

半导体工艺设备及其气动阀控制方法

技术领域

本申请涉及但不限于半导体工艺技术领域，尤其涉及一种半导体工艺设备及其气动阀控制方法。

背景技术

目前碳化硅的外延生长主要是采用化学气相沉积（Chemical Vapor Deposition 简称 CVD）法完成，具体化学反应是 SiH_4 （或 SiHCl_3 ）与 C_2H_4 （或 C_3H_8 ）在高温下（1600 摄氏度以上）发生裂解反应生成 Si 原子和 C 原子，然后在晶片表面重新结合生成 SiC。外延生长化学反应的原子通过工艺气体输入工艺腔室内部，即如图 1 所示，通过设定气体质量流量计（Mass Flow Controller，简称 MFC）的流量值调整工艺气体（以 SiH_4 、 C_2H_4 为例） SiH_4 和 C_2H_4 的气体比例，以在特定的温度、压力等条件下实现工艺腔室内目标化学反应，图 1 中所示气动阀 V1 和 V2 主要用于通过其开启与关闭控制相应的工艺气体 SiH_4 和 C_2H_4 进入工艺腔室 10 中。

然而，现有的气动阀控制方法中，会因不同的气动阀响应时长不同，而导致不同的工艺气体不能同步进入工艺腔室，进而导致工艺气体无法在工艺腔室中得到充分反应，大大降低工艺气体的利用率的同时，还给整个工艺过程带来更多工艺缺陷。

发明内容

本申请实施例提供一种半导体工艺设备及其气动阀控制方法，旨在解决现有气动阀控制方法无法很好地实现多个气动阀同时开启或同时关闭，导致工艺气体不能同步进入工艺腔室，进而导致工艺气体无法在工艺腔室中得到

充分反应，大大降低工艺气体的利用率的同时，给整个工艺过程带来更多工艺缺陷的技术问题。

第一方面，本申请实施例提供一种半导体工艺设备的气动阀控制方法，用于实现所述半导体工艺设备的多个气动阀的同步开启或同步关闭，所述气动阀控制方法包括以下步骤：

获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个所述气动阀对应所述气动阀动作指令的响应时长；

根据所述多个气动阀的响应时长中的最长响应时长，计算每个所述气动阀的指令下发延时值；

根据每个所述气动阀的指令下发延时值，按时间先后顺序向每个所述气动阀发出相应的所述气动阀动作指令，以控制所述多个气动阀同时执行完同一所述气动阀动作指令。

可选的，在一些实施例中，所述气动阀动作指令为气动阀开启指令或气动阀关闭指令；所述响应时长为对应所述气动阀开启指令的第一响应时长或对应所述气动阀关闭指令的第二响应时长。

可选的，在一些实施例中，所述获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个所述气动阀对应所述气动阀动作指令的响应时长的步骤之前，还包括以下步骤：

接收上位机统一下发的气动阀动作指令集，所述气动阀动作指令集包括当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀的气动阀动作指令。

可选的，在一些实施例中，所述获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个所述气动阀对应所述气动阀动作指令的响应时长的步骤包括：

根据所述目标气动阀动作指令集找出当前工艺步骤中需要同时执行完

同一气动阀动作指令的每个所述气动阀的名称；

根据每个所述气动阀的名称及当前需同时执行的气动阀动作指令，在响应时长信息表中，依次找出每个所述气动阀对应所述气动阀动作指令的响应时长。

可选的，在一些实施例中，所述响应时长信息表中记录有半导体工艺设备中所有气动阀的第一响应时长和第二响应时长，所述响应时长信息表的生成方式包括以下步骤：

在向目标气动阀发出气动阀开启指令时同步开始计时，并在所述目标气动阀执行完所述气动阀开启指令时同步结束计时，以采集并在所述响应时长信息表中记录所述目标气动阀的第一响应时长；

在向目标气动阀发出气动阀关闭指令时同步开始计时，并在所述目标气动阀执行完所述气动阀关闭指令时同步结束计时，以采集并在所述响应时长信息表中记录所述目标气动阀的第二响应时长。

可选的，在一些实施例中，所述根据所述多个气动阀的响应时长中的最长响应时长，计算每个所述气动阀的指令下发延时值的步骤包括：

将所述最长响应时长依次与所述多个气动阀的响应时长进行差值运算，以将依次得到的差值作为对应的所述气动阀的指令下发延时值。

可选的，在一些实施例中，所述根据每个所述气动阀的指令下发延时值，按时间先后顺序向每个所述气动阀发出相应的所述气动阀动作指令，以控制所述多个气动阀同时执行完同一所述气动阀动作指令的步骤包括：

在向所述指令下发延时值为0的所述气动阀发出相应的所述气动阀动作指令时同步开始计时，并在所述计时的计时值等于其余任一所述气动阀的指令下发延时值时，同步向对应的所述气动阀发出相应的所述气动阀动作指令，以控制所述多个气动阀同时执行完同一所述气动阀动作指令。

第二方面，本申请实施例提供一种半导体工艺设备，包括下位机、多个

电磁阀组、多个气动阀以及具有多个气体管路的工艺腔室，所述多个电磁阀组与所述多个气动阀一一对应设置，使得每个所述气动阀可在对应的所述电磁阀组的控制下实现一个所述气体管路的开启或关闭，所述下位机分别与所述多个电磁阀组信号连接，所述下位机工作时执行上述的气动阀控制方法。

可选的，在一些实施例中，还包括响应时长采集模块，所述响应时长采集模块分别与所述下位机及所述多个气动阀信号连接，以采集并记录每个所述气动阀的响应时长。

可选的，在一些实施例中，所述响应时长采集模块包括快速响应单元、计时器以及多个气动阀状态检测传感器；其中，

所述多个气动阀状态检测传感器，分别与所述快速响应单元信号连接，并一一对应设置于所述多个气动阀中，以采集对应的所述气动阀的状态变化，以在对应的所述气动阀的状态发生变化时，将相应的反馈信号反馈给所述快速响应单元；

所述快速响应单元，还分别与所述下位机及所述计时器信号连接，以在所述下位机向任一所述气动阀发出气动阀动作指令时，对所述计时器发出启动信号，以启动所述计时器的计时，及在接收到任一所述气动阀状态检测传感器反馈的反馈信号时，对所述计时器发出结束信号，以结束所述计时器的计时。

在本申请中，其在实现半导体工艺设备的多个气动阀的同步开启或同步关闭时，先获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个气动阀对应气动阀动作指令的响应时长。再根据多个气动阀的响应时长中的最长响应时长，计算每个气动阀的指令下发延时值。最后，根据每个气动阀的指令下发延时值，按时间先后顺序向每个气动阀发出相应的气动阀动作指令，以控制多个气动阀同时执行完同一气动阀动作指令。这样一来，本技术方案，其可通过指令下发延时值的计算，来改变下位机向

不同的气动阀发出相应的气动阀动作指令的时间，以很好地解决现有气动阀控制方法中由于不同的气动阀具有不同的响应时长而导致无法真正实现不同的气动阀同时开启或同时关闭的问题，即其可很好地实现多个气动阀同时开启或同时关闭，确保工艺气体能同步进入工艺腔室，以在工艺腔室中得到充分反应，进而大大提升工艺气体的利用率的同时，提高整个工艺过程的工艺质量。

附图说明

下面结合附图，通过对本申请的具体实施方式详细描述，将使本申请的技术方案及其有益效果显而易见。

图1是现有技术工艺气体的气路示意图。

图2是本申请实施例提供的半导体工艺设备的气动阀控制方法的流程框图。

图3是图1所示半导体工艺设备的气动阀控制方法的另一种流程框图。

图4是图1所示半导体工艺设备的气动阀控制方法的步骤S110的流程框图。

图5是本申请实施例提供的响应时长信息表生成方法的流程框图。

图6是本申请实施例提供的半导体工艺设备的结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅是本申请一部分实施例，而非全部实施例。基于本申请中的实施例，本领域技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。在不冲突的情况下，下述各个实施例及其技术特征可以相互组合。

目前碳化硅的外延生长主要是采用气相沉积（CVD）法完成，具体化学

反应是 SiH_4 (或 SiHCl_3) 与 C_2H_4 (或 C_3H_8) 在高温下 (1600 摄氏度以上) 发生裂解反应生成 Si 原子和 C 原子, 然后在晶片表面重新结合生成 SiC。外延生长化学反应的原子通过工艺气体输入工艺腔室内部, 即如图 1 所示, 通过设定气体质量流量计 (MFC) 的流量值调整工艺气体 (以 SiH_4 、 C_2H_4 为例) SiH_4 和 C_2H_4 的气体比例, 以在特定的温度、压力等条件下实现工艺腔室内目标化学反应, 图中所示气动阀 V1 和 V2 主要用于通过其开启与关闭控制相应的工艺气体进入工艺腔室 10 中。

由于在工艺过程中, 碳化硅的化学反应温度通常为 $1500^\circ\text{C} \sim 1800^\circ\text{C}$, 在此温度区间内, SiH_4 会分解出 Si 原子, 若此时 C 原子数量较少, Si 原子会形成 Si 单晶, Si 单晶沉积在碳化硅衬底表面给产品的外延层带来大量的缺陷, 严重时甚至导致外延产品报废, 因而, 在该工艺过程中就要求气动阀 V1 和 V2 能够尽量缩短开启间隔时间, 实现同步动作, 以保证两种气体的充分混合。然而, 现有的气动阀控制方法中, 不同的气动阀是由上位机依次下发指令到 PLC 后, 再由 PLC 同时输出控制指令到不同的气动阀对应的不同的电磁阀组, 以使得不同的电磁阀组在接到该控制指令后通过 CDN (压缩氮气) 驱动对应的气动阀执行开关工作。在此过程中, 由于控制指令传输路径不同, 导致不同的电磁阀组接收到的控制指令存在一定的时间误差, 以及不同的电磁阀组到对应的气动阀的气管长短不一, 导致不同的电磁阀组之间的硬件动作也会存在不同步的情形, 这些均会最终导致不同的气动阀最终执行开关动作存在一定时间误差, 即不同的气动阀会具有不同的响应时长, 导致相关技术的气动阀控制方法无法真正实现不同的气动阀同时开启或同时关闭, 导致不同工艺气体不能同步进入工艺腔室, 进而导致工艺气体无法在工艺腔室中得到充分反应, 大大降低工艺气体的利用率的同时, 给整个工艺过程带来更多工艺缺陷。

基于此, 有必要提供一种新的气动阀控制方法的解决方案, 以解决现有

气动阀控制方法无法很好地实现多个气动阀同时开启或同时关闭，导致工艺气体不能同步进入工艺腔室，进而导致工艺气体无法在工艺腔室中得到充分反应，大大降低工艺气体的利用率的同时，给整个工艺过程带来更多工艺缺陷的技术问题。

在一个实施例中，如图 2 所示，本申请实施例提供一种半导体工艺设备的气动阀控制方法，用于实现半导体工艺设备的多个气动阀的同步开启或同步关闭，该气动阀控制方法具体包括以下步骤：

步骤 S110: 获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个气动阀对应气动阀动作指令的响应时长。

可以理解的是，在半导体工艺设备进行诸如碳化硅的外延生长等半导体工艺时，其需要向工艺腔室中通入多种不同的工艺气体，不同的工艺气体一般通过不同的气体管路通入工艺腔室中，而为了更好地控制不同的工艺气体的通入流量及通入时间，不同的气体管路中均会设置有相应的气动阀，以实现相应的气体管路的开关控制，进而向工艺腔室通入相应的工艺气体或中断相应的工艺气体通入工艺腔室。可见，半导体工艺设备中一般会设置有多个不同的气动阀，不同的气动阀可控制不同的工艺气体通入工艺腔室的状态。因而，在半导体工艺设备进行半导体工艺过程中，面对不同的工艺步骤，其需根据当前工艺需要，通过下位机（具体可为 PLC）给不同的气动阀发出相应的气动阀动作指令，以给工艺腔室通入满足当前工艺需求的工艺气体，这其中便会涉及某些不同的气动阀在某一工艺步骤中需要同时开启或同时关闭的情形，即需要这些不同的气动阀同时执行完同一气动阀动作指令，该气动阀动作指令具体可以是气动阀开启指令或气动阀关闭指令。而基于前述可知，由于各种因素的影响，不同的气动阀会具有不同的响应时长，这会对不同的气动阀同时开启或同时关闭带来严重的影响，为此，本方法实施例会在执行每个工艺步骤前，先获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指

令的多个气动阀，并得到每个气动阀对应气动阀动作指令的响应时长。该响应时长具体指下位机向相应的气动阀发出气动阀动作指令到相应的气动阀执行完该气动阀动作指令所用的时长，其可通过提前采集并记录存储在半导体工艺设备中，以供半导体工艺设备的下位机随时调取使用。

另外，由于气动阀执行不同的气动阀动作指令时，其响应时长也会略有不同，因为，响应时长具体可以为对应气动阀开启指令的第一响应时长或对应气动阀关闭指令的第二响应时长。此时，当前工艺步骤中多个气动阀需要同时执行的同一气动阀动作指令为气动阀开启指令时，其可同步得到每个气动阀的第一响应时长。当前工艺步骤中多个气动阀需要同时执行的同一气动阀动作指令为气动阀关闭指令时，其可同步得到每个气动阀的第二响应时长。

步骤 S120：根据多个气动阀的响应时长中的最长响应时长，计算每个气动阀的指令下发延时值。

可以理解的是，当通过上述方法步骤得到在当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的每个气动阀的响应时长（第一响应时长或第二响应时长）后，可对这些气动阀的响应时长进行时间长短比较，以找出最长响应时长及其对应的气动阀，并以此为基准，计算每个气动阀的指令下发延时值，该指令下发延时值具体指在下位机向第一个气动阀发出相应的气动阀动作指令后，再对需要与该第一个气动阀同时执行完同一气动阀动作指令的每个气动阀发出相应的气动阀动作指令的延时时间。本方法步骤以最长响应时长计算每个气动阀的指令下发延时值的原因在于，最长响应时长对应的气动阀执行完相应的气动阀动作指令的耗时最长，为确保这些气动阀能在同一时间执行完同一气动阀动作指令，需以最长响应时长对应的气动阀的耗时为基准，延长其它气动阀执行完相应的气动阀动作指令的时长，即将其它气动阀执行完相应的气动阀动作指令的结束时间点也调整为最长响应时长对应的气动阀执行完相应的气动阀动作指令的结束时间点。

步骤 S130: 根据每个气动阀的指令下发延时值, 按时间先后顺序向每个气动阀发出相应的气动阀动作指令, 以控制多个气动阀同时执行完同一气动阀动作指令。

可以理解的是, 当通过上述方法步骤得到每个气动阀的指令下发延时值时, 即可根据每个气动阀的指令下发延时值, 按时间先后顺序向每个气动阀发出相应的气动阀动作指令, 以控制多个气动阀同时执行完同一气动阀动作指令。通过使向每个气动阀发出相应的气动阀动作指令的开始时间点存在差异, 可以对不同的气动阀执行完相应的气动阀动作指令的耗时差异进行补偿, 以实现不同的气动阀执行完相应的气动阀动作指令的结束时间点一致。

这样一来, 在本申请实施例中, 其可通过指令下发延时值的计算, 来改变下位机向不同的气动阀发出相应的气动阀动作指令的时间, 以很好地解决相关技术中气动阀控制方法中由于不同的气动阀具有不同的响应时长而导致无法真正实现不同的气动阀同时开启或同时关闭的问题, 即其可很好地实现多个气动阀同时开启或同时关闭, 确保工艺气体能同步进入工艺腔室, 以在工艺腔室中得到充分反应, 进而大幅提升工艺气体的利用率的同时, 提高整个工艺过程的工艺质量。

在一些示例中, 如图 3 所示, 在执行本申请示例的方法步骤“获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀, 并得到每个气动阀对应气动阀动作指令的响应时长”之前, 本气动阀控制方法还包括以下步骤:

步骤 S100: 接收上位机统一下发的气动阀动作指令集, 该气动阀动作指令集包括当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀的气动阀动作指令。

可以理解的是, 在半导体工艺设备的下位机进行半导体工艺过程中, 其一般是按照上位机中关于半导体工艺的工艺菜单来依次执行各个工艺步骤,

进而完成整个半导体工艺的，因而，可在执行的半导体工艺前，先通过上位机对当前待执行的半导体工艺的工艺菜单进行预设逻辑判断，来得到半导体工艺中的气动阀动作信息表，该气动阀动作信息表既可以是一个虚拟的表格概念，也可以是一个真实的表格，当该气动阀动作信息表为一个真实的表格时，该气动阀动作信息表可根据当前待执行的半导体工艺的各个工艺步骤进行分别记录，以具体记录有相应工艺步骤执行时，半导体工艺设备中所有气动阀需执行的气动阀动作指令的信息，尤其涉及当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀。当得到气动阀动作信息表后，上位机便可根据气动阀动作信息表，在半导体工艺中的每一工艺步骤执行前，将当前工艺步骤对应的气动阀动作指令集统一下发至下位机中。

这样一来，在执行本申请示例的方法步骤“获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个气动阀对应气动阀动作指令的响应时长”之前，便可先接收上位机统一下发的气动阀动作指令集，该气动阀动作指令集包括当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀的气动阀动作指令。

可见，在本申请示例的方法步骤中，其上位机通过先完成所有工艺菜单的逻辑判断，以将所有的气动阀动作指令（即气动阀动作指令集）统一下发至下位机，即使得下位机可接收上位机统一下发的气动阀动作指令集，如此可通过指令的同时接收，有效避免因指令依次接收引起的控制时间误差。

在一些示例中，如图4所示，执行本申请示例的方法步骤“获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个气动阀对应气动阀动作指令的响应时长”可具体包括：

步骤 S111：根据目标气动阀动作指令集找出当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的每个气动阀的名称。

步骤 S112：根据每个气动阀的名称及当前需同时执行的气动阀动作指

令，在响应时长信息表中，依次找出每个气动阀对应气动阀动作指令的响应时长。

可以理解的是，基于前述表述可知，该目标气动阀动作指令集具体可包括当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀的气动阀动作指令，因而，可根据目标气动阀动作指令集找出当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的每个气动阀的名称。即当前工艺步骤中，哪些气动阀（具体可通过标号等方式进行名称标记）需要同时执行完同一气动阀动作指令。当找到这些气动阀的名称后，便可进一步根据每个气动阀的名称及当前需同时执行的气动阀动作指令，在响应时长信息表中，依次找出每个气动阀对应气动阀动作指令的响应时长。基于前述可知，该响应时长具体可通过提前采集并记录存储在半导体工艺设备中，以供半导体工艺设备的下位机随时调取使用，在本示例中，具体可通过响应时长信息表来实现，即响应时长信息表中记录有半导体工艺设备中所有气动阀的第一响应时长（对应于气动阀开启指令）和第二响应时长（对应于气动阀关闭指令）。这样一来，本申请示例中便可查表的方式，更好地实现本申请示例的方法步骤“获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个气动阀对应气动阀动作指令的响应时长”。

在一些示例中，为更好地实现上述响应时长信息表的生成，如图5所示，其可具体包括以下步骤：

S11：在向目标气动阀发出气动阀开启指令时同步开始计时，并在目标气动阀执行完该气动阀开启指令时同步结束计时，以采集并在响应时长信息表中记录目标气动阀的第一响应时长。

S12：在向目标气动阀发出气动阀关闭指令时同步开始计时，并在目标气动阀执行完该气动阀关闭指令时同步结束计时，以采集并在响应时长信息表中记录目标气动阀的第二响应时长。

可以理解的是，为更好地对半导体工艺设备的所有气动阀进行响应时长的采集，以生成上述示例中的响应时长信息表，其可在半导体工艺设备中增设一个响应时长采集模块，且响应时长采集模块分别与下位机及多个气动阀信号连接，以采集并记录每个气动阀的响应时长，其具体结构会在下文详述，在执行半导体工艺前，该响应时长采集模块会对半导体工艺设备的所有气动阀进行开关测试，以生成上述响应时长信息表，包括在向目标气动阀发出气动阀开启指令时同步开始计时，并在目标气动阀执行完该气动阀开启指令时同步结束计时，以采集并在响应时长信息表中记录目标气动阀的第一响应时长；以及在向目标气动阀发出气动阀关闭指令时同步开始计时，并在目标气动阀执行完该气动阀关闭指令时同步结束计时，以采集并在响应时长信息表中记录目标气动阀的第二响应时长。这样一来，便可确保该响应时长信息表中准确记录有半导体工艺设备中所有气动阀的第一响应时长（对应于气动阀开启指令）和第二响应时长（对应于气动阀关闭指令）。

在一些示例中，执行本申请示例的方法步骤“根据多个气动阀的响应时长中的最长响应时长，计算每个气动阀的指令下发延时值”的过程可具体包括：将最长响应时长依次与多个气动阀的响应时长进行差值运算，以将依次得到的差值作为对应的气动阀的指令下发延时值。这样一来，最长响应时长对应的气动阀的指令下发延时值为 0，而最短响应时长对应的气动阀的指令下发延时值最长，如此，通过指令下发延时值的计算，可为后续下位机对每个气动阀发出相应的其气动阀动作指令的具体时间作出准确的时间依据，以确保这些气动阀能在同一时间执行完同一气动阀动作指令。

在一些示例中，执行本申请示例的方法步骤“根据每个气动阀的指令下发延时值，按时间先后顺序向每个气动阀发出相应的气动阀动作指令，以控制多个气动阀同时执行完同一气动阀动作指令”的过程可具体包括：在向指令下发延时值为 0 的气动阀发出相应的气动阀动作指令时同步开始计时，并

在计时的计时值等于其余任一气动阀的指令下发延时值时，同步向对应的气动阀发出相应的气动阀动作指令，以控制多个气动阀同时执行完同一气动阀动作指令。这样一来，最长响应时长对应的气动阀的指令下发延时值为 0，为下位机第一个发出气动阀动作指令的对象，而最短响应时长对应的气动阀的指令下发延时值最长，为下位机最后一个发出气动阀动作指令的对象，即上述计时可在下位机向最后一个气动阀发出相应的气动阀动作指令后结束计时。最终，通过这样的方式对这些气动阀发出相应的气动阀动作指令，可确保这些气动阀能在同一时间执行完同一气动阀动作指令。

作为本申请的另一个方面，如图 6 所示，本申请实施例还单独提供一种半导体工艺设备 100，该半导体工艺设备 100 包括下位机 120（具体可以是 PLC）、多个电磁阀组 130、多个气动阀 140 以及具有多个气体管路 151 的工艺腔室 150，多个电磁阀组 130 与多个气动阀 140 一一对应设置，使得每个气动阀 140 可在对应的电磁阀组 130 的控制下实现一个气体管路 151 的开启或关闭。下位机 120 分别与多个电磁阀组 130 信号连接，下位机 120 可包括至少一个处理器和至少一个存储器，存储器中存储有计算机程序，下位机 120 工作时，即计算机程序被处理器执行时实现上述实施例中的气动阀控制方法，此处不再赘述。

可选地，该半导体工艺设备 100 还可以包括上位机 110，上位机 110 与下位机 120 信号连接。

这样一来，在本申请实施例中，其半导体工艺设备 100 对不同的气动阀 140 进行同步控制时，可通过指令下发延时值的计算，来改变下位机 120 向不同的气动阀 140 发出相应的气动阀动作指令的时间，以很好地解决现有气动阀控制方法中由于不同的气动阀 140 具有不同的响应时长而导致无法真正实现不同的气动阀 140 同时开启或同时关闭的问题，即其可很好地实现多个气动阀 140 同时开启或同时关闭，确保工艺气体能同步进入工艺腔室 150，

以在工艺腔室 150 中得到充分反应,进而大大提升工艺气体的利用率的同时,提高整个工艺过程的工艺质量。

在一些示例中,为更好地实现不同气动阀 140 的响应时长的提前采集,以记录存储在半导体工艺设备 100 中,以供半导体工艺设备 100 的下位机 120 随时调取使用,如图 6 所示,本示例中的半导体工艺设备 100 具体还包括响应时长采集模块 160,响应时长采集模块 160 分别与下位机 120 及多个气动阀 140 信号连接,以采集并记录每个气动阀 140 的响应时长。进一步地,该响应时长采集模块具体可包括快速响应单元、计时器以及多个气动阀状态检测传感器。其中,多个气动阀状态检测传感器,分别与快速响应单元信号连接,并一一对应设置于多个气动阀 140 中,以采集对应的气动阀 140 的状态变化,以在对应的气动阀 140 的状态发生变化时,将相应的反馈信号反馈给快速响应单元。快速响应单元,还分别与下位机 120 及计时器信号连接,以在下位机 120 向任一气动阀 140 发出气动阀动作指令时,对计时器发出启动信号,以启动计时器的计时,及在接收到任一气动阀状态检测传感器反馈的反馈信号时,对计时器发出结束信号,以结束计时器的计时。

可以理解的是,气动阀状态检测传感器可以反馈对应的气动阀 140 的开启和关闭状态,当气动阀 140 由开启状态切换为关闭状态,或由关闭状态切换为开启状态后,气动阀状态检测传感器的状态信号均会发生变化,此时,通过快速响应单元接收气动阀状态检测传感器的反馈信号(由于快速响应单元接收频率高,一般高达几十 Hz,信号采集误差几乎可以忽略不计),终止定时器,可很好地实现相应气动阀 140 的响应时长采集。

尽管已经相对于一个或多个实现方式示出并描述了本申请,但是本领域技术人员基于对本说明书和附图的阅读和理解将会想到等价变型和修改。本申请包括所有这样的修改和变型,并且仅由所附权利要求的范围限制。特别地关于由上述组件执行的各种功能,用于描述这样的组件的术语旨在对应于

执行所述组件的指定功能（例如其在功能上是等价的）的任意组件（除非另外指示），即使在结构上与执行本文所示的本说明书的示范性实现方式中的功能的公开结构不等同。

即，以上所述仅为本申请的实施例，并非因此限制本申请的专利范围，凡是利用本申请说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，例如各实施例之间技术特征的相互结合，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本申请的专利保护范围内。

另外，在本申请的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本申请和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请的限制。另外，对于特性相同或相似的结构元件，本申请可采用相同或者不相同的标号进行标识。此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个特征。在本申请的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

在本申请中，“示例性”一词是用来表示“用作例子、例证或说明”。本申请中被描述为“示例性”的任何一个实施例不一定被解释为比其它实施例更加优选或更加具优势。为了使本领域任何技术人员能够实现和使用本申请，本申请给出了以上描述。在以上描述中，为了解释的目的而列出了各个细节。应当明白的是，本领域普通技术人员可以认识到，在不使用这些特定细节的情况下也可以实现本申请。在其它实施例中，不会对公知的结构和过程进行详细阐述，以避免不必要的细节使本申请的描述变得晦涩。因此，本申请并

非旨在限于所示的实施例，而是与符合本申请所公开的原理和特征的最广范围相一致。

权 利 要 求 书

1、一种半导体工艺设备的气动阀控制方法，其中，用于实现所述半导体工艺设备的多个气动阀的同步开启或同步关闭，所述气动阀控制方法包括
5 以下步骤：

获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个所述气动阀对应所述气动阀动作指令的响应时长；

根据所述多个气动阀的响应时长中的最长响应时长，计算每个所述气动阀的指令下发延时值；

10 根据每个所述气动阀的指令下发延时值，按时间先后顺序向每个所述气动阀发出相应的所述气动阀动作指令，以控制所述多个气动阀同时执行完同一所述气动阀动作指令。

2、根据权利要求1所述的气动阀控制方法，其中，所述气动阀动作指令为气动阀开启指令或气动阀关闭指令；所述响应时长为对应所述气动阀开启指令的第一响应时长或对应所述气动阀关闭指令的第二响应时长。
15

3、根据权利要求1所述的气动阀控制方法，其中，所述获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个所述
20 气动阀对应所述气动阀动作指令的响应时长的步骤之前，还包括以下步骤：

接收上位机统一下发的气动阀动作指令集，所述气动阀动作指令集包括当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀的气动阀动作指令。

25 4、根据权利要求3所述的气动阀控制方法，其中，所述获取当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的多个气动阀，并得到每个所述气动阀对应所述气动阀动作指令的响应时长的步骤包括：

根据所述气动阀动作指令集找出当前工艺步骤中需要同时执行完同一气动阀动作指令的每个所述气动阀的名称；

根据每个所述气动阀的名称及当前需同时执行的气动阀动作指令，在响应时长信息表中，依次找出每个所述气动阀对应所述气动阀动作指令的响应
5 时长。

5、根据权利要求4所述的气动阀控制方法，其中，所述响应时长信息表中记录有半导体工艺设备中所有气动阀的第一响应时长和第二响应时长，所述响应时长信息表的生成方式包括以下步骤：

10 在向目标气动阀发出气动阀开启指令时同步开始计时，并在所述目标气动阀执行完所述气动阀开启指令时同步结束计时，以采集并在所述响应时长信息表中记录所述目标气动阀的第一响应时长；

在向目标气动阀发出气动阀关闭指令时同步开始计时，并在所述目标气动阀执行完所述气动阀关闭指令时同步结束计时，以采集并在所述响应时长
15 信息表中记录所述目标气动阀的第二响应时长。

6、根据权利要求1所述的气动阀控制方法，其中，所述根据所述多个气动阀的响应时长中的最长响应时长，计算每个所述气动阀的指令下发延时值的步骤包括：

20 将所述最长响应时长依次与所述多个气动阀的响应时长进行差值运算，以将依次得到的差值作为对应的所述气动阀的指令下发延时值。

7、根据权利要求1所述的气动阀控制方法，其中，所述根据每个所述气动阀的指令下发延时值，按时间先后顺序向每个所述气动阀发出相应的所述
25 气动阀动作指令，以控制所述多个气动阀同时执行完同一所述气动阀动作指令的步骤包括：

在向所述指令下发延时值为0的所述气动阀发出相应的所述气动阀动

作指令时同步开始计时，并在所述计时的计时值等于其余任一所述气动阀的指令下发延时值时，同步向对应的所述气动阀发出相应的所述气动阀动作指令，以控制所述多个气动阀同时执行完同一所述气动阀动作指令。

- 5 8、一种半导体工艺设备，其中，包括下位机、多个电磁阀组、多个气动阀以及具有多个气体管路的工艺腔室，所述多个电磁阀组与所述多个气动阀一一对应设置，使得每个所述气动阀可在对应的所述电磁阀组的控制下实现一个所述气体管路的开启或关闭，所述下位机分别与所述多个电磁阀组信号连接，所述下位机工作时执行权利要求 1-7 任一项所述的气动阀控制方法。

10

9、根据权利要求 8 所述的半导体工艺设备，其中，还包括响应时长采集模块，所述响应时长采集模块分别与所述下位机及所述多个气动阀信号连接，以采集并记录每个所述气动阀的响应时长。

- 15 10、根据权利要求 9 所述的半导体工艺设备，其中，所述响应时长采集模块包括快速响应单元、计时器以及多个气动阀状态检测传感器；其中，

所述多个气动阀状态检测传感器，分别与所述快速响应单元信号连接，并一一对应设置于所述多个气动阀中，以采集对应的所述气动阀的状态变化，以在对应的所述气动阀的状态发生变化时，将相应的反馈信号反馈给所

- 20 述快速响应单元；

所述快速响应单元，还分别与所述下位机及所述计时器信号连接，以在所述下位机向任一所述气动阀发出气动阀动作指令时，对所述计时器发出启动信号，以启动所述计时器的计时，及在接收到任一所述气动阀状态检测传感器反馈的反馈信号时，对所述计时器发出结束信号，以结束所述计时器的

- 25 计时。