

衬底处理装置

5 技术领域

本发明属于半导体技术领域，涉及一种衬底处理装置。

背景技术

10 半导体衬底处理装置用于通过包括等离子体增强化学气相沉积(PECVD)、原子层沉积 (ALD)、等离子体增强原子层沉积(PEALD)、等离子体增强脉冲沉积层(PEPDL)技术处理半导体衬底。半导体衬底处理装置的一种类型是包括含有上电极和下电极的反应室的等离子体处理装置，其中在电极之间施加射频(RF)功率，以将工艺气体激发成用于处理反应室中的半导体衬底的等离子体。

15 衬底处理过程中，例如 PECVD，离子轰击是对衬底产生应力作用的重要因素，对衬底局部应力作用太强往往会导致衬底翘曲度高。此外，由于气流、温度、等离子体分布等因素的不均匀，导致膜质或膜厚不均匀导致衬底表面膜的均一性差，通过已知的衬底处理装置无法精确地控制调节以上的问题。

因此，提供一种新的衬底处理装置，实属必要。

20 发明内容

鉴于以上所述现有技术的缺点，本发明的目的在于提供一种衬底处理装置，用于解决现有技术中衬底处理装置无法精确控制调节的问题。

为实现上述目的及其他相关目的，一种衬底处理装置包括：

- 25 RF 电源，包括高频 RF 电源与低频 RF 电源；
- 上电极，与所述 RF 电源耦接；
- 下电极，包括多个电极分区，所述 RF 电源通过所述上电极向所述多个电极分区分别施加功率；
- 功率检测模块，用于检测所述高频 RF 电源和所述低频 RF 电源施加到各电极分区的高频功率和低频功率；

电极阻抗调节模块，用于根据所述功率检测模块的检测信号调节所述各电极分区到接地端的高频阻抗和低频阻抗。

可选地，在所述衬底处理装置处理衬底的不同制程或者同一制程的不同阶段，所述电极阻抗调节模块配置为调节所述下电极到所述接地端的高频阻抗和/或低频阻抗的阻抗值，以使所述 RF 电源向所述上电极施加的第一电流切换至第二电流。

可选地，所述电极阻抗调节模块配置为调节至少一个电极分区到所述接地端的高频阻抗或者低频阻抗的阻抗值。

可选地，所述电极阻抗调节模块配置为分别调节至少一个电极分区到所述接地端的高频阻抗和低频阻抗的阻抗值。

可选地，所述电极阻抗调节模块包括高频阻抗调节电路与低频阻抗调节电路，所述高频阻抗调节电路与所述低频阻抗调节电路均包括电容器和/或电感器。

可选地，所述电容器和/或所述电感器是可调的。

可选地，每个电极分区分别通过开关耦接至所述电极阻抗调节模块，所述开关用于控制所述每个电极分区的通断。

可选地，所述下电极被等分。

可选地，所述下电极包括内电极及围绕所述内电极的至少一个外电极，所述内电极与所述外电极为所述电极分区。

可选地，所述外电极为多个，所述多个外电极从所述内电极的外边缘径向向外依次间隔排布。

可选地，所述内电极和/或至少一个外电极等分。

可选地，所述电极阻抗调节模块包括多个阻抗调节电路，每一个所述阻抗调节电路包括相互并联的高频阻抗电路与低频阻抗电路，分别用于调节各所述电极分区到接地端的高频阻抗和低频阻抗。

可选地，所述功率检测模块包括电压及电流传感器。

如上所述，本发明的衬底处理装置，通过将下电极进行电极分区可单独向与衬底局部区域对应的各电极分区施加射频功率，并通过调节各电极分区到接地端的高频阻抗与低频阻抗来实现分别调节施加于各电极分别的高频功率与低频功率，使得衬底处理装置调节更精确，进而衬底局部区域的成膜性质可调，

优化衬底表面膜的均一性。

附图概述

本发明的特征、性能由以下的实施例及其附图进一步描述。

5 图 1 为本发明中衬底处理装置一实施例的结构示意图。

图 2 为本发明中衬底处理装置另一实施例的结构示意图。

图 3 (a) -图 3 (c) 分别为本发明中外电极为一个、两个、三个环状电极的示意图。

10 图 4 (a) -图 4 (c) 分别为本发明中内电极为二等分、三等分、四等分电极具体实施方式的示意图。

图 5 为本发明中内电极为三等分电极另一种实施方式的示意图。

图 6 为本发明中下电极被二等分的示意图。

本发明的较佳实施方式

15 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用，在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

20 如在详述本发明实施例时，为便于说明，表示器件结构的剖面图会不依一般比例作局部放大，而且所述示意图只是示例，其在此不应限制本发明保护的范围。此外，在实际制作中应包含长度、宽度及深度的三维空间尺寸。

25 为了方便描述，此处可能使用诸如“之下”、“下方”、“下部”、“低于”、“下面”、“上方”、“上部”、“上”等的空间关系词语来描述附图中所示的一个元件或特征与其他元件或特征的关系。将理解到，这些空间关系词语意图包含使用中或操作中的器件的、除了附图中描绘的方向之外的其他方向。此外，当一层被称为在两层“之间”时，它可以是所述两层之间仅有的层，或者也可以存在一个或多个介于其间的层。本文使用的“介于……之间”表示包括两端点值。

在本申请的上下文中，所描述的第一特征在第二特征“之上”的结构可以

包括第一和第二特征形成为直接接触的实施例，也可以包括另外的特征形成在第一和第二特征之间的实施例，这样第一和第二特征可能不是直接接触。

需要说明的是，本实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想，遂图示中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制，其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变，其组件布局型态也可能更为复杂。虽然下文在等离子体增强化学气相沉积中描述衬底处理装置，可将衬底处理装置及分区控制功率方法应用于其他类型的等离子体处理腔室中，诸如原子层沉积（ALD）、等离子体增强原子层沉积（PEALD）、等离子体增强脉冲沉积层（PEPDL）技术处理半导体衬底，以及其他需要等离子体调谐的等离子体系统。

如图 1 所示，本实施例提供一种衬底处理装置，用于对衬底进行等离子体增强原子层沉积。衬底处理装置包括 RF 电源 100、耦接至 RF 电源 100 的上电极 200、用于承托衬底 W 的衬底支撑件 800。在一个实施例中，上电极 200 还用做供应工艺气体的喷淋头，工艺气体通过喷淋头进入衬底处理装置。衬底支撑件 800 可由陶瓷材料形成，其上表面用于承载衬底 W，下电极 300 嵌入于衬底支撑件 800 中（下电极 300 具体设计请具体参考图 3 至图 5）。RF 电源 100 向上电极 200 输出电流，下电极 300 与上电极 200 耦合，在上、下电极之间形成射频电场，用于激发工艺气体形成等离子体而在衬底表面沉积薄膜。下电极 300 包括多个电极分区，各电极分区通过功率检测模块与电极阻抗调节模块耦接，电极阻抗调节模块接地。功率检测模块包括多个传感器 500，电极阻抗调节模块包括多个阻抗调节电路 400。多个阻抗调节电路 400 分别用于调节从各电极分区到接地端的阻抗以调节施加于各电极分区的射频功率。

RF 电源 100 通过上电极 200 向下电极 300 施加功率，以在上、下电极之间产生并保持等离子体。RF 电源 100 包括高频 RF 电源 111 与低频 RF 电源 121。图 1 所示为 RF 电源 100 包括高频 RF 电源 111 与低频 RF 电源 121 的具体实施方式，高频 RF 电源 111 通过匹配网络 112 与上电极 200 耦合，低频 RF 电源 121 通过匹配网络 122 与上电极 200 耦合。这种 RF 电源的设置方式，可根据工艺需求高频 RF 电源和低频 RF 电源经过对应频率的匹配网络向上电极 200 施加功率，激发工艺气体形成等离子体。高频 RF 电源施加频率高于低频

RF 电源, 在操作期间优选高频电源和低频电源的频率范围没有交集。也就是说, 低频 RF 电源 121 总是以低于所述高频 RF 电源 111 的频率工作, 例如常用的高频 RF 电源的频率为 13.56MHZ 和 27.12MHZ, 低频 RF 电源的频率为 370KHZ 和 400KHZ。

- 5 衬底支撑件 800 中设置有下列电极 300, 下电极的具体结构请参考图 3 至图 6。下电极 300 为金属丝网, 可由铝、铜或者其他导电金属材料形成。按照不同区域彼此间隔设置将下电极按照多个区域分区, 使得下电极被划分成多个电极分区, 多个电极分区之间彼此间隔且彼此绝缘。示例性的, 在一种实施例中, 下电极被等分形成多个电极分区, 如图 6 中下电极被二等分, 在其他未图示的
- 10 实施例中, 下电极可选择其他等分方式, 如三等分、四等分等等。在另一种实施例中, 下电极按照内电极与外电极的区域进行分区将电极分成内电极与外电极, 再进一步在其他实施例中, 内电极和/或至少一个外电极再按照不同的区域进行等分形成多个内电极分区和多个外电极分区。示例性的, 下电极 300 包括内电极及围绕内电极的至少一个外电极。外电极包括第一外电极与第二外电极
- 15 中至少一个, 其中外电极未被等分的为第一外电极, 被等分的为第二外电极, 如图 3 至图 5 中, 例如, 下电极 310、320、330、340、350、360、370 分别包括第一外电极 312、322、332、342、351、361、371。参照图 5, 第二外电极 374 被等分成多个外电极分区。第一外电极的数量为至少一个, 若第一外电极的数量为多个, 多个第一外电极可从内电极外边缘径向向外依次间隔排布。例如图
- 20 3 (a) 中下电极 310, 1 个第一外电极 312 从内电极 311 外边缘径向向外排布, 且第一外电极 312 与内电极 311 之间留有间隙(未标示)。在另一种实施例中, 如 3 (b) -3 (c) 中的下电极 320、330, 多个第一外电极 322、332 从内电极的外边缘径向向外依次间隔排布。在同一个下电极中第一外电极与第二外电极可进行自由组合, 包括至少一个第一外电极和/或至少一个第二外电极。示例性的,
- 25 在一个实施例中, 例如图 5 中, 下电极 370 具有 1 个第一外电极 371 与 1 个第二外电极 374。在其他未图示的实施例中, 第一外电极与第二外电极也可以有其他组合方式, 在其中一个组合方式中, 例如, 下电极包括多个第一外电极 371 和 1 个第二外电极 374, 多个第一外电极从第二外电极的外边缘径向向外依次间隔排布。在另一个组合方式中, 下电极包括多个第二外电极, 而不包括第一

内电极，此时，多个第二外电极从内电极的外边缘径向向外依次间隔排布。在又一组合方式中，下电极包括多个第一外电极与多个第二外电极，多个第一外电极从内电极的外边缘径向向外依次间隔排布，多个第二外电极从多个第一外电极中最外侧的外边缘径向向外依次间隔排布，还有其他组合方式不再一一列举。内电极可选择被等分也可以不被等分，例如图 3 中内电极 311、321、331 未被等分，图 4 与图 5 中内电极 341、352、362、372 被等分成内电极分区。图 3、图 5 中下电极 310、320、330 各个电极分区彼此之间的间隙在图中已示意，图 4 中下电极 340、350、360 各个电极分区彼此之间的间隙并未在图中示意。

下电极还具有连接部，连接部经过内电极分区彼此间隔形成的间隙并延伸接至外电极内边缘，如图 4 (a) 中，连接部 343 经过内电极 341 的两个内电极分区之间的间隙（未图示），两端延伸至外电极 342 的内边缘且不与内电极 341 相接触，如图 4 (b) 中，连接部 353 从中心区域 354 开始分别经过 3 个内电极分区彼此间隔形成的间隙（间隙未图示）延伸至外电极 351 的内边缘，如图 4 (c) 中，连接部 364 从中心区域 363 开始分别经过内电极 362 的 4 个内电极分区彼此间隔形成的间隙延伸至外电极 361 的内边缘，如图 5 中，第一连接部 375 从中心区域 376 开始分别经过 3 个内电极分区彼此间隔形成的间隙延伸至第一外电极 371 的内边缘，第二连接部 373 从中心区域 376 开始经过 3 个内电极分区彼此间隔形成的间隙延伸至第二外电极 374 的内边缘。中心区域具体可描述为不超过内电极外边缘确定圆形半径的三分之一，通过设置连接部从中心区域连接至外电极的内边缘便于在中心区域的有限空间内将内电极与外电极电性连接至阻抗调节电路 400。

在一种实施例，下电极被等分形成多个电极分区，那么可以同时施加 ESC (electrostatic chuck, 静电夹盘) 电压到多个电极分区以对衬底产生静电吸附作用。如图 6 中，下电极 380 包括两个等分的电极分区，同时施加 ESC 电压到两个电极分区以对衬底产生静电吸附作用。在另一种实施例中，下电极中包括内电极与外电极，外电极包括至少一个第一外电极和/或至少一个第二外电极，内电极为一个整体或者等分成多个内电极分区，可以施加 ESC 电压到内电极而不施加到外电极以对衬底产生静电吸附作用。内电极等分成多个内电极分区彼此间隔设置时，同时施加 ESC 电压到多个内电极分区对衬底产生静电吸附作用。如图

4(a)中下电极 340 包括两个内电极分区,ESC 电压施加电路 700 同时施加 ESC 电压到两个内电极分区,如图 2 中示意图。在另一种实施例中,内电极为一个整体,ESC 电压施加电路 700 施加 ESC 电压到一个内电极对衬底产生静电吸附作用,例如图 3(a)中向下电极 310 的内电极 311 按照图 1 中示意施加 ESC 电压。ESC 电压施加电路 700 耦合于内电极与接地端。在一个实施例中,ESC 电压施加电路 700 可连接于内电极与阻抗调节电路之间。在另一实施例中,ESC 电压施加电路 700 也可连接于阻抗调节电路 400 中,下文会做具体描述。

阻抗调节电路模块包括至少一个阻抗调节电路 400,用于调控下电极的多个电极分区中至少一个到接地端的阻抗,以调节高频 RF 电源 111 和/或者高频 RF 电源 111 和低频 RF 电源 121 向至少一个电极分区施加功率。阻抗调节电路 400 包括高频阻抗调节电路 410 或包括高频阻抗调节电路 410 和低频阻抗调节电路 420。高频阻抗调节电路 410 调节电极分区到接地端的高频阻抗以调节高频 RF 电源 111 施加于电极分区的高频功率。低频阻抗调节电路 420 调节电极分区到接地端的低频阻抗以调节低频 RF 电源 121 施加于电极分区的低频功率。高频阻抗调节电路 410 与低频阻抗调节电路 420 各自包括电感器与电容器中至少一个。具体的,高频阻抗调节电路 410 包括电感器 411 和电容器 412,低频阻抗调节电路 420 包括电感器 421 与电容器 422。ESC 电压施加电路 700 耦合于低频阻抗调节电路 420 的电感器 421 与电容器 422 之间,ESC 电压施加电路 700 经过电感器 421 向下电极施加电压以对衬底产生静电吸附作用。在各种实施例中,至少一个电容器和/或电感器是可调的,从而允许各电极分区到接地端的阻抗是可调的。下电极的各电极分区分别耦接相互并联的高频阻抗调节电路与低频阻抗调节电路,高频阻抗调节电路与低频阻抗调节电路均单独接地,高频阻抗调节电路只通高频电流,低频阻抗调节电路只通低频电流,实现高低频分流,高低频 RF 功率均可调。高低频阻抗调节电路通过调节电感器或/和电容器来分别调节电极分区到接地端的阻抗。

各电极分区与阻抗调节电路 400 之间分别耦接一开关 600,各开关 600 用于控制高频 RF 电源 111 和低频 RF 电源 121 是否向电极分区施加功率。在一个实施例中,各个阻抗调节电路 400 分别通过各个开关 600 与各电极分区一一对应耦接,各个开关 600 可控制高频 RF 电源 111 和低频 RF 电源 121 是否向

对应电极分区施加功率，如图 1 及图 2 所示。在 PECVD 工艺中，若外电极对应的衬底区域膜厚比内电极对应的衬底区域膜厚更厚，如图 2，可打开外电极对应的开关 600，使得外电极与阻抗调节电路之间电路变成开路，高频 RF 电源 111 和低频 RF 电源 121 不向外电极施加功率。

- 5 功率检测模块用于检测高频 RF 电源和低频 RF 电源施加到各电极分区的高频功率和低频功率。功率检测模块包括多个传感器 500，下电极的各电极分区与各阻抗调节电路 400 通过一一对应传感器 500 耦接，各传感器 500 用于同时测量同一电极分区中高频 RF 电源 111 与低频 RF 电源 121 两者输出的电流，以监测施加至每个电极分区的高频 RF 功率和低频 RF 功率。传感器 500 可以
- 10 是电压及电流传感器（例如，V/I 传感器），如图 1 及图 2 所示。在一个实施例中，RF 电源在整个工艺过程中，如 PECVD 向上电极输出电流值不变。在另一实施例中，在不同制程或者同一制程的不同阶段，电极阻抗调节模块调节多个电极分区中至少一个到接地端的高频阻抗和/或低频阻抗的阻抗值，以使高频 RF 电源和低频 RF 电源向所述上电极施加的第一电流切换至第二电流。比如在
- 15 PECVD 的同一制程中，某一电极分区的应力偏高，那么就调节对应电极分区的低频阻抗，低频阻抗值增加，高频阻抗值不变，使得该电极分区的离子轰击减弱，降低了应力，同时不影响高频阻抗，膜厚尽量不受影响，从而优化衬底表面膜的均一性。在其他实施例中，也可以调节同一个电极分区对应的高频阻抗值，而低频阻抗值不变。在又一实施例中，也可以同时调节同一个电极分区对
- 20 应的高频阻抗与低频阻抗的阻抗值，例如在 PECVD 的不同制程中，氮化硅与氧化硅在衬底表面交替成膜，需要同时调节同一个电极分区对应的高频阻抗与低频阻抗。

- 在等离子体处理衬底时，在对衬底局部区域的等离子体调整（如调整等离子体的密度或者运动速度）时，可单独控制与衬底局部区域对应的电极分区的
- 25 施加射频电压/电流，并通过调节各电极分区与接地端的高低频阻抗来实现各自分别调节施加于各电极分区的高低频功率，使得衬底局部区域的成膜性质（例如成膜速率、膜的厚度等）可调，优化衬底表面膜的均一性。例如，在衬底的外圈应力偏高时，调节对应衬底外圈的外电极的低频阻抗调节电路中的电容器和/或电感器，增加外电极的低频阻抗，使得离子轰击减弱，从而降低衬底外圈

的应力，同时不影响高频电源施加于外电极的功率，衬底表面沉积薄膜的膜厚不被影响。

- 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效，而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰或改变。因此，举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变，仍应由本发明的权利要求所涵盖。
- 5

权 利 要 求

1. 一种衬底处理装置，其特征在于，包括：
RF 电源，包括高频 RF 电源与低频 RF 电源；
5 上电极，与所述 RF 电源耦接；
下电极，包括多个电极分区，所述 RF 电源通过所述上电极向所述多个电极分区分别施加功率；
功率检测模块，用于检测所述高频 RF 电源和所述低频 RF 电源施加到各电极分区的高频功率和低频功率；
10 电极阻抗调节模块，用于根据所述功率检测模块的检测信号调节所述各电极分区到接地端的高频阻抗和低频阻抗。
2. 根据权利要求 1 所述的衬底处理装置，其特征在于，在所述衬底处理装置处理衬底的不同制程或者同一制程的不同阶段，所述电极阻抗调节模块配置为调节所述下电极到所述接地端的高频阻抗和/或低频阻抗的阻抗值，以使所
15 述 RF 电源向所述上电极施加的第一电流切换至第二电流。
3. 根据权利要求 2 所述的衬底处理装置，其特征在于，所述电极阻抗调节模块配置为调节至少一个电极分区到所述接地端的高频阻抗或者低频阻抗的阻抗值。
4. 根据权利要求 2 所述的衬底处理装置，其特征在于，所述电极阻抗调
20 节模块配置为分别调节至少一个电极分区到所述接地端的高频阻抗和低频阻抗的阻抗值。
5. 根据权利要求 1 所述的衬底处理装置，其特征在于，所述电极阻抗调节模块包括高频阻抗调节电路与低频阻抗调节电路，所述高频阻抗调节电路与所述低频阻抗调节电路均包括电容器和/或电感器。
- 25 6. 根据权利要求 5 所述的衬底处理装置，其特征在于，所述电容器和/或所述电感器是可调的。
7. 根据权利要求 1 所述的衬底处理装置，其特征在于，每个电极分区分别通过开关耦接至所述电极阻抗调节模块，所述开关用于控制所述每个电极分区的通断。

8. 根据权利要求 1 所述的衬底处理装置，其特征在于，所述下电极被等分。

9. 根据权利要求 1 所述的衬底处理装置，其特征在于，所述下电极包括内电极及围绕所述内电极的至少一个外电极，所述内电极与所述外电极为所述
5 电极分区。

10. 根据权利要求 9 所述的衬底处理装置，其特征在于，所述外电极为多个，所述多个外电极从所述内电极的外边缘径向向外依次间隔排布。

11. 根据权利要求 9 所述的衬底处理装置，其特征在于，所述内电极和/或至少一个外电极等分。

10 12. 根据权利要求 1 所述的衬底处理装置，其特征在于，所述电极阻抗调节模块包括多个阻抗调节电路，每一个所述阻抗调节电路包括相互并联的高频阻抗电路与低频阻抗电路，分别用于调节各所述电极分区到接地端的高频阻抗和低频阻抗。

15 13. 根据权利要求 1 所述的衬底处理装置，其特征在于，所述功率检测模块包括电压及电流传感器。