

半导体工艺设备及功率控制方法

技术领域

本发明涉及半导体工艺设备领域，具体地，涉及一种半导体工艺设备及功率控制方法。

背景技术

随着半导体元器件制造工艺的迅速发展，对元器件性能与集成度要求越来越高，使得等离子体技术得到了极广泛的应用。在等离子体刻蚀或沉积系统中，通过在真空反应腔室内引入各种反应气体，如氯气 (Cl_2)、六氟化硫 (SF_6)、八氟环丁烷 (C_4F_8)、氧气 (O_2) 等，利用外加电磁场（直流或交流）使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，完成刻蚀或其他工艺过程。在用于半导体制造工艺的等离子体设备的研发中，最重要的因素是增大对晶圆的加工能力，以便提高产能，以及执行用于制造高度集成器件工艺的能力。

随着集成电路特征尺寸不断减小，对加工工艺的要求也越来越严格，其中一个很重要的要求是刻蚀产品的一致性问题，在工艺过程中，对同一型号机台的所有腔室的工艺结果一致性均需做严格要求，以避免由于各腔室的一致性问题造成的工艺风险，因此不同腔室间需要通过严格的过程管控，实现工艺结果一致性。

然而，现有的半导体工艺设备中，不同工艺腔室之间的一致性较差，不

同工艺腔室中产生的等离子体密度之间存在难以消除的差异，从而造成产品质量不稳定。

发明内容

本发明旨在提供一种半导体工艺设备及功率控制方法，其能够更精确地控制工艺腔室中等离子体密度，从而可以提高不同工艺腔室之间的工艺一致性。

为实现上述目的，本发明提供一种半导体工艺设备，包括上电极组件、工艺腔室以及功率调整组件，所述工艺腔室中设置有用承载晶圆的卡盘，其中，

所述上电极组件用于激发所述工艺腔室中的工艺气体形成等离子体；

所述功率调整组件用于实时检测所述卡盘上表面的偏置电压值，并计算所述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在所述差值大于预设阈值时，根据所述差值调节所述上电极组件的输出功率值，直至所述差值小于等于所述预设阈值。

可选地，所述功率调整组件包括电压比较器和电压传感器，其中，

所述电压传感器用于实时检测所述卡盘上表面的所述偏置电压值，并将所述偏置电压值发送至所述电压比较器；

所述电压比较器用于计算所述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在所述差值大于所述预设阈值时，比较所述偏置电压值与所述目标偏置电压值，若所述偏置电压值低于所述目标偏置电压值，则减小所述上电极组件的输出功率值；若所述偏置电压值高于所述目标偏置电压值，则增大所述上电极组件的输出功率值；在所述差值小于等于所述预设阈值时，保持所述上电极组件的输出功率值不变。

可选地，所述电压比较器调节所述上电极组件的输出功率值的调节幅度

与所述偏置电压值和所述目标偏置电压值的差值正相关。

可选地，所述电压比较器用于根据与所述差值对应的差值区间，以及预设的所述差值区间与所述调节幅度的对应关系，确定与所述差值对应的所述调节幅度，并按该调节幅度调节所述上电极组件的输出功率值。

可选地，所述差值区间与所述调节幅度的对应关系，包括：

第一差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 50%；

第二差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 20%，且小于所述目标偏置电压值的 50%；

第三差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 5%，且小于所述目标偏置电压值的 20%；

第四差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 1%，且小于所述目标偏置电压值的 5%；

其中，所述第一差值区间对应的第一调节幅度大于所述第二差值区间对应的第二调节幅度，所述第二调节幅度大于所述第三差值区间对应的第三调节幅度，所述第三调节幅度大于所述第四差值区间对应的第四调节幅度。

可选地，所述第一调节幅度大于等于 50W，所述第二调节幅度大于等于 20W，所述第三调节幅度大于等于 5W，所述第四调节幅度大于等于 1W。

可选地，所述预设阈值为所述目标偏置电压值的 1%。

可选地，在所述卡盘的上表面为陶瓷材料层时，所述电压传感器用于检测所述陶瓷材料层的射频电压，并根据预设的对应关系将所述射频电压转换为所述偏置电压值。

可选地，在所述卡盘的上表面为陶瓷材料层的上表面时，所述电压传感器用于实时检测所述陶瓷材料层的射频电压值，并根据预设的所述射频电压值与所述偏置电压值的对应关系将所述射频电压值转换为所述偏置电压值。

可选地，在所述卡盘的上表面为金属层的上表面时，所述电压传感器用

于实时检测所述金属层的上表面的直流电压，所述直流电压即为所述偏置电压值。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种功率控制方法，应用于本发明提供的上述半导体工艺设备，所述功率控制方法包括：

在所述上电极组件激发所述工艺腔室中的工艺气体形成等离子体之后，实时检测所述卡盘上表面的偏置电压值；

计算所述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在所述差值大于预设阈值时，根据所述差值调节所述上电极组件的输出功率值，直至所述差值小于等于所述预设阈值。

可选地，所述计算所述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在所述差值大于预设阈值时，根据所述差值调节所述上电极组件的输出功率值，直至所述差值小于等于所述预设阈值，包括：

计算所述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在所述差值大于所述预设阈值时，比较所述偏置电压值与所述目标偏置电压值，若所述偏置电压值低于所述目标偏置电压值，则减小所述上电极组件的输出功率值；若所述偏置电压值高于所述目标偏置电压值，则增大所述上电极组件的输出功率值；在所述差值小于等于所述预设阈值时，保持所述上电极组件的输出功率值不变。

可选地，调节所述上电极组件的输出功率值的调节幅度与所述偏置电压值和所述目标偏置电压值的差值正相关。

可选地，根据与所述差值对应的差值区间，以及预设的所述差值区间与所述调节幅度的对应关系，确定与所述差值对应的所述调节幅度，并按该调节幅度调节所述上电极组件的输出功率值。

可选地，所述差值区间与所述调节幅度的对应关系，包括：

第一差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 50%；

第二差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 20%，且小于所述目标偏置电压值的 50%；

第三差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 5%，且小于所述目标偏置电压值的 20%；

第四差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 1%，且小于所述目标偏置电压值的 5%；

其中，所述第一差值区间对应的第一调节幅度大于所述第二差值区间对应的第二调节幅度，所述第二调节幅度大于所述第三差值区间对应的第三调节幅度，所述第三调节幅度大于所述第四差值区间对应的第四调节幅度。

在本发明实施例提供的半导体工艺设备及功率控制方法的技术方案中，功率调整组件能够实时检测卡盘上表面的偏置电压值，并计算该偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且通过判断该差值是否超出预设阈值来确定当前工艺腔室中等离子体的密度是否正常，并在上述差值大于预设阈值时根据该差值自动调节上电极组件的输出功率值。由此，本发明实施例是通过检测偏置电压值来表征等离子体的密度状态，并进行实时反馈调节，以准确地控制半导体工艺中等离子体密度，补偿因线圈、介质窗等硬件不一致带来的差异，从而可以提高不同工艺腔室之间的工艺一致性。

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 是本发明实施例提供的半导体工艺设备的结构示意图；

图 2 是本发明实施例提供的功率控制方法的流程框图。

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。

本发明的发明人在研究后发现，现有的半导体工艺设备中工艺腔室一致性差的主要原因在于，现有的半导体工艺设备中不同工艺腔室的线圈、介质窗等硬件之间存在差异，例如，对于电感耦合等离子体设备来说，通常是通过控制等离子体放电的射频参数来间接控制流经线圈的射频电流大小，但是，由于等离子体阻抗的非线性特征，以及受到线圈的加工、安装等不定因素影响，流过线圈的射频电流大小与电源加载的射频功率可能不是一一对应的关系，不同的工艺腔室之间，即使电源加载的射频功率相同，线圈上的电流也无法完全一致，这使得通过控制电源加载的射频功率来改变线圈电流的调节方案，也很难保证等离子体参数的一致性和工艺的重复性。

为解决上述技术问题，本发明提供一种半导体工艺设备，如图1所示，其包括上电极组件、工艺腔室6以及功率调整组件，该工艺腔室6中设置有用于承载晶圆的卡盘9（可以为静电卡盘，Echuck）。

其中，上电极组件用于激发工艺腔室6中的工艺气体形成等离子体。功率调整组件用于实时检测卡盘9上表面的偏置电压值（例如为直流偏压，DC Bias），并计算该偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在该差值大于预设阈值时，根据该差值调节上电极组件的输出功率值，直至该差值小于等于预设阈值。

本发明的发明人经过研究发现，卡盘9上表面的偏置电压值可以实时、准确地反映该卡盘9上方等离子体10的密度（具体为等离子体10中的离子密度），具体地，根据泊松方程可得等离子体鞘层电压 $V(t)$ 随时间变化的表达式为：

$$V(t) = -\frac{I_0^2}{2\varepsilon_0 en \omega^2 A^2} (1 - \sin \omega t)。$$

其中， I_0 为卡盘9上的下电极接收到的射频电流幅值， ε_0 为介电常数， e

为电子电量， ω 为下电极接收到的射频信号的角频率， n 为等离子体 10 的密度（具体为离子密度）， A 为下电极的极板面积。由上述表达式可知，在下射频电流幅值 I_0 、角频率 ω 、极板面积 A 均保持不变的情况下，等离子体鞘层电压 $V(t)$ 与等离子体的密度 n （以及上电极 5 的耦合功率）成反比。

鞘层电压 $V(t)$ 与卡盘 9 上表面的偏置电压值直接相关且变化趋势相同。因此，仅需实时检测卡盘 9 上表面的偏置电压值，即可根据该偏置电压值判断等离子体的密度 n 是否处在正常范围。

本发明实施例对上电极组件的结构不做具体限定，例如，该上电极组件可以包括射频电源 1 和上电极 5，上电极 5 例如为线圈。功率调整组件通过调节射频电源 1 的功率（即，上电极组件的输出功率值），来改变上电极 5 上的电流大小，进而实现对等离子体的密度的控制。

在本发明实施例提供的半导体工艺设备中，功率调整组件能够实时检测卡盘 9 上表面的偏置电压值，并计算该偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且通过判断该差值是否超出预设阈值来确定当前工艺腔室中等离子体的密度是否正常，并在上述差值大于预设阈值时根据该差值自动调节上电极组件的输出功率值。由此，本发明实施例是通过检测偏置电压值来表征等离子体的密度状态，并进行实时反馈调节，以准确地控制半导体工艺中等离子体密度，补偿因线圈、介质窗等硬件不一致带来的差异，从而可以提高不同工艺腔室之间的工艺一致性。

此外，本发明实施例提供的半导体工艺设备中，功率调整组件直接根据等离子体 10 的密度 n 实时调节上电极组件的输出功率值，无需考虑工艺腔室中其他结构对等离子体密度的影响，例如，可以在下电极功率不变的情况下，通过调节上电极组件的输出功率值来改变等离子体的密度 n 。另外，本发明实施例可适用于工艺腔室 6 中安装的绝缘及非绝缘的卡盘结构，且能够适用于 13.56MHz 以及其他频率的 ICP 射频等离子体源。

本发明实施例对功率调整组件如何根据该差值调节上电极组件的输出功率值不做具体限定，例如，可选地，如图1所示，该功率调整组件可以包括电压比较器12和电压传感器131，其中：

电压传感器131用于实时检测卡盘9上表面的偏置电压值，并将该偏置电压值发送至电压比较器12。

电压比较器12用于计算上述偏置电压值与目标偏置电压值 V_0 的差值，且在该差值大于预设阈值时，比较该偏置电压值和目标偏置电压值 V_0 ，若该偏置电压值低于目标偏置电压值 V_0 （即等离子体10的密度 n 高于预设标准），则减小上电极组件的输出功率值，以降低等离子体10的密度 n ；若偏置电压值高于目标偏置电压值 V_0 （即等离子体10的离子密度 n 低于预设标准），则增大上电极组件的输出功率值，以提高等离子体10的密度 n 。

考虑到电压检测存在精度误差，为避免该偏置电压值接近目标偏置电压值 V_0 时引起频繁调整，优选地，电压比较器12在上述差值小于等于预设阈值时，保持上电极组件的输出功率值不变。

该预设阈值可以为目标偏置电压 V_0 左右允许的精度范围，即，预设阈值为 $V_0 \pm \Delta V_{th}$ 中的 ΔV_{th} 。本发明实施例对预设阈值 ΔV_{th} 的大小不做具体限定，例如，可选地，预设阈值 ΔV_{th} 可以为目标偏置电压值 V_0 的1%，即，电压比较器12在偏置电压值位于 $(1 \pm 1\%)V_0$ 这一区间内时，保持上电极组件的输出功率值不变。

为了提高上电极组件的功率调节效率，优选地，该功率调整组件调节上电极组件的输出功率值的调节幅度与该偏置电压值和目标偏置电压值 V_0 之间的差值 ΔV 正相关，从而在差值 ΔV 较大时（即等离子体10的密度 n 与预设标准相差较大时），更大幅度地调节上电极组件的输出功率值，以提高调节效率。

为了简化计算步骤，进一步提高调节效率，优选地，电压比较器12用

于根据与上述差值对应的差值区间，以及预设的差值区间与调节幅度的对应关系，确定与差值对应的调节幅度，并按该调节幅度调节上电极组件的输出功率值。

本发明实施例对如何分出差值区间不做具体限定，例如，为便于技术人员理解，作为本发明的一种可选实施方式，上述差值区间与调节幅度的对应关系，包括：

第一差值区间：上述差值 $|\Delta V|$ 大于等于目标偏置电压值 V_0 的50%，即， $|\Delta V| \geq 50\% \times V_0$ ；

第二差值区间：上述差值 $|\Delta V|$ 大于等于目标偏置电压值 V_0 的20%，且小于目标偏置电压值 V_0 的50%，即， $20\% \times V_0 \leq |\Delta V| < 50\% \times V_0$ ；

第三差值区间：上述差值 $|\Delta V|$ 大于等于目标偏置电压值 V_0 的5%，且小于目标偏置电压值 V_0 的20%，即， $5\% \times V_0 \leq |\Delta V| < 20\% \times V_0$ ；

第四差值区间：上述差值 $|\Delta V|$ 大于等于目标偏置电压值 V_0 的1%，且小于目标偏置电压值 V_0 的5%，即， $1\% \times V_0 \leq |\Delta V| < 5\% \times V_0$ ；

其中，第一差值区间对应的第一调节幅度大于第二差值区间对应的第二调节幅度，第二调节幅度大于第三差值区间对应的第三调节幅度，第三调节幅度大于第四差值区间对应的第四调节幅度。

本发明实施例对每个差值区间对应的预设调节幅度（即上电极组件的输出功率值的调节步长 ΔP ）不做具体限定，例如，作为本发明的一种可选实施方式，第一调节幅度大于等于50W，第二调节幅度大于等于20W，第三调节幅度大于等于5W，第四调节幅度大于等于1W。

可选地，电压比较器12用于在差值位于上述第一差值区间时，按照50W的步长调节上电极组件的输出功率值；在差值位于上述第二差值区间时，按照20W的步长调节上电极组件的输出功率值；在差值位于上述第三差值区间时，按照5W的步长调节上电极组件的输出功率值；在差值位于上述第四差

值区间时,按照 1W 的步长调节上电极组件的输出功率值。

本发明实施例对该半导体工艺设备中的其他结构不做具体限定,例如,如图 1 所示,射频电源 1 通过匹配器 2 将功率加载至上电极 5 (可以为耦合线圈)上,工艺气体通过石英介质窗 7 上安装的喷嘴 11 进入工艺腔室 6 中(工艺腔室中的内衬及聚焦环等相关部件均未标出),同时上电极 5 上的射频能量通过介质窗 7 耦合至工艺腔室 6 中,产生等离子体 10,作用于晶片 8,晶片 8 置于卡盘 9 上,偏压射频电源 4 通过匹配器 3 将射频能量加载至位于卡盘 9 底部的射频铜柱上,从而提供射频场,产生射频偏压,在晶圆表面形成离子加速鞘层进行晶片 9 的刻蚀。

可选地,如图 1 所示,功率调整组件还包括模数转换器 132,其中电压传感器 131 用于实时检测卡盘 9 上的偏置偏压值,并将检测出的偏置电压值以模拟信号的形式输出给模数转换器 132,模数转换器 132 具有模/数转换功能,用于将电压传感器 131 以模拟信号形式发送的偏置电压值转换为数字信号,并将该数字信号发送至电压比较器 12。

本发明实施例对卡盘 9 的结构类型不做具体限定,例如,作为本发明的一种可选实施方式,在卡盘 9 的上表面为陶瓷材料层的上表面时,电压传感器 131 可以为射频电压传感器,用于实时检测陶瓷材料层的射频电压值,并根据预设的射频电压值与偏置电压值的对应关系将射频电压值转换为偏置电压值。

具体地,该射频电压传感器实时检测距离卡盘上表面最近的射频电压信号 V_{pp} ,用以表征晶圆上方的偏置电压值,模数转换器 132 用于将该射频电压传感器采集到的射频信号转换为检测电压信息,并将检测电压信息发送至电压比较器 12。

作为本发明的一种可选实施方式,在卡盘 9 的上表面为金属层的上表面时,电压传感器 131 可以为直流电压传感器,用于实时检测金属层的直流电

压值，该直流电压值即为偏置电压值。相应地，模数转换器 132 用于将该直流电压传感器检测到的模拟信号转换为数字信号，并将数字信号发送至电压比较器 12。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种功率控制方法，其应用于本发明提供的上述半导体工艺设备，该功率控制方法包括以下步骤：

S1、在上电极组件激发工艺腔室中的工艺气体形成等离子体之后，实时检测卡盘上表面的偏置电压值；

S2、计算上述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在差值大于预设阈值时，根据差值调节上电极组件的输出功率值，直至差值小于等于预设阈值。

本发明实施例可以直接根据上述差值实时调节上电极组件的输出功率值，无需考虑工艺腔室中其他结构对等离子体密度的影响，例如，可以在下电极功率不变的情况下，通过调节上电极组件的输出功率值来改变等离子体的密度。

在一些可选的实施例中，上述步骤 S2，具体包括：

计算偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在该差值大于预设阈值时，比较偏置电压值与目标偏置电压值，若偏置电压值低于目标偏置电压值，则减小上电极组件的输出功率值；若偏置电压值高于目标偏置电压值，则增大上电极组件的输出功率值；在差值小于等于预设阈值时，保持上电极组件的输出功率值不变。这样，可以避免因电压检测存在精度误差而导致偏置电压值接近目标偏置电压值时引起频繁调整。

在一些可选的实施例中，调节上电极组件的输出功率值的调节幅度与偏置电压值和目标偏置电压值的差值正相关。也就是说，在差值较大时（即等离子体的密度与预设标准相差较大时），可以更大幅度地调节上电极组件的输出功率值，以提高上电极组件的功率调节效率。

在一些可选的实施例中, 为了简化计算步骤, 进一步提高调节效率, 可以根据与差值对应的差值区间, 以及预设的差值区间与调节幅度的对应关系, 确定与差值对应的调节幅度, 并按该调节幅度调节上电极组件的输出功率值。

例如, 上述差值区间与所述调节幅度的对应关系, 具体包括:

第一差值区间: 上述差值 $|\Delta V|$ 大于等于目标偏置电压值 V_0 的 50%, 即, $|\Delta V| \geq 50\% \times V_0$;

第二差值区间: 上述差值 $|\Delta V|$ 大于等于目标偏置电压值 V_0 的 20%, 且小于目标偏置电压值 V_0 的 50%, 即, $20\% \times V_0 \leq |\Delta V| < 50\% \times V_0$;

第三差值区间: 上述差值 $|\Delta V|$ 大于等于目标偏置电压值 V_0 的 5%, 且小于目标偏置电压值 V_0 的 20%, 即, $5\% \times V_0 \leq |\Delta V| < 20\% \times V_0$;

第四差值区间: 上述差值 $|\Delta V|$ 大于等于目标偏置电压值 V_0 的 1%, 且小于目标偏置电压值 V_0 的 5%, 即, $1\% \times V_0 \leq |\Delta V| < 5\% \times V_0$;

其中, 第一差值区间对应的第一调节幅度大于第二差值区间对应的第二调节幅度, 第二调节幅度大于第三差值区间对应的第三调节幅度, 第三调节幅度大于第四差值区间对应的第四调节幅度。

本发明提供的功率控制方法, 通过检测偏置电压值来表征等离子体的密度状态, 并进行实时反馈调节, 以准确地控制半导体工艺中等离子体密度, 补偿因线圈、介质窗等硬件不一致带来的差异, 从而可以提高不同工艺腔室之间的工艺一致性。

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，其特征在于，包括上电极组件、工艺腔室以及功率调整组件，所述工艺腔室中设置有用承载晶圆的卡盘，其中，

5 所述上电极组件用于激发所述工艺腔室中的工艺气体形成等离子体；

所述功率调整组件用于实时检测所述卡盘上表面的偏置电压值，并计算所述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在所述差值大于预设阈值时，根据所述差值调节所述上电极组件的输出功率值，直至所述差值小于等于所述预设阈值。

10

2、根据权利要求1所述的半导体工艺设备，其特征在于，所述功率调整组件包括电压比较器和电压传感器，其中，

所述电压传感器用于实时检测所述卡盘上表面的所述偏置电压值，并将所述偏置电压值发送至所述电压比较器；

15 所述电压比较器用于计算所述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在所述差值大于所述预设阈值时，比较所述偏置电压值与所述目标偏置电压值，若所述偏置电压值低于所述目标偏置电压值，则减小所述上电极组件的输出功率值；若所述偏置电压值高于所述目标偏置电压值，则增大所述上电极组件的输出功率值；在所述差值小于等于所述预设阈值时，保持所述上电
20 极组件的输出功率值不变。

3、根据权利要求2所述的半导体工艺设备，其特征在于，所述电压比较器调节所述上电极组件的输出功率值的调节幅度与所述偏置电压值和所述目标偏置电压值的差值正相关。

25

4、根据权利要求3所述的半导体工艺设备，其特征在于，所述电压比较器用于根据与所述差值对应的差值区间，以及预设的所述差值区间与所述

调节幅度的对应关系，确定与所述差值对应的所述调节幅度，并按该调节幅度调节所述上电极组件的输出功率值。

5 5、根据权利要求4所述的半导体工艺设备，其特征在于，所述差值区间与所述调节幅度的对应关系，包括：

第一差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的50%；

第二差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的20%，且小于所述目标偏置电压值的50%；

10 第三差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的5%，且小于所述目标偏置电压值的20%；

第四差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的1%，且小于所述目标偏置电压值的5%；

15 其中，所述第一差值区间对应的第一调节幅度大于所述第二差值区间对应的第二调节幅度，所述第二调节幅度大于所述第三差值区间对应的第三调节幅度，所述第三调节幅度大于所述第四差值区间对应的第四调节幅度。

6、根据权利要求5所述的半导体工艺设备，其特征在于，所述第一调节幅度大于等于50W，所述第二调节幅度大于等于20W，所述第三调节幅度大于等于5W，所述第四调节幅度大于等于1W。

20

7、根据权利要求1至6中任意一项所述的半导体工艺设备，其特征在于，所述预设阈值为所述目标偏置电压值的1%。

25 8、根据权利要求2至7中任意一项所述的半导体工艺设备，其特征在于，在所述卡盘的上表面为陶瓷材料层的上表面时，所述电压传感器用于实时检测所述陶瓷材料层的射频电压值，并根据预设的所述射频电压值与所述偏置电压值的对应关系将所述射频电压值转换为所述偏置电压值。

9、根据权利要求 2 至 7 中任意一项所述的半导体工艺设备，其特征在于，在所述卡盘的上表面为金属层的上表面时，所述电压传感器用于实时检测所述金属层的上表面的直流电压，所述直流电压即为所述偏置电压值。

5

10、根据权利要求 2 至 7 中任意一项所述的半导体工艺设备，其特征在于，所述功率调整组件还包括模数转换器，所述模数转换器用于将所述电压传感器以模拟信号发送的所述偏置电压值转换为数字信号，并发送至所述电压比较器。

10

11、一种功率控制方法，其特征在于，应用于权利要求 1 至 10 中任意一项所述的半导体工艺设备，所述功率控制方法包括：

在所述上电极组件激发所述工艺腔室中的工艺气体形成等离子体之后，实时检测所述卡盘上表面的偏置电压值；

15 计算所述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在所述差值大于预设阈值时，根据所述差值调节所述上电极组件的输出功率值，直至所述差值小于等于所述预设阈值。

12、根据权利要求 11 所述的功率控制方法，其特征在于，所述计算所述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在所述差值大于预设阈值时，根据所述差值调节所述上电极组件的输出功率值，直至所述差值小于等于所述预设阈值，包括：

20 计算所述偏置电压值与目标偏置电压值的差值，且在所述差值大于所述预设阈值时，比较所述偏置电压值与所述目标偏置电压值，若所述偏置电压值低于所述目标偏置电压值，则减小所述上电极组件的输出功率值；若所述偏置电压值高于所述目标偏置电压值，则增大所述上电极组件的输出功率值；在所述差值小于等于所述预设阈值时，保持所述上电极组件的输出功率

值不变。

13、根据权利要求 12 所述的功率控制方法，其特征在于，调节所述上电极组件的输出功率值的调节幅度与所述偏置电压值和所述目标偏置电压值的差值正相关。

14、根据权利要求 13 所述的功率控制方法，其特征在于，根据与所述差值对应的差值区间，以及预设的所述差值区间与所述调节幅度的对应关系，确定与所述差值对应的所述调节幅度，并按该调节幅度调节所述上电极组件的输出功率值。

15、根据权利要求 14 所述的功率控制方法，其特征在于，所述差值区间与所述调节幅度的对应关系，包括：

第一差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 50%；

第二差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 20%，且小于所述目标偏置电压值的 50%；

第三差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 5%，且小于所述目标偏置电压值的 20%；

第四差值区间：所述差值大于等于所述目标偏置电压值的 1%，且小于所述目标偏置电压值的 5%；

其中，所述第一差值区间对应的第一调节幅度大于所述第二差值区间对应的第二调节幅度，所述第二调节幅度大于所述第三差值区间对应的第三调节幅度，所述第三调节幅度大于所述第四差值区间对应的第四调节幅度。