



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111599718 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 05

(21) 申请号 202010413145.X

(22) 申请日 2020.05.15

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111599718 A

(43) 申请公布日 2020.08.28

(73) 专利权人 北京北方华创微电子装备有限公司

地址 100176 北京市大兴区北京经济技术开发区文昌大道8号

(72) 发明人 刘畅 郑波 荣延栋 文莉辉

(74) 专利代理机构 北京思创毕升专利事务所
11218

专利代理师 孙向民 廉莉莉

(51) Int. Cl.

H01L 21/67 (2006.01)

(56) 对比文件

JP H11307621 A, 1999.11.05

CN 105655272 A, 2016.06.08

CN 101013660 A, 2007.08.08

CN 109755163 A, 2019.05.14

CN 106876237 A, 2017.06.20

CN 103930843 A, 2014.07.16

JP 2008205313 A, 2008.09.04

JP 2009249662 A, 2009.10.29

审查员 李元

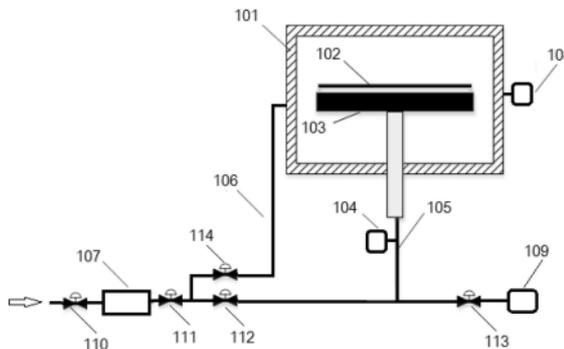
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

背压气路装置、反应腔室基座背压控制方法及反应腔室

(57) 摘要

本发明公开了一种背压气路装置、反应腔室基座背压控制方法及反应腔室。背压气路装置包括供气管路、背吹气路、背吹旁路和控制单元，背吹气路的进气端，背吹气路的出气端用于向基座供给背吹气体；背吹旁路的两端分别连通供气管路的出气端和反应腔室，用于将供气管路中的气体输送至反应腔室；供气管路的进气端设有质量流量控制器，背吹气路上设置有第一压力检测单元；控制单元用于计算背吹压力值与预设压力值的差值，并基于差值计算供气管路的气体流量输出值后反馈给质量流量控制器；质量流量控制器根据气体流量输出值控制通入背吹气体的流量，以使第一压力检测单元检测的背吹压力值保持在预设压力值。能够实现精确控制晶片的背压。



1. 一种背压气路装置,用于向半导体反应腔室的基座提供背吹气体,所述基座为真空背压吸附基座,用于吸附和支撑待加工晶片,其特征在于,所述装置包括:供气管路、背吹气路、背吹旁路和控制单元;其中,

所述背吹气路的进气端连通所述供气管路的出气端,所述背吹气路的出气端用于向所述基座供给背吹气体;

所述背吹旁路的两端分别连通所述供气管路的出气端和所述反应腔室,用于将所述供气管路中的气体输送至所述反应腔室;

所述供气管路的进气端设有质量流量控制器,所述背吹气路上设置有第一压力检测单元,所述质量流量控制器和所述第一压力检测单元分别与所述控制单元电连接;

所述第一压力检测单元用于实时检测反应腔室内基座的背吹压力值;

所述控制单元用于基于PID控制方式计算所述背吹压力值与预设压力值的差值,并基于所述差值计算所述供气管路的气体流量输出值后反馈给所述质量流量控制器;

所述质量流量控制器根据所述气体流量输出值控制通入所述背吹气路的气体流量,以使所述第一压力检测单元检测的背吹压力值保持在所述预设压力值,保证基座对晶片的真空吸附效果。

2. 根据权利要求1所述的背压气路装置,其特征在于,所述供气管路从上游至下游方向依次设有第一通断阀、第二通断阀、第三通断阀和第四通断阀;

所述质量流量控制器设置于所述第一通断阀和所述第二通断阀之间;

所述背吹旁路与所述第二通断阀和所述第三通断阀之间的所述供气管路连通;

所述背吹气路与所述第三通断阀和所述第四通断阀之间的所述供气管路连通。

3. 根据权利要求1所述的背压气路装置,其特征在于,所述背吹旁路上设有第五通断阀。

4. 根据权利要求1所述的背压气路装置,其特征在于,还包括第二压力检测单元,所述第二压力检测单元设置于所述反应腔室上,用于检测所述反应腔室内的压力。

5. 根据权利要求2所述的背压气路装置,其特征在于,所述第四通断阀下游的所述供气管路连接有真空泵。

6. 根据权利要求4所述的背压气路装置,其特征在于,所述第一压力检测单元和所述第二压力检测单元均为真空规。

7. 根据权利要求6所述的背压气路装置,其特征在于,所述第二压力检测单元与所述控制单元电连接。

8. 一种反应腔室基座背压控制方法,基于权利要求1至7任意一项所述的背压气路装置,其特征在于,所述方法包括:

所述第一压力检测单元实时检测反应腔室内基座的背吹压力值;

所述控制单元基于PID控制方式计算所述背吹压力值与预设压力值的差值,并基于所述差值计算所述供气管路的气体流量输出值后反馈给所述质量流量控制器;

所述质量流量控制器根据所述气体流量输出值控制通入所述背吹气路的气体流量,以使所述第一压力检测单元检测的背吹压力值维持在所述预设压力值,保证基座对晶片的真空吸附效果。

9. 根据权利要求8所述的反应腔室基座背压控制方法,其特征在于,通过以下公式计算

所述供气管路的气体流量输出值:

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

其中, $u(t)$ 为供气管路的气体流量输出值, $e(t)$ 为所述预设压力值与第一压力检测单元检测的背吹压力值的差值, K_p 为比例系数, T_I 为积分时间常数, T_D 为微分时间常数。

10. 一种反应腔室, 其特征在于, 包括用于支撑待加工晶片的基座以及权利要求1至7中任意一项所述的背压气路装置, 所述背压气路装置用于向所述基座提供背吹气体。

背压气路装置、反应腔室基座背压控制方法及反应腔室

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体设备技术领域,更具体地,涉及一种背压气路装置、反应腔室基座背压控制方法及反应腔室。

背景技术

[0002] 在半导体的制造工艺中,气象沉积(CVD)设备、半导体薄膜生长(ALD)设备需要在作为的衬底的半导体晶片上进行工艺处理时,一般通过真空背压吸附基座(Vacuum Chuck)来固定和支撑晶片。其相对于以前采用的机械卡盘,具有很多优势。真空吸附方式减少了在使用机械卡盘时由于压力、碰撞等原因造成的晶片破损,增大了晶片可被有效加工的面积,减少了晶片表面腐蚀物颗粒的沉积,并且可以在真空工艺环境下工作。在真空背压吸附的过程中,为了使晶片上的温度比较均匀,会通过背吹气路在晶片与基座的表面之间通气,该气体在真空吸盘的作用下会在晶片与基座之间形成背压。

[0003] 因此,为了保证晶片的有效吸附以及温度均匀性,需要提出一种反应腔室背压气路装置,能够精确控制晶片的背压,保证基座对晶片的真空吸附效果。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提出一种反应腔室背压气路装置、反应腔室基座背压控制方法及反应腔室,实现精确控制晶片的背压,保证基座对晶片的真空吸附效果并降低成本。

[0005] 为实现上述目的,本发明提出了一种背压气路装置,用于向半导体反应腔室的基座提供背吹气体,所述基座用于支撑待加工晶片,所述装置包括:供气管路、背吹气路、背吹旁路和控制单元;其中,

[0006] 所述背吹气路的进气端连通所述供气管路的出气端,所述背吹气路的出气端用于向所述基座供给背吹气体;

[0007] 所述背吹旁路的两端分别连通所述供气管路的出气端和所述反应腔室,用于将所述供气管路中的气体输送至所述反应腔室;

[0008] 所述供气管路的进气端设有质量流量控制器,所述背吹气路上设置有第一压力检测单元,所述质量流量控制器和所述第一压力检测单元分别与所述控制单元电连接;

[0009] 所述第一压力检测单元用于实时检测反应腔室内基座的背吹压力值;

[0010] 所述控制单元用于计算所述背吹压力值与预设压力值的差值,并基于所述差值计算所述供气管路的气体流量输出值并反馈给所述质量流量控制器;

[0011] 所述质量流量控制器根据所述气体流量输出值控制通入所述背吹气路的气体流量,以使所述第一压力检测单元检测的背吹压力值保持在所述预设压力值。

[0012] 本发明还提出一种反应腔室基座背压控制方法,基于上述的背压气路装置,所述方法包括:

[0013] 所述第一压力检测单元实时检测反应腔室内基座的背吹压力值;

[0014] 所述控制单元计算所述背吹压力值与预设压力值的差值,并基于所述差值计算所

述供气管路的气体流量输出值并反馈给所述质量流量控制器；

[0015] 所述质量流量控制器根据所述气体流量输出值控制通入所述背吹气路的气体流量,以使所述第一压力检测单元检测的背吹压力值维持在所述预设压力值。

[0016] 本发明还提出一种反应腔室,包括用于支撑待加工晶片的基座以及上述的反应腔室背压气路装置,所述反应腔室背压气路装置用于向所述基座提供背吹气体。

[0017] 本发明的有益效果在于:

[0018] 通过在供气管路的上游设置质量流量控制器,在背吹气路上设置第一压力检测单元,并通过质量流量控制器基于第一压力检测单元的检测值动态控制供气管路通入背吹气体的流量,以使第一压力检测单元检测的背吹压力值保持在所述预设压力值,其中,通过将第一压力检测单元检测的背吹压力值作为质量流量控制器的输入值,质量流量控制器基于第一压力检测单元检测的背吹压力值控制供气管路通入气体的流量,以此在质量流量控制器与第一压力检测单元之间形成逆反馈系统,相较于传统的基于压力控制器本身的压力值进行控压的方式,由于第一压力检测单元比传统压力控制器安装的位置更靠近基座,因此第一压力检测单元测得的背吹压力值更为准确,因此基于第一压力检测单元检测的背吹压力值进行控压更为准确,进而实现精确控制晶片与基座之间的背吹压力,保证基座对晶片的真空吸附效果,同时采用质量流量控制器相较于传统的压力控制器能够有效降低成本。

[0019] 本发明的装置具有其它的特性和优点,这些特性和优点从并入本文中的附图和随后的具体实施方式中将是显而易见的,或者将在并入本文中的附图和随后的具体实施方式中进行详细陈述,这些附图和具体实施方式共同用于解释本发明的特定原理。

附图说明

[0020] 通过结合附图对本发明示例性实施例进行更详细的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优势将变得更加明显,在本发明示例性实施例中,相同的参考标号通常代表相同部件。

[0021] 图1示出了一种反应腔室背压气路装置的示意图。

[0022] 图2示出了根据本发明的一个实施例的一种反应腔室背压气路装置的示意图。

[0023] 图3示出了根据本发明实施例的一种反应腔室基座背压控制方法流程图。

[0024] 图4示出了根据本发明实施例的一种反应腔室基座背压控制方法中背吹压力及背吹气体流量实时曲线图。

[0025] 附图标记说明:

[0026] 1、反应腔室;2、晶片;3、基座;4、背吹气路;5、背吹旁路;6、压力控制器;7、第一真空规;8、第二真空规。

[0027] 101、反应腔室;102、晶片;103、基座;104、第一压力检测单元;105、背吹气路;106、背吹旁路;107、质量流量控制器;108、第二压力检测单元;109、真空泵;110、第一通断阀;111、第二通断阀;112、第三通断阀;113、第四通断阀;114、第五通断阀。

具体实施方式

[0028] 图1为一种反应腔室背压气路装置,包括背吹气路4和背吹旁路5,反应腔室1内的基座3上设置晶片2,半导体工艺过程中,晶片2背面需要准确控制压力才能保证晶片有效的

吸附以及导热,该装置采用压力控制器6设置晶片2的背吹压力值,压力控制器6可调节背吹气体的流量,使压力控制器6附近的气路压力达到设置值。然而压力控制器6由于需要控制背吹旁路5以及安装空间的因素,无法安装到距离反应腔室1非常近的位置,而背吹气路4中压差比较大,且压力控制器6由于距离基座较远,因此用压力控制器6控制的压力和晶片背面的压力会有较大偏差。例如,当第二真空规显示腔室压力为30T时,需要设置晶片2的背压为20T以保证晶片背面形成吸附背压,当压力控制器6控压达到20T时,第一真空规7检测到的压力值为14T,所以使用当前安装压力控制器6的方式会存在无法准确控制晶片背吹压力的问题。

[0029] 因此本发明提出一种反应腔室背压气路装置,能够精确控制晶片的背压。

[0030] 下面将参照附图更详细地描述本发明。虽然附图中显示了本发明的优选实施例,然而应该理解,可以以各种形式实现本发明而不应被这里阐述的实施例所限制。相反,提供这些实施例是为了使本发明更加透彻和完整,并且能够将本发明的范围完整地传达给本领域的技术人员。

[0031] 图2示出了根据本发明的一个实施例的一种反应腔室背压气路装置的示意图。

[0032] 如图2所示,根据本发明的一种压气路装置,用于向半导体反应腔室101的基座103提供背吹气体,基座103用于支撑待加工晶片102,装置包括供气管路、背吹气路105、背吹旁路106和控制单元;其中,

[0033] 背吹气路105的进气端连通供气管路的出气端,背吹气路的出气端用于向基座供给背吹气体;

[0034] 背吹旁路106的两端分别连通供气管路的出气端和反应腔室101,用于将供气管路中的气体输送至反应腔室101;

[0035] 供气管路的进气端设有质量流量控制器107,背吹气路105上设置有第一压力检测单元104,质量流量控制器107和第一压力检测单元104分别与控制单元电连接;

[0036] 第一压力检测单元104用于实时检测反应腔室101内基座103的背吹压力值;

[0037] 控制单元用于计算背吹压力值与预设压力值的差值,并基于差值计算供气管路的气体流量输出值后反馈给质量流量控制器107;

[0038] 质量流量控制器107根据气体流量输出值控制供气管路通入背吹气路的气体流量,以使第一压力检测单元104检测的背吹压力值保持在预设压力值。

[0039] 具体地,通过在供气管路的上游设置质量流量控制器107,在背吹气路105上设置第一压力检测单元104,并通过质量流量控制器107基于第一压力检测单元104的检测值动态控制通入背吹气体的流量,使基座103与晶片102之间形成的背吹空腔内的压力保持在预设范围,以此在质量流量控制器107与第一压力检测单元104之间形成逆反馈系统,即将第一压力检测单元104检测的背吹压力值作为质量流量控制器107的输入值,质量流量控制器107基于第一压力检测单元104检测的背吹压力值调节供气管路输出的通气量,同时将质量流量控制器107控制的通气量作为输入量控制第一压力检测单元104的检测值,进而实现精确控制晶片102与基座103之间的压力(即晶片102背面的压力),保证基座103对晶片102的真空吸附效果的精确控制。

[0040] 进一步地,相较于图1中基于压力控制器6本身的压力值进行控压的方式,由于第一压力检测单元104(如图2所示)比压力控制器安装的位置(如图1所示)更靠近基座,因此

第一压力检测单元104测得的背吹压力值更为准确,因此基于第一压力检测单元104检测的背吹压力值进行控压更为准确,进而实现精确控制晶片与基座之间的背吹压力,保证基座对晶片的真空吸附效果,同时采用质量流量控制器相较于传统的压力控制器能够有效降低成本。

[0041] 其中,基座103顶部设有支撑面,支撑面与晶片102背面(下表面)之间能够形成背吹空腔,且背吹空腔在晶片102与基座103的边缘与反应腔室101连通,背吹气体经背吹气路105吹入背吹空腔后能够流入至反应腔室101中,之后能够经过反应腔室101的排气口(未示出)通过排气装置(未示出)排出反应腔室101。其中质量流量控制器107(MFC)为现有技术。本实施例中通入的背吹气体为氩气。

[0042] 参考图2,本实施例中,供气管路从上游至下游方向依次设有第一通断阀110、第二通断阀111、第三通断阀112和第四通断阀113;质量流量控制器107设置于第一通断阀110和第二通断阀111之间;背吹旁路106与第二通断阀111和第三通断阀112之间的供气管路连通;背吹气路105与第三通断阀112和第四通断阀113之间的供气管路连通。背吹旁路106上设有第五通断阀114。第四通断阀113下游的供气管道连接有真空泵109。

[0043] 本实施例中,还包括第二压力检测单元108,第二压力检测单元108设置于反应腔室101上并与控制单元电连接,第二压力检测单元108用于检测反应腔室101内的压力。

[0044] 具体地,在工艺开始之前,可以将第一通断阀110、第二通断阀111、第三通断阀112和第五通断阀114关闭,仅打开第四通断阀113,开启真空泵109对反应腔室101以及供气管路、背吹气路105和背吹旁路106进行抽真空处理,使反应腔室101以及供气管路、背吹气路105和背吹旁路106内部保证一定的真空度,为晶片102的工艺过程提供真空环境,当第二压力检测单元108检测反应腔室内的压力达到工艺要求时,将真空泵109和第四通断阀113关闭,之后再按照一定顺序开启第一通断阀110、第二通断阀111、第三通断阀112和第五通断阀114,通过质量流量控制器107通入背吹气体。

[0045] 在一个示例中,优选地,第一压力检测单元104和第二压力检测单元108均为真空规。

[0046] 具体地,真空规主要用于对低于常压的真空环境进行真空度检测,真空规为现有技术,真空规可以选择真空规管等,其中真空度的单位为托(torr), $1\text{torr}\approx 133.322\text{Pa}$ 。

[0047] 在一个示例中,控制单元可以为PID控制器或计算机、PLC运行的PID程序模块,用于根据第一压力检测单元104和第二压力检测单元108采集的压力值对质量流量控制器107进行调节,从而通过质量流量控制器107控制供气管路实时通入背吹气路的气体流量,进而使第二压力检测单元108的检测值维持在预设值,实现对晶片背吹压力的动态控制。

[0048] 本发明实施例还提出一种反应腔室基座背压控制方法,基于上述的背压气路装置,方法包括:

[0049] 第一压力检测单元104实时检测反应腔室101内基座103的背吹压力值;

[0050] 控制单元计算背吹压力值与预设压力值的差值,并基于差值计算供气管路的气体流量输出值并反馈给质量流量控制器107;

[0051] 质量流量控制器107根据所述气体流量输出值控制所述供气管路通入所述背吹气体的流量控制供气管路通入背吹气路的气体流量,以使第一压力检测单元检测的背吹压力值维持在预设压力值。

[0052] 本实施例中,控制方法采用比例积分微分(PID)控制方式进行动态控制,参考图3,具体控制背吹压力的过程如下:

[0053] 1.第一压力检测单元104检测背吹气路105当前的背吹压力值,并将当前的背吹压力值发送至控制单元;

[0054] 2.控制单元计算出当前压力值与预设压力值的差;

[0055] 3.控制单元根据差值计算出供气管路需要通入背吹气路的气体(氩气)流量,基于所述差值计算所述供气管路的气体流量输出值后反馈给所述质量流量控制器;其中,通过以下公式计算所述供气管路的气体流量输出值:

$$[0056] \quad u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

[0057] 计算公式(1)为PID控制的时域函数,由比例单元(P)、积分单元(I)和微分单元(D)组成,其中, $u(t)$ 为背吹气体的通入流量, $e(t)$ 为预设压力值与当前第一压力检测单元104检测值的差值, K_p 为比例系数, T_I 为积分时间常数, T_D 为微分时间常数。

[0058] 上述公式中积分的上下限分别是0和 t ,因此被控制对象-质量流量控制器107(MFC)的传递函数为:

$$[0059] \quad G(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p [1 + 1/(T_I * s) + T_D * s] \quad (2)$$

[0060] 传递函数为PID控制器的频域函数(即PID控制器的控制规律),公式(2)为PID控制器的标准传递函数,其中, $G(s)$ 为传递函数,其中 $U(s)$ 和 $E(s)$ 分别为输出量 $u(t)$ 和输入量 $e(t)$ 的拉普拉斯变换;

[0061] 4.在质量流量控制器107控制供气管路供气过程中,通过第一压力检测单元104不断测量实时压力,与控制单元设置的预设压力值进行比较,计算出差值,基于差值(偏差)来纠正质量流量控制器107流量控制值的响应,最终得到稳定的压力。

[0062] 具体实施过程中,若质量流量控制器107的传递函数已知,则可以省去整定求解PID参数 K_p 、 T_I 和 T_D 的过程,若质量流量控制器107的传递函数未知,可以通过仿真软件(matlab、simulink等)基于质量流量控制器107、相关通断阀的开度等参数对 K_p 、 T_I 和 T_D 进行试凑,以求解最佳的 K_p 、 T_I 和 T_D 参数值,之后由质量流量控制器107通入计算得到的气体流量,从而改变第一压力检测单元104检测到的当前背吹压力值。需要说明的是,PID控制算法为现有常用的工业控制技术手段,本领域人员容易实现,其具体原理及应用方法此处不再赘述。

[0063] 在一个具体应用示例中,设定背吹压力预设值为20Torr,通入氩气进行背吹压力控制,其中已知,PID参数 $K_p=245$, $T_I=5$, $T_D=0$,根据第一压力检测单元104的当前背吹压力值计算其与背吹压力预设值的差值,将计算出的差值带入上述PID公式算出进气的流量值,之后给定MFC输出的控制值,通过MFC控制供气管路通入的背吹气体流量,使晶片102的背压得到调节,进而得到需要的背吹压力,其中,背吹压力及背吹气体流量实时曲线参考图4。

[0064] 本实施例中的控制单元为PID控制器或计算机、PLC运行的PID程序。

[0065] 本发明实施例还提出一种反应腔室101,包括包括用于支撑待加工晶片的基座以

及上述的反应腔室背压气路装置。

[0066] 本发明的背压气路装置得到的背吹压力值是背吹气路105中第一压力检测单元104在所在位置测得的压力,由于第一压力检测单元104比传统压力控制器安装的位置更靠近晶片102背面,所以这种方式测得的背压更准确,基于更为准确的背吹压力值通过PID算法进行动态控压,能够实现精确控制基座103与晶片102背面之间的压力,保证基座103对晶片102的真空吸附效果,同时采用质量流量控制器107能够有效降低成本。

[0067] 以上已经描述了本发明的各实施例,上述说明是示例性的,并非穷尽性的,并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下,对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。

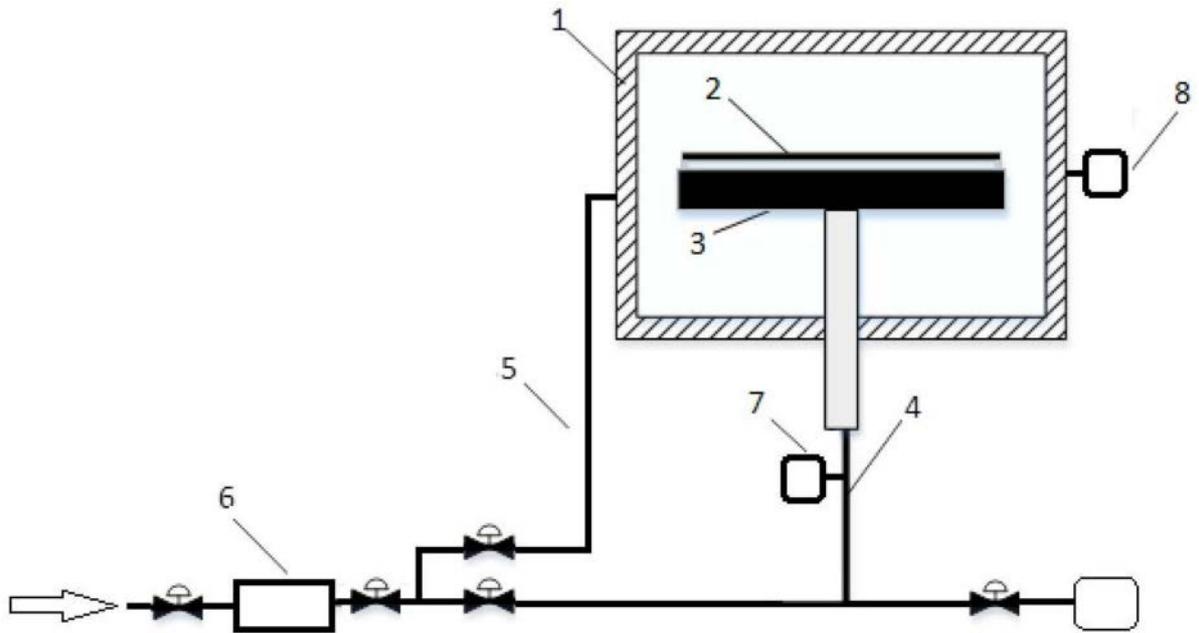


图1

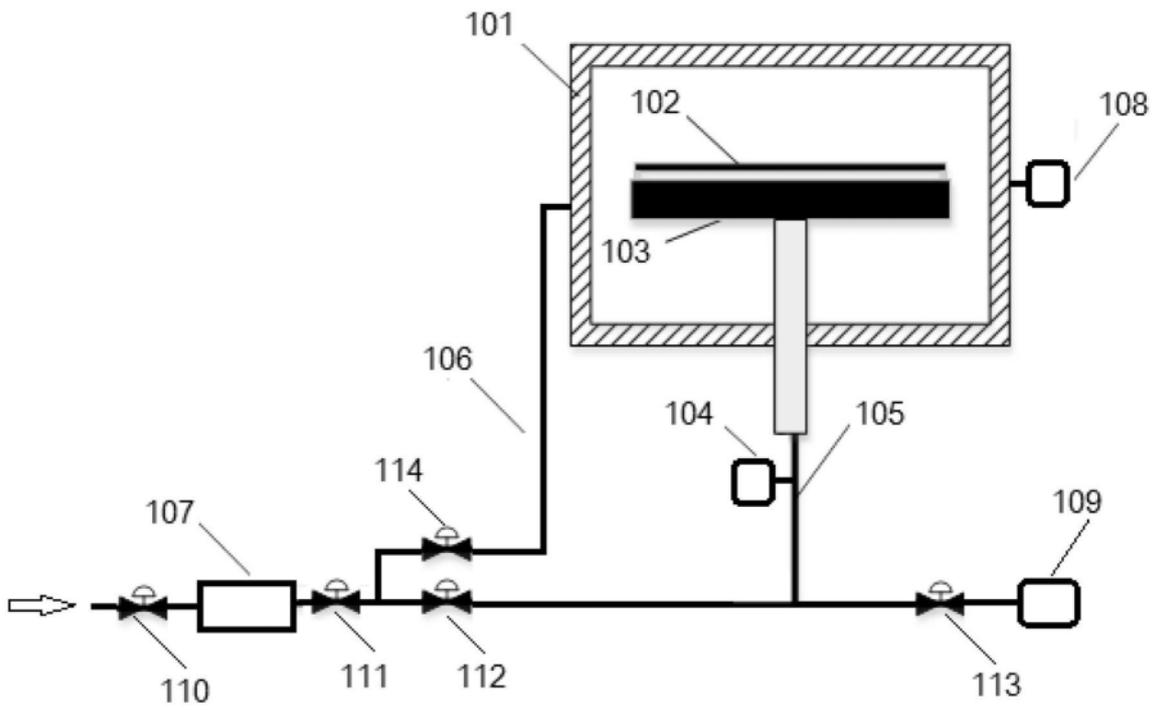


图2

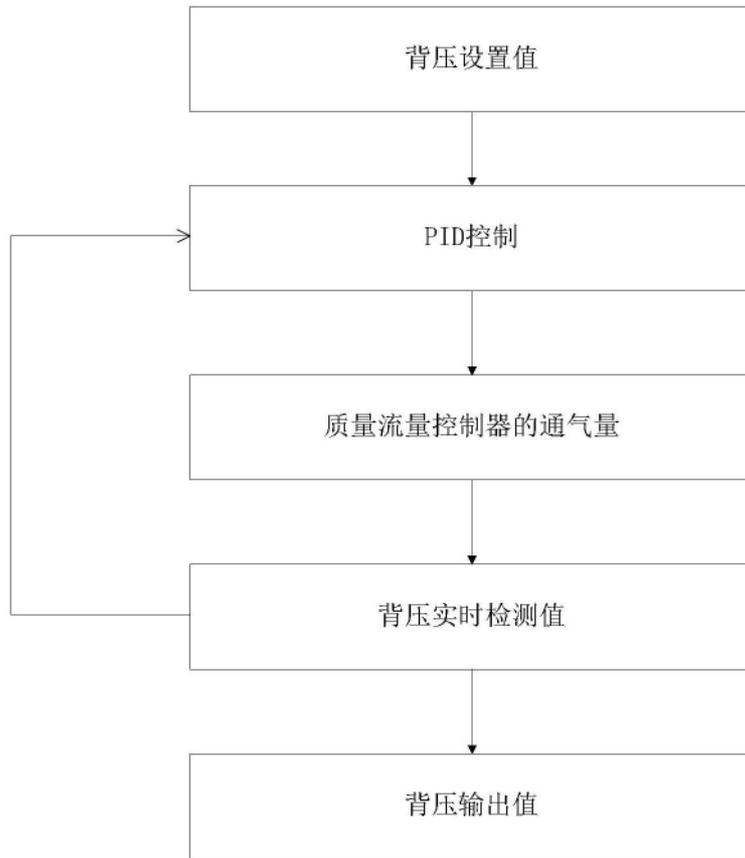


图3

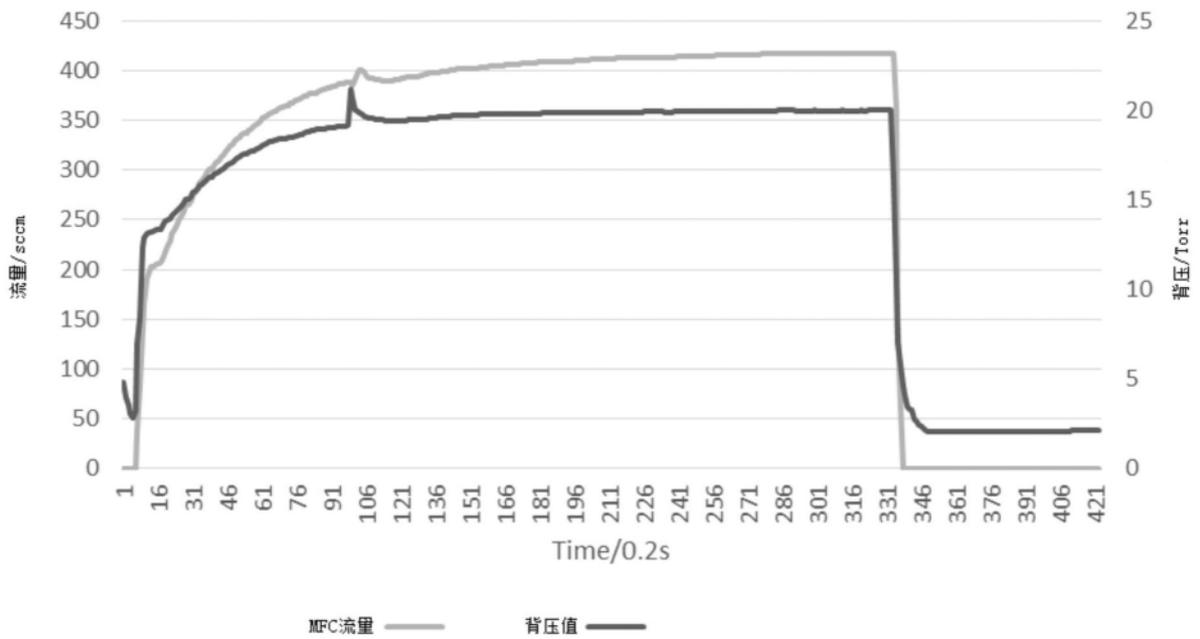


图4