



(45) 授权公告日 2014.02.05

→ 流量 [SCCM]
(孔口下游侧压力 $P_2=100$ Torr时的流量控制范围)

1. 一种使用压力式流量控制装置的流体非连续式流量切换控制方法,其特征在于:

使压力式流量控制装置的控制阀门的下游侧与流体供给用管道之间的流体通道成为至少两条以上并列状的流体通道,并且使流体流量特性不同的孔口分别位于所述各并列状的流体通道中,其中,在所述压力式流量控制装置中,由孔口上游侧的压力 P_1 和 / 或孔口下游侧的压力 P_2 ,将流过孔口的流体的流量运算为 $Q_c = KP_1$ 或 $Q_c = KP_2^m(P_1 - P_2)^n$ 、其中的 K 为比例常数, m 和 n 为常数,在第 1 流量域的流体的流量控制中,使所述第 1 流量域的流体流过一个孔口,并且在第 2 流量域的流体的流量控制中使所述第 2 流量域的流体流过至少另一个孔口,并使所述第 2 流量域的最小流量比所述第 1 流量域的最大流量更大,使所述第 2 流量域的最小流量和所述第 1 流量域的最大流量之间的流量域是非控制的,

使第 2 流量域的流量控制和第 1 流量域的流量控制为不连续,使所述第 1 流量域和所述第 2 流量域之间的流量域在流量控制的对象之外。

2. 如权利要求 1 所述的使用压力式流量控制装置的流体非连续式流量切换控制方法,其特征在于:

使并列状的流体通道的数量为 2 个,并在一方的流体通道中设置第 1 流量域用孔口,在另一方的流体通道中设置第 2 流量域用孔口。

3. 如权利要求 2 所述的使用压力式流量控制装置的流体非连续式流量切换控制方法,其特征在于:

使流过孔口的流体为临界条件下的流体,并且通过第 2 流量域用孔口的流体通道中设置的切换阀门的工作将流体流量的控制范围在第 1 流量域和第 2 流量域中切换。

4. 如权利要求 1 所述的使用压力式流量控制装置的流体非连续式流量切换控制方法,其特征在于:

使第 1 流量域的上限值为从 10 ~ 1000SCCM 的范围内选择的数值,下限值为 1SCCM 以上并且比上限值小的值,使第 2 流量域的下限值为从 100 ~ 5000SCCM 的范围内选择的数值,上限值为 10000SCCM 以下并且比下限值大的值。

使用压力流量控制装置的流体非连续式流量切换控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体制造设备、化学工业设备或药品工业设备等所使用的流体供给方法的改善,并涉及在使用压力式流量控制装置对不同流量的多种类的流体进行流量控制并向期望的场所进行供给的流体供给系统中,使用压力式流量控制装置使得在使流体供给设备的小型化和制造成本的降低变得可能的同时,实现流量控制范围的扩大和维持高流量控制精度的流体非连续式流量切换控制方法。

背景技术

[0002] 半导体制造装置等中,一般地从一台的流体供给装置(下面称为气体箱(gas box))向气体使用场所在流量控制的同时切换供给多种类的气体。例如,在所谓的蚀刻机中,如图4所示从一台的气体箱GX通过16台流量控制装置 $A_1 \sim A_{16}$ 分别向蚀刻机C(下面称为处理室)供给流量不同的各种处理用气体。并且,在图4中, $S_1 \sim S_{16}$ 为气体源, $A_1 \sim A_{16}$ 为压力式流量控制装置, $Ar \sim O_2$ 为气体种类,1600SCCM $\sim$ 50SCCM为换算到压力式流量控制装置的标准状态的 N_2 气体的最大流量。

[0003] 然后,在如图4所示的上述蚀刻机C的流体供给设备GX中设有16台压力式流量控制装置 $A_1 \sim A_{16}$,分别通过不同流量和气体种类的气体供给线路 $L_1 \sim L_{16}$,以规定的时刻切换供给期望流量的气体。

[0004] 此外,各气体供给线路 $L_1 \sim L_{16}$ 中,存在有多个同种气体的供给线路,并且其中存在在不同时进行气体供给的气体供给线路。例如,来自气体源 S_{10} 的 O_2 (100SCCM)和来自气体源 S_{11} 的 O_2 (2000SCCM)不会同时供给至处理室C。并且,存在来自气体源 S_{16} 的 O_2 (50SCCM)与所述气体源 S_{10} 或者气体源 S_{11} 的 O_2 同时供给的情况。

[0005] 如上所述,由于气体源 S_{10} 的 O_2 供给线路 L_{10} 和气体源 S_{11} 的 O_2 供给线路 L_{11} 为不同时供给的线路,如果压力流量控制装置 A_{10} 和压力流量控制装置 A_{11} 的流量控制精度保持必要的精度,能够将两气体供给线路 L_{10} 、 L_{11} 置换成使用一台压力式流量控制装置的一个 O_2 供给线路。

[0006] 另一方面,压力式流量控制装置具有如图5(a)和(b)的回路结构,前者的压力式流量控制装置主要用于孔口上游侧气体压力 P_1 和孔口下游侧气体压力 P_2 之比 P_2/P_1 等于流体的临界值或者比其低的情况(所谓气体的流动始终处于临界状态下),流过孔口8的气体流量 Q_c 由 $Q_c = KP_1$ (其中,K为比例常数)给出。此外,后者的压力式流量控制装置主要用于临界状态和非临界状态两种流动状态的气体的流量控制,流过孔口8的气体流量由 $Q_c = KP_2^m(P_1 - P_2)^n$ (K为比例常数、m和n为常数)给出。

[0007] 并且,在图5中,2为控制阀门,3为孔口上游侧配管,4为阀门驱动部,5为孔口下游侧配管,6、27为压力检测器,7为温度检测器,8为孔口,9为阀门,13、31为流量运算回路,14为流量设定回路,16为运算控制回路,12为流量输出回路,10、11、22、28为增幅器,15为流量转换回路,17、18、29为A/D转换器,19为温度修正回路,20、30为运算回路,21为比较回路, Q_c 为运算流量信号, Q_e 为流量设定信号, Q_o 为流量输出信号, Q_y 为流量控制信号, P_1

为孔口上游侧气体压力, P_2 为孔口下游侧气体压力, k 为流量转换率。

[0008] 流量设定给予电压值作为流量设定信号 Q_e , 通常上游侧压力 P_1 的压力控制范围 $0 \sim 3(\text{kg f/cm}^2 \text{ abs})$ 用电压范围 $0 \sim 5\text{V}$ 表示, $Q_e = 5\text{V}$ (满标度值) 为与 $3(\text{kg f/cm}^2 \text{ abs})$ 的压力 P_1 所对应的流量 $Q_c = KP_1$ 相当的满标度流量。

[0009] 例如, 若当前流量转换回路 15 的转换率 k 设定为 1, 通过流量设定信号 $Q_e = 5\text{V}$ 的输入, 运算流量信号 Q_c 变成 5V , 对控制阀门 2 进行开闭操作直到上游侧压力 P_1 变成 $3(\text{kg f/cm}^2 \text{ abs})$ 为止, 对应 $P_1 = 3(\text{kg f/cm}^2 \text{ abs})$ 的流量 $Q_c = KP_1$ 的气体流过孔口 8。

[0010] 此外, 需要控制的压力范围切换到 $0 \sim 2(\text{kg f/cm}^2 \text{ abs})$, 用 $0 \sim 5(\text{V})$ 的流量设定信号 Q_e 表示该压力范围的情况 (即、满标度值 5V 为 $2(\text{kg f/cm}^2 \text{ abs})$ 的情况) 下, 所述流量转换率 k 设定为 $2/3$ 。

[0011] 结果是, 输入流量设定信号 $Q_e = 5(\text{V})$, 由 $Q_f = kQ_c$, 切换运算流量信号 Q_f 变为 $Q_f = 5 \times 2/3(\text{V})$, 对控制阀门 2 进行开闭操作直到上游侧压力 P_1 变为 $3 \times 2/3 = 2(\text{kg f/cm}^2 \text{ abs})$ 。

[0012] 即、变换满标度的流量使得 $Q_e = 5\text{V}$ 表示相当于 $P_1 = 2(\text{kg f/cm}^2 \text{ abs})$ 的流量 $Q_c = KP_1$ 。

[0013] 在临界状态下, 流过孔口 8 的气体流量 Q_c 由上述 $Q_c = KP_1$ 给出, 如果需要流量控制的气体种类发生变化, 即使是同一孔口 8 比例常数 K 也可以发生变化。另外, 这种情况在图 5(b) 的压力式流量控制装置中也是同样的, 即使是同一个孔口 8, 只要气体种类变化, 则比例常数 K 也变化。

[0014] 该压力式流量控制装置不仅构造简单, 还在响应性和控制精度、控制的稳定性、制造成本、可维护性等方面上也具有优良的特性。

[0015] 然而, 在图 5(a) 的压力式流量控制装置中, 由于临界条件下流量 Q_c 运算为 $Q_c = KP_1$, 随着孔口二次侧压力 P_2 的上升, 流量控制范围也随之变窄。这是因为孔口一次侧压力 P_1 根据流量设定值控制在一定压力值, 如果在 P_2/P_1 满足临界膨胀条件的状态下孔口二次侧的压力 P_2 上升, 必然地孔口一次侧压力 P_1 的调整范围, 即 P_1 所带来的流量 Q_c 的控制范围也变窄。因此, 如果减少流体的控制流量而脱离上述临界条件, 则流量控制精度将大幅度降低。

[0016] 同样地, 在图 5(b) 的压力式流量控制装置中, 尽管通过适当地选择常数 m 、 n 来修正运算流量值使得接近实测流量值, 但如果流体的控制流量减少, 则流量控制精度的降低也不可避免。

[0017] 具体地, 在临界条件下进行流体的流量控制的图 5(a) 的压力式流量控制装置中, 当前的流量控制精度即流量控制误差的界限为 $\pm 1.0\% \text{ S. P.}$ 内 (在设定信号为 $10 \sim 100\%$ 的范围中) 和 $\pm 0.1\% \text{ F. S.}$ 内 (在设定信号为 $1 \sim 10\%$ 的范围中)。并且, $\pm 1.0\% \text{ S. P.}$ 为表示相对于设定点流量的百分比误差, $\pm 0.1\% \text{ F. S.}$ 为表示相对于满标度流量的百分比误差。

[0018] 另一方面, 半导体制造装置用的压力式流量控制装置不仅需要高流量控制精度而且需要大流量控制范围。因此, 在所要求的流量控制范围较大时将流量控制域划分为多个域, 分别设置分担各分割域的、最大流量不同的压力式流量控制装置。

[0019] 然而, 在设置多台流量控制装置的情况下, 必然导致装置的大型化和高成本化, 产

生诸多不理想情况。

[0020] 因此,本申请的发明者之前开发并公开了如图 6 所示的通过一台压力式流量控制装置以比较高的精度进行大流量域的流量控制的流量切换型的压力式流量控制装置。

[0021] 该流量切换型压力式流量控制装置,如图 6 所示组合了切换阀门 34、切换用电磁阀门 32、小流量用孔口 8a 和大流量用孔口 8c,例如,在进行最大流量 2000SCCM 的流量控制的情况下,分别利用小流量用孔口 8a 对 200SCCM 以下的流量和利用大流量用孔口 8c 对 200 至 2000SCCM 的流量进行流量控制。

[0022] 具体地,在控制 200SCCM 以下的小流量的情况下,保持切换阀门为关闭的状态,进行流量控制,使得流过小流量孔口 8a 的流体流量 Q_s 为 $Q_s = K_s P_1$ (其中, K_s 为孔口 8a 的固有常数)。流量特性曲线如图 7 的特性 S 所示。

[0023] 另外,在控制流量 2000SCCM 以下的流体的情况下,通过切换用电磁阀门 32 开放切换阀门 34。由此,流体通过管道 5a、切换阀门 34、大流量孔口 8c 以及小流量孔口 8a、管道 5a,流入管道 5。在此情况下,流入管道 5 的流体流量为大流量孔口 8c 带来的控制流量 $Q_c = K_c P_1$ (其中, K_c 为大流量孔口 8c 的固有常数) 和小流量孔口 8a 所带来的控制流量 $Q_s = K_s P_1$ (其中, K_s 为小流量孔口 8a 的固有常数) 之和,其流量特性曲线为图 7 的曲线 L 所示。

[0024] 上述两流量特性 S、L 的控制流量域的关系用图表示为图 8(a),如上所述设定信号为 10 ~ 100% 时(即在小流量特性 S 控制中的情况下,流量为 20 ~ 200SCCM 时)流量控制误差为 $\pm 1.0\%$ S.P. 内,最小流量控制值 20SCCM。

[0025] 另一方面,所述图 4 的气体源 S_{10} (100SCCM) 和气体源 S_{11} (2000SCCM) 的气体流路利用一台切换型压力式流量控制装置对流量进行切换控制的情况下,如图 8(a) 的连续式范围的流量控制的情况下,为了保持流量控制误差在 $\pm 1.0\%$ S.P. 内,需要 20SCCM 以上(设定信号 10% 以上)的控制流量。因此,在来自气体源 S_{10} 的 O_2 供给流量是最大流量 100SCCM 的情况下,如图 8(a) 的连续式范围的流量控制中,流量的未控制范围最大达到 20SCCM,在小流量域中的流量控制精度极度下降。

[0026] 此外,若要使流量控制精度提高,如图 8(b) 所示使切换段数为 3 段(例如,20SCCM、200SCCM 和 2000SCCM 的 3 个流量区域),能够使流量未控制范围为 2SCCM 以下(即 $20SCCM \times 10\%$)。但是,在此情况下使用的孔口 8 为 3 种,使切换型压力式流量控制装置的构造复杂化,存在其制造成本和维护管理费用增大等难点。

[0027] 专利文献 1:日本专利公开 2003-195948 号公报

[0028] 专利文献 2:日本专利公开 2004-199109 号公报

[0029] 专利文献 3:日本专利公开 2007-4644 号公报

发明内容

[0030] 本发明为了解决使用以往的连续流量范围型的流量切换型压力式流量控制装置的流量控制方法中的上述问题,即,如果要提高小流量域(下面称为第 1 流量域)的流量控制精度,需要增加切换型压力式流量控制装置的切换段数,导致流量控制装置的大型化和制造成本的上升等问题,提供一种利用了压力式流量控制装置的流体非连续式流量切换控制方法,通过使使用切换型压力式流量控制装置的流量控制为非连续型流量控制,在不降低第 1 流量域中的流量控制精度下,能够进行第 1 流量域和大流量域(下面称为第 2 流量

域)的切换,并且使装置的小型化和制造成本的大幅度削减变得可能。

[0031] 以前,为了提高第1流量域的流量控制精度,在将期望的流量范围,例如0~2000SCCM的流量范围分割成多个流量控制区域来进行流量控制的情况下,如上述图8(a)、(b)所示,通过使用200~2000SCCM和20~200SCCM两种流量域用的孔口的压力式流量控制装置,或者使用200~2000SCCM、20~200SCCM和2~20SCCM三种流量域用的孔口的压力式流量控制装置,来对2~2000SCCM的流量范围连续地进行流量控制。

[0032] 然而,在如上连续流量控制方式中,为了提高第1流量域中的流量控制精度,必然地需要增加切换段数,并使最小流量域用的流量调整用孔口为小额定流量。这是因为在压力式流量控制装置中,能够将流量控制误差保持在1.0% S.P. 内的控制流量被限定为额定流量的10~100%的流量范围内。

[0033] 因此,作为在不增加流量控制范围的切换段数下,即在使用更少种类的控制用孔口下,提高第1流量域的流量控制精度的方法,本申请发明者设想了利用去除中间的流量区域的流量控制的非连续式流量控制方法,并基于该设想进行了多次流量控制实验。

[0034] 具体地,上述图1所示,例如对0~2000SCCM的流量范围进行流量控制的情况下,其构成为,将0~2000SCCM的流量控制用孔口和10~100SCCM的流量控制用孔口组合在一台压力式流量控制装置中,将10~100SCCM的区域以具有后者的流量控制用孔口的压力式流量控制装置并将200~2000的流量区域以具有前者的流量控制用孔口的压力式流量控制装置分别进行流量控制,并且使100~200SCCM的流量区域为不进行流量控制的所谓非流量控制区域。

[0035] 通过使用该非连续式的流量控制的方法,能够以1.0% S.P. 内的流量控制误差对最小1SCCM的流量进行流量控制,能够使用更简单结构的流量切换型压力式流量控制装置进行直到小流量域的高精度的流量控制。

[0036] 结果是,例如,即使将上述图4的气体供给线路 L_{10} 和气体供给线路 L_{11} 合并成一条供给线路,也能够将100SCCM和2000SCCM的不同流量域的 O_2 用一台切换型压力式流量控制装置并以1.0% S.P. 内的流量控制误差(10~100%流量范围)进行流量控制。

[0037] 本发明为经过如上所述的过程所完成,权利要求1的发明其特征为,使压力式流量控制装置的控制阀门的下游侧与流体供给用管道之间的流体通道成为至少两条以上并列状的流体通道,并且使流体流量特性不同的孔口分别位于所述各并列状的流体通道中,其中,在所述压力式流量控制装置中,由孔口上游侧的压力 P_1 和/或孔口下游侧的压力 P_2 ,将流过孔口的流体的流量运算为 $Q_c = KP_1$ (K 为比例常数)或 $Q_c = KP_2^m(P_1 - P_2)^n$ (K 为比例常数, m 和 n 为常数),在第1流量域的流体的流量控制中,使所述第1流量域的流体流过一个孔口,并且在第2流量域的流体的流量控制中使所述第2流量域的流体流过至少另一个孔口,并使所述第2流量域的最小流量比所述第1流量域的最大流量更大,使所述第2流量域的最小流量和所述第1流量域的最大流量之间的流量域是非控制的而能够自由切换。

[0038] 权利要求2的发明为在权利要求1的发明中,使第2流量域的流量控制和第1流量域的流量控制为不连续,使所述第2流量域和所述第1流量域之间的流量域在流量控制的对象之外。

[0039] 权利要求3的发明为在权利要求1的发明中,使并列状的流体通道的数量为2个,并使孔口为第1流量域用孔口和第2流量域用孔口中的2个。

[0040] 权利要求 4 的发明为在权利要求 3 的发明中,使流过孔口的流体为临界条件下的流体,并且通过第 2 流量域用孔口的流体通道中设置的切换阀门的工作将流体流量的控制范围在第 1 流量域和第 2 流量域中切换。

[0041] 权利要求 5 的发明为在权利要求 1 的发明中,使得第 1 流量域的上限值为 10 ~ 1000SCCM 的范围内选择的数值,下限值为 1SCCM 以上并比上限值小的值,使第 2 流量域的下限值为 100 ~ 5000SCCM 的范围内选择的数值,上限值为 10000SCCM 以下并且比下限值大的值。

[0042] 本发明中,在流体流量为最大流量的 100 ~ 10 % 范围内,使得流量控制误差在 1.0 % S. P. 内。

[0043] 本发明中,使得第 1 流量域的流体的最大流量为例如 50SCCM、65SCCM、100SCCM、200SCCM 或者 1000SCCM 中的任一个。

[0044] 本发明中,使得第 2 流量域的流体的最大流量为例如 1000SCCM、1500SCCM、2000SCCM、3000SCCM 或者 10000SCCM。

[0045] 本发明中,通过选定并使用与必需的第 1 流量域的流量控制范围相适应的流量控制用孔口,使用更简单结构的流量切换型压力式流量控制装置,进行第 1 流量域和第 2 流量域的高精度的流量控制,虽然在中间流量区域中不能保证流量控制精度,但能够进行大致的流量控制,在实用上得到优良的效果。

附图说明

[0046] 图 1 是本发明中的非连续式流量切换方法的说明图。

[0047] 图 2 是本发明所使用的流量切换型压力式流量控制装置的结构说明图。

[0048] 图 3 是表示本发明中的非连续式流量切换方法的其它例子的说明图。

[0049] 图 4 是表示以往的半导体制造装置中的蚀刻机用气体供给说明的一个例子的说明图。

[0050] 图 5(a) 是表示压力式流量控制装置的一个例子的系统图。(b) 是显示压力式流量控制装置的另一个例子的系统图。

[0051] 图 6 是以往的流量切换型压力式流量控制装置的系统图。

[0052] 图 7 是图 6 的流量切换型压力式流量控制装置的流量控制特性图。

[0053] 图 8(a) 是图 6 的流量切换型压力式流量控制装置中的连续型流量控制区域的说明图。(b) 是为了提高小流量域中的流量控制精度而设有三种流量切换区域的情况下的连续型流量控制区域的说明图。

[0054] 标号说明

[0055] A 为流量切换型压力式流量控制装置, Gc 为驱动用气体, Qe 为设定输入信号, Qo 为流量输出信号, S_L、S_S 为流量区域切换信号, C₁ 为切换信号, P₀ 为供给侧压力, P₁ 为孔口上游侧压力, GX 为流体供给装置 (气体箱, gas box), A₁ ~ A_n 为压力式流量控制装置, C 为蚀刻机 (处理室), S₁ ~ S_n 为气体源, Ar ~ O₂ 为处理用气体, L₁ ~ L_n 为气体供给线路, F100 为最大流量为 100SCCM 的压力式流量装置的控制区域, F2L 为最大流量为 2000SCCM 的压力式流量装置的控制区域, B 为非流量控制区域, 1 为控制部, 2 为控制阀门, 3 为孔口上游侧管道, 4 为驱动部, 5 为孔口下游侧配管, 6 为压力传感器, 7 为温度检测器, 8 为孔口, 8a' 为第 1

流量域用孔口,8c 为第 2 流量域用孔口,32 为切换用电磁阀门,34 为切换阀门,34a 为阀门驱动部,34b 为接近传感器。

具体实施方式

[0056] 下面,基于附图对本发明的实施方式进行说明。图 2 是本发明的实施中所使用的流量切换型压力式流量控制装置 A 的结构说明图。该流量切换型压力式流量控制装置 A 与上述图 6 所示的以往的流量控制装置相同,仅在所使用的第 1 流量域用的孔口 8a' 的孔口径不同。

[0057] 在图 2 中,1 为控制部,2 为控制阀门,3 为孔口上游侧(一次侧)管道,4 为阀门驱动部,5 为流体供给用管道,6 为压力传感器,8a' 为第 1 流量域用孔口,8c 为第 2 流量域用孔口,32 为切换用电磁阀门,34 为切换阀门。压力式流量控制装置的控制部 1、控制阀门 2、阀门驱动部 4、压力传感器 6 是公知的,控制部 1 中设有流量的输入输出信号端子(设定流量的输入信号 Q_e 、控制流量的输出信号 Q_o ,DC 0 ~ 5V) Q_e 、 Q_o 、电源供给端子($\pm$ DC 15V) E 、控制流量切换指令信号的输入端子 S_L 、 S_S 。存在输入输出信号利用串行的数字信号进行通信的情况。

[0058] 所述切换用电磁阀门 32 为公知的气动型电磁阀门,通过从控制部 1 输入切换信号 C_1 ,供给驱动用气体 G_c (0.4 ~ 0.7MPa),切换用电磁阀门 32 工作。由此,驱动用气体 G_c 被供给至切换阀门 34 的阀门驱动部 34a,使切换阀门 34 开闭操作。此外,切换阀门 34 的工作由设在各阀门驱动部 34a 的限位开关 34b 检测,输入到控制部 1 中。并且,切换阀门 34 使用气压操作的常闭型阀门。

[0059] 管道 5a、5c 形成孔口 8a' 的旁路通道,在控制流量为第 1 流量域的情况下,由第 1 流量域用孔口 8a' 进行流量控制的流体通过管道 5g 流通。

[0060] 此外,控制流量为第 2 流量域的情况下,流体通过管道 5a 流入第 2 流量域用孔口 8c,主要由第 2 流量域用孔口 8c 进行流量控制的流体流入流体供给用管道 5 内。

[0061] 现在将 2000SCCM 以下的流量分割为 100SCCM 以下的第 1 流量域和 200 ~ 2000SCCM 的第 2 流量域,进行流量控制。在此情况下,在 100SCCM 以下的流量控制时,切换阀门 34 保持闭合状态,流过小流量孔口 8a' 的流体流量 Q_s 用 $Q_s = K_s P_1$ (其中, K_s 为孔口 8a' 中的固有常数)进行流量控制。当然,作为孔口 8a' 使用最大流量 100SCCM 用孔口。

[0062] 通过使用该第 1 流量域用孔口 8a' 的流量控制,孔口下游侧的管道 5 在 100Torr 以下的情况下,在流量 100SCCM 至 10SCCM 的范围中以误差 $\pm 1.0\%$ S. P. 以下的精度进行流量控制。

[0063] 另一方面,对流量为 200 ~ 2000SCCM 的第 2 流量域进行流量控制的情况下,通过切换用电磁阀门 32 开放切换阀门 34。由此,流体通过管道 5a、切换阀门 34、第 2 流量域用孔口 8c 以及第 1 流量域用孔口 8a'、管道 5g,流入管道 5。

[0064] 即、流入管道 5 的流体流量为第 2 流量域用孔口 8c 带来的控制流量 $Q_c = K_c P_1$ (其中, K_c 为第 2 流量域用孔口 8c 的固有常数)和第 1 流量域用孔口 8a' 所带来的控制流量 $Q_s = K_s P_1$ (其中, K_s 为第 2 流量域用孔口 8a 的固有常数)之和,孔口 8c、8a' 的下游侧压力为 100Torr 以下的情况下,在流量 200 ~ 2000SCCM (10 ~ 100% 流量) 的流量域中进行误差 1.0% S. P. 以下的高精度的流量控制。

[0065] 此外,在所述图2中,使用两个孔口8a'、8c将流量控制范围分割成两个流量域,当然也可以使孔口和并列管道为两个以上,将流量域分割为三个以上。

[0066] 上述图1为本发明的非连续型流量切换式流量控制方法的说明图,表示了通过切换使用使用了第1流量域用孔口8a'的最大流量100SCCM的压力式流量控制装置F100和使用第2流量域用孔口8c与第1流量域用孔口8a'两者的最大流量2000SCCM的压力流量控制装置F2L,在孔口下游侧压力为100Torr以下的情况下,能够在小于10SCCM的流量值下进行1.0% S. P. 内的流量控制。并且,在图1中流量区域B(100~200SCCM)为不能确保误差1.0% S. P. 以下的流量控制精度的范围,意味着在本发明中所谓的流量控制的非连续区域(非流量控制区域)。

[0067] 并且,在上述实施例中针对使用了最大流量100SCCM的压力式流量控制装置F100和最大流量2000SCCM的压力式流量控制装置F2L的非连续式的切换流量控制方法进行了说明,但如上述图3所示可以采用最大流量50SCCM和最大流量1300SCCM的压力式流量控制装置F50、F1300的组合,最大流量65SCCM和最大流量2000SCCM的压力式流量控制装置F65、F2L的组合等。并且,流量区域(50~130SCCM)B1和流量区域(65~200SCCM)B2为流量控制的非连续区域(非流量控制区域)。

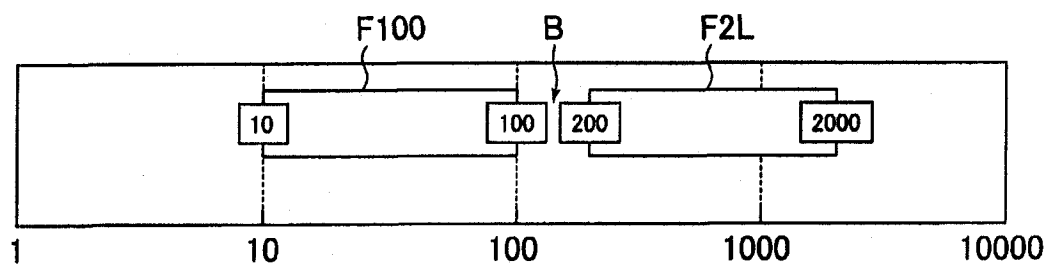
[0068] 具体地,作为上述第1流量域的控制最大流量,例如能够选择50、65、100、200、1000SCCM等,一般地将与在10~1000SCCM的范围中选择的第1数值相当的流量,选定为第1流量域的最大控制流量。此外,作为上述第2流量域的控制最大流量,能够选择1000、1300、1500、2000、3000、10000SCCM等。

[0069] 此外,选定1SCCM作为上述第1流量域的控制最小流量,并且,作为上述第2流量域的控制最小流量,将与在100~5000SCCM的范围内选择的第2数值相当的流量选定为第2流量域的控制最小流量。

[0070] 即、上述第1流量域的流量范围为从1SCCM到与上述第1数值相当的流量的流量域,并且,上述第2流量域的流量范围为从与上述第2数值相当的流量到10000SCCM的流量域。

[0071] 工业上的实用性

[0072] 本发明适用于半导体制造、化学工业、药品工业、食品工业等中的各种流体的流体供给。



→ 流量 [SCCM]
(孔口下游侧压力 $P_2=100$ Torr时的流量控制范围)

图 1

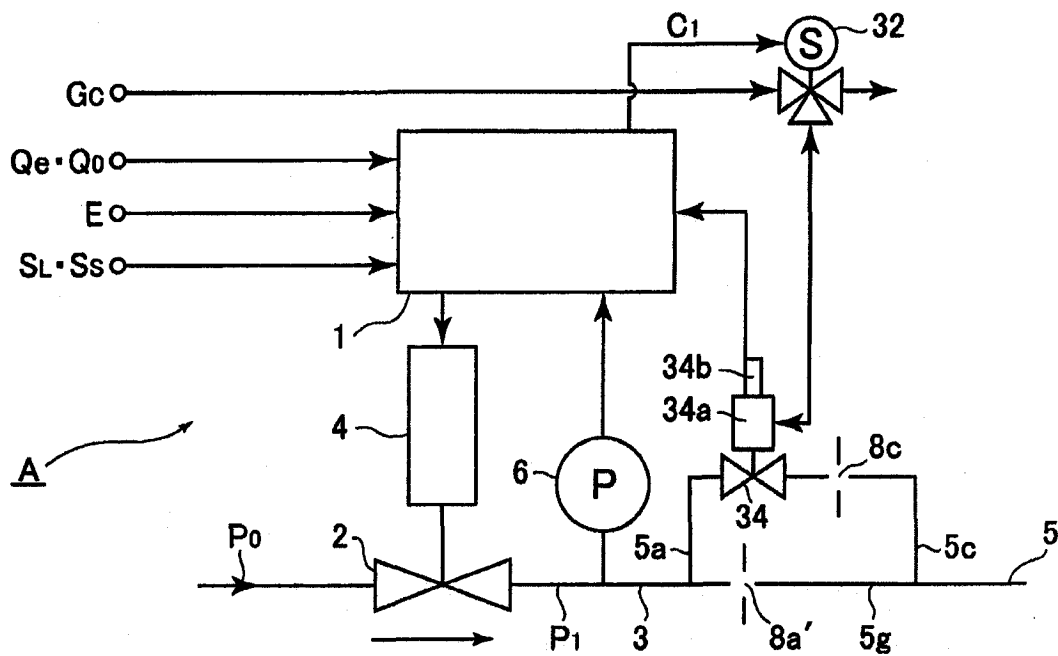


图 2

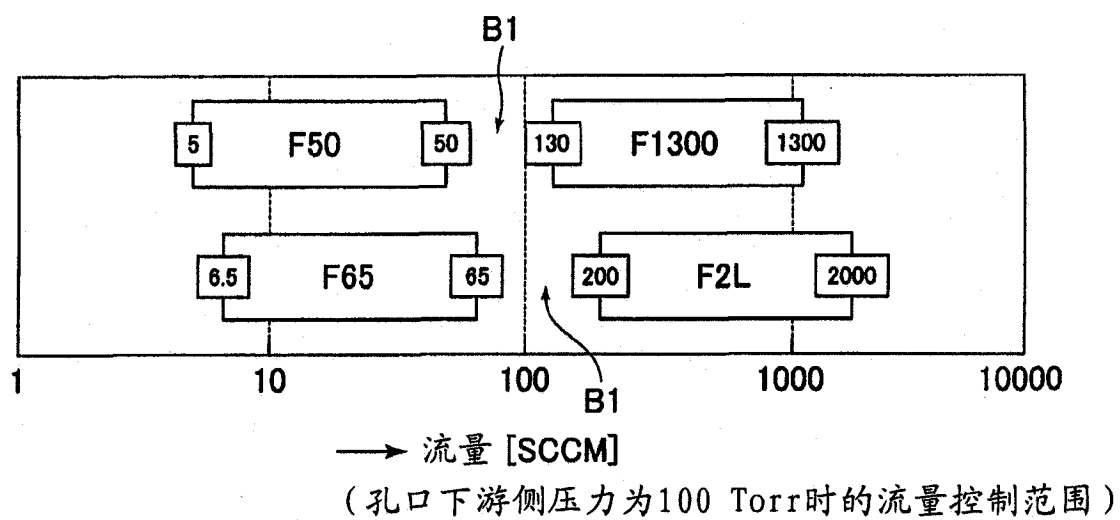


图 3

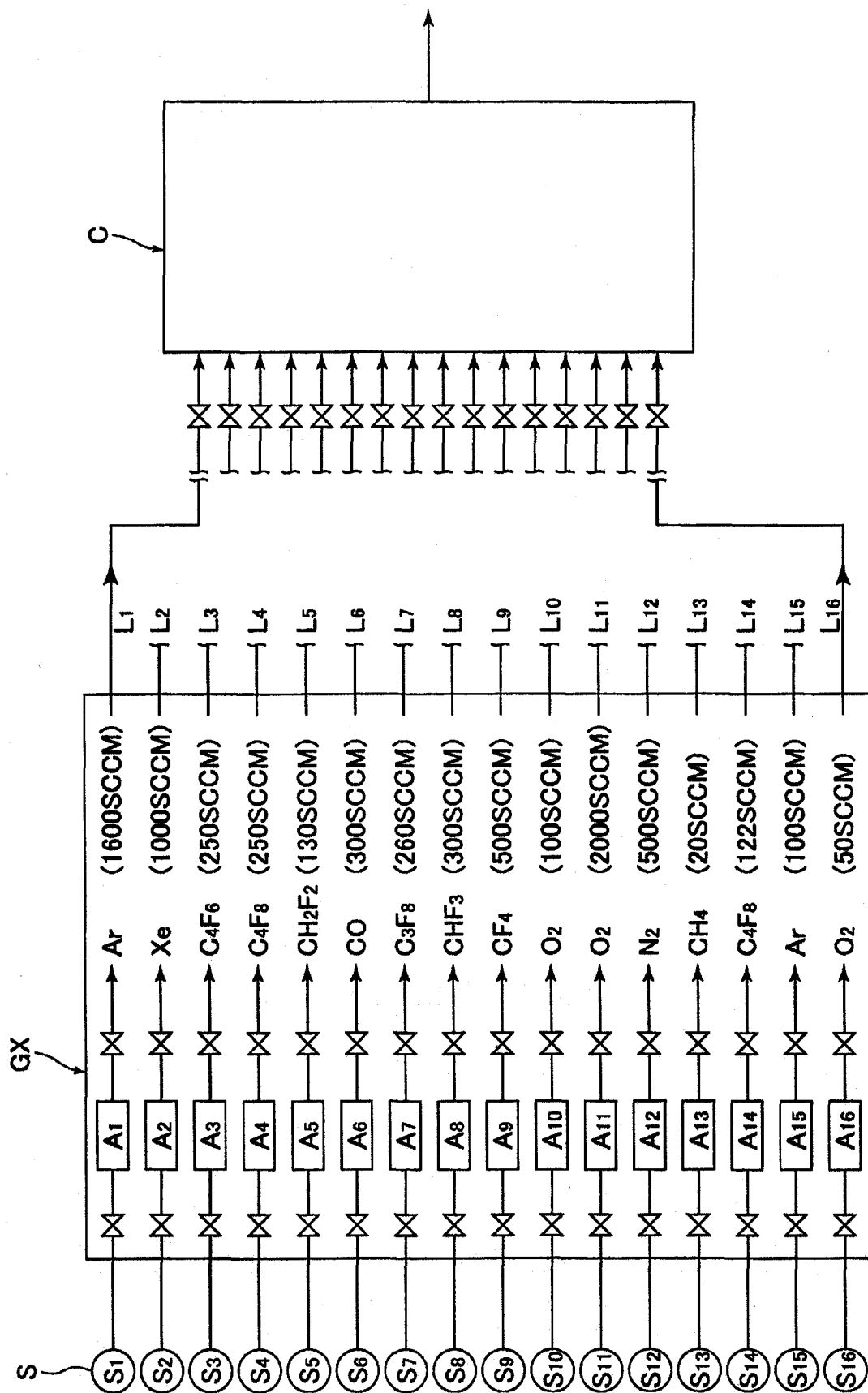


图 4

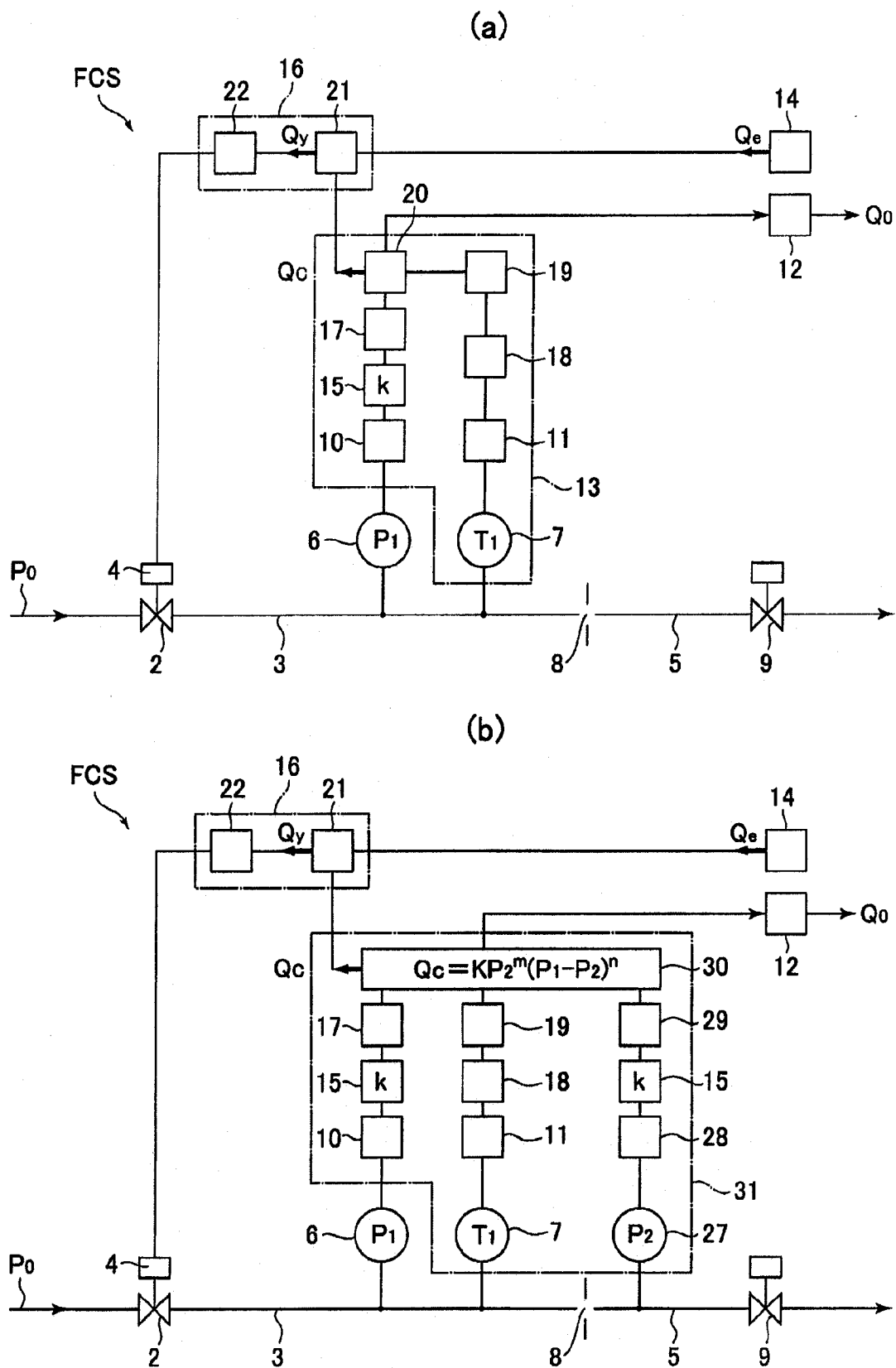


图 5

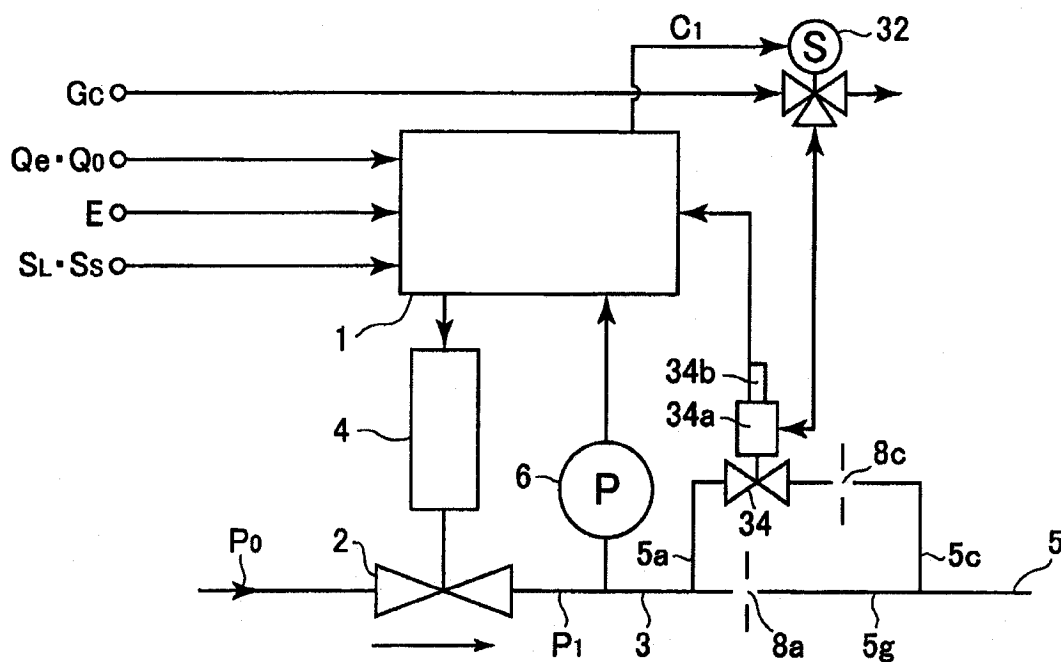


图 6

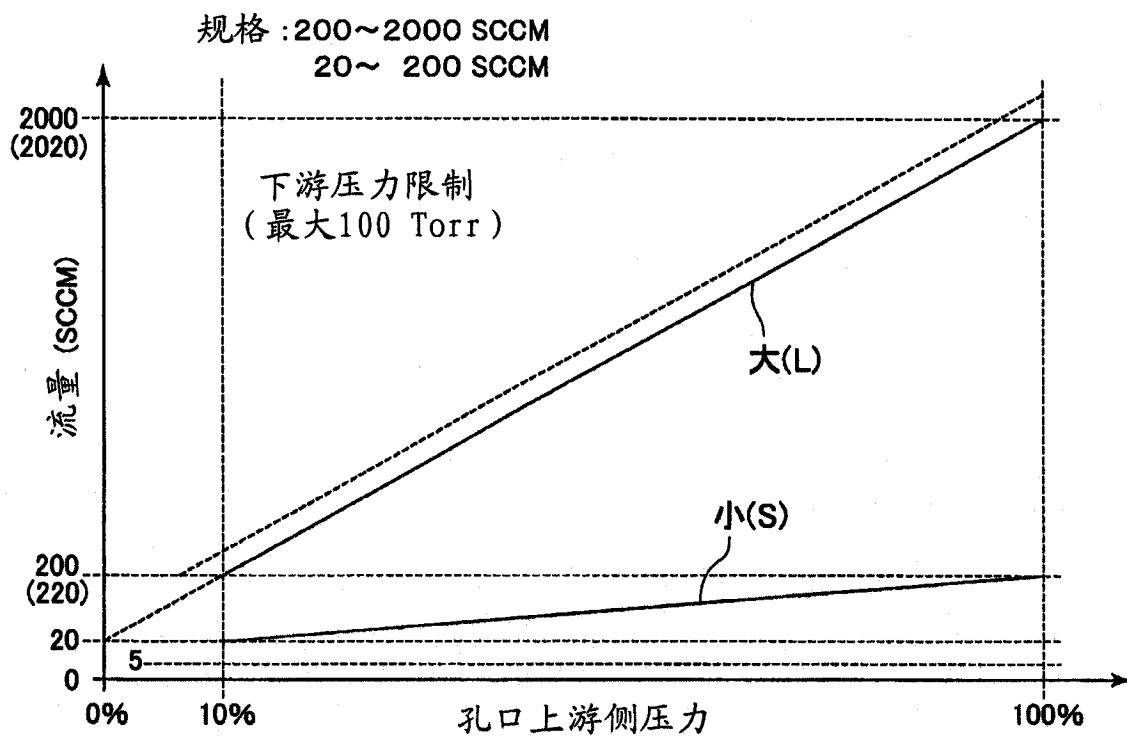


图 7

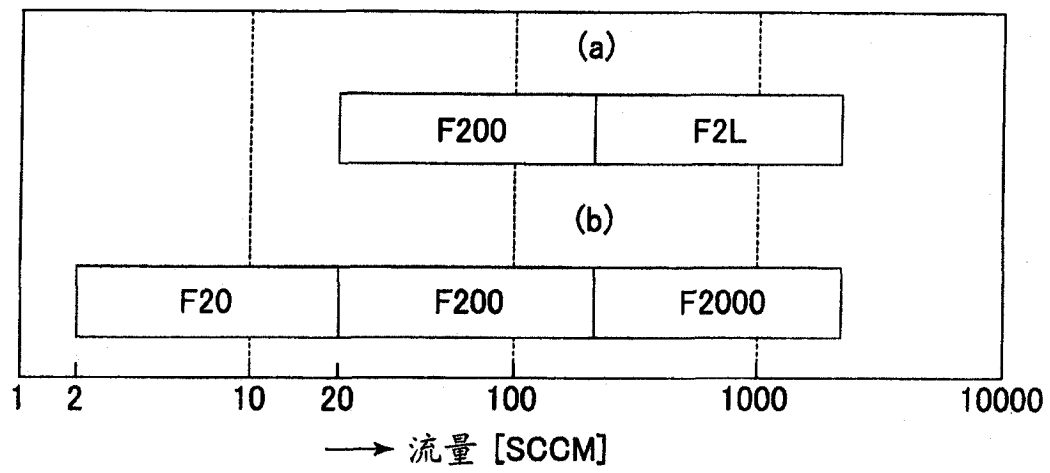


图 8