

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05D 16/02 (2006.01)

G05D 16/20 (2006.01)

H01L 21/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710041768.3

[43] 公开日 2007 年 11 月 14 日

[11] 公开号 CN 101071310A

[22] 申请日 2007.6.8

[21] 申请号 200710041768.3

[71] 申请人 上海微电子装备有限公司

地址 201203 上海市张江高科技园区张东路
1525 号

[72] 发明人 胡海峰 李若庆 王文刚

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

代理人 王 洁

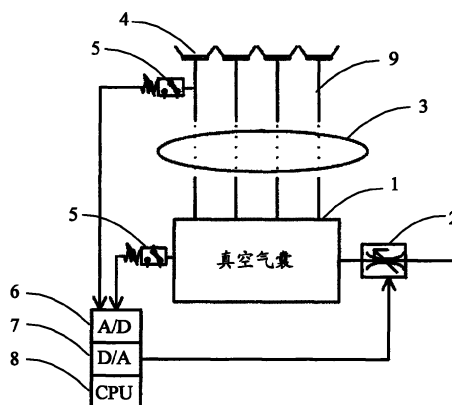
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

一种气动控制装置及方法

[57] 摘要

本发明提供了一种气动控制装置和方法，该气动控制装置包括真空气囊、流量控制器、传输气路、单向节流阀、吸盘、传感器、模/数及数/模转换电路和控制器，真空气囊通过流量控制器连接到一真空泵，吸盘通过传输气路连接到真空气囊，传输气路和吸盘间接有单向节流阀，用于吸盘开合时传输气路上的气压控制，真空气囊和传输气路上均连接有传感器，传感器的输出通过模/数转换作为控制器的输入，控制器的输出指令通过数/模转换控制流量控制器。本发明还提供了一种气动控制方法。采用本发明的装置不仅能实现压力(负压)、流量的控制，而且气路设计能保证多个吸盘开合时的相互独立性，另外也避免了真空开启吸盘时导致的真空泄漏。



1、一种气动控制装置，其特征在于：所述的气动控制装置包括真空气囊、流量控制器、传输气路、单向节流阀、吸盘、传感器、模/数及数/模转换电路和控制器，真空气囊通过流量控制器连接到一真空泵，吸盘通过传输气路连接到真空气囊，传输气路和吸盘间接有单向节流阀，用于吸盘开合时传输气路上的气压控制，真空气囊和传输气路上均连接有传感器，传感器的输出通过模/数转换作为控制器的输入，控制器的输出指令通过数/模转换控制流量控制器。

2、如权利要求1所述的气动控制装置，其特征在于：所述的传输气路包括至少一条由分支管路和电磁阀构成的通路。

3、如权利要求2所述的气动控制装置，其特征在于：所述的电磁阀为二位三通单电控电磁阀。

4、如权利要求2所述的气动控制装置，其特征在于：所述的电磁阀的进气口处于常通状态。

5、如权利要求1所述的气动控制装置，其特征在于：所述的传感器为真空压力传感器。

6、如权利要求1所述的气动控制装置，其特征在于：所述的模/数转换电路采用16位的模/数转换，所述的数/模转换电路采用12位的数/模转换。

7、一种采用如权利要求1所述的装置进行气动控制的方法，对吸盘负压进行二次调节，用于根据远端吸盘气压推算真空气囊气压目标值，其特征在于，包括下列步骤：

1a. 当至少有一路吸盘吸取硅片时，通过真空表读取所述每一个吸盘吸取硅片时的气路气压值 $A_1, A_2, \dots, A_n$;

1b. 根据各路吸盘的状态及气压值计算出吸盘端的实际气压值 B ;

1c. 通过真空表测量出真空气囊的气压值 C ;

1d. 重复步骤1a~1c，得到不同压力下的一组吸盘端的气压值 B_i 和一组真空气囊端的气压值 C_i , ($i=1, 2, \dots, n$);

1e. 根据步骤1d, 通过两组数据推导出真空气囊气压值 C 与吸盘端实际气压值 B 的函数关系 $C = f(B)$;

1f. 当用户设定吸盘端真空值为 D 时, 根据步骤 1e, 计算真空气囊气压调节的目标值 $M=f(D)$ 。

8、如权利要求 7 所述的气动控制方法, 其特征在于, 所述方法还包括对真空气囊的本地 PID 增量调节控制步骤:

2a. 根据步骤 1d 和 1f 可得出本地 PID 调节的输入偏差 $e=C-M$; 若实时测得的真空气囊值为 $C_1, C_2, \dots, C_{i-2}, C_{i-1}, C_i, \dots$, 则气囊的输入偏差为 $e_1, e_2, \dots, e_{i-2}, e_{i-1}, e_i, \dots$;

2b. 根据 PID 增量算法, 得到控制增量 $\Delta u_i = d_0 e_i + d_1 e_{i-1} + d_2 e_{i-2}$, 其中 $d_0 = K(1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_d}{T})$; $d_1 = -K(1 + \frac{2T_d}{T})$; $d_2 = K \frac{T_d}{T}$;

2c. 将每一次测量的控制增量 Δu_i 反馈到气囊输入端即可实现气囊本地的 PID 调节, 实现真空气囊的气压值相对稳定的跟随吸盘端的实际气压值的需要进行调节控制。

9、如权利要求 7 所述的气动控制方法, 其特征在于: 所述的吸盘端实际气压值 B 为所有非敞开吸盘气路气压值的加权平均值。

10、如权利要求 7 所述的气动控制方法, 其特征在于: 所述的真空气囊气压目标值 M 与吸盘端气压值的函数关系可通过多项式拟和得到, 近似正比例函数。

11、如权利要求 7 所述的气动控制方法, 其特征在于: 所述的真空气囊的 PID 增量调节包含积分调节过程, 用于抑制 PID 增量的饱和溢出。

一种气动控制装置及方法

技术领域

本发明涉及一种用于气路系统控制的装置和方法，特别涉及在半导体行业设备中用于气动控制的装置和方法。

背景技术

在半导体或微电子行业的各类加工设备中都会涉及一些气路系统，如在光刻机中实现硅片传输的气路及气动控制系统。为了保证硅片在传输过程中的稳定性以及硅片在不同载体上的可靠交接，目前都采用真空吸盘固定硅片，在交接过程中，吸盘的开关利用流量可控、开关自如的气路系统控制。

Festo 公司 Werner 博士曾著有《气动技术》一书，书中涉及的各种各样的气动回路控制方案都是基于逻辑上的数字开关控制来实现阀路的切换。目前常用典型的传输气动产品系统的结构如图 1 所示，该气路系统的结构紧凑，控制方式简洁。但是，该气路存在以下缺点：1) 在吸盘出口处没有考虑到流量控制，当吸盘敞开时，开启真空功能会导致大量真空泄漏，影响到系统主真空的稳定；2) 二位三通阀采用双电控控制的方式，当系统失电前，如果电磁阀处于真空关闭状态，失电后，系统在上电初始化时，某些情况下机械手会有震颤，虽然这个震颤很小，但是不能人为控制。在这种情况下，如果真空没有加上，而机械手上又有硅片的话，震颤可能会导致硅片滑落；3) 没有气囊设计的考虑，这将导致如果从同一个管道供应多路吸盘的时候，吸盘的开闭导入的混乱气流会影响邻近气路的真空稳定性，相互干扰较大，影响各气路的独立性。

发明内容

本发明的目的在于提供一种气动控制装置及方法，不仅其传输气路能实现压力（负压）、流量的控制，而且气路设计能保证多个吸盘开合时的相互独立性，另外也避免了真空开启吸盘时导致的真空泄漏。

为了达到上述的目的,本发明提供了一种气动控制装置,所述的气动控制装置包括真空气囊、流量控制器、传输气路、单向节流阀、吸盘、传感器、模/数及数/模转换电路和控制器,真空气囊通过流量控制器连接到一真空泵,吸盘通过传输气路连接到真空气囊,传输气路和吸盘间接有单向节流阀,用于吸盘开合时传输气路上的气压控制,真空气囊和传输气路上均连接有传感器,传感器的输出通过模/数转换作为控制器的输入,控制器的输出指令通过数/模转换控制流量控制器。

进一步地,所述的传输气路包括至少一条由分支管路和电磁阀构成的通路。

进一步地,所述的电磁阀为二位三通单电控电磁阀,且所述的电磁阀的进气口处于常通状态。

进一步地,所述的传感器为真空压力传感器。

进一步地,所述的模/数转换电路采用 16 位的模/数转换,所述的数/模转换电路采用 12 位的数/模转换。

本发明的另一方案是提供一种气动控制方法,对吸盘负压进行二次调节,用于根据远端吸盘气压推算真空气囊气压目标值,所述的气动控制方法的具体实现步骤如下:

1a. 当至少有一路吸盘吸取硅片时,通过真空表读取所述每一个吸盘吸取硅片时的气路气压值 $A_1, A_2, \dots, A_n$;

1b. 根据各路吸盘的状态及气压值计算出吸盘端的实际气压值 B ;

1c. 通过真空表测量出真空气囊的气压值 C ;

1d. 重复步骤 1a~1c, 得到不同压力下的一组吸盘端的气压值 B_i 和一组真空气囊端的气压值 C_i , ($i=1, 2, \dots, n$);

1e. 根据步骤 1d, 通过两组数据推导出真空气囊气压值 C 与吸盘端实际气压值 B 的函数关系 $C = f(B)$;

1f. 当用户设定吸盘端真空值为 D 时, 根据步骤 1e, 计算真空气囊气压调节的目标值 $M = f(D)$ 。

进一步地,所述方法还包括对真空气囊的本地 PID 增量调节控制步骤:

2a. 根据步骤 1d 和 1f 可得出本地 PID 调节的输入偏差 $e = C - M$; 若实时测得的真空气囊值为 $C_1, C_2, \dots, C_{i-2}, C_{i-1}, C_i, \dots$, 则气囊的输入偏差为 e_i ,

$e_2, \dots, e_{i-2}, e_{i-1}, e_i, \dots;$

2b. 根据 PID 增量算法, 得到控制增量 $\Delta u_i = d_0 e_i + d_1 e_{i-1} + d_2 e_{i-2}$, 其中
 $d_0 = K(1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_d}{T}); d_1 = -K(1 + \frac{2T_d}{T}); d_2 = K \frac{T_d}{T};$

2c. 将每一次测量的控制增量 Δu_i 反馈到气囊输入端即可实现气囊本地的 PID 调节, 实现真空气囊的气压值相对稳定的跟随吸盘端的实际气压值的需要进行调节控制。

进一步地, 所述的吸盘端实际气压值 B 为所有非敞开吸盘气路气压值的加权平均值。

进一步地, 所述的真空气囊气压目标值 M 与吸盘端气压值的函数关系可通过多项式拟和得到, 近似正比例函数。

进一步地, 所述的真空气囊的 PID 增量调节包含积分调节过程, 用于抑制 PID 增量的饱和溢出。

本发明由于采用了上述的技术方案, 使之与现有技术相比, 具有以下优点和积极效果:

1. 由于本发明在吸盘前端连接有单项节流阀, 当吸盘开合时, 单向节流阀可以有效地减少真空的泄漏, 保持系统主真空的稳定。

2. 本发明采用的单电控电磁阀, 并且电磁阀处于常通状态, 即使断电, 传输气路仍有真空形成负压, 吸盘能吸住硅片, 开关电源引起的振颤不会导致硅片滑落;

3. 气囊的本地调节和二次调节保持了气路的相对稳定, 使气路流量可控可调, 也减少了多个吸盘开合间的互相干扰;

4. 真空气囊采用增量式 PID 调节算法, 对饱和现象采用抑制补偿算法, 避免了增量信息的遗失, 加速了动态过程。

附图说明

以下为本发明的相关附图, 具体为:

图 1 为目前常用的传输系统气动结构示意图;

图 2 为本发明实施例的二次调节结构示意图;

图 3 为本发明实施例的气动系统传输、控制管路图;

图 4 为本发明实施例的二次调节控制模型图；

图 5 为本发明实施例的增量式 PID 调节算法流程图；

图 6 为本发明的 PID 增量式算法饱和抑制流程图。

具体实施方式

以下将结合附图对本发明的气动控制装置及方法作进一步的详细描述。

如图 2 和图 3 所示，本发明的气动控制装置包括真空气囊 1、流量控制器 2、传输气路 3、单向节流阀 11、吸盘 4、传感器 5、模/数 6 及数/模转换电路 7 和控制器 8，真空气囊 1 通过流量控制器 2 连接到真空泵 10，吸盘 4 通过传输气路 3 连接到真空气囊 1，传输气路 3 和吸盘 4 间接有单向节流阀 11，用于吸盘 4 开合时传输气路 3 上的气压控制。传输气路 3 包括至少一条由分支管路 9 和电磁阀 12 构成的通路，真空气囊 1 和每个吸盘 4 的分支管路 9 上均连接有传感器 5，传感器 5 的输出通过模/数（A/D）6 转换作为控制器 CPU 8 的输入，CPU 8 的输出指令通过数/模（D/A）7 转换控制流量控制器 2。

当吸盘 4 上没有硅片时，吸盘 4 打开后单向节流阀 10 可以有效地减少真空的泄漏，保持整个气路系统的真空稳定性。本发明采用的单电控电磁阀 12，避免了双电控开关都需要上电的缺陷，电磁阀的进气口连接在真空泵 10，处于常通状态，即使断电，传输气路 3 中仍有真空形成负压，吸盘 4 能吸住硅片，开关电源引起的振颤不会导致硅片的滑落。

本实施例气动控制调节结构如图 2 所示，该实施例中在设备的不同位置分布有四个吸盘 4，各个吸盘 4 通过不同的传输管路 3 与真空气囊 1 相连接。四个吸盘 4 的开合是随机的，它们开合的不同状态影响到本地真空气囊 1 的气压（负压）稳定，真空气囊流量控制器 2 的输入值受到气路工况的影响。由于现场布置传输管路 3 的管径具有复杂且不可测量性，因而在实际工程中很难根据流体力学来计算每根管路的压力损失。而管路压力损失是客观存在的，可行的办法就是实验标定。

请配合参照图 4，在本实施例中，将吸盘 4 的不同状态用不同权值表示，吸盘 4 敞开的情况下，相应真空表的读数不予考虑。对各吸盘 4 吸取硅片状态下进行真空测量，将各吸盘 4 测得真空气压和吸盘关闭时的气压有效值进行加权

平均计算得到吸盘端的实际气压值 B ，并对该气压下的真空气囊 1 进行测量，测量值为 C 。本实施例选取设备实际运行过程中吸盘工作状态的几种典型情况（没有穷举）进行说明，结果如表 1 所示。

通过在不同的真空压力情况下，做一系列实验，可以得到在不同的真空压力下的一组 C_i 和 B_i 数值。经过实验观察， C 与 B 近似成线性比例关系。简化考虑，可以认为 C 与 B 是一个比例关系。更精确的算法可采用多项式拟和，得到一函数关系式，简记这个函数为 $f(x)$ 。当用户设定吸盘气压值为 D 时，得到本地气囊输入标定数值，即气囊调节的目标值 $M=f(D)$ 。

本发明实施例的 PID 增量算法的流程如图 5 所示，本实施例中调节的对象为真空气囊的气压值，因此该调节偏量即为气囊的实际气压与目标值 M 之间的差。若实时测得的真空气囊值为 $C_1, C_2, \dots, C_{i-2}, C_{i-1}, C_i, \dots$ 根据本地 PID 调节的输入偏差 $e = C - M$ 可得到气囊的输入偏差为 $e_1, e_2, \dots, e_{i-2}, e_{i-1}, e_i, \dots$ 。

在 PID 增量调节中，由于当给定值发生跃变时，由算法的比例部分和微分部分计算出的控制量可能比较大。如果该值超过了执行元件所允许的最大限度，那么实际上实现的控制增量将是受到限制的值，计算值的多余信息没有执行就遗失了，这部分遗失的信息只能通过积分部分来补偿。因此，与没有限制时相比较，系统的动态过程将变坏。纠正比例微分饱和的方法的算法见图 6。其基本思想是将那些因饱和而未能执行的增量信息积累起来，一旦可能，再补充执行。这样，信息就没有遗失，动态过程也得到了加速。为避免气压增量饱和问题的发生，在本发明中应用如下控制增量 $\Delta u_i = d_0 e_i + d_1 e_{i-1} + d_2 e_{i-2}$ ，其中，

$$d_0 = K(1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_d}{T}); \quad d_1 = -K(1 + \frac{2T_d}{T}); \quad d_2 = K\frac{T_d}{T}。$$

将每一次测量的控制增量 Δu_i 反馈到气囊输入端即可实现气囊本地的 PID 调节，其调节模型如图 4 所示，本发明可以实现真空气囊 1 的气压值相对稳定的跟随吸盘端的实际气压值的需要进行调节控制。

表 1

吸盘不同状态下的权值: 吸盘吸取硅片状态: 1 吸盘封闭: 0 吸盘敞开 (有泄漏情况): ×		测量各吸盘真空表的读数: 真空表 1 的读取数值记为 A_1 ; 真空表 2 的读取数值记为 A_2 ; 真空表 3 的读取数值记为 A_3 ; 真空表 4 的读取数值记为 A_4 ;		
吸盘 1	吸盘 2	吸盘 3	吸盘 4	吸盘端实际气压值 B
1	0	0	0	A_1
1	1	0	×	$(A_1+A_2)/2$
1	×	1	0	$(A_1+A_3)/2$
0	×	0	1	A_4
×	0	1	1	$(A_3+A_4)/2$

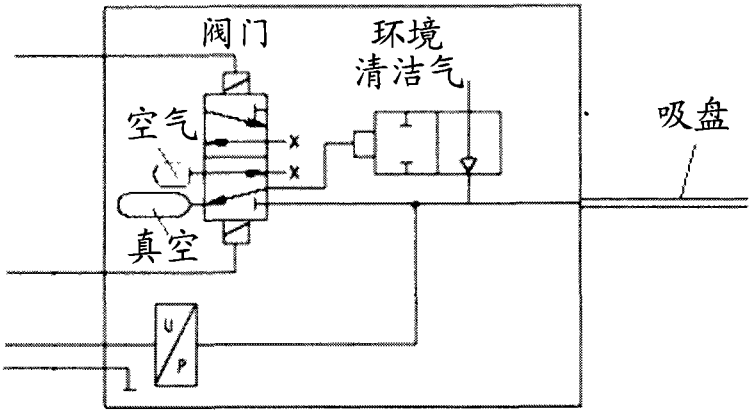


图 1

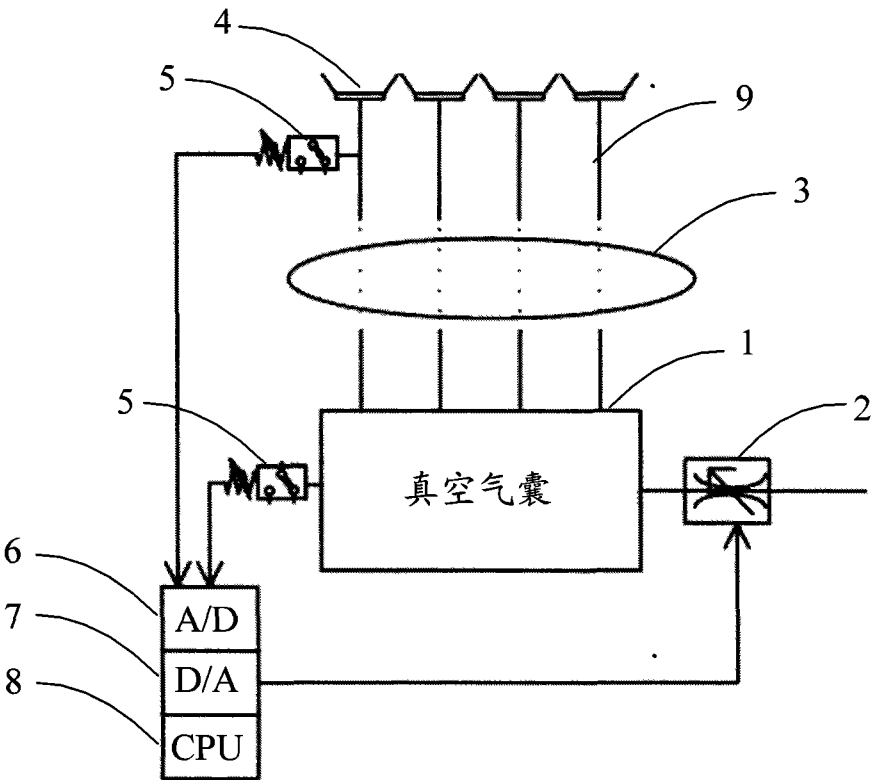


图 2

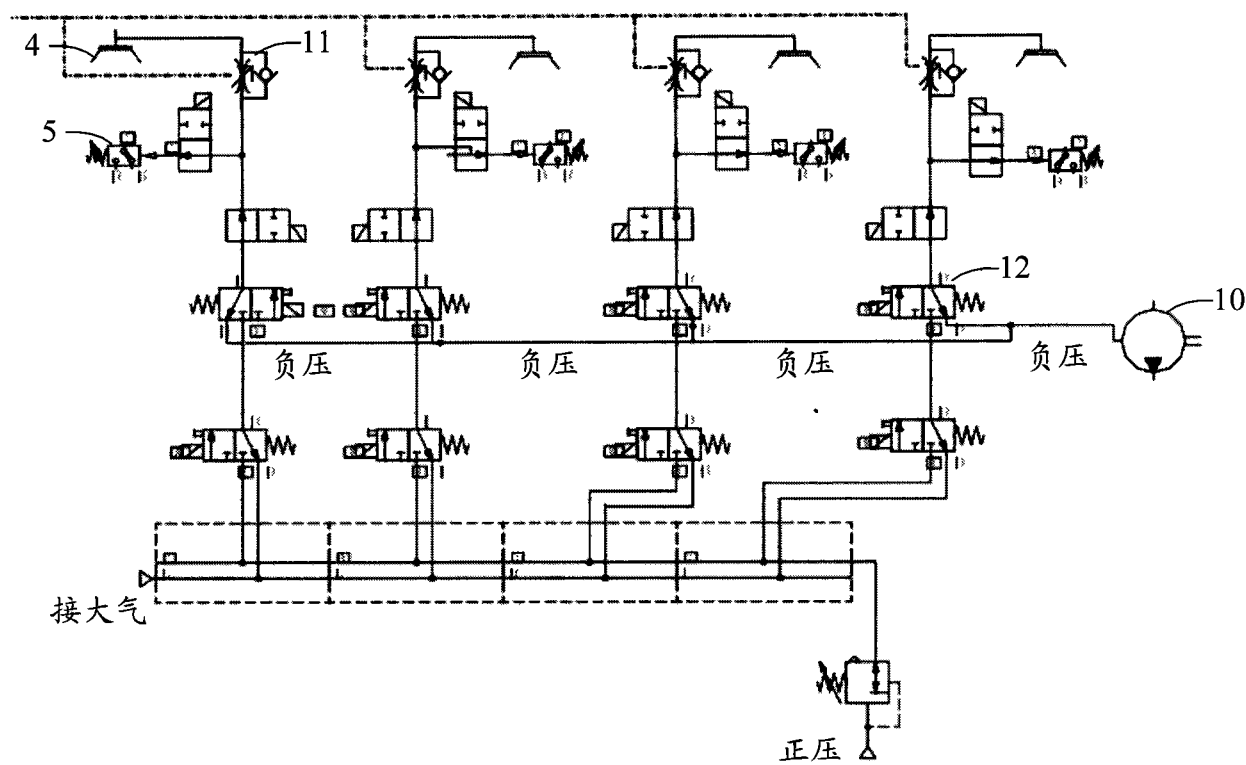


图 3

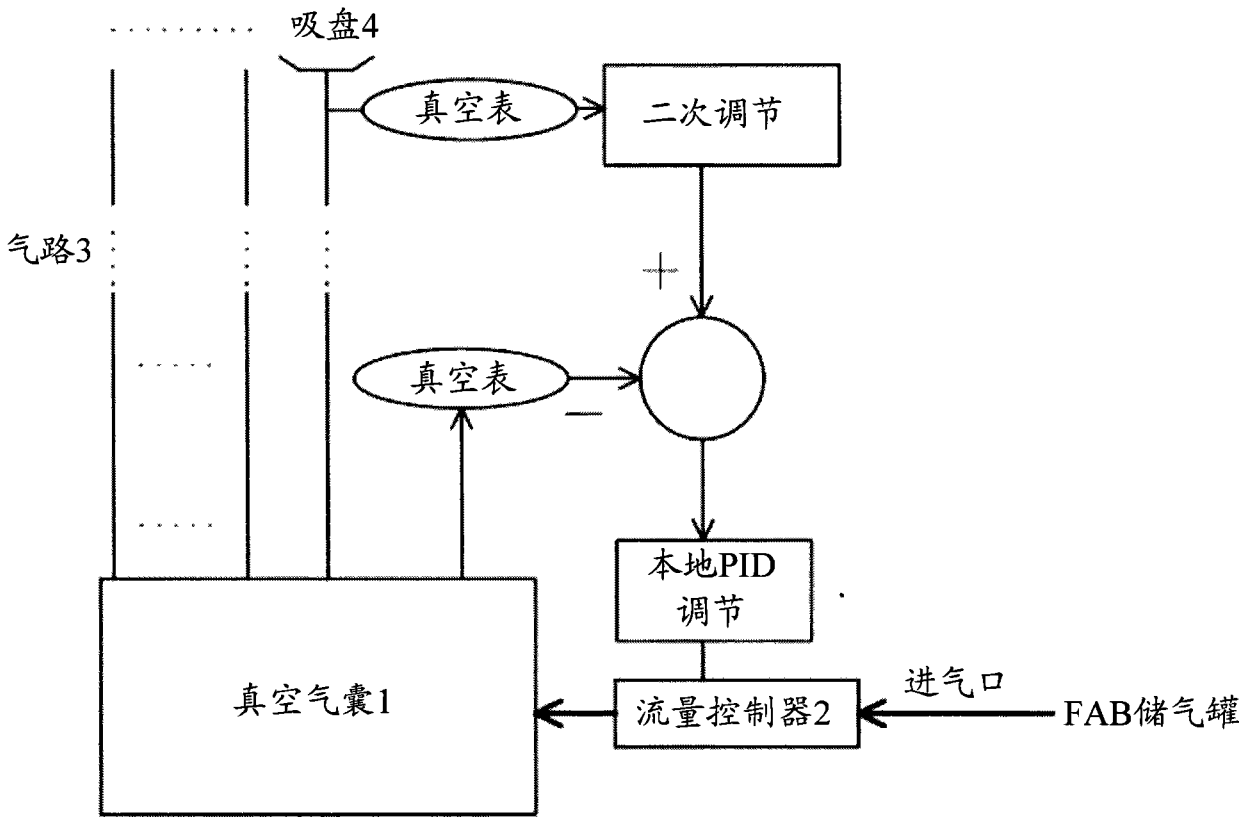


图 4

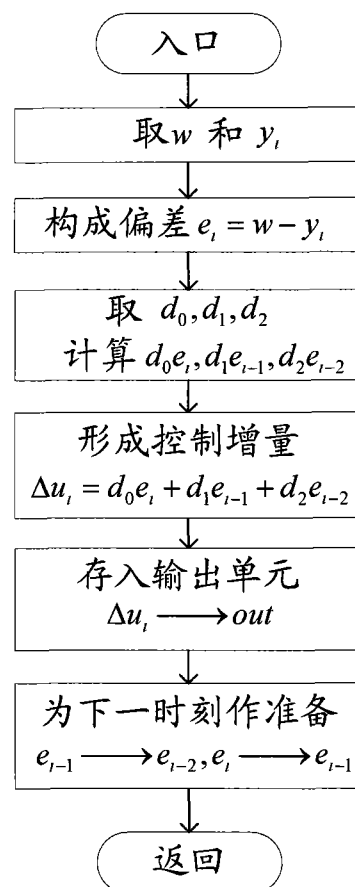


图 5

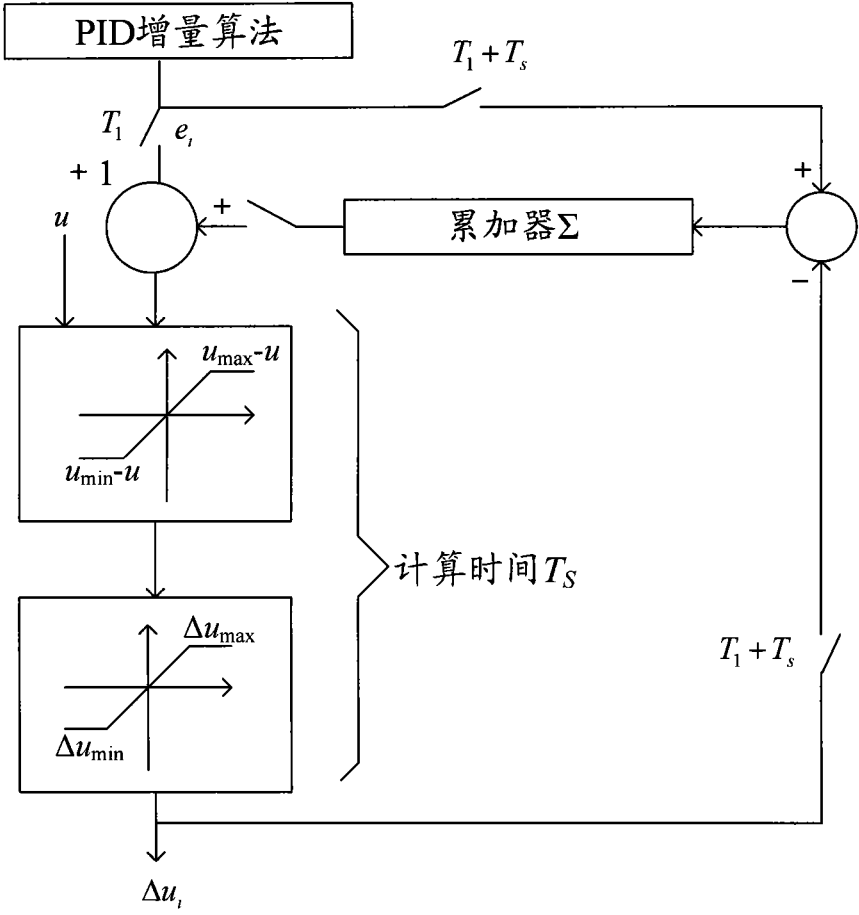


图 6