



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105102872 B

(45)授权公告日 2017.04.05

(21)申请号 201480004462.9

(22)申请日 2014.04.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105102872 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(30)优先权数据
2013-091867 2013.04.25 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.07.09

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2014/002041 2014.04.09

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/174782 JA 2014.10.30

(73)专利权人 株式会社富士金

地址 日本大阪府

(72)发明人 平田薰 日高敦志 永濑正明
土肥亮介 池田信一 西野功二
杉田胜幸 广濑隆

(74)专利代理机构 北京五洲洋和知识产权代理
事务所(普通合伙) 11387

代理人 刘春成

(51)Int.Cl.
G05D 7/06(2006.01)
F16L 55/00(2006.01)

审查员 邱艳

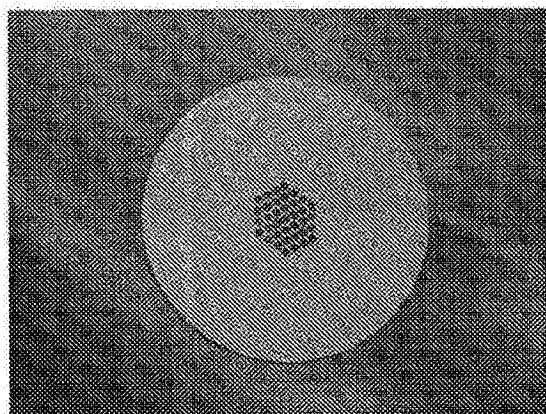
权利要求书1页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

流量控制用的多孔型孔板及使用该孔板的
流量控制装置

(57)摘要

本发明涉及一种流量控制用孔板,如果为应对控制流量的增大而加大孔口的直径,就要防止临界膨胀条件成立时的孔口的上下游侧的压力比 P_2/P_1 变动,并防止流量控制范围变窄。本发明构成为:在流量控制用孔板(7a)上,将规定流量的流体的流通所需的一个孔口的开口面积加以分割,设置成具有与所述开口面积相等的总开口面积的多个孔口(12)。



1. 一种流量控制用多孔型孔板,其为压力控制式流量控制装置用的流量控制用多孔型孔板,所述压力控制式流量控制装置具备控制阀、压力检测器、温度检测器和计算控制装置,所述流量控制用多孔型孔板的特征在于:

在流体的流量控制用孔板上,将规定流量的流体的流通所需的一个孔口的开口面积加以分割,设置成具有与所述开口面积相等的总开口面积的多个孔口,

所述孔板的厚度为20~200 μm ,所述孔口的口径为0.010~0.200mm,所述孔口的数量为2~100个。

2. 根据权利要求1所述的流量控制用多孔型孔板,其特征在于:

所述多个孔口通过冲压加工形成。

3. 根据权利要求1所述的流量控制用多孔型孔板,其特征在于:

所述多个孔口各自的纵截面的平面形状为由矩形部分和梯形部分构成的形状。

4. 根据权利要求3所述的流量控制用多孔型孔板,其特征在于:

通过研磨对所述孔板的穿设有所述多个孔口的部分的背面精加工。

5. 根据权利要求1所述的流量控制用多孔型孔板,其特征在于:

在孔口上游侧压力 P_1 和孔口下游侧压力 P_2 的比 P_2/P_1 为气体的临界膨胀条件成立时的压力比以下的条件下,气体的流量与孔口上游侧的气体压力 P_1 成正比例变化。

6. 一种压力控制式流量控制装置,其特征在于:

在使用了孔板的压力控制式流量控制装置中,所述孔板为权利要求1-5中任一项所述的流量控制用多孔型孔板。

流量控制用的多孔型孔板及使用该孔板的流量控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种流量控制用的孔板及使用该孔板的压力控制式流量控制装置的改良；尤其是，在半导体制造装置用气体供给装置等中使用的压力控制式流量控制装置中，涉及如下的流量控制用的多孔型孔板及使用该孔板的流量控制装置：通过使流经孔口的流体的临界膨胀条件成立的孔口上游侧压力 P_1 与孔口下游侧压力 P_2 的压力比 P_2/P_1 的范围保持在宽范围内并且稳定，从而能够在宽流量范围内进行高精度的流量控制。

背景技术

[0002] 如果孔口上游侧压力 P_1 与孔口下游侧压力 P_2 的压力比 P_2/P_1 为气体的临界膨胀条件成立的压力比以下时，则流经孔口的气体的流速变为音速，孔口下游侧的压力 P_2 的变动就不再向上游侧传布。

[0003] 其结果，流经孔板的气体流量，如果孔口的直径为定值，则不拘泥于气体的种类，与孔口上游侧的气体压力 P_1 成正比例变化。

[0004] 另一方面，利用孔口具有的如上所述的特性，现已多数开发使用孔口的流体的流量控制装置。

[0005] 图13表示本发明人在先公开的使用孔口的压力控制式流量控制装置的结构的一个示例，该流量控制装置21由控制阀22、压力检测器23、温度检测器24、孔口25、计算控制装置26、放大器27a、27b、A/D变换28a、28b等构成（日本专利特开平8-338546号公报）。

[0006] 然后，通过压力检测器23检测出孔口25的上游侧的压力 P_1 并输入至计算控制装置26，在计算控制装置26中利用计算式 $Q_c = K P_1$ 计算流量 Q_c ，并进行流量指令值 Q_s 和 Q_c 的比较，然后将与两者的差值 $Q_c - Q_s$ 相当的控制信号 Q_y 输入至控制阀22的驱动部30。

[0007] 此外，控制阀22根据控制信号 Q_y 向两者的差 $Q_c - Q_s$ 变为零的方向进行开闭控制，通过这样孔口25的下游侧的流量总会保持为设定流量（流量指令值） Q_s 。

[0008] 进一步地，通过在厚度0.02~0.20mm的金属板上利用冲压加工、放电加工或蚀刻加工穿设一个内径0.01~0.20mm的小孔形成上述孔口25，根据气体的所需控制流量来适当地选定孔口直径。

[0009] 另外，孔口25的形成一般是通过放电加工或蚀刻加工来完成，但为了实现加工成本的降低，也有通过使用钻锤的所谓切削加工形成孔口的情形（日本专利特开平11-117915号公报）。

[0010] 图14表示在图13的压力控制式流量控制装置中，气体为氮气的情况时的流量控制特性，表示孔口25的下游侧为大气压时的情况。

[0011] 从该图14也可明确得知，在上游侧压力 P_1 超过下游侧压力 P_2 的约2倍的范围内，流量 Q_c 和 P_1 保持线性关系， Q_c 与孔口上游侧的压力 P_1 成正比例，通过自动控制孔口上游侧压力 P_1 ，能够进行流经孔口的流量的反馈控制。另外，在图14中，A表示孔口的直径为0.37mm ϕ 时的流量控制特性，B表示0.20 ϕ 时的流量控制特性。

[0012] 从图14也可明确得知，在 $P_2 < 0.5 P_1$ （即， $P_2/P_1 < 0.5$ ）的范围内，A、B两线均保持良

好的直线性,可通过调节 P_1 进行高精度的流量控制。

[0013] 然而,判明气体的临界膨胀条件 ($P_2/P_1 < 0.5$ 或者 $P_1/P_2 > 2$) 成立的 P_1 的下限值(即,保持直线性的 P_1 的下限值)实际上会根据孔口的内径而有所变化,存在孔口的直径越大,临界膨胀条件成立的 P_2/P_1 的范围会越小的倾向。即, $P_2 =$ 定值时, P_1 的控制范围的下限值变大。

[0014] 具体地,使孔口的直径变大并使临界压比 $P_2/P_1 < 0.5$ 降低至 $P_2/P_1 < 0.45$ 的程度, $P_2 =$ 定值时, P_1 的控制范围的下限值变大, P_1 的控制范围减少。

[0015] 换言之,如果增加流量控制装置的控制流量而加大孔口的直径,就会减少临界压比 P_2/P_1 的控制范围,在向半导体制造装置的真空腔进行气体供给时,会产生各种问题。

[0016] 如上所述,在使用现有的设置有一个孔口的孔板的压力式流量控制装置中,由于存在孔口的直径越大,临界膨胀条件成立的压力比 P_2/P_1 就越会变动,进而导致流量(压力)控制范围也变动这样的难点,所以在适用于半导体制造用装置的压力控制式流量控制装置的技术领域,强烈要求出现一种即使孔口的直径变化,实际的临界膨胀条件成立的压力比 P_2/P_1 也不会发生变化的这样的流量控制用孔板,及使用该孔板的压力控制式流量控制装置。

[0017] 现有技术文献

[0018] 专利文献1:日本专利特开平8-338546号公报

[0019] 专利文献2:日本专利特开平11-117915号公报

发明内容

[0020] 本发明要解决现有的流量控制用孔板及使用该孔板的压力控制式流量控制装置中的如上所述的问题,即,随着孔口内径的变大,实际的临界膨胀条件成立的压力比 P_2/P_1 会变动(减少),压力比 P_2/P_1 的控制范围会变窄,且压力控制式流量控制装置的流量控制精度降低等问题;本发明的主要目的是提供一种流量控制用孔板及使用该孔板的压力控制式流量控制装置,即使增加流体流量而使孔口内径变大,也总能保持实际流量控制下的压力比 P_2/P_1 为定值,并且能够实现孔板制造成本的降低。

[0021] 解决课题用的手段

[0022] 首先,在孔口为1个的孔板(以下,称为单孔孔板)中,本发明人通过改变孔口的直径 ϕ ,验证了流体的临界膨胀条件成立的孔口上游侧压力 P_1 与孔口下游侧压力 P_2 的比 P_2/P_1 (以下,称为压力比 P_2/P_1)实际是如何变动。

[0023] 图1是表示用于进行现有的流量控制用单孔孔板以及本发明涉及的流量控制用多孔型孔板的压力比 P_2/P_1 等的流量特性试验的试验装置(流量测定装置)的系统图。1为气体入口,2为压力调节器(调压阀),3为压力计,4为摩尔块(mol block)流量检测器,5为压力控制式流量控制装置,6为控制阀,7为孔板,8为孔口上游侧压力检测器,9为孔口下游侧压力检测器,10为孔口下游侧压力 P_2 的调节阀,11为真空排气泵, P_1 为孔口上游侧压力, P_2 为孔口下游侧压力,其中,最大流量范围F.S.以 N_2 气体为基准。

[0024] 试验用的孔板为在厚度为 $50\mu\text{m}$ 的钢板上设置有 $\phi = 67\mu\text{m}$ 、 $\phi = 179\mu\text{m}$ 、 $\phi = 250\mu\text{m}$ 的孔口的三种类型的孔板, $\phi = 67\mu\text{m}$ 的孔口使用在最大流量范围(满量程full scale)F.S. = 130sccm 的压力控制式流量控制装置5上,还有, $\phi = 250\mu\text{m}$ 的孔口使用在最大流量范围

F.S.850sccm的压力控制式流量控制装置5上,另外, $\phi = 250\mu\text{m}$ 的孔板使用在最大流量范围F.S.=1600sccm的压力式流量控制装置5上。

[0025] 在试验过程中,首先通过压力调节器2调节压力计3的压力 P_0 为300kPa abs。其次,设定压力控制式流量控制装置5的设定流量为100%F.S.(额定流量),运转真空排气泵11。之后,边调节真空排气泵11的上游侧的调节阀10以调整孔口下游侧压力 P_2 ,边测量摩尔块流量检测器4以及压力式流量控制装置5中各自的气体流量。其中,试验用的气体为 N_2 气体。

[0026] 再者,以摩尔块流量检测器4的测定流量 Q_s 为基准值计算了压力控制式流量控制装置5的各测定流量 Q_c 的误差(设置点误差(S.P.%,也称为设定值误差))为 $(Q_c - Q_s) \times 100 / Q_s$ (S.P.%)。

[0027] 其中,流量测定分别在压力控制式流量控制装置5的设定流量的100%、50%、20%以及10%下进行。

[0028] 图2、图3以及图4是表示孔口直径不同的三种压力控制式流量控制装置5(F.S.130sccm、F.S.850sccm、F.S.1600sccm)的压力比(P_2/P_1)与设置点误差(S.P.%)的关系的图,以向压力控制式流量控制装置5的设定输入(设定流量)为参量。从图2~图4的对比,能够证实:流量范围(额定流量S.P.)越大且孔口的直径越大,则设置点误差(S.P.%)为零,即临界膨胀条件成立的 P_2/P_1 的范围反而变得越小。

[0029] 此外,从利用上述图1的试验装置得出的流量调整结果来看,图5、图6以及图7是表示设置点误差(S.P.%)为 $\pm 1.0\%$ 以内的压力比 P_2/P_1 时的设定流量(%)与以100%设定时的控制流量为基准的流量线性误差(F.S.%)的关系的图,即表示设定流量(%)与线性误差(F.S.%)的关系的图。判明在临界膨胀条件成立的压力比 P_2/P_1 的范围内,单孔孔板的流量线性误差F.S.%收敛在 $\pm 1\%$ F.S.以内。

[0030] 本发明是基于如上述图2至图7的流量特性试验的结果而创造出来的,本发明人着眼于单孔孔板的孔口直径越小,临界膨胀条件成立的压力比 P_2/P_1 的范围变得越大的这一事实,考虑到增大控制流量时,没有像现有的应对流量范围而加大单孔孔板的孔口直径,而是改变小直径的多孔型孔板的孔口数量,通过以此应对控制流量的增大,能够在孔口流通流体的临界膨胀条件成立的压力比 P_2/P_1 的范围保持为最大且稳定的状态下应对流量增加。

[0031] 作为发明的基本结构,本发明的第一方面构成为:在流量控制用孔板上,将规定流量的流体的流通所需的一个孔口的开口面积加以分割,设置成具有与上述开口面积相等的总开口面积的多个较小孔口。

[0032] 本发明的第二方面是:在上述第一方面中,上述多个孔口通过冲压加工形成。

[0033] 本发明的第三方面是:在上述第一方面中,孔板的厚度为20~200 μm ,并且上述孔板为压力控制式流量控制装置用的孔板。

[0034] 本发明的第四方面是:在上述第一方面中,孔板的厚度为20~200 μm ,上述多个孔口各自的口径为0.010~0.200 μm ,上述多个孔口的数量为2~100个。

[0035] 本发明的第五方面是:在上述第一方面中,上述多个孔口的纵截面的平面形状为由矩形部分和梯形部分构成的形状。

[0036] 本发明的第六方面是:在上述第五方面中,通过研磨对上述孔板的穿设有所述多个孔口的部分的背面进行精加工。

[0037] 本发明的第七方面是:在上述第一方面中,在孔口上游侧压力(P_1)与孔口下游侧

压力 (P_2) 的比 P_2/P_1 为气体的临界膨胀条件成立的压力比以下的条件下, 气体的流量 Q 与孔口上游侧的气体压力 (P_1) 成正比例变化。

[0038] 作为发明的基本结构, 本发明的第八方面是: 在压力控制式流量控制装置中, 流量控制用孔板为上述第一~第七任一方面记载的多孔型孔板。

[0039] 发明的效果

[0040] 本发明构成为: 使流体在临界膨胀条件下流通, 在流经孔口的流体流量 Q 与孔口上游侧压力 P_1 成正比的流量控制用孔板上, 将期望流量的流体的流通所需的一个孔口的开口面积加以分割, 设置成具有与上述开口面积相等的总开口面积的多个孔口。

[0041] 其结果, 临界膨胀条件成立的孔口上游侧压力 P_1 和下游侧压力 P_2 的压力比 P_2/P_1 , 即使增大控制流量而加大孔口的开口面积, 实际上也不变化而是保持为定值, 以此有效地防止 P_2/P_1 的控制范围 (流量控制范围) 的减少。此外, 使用该孔板的压力控制式流量控制装置能够实现流量控制范围的扩大和控制精度的提高。

[0042] 再者, 由于上述多个孔口通过冲压加工容易形成, 所以与现有的通过激光加工等制造相比较, 其能够实现低成本的孔板制造。

附图说明

[0043] 图1为用于孔口的流量特性试验的试验装置的系统图。

[0044] 图2是表示 F.S. 130sccm 的压力控制式流量控制装置的压力比 P_2/P_1 与设置点误差 (S.P. %) 的关系的线图。

[0045] 图3是表示 F.S. 850sccm 的与图2相同的线图。

[0046] 图4是表示 F.S. 1600sccm 的与图2相同的线图。

[0047] 图5是表示在 F.S. 130sccm 的压力控制式流量控制装置的设定点误差 S.P. % 为 $\pm 1\%$ 以内的压力比 P_2/P_1 时的设定流量 (%) 与相对满量程 (full scale) 的误差 (直线性误差) (F.S. %) 的关系的线图。

[0048] 图6是 F.S. 850sccm 的与图5相同的线图。

[0049] 图7是 F.S. 1600sccm 的与图5相同的线图。

[0050] 图8是表示本发明涉及的多孔型孔板的一个示例的图。

[0051] 图9是表示本发明涉及的多孔型孔板的其他示例的平面图。

[0052] 图10是表示本发明涉及的多孔型孔板的再一示例的平面图。

[0053] 图11是表示使用图10的多孔型孔板情况下的与图2至图4同样的压力比 P_2/P_1 与设置点误差 (S.P. %) 的关系线图。

[0054] 图12是表示使用图10的多孔型孔板情况下的与图5至图7同样的设定流量 (%) 与直线性误差 (F.S. %) 的关系线图。

[0055] 图13为公知的压力控制式流量控制装置的结构图。

[0056] 图14是表示图13的压力控制式流量控制装置的流量控制特性的线图。

[0057] 附图标号说明:

[0058] 1: 气体入口

[0059] 2: 压力调节器 (调压阀)

[0060] 3: 压力计

- [0061] 4: 摩尔块流量检测器
- [0062] 5: 压力式流量控制装置
- [0063] 6: 控制阀
- [0064] 7: 孔板(单孔型)
- [0065] 7a: 多孔型孔板
- [0066] 8: 孔口上游侧压力检测器
- [0067] 9: 孔口下游侧压力检测器
- [0068] 10: 孔口下游侧压力 P_2 的调节阀
- [0069] 11: 真空排气泵
- [0070] P_1 : 孔口上游侧压力
- [0071] P_2 : 孔口下游侧压力
- [0072] P_0 : 气体供给源侧压力
- [0073] 12: 孔口

具体实施方式

[0074] 以下,基于本发明的实施方式和附图来说明本发明。

[0075] 图8表示本发明涉及的流量控制用孔板的一个示例,(a)为俯视图,(b)为后视图,(c)为(b)的c-c视图。

[0076] 在该图8中,在外径3.5mm,厚度0.05mm的孔板7a上设置有总共15个的直径0.085mm的孔口12。

[0077] 其中,上述孔口12的纵截面的平面形状是通过冲压加工形成的由如(c)所示的矩形部分12a和梯形部分12b构成的形状,孔口12的深度与孔板7a的厚度为相同尺寸,均为0.05mm。

[0078] 进一步地,将孔板7a的背面侧设置有孔口12的部分研磨成狭长形,从而形成研磨面12c,利用该研磨面12c来判别孔板7a的正面和背面。

[0079] 图9表示本发明涉及的流量控制用多孔型孔板7a的其他示例,孔口12的数量为5个,并且除了孔口12的直径为0.135mm这一点以外,其他点和上述图8的流量控制用多孔型孔板相同。

[0080] 图10是表示本发明涉及的流量控制用多孔型孔板7a的再一个示例的放大平面图,设置有37个直径 ϕ 为79 μm (0.079mm)的孔口12。

[0081] 其中,图10的孔板7a的外径、厚度等与上述图8以及图9的孔板7a相同。

[0082] 该孔口12的直径 $\phi = 79\mu\text{m}$,与富士金株式会社制造的F180型压力控制式流量控制装置的单孔型孔板7的孔口的直径相当,为额定流量180sccm(F.S.)的控制用孔板的直径。

[0083] 因此,图10的流量控制用多孔型孔板7a(的流量)与 $180\text{sccm} \times 37 = 6.660\text{sccm}$ 的F.S.流量相当。

[0084] 图11为表示将图1试验装置中的单孔型孔板7替换成该图10的多孔型孔板7a使用的情况下的与上述图2相同的关系曲线,即与压力比 P_2/P_1 的关系的图。

[0085] 从图11与上述图2的对比也可明确得知,在本发明的多孔型孔板7a的情况下,设置点误差(S.P.%)为 $\pm 1\%$ 的范围内时的压力比 P_2/P_1 的值,即使在10%输入(设定流量10%)

时,也不会低于0.45,在100%的输入(设定流量100%)时,能够得出 P_2/P_1 值约为0.52。

[0086] 对此,在最大流量为850sccm的上述图3中,100%输入时的压力比 P_2/P_1 约为0.42,即使在最大流量为1600sccm的上述图4中,100%输入时的压力比 P_2/P_1 也约为0.40的程度,判明利用本发明的多孔型孔板7a的情况,能够扩大临界膨胀条件成立的 P_2/P_1 的范围。此外,理论上的临界膨胀条件成立的压力比 P_2/P_1 与基于现实的实际测量情况下的临界膨胀条件成立的压力比 P_2/P_1 之间产生如上所述的若干差异的原因,虽然理论上并不清楚且目前仍在研究中,但我们认为是孔口出口侧的流体的流动状态的差异的影响造成的。

[0087] 图12是表示使用本发明的多孔型孔板7a情况下的与上述图5同样的线图,表示设置点误差(S.P.%)为 $\pm 1.0\%$ 以内的压力比 P_2/P_1 下的设定流量(%)和相对100%设定时的控制流量的误差(流量直线性误差)(F.S.%)的关系的线图。

[0088] 从图12可明确得知,证实在本发明的多孔型孔板7a下的流量直线性误差(F.S.%)也在 $\pm 1\%$ F.S.以内。

[0089] 此外,本发明涉及的压力控制式流量控制装置是将上述富士金株式会社制造的F180型压力控制式流量控制装置或图13所示的压力控制式流量控制装置等中的孔板变换为本发明孔板的装置。故省略对其的详细说明。

[0090] 如上所述,本发明涉及的流量控制用多孔型孔板及使用该孔板的压力控制式流量控制装置,通过应对控制流量而调整孔口12的数量,即使加大控制流量,也能够保持临界膨胀条件成立的压力比 P_2/P_1 的范围在宽范围并且稳定。从而能够在宽范围内平稳地进行高精度的流量控制。

[0091] 产业上的可利用性

[0092] 本发明涉及的多孔型孔板不仅能够适用于压力控制式流量控制装置、而且能够适用于常规的插入至配管管路内来控制流体流量的孔板装置或流体分流装置等的所有孔口。

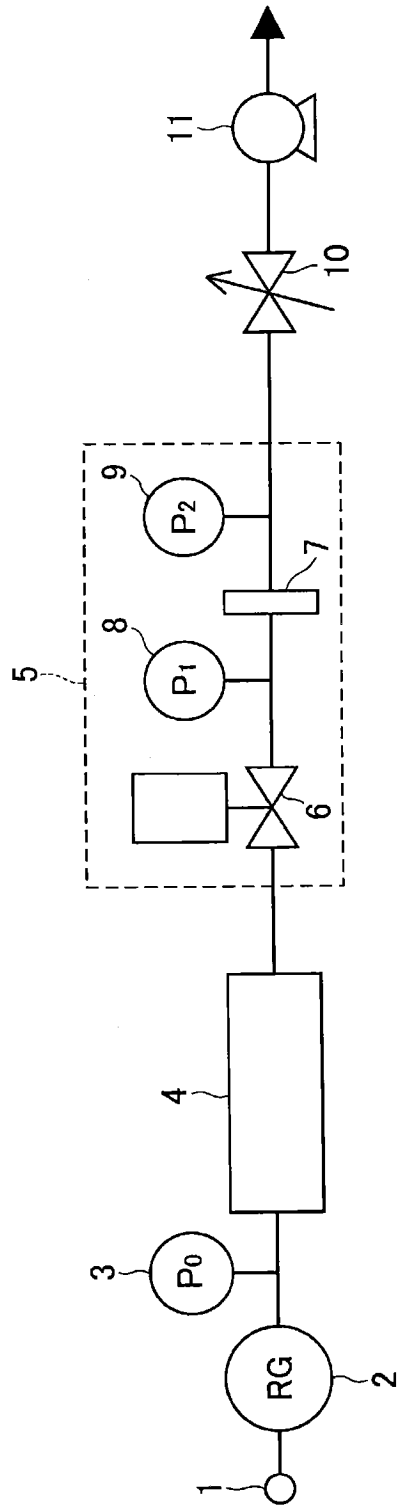


图1

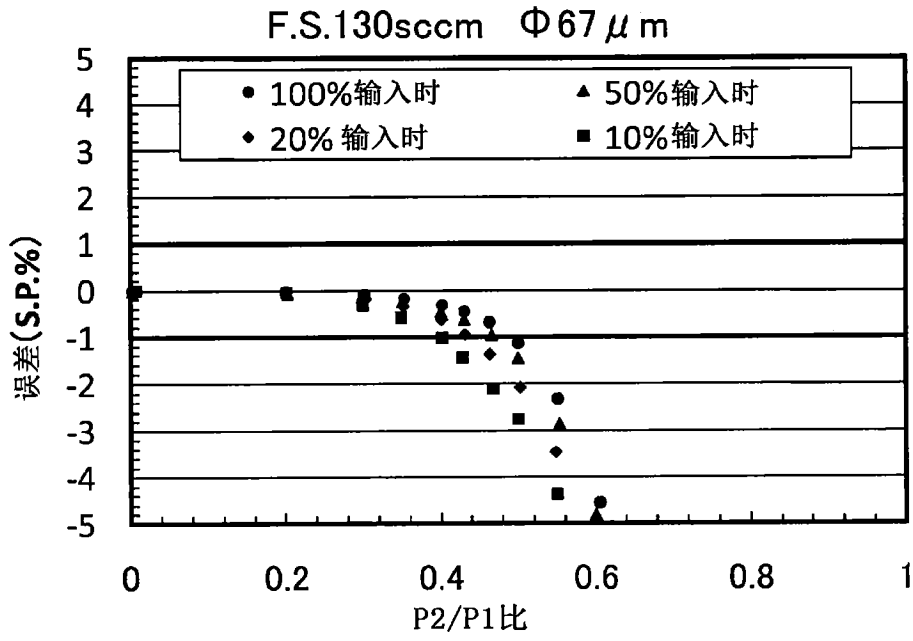


图2

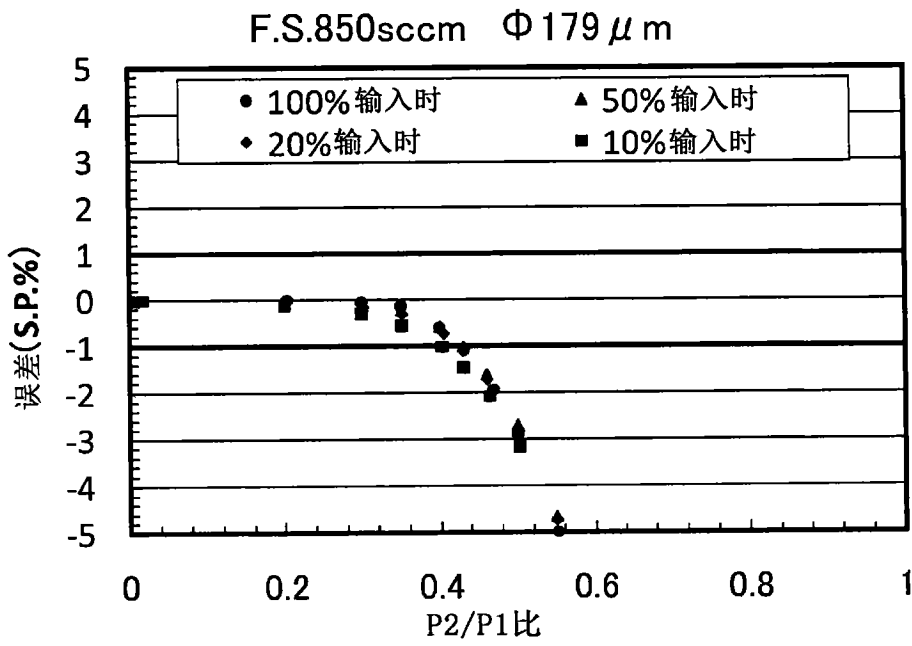


图3

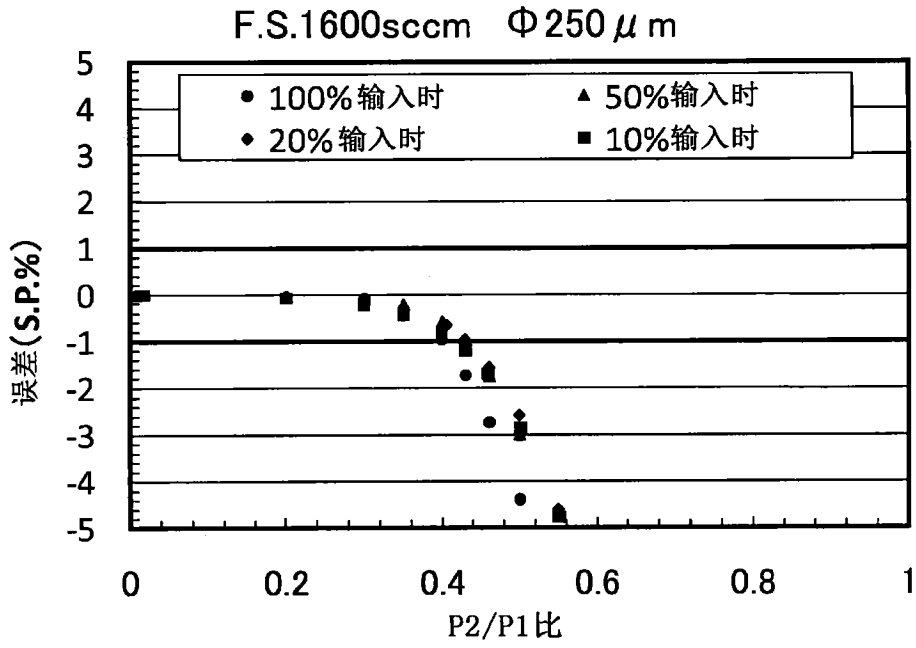


图4

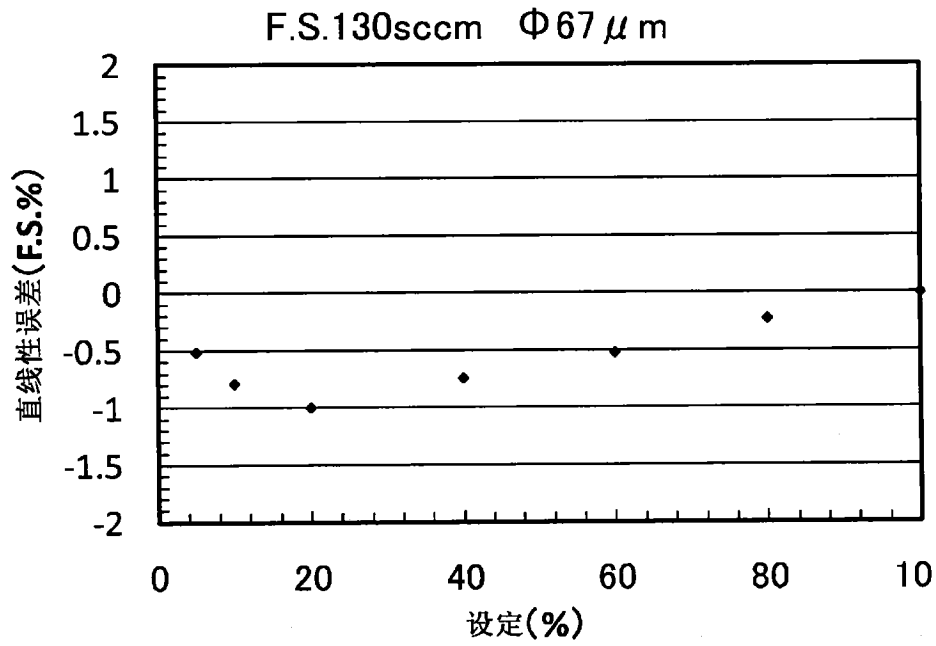


图5

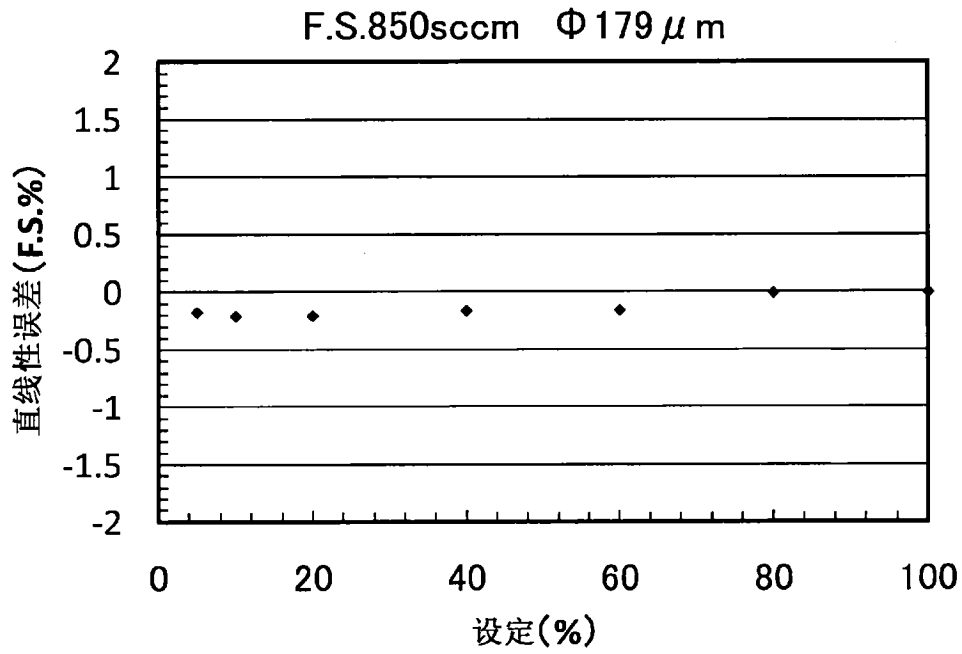


图6

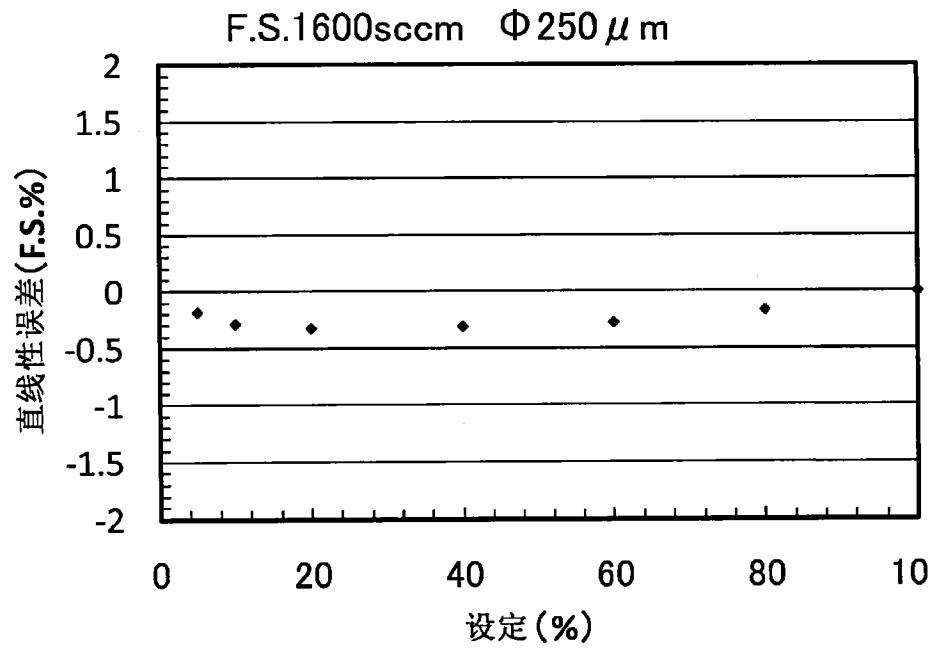


图7

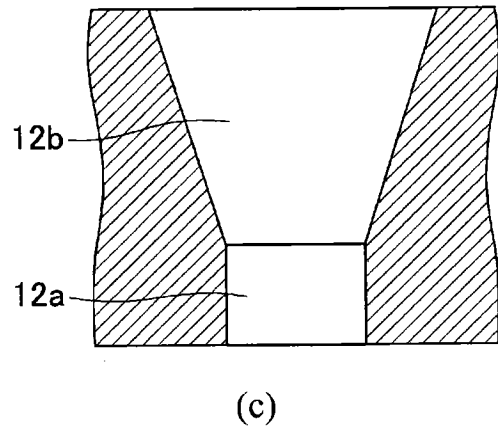
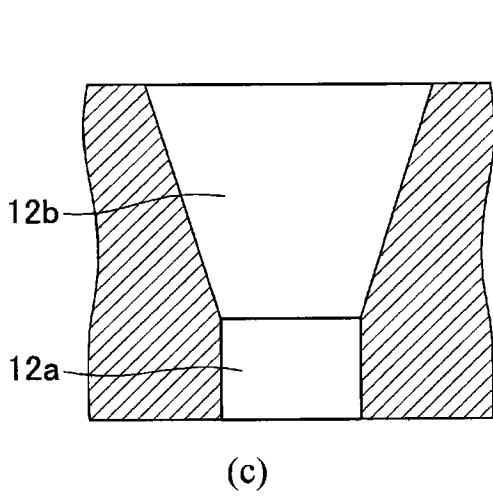
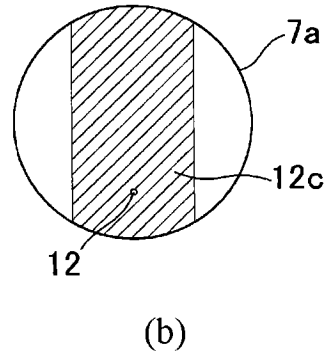
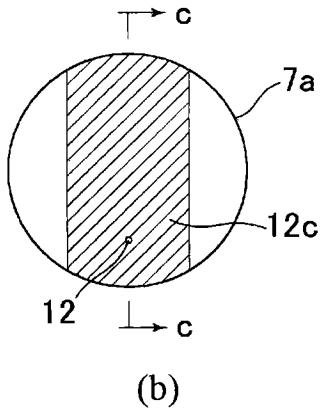
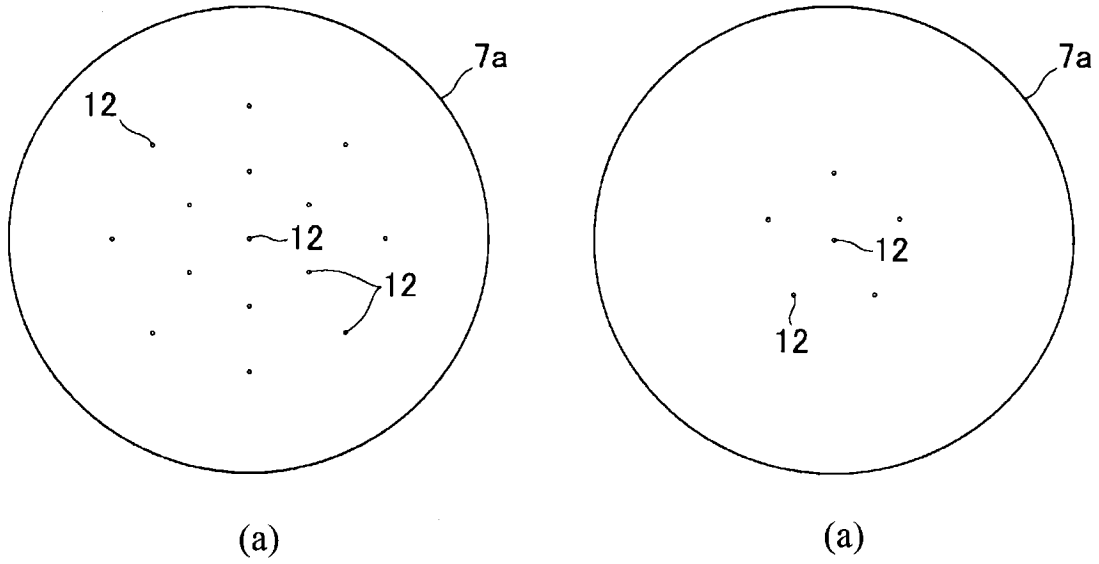


图8

图9

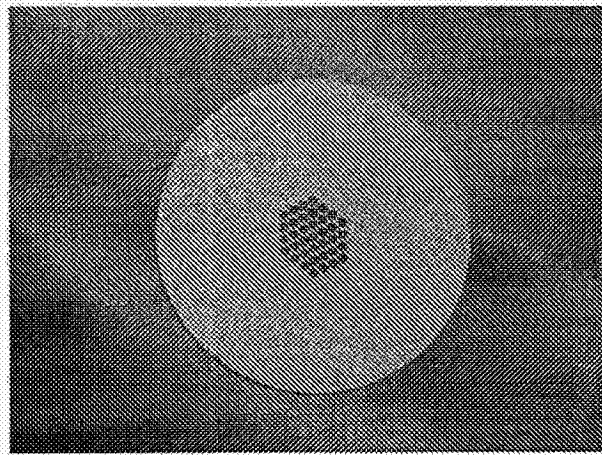


图10

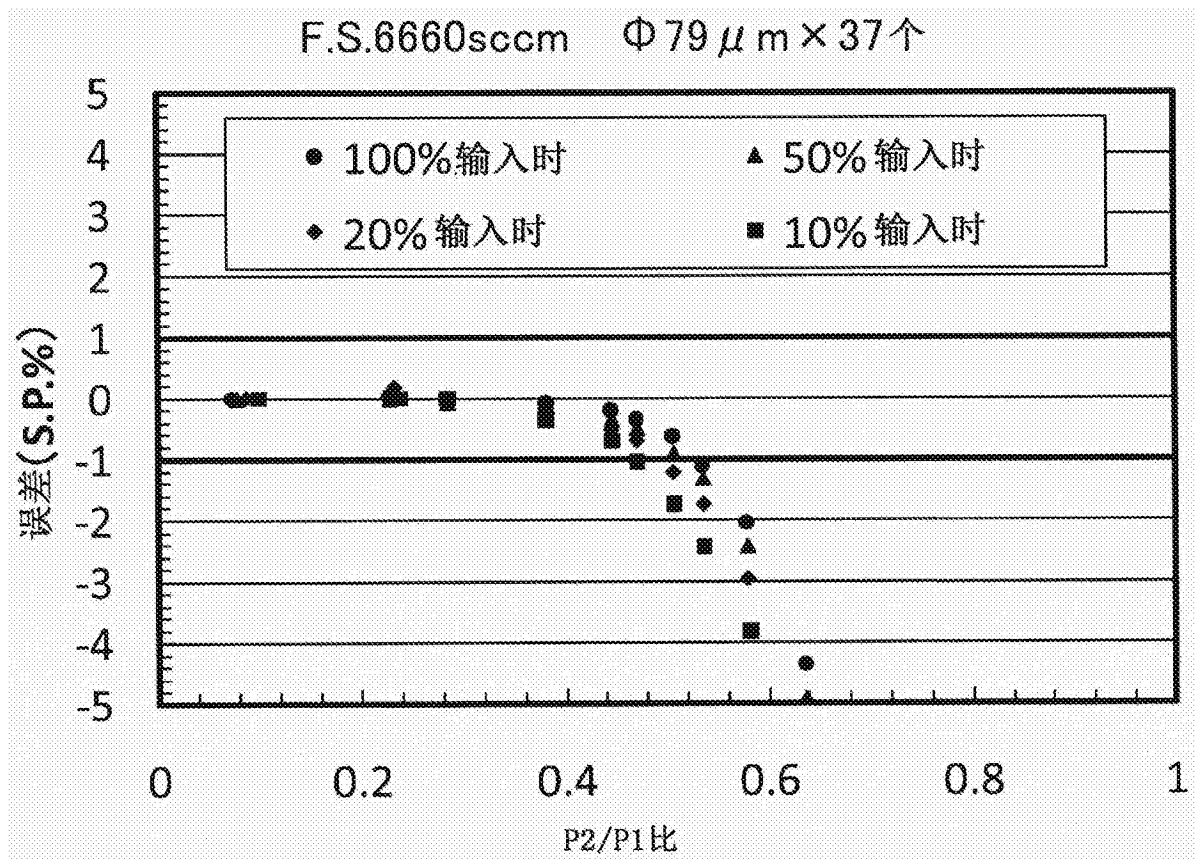


图11

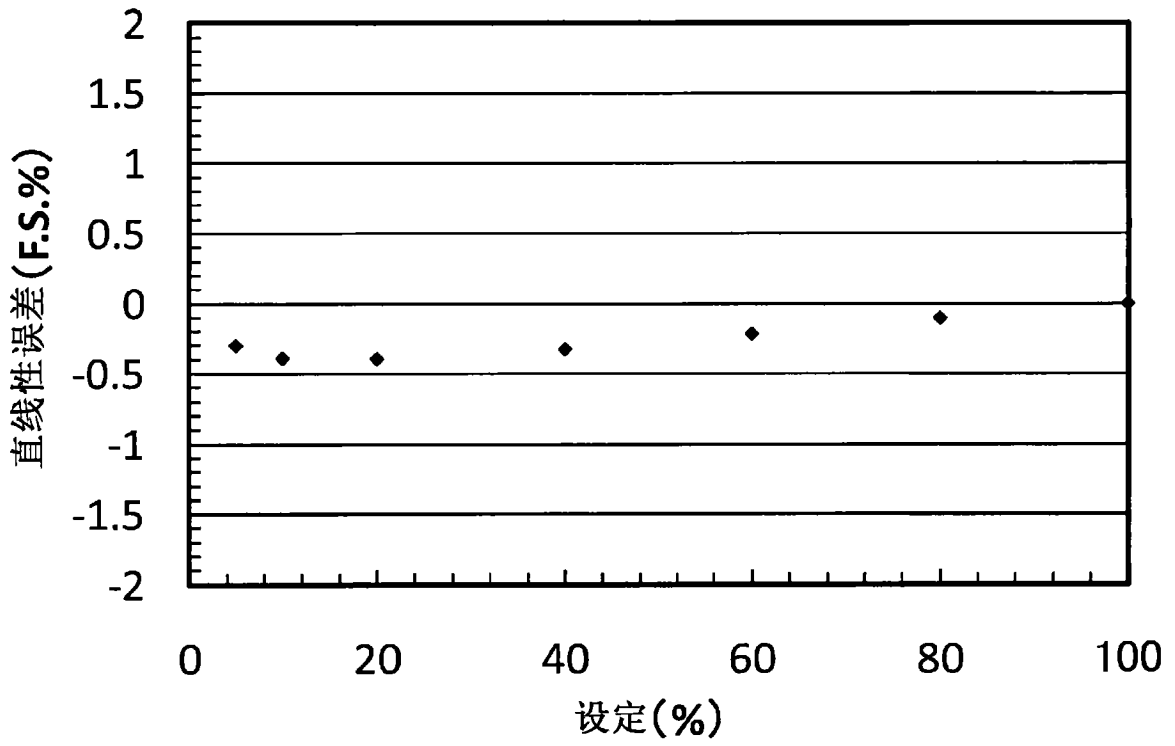


图12

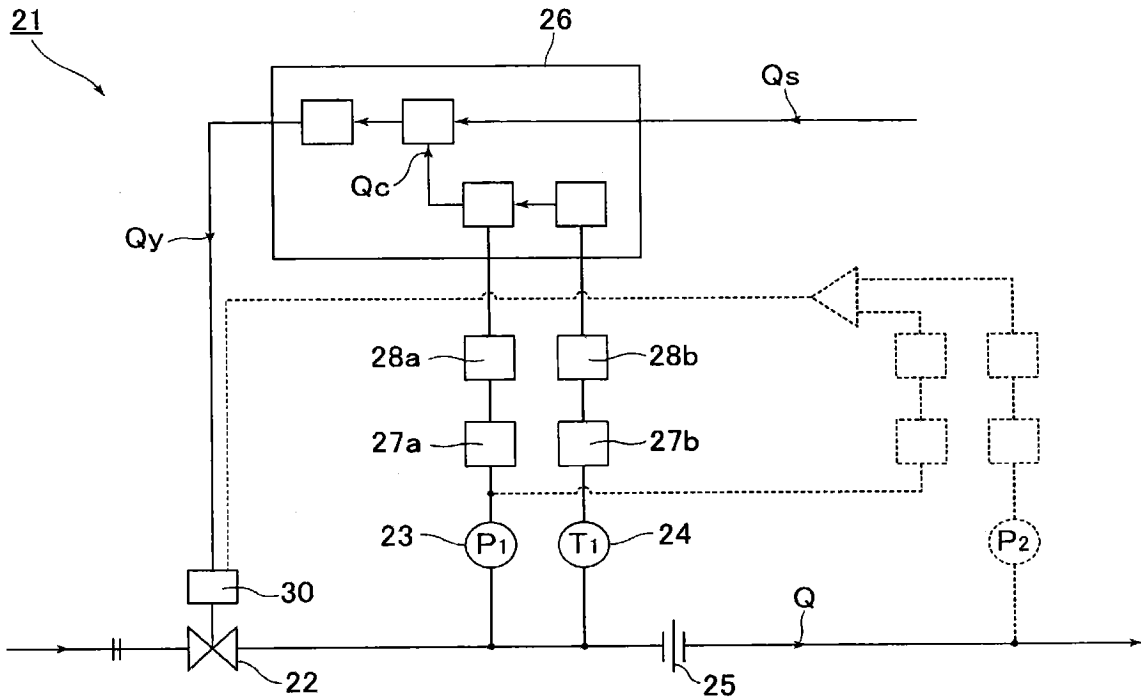


图13

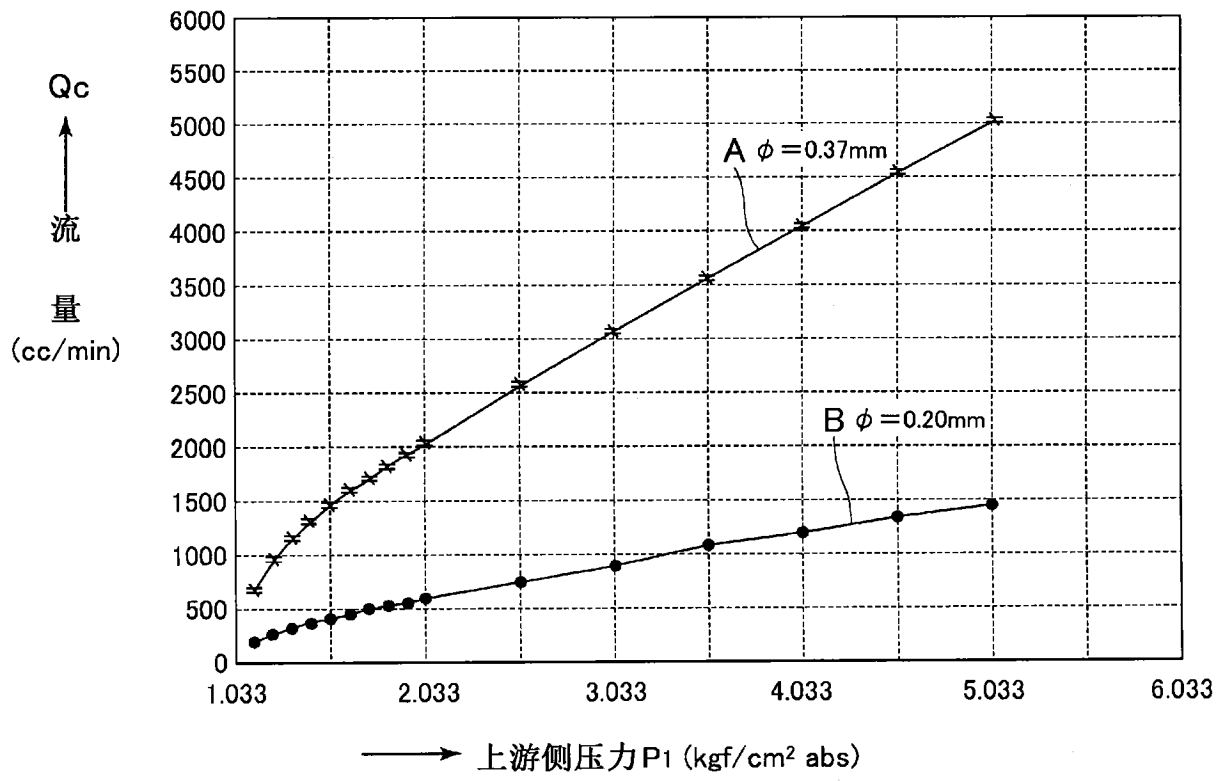


图14