

晶圆上光刻胶的去除方法及半导体工艺设备

技术领域

本申请涉及半导体制造领域，具体地，涉及一种晶圆上光刻胶的去除方法及半导体工艺设备。

背景技术

在半导体工艺处理过程中，需要在晶圆（Wafer）上加工出极细微尺寸的图形。通常，采用光刻技术将掩模板上的电路图形转移到覆盖于晶圆表面的光刻胶上，再采用刻蚀技术将光刻胶图形转移到晶圆上。为避免晶圆在后续工艺过程受光刻胶影响，需要去除晶圆上残留的光刻胶。普通干法去胶工艺技术中，一般将晶圆直接置于较高温度下进行去胶，但离子注入光刻胶会使得光刻胶的表面碳化，使得光刻胶形成为硬化层 110（如图 1 所示）和未交联层（photoresist，简称 PR）120，硬化层 110 包覆在未交联层 120 的外侧，硬化层 110 在高温下容易爆裂（popping）。

发明内容

本申请旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一，提出了一种晶圆上光刻胶的去除方法及半导体工艺设备。

为实现本申请的目的而提供一种晶圆上光刻胶的去除方法，包括：

在去除离子注入后的光刻胶的工艺过程中，获取腔室中特定元素产生的发射光在不同采样时刻对应的光谱强度；

根据相邻两个所述采样时刻对应的所述光谱强度，确定各所述采样时刻的所述光谱强度的变化特征量；

在当前采样时刻对应的所述变化特征量符合预设条件时，确定硬化层去

除工艺接近终点并控制晶圆按预设关系由当前位置朝向加热基座的方向下降以去除所述光刻胶的硬化层。

在一些实施例中，所述变化特征量为相邻两个所述采样时刻之间所述光谱强度的下降率，所述变化特征量满足下述关系式：

$$Q_n = [S(t_{n-1}) - S(t_n)] \div S(t_{n-1});$$

其中， Q_n 为第 n 个采样时刻对应的变化特征量， $S(t_n)$ 为第 n 个采样时刻对应的光谱强度， n 为正整数。

在一些实施例中，所述预设条件包括所述当前采样时刻对应的所述变化特征量大于预设值，所述预设值为非负数。

在一些实施例中，所述预设值的取值大于等于 5% 且小于等于 20%。

在一些实施例中，所述预设条件还包括所述光谱强度达到最大值对应的时刻与当前采样时刻间隔延时时长。

在一些实施例中，按照下述关系式计算所述延时时长；

$$T = k / Q_{\max};$$

其中， T 为所述延时时长； $k > 0$ ，且 k 为常数； $Q_{\max}$ 为所述光谱强度达到最大值之前的所述变化特征量的绝对值的最大值。

在一些实施例中，所述预设关系为所述晶圆的下降位移 Δh 等于下降时长 Δt 与常数 a 的乘积， a 大于 0。

在一些实施例中，在获取所述腔室中特定元素产生的发射光在不同采样时刻对应的光谱强度之前，所述去除方法还包括：

将所述晶圆置于所述加热基座的承载面上，且到达预热时长后，控制所述晶圆上升至初始高位。

在一些实施例中，在控制晶圆按预设关系由当前位置朝向加热基座的方向下降以去除所述光刻胶的硬化层之后，还包括：

在当前采样时刻对应的所述变化特征量符合硬化层去除终止条件时，控

制晶圆下降至加热基座的承载面，以去除所述光刻胶的未交联层。

作为另一个技术方案，本申请还提供一种半导体工艺设备，包括：腔室、加热基座和控制器，加热基座设置在所述腔室内，具有用于承载晶圆的承载面；控制器，包括至少一个处理器和至少一个存储器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序以执行本申请所述的去除方法。

本申请具有以下有益效果：

本申请提供的晶圆上光刻胶的去除方法及半导体工艺设备，通过获取特定元素产生的发射光的光谱强度，根据光谱强度的变化特征量是否符合预设条件来判断硬化层去除工艺是否接近终点，在硬化层去除工艺接近终点时控制晶圆下降进行升温，以避免硬化层在高温下爆裂。

而且，应用本申请的去除方法，晶圆在硬化层去除工艺达到终点之前便下降，这样，在确保硬化层不会爆裂的前提下，一方面，提高了清除残留硬化层的速率，使得残留的少量硬化层在晶圆下降过程中被快速清除，则硬化层去除工艺能够提前达到终点，缩短了去除硬化层的时间，从而提高了去胶效率。另一方面，在硬化层去除工艺从接近终点的时刻至达到终点的时刻的时间段中，晶圆与承载面之间的距离便逐渐减小，晶圆的温度升高，使得硬化层去除工艺到达终点后，晶圆能够快速升温至未交联层去除工艺对应的工艺温度，也就是说，晶圆可以在切换至未交联层去除工艺之前的上述时间段内被提前升温，以使晶圆能够快速达到未交联层去除工艺所需工艺温度，尽可能的缩短硬化层去除工艺达到终点时晶圆的温度升高至去除未交联层所需的时间，从而提高了去胶效率。

附图说明

图 1 为离子注入后的光刻胶的示意图；

图 2 为晶圆的温度与晶圆距承载面的距离的关系示意图；

图 3 为本申请实施例提供的一种半导体工艺设备的结构示意图；

图 4 为本申请实施例提供的一种半导体工艺设备的硬件模块示意图；

图 5 为本申请实施例提供的一种晶圆上光刻胶的去除方法的流程示意图；

图 6 为晶圆的温度与去胶速率的关系示意图；

图 7 为硬化层去除工艺达到终点时控制晶圆下降的去胶工艺过程中光谱强度与采样时长的曲线关系图；

图 8 为图 7 对应的去胶工艺过程中晶圆相对于承载面的高度与采样时长的曲线关系图；

图 9 为采用本申请实施例提供的一种去除方法的去胶工艺过程中光谱强度与采样时长的曲线关系图；

图 10 为图 9 对应的去胶工艺过程中晶圆相对于承载面的高度与采样时长的曲线关系图；

图 11 为采用本申请实施例提供的另一种去除方法的去胶工艺过程中光谱强度与采样时长的曲线关系图；

图 12 为图 11 对应的去胶工艺过程中晶圆相对于承载面的高度与采样时长的曲线关系图；

图 13 为本申请实施例提供的另一种晶圆上光刻胶的去除方法的流程示意图。

具体实施方式

在介绍本申请的实施例之前，首先对相关技术进行说明。

由于硬化层 110 在高温下会爆裂 (popping)，为了避免 popping 现象出现，离子注入后去胶工艺可以采用以下步骤。步骤 1：硬化层 110 去除工艺步骤，将晶圆的温度调节至较低温度值，注入 O_2 、以及 N_2 和 H_2 的混合气体，

O₂能够去除硬化层 110 中的 C、H、N、S 等元素，N₂和 H₂的混合气体能够使非挥发性物质（P₂O₅、As₂O₃等氧化物）与 H 反应形成挥发性产物。步骤 2：未交联层 120 去除工艺步骤，将晶圆的温度调节至较高温度值，注入 O₂，O₂与未交联层 120 反应形成挥发性产物。

利用半导体工艺设备对晶圆进行去胶时，晶圆可放置于加热基座的承载面上，此时的加热基座承载晶圆，晶圆也可相对于加热基座上移至与承载面具有一定的距离的位置处。其中，加热基座上设有加热器，加热器通电进行加热以使加热基座升温，加热基座的热量传导给晶圆，实现对晶圆的温度的调节。晶圆的温度与晶圆距承载面的距离相关，二者的关系可参考图 2 所示。具体的，沿竖直方向，晶圆与承载面之间的距离越小，晶圆的温度越高；沿竖直方向，晶圆与承载面之间的距离越大，晶圆的温度越低。

基于此，需合理的调节晶圆距承载面的距离，以控制半导体工艺设备先执行硬化层去除工艺步骤，并在硬化层被清除后执行未交联层去除工艺步骤。

相关技术中将硬化层去除工艺步骤中晶圆距承载面的距离和工艺时长设定为经验值，以及将未交联层去除工艺步骤时晶圆距承载面的距离和工艺时长设定为经验值，据此形成特定的工艺配方。采用相同工艺配方进行去胶时，晶圆的升降过程相同。

但是，本申请的发明人发现由于不同种类晶圆的离子注入量不同，导致不同种类晶圆的硬化层厚度不同，因此，采用特定的工艺配方对不同种类晶圆去胶时，容易出现下述问题：一是在硬化层去除工艺步骤的工艺时长达到设定的经验值之前，硬化层已去除干净，而晶圆与承载面之间的距离仍较大，未及时由步骤 1 切换至步骤 2，导致去胶工艺耗费时间长，效率低，产能低。二是在硬化层去除工艺步骤的工艺时长达到设定的经验值时，硬化层尚未去除干净，晶圆与承载面之间的距离提前减小，过早由步骤 1 切换至步骤 2，导致硬化层在较高温度下爆裂。可见，采用特定的工艺配方去胶，无法适应

于不同种类晶圆。

产生这些问题的本质在于：因为不同种类晶圆的硬化层厚度不同，所以，采用特定的工艺配方进行去胶，在硬化层去除工艺步骤的工艺时长达到设定的经验值时默认达到硬化层去除工艺的终点，容易造成对硬化层去除工艺的终点的判断不准确，无法适应于不同种类晶圆。

为解决相关技术存在的上述问题，本申请的发明人提出了一种晶圆上光刻胶的去除方法，根据腔室中特定元素产生的发射光的光谱强度来判断硬化层去除工艺是否达到终点，在硬化层去除工艺达到终点时，控制晶圆下降至加热基座上，使得晶圆升温以对未交联层进行去除。这样，根据光谱强度的信号变化来确定硬化层去除工艺的终点，实现了对硬化层去除工艺的终点的自动检测。并且，硬化层去除工艺过程中，特定元素的光谱强度随着包含特定元素的工艺气体或反应气体的量的变化而变化，因此，即便采用同一工艺制造的晶圆形成的光刻胶的硬化层的厚度不同，利用该方法也可以准确的监控光刻胶去除工艺的进程，判定硬化层去除工艺的终点的准确性高。

但是，实际应用过程中，由于晶圆受加热基座的热辐射而升温，晶圆升温过程需要一定的时间，因此，在硬化层去除工艺达到终点时才控制晶圆下降，晶圆无法快速升温至去除未交联层需要的较高温度值，导致硬化层以及未交联层的去除效率低。

为了提高去胶效率，本申请实施例又提供了一种晶圆上光刻胶的去除方法及半导体工艺设备。

图3为本申请实施例提供的一种半导体工艺设备的结构示意图。请参阅图3，该半导体工艺设备包括腔室200和加热基座400，加热基座400位于腔室200内，加热基座400具有承载面，承载面用于承载晶圆300。其中，该腔室200和加热基座400可实现去胶工艺，以去除晶圆300表面的普通光刻胶或离子注入后的光刻胶。

加热基座 400 内部设有加热器 410，加热器 410 与设置在腔室 200 外的电源 500 连接，加热器 410 通电加热，使得加热基座 400 被加热升温，加热基座 400 的热量传导给晶圆 300，实现对晶圆 300 的温度的调节。

在一些实施例中，半导体工艺设备还包括升降组件（图中未示出）和三根升降针 210，加热基座 400 上设有与三根升降针 210 一一对应的三个通孔，三根升降针 210 抵顶晶圆 300 的背面，升降组件用于驱动三根升降针 210 沿对应的通孔升降，使得晶圆 300 与加热基座 400 的承载面之间的距离变化，以改变加热基座 400 辐射至晶圆 300 的热量，从而实现对晶圆 300 温度的调节。可以理解的是，升降针 210 的数量不限于三根，具体可以根据经验和实际工况进行设计。

图 4 为本申请实施例提供的一种半导体工艺设备的硬件模块示意图。请参考图 3 和图 4，半导体工艺设备还包括光谱强度检测装置 800 和控制器 700。

示例性的，控制器 700 包括至少一个处理器 710 和至少一个存储器 720。其中，存储器 720 可以用于存储程序代码。存储器 720 可被配置成任何类型的存储器 720。例如，存储器 720 可被实现作为闪烁存储器（flash）、只读存储器（ROM）、随机存取存储器（RAM）、可移动存储器、其他类型的存储元件或者此类存储设备的任意组合。

处理器 710 可用于执行上述应用程序代码，调用相关模块以实现本申请实施例中半导体工艺设备的功能。处理器 710 可以包括一个或多个处理单元，例如：处理器 710 可以包括应用处理器（application processor，AP），调制解调处理器，图形处理器（graphics processing unit，GPU），图像信号处理器（image signal processor，ISP），视频编解码器，数字信号处理器（digital signal processor，DSP），基带处理器，和/或神经网络处理器（neural-network processing unit，NPU）等。其中，不同的处理单元可以是独立的器件，也可以集成在一个或多个处理器 710 中。

光谱强度检测装置 800 用于检测特定元素产生的发射光的光谱强度，光谱强度检测装置 800 与控制器 700 电连接，以将检测到的光谱强度发送给控制器 700。其中，光谱强度检测装置 800 具体可以采用光谱传感器来实现。光谱强度检测装置 800 可以实时检测光谱强度，也可以每间隔预设时长采集光谱强度。

在一些实施例中，如本文所公开的半导体工艺设备还可以包括第一计时器 910 和第二计时器 920，第一计时器 910 以及第二计时器 920 均与控制器 700 连接，第一计时器 910 以及第二计时器 920 均用于计时。

上述控制器 700 还通过通信模块 930 与升降组件通信连接，以能够控制升降组件驱动三根升降针 210 沿对应的通孔升降，使得晶圆 300 与加热基座 400 的承载面之间的距离变化。通信模块 930 可被实现为一个或多个任何传统的通信接口。

可以理解的是，本申请实施例示意的结构并不构成对半导体工艺设备的具体限定。在本申请另一些实施例中，半导体工艺设备可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者拆分某些部件，或者不同的部件布置。图示的部件可以以硬件，软件或软件和硬件的组合实现。

图 5 为本申请实施例提供的一种晶圆上光刻胶的去除方法的流程示意图。对于上述半导体工艺设备，可执行晶圆上光刻胶的去除方法，该去除方法的具体过程可参见图 5，包括：

S101，在去除离子注入后的光刻胶的工艺过程中，获取腔室中特定元素产生的发射光在不同采样时刻对应的光谱强度。

其中，特定元素可以是指离子注入的元素，例如 P、As、B 等。

该步骤具体可以通过接收光谱强度检测装置 800 检测到的光谱强度，从而实现对光谱强度的获取。

每个采样时刻与该采样时刻的光谱强度之间存在一一对应关系。同理，

各个采样时刻距首个采样时刻的时间为采样时长，则采样时长与该采样时长对应的光谱强度之间也存在一一对应关系。

S102，根据相邻两个采样时刻对应的光谱强度，确定各采样时刻的光谱强度的变化特征量。

S103，在当前采样时刻对应的变化特征量符合预设条件时，确定硬化层去除工艺接近终点并控制晶圆按预设关系由当前位置朝向加热基座的方向下降以去除光刻胶的硬化层。

应指出，合理的设计预设条件，使得当前采样时刻对应的变化特征量应在符合硬化层去除终止条件之前，先满足预设条件。当前采样时刻对应的变化特征量符合预设条件应能够用于表明大部分硬化层被清除，硬化层尚未完全清除干净，残留少量硬化层，硬化层去除工艺接近终点。

光谱强度的变化特征量应能反映出去胶工艺的进程，以能够根据变化特征量准确判断出硬化层去除工艺步骤接近终点。由此，特定元素还需满足在去除硬化层过程中对应的光谱强度的变化趋势和在去除未交联层过程中对应的光谱强度的变化趋势不同的特点。

结合上文描述的内容可知，去除硬化层的工艺过程开始时，晶圆应位于初始高位，此时，晶圆与承载面之间的距离为 H_1 ，使得晶圆的温度低于或者等于 200°C ，以免出现 popping 现象。应用本实施例的去除方法的大致过程为：若当前采样时刻对应的变化特征量符合预设条件，控制晶圆由初始高位下降以靠近加热基座，使得晶圆升温，同时对残留的少量硬化层进行清除；下降过程中，继续获取特定元素产生的发射光的光谱强度，若当前采样时刻对应的变化特征量仍符合预设条件，控制晶圆由当前位置下降，继续对残留的少量硬化层进行清理，直至硬化层清除干净。

如本文所公开的去除方法中控制晶圆由当前位置朝向加热基座的方向下降可采用下述方式实现。例如，通过发送信号给升降组件，使得升降组件

驱动升降针下降，以带动晶圆下降。

本实施例的去除方法，通过获取特定元素产生的发射光的光谱强度，根据光谱强度的变化特征量是否符合预设条件来判断硬化层去除工艺是否接近终点，在硬化层去除工艺接近终点时控制晶圆下降进行升温。也就是说，在晶圆下降之前晶圆与加热基座之间的距离较大，晶圆的温度相对较低，以避免硬化层在高温下爆裂。值得指出的是，由于硬化层去除工艺接近终点时仅残余少量硬化层未被清理干净，此时，即使晶圆因下降而升温，剩余的少量硬化层不会爆裂。由此，本实施例的去除方法可有效解决硬化层在高温下爆裂的问题。

可理解，去胶工艺过程中，工艺条件中仅晶圆温度作为变量时，去胶速率与晶圆温度呈正相关，具体可参考图6所示，即晶圆温度越高，去胶速率越快。基于此，本实施例的去除方法中晶圆在硬化层去除工艺达到终点之前下降，这样，利用本实施例的去除方法去胶时，由于已经去除部分硬化层，使得其厚度变薄，通过控制晶圆按预设关系下降，可以避免“popping”的同时，一方面，可以提高晶圆的温度，使得剩余的硬化层在较高温度下被去除，提高了硬化层的去除速率，使得残留的少量硬化层在晶圆下降过程中被快速清除，则硬化层去除工艺能够提前达到终点，缩短了去除硬化层的时间，从而提高了去胶效率。另一方面，在硬化层去除工艺从接近终点的时刻至达到终点的时刻的时间段中，晶圆与承载面之间的距离便逐渐减小，晶圆的温度升高，使得硬化层去除工艺到达终点后，晶圆能够快速升温至未交联层去除工艺对应的工艺温度，也就是说，晶圆可以在切换至未交联层去除工艺之前的上述时间段内被提前升温，以使晶圆能够快速达到未交联层去除工艺所需工艺温度，尽可能地缩短由硬化层去除工艺切换成未交联层去除工艺所需的升温时间，从而提高了去胶效率。

如本文所公开的去除方法还可在 S103 之后，还执行 S104。

S104, 在当前采样时刻对应的变化特征量符合硬化层去除终止条件时, 控制晶圆下降至加热基座的承载面, 以去除光刻胶的未交联层。

其中, 当前采样时刻对应的变化特征量符合硬化层去除终止条件意味着硬化层被清除干净, 硬化层去除工艺达到了终点。

应用本实施例的去除方法的大致过程为: 在当前采样时刻对应的变化特征量符合预设条件, 控制晶圆由当前位置下降以继续去除残留的少量硬化层; 之后继续获取特定元素产生的发射光的光谱强度, 若当前采样时刻对应的变化特征量符合硬化层去除终止条件, 控制晶圆继续下降至加热基座的承载面, 晶圆的温度升高至 250°C 至 300°C, 以去除未交联层。

需特别说明的是, 上述变化特征量可以作广义理解, 只要其能够表征光刻胶去除工艺过程的变化趋势即可。

在第一种实现方式中, 变化特征量可以为相邻两个采样时刻之间特定元素产生的发射光的光谱强度的变化值。变化特征量可根据下述式(一)确定, 其中, $S(t_n)$ 为第 n 个采样时刻对应的光谱强度, n 为正整数, $S(t_{n-1})$ 为第 $n-1$ 个采样时刻对应的光谱强度, ΔS_n 为第 n 个采样时刻对应的变化特征量。

$$\Delta S_n = S(t_n) - S(t_{n-1}) \quad \text{式(一)}$$

在第二种实现方式中, 变化特征量可以为相邻两个采样时刻之间特定元素产生的发射光的光谱强度的变化率。变化特征量可根据下述式(二)确定, 其中, S_n^r 为第 n 个采样时刻的变化特征量, $t_n - t_{n-1}$ 为第 n 个采样时刻与第 $n-1$ 个采样时刻之间的采样时长。

$$S_n^r = [S(t_n) - S(t_{n-1})] / (t_n - t_{n-1}) \quad \text{式(二)}$$

在第三种实现方式中, 变化特征量可以为相邻两个采样时刻之间光谱强度的下降率。变化特征量可根据下述式(三)确定, 其中, Q_n 为第 n 个采样时刻对应的变化特征量。

$$Q_n = [S(t_{n-1}) - S(t_n)] \div S(t_{n-1}) \quad \text{式(三)}$$

由于硬化层去除工艺的后期，硬化层去除工艺趋近结束，光谱强度持续下降，因此，采用下降率来表征变化特征量，能够更方便的对变化特征量是否满足预设条件进行判断。下面以变化特征量为 Q_n 为例进行说明，本领域技术人员在阅读了下文后显然可以理解变化特征量为 ΔS_n 或 S_n' 的技术方案。

如本文所描述的硬化层去除终止条件具体可以为变化特征量为 0 或者接近为 0，以表明特定元素的光谱强度未发生变化，意味着包含特定元素的工艺气体或反应气体的气体量趋于稳定，则硬化层去除工艺达到终点。

如本文所公开的去除方法中，预设条件可设为包括当前采样时刻对应的变化特征量大于预设值，预设值为非负数。也就是说，预设条件满足变化特征量 $Q_n > 0$ 。结合上文可知，若当前采样时刻对应的变化特征量为正数，即特定元素产生的发射光的光谱强度下降率大于 0，意味着光谱强度处于下降沿，则可表明硬化层去除工艺接近终点，此时可控制晶圆下降以去除残留的硬化层。

预设值的取值可以为大于等于 5% 且小于等于 20%。以预设值为 5% 为例，即相邻两个采样时刻之间光谱强度的下降率（即，变化特征量）大于 5% 时，控制晶圆下降。这里，预设值的取值是经过大量工艺测试和模拟实验得到的经验值，此时，利用本实施例的方法来清除离子注入后的光刻胶时，去胶效率高。当然，预设值不限于为 5%~20%，可以根据实际工况进行设计。

将在硬化层去除工艺达到终点时控制晶圆下降的去胶工艺过程和采用本实施例的去除方法的去胶工艺过程进行对比。

图 7 为硬化层去除工艺达到终点时控制晶圆下降的去胶工艺过程中光谱强度与采样时长的曲线关系图，图 8 为图 7 对应的去胶工艺过程中晶圆相对于承载面的高度与采样时长的曲线关系图。在图 7 和图 8 所示的示例中，去胶工艺过程为：先控制晶圆升高至初始高位，晶圆相对于承载面的高度为 H_1 ，以去除硬化层；控制晶圆相对于承载面的高度保持在 H_1 ；采样时长为 105s

时，检测到光谱强度达到最大值；直到采样时长为 129.95s 时，确定当前采样时刻的光谱强度的变化特征量 Q_n 为 0%，满足硬化层去除终止条件，控制晶圆下降至承载面，以去除未交联层。

图 9 为采用本申请实施例提供的一种去除方法的去胶工艺过程中光谱强度与采样时长的曲线关系图，图 10 为图 9 对应的去胶工艺过程中晶圆相对于承载面的高度与采样时长的曲线关系图。在图 9 和图 10 所示的示例中，去胶工艺过程为：先控制晶圆升高至初始高位，晶圆相对于承载面的高度为 H_1 ，以去除硬化层；控制晶圆相对于承载面的高度保持在 H_1 ；采样时长为 105s 时，光谱强度达到最大值；直到采样时长为 115s 时，确定当前采样时刻的光谱强度的变化特征量 Q_n 大于预设值 C ，满足预设条件，控制晶圆按预设关系下降以继续清理残留的硬化层；下降过程中继续监测光谱强度，直到采样时长为 119.03s 时，确定当前采样时刻的光谱强度的变化特征量 Q_n 为 0%，满足硬化层去除终止条件，控制晶圆下降至承载面，以去除未交联层。

结合图 7 至图 10，可以看出，本实施例的去除方法通过在变化特征量满足预设条件，硬化层去除工艺接近终点但尚未达到终点时，控制晶圆下降以升高晶圆的温度，硬化层去除工艺的终点对应的采样时长由 129.95s 缩短至 119.03s，硬化层去除工艺的终止时间提前了 10.92s。由此验证了采用本实施例的去除方法，能够有效缩短去除硬化层的时间，从而极大的提升了去胶效率。

如本文所公开的去除方法中，预设关系为晶圆的下降位移 Δh 等于下降时长 Δt 与常数 a 的乘积， $a > 0$ 。其中，常数 a 即可视为晶圆的下降速度。下降时长 Δt 是指从下降起始时刻至当前时刻所间隔的时长，下降起始时刻是指变化特征量符合预设条件对应的采样时刻。

以预设值为 5%，预设条件包括当前采样时刻对应的变化特征量大于 5% 为例，变化特征量大于 5% 时采样时刻对应的采样时长若为 t_1 ，则采样时长达

到 t_2 时，晶圆的下降位移 $\Delta h = a \times \Delta t = a \times (t_2 - t_1)$ ，此时，晶圆的当前位置对应的高度即为 $H' = H_1 - \Delta h = H_1 - a \times (t_2 - t_1)$ 。本实施例的方案中，在当前采样时刻对应的变化特征量符合预设条件时，控制晶圆匀速下降，使得晶圆匀速升温，以减小残留的硬化层在晶圆下降过程中爆裂的风险。

在预设条件包括当前采样时刻对应的变化特征量大于预设值的基础上，进一步地，预设条件还包括光谱强度达到最大值对应的时刻与当前采样时刻间隔延时时长 T 。也就是说，在光谱强度达到最大值后，保持晶圆的高度不变，直至到达间隔延时时长 T ，且变化特征量大于预设值的时刻，控制晶圆按预设关系下降以去除硬化层。

如本文所公开的去除方法中，可在光谱强度达到最大值时，采用第一计时器 910 进行计时，在计时时间达到延时时长 T ，且变化特征量大于预设值时，控制晶圆下降。或者，在一些可替换的实施例中，可在光谱强度达到最大值时，获取光谱强度达到最大值对应的时刻，将该时刻与延时时长 T 相加得到相应的下降时间点，在自当前时刻达到下降时间点，且变化特征量大于预设值时，控制晶圆下降。

由此，本实施例的去除方法中，通过设计预设条件包括当前采样时刻对应的变化特征量大于预设值，且当前采样时刻与光谱强度达到最大值的时刻间隔延时时长 T ，以确保光谱强度处于下降沿，硬化层去除工艺趋近终点时，再控制晶圆下降以提高晶圆的温度。这样，在避免出现 popping 现象的同时，还可以在硬化层去除工艺的后期提高硬化层去除速率，以缩短硬化层去除时间，进而提高去胶效率。

图 11 为采用本申请实施例提供的另一种去除方法的去胶工艺过程中光谱强度与采样时长的曲线关系图，图 12 为图 11 对应的去胶工艺过程中晶圆相对于承载面的高度与采样时长的曲线关系图。在图 11 和图 12 所示的示例中，去胶工艺过程为：先控制晶圆升高至初始高位，晶圆相对于承载面的高

度为 H_1 ，以去除硬化层；控制晶圆相对于承载面的高度保持在 H_1 ；采样时长为 105s 时，光谱强度达到最大值，控制第一计时器 910 开始计时；采样时长为 115s 时，第一计时器 910 的计时时间达到 T ，且确定当前采样时刻的光谱强度的变化特征量 Q_n 大于预设值 C ，则满足预设条件，控制晶圆按预设关系下降以继续清理残留的硬化层；下降过程中继续监测光谱强度，直到采样时长为 119.03s 时，确定当前采样时刻的光谱强度的变化特征量 Q_n 为 0%，满足硬化层去除终止条件，控制晶圆下降至承载面，以去除未交联层。

请一并参考图 7、图 8、图 11 和图 12，可以看出，本实施例的去除方法通过在光谱强度达到最大值后，在间隔延时时长 T 后且变化特征量 Q_n 大于预设值的情况下，控制晶圆下降以升高晶圆的温度，硬化层去除工艺的终点对应的采样时长由 129.95s 缩短至 119.03s，硬化层去除工艺的终止时间提前了 10.92s。由此验证了采用本实施例的去除方法，能够有效增大硬化层去除速率，从而能够极大的提升去胶效率。

应理解，在预设条件还包括光谱强度达到最大值对应的时刻与当前采样时刻间隔延时时长 T 的实施方案中，若光谱强度达到最大值的时刻对应的采样时长为 t' ，在间隔延时时长 T ，且变化特征量大于预设值时，晶圆开始下降时对应的采样时长为 t'' ，则下降时长 Δt 满足： $\Delta t = t'' - t' - T$ 。晶圆的下降位移 $\Delta h = a \times (t'' - t' - T)$ ，此时，晶圆的当前位置对应的高度即为 $H' = H_1 - \Delta h = H_1 - a \times (t'' - t' - T)$ 。

上述延时时长 T 可根据以往的经验 and 需求进行设计，例如，延时时长 T 可以为 5s、10s 等，本实施例对此不做具体限制。

在本申请的一些实施例中，还可以在光谱强度达到最大值时通过计算的方式确定延时时长 T 。具体的，按照下述式（四）计算延时时长 T 。其中， T 为延时时长； $k > 0$ ，且 k 为常数； $Q_{\max}$ 为光谱强度达到最大值之前的变化特征量的绝对值的最大值。

$$T=k/Q_{\max} \quad \text{式(四)}$$

其中，变化特征量是指相邻两个采样时刻之间光谱强度的下降率，在硬化层去除工艺的前期，光谱强度持续增加，即光谱强度处于上升沿，变化特征量 Q_n 小于 0，则变化特征量 Q_n 的绝对值表示光谱强度的上升率，变化特征量 Q_n 的绝对值的最大值即可理解为光谱强度的上升率最大。

因此，可理解，延时时长 T 与 $Q_{\max}$ 呈负相关，即延时时长 T 的大小与光谱强度的上升率呈负相关。具体而言，硬化层去除工艺前期，光谱强度增长越快，光谱强度的上升率越大， $Q_{\max}$ 越大，则延时时长 T 越小；反之，硬化层去除工艺前期，光谱强度增长越慢，光谱强度的上升率越小， $Q_{\max}$ 越小，则延时时长 T 越大。

如此，利用本实施例的方法来清除光刻胶时，光谱强度增长越快，即硬化层去除工艺的化学反应的速率越大，则在变化特征量符合预设条件之后，越快提高晶圆的温度，进一步确保在尚未达到硬化层去除工艺的终点之前便提高晶圆的温度。

而且，相较于直接设定延时时长 T 为恒定的常数，本实施例中通过计算确定延时时长 T ，有利于确保针对不同种类晶圆，延时时长 T 能够与硬化层去除工艺过程中光谱强度的上升率相适应，以确保自光谱强度达到最大值的时刻起延长时间达到 T 时，硬化层去除工艺仍未到达终点。

另外，在预设条件还包括光谱强度达到最大值对应的时刻与当前采样时刻间隔延时时长 T 的实施方案中，步骤 S102 具体可采用下述步骤来实现。

S1021，在光谱强度达到最大值时，根据相邻两个采样时刻对应的光谱强度，确定所有采样时刻对应的光谱强度的变化特征量。

S1022，当存在光谱强度的变化特征量的绝对值大于设定阈值时，执行 S103。

其中，设定阈值为正数，设定阈值可以根据实际经验和工况进行合理的

设计。本实施例中，为执行步骤 S103 设置了附加条件，即存在光谱强度的变化特征量的绝对值大于设定阈值。也就是说，在光谱强度达到最大值之前，硬化层去除工艺前期，若光谱强度的增长率大于设定阈值，即光谱强度的增长过快，便在光谱强度达到最大值后，在间隔延时时长 T ，且变化特征量 Q_n 大于预设值的情况下，控制晶圆下降。

如此，在光谱强度达到最大值后间隔延时时长 T 再控制晶圆下降的方式适用于光谱强度快速上升或快速下降的情形。

在上述任一实施例中，较佳地，任意相邻两个采样时刻间隔的采样时长相等，也即每间隔采样时长 Φ 采集特定元素产生的发射光的光谱强度， $t_n - t_{n-1} = \Phi$ ， Φ 为正常数。示意性地， Φ 可以设为 0.1s、0.5s、1s 等。这样，能够均匀地采集光谱强度，尤其在变化特征量为 S_n' 时，还有利于简化变化特征量的运算量。

在一些实施例中，在上述步骤 S101 之前，本实施例的去除方法还可以包括如下步骤：

S201，将晶圆置于加热基座的承载面上，且到达预热时长后，控制晶圆上升至初始高位。

这里，初始高位时晶圆相对于承载面的高度为 H_1 。请参考图 9 至图 12， H_1 具体可以为 10mm。当然， H_1 不限于为 10mm，在本申请的其他实施例中，也可以为 12mm、15mm 等。

在本申请的一些实施例中，上述步骤 S201 的具体实现过程可以包括下述步骤。

步骤 S2011：在去除离子注入后的光刻胶的工艺过程开始时，控制晶圆置于加热基座的承载面并开始计时。

具体的，该步骤可以通过发送信号给第二计时器 920 进行计时来实现。

步骤 S2012：在计时时间达到预热时长时，控制晶圆由承载面上升至初

始高位。

预热时长 d 也可以根据经验和实际工况进行设计，例如，在图 10 和图 12 所示的示例中，预热时长 d 具体可以设计为 78s。

本实施例中，在硬化层去除工艺开始时，通过将晶圆在预热时长 d 内放置在加热基座的承载面中，以对晶圆进行预热，使得晶圆移动至初始高位时，能够快速达到硬化层去除工艺的工艺温度，以能够尽快进行硬化层去除工艺，进而有利于提高去胶效率。

图 13 为本申请实施例提供的另一种晶圆上光刻胶的去除方法的流程示意图。请参阅图 13，在一个具体的示例中，去除方法包括：

步骤 S301：在去除离子注入后的光刻胶的工艺过程开始时，将晶圆置于加热基座的承载面并开始计时。

步骤 S302：在计时时间达到预热时长 d 时控制升降组件驱动升降针升高，使得晶圆由承载面上升至初始高位。

步骤 S303：在去除离子注入后的光刻胶的工艺过程中，获取腔室中特定元素产生的发射光在不同采样时刻对应的光谱强度。

步骤 S303：根据相邻两个采样时刻对应的光谱强度，确定各采样时刻的光谱强度的变化特征量 Q_n 。

步骤 S304：在光谱强度达到最大值时，按照上述式（四）计算延时时长 T 。

步骤 S305：判断当前采样时刻的变化特征量 Q_n 是否大于 5%、以及判断当前采样时刻与光谱强度达到最大值的时刻是否间隔延时时长 T ；若是，执行步骤 S306；若否，返回执行步骤 S303。

步骤 S306：控制升降组件驱动升降针带动晶圆按预设关系由初始高位朝向加热基座的方向下降以去除硬化层。

步骤 S307：判断当前采样时刻的变化特征量 Q_n 是否等于 0%；若是，确

定硬化层去除工艺达到终点，执行步骤 S308；若否，返回执行步骤 S305。

步骤 S308：控制升降组件驱动升降针带动晶圆下降至加热基座的承载面，以去除未交联层。

可以理解的是，以上实施方式仅仅是为了说明本申请的原理而采用的示例性实施方式，然而本申请并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言，在不脱离本申请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申请的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种晶圆上光刻胶的去除方法，其特征在于，所述去除方法包括：
在去除离子注入后的光刻胶的工艺过程中，获取腔室中特定元素产生的
5 发射光在不同采样时刻对应的光谱强度；
根据相邻两个所述采样时刻对应的所述光谱强度，确定各所述采样时刻
的所述光谱强度的变化特征量；
在当前采样时刻对应的所述变化特征量符合预设条件时，确定硬化层去
除工艺接近终点并控制晶圆按预设关系由当前位置朝向加热基座的方向下
10 降以去除所述光刻胶的硬化层。
2. 根据权利要求 1 所述的去除方法，其特征在于，所述变化特征量为
相邻两个所述采样时刻之间所述光谱强度的下降率，所述变化特征量满足下
述关系式：
15
$$Q_n=[S(t_{n-1})- S(t_n)]\div S(t_{n-1});$$

其中， Q_n 为第 n 个采样时刻对应的变化特征量， $S(t_n)$ 为第 n 个采样时刻
对应的光谱强度， n 为正整数。
3. 根据权利要求 2 所述的去除方法，其特征在于，所述预设条件包括
20 所述当前采样时刻对应的所述变化特征量大于预设值，所述预设值为非负
数。
4. 根据权利要求 3 所述的去除方法，其特征在于，所述预设值的取值
大于等于 5%且小于等于 20%。
25
5. 根据权利要求 3 所述的去除方法，其特征在于，所述预设条件还包
括所述光谱强度达到最大值对应的时刻与当前采样时刻间隔延时时长。

6. 根据权利要求5所述的去除方法，其特征在于，按照下述关系式计算所述延时时长：

$$T=k/Q_{\max};$$

5 其中，T为所述延时时长； $k>0$ ，且k为常数； $Q_{\max}$ 为所述光谱强度达到最大值之前的所述变化特征量的绝对值的最大值。

7. 根据权利要求1至6任一项所述的去除方法，其特征在于，所述预设关系为所述晶圆的下降位移 Δh 等于下降时长 Δt 与常数a的乘积，a大于
10 0。

8. 根据权利要求1至6任一项所述的去除方法，其特征在于，
在获取所述腔室中特定元素产生的发射光在不同采样时刻对应的光谱强度之前，所述去除方法还包括：

15 将所述晶圆置于所述加热基座的承载面上，且到达预热时长后，控制所述晶圆上升至初始高位。

9. 根据权利要求1至6任一项所述的去除方法，其特征在于，
在控制晶圆按预设关系由当前位置朝向加热基座的方向下降以去除所
20 述光刻胶的硬化层之后，还包括：

在当前采样时刻对应的所述变化特征量符合硬化层去除终止条件时，控制晶圆下降至加热基座的承载面，以去除所述光刻胶的未交联层。

10. 一种半导体工艺设备，其特征在于，包括：
25 腔室；
加热基座，设置在所述腔室内，具有用于承载晶圆的承载面；
控制器，包括至少一个处理器和至少一个存储器，所述存储器存储有计

算机程序，所述处理器执行所述计算机程序以执行权利要求 1 至 9 任一项所述的去除方法。