

半导体工艺设备及其反应腔室和膜层沉积方法

技术领域

本发明涉及半导体加工技术领域，具体涉及一种半导体工艺设备的反应腔室、半导体工艺设备和膜层沉积方法。

背景技术

二氧化硅 (SiO_2) 薄膜是半导体工艺上最常用的薄膜之一，传统的沉积 SiO_2 薄膜的方法如氧化工艺需要在高温环境下进行，温度通常超过 1000°C ，而高温环境可能会产生不良副产物，进而影响薄膜覆盖率。

等离子体增强原子层沉积 (Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition, 以下简称 PEALD) 方法可以实现在低温环境下沉积 SiO_2 薄膜，温度一般在 $70^\circ\text{C}\sim 300^\circ\text{C}$ ，相较于氧化工艺，PEALD 方法具有更好的薄膜覆盖率，且对薄膜厚度的控制更加精确。

目前，采用 PEALD 方法沉积 SiO_2 薄膜通常采用双二乙基胺基硅烷 (SAM24) 和氧气 (O_2) 作为前驱体，图 1 为传统的采用 PEALD 方法沉积 SiO_2 薄膜的流程框图，如图 1 所示，沉积过程至少包括：步骤 S1'、使 SAM24 前驱体进入反应腔室并吸附在晶圆表面；步骤 S2'、使 O_2 前驱体进入反应腔室，并在反应腔室中施加射频电场，以将 SAM24 的大分子断裂为小分子，氧分子激发形成活性氧原子和氧自由基等多种活性基团，SAM24 的断裂小分子和氧的活性基团发生反应形成 SiO_2 薄膜。上述过程作为一次循环，而实际工艺中通常需要重复多次循环，以使形成的 SiO_2 薄膜厚度满足实际需要。

但是，在反应腔室中施加射频电场时，可能会出现启辉延迟，甚至启辉失败等异常，在多次循环中只要有一次循环出现异常，就可能会导致生成的 SiO_2 薄膜厚度与目标厚度出现偏差，进而导致片间厚度一致性差，影响产品

质量。

发明内容

本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一，提出了一种半导体工艺设备的反应腔室、半导体工艺设备和膜层沉积方法。

为了实现上述目的，本发明提供一种半导体工艺设备的反应腔室，其中，包括：腔室本体、监测模块、沉积模块以及控制模块；其中，

所述沉积模块用于在所述腔室本体中执行在一个沉积周期中的多次沉积步骤；

所述监测模块与所述腔室本体连接，用于在所述沉积模块每次执行所述沉积步骤时，监测所述腔室本体内部产生的等离子体光源的亮度，并根据所述等离子体光源的亮度，生成第一信号；

所述控制模块与所述监测模块连接，用于根据至少一次所述沉积步骤对应的所述第一信号，判断执行多次所述沉积步骤后获得的目标膜层的厚度是否异常，若是，则执行异常处理流程。

可选地，所述异常处理流程，具体包括：

所述控制模块发出异常报警信号；和/或，控制所述沉积模块补充执行至少一次所述沉积步骤。

可选地，所述控制模块具体用于：

根据至少一次所述沉积步骤对应的所述第一信号，判断是否有所述沉积步骤发生等离子体启辉异常，若有，则确定所述目标膜层的厚度异常，并执行所述异常处理流程。

可选地，所述控制模块包括：处理子模块和控制子模块，所述监测模块和所述控制子模块均与所述处理子模块连接；其中，

所述处理子模块用于判断每次所述沉积步骤对应的所述第一信号是否

超出预设范围，若是，则生成与该次所述沉积步骤对应的第二信号；

所述控制子模块用于统计所述处理子模块在所述沉积周期内生成的所述第二信号的次数，当所述处理子模块在所述沉积周期内生成的所述第二信号的次数大于0时，则确定所述目标膜层的厚度异常，并执行所述异常处理流程。

可选地，所述异常处理流程，具体包括：

所述控制子模块根据所述处理子模块在所述沉积周期内生成的所述第二信号的次数，控制所述沉积模块补充执行至少一次所述沉积步骤。

可选地，所述沉积模块补充执行所述沉积步骤的次数与所述处理子模块在所述沉积周期内生成的所述第二信号的次数相同。

可选地，所述监测模块包括光敏电阻或光敏二极管，所述第一信号为与所述等离子体光源的亮度负相关的电压信号。

可选地，所述腔室本体的侧壁上设置有监测口，所述监测模块位于所述腔室本体外，所述监测模块通过所述监测口监测所述腔室本体中等离子体光源的亮度。

可选地，所述监测模块和所述控制模块中的至少一者集成在印制电路板上，所述印制电路板安装在所述腔室本体上，且位于所述腔室本体外；

所述反应腔室还包括保护壳体，所述保护壳体罩设在所述印制电路板的周围，用于将所述印制电路板与外界隔开；并且，在所述保护壳体上设置有用于传输信号的端口。

本发明还提供一种半导体工艺设备，其中，包括上述的半导体工艺设备的反应腔室，其中，所述沉积模块包括进气装置和上电极装置，其中，所述腔室本体中设置有用以承载晶圆的基座；所述进气装置用于向所述腔室本体通入前驱体；所述上电极装置用于激发所述前驱体形成等离子体。

可选地，所述半导体工艺设备应用于等离子体增强原子层沉积设备。

本发明还提供一种膜层沉积方法，其中，应用于上述的半导体工艺设备的反应腔室，所述膜层沉积方法包括：

所述沉积模块在所述腔室本体中执行在一个沉积周期中的多次沉积步骤；

在所述沉积模块每次执行所述沉积步骤时，监测所述腔室本体内部产生的等离子体光源的亮度，并根据所述等离子体光源的亮度，生成第一信号；

根据至少一次所述沉积步骤对应的所述第一信号，判断执行多次所述沉积步骤后获得的目标膜层的厚度是否异常，若是，则执行异常处理流程。

可选地，所述异常处理流程，具体包括：

发出异常报警信号；和/或，控制所述反应腔室补充执行至少一次所述沉积步骤。

本发明的有益效果：

本发明提供的半导体工艺设备及其反应腔室和膜层沉积方法的技术方案中，监测模块在沉积模块每次执行沉积步骤时，监测腔室本体内部产生的等离子体光源的亮度，并根据等离子体光源的亮度，生成第一信号，控制模块根据至少一次沉积步骤对应的上述第一信号，判断执行多次沉积步骤后获得的目标膜层的厚度是否异常，若是，则执行异常处理流程。由此，可以在目标膜层的厚度出现异常后及时进行异常处理，进而改善目标膜层的厚度与目标厚度产生偏差的问题。

附图说明

附图是用来提供对本发明的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与下面的具体实施方式一起用于解释本发明，但并不构成对本发明的限制。在附图中：

图 1 为传统的采用 PEALD 沉积 SiO_2 薄膜的流程图；

图 2 为本发明实施例提供的反应腔室的结构示意图之一；

图 3 为本发明实施例提供的反应腔室的结构示意图之二；

图 4 为本发明实施例提供的监测模块的电路结构示意图；

图 5 为本发明实施例提供的监测过程的示意图；

图 6 为本发明实施例提供的膜层沉积方法的流程图之一；

图 7 为本发明实施例提供的膜层沉积方法的流程图之二。

具体实施方式

以下结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明，并不用于限制本发明。

本发明提供一种半导体工艺设备的反应腔室，图 2 为本发明实施例提供的反应腔室的结构示意图之一，图 3 为本发明实施例提供的反应腔室的结构示意图之二，结合图 2 和图 3 所示，反应腔室包括：腔室本体 1、监测模块 2、控制模块 3 和沉积模块 4，其中，沉积模块 4 用于在腔室本体 1 中执行在一个沉积周期中的多次沉积步骤，具体地，腔室本体 1 中设置有用以承载晶圆 7 的基座 8；沉积模块 4 例如包括进气装置 43 和上电极装置，每次沉积步骤例如均包括：进气装置 43 用于向腔室本体 1 中通入前驱体；上电极装置用于对腔室本体 1 施加射频电场，以激发腔室本体 1 中的前驱体形成等离子体，以能够在晶圆 7 上沉积目标膜层。监测模块 2 与腔室本体 1 连接，用于在沉积模块 4 每次执行沉积步骤时，监测腔室本体 1 内部产生的等离子体光源的亮度，并根据等离子体光源的亮度，生成第一信号。可选的，检测模块 2 可以实时检测等离子体光源的亮度，或者也可以每间隔一定的时间检测等离子体光源的亮度。控制模块 3 用于根据多次沉积步骤对应的第一信号，判断执行多次沉积步骤后所获得的目标膜层的厚度是否异常，若是，则执行异常处理流程。

在一些可选的实施例中，上述反应腔室可以应用于 SiO_2 薄膜沉积工艺，

包括但不限于等离子体增强原子层沉积 (Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition, PEALD) 工艺。前驱体可以包括源气体 (例如双二乙基胺基硅烷 SAM24) 和反应气体 (例如氧气 O_2)。当沉积模块 4 中的上电极装置施加射频电场时, 前驱体中源气体在射频电场中激发成等离子体进而发光, 从而生成等离子体光源, 若上电极装置在施加射频电场时发生启辉异常 (例如启辉失败), 腔室本体 1 中等离子体光源的亮度将会与正常启辉时等离子体光源的亮度不同, 监测模块 2 可以根据等离子体光源的亮度生成与之相关的第一信号, 例如, 第一信号可以为电压信号, 第一信号的大小与等离子体光源的亮度相关。

在本发明实施例中, 监测模块 2 在每次沉积步骤中均生成第一信号, 而控制模块 3 则可以根据至少一次沉积步骤中生成的第一信号的大小判断出反应腔室中等离子体光源的亮度是否异常 (例如亮度过低), 若是, 则可以确定沉积的目标膜层的厚度异常。

采用本发明实施例的反应腔室, 其可以通过等离子光源的亮度判断出沉积的目标膜层的厚度是否异常, 并在目标膜层的厚度异常时及时进行异常处理, 进而改善沉积的目标膜层的厚度与目标厚度产生偏差的问题。

在一些可选的实施例中, 上述异常处理流程, 具体包括:

控制模块 3 发出异常报警信号; 和/或, 控制沉积模块 4 补充执行至少一次上述沉积步骤。

通过控制沉积模块 4 补充执行至少一次上述沉积步骤, 可以增加目标膜层的厚度, 以减小沉积的目标膜层的厚度与目标厚度之间的偏差。

发明人在研究中发现, 在 PEALD 沉积工艺中, 导致目标膜层厚度异常的主要因素是沉积模块 4 启辉是否正常, 当沉积模块 4 启辉正常时, 反应腔室中的前驱体中的 SAM24 可以断裂成小分子, 氧分子可以激发形成活性氧原子和氧自由基等多种活性基团, SAM24 小分子与活性基团反应后形成目标

膜层。而当沉积模块4启辉异常时,则会导致沉积目标膜层失败,进而导致目标膜层的厚度异常。

因此,在一些具体实施例中,当沉积模块4启辉异常时,即可确定目标膜层的厚度异常,具体地,控制模块3具体用于:根据至少一次沉积步骤对应的第一信号,判断是否有沉积步骤发生等离子体启辉异常,若有,则确定目标膜层的厚度异常,并执行异常处理流程。

在一些具体实施例中,第一信号为与反应腔室中等离子体光源的亮度负相关的电压信号,图4为本发明实施例提供的监测模块2的电路结构示意图,如图4所示,监测模块2包括降压电路21、光敏电阻RM(光敏二极管)和信号生成电路22,其中,降压电路21用于将第一电压端V1提供的24V电压降低,以供信号生成电路22使用,光敏电阻RM的阻值随腔室本体1中等离子体光源的亮度发生变化,信号生成电路22用于根据降压电路21生成的电压信号和光敏电阻RM的阻值,生成第一信号,在本发明实施例中,第一信号可以为模拟量信号,当然,为使输出信号可以满足多种需要,信号生成电路22除输出模拟量信号外,也可以输出脉冲信号,例如,如图4所示,具体地:

在本发明实施例中,降压电路21包括第一比较器M1、二极管D、电感T、第一电容C1、第二电容C2、第三电容C3、第一发光二极管L1和第一电阻R1。其中,第一比较器M1的第一端与第一电压端V1连接,第一比较器M1的第二端与第二电压端V2连接,第一比较器M1的第三端与电感T的第二端、第一电容C1的第二端、第二电容C2的第二端、第三电容C3的第二端和第一发光二极管L1的第一端连接,第一比较器M1的第四端与第二电压端V2连接,第一比较器M1的输出端与电感T的第一端和二极管D的第二端连接,二极管D的第一端、第一电容C1的第一端和第二电容C2的第一端均与第二电压端V2连接,第三电容C3的第一端、第一电阻R1的第一端

均与接地端连接,第一发光二极管 L1 的第二端与第一电阻 R1 的第二端连接。

信号生成电路 22 包括:滑动变阻器 R'、第二电阻 R2、第三电阻 R3、第四电阻 R4、第四电容 C4、第二比较器 M2 和第二发光二极管 L2。第二比较器 M2 的第一端与第二电阻 R2 的第一端、光敏电阻 Rm 的第二端、第四电容 C4 的第二端和第一输出端 AO 连接,第二比较器 M2 的第二端与滑动变阻器 R'的第三端连接,第二比较器 M2 的第三端与滑动变阻器 R'的第二端、第二电阻 R2 的第二端、第三电阻 R3 的第二端和第二发光二极管 L2 的第一端连接。第二比较器 M2 的第四端与滑动变阻器 R'的第一端、光敏电阻 Rm 的第一端和第四电容 C4 的第一端连接。第二比较器 M2 的输出端与第三电阻 R3 的第一端、第四电阻 R4 的第一端和第二输出端 DO 连接。

在本发明实施例中,从第一输出端 AO 输出的电压信号即为第一信号,当腔室本体 1 中等离子体光源的亮度较高时,光敏电阻 Rm 的阻值较低,光敏电阻 Rm 的分压也较低,从而在第一输出端 AO 输出一个较低的模拟量信号;当腔室本体 1 中等离子体光源的亮度较低时,光敏电阻 Rm 的阻值较高,光敏电阻 Rm 的分压也较高,从而在第一输出端 AO 输出一个较高的模拟量信号。

当腔室本体 1 中等离子体光源的亮度较高时,光敏电阻 Rm 的阻值较低,光敏电阻 Rm 的分压也较低,第二比较器 M2 的第一端接收到的电压较低,当低于第二端接收到的电压时,第二比较器 M2 输出低电平,表示等离子体光源的亮度正常;当腔室本体 1 中等离子体光源的亮度较低时,光敏电阻 Rm 的阻值较高,光敏电阻 Rm 的分压也较高,第二比较器 M2 的第一端接收到的电压较高,当高于第二端接收到的电压时,第二比较器 M2 输出高电平,表示等离子体光源的亮度异常。

其中,当第二比较器 M2 输出低电平时,第二发光晶体管 L2 可以发光,当第二比较器 M2 输出高电平时,可以熄灭,从而进行提示。

需要说明的是，上述示例中，是以第二比较器 M2 为 NPN 型为例进行说明的，并不构成对本发明实施例中第二比较器 M2 型号的显示，在实际产品中，第二比较器 M2 还可以采用其他型号，在此不作限制。

在本发明实施例中，滑动变阻器 R' 的阻值可调，从而可以调节监测的灵敏度。

结合图 2 和图 3 所示，在一些具体实施例中，控制模块 3 包括：处理子模块 31 和控制子模块 32，监测模块 2 与和控制子模块 32 均与处理子模块 31 连接。

在本发明实施例中，监测模块 2 和处理子模块 31 中的至少一者可以集成在印制电路板（Printed Circuit Board, PCB）A 上，并安装在腔室本体 1 上，且位于腔室本体 1 外。控制子模块 32 可以集成在可编程逻辑控制器 B（Programmable Logic Controller, PLC）中。印制电路板 A 的长宽比设置为 5/3。

在一些具体实施例中，反应腔室还可以包括保护壳体 6，该保护壳体 6 罩设在印制电路板 A 的周围，以将印制电路板 A 与外界间隔开，从而对印制电路板 A 进行保护。印制电路板 A 可以通过信号线与可编程逻辑控制器 B 连接。例如，保护壳体 6 上设置有利于传输信号的端口，印制电路板 A 与该端口连接，信号线包括插头 C，信号线通过插头 C 与设置在保护壳体 6 上的端口连接，从而实现印制电路板 A 与可编程逻辑控制器 B 的连接。其中，信号线的插头 C 可以采用四针插头。

在本发明实施例中，通过使监测模块 2 和处理子模块 31 中的至少一者集成在印制电路板 A 上，可以降低生产成本，并且提高安装便利性。

在本发明实施例中，处理子模块 31 用于判断每次沉积步骤对应的第一信号是否超出预设范围，若是，则生成与该次沉积步骤对应的第二信号。控制子模块 32 用于统计处理子模块 31 在沉积周期内生成的第二信号的次数，

当处理子模块 31 在沉积周期内生成的第二信号的次数大于 0 时,则确定目标膜层的厚度异常, 并执行异常处理流程。

可选的, 若每次沉积步骤对应的第一信号未超出预设范围, 则生成与该次沉积步骤对应的第三信号。

在本发明实施例中, 处理子模块 31 可以包括滤波电路, 预设范围可以为沉积模块 4 在正常启辉时, 腔室本体 1 中等离子光源的亮度所对应的电压信号的范围。第二信号和第三信号可以为数字信号, 例如, 第二信号为数字信号“1”, 第三信号为数字信号“0”。当控制子模块 32 接收到第二信号时, 控制子模块 32 可以进行累计计数, 并在每次接收到第二信号后, 将当前的累计值+1, 如此, 当控制子模块 32 接收的第二信号的次数(也即累计值)大于 0 时, 则说明在沉积周期内, 至少有一次沉积步骤中, 腔室本体 1 中的等离子体光源的亮度为异常亮度, 此时, 控制子模块 32 确定目标膜层的厚度异常, 进而执行异常处理流程。

在一些具体实施例中, 沉积模块 2 与控制子模块 32 连接, 上述异常处理流程, 具体包括: 控制子模块 32 根据处理子模块 31 在沉积周期内生成的第二信号的次数, 控制沉积模块 2 补充执行至少一次沉积步骤。具体可以包括: 当处理子模块 31 在沉积周期内生成的第二信号的次数大于 0 时, 控制子模块 32 根据处理子模块 31 在沉积周期内生成的第二信号的次数, 控制沉积模块 4 补充执行至少一次沉积步骤。

在本发明实施例中, 以目标膜层为 SiO_2 膜层, 目标厚度为 $13\text{\AA}$ 为例, 在一个沉积周期内, 每经过一次沉积步骤, 晶圆 7 上即形成一定厚度(例如 $1\text{\AA}$)的 SiO_2 膜层, 在一个沉积周期内, 通过执行预定次数(例如 13 次)的沉积步骤, 即可在晶圆 7 上形成目标厚度的 SiO_2 膜层。而在一个沉积周期内, 处理子模块 31 每生成一次第二信号, 则说明沉积模块 4 在施加射频电场时发生了启辉异常, 而沉积模块 4 的启辉异常将导致在本次沉积步骤中, 在晶圆 7

上形成 SiO_2 的厚度小于 $1\text{\AA}$ ，进而导致最终形成的 SiO_2 膜层的厚度小于目标厚度，也即，目标膜层的厚度异常。因此，在本发明实施例中，当处理子模块 31 在沉积周期内生成第二信号时，控制子模块 32 则控制沉积模块 4 至少补充执行一次沉积步骤，以补偿由于沉积模块 4 启辉失败导致的 SiO_2 膜层小于目标膜层的问题。

应当理解的是，在本发明实施例中，补充执行的沉积步骤与在沉积周期内常规执行的沉积步骤相同，均包括向腔室本体 1 中通入前驱气体，并加载射频电场。而控制子模块 32 控制沉积模块 4 具体补充执行沉积步骤的次数则可以根据实际需要确定，例如，在一些具体实施例中，沉积模块 4 补充执行沉积步骤的次数与处理子模块 31 在沉积周期内生成的第二信号的次数相同，从而使沉积模块 4 补充执行沉积步骤的次数与沉积模块 4 在沉积周期内启辉异常的次数相同，进而最大限度的补偿 SiO_2 膜层厚度不足的问题。

在本发明实施例中，反应腔室可以对沉积过程进行监控，并在沉积模块 4 发生启辉异常时自动进行补偿，从而可以改善由于沉积模块 4 启辉异常而导致的目标膜层的厚度与目标厚度之间产生偏差的问题，进而提高了工艺结果的稳定性，有利于提高片间厚度一致性。

在一些具体实施例中，腔室本体 1 的侧壁上设置有监测口 5，监测模块 2 位于腔室本体 1 外，监测模块 2 通过监测口 5 监测腔室本体 1 中等离子体光源的亮度。

在一些具体实施例中，监测模块 2 可以覆盖在监测口 5 上，从而遮挡住监测口 5 的至少一部分，避免外界环境光对监测模块 2 造成干扰。

在一些具体实施例中，反应腔室中设置有用承载晶圆 7 的基座 8，沉积模块 4 中的上电极装置包括设置在腔室本体 1 顶部的上电极 41 和与之电连接的上射频电源 V，其中，上射频电源 V 通过上电极 41 向腔室本体 1 的内部加载射频电场。

可选的，在该基座 8 中设置有下列电极 42，其例如可以接地，监测口 5 位于下电极 42 与上电极 41 之间。

在一些具体实施例中，反应腔室还包括进气装置 43，进气装置 43 用于向腔室本体 1 中通入前驱体。上电极 41、下电极 42 和进气装置 43 可以与可编程逻辑控制器 B 连接，在可编程逻辑控制器 B 的控制下，执行沉积步骤。

采用本发明实施例的反应腔室，其沉积形成的膜层厚度均匀性 $<0.4\%$ ，厚度偏差 $<0.4\text{ \AA}$ ，具有较好的成膜质量。

图 5 为本发明实施例提供的监测过程的示意图，下面结合图 2 至图 5 对本发明实施例的反应腔室的沉积过程进行说明。

在沉积工艺开始前，上位机下发工艺菜单和工艺开始指令到可编程逻辑控制器 B，工艺菜单中记载了为实现目标厚度需要进行的沉积步骤的次数，可编程逻辑控制器 B 根据工艺菜单控制沉积模块 4 执行沉积步骤，上位机进入等待状态。

沉积步骤具体可以包括以下步骤：

第一步，进气装置 43 向腔室本体 1 中通入源气体（例如 SAM24），源气体在惰性气体（例如氩气 Ar）的携带下进入腔室本体 1 中并吸附在晶圆 7 表面。此时，监测模块 4 可以开始进行监测。

第二步，在源气体充分吸附后采用吹扫气体吹扫腔室本体 1 和进气装置 43，以尽可能减少源气体在其他位置的残留。

第三步，射频电源 V 开启，以在上电极 41 与下电极 42 之间施加射频电场，同时通入反应气体（例如氧气 O_2 ），在射频电场的作用下，源气体的大分子断裂为小分子，氧气分子激发形成活性氧原子和氧自由基等多种活性基团。源气体的断裂小分子和氧的活性基团发生反应在晶圆 7 上形成 SiO_2 膜层。

在本步骤中，监测模块 2 可以输出与等离子光源的亮度负相关的第一信

号, 第一信号可以是电压信号, 例如, 若沉积模块 4 发生启辉异常, 腔室本体 1 中等离子光源的亮度较低, 监测模块 2 则生成较大的第一信号; 若沉积模块 4 未发生启辉异常, 腔室本体 1 中等离子光源的亮度较高, 监测模块 2 则生成较小的第一信号。处理子模块 31 对第一信号进行滤波后, 将较大的第一信号处理成第二信号, 第二信号可以是数字信号“1”。

第四步, 再次对腔室本体 1 和进气装置 43 进行吹扫。至此完成一个完整的沉积步骤。

一个沉积步骤完成后进行第 2 次循环, 直至上位机下发到可编程逻辑控制器 B 的沉积步骤的次数全部运行完成, 至此为一个沉积周期。

在上述沉积周期中, 控制子模块 32 对处理子模块 31 生成第二信号的次数进行统计, 在上述沉积周期结束后, 若控制子模块 32 统计出处理子模块 31 生成第二信号的次数大于 0 时, 控制子模块 32 根据处理子模块 31 生成第二信号的次数, 控制沉积模块 4 补充进行上述沉积步骤, 补充的次数与处理子模块 31 生成第二信号的次数相同, 从而补偿由于启辉异常导致的 SiO_2 膜层的厚度与目标厚度的偏差。同时, 控制子模块 32 还向上位机发送启辉异常信号, 启辉异常信号可以包括启辉异常的次数以及补充执行沉积步骤的次数, 上位机在接收到启辉异常信号后, 可以继续保持在等待状态, 停止向可编程逻辑控制器 B 下发新的指令。

当补充执行沉积步骤完成后, 可编程逻辑控制器 B 可以向上位机发送补充完成信号, 上位机在接收到补充完成信号后, 则停止等待状态, 并下发新的指令, 以进行其它工艺步骤。

本发明实施例还提供一种膜层沉积方法, 图 6 为本发明实施例提供的膜层沉积方法的流程图之一, 如图 6 所示, 该膜层沉积方法包括:

S1、沉积模块 4 在腔室本体 1 中执行在一个沉积周期中的多次沉积步骤;
具体地, 每次沉积步骤均包括: 向腔室本体 1 中通入前驱体, 并对反应

腔室施加射频电场，以在反应腔室中形成等离子体光源，并通过等离子体光源在晶圆上沉积目标膜层。

具体地，前驱体包括源气体和反应气体，在步骤 S1 中，可以先向反应腔室中通入源气体，在源气体充分吸附在晶圆表面后，对反应腔室施加射频电场，同时通入反应气体。在每执行完一次沉积步骤后，均判断完成的沉积步骤的次数是否达到目标次数，若是则执行步骤 S3，若否，则继续执行步骤 S1。

S2、在每次执行沉积步骤时，监测反应腔室中等离子体光源的亮度，并根据等离子体光源的亮度，生成第一信号。

S3、根据至少一次沉积步骤对应的第一信号，判断执行多次沉积步骤后获得的目标膜层的厚度是否异常，若是，则异常处理流程。

可选的，若执行多次沉积步骤后获得的目标膜层的厚度没有异常，则可以发出沉积正常信号，告知用户和/或系统可以进行下一步工艺。

采用本发明实施例的膜层沉积方法，其可以通过等离子体光源的亮度判断沉积的目标膜层的厚度是否异常，并在目标膜层的厚度异常后发出异常报警信号，以便于补充沉积步骤，进而改善沉积膜层的厚度与目标厚度产生偏差的问题。

在一些具体实施例中，第一信号为与反应腔室中等离子光源的亮度负相关的电压信号，图 7 为本发明实施例提供的膜层沉积方法的流程图之二，如图 7 所示，步骤 S3 包括：

S31、判断第一信号是否超出预设范围，若是，则生成第二信号；S32、统计在沉积周期内生成的第二信号的次数。

S33、判断在沉积周期内生成的第二信号的次数是否大于 0，若是，则确定目标膜层的厚度异常，并执行异常处理流程。

可选的，在步骤 S31 中，若第一信号没有超出预设范围，则生成第三信

号。例如，第二信号和第三信号可以为数字信号，例如，第二信号为数字信号“1”，第三信号为数字信号“0”。

在一些具体实施例中，膜层沉积方法还包括：

S4、当在沉积周期内生成的第二信号的次数大于0时，根据在沉积周期内生成的第二信号的次数，补充执行至少一次沉积步骤。

当补充执行沉积步骤完成后，可以发送补充完成信号，以便进行其它工艺步骤。

在一些具体实施例中，补充执行沉积步骤的次数与在沉积周期内生成的第二信号的次数相同。

本发明实施例还提供一种半导体加工设备，其中，包括上述的反应腔室。其中，如图2所示，沉积模块4包括进气装置43和上电极装置，其中，腔室本体1中设置有用于承载晶圆的基座8；进气装置43用于向腔室本体1内通入前驱体；上电极装置用于激发前驱体形成等离子体。

具体地，上述上电极装置可以包括设置在腔室本体1顶部的上电极41和与之电连接的上射频电源V，其中，上射频电源V通过上电极41向腔室本体1的内部加载射频电场。

可选的，在该基座8中设置的下电极42，其例如可以接地。

可以理解的是，以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式，然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言，在不脱离本发明的精神和实质的情况下，可以做出各种变型和改进，这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1、一种半导体工艺设备的反应腔室，其特征在于，包括：腔室本体、监测模块、沉积模块以及控制模块；其中，

5 所述沉积模块用于在所述腔室本体中执行在一个沉积周期中的多次沉积步骤；

 所述监测模块与所述腔室本体连接，用于在所述沉积模块每次执行所述沉积步骤时，监测所述腔室本体内部产生的等离子体光源的亮度，并根据所述等离子体光源的亮度，生成第一信号；

10 所述控制模块与所述监测模块连接，用于根据至少一次所述沉积步骤对应的所述第一信号，判断执行多次所述沉积步骤后获得的目标膜层的厚度是否异常，若是，则执行异常处理流程。

2、根据权利要求1所述的反应腔室，其特征在于，所述异常处理流程，
15 具体包括：

 所述控制模块发出异常报警信号；和/或，控制所述沉积模块补充执行至少一次所述沉积步骤。

3、根据权利要求1或2所述的反应腔室，其特征在于，所述控制模块
20 具体用于：

 根据至少一次所述沉积步骤对应的所述第一信号，判断是否有所述沉积步骤发生等离子体启辉异常，若有，则确定所述目标膜层的厚度异常，并执行所述异常处理流程。

25 4、根据权利要求3所述的反应腔室，其特征在于，所述控制模块包括：处理子模块和控制子模块，所述监测模块和所述控制子模块均与所述处理子模块连接；其中，

所述处理子模块用于判断每次所述沉积步骤对应的所述第一信号是否超出预设范围，若是，则生成与该次所述沉积步骤对应的第二信号；

所述控制子模块用于统计所述处理子模块在所述沉积周期内生成的所述第二信号的次数，当所述处理子模块在所述沉积周期内生成的所述第二信号
5 的次数大于 0 时，则确定所述目标膜层的厚度异常，并执行所述异常处理流程。

5、根据权利要求 4 所述的反应腔室，其特征在于，所述异常处理流程，具体包括：

10 所述控制子模块根据所述处理子模块在所述沉积周期内生成的所述第二信号的次数，控制所述沉积模块补充执行至少一次所述沉积步骤。

6、根据权利要求 5 所述的反应腔室，其特征在于，所述沉积模块补充执行所述沉积步骤的次数与所述处理子模块在所述沉积周期内生成的所述
15 第二信号的次数相同。

7、根据权利要求 1 所述的反应腔室，其特征在于，所述监测模块包括光敏电阻或光敏二极管，所述第一信号为与所述等离子体光源的亮度负相关的电压信号。

20

8、根据权利要求 1 所述的反应腔室，其特征在于，所述腔室本体的侧壁上设置有监测口，所述监测模块位于所述腔室本体外，所述监测模块通过所述监测口监测所述腔室本体中等离子体光源的亮度。

25 9、根据权利要求 1，7 或 8 所述的反应腔室，其特征在于，所述监测模块和所述控制模块中的至少一者集成在印制电路板上，所述印制电路板安装在所述腔室本体上，且位于所述腔室本体外；

所述反应腔室还包括保护壳体,所述保护壳体罩设在所述印制电路板的周围,用于将所述印制电路板与外界隔开;并且,在所述保护壳体上设置有用用于传输信号的端口。

5 10、一种半导体工艺设备,其特征在于,包括权利要求 1 至 9 中任一项所述的反应腔室,其中,所述沉积模块包括进气装置和上电极装置,其中,所述腔室本体中设置有用用于承载晶圆的基座;所述进气装置用于向所述腔室本体内通入前驱体;所述上电极装置用于激发所述前驱体形成等离子体。

10 11、根据权利要求 10 所述的半导体工艺设备,其特征在于,所述半导体工艺设备应用于等离子体增强原子层沉积设备。

12、一种膜层沉积方法,其特征在于,应用于权利要求 1 至 9 中任一项所述的半导体工艺设备的反应腔室,所述膜层沉积方法包括:

15 所述沉积模块在所述腔室本体中执行在一个沉积周期中的多次沉积步骤;

在所述沉积模块每次执行所述沉积步骤时,监测所述腔室本体内部产生的等离子体光源的亮度,并根据所述等离子体光源的亮度,生成第一信号;

20 根据至少一次所述沉积步骤对应的所述第一信号,判断执行多次所述沉积步骤后获得的目标膜层的厚度是否异常,若是,则执行异常处理流程。

13、根据权利要求 12 所述的膜层沉积方法,其特征在于,所述异常处理流程,具体包括:

25 发出异常报警信号;和/或,控制所述反应腔室补充执行至少一次所述沉积步骤。