

上电极机构、射频线圈的电流控制方法及半导体工艺设备

技术领域

本发明涉及半导体设备技术领域，尤其涉及一种半导体工艺设备的上电极机构、射频线圈的电流控制方法及半导体工艺设备。

背景技术

在等离子体刻蚀设备中，提高刻蚀在晶圆范围内的均匀性非常重要。

在目前的电感耦合等离子体设备中，射频源输出射频功率，通过匹配器连接至外线圈和内线圈，匹配器与线圈之间通过连接条部分进行过渡连接。通过匹配器的匹配作用，使内线圈和外线圈产生的感应磁场，经介质窗在腔室中产生感应耦合等离子体。此射频源可以通过调节内线圈和外线圈中的电流比例来控制等离子体的径向均匀性。

但是，通过上述方法调节电流，以实现等离子体的径向均匀性时，由于匹配器与线圈之间的连接条部分与每个线圈相连接的部分均可看做线圈阻抗的一部分，由于机械结构（如连接条分支长度）的不同，以及对地部分空间的限制带来的分布参数的差异，每个并联支路上所串联的连接条部分的分布参数均不同，因此支路总电感值也各不相同，导致经过两条并联支路的电流均不相同，从而经过介质窗耦合至腔室等离子体的能量出现高低不均匀的情况，导致刻蚀工艺不均匀的问题。

发明内容

本发明实施例的目的是提供一种半导体工艺设备的上电极机构及半导体工艺设备，以解决现有技术中存在的由于线圈的并联支路的电流不同，导致的经过介质窗耦合至腔室等离子体的能量出现高低不均匀的问题，尤其可

以通过调节内线圈和外线圈的电流比例来实现等离子体的径向均匀性时，存在的刻蚀工艺不均匀的问题。

为解决上述技术问题，本发明实施例是这样实现的：

第一方面，本发明实施例提供一种半导体工艺设备的上电极机构，包括：射频线圈、电流传感器、电流调整装置，其中，

所述射频线圈具有至少两条并联的支路；

每条所述支路上均设置有一所述电流传感器，用于检测对应所述支路的支路电流；

所述电流调整装置与所述射频线圈连接，用于根据检测到的所述支路电流，调整至少一条所述支路的支路电流，以使各所述支路的支路电流均相等。

可选的，所述电流调整装置包括电容调节组件，所述电容调节组件与所述至少两条并联的支路连接，用以调整至少一条所述支路的电容。

可选的，所述电容调节组件包括：至少两个可调电容，所述至少两个可调电容一一对应地设置在所述至少两条并联的支路上。

可选的，所述电流调整装置包括第一连接条、第二连接条和移动连接条，其中，所述第一连接条通过匹配器连接至射频源，所述第二连接条分别与所述至少两条并联的支路连接，所述移动连接条与所述第一连接条和第二连接条可移动地连接，所述移动连接条与所述第一连接条的连接点可沿所述第一连接条移动，所述移动连接条与所述第二连接条的连接点可沿所述第二连接条移动。

可选的，所述第一连接条与所述第二连接条相互平行，所述移动连接条与所述第一连接条和第二连接条相互垂直，且所述移动连接条的两端分别与所述第一连接条和第二连接条可移动地连接。

可选的，所述电流调整装置还包括两组连接组件，用以将所述移动连接条的两端分别与所述第一连接条和所述第二连接条可移动地连接；

每组所述连接组件均包括：第一垫片、第二垫片、弹性件和螺钉，其中，在所述第一连接条和第二连接条上均开设有条形槽，所述移动连接条的两端分别开设有与所述螺钉配合的螺纹孔，所述第一垫片和所述第二垫片上均开设有供所述螺钉穿过的过孔，其中，

所述第一垫片和所述第二垫片相对设置，且所述第一垫片与所述第一连接条和第二连接条可移动地连接；

所述第二连接条中与所述连接组件对应的一者贴合设置，所述弹性件设置在所述第一垫片和所述第二垫片之间，所述螺钉自所述第二垫片的远离所述第一垫片的一侧依次穿过所述第二垫片上的所述过孔、所述弹性件、所述第一垫片上的过孔、所述第一连接条和所述第二连接条中与所述连接组件对应的一者上的所述条形槽，并与所述移动连接条上的所述螺纹孔螺纹连接。

可选的，所述射频线圈包括内线圈和外线圈，所述内线圈和所述外线圈均具有至少两条并联的支路。

第二方面，本发明实施例提供了一种半导体工艺设备，包括工艺腔室，所述工艺腔室上设置有如第一方面所述的上电极机构。

第三方面，本发明实施例提供了一种半导体工艺设备中射频线圈的电流控制方法，应用于上述第一方面所述上电极机构，包括：

检测射频线圈的至少两条并联的支路的支路电流；

根据检测到的所述支路电流，调整至少一条所述支路的支路电流，以使各所述支路的支路电流均相等。

可选的，所述工艺腔室上设置有如上述第一方面所述上电极机构；所述根据检测到的所述支路电流，选择性地调整至少一条所述支路的支路电流，以使各所述支路的支路电流均相等，包括：

根据检测到的所述支路电流，调整至少一条所述支路上的可调电容的容值，以使各所述支路的支路电流均相等。

可选的，所述工艺腔室上设置有如上述第一方面所述上电极机构；所述根据检测到的所述支路电流，选择性地调整至少一条所述支路的支路电流，以使各所述支路的支路电流均相等，包括：

通过移动所述移动连接条来调节所述第一连接条和第二连接条各自在所述匹配器与各条所述支路之间的连接部分的长度，以使各所述支路的支路电流均相等。

可选的，所述工艺腔室上设置有如上述第一方面所述上电极机构；所述通过移动所述移动连接条来调节所述第一连接条和第二连接条各自在所述匹配器与各条所述支路之间的连接部分的长度，包括：

旋松所述螺钉，以使所述弹性件的压缩量减小；

沿所述条形槽移动所述移动连接条的两端，以调整所述移动连接条的两端分别与所述第一连接条及所述第二连接条连接的连接点的位置；

旋紧所述螺钉，以使所述弹性件的压缩量增加，以将所述移动连接条固定在调整后的位置处。

由以上本发明实施例提供的技术方案可见，本发明实施例通过电流传感器检测射频线圈的至少两条并联的支路中对应支路的支路电流，并通过电流调整装置根据检测到的支路电流，调整至少一条支路的支路电流，以使各支路的支路电流均相等。这样，可以避免由于线圈的并联支路的电流不同，导致的经过介质窗耦合至腔室等离子体的能量出现高低不均匀的情况，从而保证刻蚀工艺的均匀性。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员

来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为一种半导体工艺设备的构造示意图；

图 2A 为图 1 中外线圈的俯视图；

图 2B 为图 1 中内线圈的俯视图；

图 3 为本发明实施例提供的半导体工艺设备的构造示意图；

图 4 为本发明实施例采用的一种射频等效电路的示意图；

图 5A 为本发明实施例采用的电流调整装置的结构示意图；

图 5B 为本发明实施例采用的电流调整装置的剖视结构示意图；

图 6 为本发明实施例采用的另一种射频等效电路图的示意图；

图 7 为本发明实施例提供的一种半导体工艺设备的电流调整方法的流程示意图；

图 8 为本发明实施例提供的另一种半导体工艺设备的电流调整方法的流程示意图；

图 9 为本发明实施例提供的半导体工艺设备的电流调整装置的一种原理框图；

图 10 为本发明实施例提供的半导体工艺设备的电流调整装置的另一种原理框图。

具体实施方式

本发明实施例提供一种半导体工艺设备的上电极机构及半导体工艺设备。

为了使本技术领域的人员更好地理解本发明中的技术方案，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实

例。基于本发明中的实施例，本领域普通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，都应当属于本发明保护的范围。

实施例一

本实施例提供一种半导体工艺设备的上电极机构，该半导体工艺设备可以为电感耦合体光谱发生仪（Inductive Coupled Plasma Emission Spectrometer, ICP）、电容耦合等离子体（Capacitively Coupled Plasma, CCP）设备、微波等离子体设备、电子回旋共振等离子体（Electron Cyclotron Resonance, ECR）设备等。例如，半导体工艺设备的结构如图1所示，半导体工艺设备包括工艺腔室100、射频源107、匹配器108和上电极机构。其中，工艺腔室100中设置有基座101，用于承载晶圆102，该基座101例如为静电卡盘。并且，在工艺腔室100的顶部设置有介质窗103，该介质窗103通常由石英或陶瓷等材料制成。上电极机构包括射频线圈104（包括外线圈104a和内线圈104b）和连接条105，其中，该射频线圈104设置在介质窗103的上方，且通过连接条105与匹配器108电连接；射频源107通过该匹配器108向射频线圈104加载射频功率，用以激发工艺腔室100中的反应气体形成等离子体。

具体地，图1中的外线圈104a和内线圈104b均用黑色方框来表示线圈布局，其中，图1中外线圈104a的各个黑色方框的位置与图2A中的各个虚线方框的位置一一对应；图1中内线圈104b的各个黑色方框的位置与图2B中的各个虚线方框的位置一一对应。图2A中示出的外线圈104a可以由两组线圈并联连接，第一组线圈（图2A中的虚线表示）具有输入端1041a和输出端1044a；第二组线圈（图2A中的实线表示）具有输入端1043a和输出端1042a。并且，第一组线圈与第二组线圈均为平面线圈，且匝数相同，而缠绕方向相反，以实现径向的电压均匀分布。类似的，图2B中示出的内线圈104b可以由两组线圈并联连接，第一组线圈（图2B中的虚线表示）具有输入端

1041b 和输出端 1042b; 第二组线圈(图 2B 中的实线表示)具有输入端 1043b 和输出端 1044b。并且, 第一组线圈与第二组线圈均为平面线圈, 且匝数相同, 而缠绕方向相反, 以实现径向的电压均匀分布。当然, 在实际应用中, 根据不同的需要, 外线圈或内线圈中的两组线圈的匝数也可以不同, 缠绕方式也可以采用其他任意方式。另外, 在实际应用中, 射频线圈也可以不划分内、外线圈; 或者, 还可以划分为内线圈、中间线圈和外线圈。

当射频源 107 开启时, 通过匹配器 108 的匹配作用, 使外线圈 104a 和内线圈 104b 产生的感应磁场, 经介质窗 103 在工艺腔室 100 中产生感应耦合等离子体。其中, 在工艺腔室 100 内可以引入各种反应气体(如 Cl_2 , SF_6 , C_4F_8 , O_2 等), 然后利用射频线圈 104 产生的感应电磁场, 使工艺腔室 100 内的气体原子内束缚电子摆脱势阱成为自由电子, 获得动能的自由电子再与分子、原子或离子产生碰撞使得气体完全解离, 形成等离子体。等离子体中含有大量电子、离子(包括正离子和负离子)、激发态原子、分子和自由基等活性粒子, 这些活性粒子和置于腔体并曝露在等离子体中的晶圆表面相互作用, 使晶圆材料表面发生各种物理化学反应, 从而使材料表面性能发生变化, 完成刻蚀等工艺。此外, 在工艺腔室 100 内, 基座 101 还可以外接射频偏压以调控轰击晶圆的离子能量。

射频线圈具有至少两条并联的支路。以图 1 中示出的射频线圈 104 为例, 外线圈 104a 中的第一组线圈具有支路分支 1 和支路分支 4, 二者为同一支路的两个部分, 且支路分支 1 和支路分支 4 的一端分别与外线圈 104a 的第一组线圈的输入端 1041a 和输出端 1044a 连接, 支路分支 1 和支路分支 4 的另一端分别与匹配器 108 的输出端和输入端连接, 这样, 电流可以从支路分支 1 输入, 并由支路分支 4 输出。同样的, 外线圈 104a 中的第二组线圈具有支路分支 2 和支路分支 3, 二者也为同一支路上的两个部分, 且支路分支 2 和支路分支 3 的一端分别与外线圈 104a 的第二组线圈的输出端 1042a 和输入端

1043a 连接, 这样, 电流可以从支路分支 3 输入, 并由支路分支 2 输出。

类似的, 内线圈 104b 中的第一组线圈具有支路分支 5 和支路分支 6, 二者为同一支路的两个部分, 且支路分支 5 和支路分支 6 的一端分别与内线圈 104b 的第一组线圈的输入端 1041b 和输出端 1042b 连接, 支路分支 5 和支路分支 6 的另一端分别与匹配器 108 的输出端和输入端连接, 这样, 电流可以从支路分支 5 输入, 并由支路分支 6 输出。同样的, 内线圈 104b 中的第二组线圈具有支路分支 7 和支路分支 8, 二者也为同一支路上的两个部分, 且支路分支 7 和支路分支 8 的一端分别与内线圈 104b 的第二组线圈的输入端 1043b 和输出端 1044b 连接, 这样, 电流可以从支路分支 7 输入, 并由支路分支 8 输出。

但是, 由于上述连接条 105 的与外线圈 104a 中的各组线圈和内线圈 104b 中的各组线圈相连接的机械结构 (如连接条分支长度) 不同, 以及对地部分空间的限制带来的分布参数的差异, 这会导致经过射频线圈的至少两条并联的支路的电流均不相同, 从而经过介质窗 103 耦合至工艺腔室 100 中的等离子体的能量出现高低不均匀的情况, 导致刻蚀工艺不均匀的问题。

为了解决上述问题, 本发明实施例提供的半导体工艺设备的上电极机构, 其包含了图 1 中示出的半导体工艺设备的上电极机构的全部功能单元, 并在其基础上, 对其进行了改进, 改进内容如下:

本实施例提供的上电极机构包括: 电流传感器和电流调整装置, 其中, 射频线圈的每条支路上均设置有一电流传感器, 用于检测对应支路的支路电流。电流调整装置与射频线圈连接, 用于根据检测到的支路电流, 调整至少一条支路的支路电流, 以使各支路的支路电流均相等, 从而实现对等离子体刻蚀的均匀性。

例如, 请参阅图 3, 可以在外线圈 104a 中的第一组线圈的支路分支 4 和外线圈 104a 中的第二组线圈的支路分支 2 上分别设置两个电流传感器 (9d,

9a), 并将两个电流传感器 (9d, 9a) 分别获取的支路分支 4 和支路分支 2 的支路电流, 作为外线圈 104a 的两条并联支路的支路电流。当然, 在实际应用中, 也可以在支路分支 1 和支路分支 3 上设置电流传感器, 并将分别获取的支路分支 1 和支路分支 3 的支路电流, 作为外线圈的两条并联支路的支路电流。类似的, 可以在内线圈 104b 中的第一组线圈的支路分支 6 和内线圈 104b 中的第二组线圈的支路分支 8 上分别设置两个电流传感器 (9b, 9c), 并将两个电流传感器 (9b, 9c) 分别获取的支路分支 6 和支路分支 7 的支路电流, 作为内线圈 104b 的两条并联支路的支路电流。当然, 在实际应用中, 也可以在支路分支 5 和支路分支 7 上设置电流传感器, 并将分别获取的支路分支 5 和支路分支 7 的支路电流, 作为内线圈的两条并联支路的支路电流。利用电流传感器对射频线圈中的每个线圈的支路电流进行检测, 可以获知射频线圈中是否存在两条并联支路的支路电流不相等的线圈的情况, 并利用电流调整装置对支路电流进行调整, 以使射频线圈中每个线圈的两条并联支路的支路电流相等, 从而实现对等离子体刻蚀的均匀性。

上述电流调整装置的结构可以有多种, 例如, 如图 3 所示, 该电流调整装置包括电容调节组件, 该电容调节组件与上述至少两条并联的支路连接, 用以调整至少一条支路的电容, 以使各支路的支路电流均相等。具体地, 上述电容调节组件可以包括: 至少两个可调电容, 至少两个可调电容一一对应地设置在至少两条并联的支路上。可选的, 如图 3 所示, 电容调节组件可以包括设置于每个线圈的某两条并联支路上的可调电容 (如可调电容 10a、可调电容 10b、可调电容 10c 和可调电容 10d), 则由可调电容 10a 所在的支路和可调电容 10d 所在的并联支路构成的等效电路图可以如图 4 所示。此外, 每条支路上的可调电容的初始电容值可以是相同的, 例如, 可调电容的初始值可以设置为 100pF, 从整体上来看可以减小阻抗的变化, 从而减小对刻蚀速率的影响。每个可调电容的可调节范围可以是预设的, 例如, 预设可调节

范围可以为初始值 $\pm 10\text{pF}$ ，即在可调节范围内可以对可调电容做精确调节。

又如，如图 5A 和图 5B 所示，电流调整装置还可以包括：第一连接条 105a、第二连接条 105b 和移动连接条 105c，三者构成了上电极机构中的连接条 105'。本实施例采用的连接条 105' 与图 1 中的连接条 105 相比，同样可以在射频线圈 104 与匹配器 108 之间起到过渡连接作用，在此基础上，本实施例采用的连接条 105' 还可以起到对支路电流进行调整的作用。具体地，第一连接条 105a 可以通过匹配器 108 连接至射频源 107，第二连接条 105b 可以分别与至少两条并联的支路连接（12 (a) 和 12 (b)），移动连接条 105c 可以与第一连接条 105a、第二连接条 105b 可移动地连接，移动连接条 105c 可以与第一连接条 105a 的连接点可沿第一连接条 105a 移动，移动连接条 105c 与第二连接条 105b 的连接点可沿第二连接条 105b 移动。

可选的，如图 5A 所示，第一连接条 105a 和第二连接条 105b 相互平行，移动连接条 105c 与第一连接条 105a 和第二连接条 105b 相互垂直，且移动连接条 105c 的两端分别与第一连接条 105a 和第二连接条 105b 可移动地连接。这样，既可以方便移动连接条 105c 的移动，又可以降低加工难度。

如图 5A 和图 5B 所示，电流调整装置还包括两组连接组件，用以将移动连接条 105c 的两端分别与第一连接条 105a 和第二连接条 105b 可移动地连接，每组连接组件可以包括：第一垫片 15 (a)、第二垫片 15 (b)、弹性件 16 和螺钉 1052，其中，在第一连接条 105a 和第二连接条 105b 上均开设有条形槽 1051，移动连接条 105c 的两端分别开设有与螺钉 1052 配合的螺纹孔，第一垫片 15 (a)、第二垫片 15 (b) 上均开设有供螺钉 1052 穿过的过孔，其中，第一垫片 15 (a) 和第二垫片 15 (b) 相对设置，且第一垫片 15 (a) 与第一连接条 105a 和第二连接条 105b 可移动地连接；第二连接条 105b 中与连接组件对应的一者贴合设置，弹性件 16 设置在第一垫片 15 (a) 和第二垫片 15 (b) 之间，螺钉 1052 自第二垫片 15 (b) 的远离第一垫片 15 (a) 的一侧

依次穿过第二垫片 15 (b) 上的过孔、弹性件 16、第一垫片 15 (a) 上的过孔、第一连接条 105a 和第二连接条 105b 中与连接组件对应的一者上的条形槽，并与移动连接条 105c 上的螺纹孔螺纹连接。

当需要滑动移动连接条 105c 时，可将螺钉 1052 拧松使弹性件 16 压力减小，减小移动连接条 105c 与第一连接条 105a 和第二连接条 105b 之间的摩擦力，便于移动连接条 105c 沿着第一连接条 105a 与第二连接条 105b 上的条形槽 1051 左右滑动。可以将螺钉 1052 拧紧至弹性件 16 完全压缩，将移动连接条 105c 固定在某一位置上不再滑动。由移动连接条 105c、第二连接条 105b 和第二连接条 105b 所在的支路构成的等效电路图可以如图 6 所示，其中，图 6 (a) 是内线圈 104b 的一组支路构成的等效电路图（即第一连接条 105a 和第二连接条 105b 分别对应内线圈 104b 的一组支路），图 6 (b) 是外线圈 104a 的一组支路构成的等效电路图（即第一连接条 105a 和第二连接条 105b 分别对应外线圈 104a 的一组支路），其中，L1 和 L2 为一组线圈，对应射频线圈中的内线圈，L3 和 L4 为一组线圈，对应射频线圈中的外线圈，支路的电感为可变电感。

综上所述，本发明实施例提供的半导体工艺设备的上电极机构，通过电流传感器检测射频线圈的至少两条并联的支路中对应支路的支路电流，并通过电流调整装置根据检测到的支路电流，调整至少一条支路的支路电流，以使各支路的支路电流均相等。这样，可以避免由于线圈的并联支路的电流不同，导致的经过介质窗耦合至腔室等离子体的能量出现高低不均匀的情况，从而保证刻蚀工艺的均匀性。

实施例二

本实施例提供一种半导体工艺设备，包括工艺腔室，该工艺腔室上设置有如实施例一所述的上电极机构。

本发明实施例提供的半导体工艺设备，其通过设置如实施例一所述的上

电极机构，可以避免由于线圈的并联支路的电流不同，导致的经过介质窗耦合至腔室等离子体的能量出现高低不均匀的情况，从而保证刻蚀工艺的均匀性。

实施例三

如图7所示，本发明实施例提供一种半导体工艺设备中射频线圈的电流控制方法，该方法的执行主体可以为实施例二中的半导体工艺设备的控制器，也可以是具备电流调整机制的半导体工艺设备，还可以是半导体工艺设备的服务器，该服务器可以是独立的服务器，也可以是由多个服务器组成的服务器集群。该方法具体可以包括以下步骤：

在S702中，检测射频线圈的至少两条并联的支路的支路电流。

其中，射频线圈包括至少两个用于产生等离子体的线圈，半导体工艺设备可以是用于在晶圆表面进行刻蚀工艺的设备。

上述射频线圈具有至少两条并联的支路。以图1中示出的射频线圈104为例，外线圈104a中的第一组线圈具有支路分支1和支路分支4，二者为同一支路的两个部分，且支路分支1和支路分支4的一端分别与外线圈104a的第一组线圈的输入端1041a和输出端1044a连接，支路分支1和支路分支4的另一端分别与匹配器108的输出端和输入端连接，这样，电流可以从支路分支1输入，并由支路分支4输出。同样的，外线圈104a中的第二组线圈具有支路分支2和支路分支3，二者也为同一支路上的两个部分，且支路分支2和支路分支3的一端分别与外线圈104a的第二组线圈的输出端1042a和输入端1043a连接，这样，电流可以从支路分支3输入，并由支路分支2输出。

类似的，内线圈104b中的第一组线圈具有支路分支5和支路分支6，二者为同一支路的两个部分，且支路分支5和支路分支6的一端分别与内线圈104b的第一组线圈的输入端1041b和输出端1042b连接，支路分支5和支路

分支 6 的另一端分别与匹配器 108 的输出端和输入端连接，这样，电流可以从支路分支 5 输入，并由支路分支 6 输出。同样的，内线圈 104b 中的第二组线圈具有支路分支 7 和支路分支 8，二者也为同一支路上的两个部分，且支路分支 7 和支路分支 8 的一端分别与内线圈 104b 的第二组线圈的输入端 1043b 和输出端 1044b 连接，这样，电流可以从支路分支 7 输入，并由支路分支 8 输出。

上述是以射频线圈包括内线圈和外线圈为例进行说明，在实际应用场景中，半导体工艺设备中还可以有多个用于产生等离子体的线圈，可以根据实际应用场景的不同而有所不同，本发明实施例对此不作具体限定。

例如，请参阅图 3，可以在外线圈 104a 中的第一组线圈的支路分支 4 和外线圈 104a 中的第二组线圈的支路分支 2 上分别设置两个电流传感器（9d，9a），并将两个电流传感器（9d，9a）分别获取的支路分支 4 和支路分支 2 的支路电流，作为外线圈 104a 的两条并联支路的支路电流。当然，在实际应用中，也可以在支路分支 1 和支路分支 3 上设置电流传感器，并将分别获取的支路分支 1 和支路分支 3 的支路电流，作为外线圈的两条并联支路的支路电流。类似的，可以在内线圈 104b 中的第一组线圈的支路分支 6 和内线圈 104b 中的第二组线圈的支路分支 8 上分别设置两个电流传感器（9b，9c），并将两个电流传感器（9b，9c）分别获取的支路分支 6 和支路分支 7 的支路电流，作为内线圈 104b 的两条并联支路的支路电流。当然，在实际应用中，也可以在支路分支 5 和支路分支 7 上设置电流传感器，并将分别获取的支路分支 5 和支路分支 7 的支路电流，作为内线圈的两条并联支路的支路电流。利用电流传感器对射频线圈中的每个线圈的支路电流进行检测，可以获知射频线圈中是否存在两条并联支路的支路电流不相等的线圈的情况，并利用电流调整装置对支路电流进行调整，以使射频线圈中每个线圈的两条并联支路的支路电流相等，从而实现对等离子体刻蚀的均匀性。

在 S704 中，根据检测到的支路电流，调整至少一条支路的支路电流，以使各支路的支路电流均相等。

例如，如图 3 所示，该电流调整装置包括电容调节组件，该电容调节组件与上述至少两条并联的支路连接，用以调整至少一条支路的电容，以使各支路的支路电流均相等。具体地，上述电容调节组件可以包括：至少两个可调电容，至少两个可调电容一一对应地设置在至少两条并联的支路上。可选的，如图 3 所示，电容调节组件可以包括设置于每个线圈的某两条并联支路上的可调电容（如可调电容 10a、可调电容 10b、可调电容 10c 和可调电容 10d），则由可调电容 10a 所在的支路和可调电容 10d 所在的并联支路构成的等效电路图可以如图 4 所示。此外，每条支路上的可调电容的初始电容值可以是相同的，例如，可调电容的初始值可以设置为 100pF，从整体上来看可以减小阻抗的变化，从而减小对刻蚀速率的影响。每个可调电容的可调节范围可以是预设的，例如，预设可调节范围可以为初始值 $\pm 10\text{pF}$ ，即在可调节范围内可以对可调电容做精确调节。

基于上述电流调整装置，上述步骤 S704 包括：

根据检测到的支路电流，调整至少一条支路上的可调电容的容值，以使各支路的支路电流均相等。

在实际应用中，如果检测到外线圈的支路分路 2 和支路分路 4 上的支路电流不相等，则可以根据支路分路 2 和支路分路 4 上的支路电流，调整外线圈电流的电容。同样的，如果内线圈的两条并联支路的支路电流不相等，也可以根据内线圈的两条支路的支路电流，调整内线圈电流的电容。这样，可以使每个线圈上的并联支路的支路电流相等，提高等离子体的均匀分布，从而提高半导体工艺设备的刻蚀均匀性。

如图 5A 和图 5B 所示，电流调整装置还可以包括：第一连接条 105a、第二连接条 105b 和移动连接条 105c，其中，第一连接条 105a 可以通过匹配

器 108 连接至射频源 107, 第二连接条 105b 可以分别与至少两条并联的支路连接 (12 (a) 和 12 (b)), 移动连接条 105c 可以与第一连接条 105a、第二连接条 105b 可移动地连接, 移动连接条 105c 可以与第一连接条 105a 的连接点可沿第一连接条 105a 移动, 移动连接条 105c 可以与第二连接条 105b 的连接点可沿第二连接条 105b 移动。

基于上述电流调整装置, 上述步骤 S704 包括:

通过移动移动连接条 105c 来调节第一连接条 105a 和第二连接条 105b 各自在匹配器 108 与各条支路之间的连接部分的长度, 以使各支路的支路电流均相等。

可选的, 如图 5A 和图 5B 所示, 电流调整装置还包括两组连接组件, 用以将移动连接条 105c 的两端分别与第一连接条 105a 和第二连接条 105b 可移动地连接, 每组连接组件可以包括: 第一垫片 15 (a)、第二垫片 15 (b)、弹性件 16 和螺钉 1052, 其中, 在第一连接条 105a 和第二连接条 105b 上均开设有条形槽 1051, 移动连接条 105c 的两端分别开设有与螺钉 1052 配合的螺纹孔, 第一垫片 15 (a)、第二垫片 15 (b) 上均开设有供螺钉 1052 穿过的过孔, 其中, 第一垫片 15 (a) 和第二垫片 15 (b) 相对设置, 且第一垫片 15 (a) 与第一连接条 105a 和第二连接条 105b 可移动地连接; 第二连接条 105b 中与连接组件对应的一者贴合设置, 弹性件 16 设置在第一垫片 15 (a) 和第二垫片 15 (b) 之间, 螺钉 1052 自第二垫片 15 (b) 的远离第一垫片 15 (a) 的一侧依次穿过第二垫片 15 (b) 上的过孔、弹性件 16、第一垫片 15 (a) 上的过孔、第一连接条 105a 和第二连接条 105b 中与连接组件对应的一者上的条形槽, 并与移动连接条 105c 上的螺纹孔螺纹连接。

基于上述电流调整装置, 上述通过移动移动连接条 105c 来调节第一连接条 105a 和第二连接条 105b 各自在匹配器 108 与各条支路之间的连接部分的长度, 进一步包括:

旋松螺钉 1052，以使弹性件 16 的压缩量减小；

沿条形槽 1051 移动移动连接条 105c 的两端，以调整移动连接条 105c 的两端分别与第一连接条 105a 和第二连接条 105b 连接的连接点的位置；

旋紧螺钉 1052，以使弹性件 16 的压缩量增加，以将移动连接条 105c 固定在调整后的位置处。

具体来说，当需要滑动移动连接条 105c 时，可将螺钉 1052 拧松使弹性件 16 压力减小，减小移动连接条 105c 与第一连接条 105a 和第二连接条 105b 之间的摩擦力，便于移动连接条 105c 沿着第一连接条 105a 与第二连接条 105b 上的条形槽 1051 左右滑动。可以将螺钉 1052 拧紧至弹性件 16 完全压缩，将移动连接条 105c 固定在某一位置上不再滑动。由移动连接条 105c、第二连接条 105b 和第二连接条 105b 所在的支路构成的等效电路图可以如图 6 所示，其中，图 6 (a) 是内线圈 104b 的一组支路构成的等效电路图（即第一连接条 105a 和第二连接条 105b 分别对应内线圈 104b 的一组支路），图 6 (b) 是外线圈 104a 的一组支路构成的等效电路图（即第一连接条 105a 和第二连接条 105b 分别对应外线圈 104a 的一组支路），其中，L1 和 L2 为一组线圈，对应射频线圈中的内线圈，L3 和 L4 为一组线圈，对应射频线圈中的外线圈，支路的电感为可变电感。

本发明实施例提供的半导体工艺设备的电流控制方法，通过电流传感器检测射频线圈的至少两条并联的支路中对应支路的支路电流，并通过电流调整装置根据检测到的支路电流，调整至少一条支路的支路电流，以使各支路的支路电流均相等。这样，可以避免由于线圈的并联支路的电流不同，导致的经过介质窗耦合至腔室等离子体的能量出现高低不均匀的情况，从而保证刻蚀工艺的均匀性。

实施例四

如图 8 所示，本发明实施例提供一种半导体工艺设备的电流控制方法，

该方法具体可以包括以下步骤：

在 S802 中，检测射频线圈的至少两条并联的支路的支路电流。

其中，两条并联的支路可以为射频线圈的两条并联输入支路或射频线圈的两条并联输出支路。

在 S804 中，判断各支路电流是否均相等。

在各支路电流不相等时，可以根据下述步骤 S806 或步骤 S808，对支路的支路电流进行调整。

在 S806 中，在各支路电流不相等时，调整一一对应地设置在至少两条并联的支路上的至少两个可调电容中的一个或多个可调电容的容值，以使各支路的支路电流均相等。

优先地，可以通过手动调节的方式，对支路上的可调电容的容值进行调整，以使各支路的支路电流相等。或者，还可以通过控制器，基于电流和电容的预设对应关系，确定对应的容值，电流和电容的预设对应关系可以如表 1 所示。

表 1

电 流	电 容 容 值
不大于 I_1	C1
不小于 I_1 且不大于 I_2	C2
大于 I_2	C3

如果射频线圈中存在两条并联支路（如支路 1 和支路 2）的支路电流不相等的线圈，且该线圈的支路 1 的支路电流不小于 I_1 且不大于 I_2 ，该线圈的支路 2 的支路电流不大于 I_2 ，则基于上述表 1 中的预设对应关系，可以确定用于调整支路 1 的容值为 C2 和确定用于调整支路 2 的容值为 C3。

上述预设对应关系的确定方法是一种可选地、可实现的确定的方法，在实际应用场景中，还可以有多种不同的确定方法，可以根据实际应用场景的不

同而有所不同，本发明实施例对此不作具体限定。

在步骤 S808 中，在各支路电流不相等时，调整移动连接条与第一连接条及第二连接条的连接点的位置，以使各支路的支路电流均相等。

本发明实施例提供的半导体工艺设备的电流控制方法，通过电流传感器检测射频线圈的至少两条并联的支路中对应支路的支路电流，并通过电流调整装置根据检测到的支路电流，调整至少一条支路的支路电流，以使各支路的支路电流均相等。这样，可以避免由于线圈的并联支路的电流不同，导致的经过介质窗耦合至腔室等离子体的能量出现高低不均匀的情况，从而保证刻蚀工艺的均匀性。

实施例五

以上为本发明实施例提供的半导体工艺设备的电流控制方法，基于同样的思路，本发明实施例还提供一种半导体工艺设备的电流调整装置，如图 9 所示。

该半导体工艺设备的电流调整装置包括：获取模块 901 和调整模块 902，其中：

获取模块 901，用于检测射频线圈的至少两条并联的支路的支路电流；

调整模块 902，用于根据检测到的支路电流，调整至少一条支路的支路电流，以使各支路的支路电流均相等。

在本发明实施例中，上述调整模块 902，用于：

根据检测到的支路电流，调整至少一条支路上的可调电容的容值，以使各支路的支路电流均相等。

在本发明实施例中，上述调整模块 902，用于：

通过移动移动连接条来调节第一连接条和第二连接条各自在匹配器与各条支路之间的连接部分的长度，以使各支路的支路电流均相等。

在本发明实施例中，上述调整模块 902，用于：

旋松螺钉，以使弹性件的压缩量减小；

沿条形槽移动移动连接条的两端，以调整移动连接条的两端分别与第一连接条及第二连接条连接的位置；

旋紧螺钉，以使弹性件的压缩量增加，以将移动连接条固定在调整后的位置处。

可选的，如图 10 所示，上述调整模块 902 进一步包括：

判断单元 9021，用于判断各支路电流是否均相等。

调整单元 9022，用于在各支路电流不相等时，根据检测到的支路电流，调整至少一条支路的支路电流，以使各支路的支路电流均相等。

本发明实施例提供一种半导体工艺设备的电流调整装置，通过电流传感器检测射频线圈的至少两条并联的支路中对应支路的支路电流，并通过电流调整装置根据检测到的支路电流，调整至少一条支路的支路电流，以使各支路的支路电流均相等。这样，可以避免由于线圈的并联支路的电流不同，导致的经过介质窗耦合至腔室等离子体的能量出现高低不均匀的情况，从而保证刻蚀工艺的均匀性。

本领域内的技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和 / 或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和 / 或方框图中的每一流程和 / 或方框、以及流程图和 / 或方框图中的流程和 / 或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使

得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

内存可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器，随机存取存储器 (RAM) 和 / 或非易失性内存等形式，如只读存储器 (ROM) 或闪存 (flash RAM)。内存是计算机可读介质的示例。

还需要说明的是，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

本领域技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统或计算机程序产品。因此，本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、

CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

以上所述仅为本发明的实施例而已,并不用于限制本发明。对于本领域技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的权利要求范围之内。