



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106415236 B

(45) 授权公告日 2021. 04. 20

(21) 申请号 201580030961.X

(22) 申请日 2015.04.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106415236 A

(43) 申请公布日 2017.02.15

(30) 优先权数据
61/978735 2014.04.11 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2016.12.09

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/025417 2015.04.10

(87) PCT国际申请的公布数据
W02015/157698 EN 2015.10.15

(73) 专利权人 电流感应器公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 白成基

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 周春梅 安文森

(51) Int.Cl.
G01N 11/04 (2006.01)

(56) 对比文件
US 4574622 A, 1986.03.11
US 4574622 A, 1986.03.11
WO 2005086883 A2, 2005.09.22
US 6393898 B1, 2002.05.28
WO 2014031639 A1, 2014.02.27
US 2012096929 A1, 2012.04.26
US 2012075949 A1, 2012.03.29
US 2004123649 A1, 2004.07.01
US 2006070426 A1, 2006.04.06

审查员 孙昕

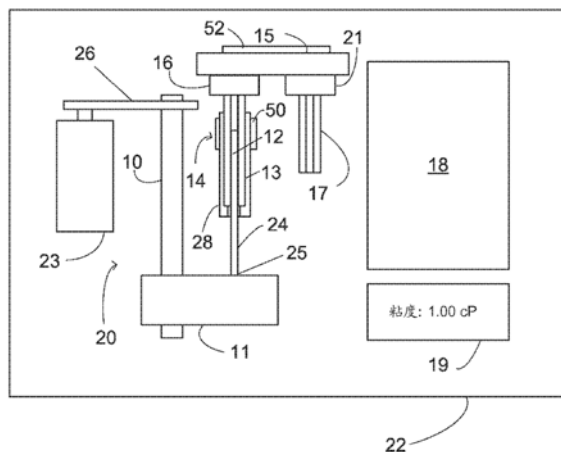
权利要求书4页 说明书19页 附图16页

(54) 发明名称

粘度计和使用该粘度计的方法

(57) 摘要

一种粘度计,包括粘度传感器,该粘度传感器具有液体流通道和至少两个压力传感器,该压力传感器沿着液体流通道定位并被构造成测量流过液体流通道的液体的压降;包括分配机构,该分配机构被构造成使得液体在已知流率下从注射管分配到粘度传感器。分配机构和粘度传感器被构造成与注射管联接,该注射管被构造成容纳液体。粘度计进一步包括电子控制器,该电子控制器被构造成控制分配机构的操作以及接收并处理来自粘度传感器的数据。粘度计包括试样装载接口,该试样装载接口包括在注射管中,粘度计被构造成通过该试样装载接口接收液体。试样装载接口包括选择阀,该选择阀与粘度传感器和注射管联接并且位于两者之间。



1. 一种粘度计,包括:

粘度传感器,所述粘度传感器具有液体流通道和至少两个压力传感器,所述压力传感器沿着所述液体流通道定位并且被构造成测量流动通过所述液体流通道的液体的压降;

分配机构,所述分配机构被构造成引起液体在已知流率下从注射管到所述粘度传感器的分配,其中,所述分配机构被构造成与所述注射管联接,以及所述注射管与所述粘度传感器联接;

电子控制器,所述电子控制器被构造成控制所述分配机构的操作并且从所述粘度传感器接收并处理数据;

试样装载接口,所述粘度计被构造成通过所述试样装载接口接收所述液体;以及

自动取样器,其被构造成将液体抽吸到注射器的注射管中,然后移动所述注射器的注射管到所述试样装载接口以将液体装载到所述注射管。

2. 根据权利要求1所述的粘度计,其中,所述试样装载接口包括选择阀,所述选择阀与所述粘度传感器和所述注射管联接并且位于所述粘度传感器和所述注射管之间。

3. 根据权利要求1或2所述的粘度计,其中,通道基板提供所述液体流通道的三个侧面,且留有一个敞开侧面,由压力传感器膜和压力传感器基板形成的整体式传感器板结合所述通道基板以封闭所述液体流通道的所述敞开侧面,且每个压力传感器由所述压力传感器膜中的腔体形成。

4. 根据权利要求1所述的粘度计,其中,所述粘度计被构造成独立于使用者的干涉而将所述液体抽吸到所述注射器的注射管中。

5. 根据权利要求1或2所述的粘度计,进一步包括粘度传感器模块,所述粘度传感器模块包括多个粘度传感器,其中通道基板提供所述液体流通道的三个侧面,且留有一个敞开侧面,由压力传感器膜和压力传感器基板形成的整体式传感器板结合所述通道基板以封闭所述液体流通道的所述敞开侧面,且每个压力传感器由所述压力传感器膜中的腔体形成。

6. 根据权利要求1或2所述的粘度计,其中,多个液体流通道被限定在所述粘度传感器中,并且至少两个压力传感器沿着所述多个液体流通道的两个或更多个液体流通道的每一个定位。

7. 根据权利要求1或2所述的粘度计,进一步包括温度控制装置。

8. 根据权利要求7所述的粘度计,其中,所述温度控制装置与所述电子控制器联接,并且所述电子控制器被构造成控制所述温度控制装置。

9. 根据权利要求8所述的粘度计,其中,所述电子控制器被构造成:

确定在多个温度下的所述液体的粘度值,所述液体包括第一类型的蛋白质;以及通过在所述多个温度下的所述液体的粘度值来确定所述第一类型的蛋白质的溶解温度。

10. 根据权利要求9所述的粘度计,其中,所述电子控制器被构造成:

确定在多个温度下的第二液体的粘度值,所述第二液体包括第二类型的蛋白质;以及通过在所述多个温度下的所述第二液体的粘度值来确定所述第二类型的蛋白质的溶解温度。

11. 根据权利要求1或2所述的粘度计,其中,所述粘度传感器是温度受控的。

12. 根据权利要求1或2所述的粘度计,其中,所述注射管是温度受控的。

13. 根据权利要求1或2所述的粘度计,进一步包括混合器,所述混合器与所述电子控制器联接并且被构造成将所述液体与溶剂混合以获得混合溶液,其中,所述混合溶液中溶质的浓度与所述液体中溶质的浓度不同,其中,所述电子控制器被构造成:

测量所述混合溶液的粘度;以及

开始重复混合和测量以获得多个溶质浓度的所述混合溶液的粘度值。

14. 根据权利要求1或2所述的粘度计,包括试样注射器,所述试样注射器被构造成将液体的连续流分配到所述粘度传感器,所述液体的连续流包括两个或更多个批次的测试液体,其中,所述两个或更多个批次的测试液体的任意两个相邻批次的测试液体由至少一个惰性液体隔开,所述惰性液体与所述两个相邻批次的测试液体不可混溶。

15. 根据权利要求1或2所述的粘度计,进一步包括泵,所述泵被构造成分配清洁溶液通过所述粘度传感器的所述液体流通道。

16. 根据权利要求15所述的粘度计,其中,所述粘度计被构造成与气体的源联接并且提供所述气体通过所述液体流通道。

17. 根据权利要求1或2所述的粘度计,其中,所述粘度计被构造成通过使用预选择的参考液体而自校准。

18. 根据权利要求1或2所述的粘度计,进一步包括下述内容的一个或多个:pH计、密度计和电导率计。

19. 根据权利要求1或2所述的粘度计,其中,所述液体流通道包括矩形液体流通道。

20. 根据权利要求1或2所述的粘度计,其中,所述粘度传感器具有入口和出口,所述入口被构造成与注射管联接,并且所述粘度计进一步包括与所述粘度传感器的所述出口联接的正压力源以促进所述液体流通道中的液体朝向所述注射管的抽回。

21. 一种用于执行粘度测量的方法,所述方法包括:

使用自动取样器来:

将测试液体抽吸到位于第一位置的注射器的注射管中;

将所述注射器的注射管从所述第一位置移动到用于将所述注射器的注射管与粘度计的粘度传感器联接的第二位置,其中,所述第二位置与所述第一位置不同;以及

独立于使用者的干涉将所述注射器的注射管与所述粘度计的所述粘度传感器联接,其中所述粘度传感器具有液体流通道;以及

在所述粘度计处,在已知流率下接收从所述注射管进入所述液体流通道中的液体,其中:

所述粘度计进一步包括分配机构和电子控制器;

至少两个压力传感器沿着所述液体流通道定位并且被构造成测量流动通过所述液体流通道的所述测试液体的压降;

所述电子控制器被构造成控制所述分配机构的操作并且接收并处理数据;

所述分配机构被构造成与所述注射管联接并且引起所述注射管中的液体在已知流率下到所述粘度传感器的分配;以及

所述粘度计进一步包括试样装载接口,所述粘度计通过所述试样装载接口接收所述液体;以及

测量所述测试液体的粘度。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中,在所述第一位置和所述第二位置之间移动所述注射器的注射管包括使用输送装置在所述第一位置和所述第二位置之间移动所述注射器的注射管。

23. 根据权利要求21或22所述的方法,进一步包括:

独立于使用者的干涉而将所述测试液体抽吸到所述注射器的注射管中。

24. 根据权利要求21或22所述的方法,其中,所述粘度计进一步包括粘度传感器模块,所述粘度传感器模块包括多个粘度传感器。

25. 根据权利要求21或22所述的方法,其中,多个液体流通道被限定在所述粘度传感器中,并且至少两个压力传感器沿着所述多个液体流通道的两个或更多个液体流通道的每一个定位。

26. 根据权利要求21或22所述的方法,其中,所述测试液体包括聚合物,并且所述方法进一步包括确定所述聚合物的分子量。

27. 根据权利要求21或22所述的方法,其中,所述测试液体包括蛋白质,并且所述方法进一步包括确定所述蛋白质的溶解温度。

28. 根据权利要求21或22所述的方法,包括:

确定在多个温度下的所述测试液体的粘度值,所述测试液体包括第一类型的蛋白质;以及

通过在所述多个温度下的所述测试液体的粘度值来确定所述第一类型的蛋白质的溶解温度。

29. 根据权利要求28所述的方法,进一步包括:

确定在多个温度下的第二液体的粘度值,所述第二液体包括第二类型的蛋白质;以及
通过在所述多个温度下的所述第二液体的粘度值来确定所述第二类型的蛋白质的溶解温度。

30. 根据权利要求21所述的方法,进一步包括控制所述粘度传感器的温度。

31. 根据权利要求21所述的方法,进一步包括控制所述注射管的温度。

32. 根据权利要求30或31所述的方法,其中,控制所述温度包括操作一个或多个温度控制装置。

33. 根据权利要求30或31所述的方法,包括将所述粘度传感器的所述温度维持在第一温度下,并且将所述注射管的所述温度维持在第二温度下,所述第二温度与所述第一温度不同。

34. 根据权利要求21或22所述的方法,进一步包括:

在所述粘度计处,将所述测试液体与溶剂混合以获得混合溶液,其中,所述混合溶液中溶质的浓度与所述测试液体中溶质的浓度不同;

测量所述混合溶液的粘度;以及

重复所述混合和所述测量以获得多个溶质浓度的所述混合溶液的粘度值。

35. 根据权利要求21或22所述的方法,进一步包括:

在测量所述测试液体的所述粘度之前,识别满足所述至少两个压力传感器的压力标准的流率。

36. 根据权利要求21或22所述的方法,进一步包括:

将液体的连续流分配到所述粘度传感器,所述液体的连续流包括两个或更多个批次的测试液体,其中,所述两个或更多个批次的测试液体的任意两个相邻批次的测试液体由至少一个惰性液体隔开,所述惰性液体与所述两个相邻批次的测试液体不可混溶。

37. 根据权利要求21或22所述的方法,进一步包括

分配清洁溶液通过所述粘度传感器的所述液体流通道。

38. 根据权利要求37所述的方法,进一步包括,使气体流动通过所述液体流通道。

39. 根据权利要求21或22所述的方法,进一步包括,独立于使用者的输入而使用预选择的参考液体来校准所述粘度计。

40. 根据权利要求21或22所述的方法,进一步包括测量下述内容的一个或多个:所述测试液体的pH、密度和电导率。

41. 一种用于执行粘度测量的方法,所述方法包括:

独立于使用者的干涉而在第一位置和第二位置之间移动注射器的注射管,所述第一位置用于抽吸测试液体到所述注射器的注射管,所述第二位置用于将所述注射器的注射管与粘度计的粘度传感器联接,其中所述第二位置与所述第一位置不同;

将所述注射器的注射管与所述粘度传感器联接,其中所述粘度传感器具有液体流通道;

在所述粘度计处,在已知流率下接收从所述注射器的注射管进入所述液体流通道中的所述测试液体,其中:

所述粘度计进一步包括分配机构和电子控制器;

至少两个压力传感器沿着所述液体流通道定位并且被构造成测量流动通过所述液体流通道的所述测试液体的压降;

所述电子控制器被构造成控制所述分配机构的操作并且接收并处理数据;

所述分配机构被构造成与所述注射器的注射管联接并且引起所述注射器的注射管中的液体在已知流率下到所述粘度传感器的分配;以及

所述粘度计进一步包括试样装载接口,所述粘度计被构造成通过所述试样装载接口接收所述测试液体;其中所述注射器的注射管通过所述试样装载接口联接

测量所述测试液体的粘度;

将所述液体流通道中的所述测试液体的至少一部分朝向所述注射器的注射管移回;以及

测量从所述液体流通道移回的所述测试液体的粘度。

粘度计和使用该粘度计的方法

技术领域

[0001] 本申请一般涉及粘度计,该粘度计包括但不限于利用流通过(flow-through)型粘度传感器来测量液体的粘度的粘度计。

背景技术

[0002] 粘度是液体流阻的量度,并且粘度值取决于用于非牛顿液体的变形率,如在R.B. Bird, R.C. Armstrong和O. Hassager创作的Dynamics of Polymeric Liquids, Vol. 1, 1987中描述的。变形率由以(时间)⁻¹为单位的剪切率给出。在已知剪切率下测得的粘度是“真实”粘度。真实粘度对剪切率的依赖性为粘度曲线,该粘度曲线表征材料并且是考虑有效加工的重要因素。然而,在许多情况下,粘度在不明确的测试状况下被测量,使得剪切率不可能是已知或计算得到的。在不明确的状况下,测量粘度值仅是“表观”的。由于在已知剪切率下测量真实粘度,因此真实粘度是通用的,而表观粘度不是通用的。相反,表观粘度取决于测量系统。例如,作为公知常识,浸没在测试液体池中的心轴的扭矩在该心轴以恒定速度旋转时被测量。在该情况下,扭矩值仅产生表观粘度,这是因为测试状况不明确并且剪切率是未知的。至多,表观粘度能够被测量为心轴的旋转速度的函数。仅在用于测试液体的“本构方程”已知的情况下,心轴的旋转速度事实上可以与剪切率相关。然而,“本构方程”对于几乎所有非牛顿液体是未知的。因此,对于大多数非牛顿液体来说,不可能在不明确的测试状况下测量真实粘度。

[0003] 仅给出表观粘度的粘度测量方法已经被研究并用于制造和材料表征的质量控制。各种在线粘度计被设计用于实时粘度测量。美国专利5,317,908(Fitzgerald等人)和4,878,378(Harada)与用于处理控制的测量表观粘度的系统相关。美国专利6,393,898(Hajduk等人)描述了一种同时测量许多测试液体的系统。这些粘度计测量表观粘度。然而,由于表观粘度测量的非通用性,在需要时必须单独地寻找借助具体方法测量的特定试样的表观粘度与真实粘度之间的相关性。用于材料的配方的基础研究需要真实粘度测量。加工设备和附件(例如,模具、模、挤出螺杆等)的设计同样需要材料的真实粘度。然而,表观粘度测量已经在快速测试中被用于指示,这是因为它更易于并且被更快地测量并且通常更为经济。真实粘度更难以获得并且仅能够借助下述数种类型的仪器来测量:流变仪和毛细管粘度计。流变仪对测试试样获得精确且已知的剪切率,由此测量真实粘度。流变仪是多种多样的,并且通常装备成还测量其他属性。因此,流变仪通常是昂贵的。另外,大量的试样需要借助流变仪来进行粘度测量。同样,流变仪不是很适于在线应用。圆形毛细管粘度计能够测量表观粘度和真实粘度,这取决于是否考虑到合适补偿。毛细管粘度计需要沿毛细管的压降测量,以用于粘度。由于毛细管是圆形截面的,因此仅可以测量在入口和出口处的压力。由于这种限制,毛细管粘度计仅测量表观粘度,除非通过使用具有不同长度-直径比的两个不同毛细管来校正入口效应。然而,使用两个毛细管使得毛细管粘度计是庞大的和/或费时的。毛细管粘度计在专利6,575,019(Larson)、4,920,787(Dual等人)、4,916,678(Johnson等人)以及4,793,174(Yau)中被描述。微流体粘度计在专利6,681,616(Michael Spaid等

人)和公布2003/0182991 (Michael Spaid等人)中被公开。流体通道中的标记器的驻留时间被用于测量粘度,只有在测试液体是牛顿液体的情况下该粘度才是真实粘度。仅测量非牛顿液体的表观粘度。在专利5,503,003 (Brookfield)中公开的便携式粘度计采用在用于粘度测量的液体池中旋转的心轴的已知扭矩测量。如所示的并且如已知的,本方法仅测量表观粘度。

[0004] 总之,大多数粘度测量技术得到表观测量并且需要相对大体积的试样。同样,这些仪器在测量下一试样之前需要清洁与液体接触的部件(例如,容器、心轴等)。这种清洁是费时的,从而粘度测量从设置到测试通常花费30分钟。在当前技术下较大的试样体积需求也增加了清洁时间和浪费。因此,不存在测量小量试样的真实粘度并且快速地测量的名副其实的便携式粘度计。本申请人的专利7,290,441中公开的狭缝粘度计使得可能测量小试样的真实粘度。然而,该狭缝粘度计需要精密液体分配系统以及相关电子器件,以提供并且控制通过粘度计的液体流。在现有技术中并未公开便携并且可以结合各种试样使用的简单的精密液体分配系统。

发明内容

[0005] 根据一些实施例,便携式粘度测量仪器或粘度计包括:微型粘度测量传感器;用于迫使液体试样通过该微型粘度测量传感器的便携精密液体分配系统;用于控制粘度计的操作的控制器;以及用于显示液体的测量粘度的显示器。传感器设计在本申请人的专利6,892,583和7,290,441中被描述,这些文献以引用的方式结合到本文,就像在本文被全文阐述的那样。该便携系统测量液体的真实粘度并且仅需要小体积的液体试样以用于测量。本发明还提供获得待测试的液体试样并且将该液体试样置入粘度计中以用于测试的快速且简单的方法。

[0006] 根据一些实施例的便携精密液体分配系统包括正排量泵,该正排量泵结合将在下文中称为正排量移液管的正排量试样容器操作,在该正排量试样容器中供应待测量其粘度的液体试样。移液管可以从粘度计被移除以及被更换,使得当移液管被移除并且与粘度计分离时,待测试的液体试样能够被抽吸到移液管中,并且然后在其中具有液体试样的移液管被插入到粘度计中,用于测量移液管中液体试样的粘度。移液管包括柱塞,该柱塞在所述移液管中滑动以将试样抽吸到移液管中(这能够用手完成)以及当移液管在粘度计中时迫使试样离开移液管。在正排量泵的一个实施方式中,精密马达驱动丝杠,当移液管柱塞被定位在粘度计中时,所述丝杠移动推回部以使其接触移液管柱塞。当推回部使柱塞在移液管中移动时,液体从移液管被分配到微型粘度测量传感器的流通道中。控制电子器件控制精密马达的操作,以在已知的流率下将待测试的液体从移液管分配到微型粘度测量传感器的流通道中。

[0007] 微型流通过粘度测量传感器包括微米级流通道,该微米级流通道结合压力传感器阵列,该压力传感器阵列测量流通道中的液体的完全展开流的压降。在一些实施例中,当流的速度场达到稳定状态时(通过从流通道的入口的过渡),该流被认为是完全展开的。在一些实施例中,液体的完全展开流沿着流通道的长度具有相同的速度分布。例如,接近流通道的第一端部的在流通道中心处的液体的完全展开流的速度与接近流通道的与第一端部相对的第二端部的在流通道中心处的液体的完全展开流的速率相同。该压降与流动通过该通

道的液体的剪切应力成比例。剪切率与流率成比例。通过将剪切应力除以剪切率来计算试样液体的粘度。粘度的得到测量结果能被显示在显示器中。微控制器或基于微处理器的电子器件能够形成粘度计的控制电子器件(也本文中还称作电子控制器)以控制泵的马达并且处理来自压力传感器的数据。已处理的数据能够被显示并且还可以被存储和/或发送到远程装置。

[0008] 在一些实施例中,如果期望实现试样的温度控制,那么粘度计、粘度传感器和/或移液管中的试样可以借助基于帕尔贴的温度控制装置或其他通常接受的温度控制装置被调节至设置温度。

[0009] 在一些实施例中,粘度计被构造成存储测量粘度值的历史以用于各种用途,和/或可以存储各种液体(诸如预期经常被测量的液体)的已知粘度值的数据库。这允许将已知液体的已知粘度与被认为是已知液体的试样的测量粘度进行快速比较。已知值和测量值之间的差异能够表明该测试液体不是其被认为的那种液体,或者可以表明粘度计存在问题,使得能够检查粘度计。

[0010] 根据一些实施例,粘度计包括具有液体流通道和至少两个压力传感器的粘度传感器,该压力传感器沿着液体流通道定位并且被构造成测量流过液体流通道的液体的压降。粘度计还包括被构造成引起液体在已知流率下从注射管到粘度传感器的分配的分配机构;以及被构造成控制分配机构的操作并且从粘度传感器接收并处理数据的电子控制器。

[0011] 在一些实施例中,分配机构被构造成与注射管联接,并且注射管与粘度传感器联接并且被构造成容纳液体。

[0012] 在一些实施例中,粘度计包括试样装载接口,粘度计被构造成通过该试样装载接口接收液体。在一些实施例中,注射管包括试样装载接口。在一些实施例中,试样装载接口包括与粘度传感器和注射管联接并且位于粘度传感器和注射管之间的选择阀或开关阀(当在本文中使用时,术语“选择阀”通篇被用于表示宽范围的阀)。

[0013] 在一些实施例中,粘度计包括被构造成与注射管和分配机构联接的输送装置。该输送装置被构造成在第一位置和第二位置之间移动注射管,该第一位置用于将测试液体抽吸到注射管中,该第二位置用于将注射管联接至粘度传感器,其中,第二位置与第一位置不同,并且输送装置被构造成独立于使用者的干涉而在第一位置和第二位置之间移动注射管。

[0014] 在一些实施例中,粘度计被构造成独立于使用者的干涉而将测试液体抽吸到注射管中。

[0015] 在一些实施例中,粘度计包括粘度传感器模块,该粘度传感器模块包括多个粘度传感器。

[0016] 在一些实施例中,多个液体流通道被限定在粘度传感器中,并且至少两个压力传感器沿着多个液体流通道的两个或更多个液体流通道的每一个定位。

[0017] 在一些实施例中,粘度计包括温度控制装置。在一些实施例中,温度控制装置与电子控制器联接,并且电子控制器被构造成控制温度控制装置。在一些实施例中,粘度传感器是温度受控的。在一些实施例中,注射管是温度受控的。

[0018] 在一些实施例中,电子控制器被构造成确定在多个温度下的液体的粘度值,该液体包括第一类型的蛋白质;以及通过在多个温度下的液体的粘度值而确定第一类型的蛋白

质的融化温度。

[0019] 在一些实施例中,电子控制器被构造成:确定在多个温度下的第二液体的粘度值,该第二液体包括第二类型的蛋白质;以及通过在多个温度下的第二液体的粘度值而确定第二类型的蛋白质的融化温度。

[0020] 在一些实施例中,粘度计包括混合器,该混合器与电子控制器联接并且被构造成将液体与溶剂混合以获得混合溶液。该混合溶液中溶质的浓度与液体中溶质的浓度不同。电子控制器被构造成:测量混合溶液的粘度;以及开始重复混合和测量以获得多个溶质浓度的混合溶液的粘度值。

[0021] 在一些实施例中,粘度计包括试样注射器。该试样注射器被构造成将液体的连续流分配至粘度传感器。液体的连续流包括两个或更多个批次的测试液体。该两个或更多个批次的测试液体的任意两个相邻批次的测试液体由至少一个惰性液体隔开,该惰性液体与两个相邻批次的测试液体不可混溶。

[0022] 在一些实施例中,粘度计包括泵,该泵被构造成分配清洁溶液通过粘度传感器的液体流通道。

[0023] 在一些实施例中,粘度计被构造成与气体源联接并且提供气体通过液体流通道。

[0024] 在一些实施例中,粘度计被构造成通过使用预选择的参考液体而自校准。

[0025] 在一些实施例中,粘度计包括如下的一个或多个:pH计,密度计和电导率计。

[0026] 在一些实施例中,液体流通道包括矩形液体流通道。

[0027] 在一些实施例中,粘度传感器具有入口和出口,该入口被构造成与注射管联接,以及粘度计进一步包括与粘度传感器的出口联接的正压力源。

[0028] 根据一些实施例,用于执行粘度测量的方法包括:在包括具有液体流通道的粘度传感器的粘度计处,在已知流率下接收从注射管进入液体流通道中的液体。该粘度计进一步包括分配机构和电子控制器。至少两个压力传感器沿着液体流通道定位并且被构造成测量流动通过液体流通道的液体的压降。电子控制器被构造成控制分配机构的操作以及接收并处理数据。分配机构被构造成与注射管联接并且引起注射管中的液体在已知流率下到粘度传感器的分配。该方法还包括测量液体的粘度。

附图说明

[0029] 本发明的附加特征和优点通过下述详细说明结合附图将是明显的,该详细说明和附图一起通过示例的方式描述了示例性实施例的特征。

[0030] 图1是根据一些实施例的便携式粘度计的示意图。

[0031] 图2A是根据一些实施例的流通过粘度传感器的示意图。

[0032] 图2B是根据一些实施例的流通过粘度传感器的示意性横截面图。

[0033] 图2C是根据一些实施例的流通过粘度传感器的示意性横截面图。

[0034] 图3是根据一些实施例的可用在系统中的移液管的横截面图,其示出处于移液管的中间位置中的移液管柱塞。

[0035] 图4是根据一些实施例的图3中的移液管的类似横截面图,其示出处于在液体试样已经被抽吸至移液管中之前或者在液体试样已经从移液管中被分配之后的位置中的移液管柱塞。

- [0036] 图5是根据一些实施例的便携式粘度计的示意图。
- [0037] 图6A是根据一些实施例的粘度计的示意图。
- [0038] 图6B是根据一些实施例的粘度计的示意图。
- [0039] 图6C是根据一些实施例的粘度计的示意图。
- [0040] 图6D是根据一些实施例的粘度计的示意图。
- [0041] 图6E是根据一些实施例的粘度计的示意图。
- [0042] 图7是示出根据一些实施例的确定溶解温度的方法的曲线图。
- [0043] 图8A—图8C是展示根据一些实施例的测量液体的粘度的方法的流程图。
- [0044] 现将参考所述的示例性实施方式,并且在本文将使用具体语言来描述该示例性实施方式。然而要理解的是,并不由此旨在对本发明的范围进行限制。

具体实施方式

[0045] 根据一些实施例,描述了一种改进的粘度计,与现有技术的粘度计相比,其是便携的、更容易使用的、更精确的、以及具有更快速的测量液体试样的粘度的方法。参考图1,粘度计22包括:精密泵,总体上用附图标记20表示;用于供应液体试样的液体容器14,该液体试样期望进行粘度测量;流通过粘度传感器15;控制器18;以及显示器19。

[0046] 泵20结合所示的试样容器使用,该试样容器被称为移液管14,并且该移液管14具有移液管筒或主体13以及柱塞12,该柱塞可滑动地定位在移液管筒13中,并且柱塞端部24从筒13的端部延伸。移液管14借助安装机构28可以可移除地定位并保持在粘度计中,使得移液管能够被移除、填充有待测试的液体试样、并且然后被放回到粘度计的安装机构中,或者能够被移除并且用容纳待测试的液体试样的另一个类似移液管替换。该移液管可以被制造为一次性的,使得对于每一个液体试样来说,都使用新的清洁的移液管。泵包括:精密马达23;丝杠10,该丝杠由马达23通过驱动机构26(诸如齿轮驱动器或带驱动器)而可旋转;以及推回部11,该推回部安装在丝杠10上,当移液管14定位在粘度计上时,该推回部接触移液管柱塞端部24的末端25。推回部11响应于由马达23引起的丝杠10的旋转而沿丝杠10横向移动。

[0047] 在图3和图4中示出移液管构造的示例。移液管柱塞41具有柱塞头部42,该柱塞头部以密封且可滑动的方式容纳在移液管筒40中,端部45从移液管筒40的一端延伸。移液管筒和移液管柱塞都能够由塑料通过注射成型来制造。柱塞能够在筒40的内部前后滑动。为了最小化用试样液体填充移液管时的空气夹带,柱塞头部42的端部成形为紧贴地装配到液体流筒端部43中,如在图4所示,以最小化它们之间的任何空气隙44。在移液管处于如图4所示的情况下,移液管的液体流端部43能够被插入到其粘度待确定的液体中。使用者能够握持从移液管筒40延伸的柱塞41的端部45,并且将该柱塞从移液管筒的端部43回拉以将试样通过筒端部43中的开口抽吸到移液管筒中。图3示出从筒端部回拉以形成移液管筒中的空间46的柱塞41,该空间46将容纳被抽吸到移液管中的液体试样。当移液管柱塞41在移液管筒40中被继续回拉时,试样将继续被抽吸到增加的空间46中。当期望量的试样被抽吸到移液管筒中时,使用者停止回拉柱塞41。如果朝向筒40的液体流端部43推动柱塞41,那么空间46中的流体通过筒端部43中的开口从筒40被排出。

[0048] 流通过粘度传感器15包括液体入口连接器16和液体出口连接器21。如图1所示,从

移液管筒13的端部排出的液体通过液体入口连接器16被联接到粘度传感器15的液体入口。液体排出管17通过液体出口连接器21被联接,以引导液体远离粘度传感器15的液体出口。

[0049] 图2A示出根据一些实施例的流通过粘度传感器15的透视图。图2A还示出平面AA和BB,其被绘制以促进理解图2B和图2C。

[0050] 图2B是根据一些实施例的沿着平面AA(图2A所示)的流通过粘度传感器15的横截面图。

[0051] 参考图2B,流通过粘度传感器15包括液体流通道31,其中流通道入口35和流通道出口36形成在通道基板39中。流通道31具有矩形横截面,其中通道基板39提供流通道31的三个侧面,而留有一个敞开侧面。由压力传感器膜37和压力传感器基板30形成的整体式传感器板38结合通道基板39以封闭流通道31的敞开侧面。整体式传感器板38提供多个独立压力传感器,并且相对于通道基板39定位,以将至少两个独立压力传感器沿着流通道31足够远离通道入口35和通道出口36地隔开地定位,由此可以由压力传感器来测量通过流通道31的液体的完全展开流的压降。如上面所解释的,该压降与流动通过通道的液体的剪切应力成比例。剪切率与流率成比例。试样液体的粘性被计算为剪切应力除以剪切率。

[0052] 在图2B所示的实施例中,由整体式传感器板38沿着流通道31提供三个独立的压力传感器。每个独立的压力传感器由压力传感器膜37中的腔体33形成。当向在相应的腔体33上方延伸的压力传感器膜的部分34施加压力时,在相应的腔体33上方延伸的压力传感器膜37的该部分34将偏转到相应的腔体33中。到相应的腔体中的偏转量与由在流通道31中流动的液体施加到在相应的腔体上方的压力传感器膜上的压力成比例。

[0053] 检测器被设置在每个腔体中,用于检测进入到相应的腔体中的膜的位移,该膜的位移提供施加到在腔体上方的膜上的压力的量度。能够使用各种检测器,例如电容检测器,其中,一个电容器电极位于在腔体上方的压力传感器膜上,而另一个电容器电极位于覆盖该腔体的传感器基板30上。膜的位移使电容器电极更靠近彼此移动并且改变提供压力的量度的电容。将注意的是,沿着液体通道31的压力传感器膜37的表面是基本上平滑连续的表面,而没有单独的压力传感器被插入到该表面中以形成不规则或断续。这个平滑的通道表面对于获得精确的压力量度来说是重要的。压力传感器的更详细说明以及压力传感器构造和流通过粘度传感器的变形和不同实施例在美国专利文件第6,892,583号和第7,290,441号中被提供,这些专利文件通过全文引用的方式结合到本文中。围绕液体通道入口35附接到通道基板39的液体入口连接器16提供与加压试样液体(在此,为从移液管14排出的液体)源的连接,并且围绕液体通道出口36附接到通道基板39的液体出口连接器21提供与试样液体排出口或盛装贮存器的连接。

[0054] 图2C是根据一些实施例的沿着平面BB(图2A所示)的流通过粘度传感器15的横截面图。如图2C所示,在一些实施例中,在粘度传感器中限定多个液体流通道。在一些实施例中,至少两个压力传感器沿着多个液体流通道的两个或更多个液体流通道的每一个而定位。在一些其他实施例中,在粘度传感器中仅限定单个液体流通道。

[0055] 在一些实施例中,在单个基板上形成多个粘度传感器,并且单个基限定多个通道用于多个粘度传感器。在一些实施例中,在相应基板上形成多个粘度传感器的每个粘度传感器。

[0056] 返回参考图1,控制器18控制一个或多个微控制器或微处理器以及其他电气和电

子部件,用于控制粘度计和外围部件的操作、用于执行计算、用于控制能够显示测量粘度和其他信息(诸如粘度计的状态)的显示器19、以及用于与诸如其他计算机的其他设备通信以及传送数据。通信能够通过端口(诸如RS232或USB端口)进行,或者能够通过无线或其他通信方式进行。控制器18一般将包括接口装置,例如键盘、触摸按钮板或键板、外部计算机、或诸如按钮、鼠标或显示器19中的触摸屏的其他数据输入装置,由此使用者能够将控制和其他指令以及信息输入到控制器中。

[0057] 为了测量液体的试样的粘度,其粘度待确定的液体的试样在液体试样盛装移液管中被获得。移液管中的液体的试样能够由粘度计的使用者从液体源抽回到移液管中,或者能够以其他方式供应到粘度计的使用者而到移液管中。如图1所示,移液管14被安装在粘度计22中并且通过安装机构28在粘度计中被保持就位。然后,控制器被启动以控制粘度计,以得到粘度量度。控制器将操作马达23,以使得推回部11前进到如图1所示的靠着移液管柱塞的末端25的位置。替代地,当移液管在启动控制器之前被安装在粘度计中时,推回部11可以由使用者诸如手动地定位。

[0058] 在推回部11靠着移液管柱塞的末端25定位的情况下,控制器控制马达23以便使丝杠10旋转,从而使推回部11和移液管柱塞12在期望速度或多个速度下前进,以将液体在已知的期望流率或多个流率下从移液管排出。当柱塞移动时,液体被迫从移液管进入粘度传感器15中并且流动通过流通道31,在该流通道中,通过整体式压力传感器38的压力传感器测量液体的完全展开流的压降。该压力被测量作为沿着流通道31将传感器膜部分34偏转到相应的腔体33中的压力传感器的相应膜部分上方的局部压力。沿着流通道31测量的压降(沿着流通道的相继压力传感器之间测量的压差)与在特定流率下的液体的粘度成比例。如果试样粘度随着流率而变化,则然后控制装置可以被指示以在流停止或流不停止的情况下顺序分配具有不同流率的液体。当压力值被获取并且粘度值被计算为流率的函数时,以已知的方式校正非牛顿粘度的关系。所测量的粘度可以被显示在显示器19上、可以被存储在控制器存储器或辅助存储器中、和/或被传送到远程存储器或计算机。

[0059] 当液体以最初设定流率(或剪切速率)被注入到粘度传感器15的液体流通道31中时,粘度计感测液体流通道31内部的压力。控制器能够被编程以确定压力水平对于粘度量度的最高精度或确保精度来说是否是最优的。如果压力水平太低,那么控制器确定并设置下一流率值并且将流率提升(ramps up)到新的设定值。控制器继续迭代以达到用于该具体的粘度量度的最优流率。以此方式,能够精确且自动地测量未知液体的粘度。

[0060] 当已经获得用于液体的试样的粘度量度或多个量度时,推回部11被操作以使其移回到下述位置:该位置允许用过的移液管被移除并且其中具有用于测试的新液体试样的新移液管被插入到该粘度计中。具有待测试的新液体试样的移液管可以是新的一次性移液管或者是再装载的用过的移液管。对于新的粘度测量,控制器如上所述地操作粘度计以确定新液体试样的粘度。在该测试中,来自新试样的液体取代粘度传感器15中的来自旧试样的液体。以此方式,不需要清洁粘度传感器。如果待测试的两种相继液体是不相容或是可混溶的,那么在将新液体分配到粘度传感器15中之前,需要用与这两种液体都相容的清洁液体来清洁粘度传感器15。这种清洁能够在被测试的两种液体之间如下进行:将容纳清洁液体的移液管装载到粘度计中,并且操作该粘度计以迫使清洁液体通过该粘度传感器15。

[0061] 粘度计22可以由电池(诸如可再充电电池)来供电,使得该粘度计是真正便携的;

或者当粘度计22在各个位置之间移动时,通过将该粘度计连接到电源来向该粘度计供电。

[0062] 在一些情况下,可以期望的是控制其粘度正被测量的液体的温度。如果期望温度控制,那么粘度计22、粘度传感器15和/或移液管14中的试样可以利用基于帕尔贴(Peltier)的温度控制装置或其他通常接受的温度控制装置在设定温度下被调节。例如,如图5所示,该图与图1类似,温度控制装置50可以设置在移液管安装机构28中或与移液管安装机构28接触,以便当移液管被安装在安装机构28中时,加热或冷却液体试样盛装移液管14以及含在其中的液体试样。取决于温度控制装置50被如何安装在移液管安装机构28中,移液管安装机构还可以被加热或冷却到设定温度。可能需要一些时间以使移液管中的试样达到设定温度。类似地,温度控制装置52可以设置在粘度传感器15中或与粘度传感器15接触,以便加热或冷却粘度传感器15的材料形成流通道31以及将该材料形成流通道31的温度维持在设定温度下。这将趋于将流动通过流通道31的材料维持在大致设定温度下。如所示,温度控制装置可以是帕尔贴装置或其他已知的温度控制装置。另外,温度传感器能够被定位成测量在粘度计的各个位置处的试样液体的温度。例如,温度传感器能够被包括在沿着流通道31的传感器膜37的一个或多个位置处,如在本申请人的在先引用的专利文件中所示。不是如上所述地单独控制粘度计22的单独部件的温度,而是可以将粘度计22或其待温度控制的部分安装在壳体中,其中,该壳体内的温度以及因此在该壳体内的整个粘度计或其部分的温度一起被温度控制。

[0063] 如本申请人的在先引用的专利文件所示,流通过粘度传感器很小,通常由用于微制造工艺中的半导体材料或其他材料构造而成。例如,压力传感器膜可以是硅晶片的一部分,而压力传感器基板和通道基板可以是硅酸盐玻璃晶片的部分。流通道典型地能够小至大约十微米的宽度以及大约一微米的深度,以及长度短至大约一百微米。因此,流通道粘度传感器很小,并且小的试样尺寸能够被用于确定粘度。流通过粘度传感器的这个小的尺寸以及用于粘度测试所需的试样的小的量意味着,诸如移液管和泵的其他粘度计部件也能够被制造得相对小,使得粘度计能够容易地被制造为相对小的便携式单元。

[0064] 不是制造便携式粘度计,相同的粘度计构造能够被用于提供静态粘度计,在这里,待测试的液体的试样能够从不同移液管的不同位置被收集,并且然后被传送到粘度计并且在粘度计的位置处被测试。

[0065] 如果需要的话,用于经常被测量或可能被测量的液体的公开的或以其他方式已知的粘度值的数据库能够被存储在粘度计控制器的存储器中。在这样的数据库可用的情况下,使用者能够从用于选定液体的数据库中容易地显示已知的粘度值,并且将其与针对被认为是已知液体的试样液体所测量的粘度值比较。公开值和测量值之间的差异能够表明测试液体不是其被认为的液体或者能够表明粘度计存在问题,使得能够检查粘度计。此外,出于各种原因,对于使用者可能有利的是,不时地访问除了此时正被测试的液体之外的特定液体的已知粘度值。另外,粘度计可以利用适当的标识来存储所测量的粘度值的历史,该历史同样可能由粘度计的使用者用于各种目的。例如,利用这样的所测量的粘度值的历史,使用者能够比较在不同时间用于制造工艺的液体成分的粘度,以确保该液体成分处于液体成分所需的规格内,或者能够确定该成分的粘度值并且将其与所形成的产品的具体期望属性相关联。

[0066] 虽然示出了泵的说明性实施例并且在一些实施例中将其描述为包括马达、丝杠、

以及使柱塞在移液管中移动的推回部,但是可以使用用于使柱塞在移液管中移动的各种其他装置或者可以使用用于从试样容器中提供试样液体的精确排出的各种其他装置。

[0067] 图6A是根据一些实施例的粘度计的示意图。

[0068] 图6A示出粘度计包括粘度传感器模块610。在一些实施例中,粘度传感器模块610包括单个粘度传感器。在一些实施例中,粘度传感器模块610包括多个粘度传感器。在一些实施例中,粘度传感器具有液体流通道和至少两个压力传感器。该至少两个压力传感器沿着液体流通道定位(例如,第一压力传感器位于液体流通道中的上游位置处,以及第二压力传感器位于液体流通道中的下游位置处),并且被构造成测量流动通过该流通道的液体的压降。

[0069] 如图6A所示,粘度计还包括分配机构630(例如,精密泵20,图1)。在一些实施例中,分配机构630被构造成与注射管620(例如,移液管)联接。在一些实施例中,分配机构630被构造成与注射管620可移除地联接。分配机构630被构造成引起液体在已知的流率下从注射管620到粘度传感器的分配。在一些实施例中,注射管620与粘度传感器联接。在一些实施例中,注射管620与粘度传感器可移除地联接。

[0070] 图6A还示出的是,粘度计包括电子控制器660,该电子控制器被构造成控制分配机构630的操作以及从粘度传感器模块610(或在粘度传感器模块610中的一个或多个粘度传感器)接收数据并处理数据。

[0071] 在一些实施例中,分配机构630包括自动取样器。在一些实施例中,该自动取样器被构造成从多个容器(例如,管、小瓶或板中的孔)收集液体试样,并且随后分配所收集的液体试样(例如,分配来自第一容器的第一液体试样,接着分配来自第二容器的第二液体,等等)。

[0072] 在一些实施例中,粘度计包括选择阀650。在一些实施例中,选择阀650在一端处与粘度传感器模块610(或者粘度传感器模块610中的粘度传感器)的入口联接,并且在另一端处与注射管620联接。典型地,选择阀650位于粘度传感器模块610和注射管620之间。在一些实施例中,选择阀650被构造成从注射管620之外的一个或多个源接收气体和液体的一个或多个。下面关于图6C和图6E对此进行描述。在一些实施例中,电子控制器660被构造成控制选择阀650的操作。

[0073] 在一些实施例中,电子控制器660被构造成存储预选择的液体的预定粘度值(例如,在电子控制器660的非易失性存储器中,或者在位于粘度计中或远离粘度计的单独的存储装置中)。在一些实施例中,预选择的液体的预定粘度值被用于识别由粘度计测量其粘度的液体。

[0074] 在一些实施例中,粘度计还包括出口模块670。出口模块670与粘度传感器模块610的出口(或者在粘度传感器模块610中的粘度传感器的出口)联接。在一些实施例中,出口模块670与在粘度传感器模块610中的粘度传感器的一个或多个出口联接。

[0075] 图6B是根据一些实施例的粘度计的示意图。图6B所示的粘度计包括上面关于图6A所描述的粘度传感器模块610,分配机构630,以及电子控制器660。在一些实施例中,上面关于图6A如描述的某些特征适用于图6B。为了简洁,在本文中不重复这些特征。

[0076] 图6B示出的是,在一些实施例中,粘度传感器模块610包括粘度传感器612。图6B还示出的是,在一些实施例中,粘度传感器模块610包括试样预调节器614。

[0077] 在一些实施例中,试样预调节器614包括温度控制装置(例如,热电装置,特别是,诸如帕尔贴装置的固态热电装置,其被构造用于冷却、加热或该两者)。在一些实施例中,试样预调节器614被构造成使用温度控制装置控制试样液体的温度。在一些实施例中,试样预调节器614包括温度传感器以测量试样液体的温度。

[0078] 在一些实施例中,在粘度传感器模块610中的粘度传感器612与温度控制装置联接。与粘度传感器612联接的温度控制装置被构造成控制粘度传感器612的温度。在一些实施例中,粘度传感器612与温度传感器联接。在一些实施例中,粘度传感器模块610与温度控制装置联接。与粘度传感器模块610联接的温度控制装置被构造成控制粘度传感器模块610的温度。在一些实施例中,粘度传感器模块610与温度传感器联接。在一些实施例中,注射管620与温度控制装置联接。与注射管620联接的温度控制装置被构造成控制注射管620的温度。在一些实施例中,注射管620与温度传感器联接。

[0079] 在一些实施例中,电子控制器660被构造成引起上述一个或多个温度控制装置的操作(例如,加热操作或冷却操作)。在一些实施例中,电子控制器660被构造成从上述一个或多个温度传感器接收温度信息。

[0080] 在一些实施例中,注射管620包括筒622和柱塞624(也称作活塞)的一个或多个。例如,在一些实施例中,注射管620包括筒622和柱塞624二者以分配液体到粘度传感器。在一些实施例中,注射管620包括筒622而不包括柱塞624,液体通过该筒被分配至粘度计。

[0081] 在一些实施例中,分配机构630包括转接器632、马达634、以及丝杠636的一个或多个。在一些实施例中,丝杠636与马达634和转接器632联接。例如,在一些实施例中,马达634的旋转引起丝杠636的旋转,这进而引起转接器632沿着丝杠636的纵向方向的线性移动。在一些实施例中,转接器632被构造成与注射管620的柱塞624配合。在一些实施例中,转接器632被构造成与注射管620的柱塞624可拆卸地配合。例如,在一些实施例中,马达634的旋转引起柱塞624的线性移动。

[0082] 图6B还示出的是,在一些实施例中,粘度计包括试样装载接口626。在一些实施例中,注射管620与试样装载接口626联接。在一些实施例中,注射管620包括试样装载接口626。在一些其他实施例中,选择阀650包括试样装载接口626。在一些实施例中,选择阀650与试样装载接口626联接。在一些实施例中,分配机构630包括试样装载接口626。在一些实施例中,分配机构630被构造成与试样装载接口626联接。例如,在一些实施例中,分配机构630包括蠕动泵,该蠕动泵引起通过试样装载接口626接收的液体被分配到粘度计(例如,通过注射管620)。在这样的实施例中,粘度计不需要柱塞(因此,在一些实施例中,注射管620不包括柱塞)。

[0083] 在一些实施例中,出口模块670包括如下的一个或多个:正压力源672,pH计674,电导率计676,以及密度计678。pH计674被构造成测量液体的pH。当在本文中使用时,pH表示液体的酸性或碱性的量度。密度计678被构造成测量液体的密度。电导率计676被构造成测量液体的电导率。在一些实施例中,pH计674被构造成在测量液体的粘度(例如,由粘度计)的同时测量液体的pH。在一些实施例中,密度计678被构造成在测量液体的粘度(例如,由粘度计)的同时测量液体的密度。在一些实施例中,电导率计676被构造成在测量液体的粘度(例如,由粘度计)的同时测量液体的电导率。

[0084] 在一些实施例中,正压力源672包括泵。在一些实施例中,该泵被构造成将预先限

定的压力提供到粘度传感器模块610(或在粘度模块610中的粘度传感器612)的出口。在一些实施例中,正压力源672包括加压气体源(例如加压储气罐,诸如氮气罐,或者提供加压空气的泵)。在一些实施例中,由正压力源672提供到粘度传感器模块610的出口的压力使得在粘度传感器模块610(或在粘度模块610中的粘度传感器612)中的液体朝向注射管620移动。在一些情形中,施加来自注射管620的负压力(例如,通过拉柱塞624)以将粘度传感器612中的液体移动到注射管620损坏粘度传感器612中的压力传感器(例如,在一些情形中,由来自注射管620的吸收而创建的真空损坏粘度传感器612中的压力传感器)。因此,施加正压力到粘度传感器612的出口能够实现,在不施加负压力时到粘度传感器612的情况下将粘度传感器612中的液体移动到注射管620,由此避免对于粘度传感器612中的压力传感器的损坏。在一些实施例中,施加到粘度传感器612的出口的正压力以及施加到粘度传感器612的入口的负压力都被用于将粘度传感器612中的液体移动到注射管620。在这样的实施例中,在不施加正压力到粘度传感器612的出口的情况下,施加到粘度传感器612的入口的负压力小于将粘度传感器612中的液体移动到注射管612所需的负压力,由此减小对粘度传感器612中的压力传感器的损坏。

[0085] 在一些实施例中,由正压力源672提供的压力受电子控制器660控制。例如,当正压力源672包括泵时,电子控制器660被构造成控制泵的操作(例如,起动和终止)。在另一个实施例中,当正压力源672包括带有控制阀的加压气体源时,电子控制器660被构造成控制控制阀的操作(例如,打开和关闭)。在一些实施例中,正压力源672包括废物容器。

[0086] 能够以多种方式将液体提供至粘度计。

[0087] 在一些实施例中,在将液体分配到粘度模块610之前,首先将液体提供到注射管中。在一些实施例中,筒622包括侧端口,筒622通过该侧端口与试样装载接口626联接。在一些实施例中,柱塞624被移动至端部位置,由此允许通过试样装载接口626而将试样装载到筒622中。然后液体被注入到筒622中。在一些情形中,被注入的液体填充注射管620(或者注射管620的筒622)。通过移动分配机构630的转接器632,柱塞624被移动以开始将液体注入到粘度传感器模块610。通过控制转接器632的速度(以及因此控制柱塞624的速度),从而控制在粘度传感器612内的液体的流率和剪切率。

[0088] 在一些实施例中,被注入的液体被抽回至注射管620。如果液体的体积受限或者液体待重复使用的话,这是通常是需要的。在该情形中,通过转接器632的移动而拉柱塞624。在一些实施例中,正压力源672(或者由正压力源672施加的正压力)被用于促进被注入的液体的抽回。特别地,正压力源672(或由正压力源672施加的正压力)极大地提高被注入液体的抽回速度。因此,在一些实施例中,被注入的液体主要由正压力源672所施加的压力抽回到注射管620。在一些实施例中,被注入的液体仅由正压力源672所施加的压力抽回到注射管620。

[0089] 在一些实施例中,自动取样器被用于向粘度计提供液体。自动取样器被构造成容纳一系列小瓶或孔(例如,在96孔板中的孔)。该一系列小瓶或孔包括用于粘度测量的相应液体。自动取样器被构造成将小瓶或孔中的液体抽吸到注射器的注射管中(其在一些实施例中与注射管620不同),并且然后移动注射器的注射管到试样装载接口626以将液体装载到注射管620。在一些实施例中,粘度计与液体处理设备联接,该液体处理设备用于无人值守地测试许多试样。在一些实施例中,液体处理设备被构造成从托盘或孔板(例如,96孔板

或384孔板)中的小瓶抽回试样溶液。

[0090] 在一些实施例中,注射管620和分配机构630是自动取样器的整体部件。自动取样器被构造成定位注射管620用于将液体抽吸到注射管620中,并且被构造成使用分配机构630开始将液体装载到注射管620中。自动取样器被构造成,在将液体装载到注射管620之后,移动并定位注射管620用于将液体分配到粘度传感器模块610的入口中,并且使用分配机构630在受控流率下开始分配液体用于粘度测量。在一些实施例中,所有这些操作由电子控制器控制。在一些实施例中,一个或多个测得的粘度值被显示。在一些实施例中,这些操作是完全自动的并且重复用于多种液体,这增加了粘度测量的流通量。

[0091] 在一些实施例中,通过位于粘度传感器模块610和注射管620之间的选择阀650装载液体。在一些实施例中,选择阀650具有多于两个的端口。例如,在一些实施例中,使用两位三通阀(two-position three-port valve)。第一端口与粘度传感器模块610联接,第二端口与注射管620联接,以及第三端口用于接收液体。当阀处于第一位置时,第三端口和第二端口流体地连接(例如,提供到第三端口中的液体通过第二端口流入注射管620中),同时第一端口流体地断开连接(例如,提供到第三端口中的液体或者连接到第二端口的注射管620中的液体没有流入粘度传感器模块610中)。当阀处于第二位置时,第一端口和第二端口流体地连接(例如,连接到第二端口的注射管620中的液体流入连接到第一端口的粘度传感器模块610中),同时第三端口流体地断开连接(例如,提供到第三端口中的液体没有流入连接到第一端口的粘度传感器模块610或连接到第二端口的注射管620中)。而阀处于第一位置时,拉柱塞624以将液体从第三端口抽吸到注射管620。在一些实施例中,当邻近于柱塞624的端部形成空气隙时,能够通过试样装载接口626提供额外的液体以移除空气隙。在将液体装载到注射管620中之后,阀切换到第二位置中,由此流体地连接注射管620和粘度传感器模块610。然后分配机构630使得液体在受控速度或剪切率下分配到粘度传感器模块610中用于粘度测量。

[0092] 在一些实施例中,注射管620包括注射阀的组合。在一些实施例中,注射管620包括不带有柱塞624或筒的注射阀的组合。注射阀的组合促进液体的半连续测试。在一些实施例中,液体(在本文中也称作试样液体)被提供到注射阀的试样回路,接着将液体注入到液体流。在一些实施例中,重复将液体装载到试样回路并且将液体注入到液体流。该重复能够实现半连续的粘度测量。

[0093] 在一些实施例中,试样液体由流动洗脱液(mobile eluent)环绕。在一些实施例中,流动洗脱液与试样液体是可混溶的。在一些实施例中,流动洗脱液与试样液体是不可混溶的。例如,碳氟化合物是优秀的洗脱液。在一些实施例中,流动洗脱液由不可混溶的液体源682提供,下面参考图6C对其进行描述。

[0094] 在一些实施例中,直接地将液体装载到注射管620中,而没有使用试样装载接口626。例如,在一些实施例中,注射管620与粘度传感器模块610分离,并且注射管620的一端(与注射管620的柱塞624相对的一端)被插入到试样液体中。通过抽回柱塞624而将试样液体装载到注射管620中。然后移动注射管620以与粘度传感器模块610的入口联接。在注射管620与粘度传感器模块610的入口联接之后,注入试样液体用于粘度测量。在一些实施例中,使用输送装置(例如,自动取样器中的机械臂)定位并上下移动正向(positive)注射管是可利用的。

[0095] 在本文中所描述的粘度计能够工作在高压环境下(例如,如果粘度传感器612中的压力传感器被构造成仅探测传感器膜33上方(图2B)和传感器膜33下方的之间的压力差的话,则压力高达30,000 psi)。这能够通过传感器膜(33)下方形成通风线路31(图2B)而实现。通风线路在粘度传感器所承受的任何压力条件下使膜上方(37,图2B)和下方(33)的压力平衡。当液体在受控流率下流动通过流通道(34,35,36,图2B)时,液体的粘度增加了膜上方(37)的压力。该压力增量由芯片(39,图2B)精确地测量。

[0096] 在一些实施例中,注射管620中的液体维持在预选择的压力下。在一些实施例中,分配机构630维持在预选择的压力下。这是重要的,因为,在某些液体的情况下,液体的粘度取决于液体的压力而变化。在这样的液体的情况下,注射管中的液体需要被保持在期望的压力条件下用于精确的粘度测量。例如,在提取工艺(例如,从深井中)期间,油的粘度对于石油操作是非常有用的。在抽取工艺期间,深井中的油典型地维持在高压下(例如,在深井中的现场压力典型地处于高于大气压力的压力下)。然而,在低压(例如,大气压力)下测量油的粘度是不精确的,因为在高压下溶解在油中的油中的挥发物在低压下蒸发并且改变了油的粘度。在挥发物已经蒸发之后,不能通过将油再加压至高压而简单地逆转该过程。因此,在这样的应用中,注射管中的液体需要维持在预选择的压力下用于精确的粘度测量。

[0097] 图6C是根据一些实施例的粘度计的示意图。图6C中所示的粘度计包括上面参考图6A和图6B所描述的粘度传感器模块610,分配机构630,以及电子控制器660。在一些实施例中,上面参考图6A和图6B所描述的某些特征适用于图6C。为了简洁,在本文中不再重复这些特征。

[0098] 图6C中的粘度计还包括上面参考图6B所描述的选择阀650。

[0099] 在一些实施例中,选择阀650与第二注射管680联接。在一些实施例中,粘度计包括第二注射管680。在一些实施例中,注射管620被构造成提供第一液体,以及第二注射管680被构造成提供第二液体。在一些实施例中,第一液体包括第一类型的蛋白质,以及第二液体包括第二类型的蛋白质。

[0100] 在一些实施例中,第二注射管680与第二分配机构690联接。在一些实施例中,第二注射管680与分配机构630联接,该分配机构也与注射管620联接。

[0101] 在一些情形中,需要测量液体混合物的粘度。在一些实施例中,在测量混合物的粘度之前首先离线混合液体。在一些实施例中,粘度计包括被构造成在线混合多个液体的混合器。在一些实施例中,粘度计通过调节混合比例(例如,液体的流率的比例)测量混合物的粘度作为浓度的函数。在一些实施例中,如果使用外部泵分配液体的话,则通过改变一个或多个液体的泵送率而改变液体的混合比例。例如,第一液体是溶剂,以及第二液体是在高浓度下溶解在该溶剂中的聚合物的溶液。通过改变混合比例,混合物的粘度能够被测量作为聚合物浓度的函数。在一些实施例中,混合物被直接地注入到粘度传感器模块610的入口。在一些其他实施例中,混合物首先被注入到注射管620。在一些实施例中,选择阀650被用于混合液体。例如,在一些实施例中,选择阀650包括被构造成调节多个液体的流率比例的多端口可变流率阀。

[0102] 在一些实施例中,选择阀650与不可混溶液体源682联接。在一些实施例中,不可混溶液体源682包括泵以及被构造成存储不可混溶液体的贮存器。不可混溶液体源682被构造成提供与注射管620和第二注射管680中的液体不可混溶的液体。例如,当注射管620和第二

注射管680包括极性液体(例如,水)时,不可混溶液体源682被构造成提供非极性液体。在一些实施例中,电子控制器660被构造成控制不可混溶液体源682的操作。在一些实施例中,电子控制器660被构造成在进入粘度传感器模块610的两个液体试样之间开始提供不可混溶液体。在两个液体试样之间提供不可混溶液体防止两个液体试样之间的混合。

[0103] 图6D是根据一些实施例的粘度计的示意图。图6D所示的粘度计包括上面参考图6A和图6B所描述的粘度传感器模块610,分配机构630,以及电子控制器660。图6D还示出上面参考图6A和图6B所描述的注射管620。在一些实施例中,粘度计包括上面参考图6A—图6C所描述的选择阀650。在一些实施例中,上面参考图6A—图6C所描述的某些特征适用于图6D。例如,在一些实施例中,图6D所示的粘度计包括如下的一个或多个:第二注射管680(图6C)和第二分配机构690(图6C)。为了简洁,在本文中不重复这些特征。

[0104] 在图6D中,粘度计还包括输送装置692,该输送装置被构造成与注射管620以及分配机构660联接。在一些实施例中,输送装置692被构造成在第一位置和第二位置之间移动注射管620,该第一位置用于将测试液体抽吸到注射管620中(例如,图6D所示的注射管620的位置),该第二位置用于将注射管620联接到粘度传感器模块610(或粘度传感器模块610中的粘度传感器)(例如,图6B所示的注射管620的位置)。如图6B和图6D所示,第二位置(用于将注射管620联接到粘度传感器模块610,图6B)与第一位置(用于将测试液体抽吸到注射管620中,图6D)不同。在一些实施例中,输送装置692被构造成独立于使用者的干涉(例如,在没有来自使用者手动输入的情况下)地在第一位置和第二位置之间移动注射管620。在一些实施例中,电子控制器660被构造成控制输送装置692的操作。

[0105] 在一些实施例中,当位于第一位置时,注射管620与测试液体容器696(例如小瓶、管、瓶子等)中的测试液体接触。在一些实施例中,分配机构630被启动以开始将测试液体抽吸到注射管620中(例如,通过回拉注射管620的柱塞)。

[0106] 在一些实施例中,输送装置692包括机械臂。在一些实施例中,输送装置692包括一个或多个旋转接头。在一些实施例中,输送装置692包括一个或多个轨道694。在一些实施例中,输送装置692包括用于在第一位置和第二位置之间移动注射管620的带和滑轮机构。在一些实施例中,电子控制器660被构造成控制输送装置692。

[0107] 图6E是根据一些实施例的粘度计的示意图。图6E所示的粘度计包括上面参考图6A和图6B所描述的粘度传感器模块610,分配机构630,以及电子控制器660。图6D还示出上面参考图6A和图6B所描述的注射管620。在一些实施例中,粘度计包括上面参考图6A—图6C所描述的选择阀650。在一些实施例中,上面参考图6A—图6D所描述的某些特征适用于图6E。例如,在一些实施例中,图6E所示的粘度计包括输送装置692(图6D)。在另一个示例中,在一些实施例中,图6E所示的粘度计包括第二注射管680(图6C)和第二分配机构690(图6C)。为了简洁,在本文中不重复这些特征。

[0108] 在一些实施例中,选择阀650联接如下的一个或多个:清洁溶液源697,气体源698以及参考液体源699。在一些实施例中,清洁溶液源697、气体源698以及参考液体源699中的至少一个包括泵以及被构造成存储相应气体或液体的贮存器。

[0109] 在一些实施例中,清洁溶液源697被构造成提供清洁溶液。例如,在一些实施例中,清洁溶液源697向选择阀650提供清洁溶液以清洁选择阀650。在一些实施例中,清洁溶液源697提供清洁溶液以清洁粘度传感器模块610(或粘度传感器模块610中的粘度传感器,以及

特别地,粘度传感器的液体流通道)。在一些实施例中,清洁溶液源697提供清洁溶液以清洁注射管620。在一些实施例中,可混溶和挥发性溶液用作清洁溶液,由此能够实现清洁溶液的更快的蒸发。

[0110] 在一些实施例中,气体源698被构造成提供气体。在一些实施例中,由气体源698提供的气体是干燥气体(例如,干燥氮气和清洁的干燥空气,注入-100°F露点的空气)。在一些实施例中,气体源698向选择阀650提供气体以干燥选择阀650。例如,利用该气体干燥任何剩余液体(例如,清洁溶液)。在一些实施例中,气体源698提供气体以干燥粘度传感器模块610(或粘度传感器模块610中的粘度传感器)。在一些实施例中,气体源698提供气体以干燥注射管620。

[0111] 在一些实施例中,参考液体源699被构造成提供参考液体。在一些实施例中,参考液体是已知粘度的液体(例如,在一个或多个测量条件下,诸如在一个或多个温度下)。在一些实施例中,参考液体源699向粘度传感器模块610(或粘度传感器模块610中的粘度传感器)提供参考液体。在一些实施例中,粘度传感器模块610在一个或多个测量条件下测量参考液体的粘度用于校准。

[0112] 在一些实施例中,电子控制器660被构造成控制清洁溶液源697的操作。在一些实施例中,电子控制器660被构造成控制气体源698的操作。在一些实施例中,电子控制器660被构造成控制参考液体源699的操作。在一些实施例中,电子控制器660被构造成响应于粘度测量的完成而开始提供清洁溶液。在一些实施例中,电子控制器660被构造成响应于提供清洁溶液的完成而开始提供气体。在一些实施例中,电子控制器660被构造成在两个液体试样之间提供参考液体。在一些实施例中,电子控制器660被构造成响应于提供参考液体的完成而开始提供清洁溶液和气体的一个或多个。

[0113] 粘度计能够被用于各种应用。在一些实施例中,粘度计被用于确定高分子的分子大小(或分子量)。固有粘度与分子的大小相关。固有粘度 $[\eta]$ 由以下方程式计算:

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \left(\frac{\eta - \eta_s}{c\eta_s} \right)$$

[0115] 其中, η_s 是溶剂的粘度, c 是溶质(例如,高分子)的浓度, η 是溶液的粘度,该溶液包括溶剂和溶质。为了测量固有粘度,具有不同溶质浓度的溶液的粘度值被测量。在一些实施例中,通过趋近溶质的零浓度而推断测得的粘度值,固有粘度被确定。

[0116] 在一些实施例中,通过将高分子溶质与溶剂在溶质的不同浓度下混合而制备一组溶液。在一些实施例中,离线制备该组溶液(例如,在粘度计外)。在一些其他实施例中,在线制备该组溶液。在一些实施例中,使用粘度计中的混合器制备该组溶液。例如,第一注射管装载有高溶质浓度下的溶液(在本文中也称作储备溶液),以及第二注射管装载有具有低溶质浓度的溶液或不包括溶质的溶液(例如,溶剂)。通过改变流率,在第一和第二注射管中的溶液在该流率下被提供,获得具有不同溶质浓度的混合物。以此方式,能够连续地或者以离散的方式改变浓度。

[0117] 根据Mark-Houwink-Sakurada方程式,固有粘度与高分子的分子量相关:

$$[\eta] = KM^a$$

[0119] 其中, M 是分子量,以及 K 和 a 是仅取决于溶液温度的参数。因此,在一些实施例中,

使用Mark-Houwink-Sakurada方程式,从溶液的固有粘度以及用于溶液温度的K和a的值而确定高分子(例如,蛋白质)的分子量。在一些实施例中,粘度计存储多个温度的K和a的预定值。

[0120] 在一些实施例中,粘度计被用于确定蛋白质(例如,高分子蛋白质)的溶解温度。蛋白质的溶解温度被限定为蛋白质变得变性时所处的阈值温度。在溶解温度下,蛋白质典型地失去其功能(通常被描述为其功效的损失)。已知蛋白质的溶解温度与溶液中的蛋白质的稳定性相关。因此,蛋白质的溶解温度在生物和化学反应中具有极大的重要性。圆二色性和差示扫描量热法已经被用于测量蛋白质的溶解温度。然而,这些传统方法具有局限性。例如,在许多实际应用中,蛋白质浓度低,这使得由这些传统方法进行精确测量具有挑战性。此外,在确定蛋白质的溶解温度中,溶液经受恒定温度的滞留时间或持续时间是重要参数。利用传统方法,蛋白质的温度在恒定的扫描率下斜坡(ramped)上升或下降,滞留时间无法独立地被改变,由此使得溶解温度的精确确定具有挑战性。另外,将溶液的粘度的变化与溶液中蛋白质的溶解温度相关仍旧具有挑战性。实际上,传统的流变仪中的溶液保持暴露于空气,并且溶液中的溶剂的蒸发以及蛋白质的永久变性导致不精确的粘度测量。其他传统方法,诸如基于圆二色性的传统方法无法测量具有高蛋白质浓度的溶液的粘度。

[0121] 总之,代替固有粘度,传统的粘度计测量表观粘度,并且要求大的液体体积。在传统粘度计的情况下的大的液体体积要求还增加清洁时间以及清洁溶液的所浪费的体积。不同于传统粘度计,在本文中所描述的粘度计被构造成精确地测量蛋白质的溶解温度。在至少一个方面中,溶液完全封闭于在本文中所描述的粘度计中,溶液(或溶液中的溶质)的蒸发为零。因此,溶质浓度被精确地保留用于高精度的粘度测量。

[0122] 在一些实施例中,高分子的粘度被测量作为温度的函数。图7是示出根据一些实施例的确定溶解温度的方法的曲线图。图7示出多个温度的磷酸盐缓冲液(PBS)的粘度(用圆形标记表示)。如图7所示,磷酸盐缓冲液的粘度随着温度升高而单调下降。图7还示出,在62℃及以下的温度范围内,牛丙种球蛋白溶液的粘度(例如,3mg/ml牛丙种球蛋白溶液)随着的温度升高而降低(用方形标记表示)。图7进一步示出在64℃及以上球蛋白溶液的粘度稳定或增加。在该粘度的稳定或增加点处的温度与溶解温度相关。因此,在这个示例中,球蛋白的溶解温度被确定为64℃。

[0123] 图8A—图8C是表示根据一些实施例的测量液体粘度的方法800的流程图。

[0124] 在一些实施例中,独立于使用者的干涉(例如,在没有使用者的干涉的情况下),由粘度计执行如下操作的每一个。

[0125] 在一些实施例中,该方法包括(802)将注射管与粘度传感器联接(例如,在图6B中,注射管620与粘度传感器模块610中的粘度传感器612联接)。在一些实施例中,注射管与粘度传感器连通联接,使得注射管被构造成将液体分配到粘度传感器(例如,粘度传感器中的液体流通道)。

[0126] 在一些实施例中,注射管包括试样装载接口(例如,在图6B中,注射管620包括试样装载接口626)。

[0127] 在一些实施例中,该方法包括(804)独立于使用者的干涉而在第一位置和第二位置之间移动注射管,该第一位置用于将测试液体抽吸到注射管中,该第二位置用于将注射管联接至粘度传感器。第二位置与第一位置不同。例如,如图6B和图6D所示,注射管620在第

一位置(如图6D所示)与第二位置(如图6B所示)之间移动。

[0128] 在一些实施例中,在第一位置和第二位置之间移动注射管包括(806)使用输送装置在第一位置和第二位置之间移动注射管。例如,如图6D所示,使用输送装置(例如,机械臂)在第一位置和第二位置之间移动注射管。图6B没有示出输送装置692,但是本领域普通技术人员将理解的是,输送装置692能够将注射管从图6D所示的第一位置移动至图6B所示的第二位置。

[0129] 在一些实施例中,该方法包括(808)独立于使用者的干涉而将测试液体抽吸到注射管中。在一些实施例中,如图6D所示,分配机构630被用于通过拉注射管620的柱塞而将测试液体抽吸到注射管620中。在一些实施例中,测试液体被存储在加压容器中并且在不使用分配机构630的情况下被迫使进入注射管620中。

[0130] 该方法包括(810)在包括带有液体流通道的粘度传感器(例如,粘度传感器612,图6B)的粘度计处,在已知流率下接收从注射管进入液体流通道的液体。该粘度计包括分配机构(例如,分配机构630,图6B)和电子控制器(例如,电子控制器660,图6B)。至少两个压力传感器沿着液体流通道定位并且被构造成测量通过液体流通道的液体的压降(例如,图2B)。电子控制器(例如,电子控制器660,图6B)被构造成控制分配机构的操作并且接收并处理数据。该分配机构被构造成与注射管联接并且引起注射管中的液体在已知流率下到粘度传感器的分配。

[0131] 该方法包括(812)测量液体的粘度。在一些实施例中,使用粘度传感器模块610(或粘度传感器模块610中的粘度传感器612,图6B)测量液体的粘度。上面参考图2B描述了液体的粘度的测量,并且为了简洁不再重复。

[0132] 在一些实施例中,粘度计包括试样装载接口(例如,试样装载接口626,图6B),粘度计被构造成通过该试样装载接口接收液体。

[0133] 在一些实施例中,多个液体流通道被限定在粘度传感器中,并且至少两个压力传感器沿着多个液体流通道的两个或更多个液体流通道的每一个而定位。例如,图2C所示的液体流通道被限定在单个粘度传感器中。

[0134] 在一些实施例中,粘度计包括粘度传感器模块,该粘度传感器模块包括多个粘度传感器。例如,在一些实施例中,图2C所示的每个液体流通道31由相应的粘度传感器使用。在一些实施例中,多个粘度传感器位于单个粘度传感器模块中。在一些实施例中,多个粘度传感器增加了能够由粘度计测量的剪切率的动态范围。在一些实施例中,通过包括多个粘度传感器模块、多个注射管以及多个分配模块而增加剪切率的动态范围。例如,第一粘度传感器模块和第一注射管的第一组合被构造成测量剪切率的第一范围,以及第二粘度传感器模块和第二注射管的第二组合被构造成测量第二剪切率范围,该第二剪切率范围与该第一剪切率范围不同。两个剪切率范围的组合允许在更宽的剪切率范围中的粘度测量。这在某些应用中是期望的。在一些实施例中,多个粘度传感器模块、多个注射管以及多个分配模块的组合被用于增加粘度测量的流量。

[0135] 在一些实施例中,液体包括(814)聚合物(例如,高分子),以及该方法进一步包括确定该聚合物的分子量。

[0136] 在一些实施例中,液体包括(816)蛋白质,以及该方法进一步包括确定该蛋白质的溶解温度。

[0137] 在一些实施例中,方法包括(818)确定在多个温度下的液体的粘度值,该液体包括第一类型的蛋白质(例如,球蛋白);以及通过在多个温度下的液体的粘度值而确定第一类型的蛋白质的溶解温度。在一些实施例中,确定第一类型的蛋白质的溶解温度包括识别如下温度:在该温度处,第一类型的蛋白质的粘度随着温度升高而增加或平稳。在一些实施例中,确定第一类型的蛋白质的溶解温度包括识别在用于该第一类型的蛋白质的粘度-温度曲线中的拐点。

[0138] 在一些实施例中,该方法包括(820)确定在多个温度下的第二液体的粘度值。该第二液体包括第二类型的蛋白质(例如,纤维蛋白)。该方法还包括通过在多个温度下的第二液体的粘度值而确定第二类型的蛋白质的溶解温度。确定第一类型的蛋白质的溶解温度的细节适用于确定第二类型的蛋白质的溶解温度,并且因此,为了简洁而不再重复。

[0139] 在一些实施例中,该方法包括(822)控制粘度传感器的温度。在一些实施例中,控制温度包括(824)操作一个或多个温度控制装置(例如,一个或多个热电加热或冷却装置)。

[0140] 在一些实施例中,该方法包括(826)将粘度传感器的温度维持在第一温度下,以及将注射管的温度维持在第二温度下,该第二温度与该第一温度不同。在一些实施例中,该方法包括将粘度传感器的温度和注射管的温度维持在相同温度下。

[0141] 在一些实施例中,该方法包括(828)控制注射管的温度。在一些实施例中,控制温度包括操作一个或多个温度控制装置(例如,一个或多个热电加热或冷却装置)。

[0142] 在一些实施例中,该方法包括(830)在粘度计处,将液体与溶剂混合以获得混合溶液。混合溶液中的溶质的浓度与液体中的溶质的浓度不同。该方法还包括测量混合溶液的粘度。该方法进一步包括重复该混合及测量以获得多个溶质浓度的混合溶液的粘度值。在一些实施例中,该方法包括通过混合溶液的粘度值而确定液体的固有粘度。在一些实施例中,确定液体的固有粘度包括推断混合溶液的粘度值以获得用于不包括溶质的溶液的可能的粘度值。

[0143] 在一些实施例中,该方法包括(832)将液体流通道中的液体的至少一部分移回到注射管。这能够利用有限体积的液体实现多次粘度测量。例如,在一些实施例中,使用从液体流通道移回到注射管中的液体而测量在多个温度下的液体的粘度。

[0144] 在一些实施例中,该方法包括(834),在测量液体的粘度之前,识别满足用于至少两个压力传感器的压力标准的流率。例如,在一些实施例中,在测量液体的粘度之前,粘度计确定液体的完全展开流是否存在于粘度传感器的液体流通道中。

[0145] 在一些实施例中,该方法包括(836)将液体的连续流分配到粘度传感器。液体的连续流包括两个或更多个批次的测试液体。两个或更多个批次测试液体的任意两个相邻批次的测试液体由与两个相邻批次的测试液体不可混溶的至少一个惰性液体隔开。两个相邻批次在液体的连续流中以批次的顺序彼此相邻。然而,在一些实施例中,两个相邻批次没有彼此接触,因为两个相邻批次由不可混溶的液体隔开。

[0146] 在一些实施例中,该方法包括(838)分配清洁溶液通过粘度传感器的液体流通道。在一些实施例中,分配清洁溶液通过粘度传感器的液体流通道包括清洁粘度传感器的液体流通道。在一些实施例中,该方法包括将清洁溶液分配到选择阀。在一些实施例中,将清洁溶液分配到选择阀包括清洁选择阀。在一些实施例中,该方法包括将清洁溶液分配到注射管。在一些实施例中,将清洁溶液分配到注射管包括清洁注射管。

[0147] 在一些实施例中,该方法包括(840)使气体流动通过液体流通道。在一些实施例中,使气体流动通过液体流通道包括干燥液体流通道。在一些实施例中,该方法包括将气体提供到选择阀。在一些实施例中,将气体提供到选择阀包括干燥选择阀。在一些实施例中,该方法包括将气体提供到注射管。在一些实施例中,将气体提供到注射管包括干燥注射管。在一些实施例中,该气体包括清洁干燥空气。在一些实施例中,该气体包括干燥氮气。

[0148] 在一些实施例中,该方法包括(842)独立于使用者的输入而使用预选择的参考液体来校准粘度计。例如,在一些实施例中,测量预选择的参考液体的粘度,并且将测得的粘度与在测量之前所存储的预选择的参考液体的粘度(在本文中也称为之前已知的预选择参考液体的粘度)进行比较。在一些实施例中,基于所测得的粘度与之前已知的预选择的参考液体的粘度之间的差异而调整后续的粘度测量。在一些实施例中,测量在多个温度下的预选择的参考液体的粘度,并且在多个温度下测得的粘度值被用于校准粘度计。在一些实施例中,多个预选择的参考液体被用于校准粘度计。

[0149] 在一些实施例中,该方法包括(844)测量如下的一个或多个:液体的pH,密度,以及电导率。在一些实施例中,同时测量液体的pH和电导率。在一些实施例中,同时测量液体的pH和粘度。在一些实施例中,同时测量液体的电导率和粘度。在一些实施例中,同时测量液体的密度和粘度。在一些实施例中,同时测量液体的密度和pH。在一些实施例中,同时测量液体的密度和电导率。

[0150] 为了解释说明的目的,已经参考具体实施例描述了前述描述。然而,上面的说明性讨论没有旨在是详尽的或将本发明限于所公开的精确形式。考虑到上面的教导,许多修改例和改变例是可能的。选择并描述这些实施例从而最佳地解释本发明的原理及其实际应用,从而使得本领域其他技术人员能够最佳地利用本发明以及具有适合于预期的特定用途的各种修改的各种实施例。

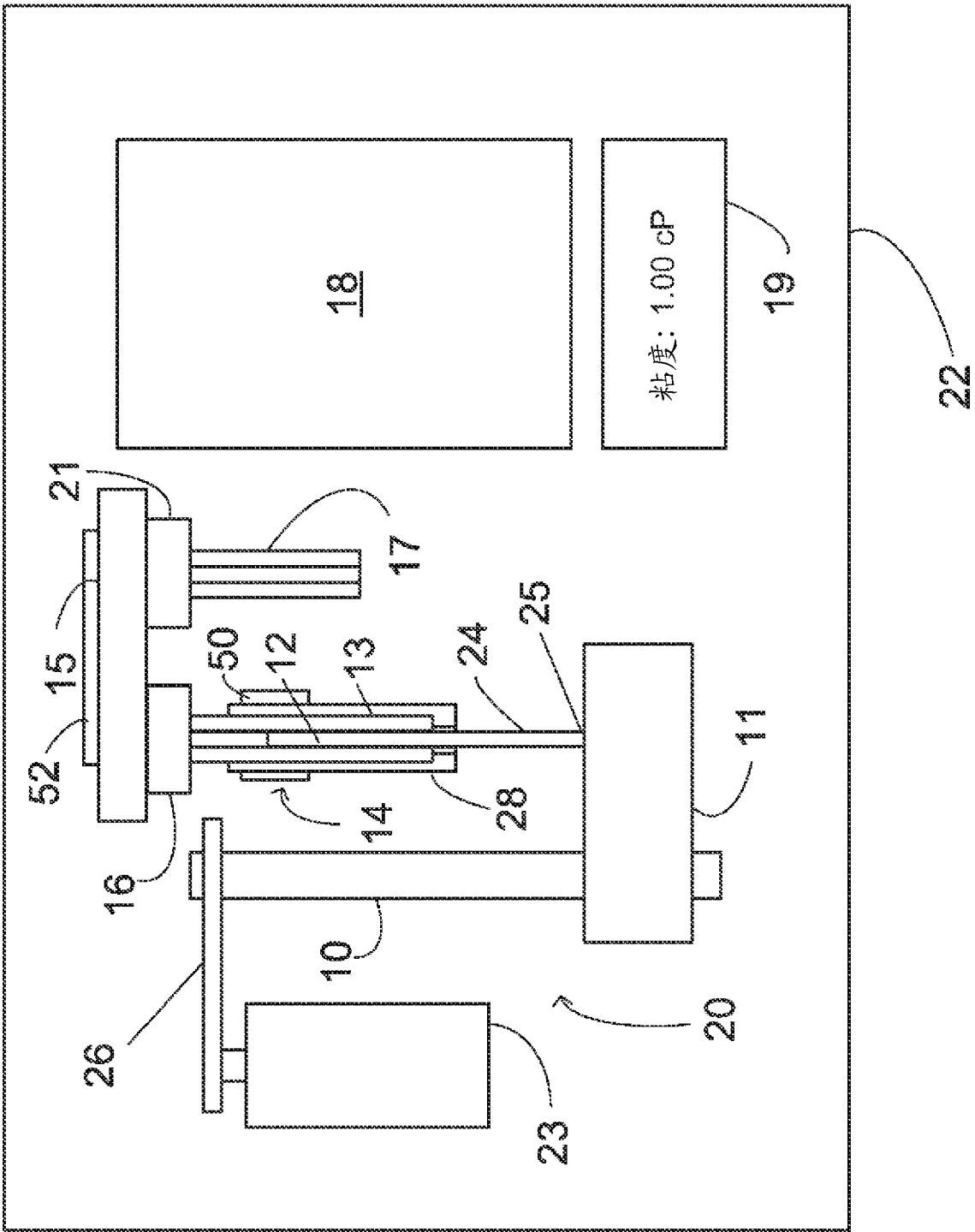


图 1

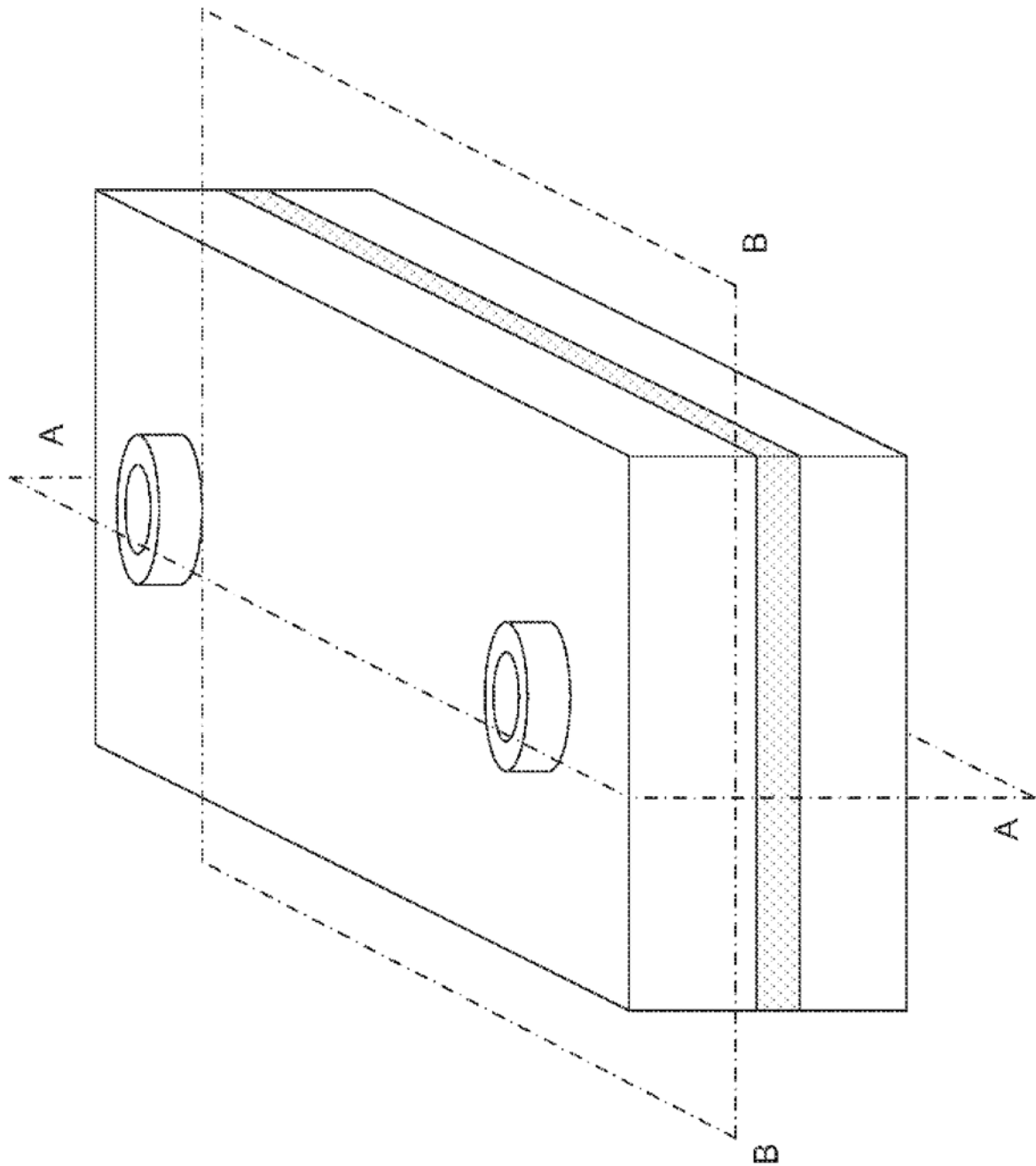


图 2A

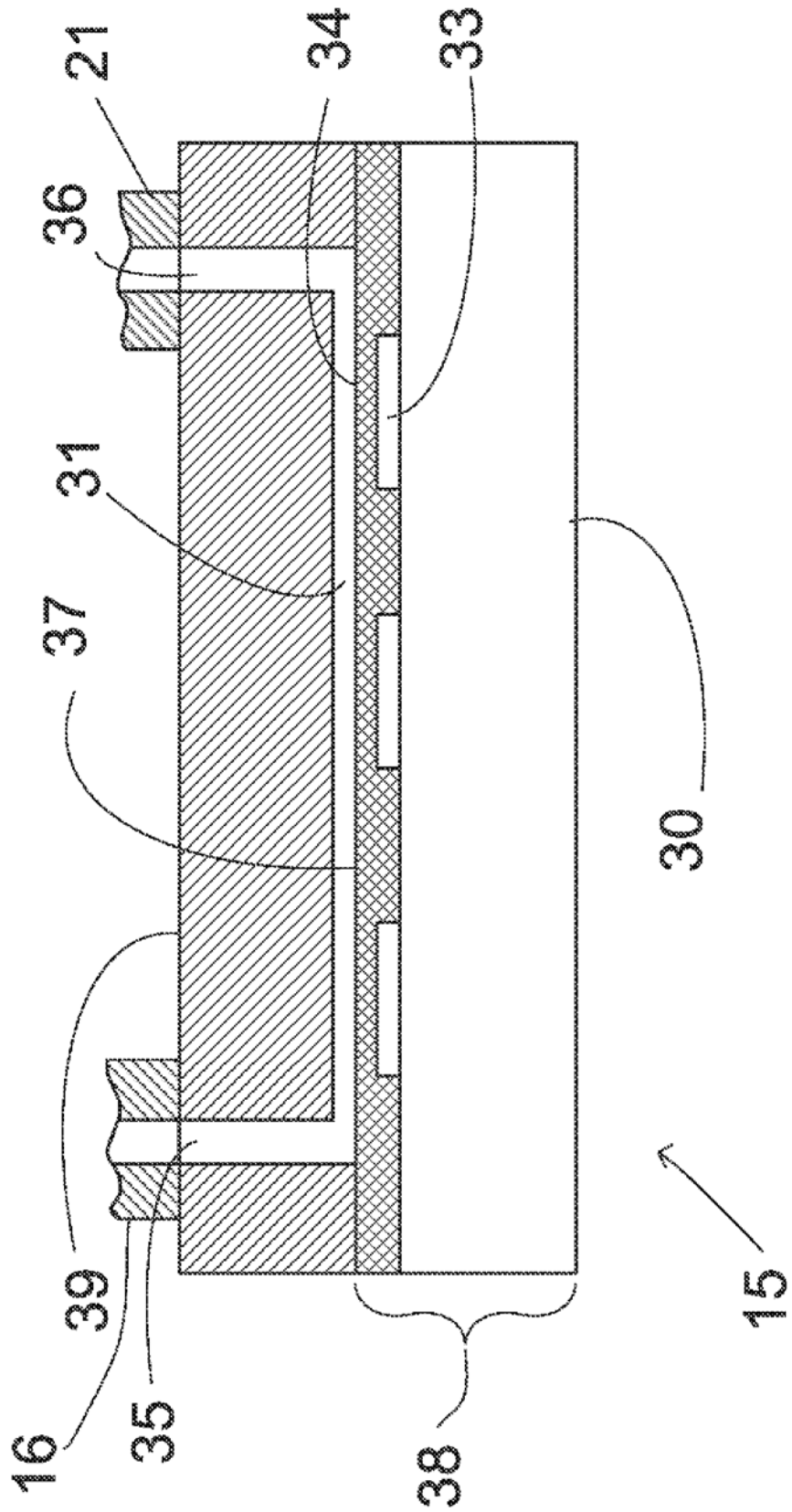


图 2B

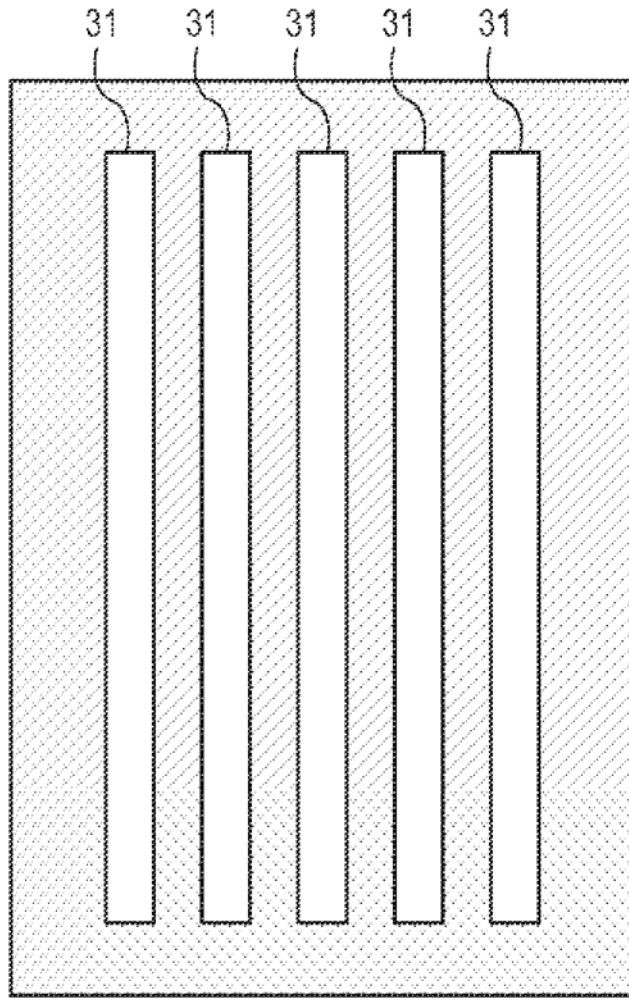


图 2C

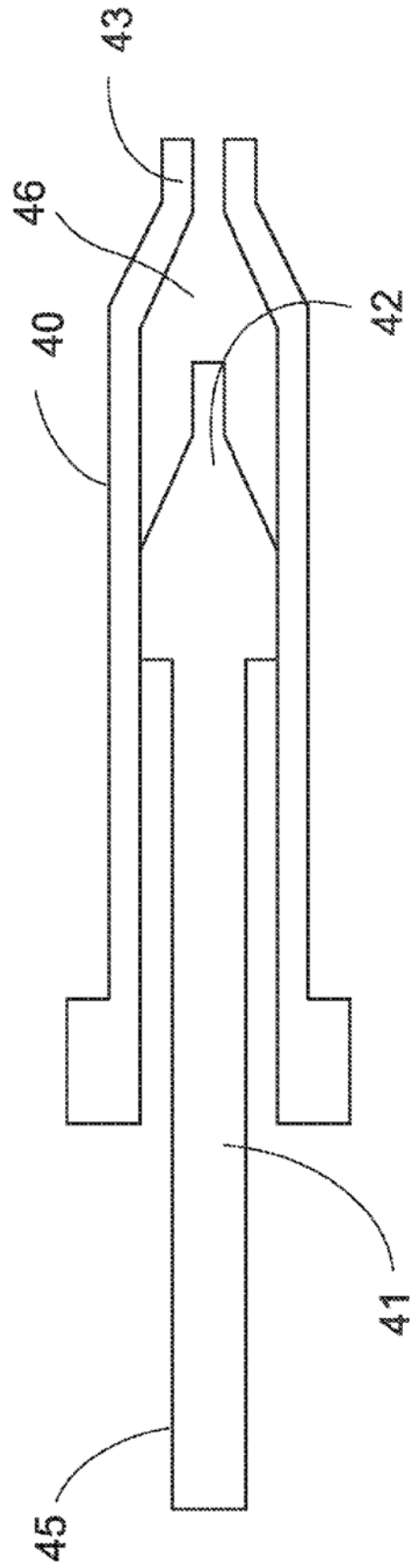


图 3

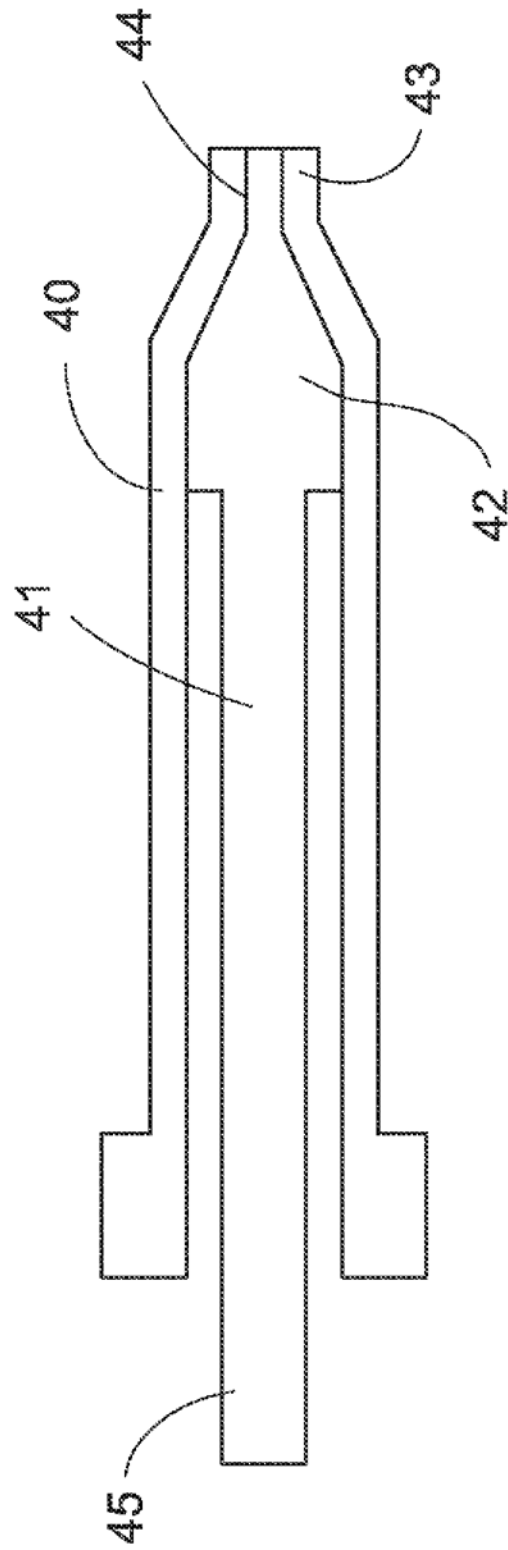


图 4

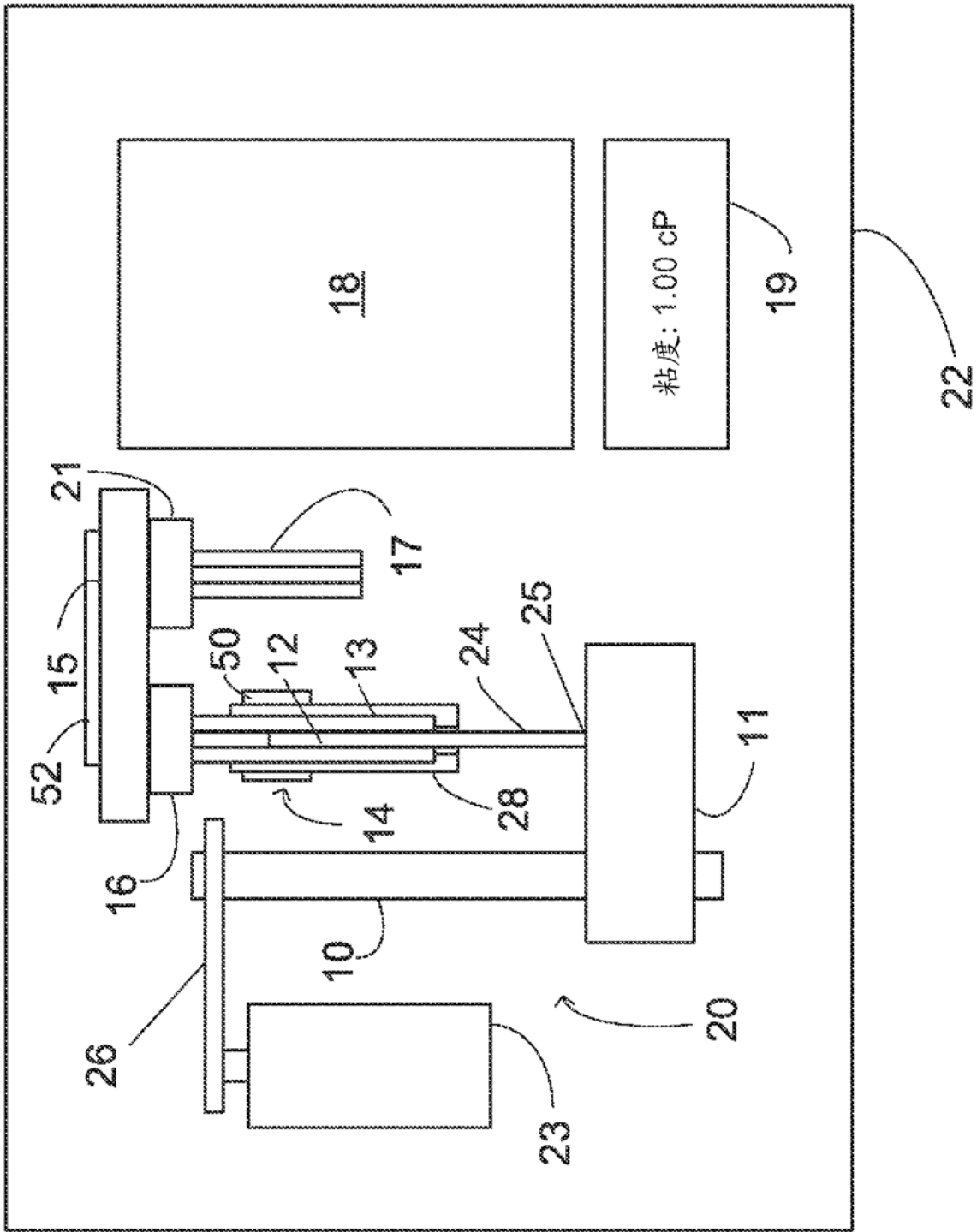


图 5

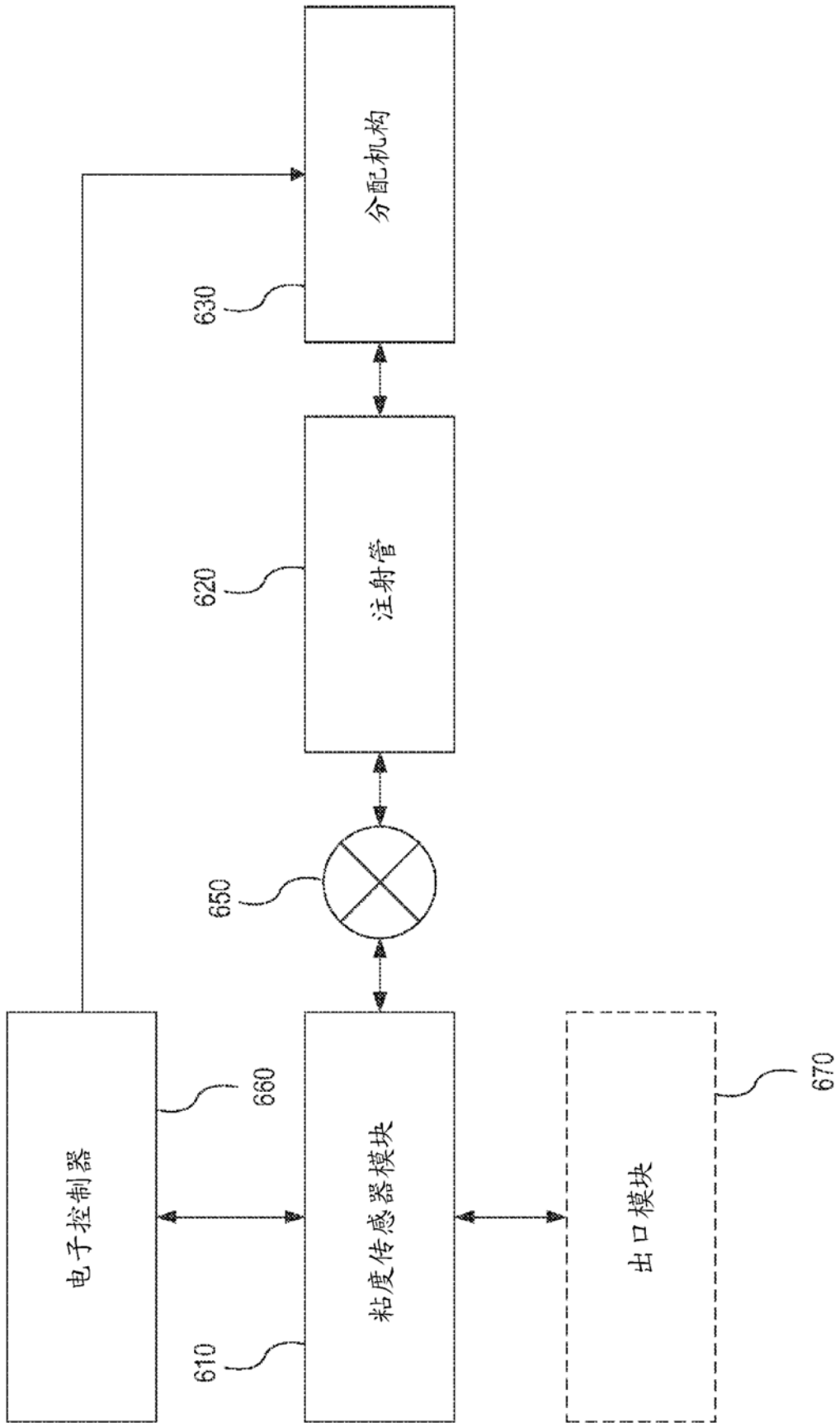


图 6A

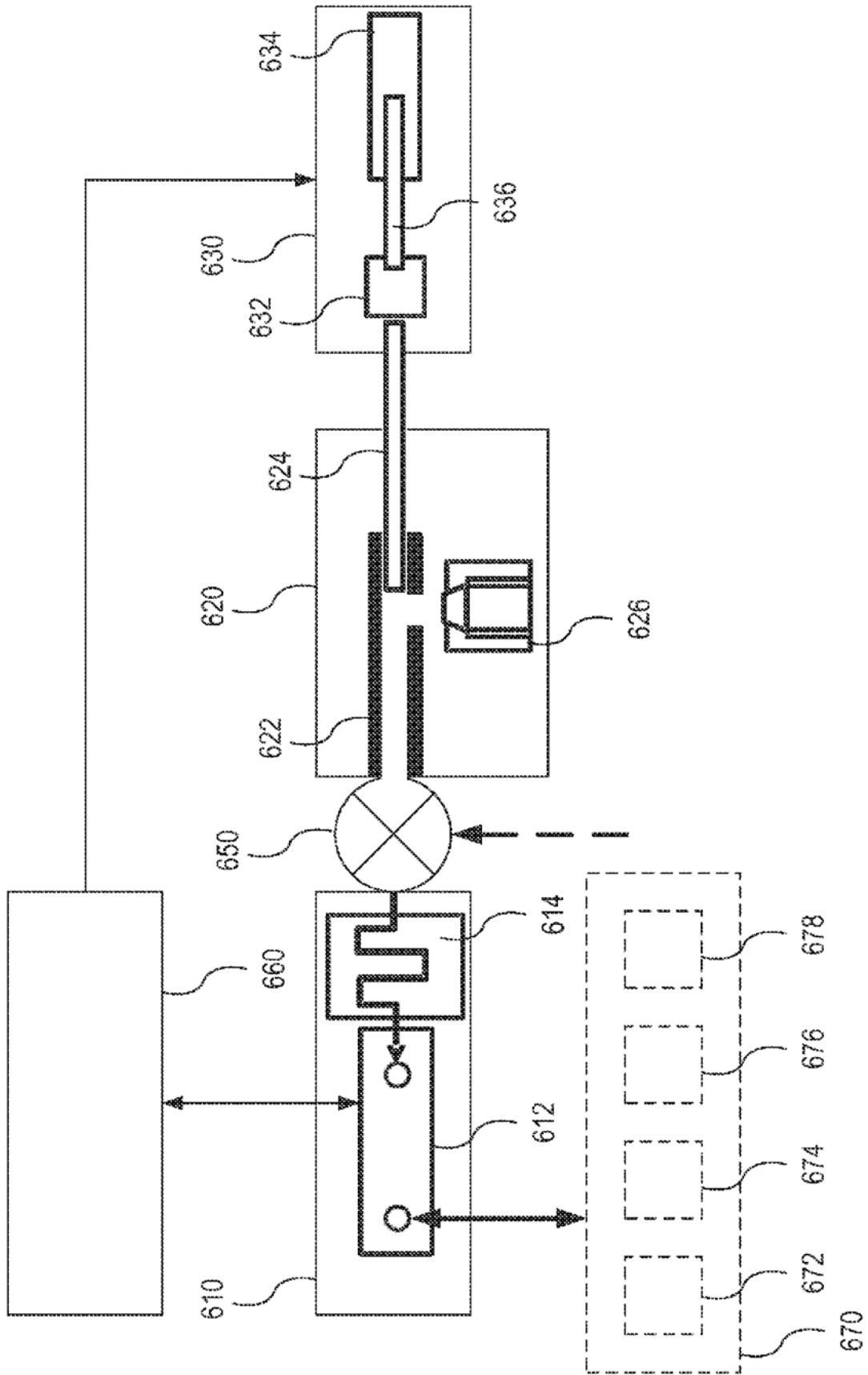


图 6B

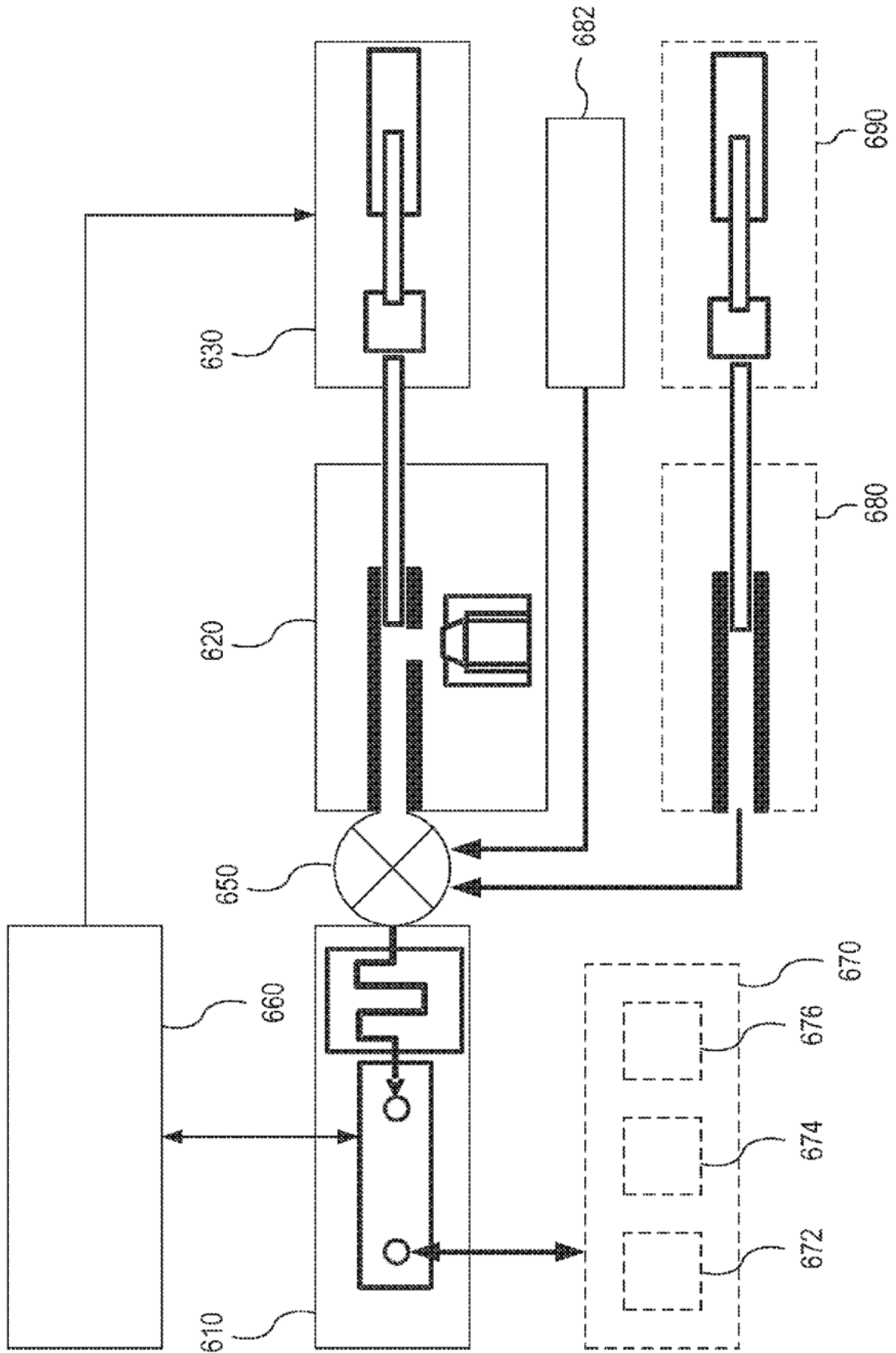


图 6C

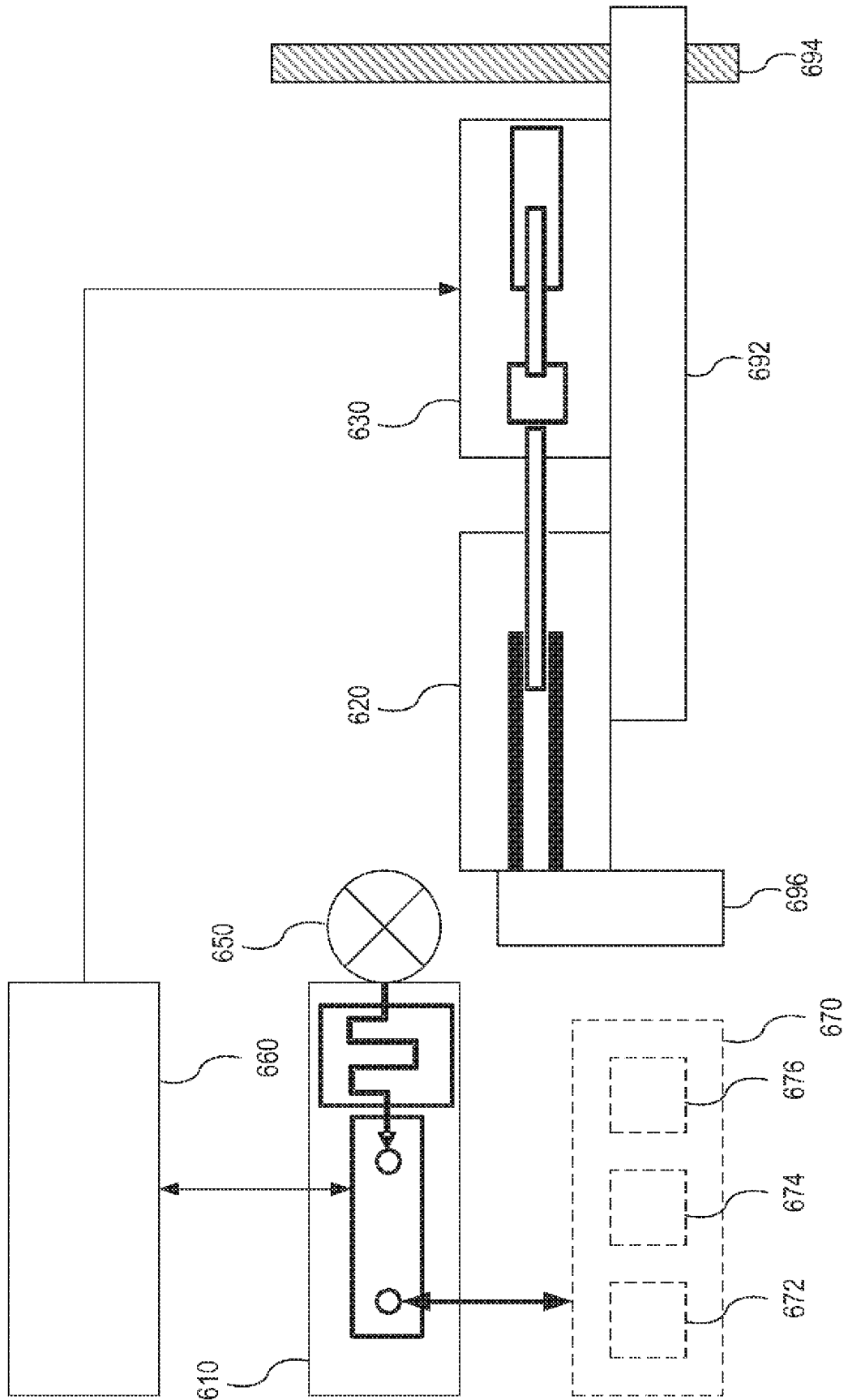


图 6D

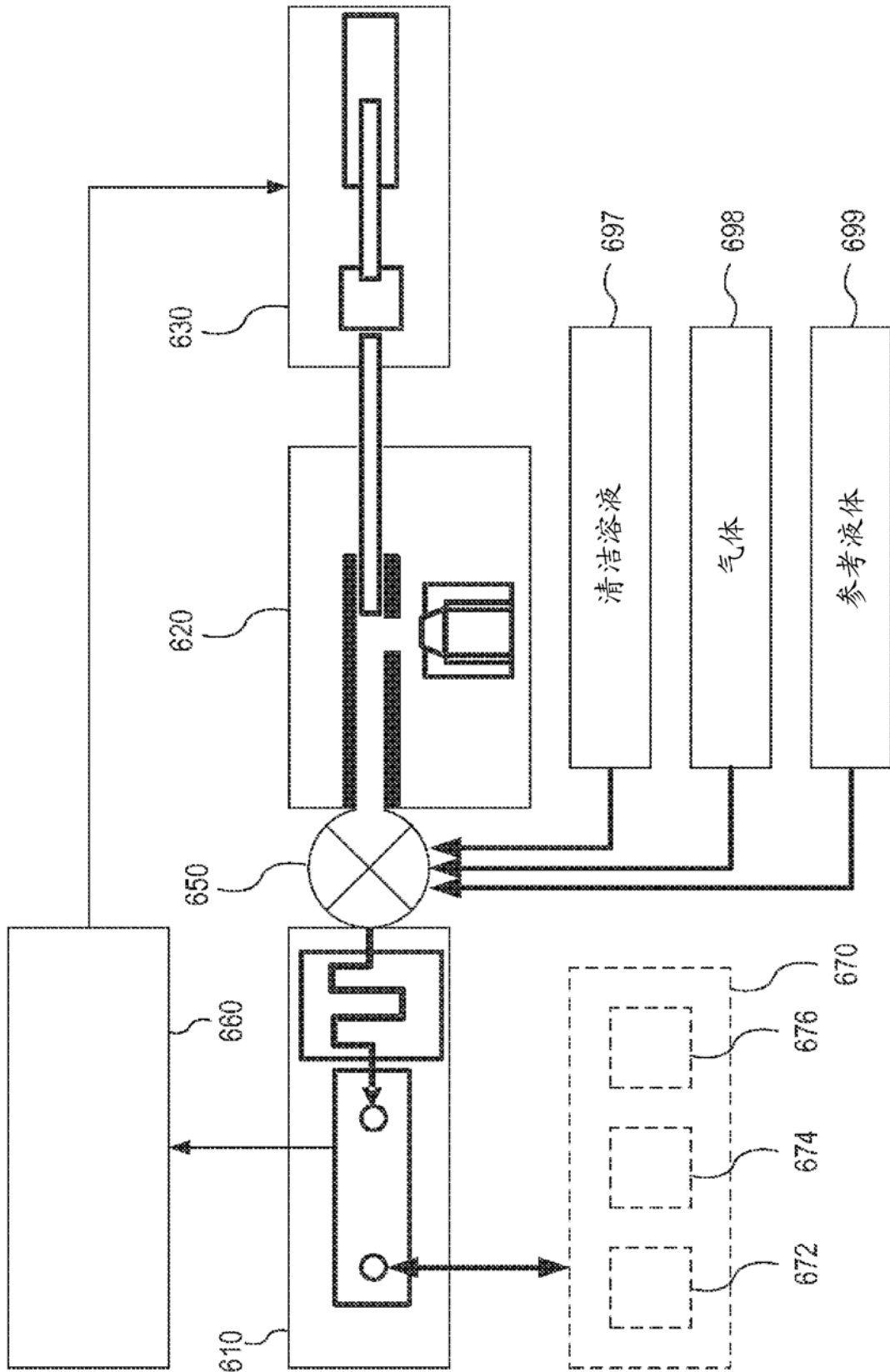


图 6E

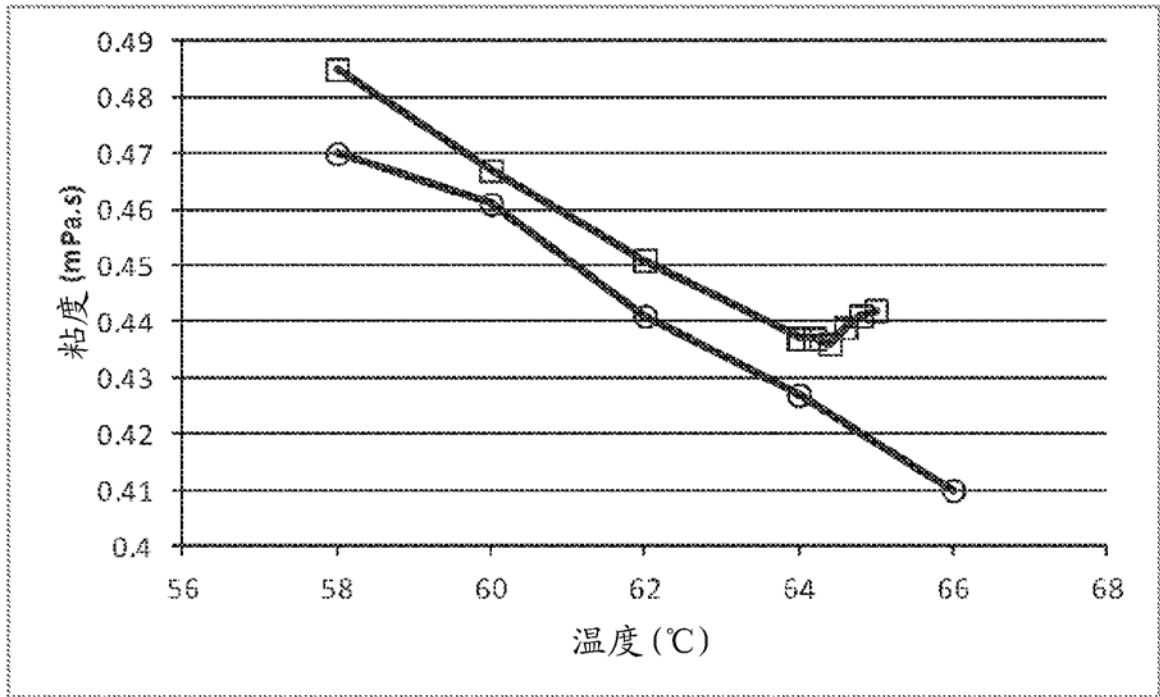


图 7

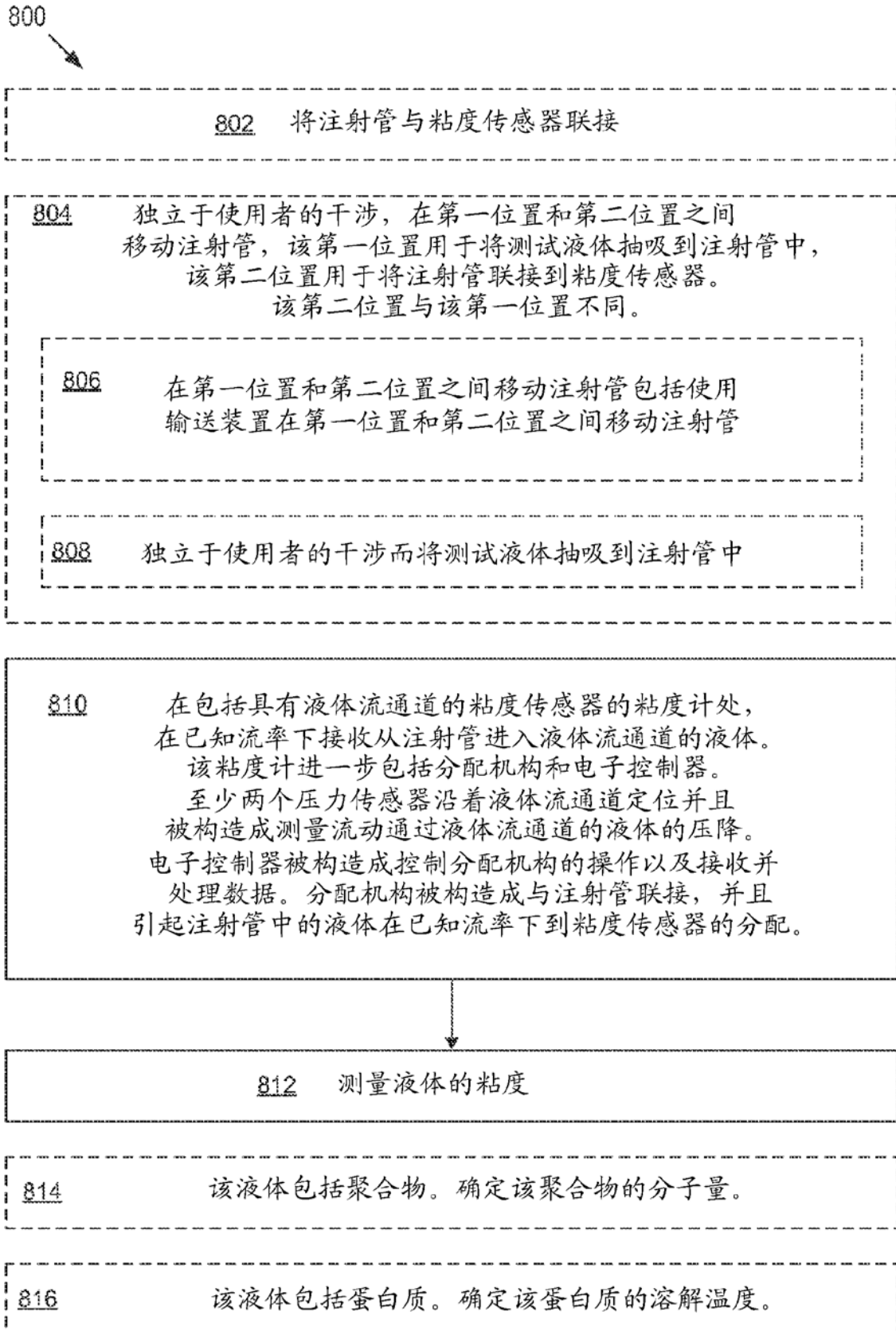


图 8A

818

确定在多个温度下的液体的粘度值，该液体包括第一类型的蛋白质。通过在多个温度下的液体的粘度值而确定第一类型的蛋白质的溶解温度。

820

确定在多个温度下的第二液体的粘度值，该第二液体包括第二类型的蛋白质。通过在多个温度下的第二液体的粘度值而确定第二类型的蛋白质的溶解温度。

822

控制粘度传感器的温度

824

控制温度包括操作一个或多个温度控制装置

826

将粘度传感器的温度维持在第一温度下，以及将注射管的温度维持在与第一温度不同的第二温度下。

828

控制注射管的温度

830

在粘度计处混合液体和溶剂以获得混合溶液。混合溶液中溶质的浓度与液体中溶质的浓度不同。测量混合溶液的粘度。重复混合和测量以获得多个溶质浓度的混合溶液的粘度值。

832

将液体流通道中的液体的至少一部分移回到注射管

834

在测量液体的粘度之前，识别满足至少两个压力传感器的压力标准的流率。

图 8B

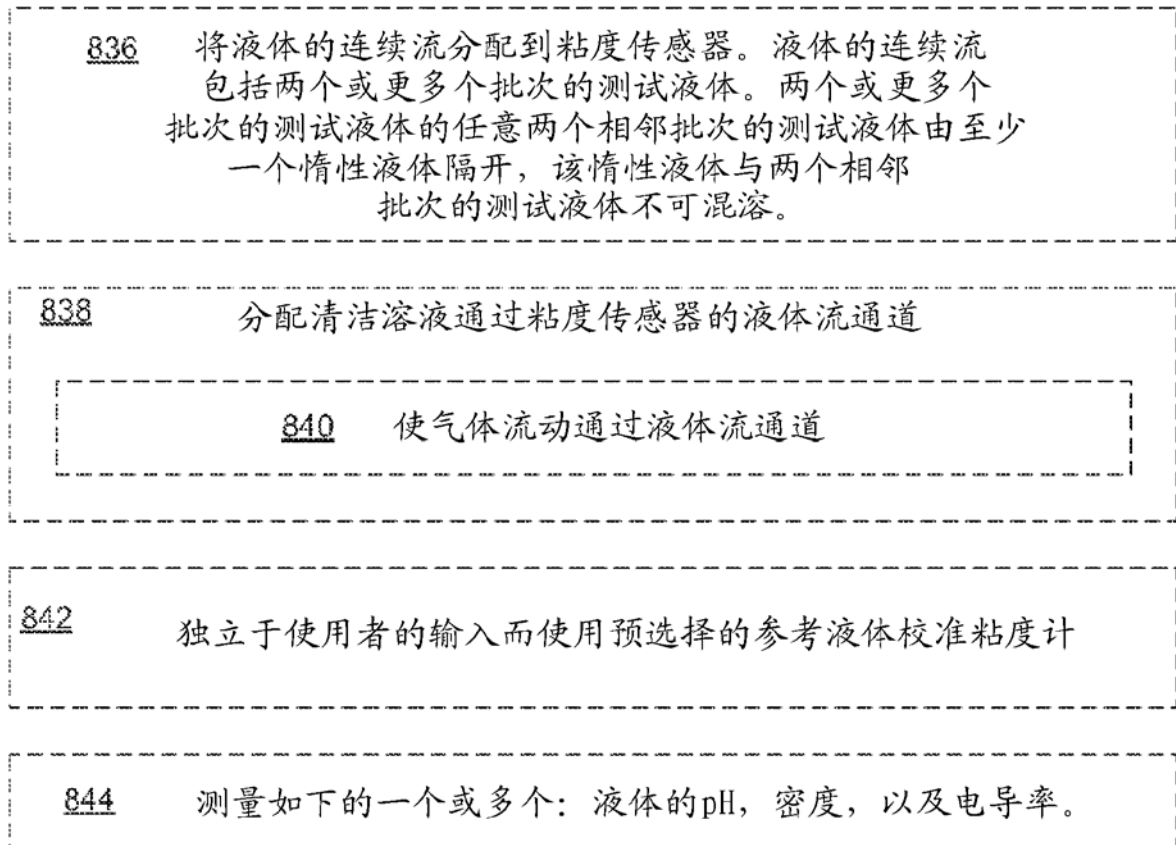


图 8C