透物输送流速为0gpm时(这表明图4的需求源150没有消耗任何渗透物的情况)，渗透物的温度比进入的UPW供应温度高1.2℃至2.0℃。这种差异随着更高的输送流速而减小(即，在需求源150消耗渗透物的情况下)。在5gpm的流速下，渗透物的温度增加小于0.5℃，且在10gpm的流速下，温度增加小于0.25℃。较高的排出流速也将导致较低的温度增加，即，在较高的排出流速下，温度上升将较小。例如，当排出流速增加到2gpm时，在输送流速为0gpm时，温度增加为0.9℃-1.6℃。

[0096] 示例2-控制原理的说明

[0097] 为了帮助更好地理解上述控制机理中的一些，下面参考图4所示的水精处理系统100概述三种不同的操作情况。为了说明起见，假设如下：

[0098] 1.系统的UPW源105的压力为80psi

[0099] 2.TMP为15psi

[0100] 3.为简单起见，系统损耗包括在TMP中

[0101] 4.渗余物128的排出流速为1.5gpm

[0102] 条件1—没有来自需求源150的需求

[0103] 再循环泵115以31.5gpm的流速在95psi下(以克服TMP)将流体输送到UF模块110。渗透物126将具有80psi的压力和30gpm的流速。由于需求源150没有消耗，渗透物126的全部30gpm可穿过压力控制阀125，以在混合点147处与来自补充管道107的1.5gpm流速的UPW混合成为流体170，并再循环回到再循环泵115和UF模块110。

[0104] 条件2—从需求源的0gpm需求上升到X gpm需求

[0105] 再循环泵115继续在95psi下以31.5gpm输送流体，但是在这种情况下，有来自需求源150的需求，因此有渗透物126离开再循环管道120流过供应管道145。因此，渗透物126在压力传感器140的位置处的压力将小于80psi。基于该测量，压力控制阀125可由控制器160致动以关闭一定量，以将混合点147上游的渗透物126的压力增加回到80psi，从而当流体170到达再循环泵115时，压力为80psi。

[0106] 条件3—从需求源的Xgpm需求从下降到0gpm需求

[0107] 再循环泵115仍然在95psi的压力下以31.5gpm继续输送流体，但是在这种情况下，来自需求源150的消耗正在减少。渗透物126流出供应管道145的速率正在降低，这导致渗透物126在压力传感器140的位置处的压力大于80psi。压力控制阀125因此可以由控制器基于测得的压力值被致动，以打开一定量，这将混合点147上游位置的渗透物126的压力降低回到80psi。到达再循环泵115的流体170因此将具有80psi的压力。

[0108] 示例3-振动实验

[0109] 进行实验以测试联接到过滤单元的低水平可调振动源将如何影响过滤单元对小颗粒(例如直径为20nm和更小)的保留。

[0110] 过滤单元是UF POU过滤单元。在将振动源施加到过滤单元的外部侧之前和之后，使用颗粒分析仪进行流出物的颗粒计数测量。振动源来自放置在POU过滤单元附近的真空泵。

[0111] 控制数据示出在图8的左侧，并示出了在大约22小时的时间段内进行的对10nm和20nm大小颗粒的颗粒浓度测量。该数据表明，20nm大小颗粒的浓度为约800,000cts/ml，且10nm大小颗粒的浓度为约1,000,000cts/ml。

[0112] 图8的右侧示出了在振动施加到POU过滤单元的情况下获取的颗粒测量浓度数据。测量在大约32小时的时间段内进行。颗粒的浓度降低了三至五倍，20nm颗粒的浓度从约800,000cts/ml降低到约200,000cts/ml，且10nm颗粒的浓度从约1,000,000cts/ml降低到约300,000cts/ml。结果是违反直觉的，因为振动通常用于从过滤系统的部件(包括过滤膜和外壳、管子以及暴露于UPW的其它部件)中松开颗粒。尽管没有明确示出，但是测试还表明振动没有显著提高尺寸大于50nm的颗粒的保留。因此，将振动源施加到过滤单元可能在需要增强去除尺寸在20nm及更小的颗粒的应用中是有用的。

[0113] 图9是示出当施加振动时从位于过滤单元上的加速度计获得的振动数据随时间的变化的曲线图。振动数据包括来自加速度计的x、y和z方向数据。图10是示出来自不同类型过滤单元的振动数据的曲线图，其中以与上述类似的方式施加相同的振动源。用于获取该数据的过滤单元来自从Evoqua Water Technologies可获得的VANOX® System Hot Water Conditioning(HWC)Cart，且包括UF膜。图10所示的曲线图的左侧是施加振动的时间段期间的振动数据，且曲线图的右侧表示没有施加振动的时段。

[0114] 示例4-恒定通量保留效率

[0115] 作为与图1所呈现的死端式筒式过滤器保留数据的比较，测试了包括6000MWCO膜的UF模块的颗粒保留。UF装置在恒定通量下操作，且结果呈现在图11中。图11的曲线图中呈现的数据显示，在恒定通量下，UF膜有效去除直径大于15nm的颗粒，并且能够去除约85%-95%之间的尺寸为10nm的颗粒。

[0116] 已经如此描述至少一个示例的几个方面，应理解，本领域技术人员将容易想到各种改变、修改和改进。例如，本文公开的示例也可以在其它背景下使用。这样的改变、修改和改进旨在成为本公开的一部分，并且旨在落入本文所讨论的示例的范围内。因此，前文的描述和附图仅仅是示例性的。

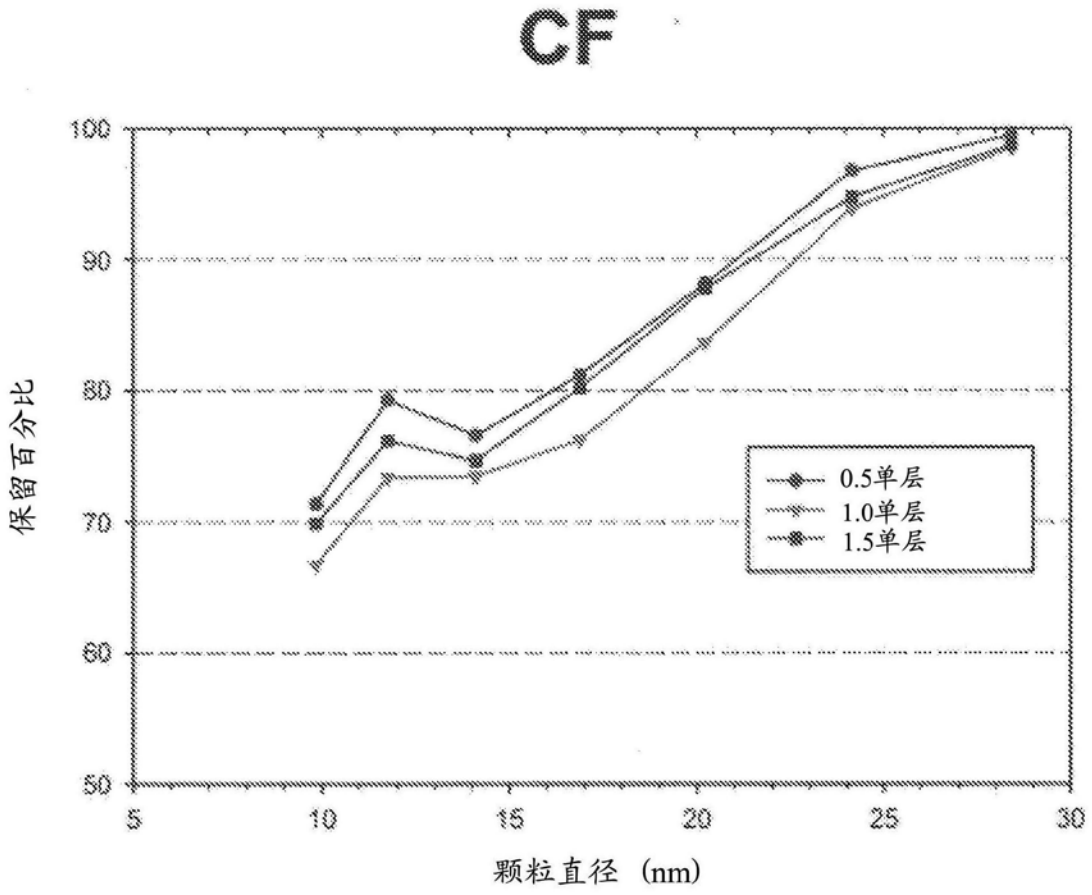


图1

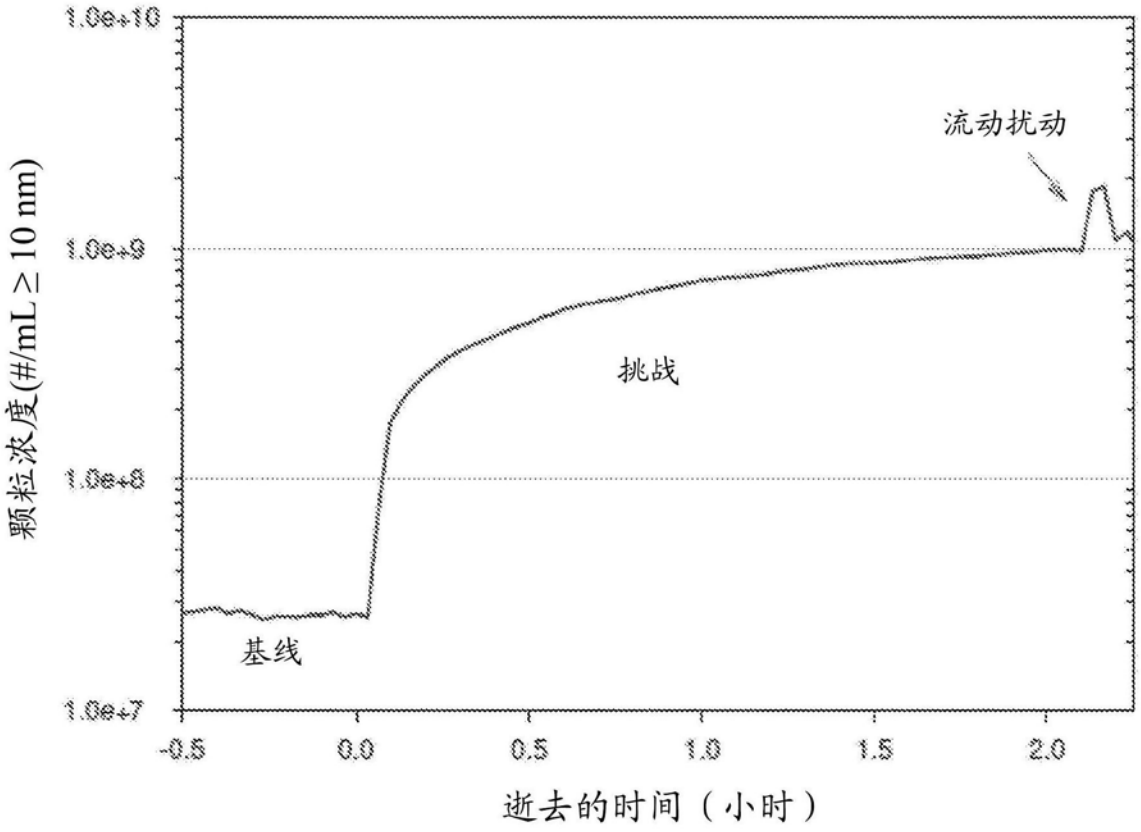

1.0e+10
1.0e+9
1.0e+8
1.0e+7
颗粒浓度(#/mL ≥ 10 nm)
流动扰动
挑战
基线
-0.5
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
逝去的时间（小时）

图2

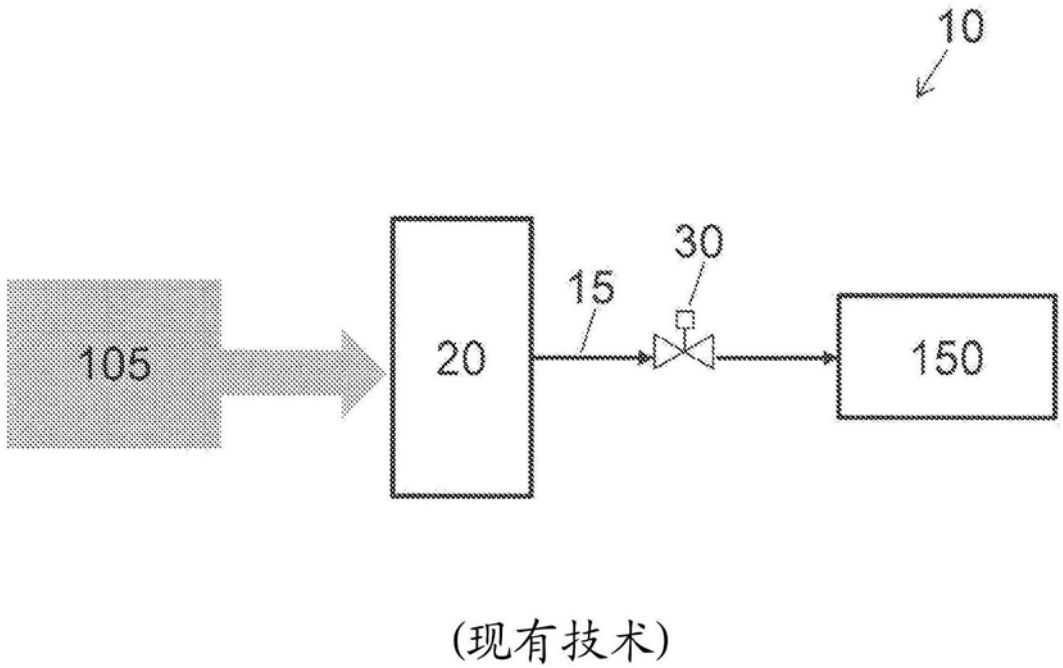

10
105
20
15
30
150
(现有技术)

图3

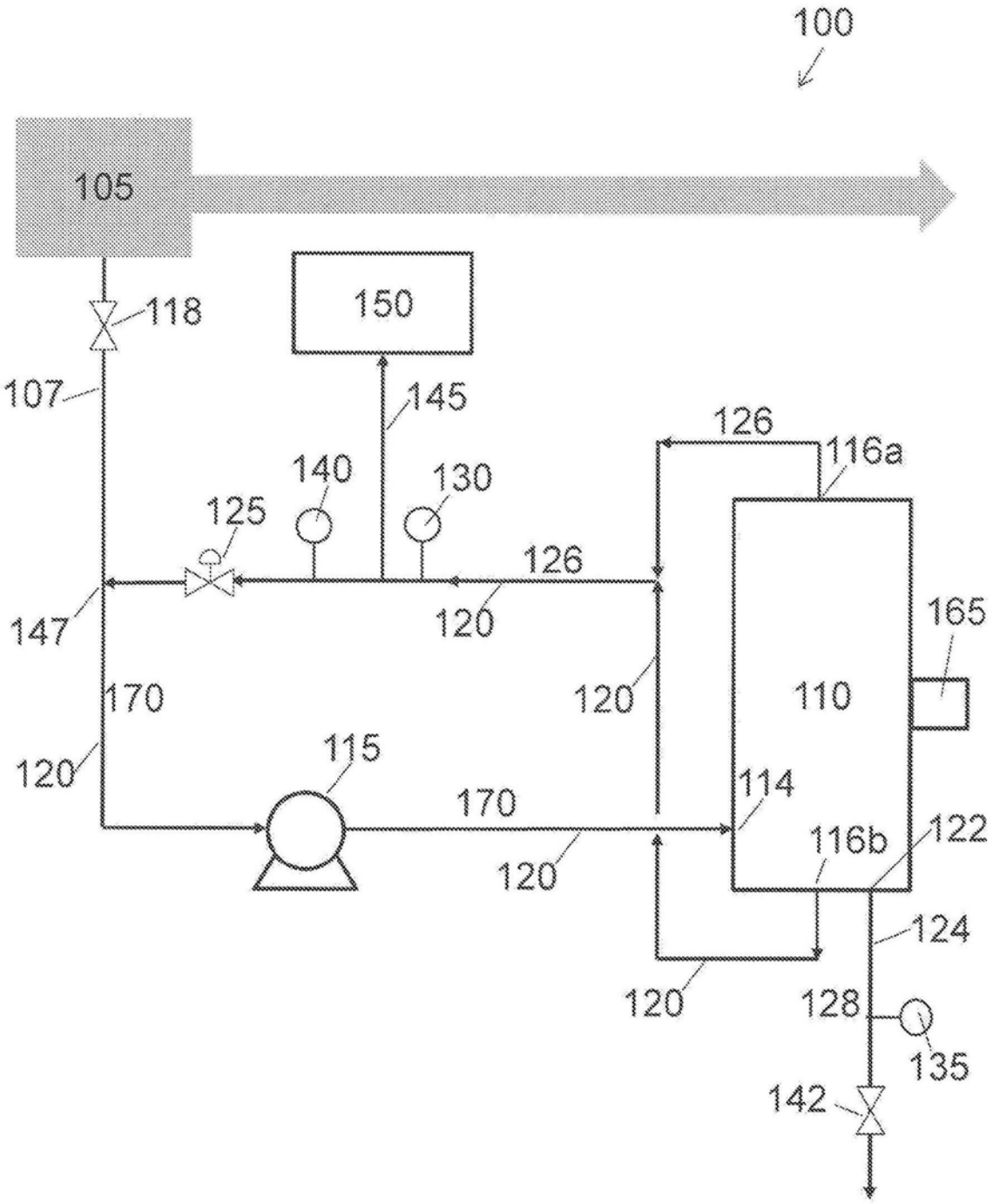

100
105
118
150
107
145
126
116a
140
130
125
126
147
120
165
170
120
110
115
114
170
116b
122
120
124
120
128
135
142

图4

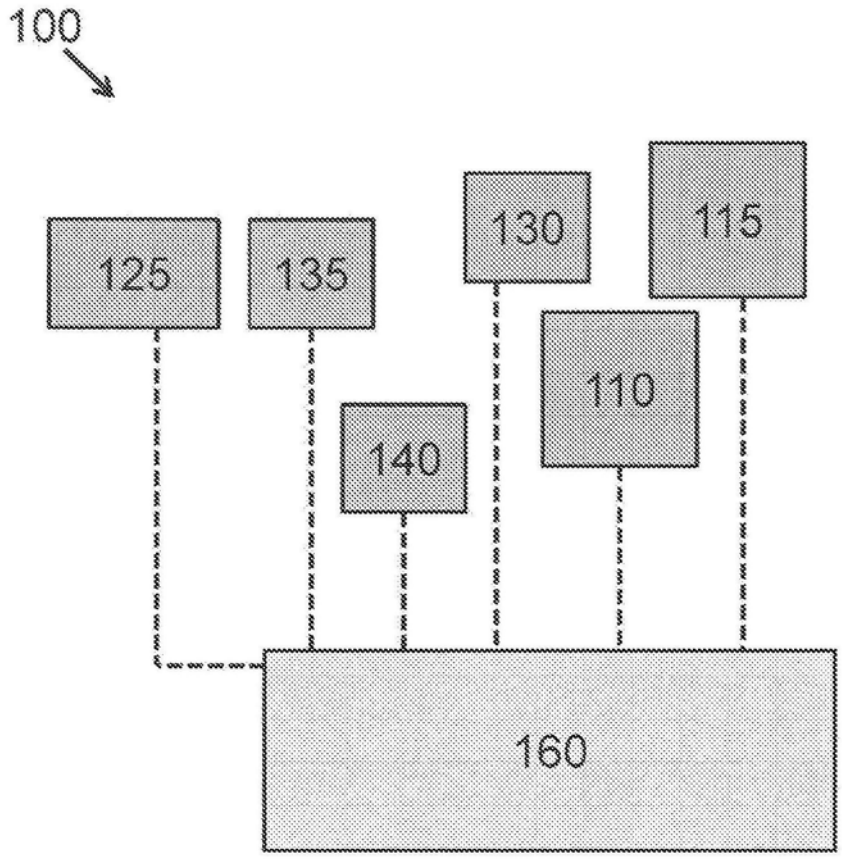


图5

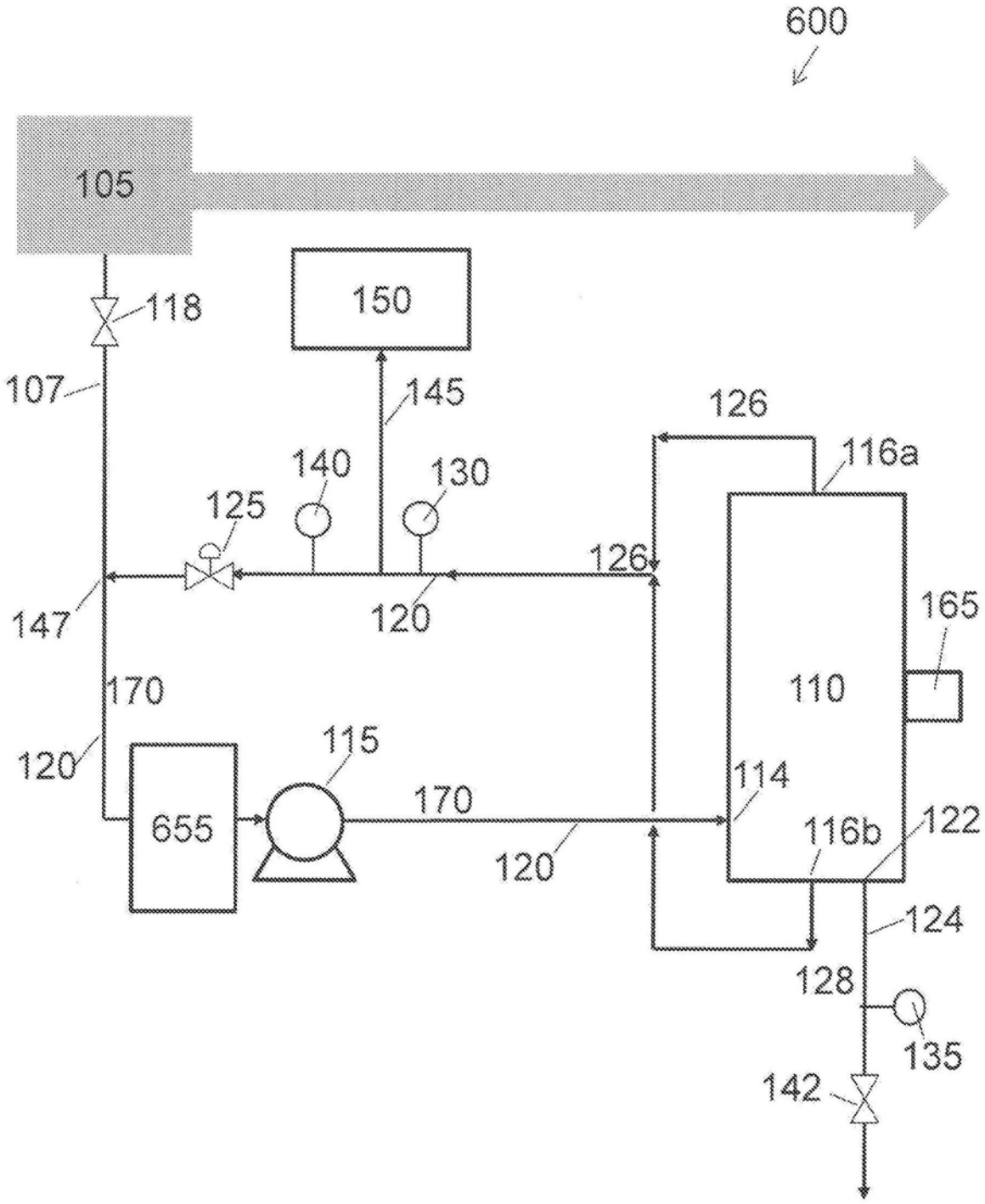

600
105
118
150
107
145
126
116a
140
130
125
126
147
120
165
110
170
120
115
655
170
114
120
116b
122
124
128
135
142

图6

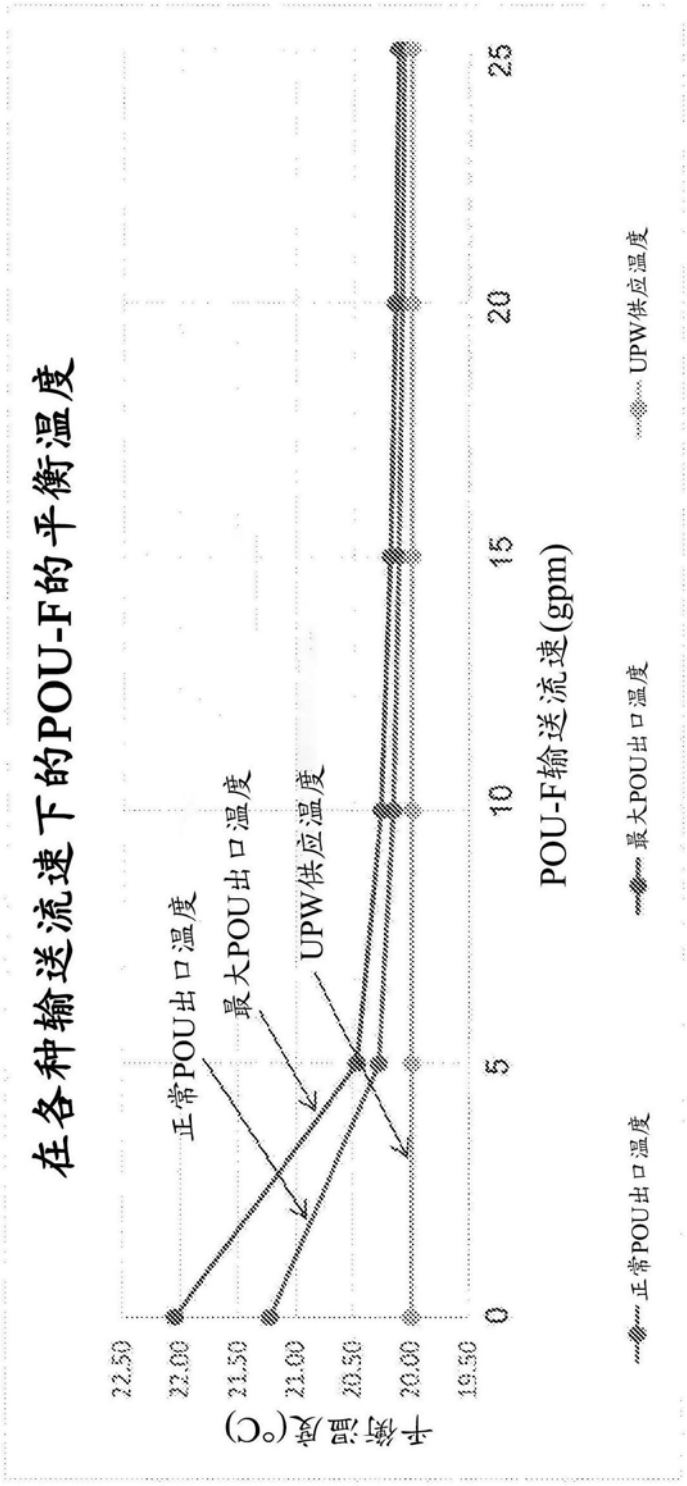

在各种输送流速下的POU-F的平衡温度
平衡温度(°C)
22.50
22.00
21.50
21.00
20.50
20.00
19.50
0
5
10
15
20
25
POU-F输送流速(gpm)
正常POU出口温度
最大POU出口温度
UPW供应温度
正常POU出口温度
最大POU出口温度
UPW供应温度

图7

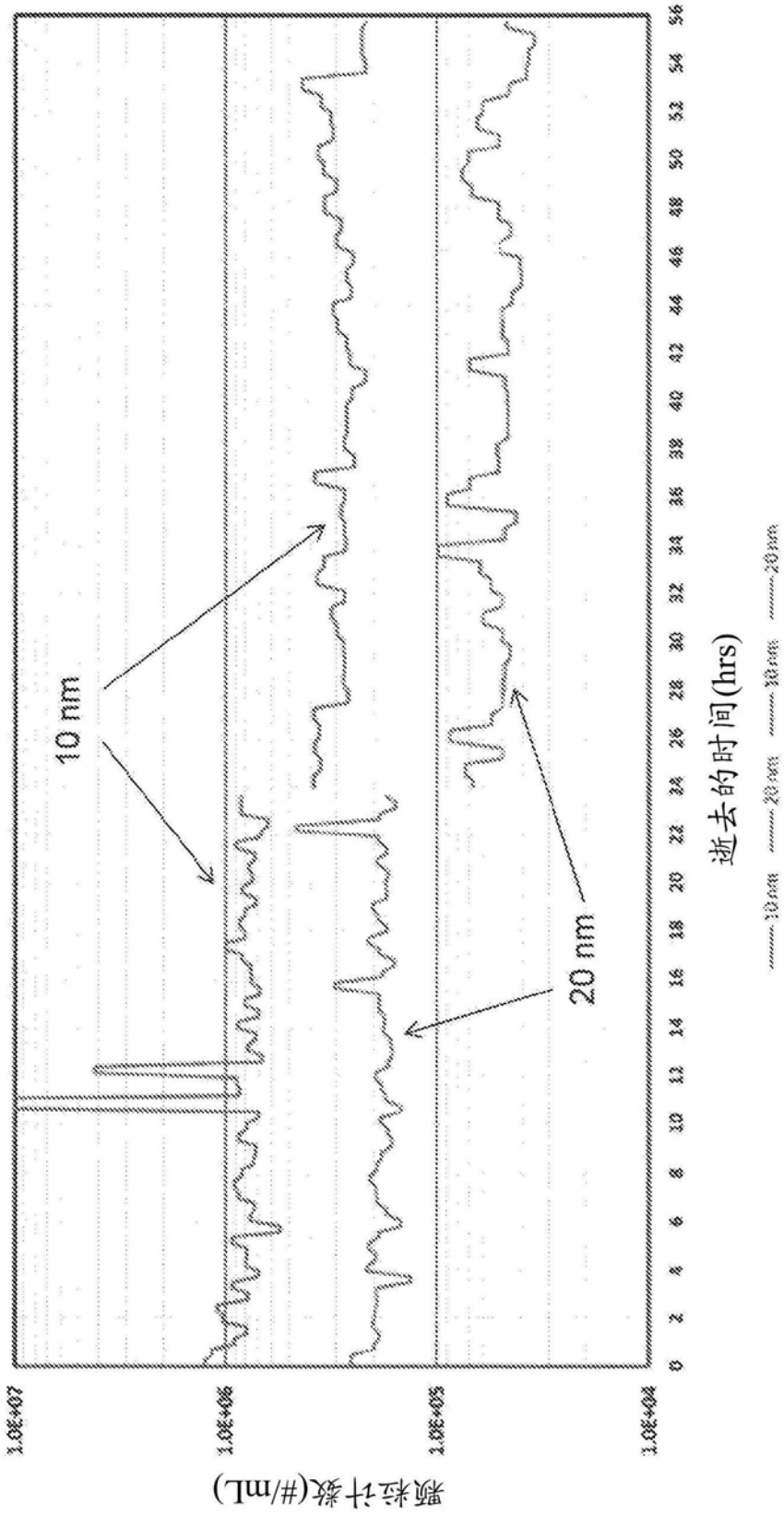

10 nm
20 nm
颗粒计数(#/mL)
1.0E+07
1.0E+06
1.0E+05
1.0E+04
逝去的时间(hrs)
10nm
20nm
10nm
20nm

图8

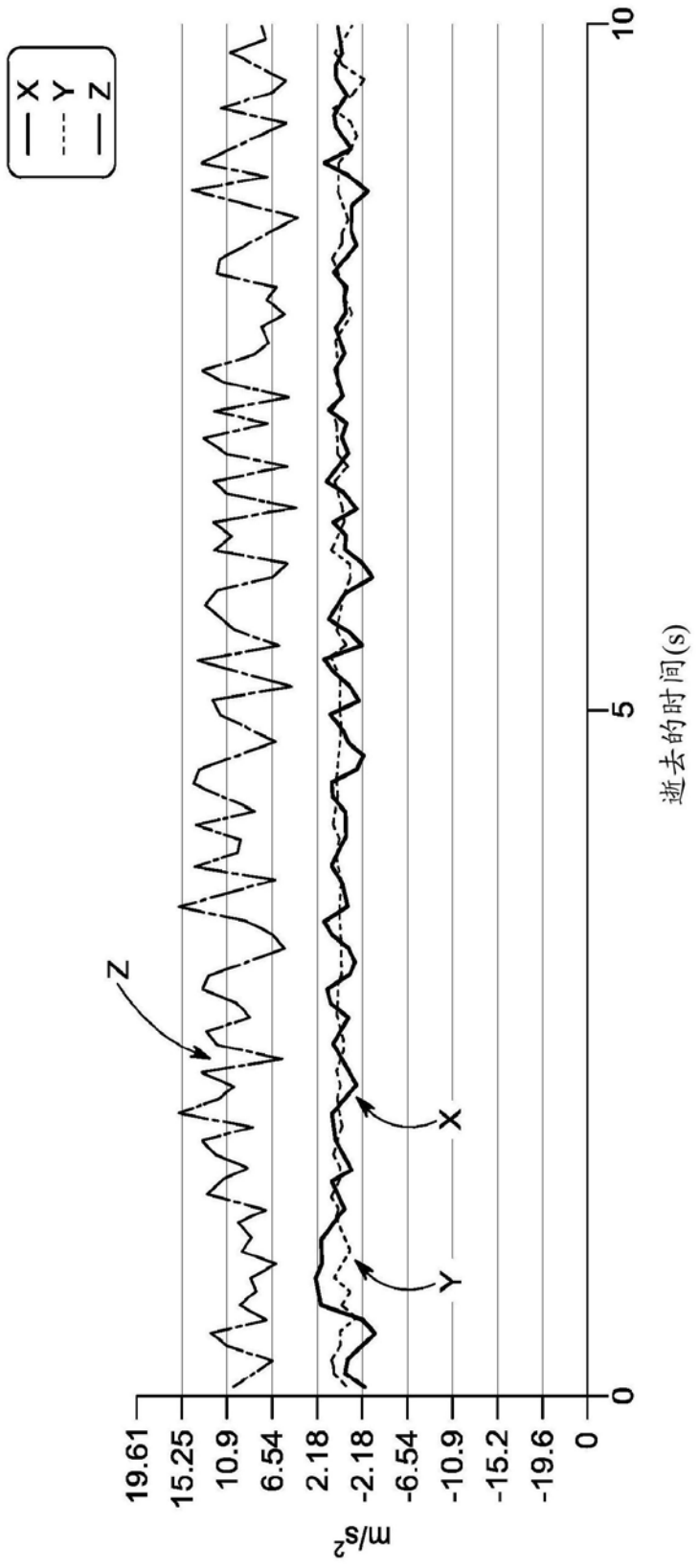

X
Y
Z
19.61
15.25
10.9
6.54
2.18
-2.18
-6.54
-10.9
-15.2
-19.6
m/s²
0
5
10
逝去的时间(s)
Z
X
Y

图9

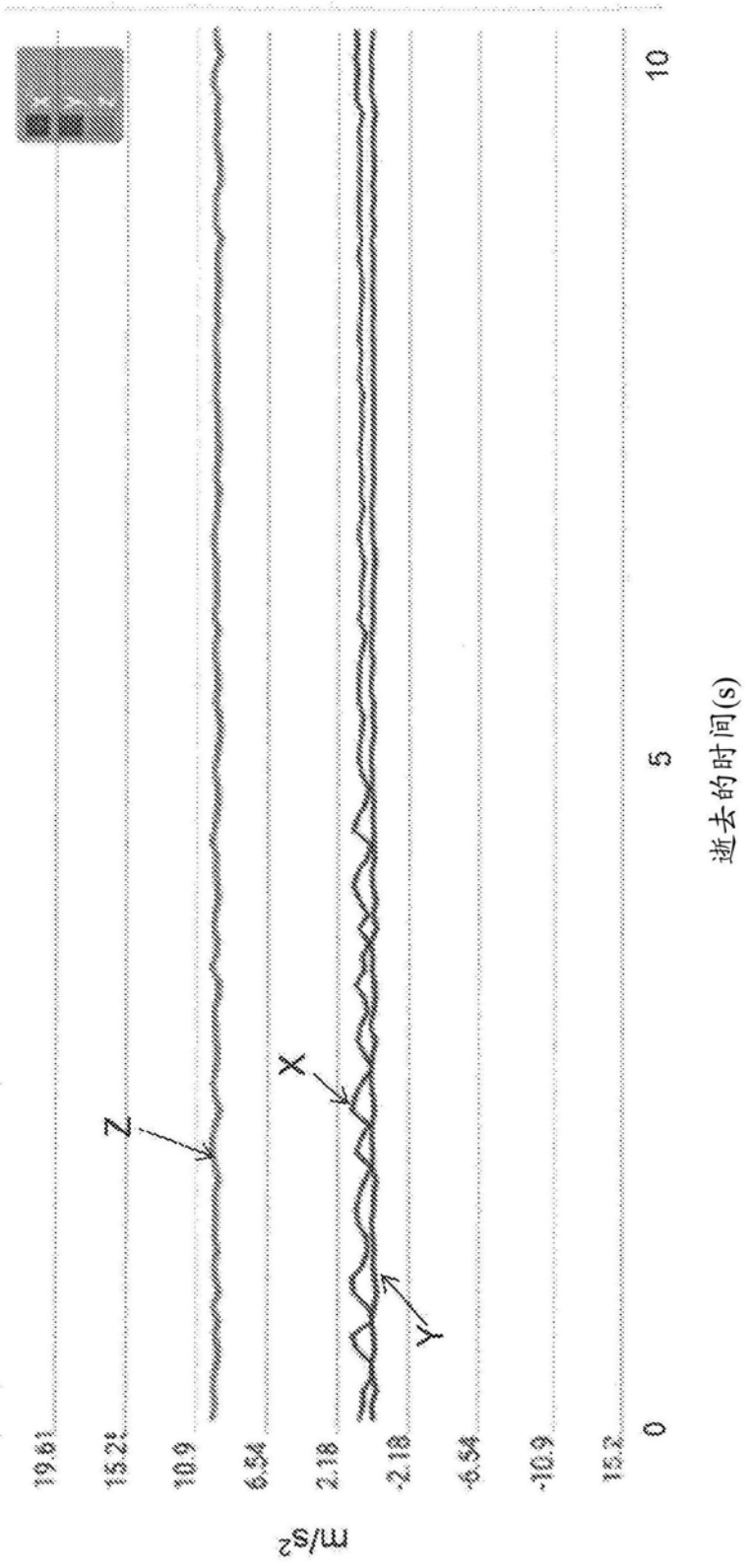


图10

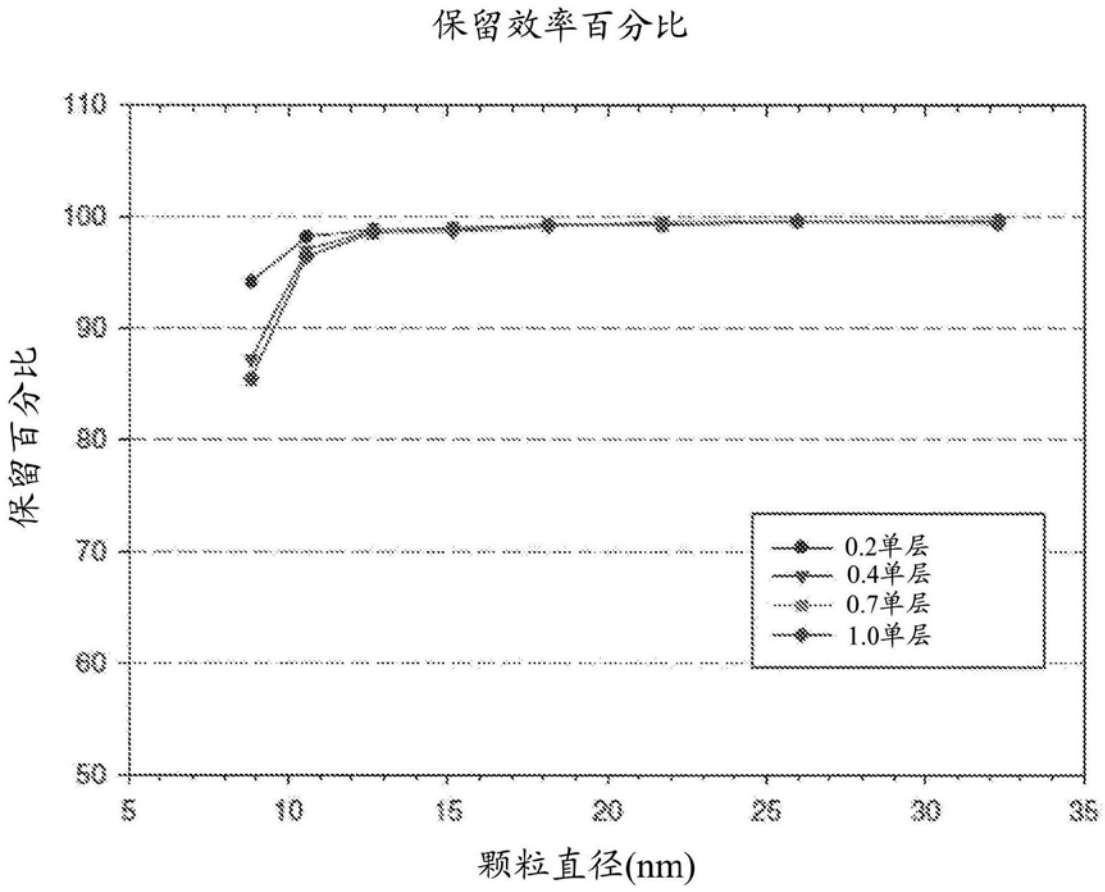

保留效率百分比
保留百分比
110
100
90
80
70
60
50
5
10
15
20
25
30
35
颗粒直径(nm)
0.2单层
0.4单层
0.7单层
1.0单层

图11