

上电极电源功率调节方法、半导体工艺设备

技术领域

本发明涉及半导体工艺领域，具体地，涉及一种半导体工艺设备的上电极电源功率调节方法和一种半导体工艺设备。

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 Cl_2 ， SF_6 ， C_4F_8 ， 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衬底的加工能力，以提高产率，以及执行用于制造高度集成器件工艺的能力。

集成电路特征尺寸不断减小，其要求的加工工艺也越来越严格，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，对同一型号的机台所有腔室的工艺结果一致性均需做严格要求，来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，在现有的半导体工艺设备中，多个机台上的多个工艺腔室中产生的等离子体密度等状态参数往往各不相同，工艺结果一致性差。

发明内容

本发明旨在提供一种上电极电源功率调节方法和半导体工艺设备，该功率调节方法能够提高不同工艺腔室中等离子体的参数一致性，进而提高工艺结果的一致性。

为实现上述目的，作为本发明的一个方面，提供一种半导体工艺设备的上电极电源功率调节方法，包括：

获取与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载；

在进行所述半导体工艺步骤时，根据所述当前工艺腔室的所述工艺负载和所述基准工艺腔室的所述工艺负载，确定与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室相对于所述基准工艺腔室的功率补偿系数；

控制所述当前工艺腔室的所述上电极电源输出补偿功率，所述补偿功率为与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室的所述上电极电源的设定功率与对应的所述功率补偿系数的乘积。

可选地，所述根据所述当前工艺腔室的所述工艺负载和所述基准工艺腔室的所述工艺负载，确定与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室相对于所述基准工艺腔室的功率补偿系数，包括：

计算所述当前工艺腔室的所述工艺负载与所述基准工艺腔室的所述工艺负载的比值，并将所述比值作为所述功率补偿系数。

可选地，所述基准工艺腔室和所述当前工艺腔室上均设置有上电极电路，所述上电极电源用于通过对应的上电极电路向对应的工艺腔室输出电能，所述获取与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载，包括：

获取所述半导体工艺步骤对应的所述基准工艺腔室的等离子体负载；

将所述基准工艺腔室的电路负载与所述等离子体负载相加，得到所述基准工艺腔室的所述工艺负载；

将所述当前工艺腔室的电路负载与所述基准工艺腔室的所述等离子体负载相加，得到所述当前工艺腔室的所述工艺负载。

可选地，所述获取所述半导体工艺步骤对应的所述基准工艺腔室的等离子体负载，包括：

在进行所述半导体工艺步骤时，控制所述基准工艺腔室的所述上电极电源输出工艺功率，并检测所述上电极电源与所述基准工艺腔室之间的工艺电流；

根据所述工艺功率与所述工艺电流得到所述基准工艺腔室的所述工艺负载；

将所述基准工艺腔室的所述工艺负载减去所述基准工艺腔室的电路负载，得到所述基准工艺腔室的所述等离子体负载。

可选地，所述根据所述工艺功率与所述工艺电流得到所述基准工艺腔室的所述工艺负载，包括：

计算所述工艺功率与所述工艺电流的平方的比值，并作为所述工艺负载。

可选地，所述基准工艺腔室和所述当前工艺腔室中任一工艺腔室的所述电路负载通过如下方式得到：

控制所述工艺腔室的所述上电极电源输出检测功率，并检测所述上电极电源与所述工艺腔室之间的检测电流，在所述检测功率下所述工艺腔室中未发生等离子体启辉；

根据所述工艺腔室的所述检测功率与所述检测电流得到所述工艺腔室的所述电路负载。

可选地，所述根据所述工艺腔室的所述检测功率与所述检测电流得到所

述工艺腔室的所述电路负载，包括：

计算所述检测功率与所述检测电流的平方的比值，并作为所述电路负载。

可选地，所述半导体工艺步骤为多个；

在所述获取与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载之后，且在开始进行所有的半导体工艺步骤之前，所述上电极电源功率调节方法还包括：

将获取的与各个所述半导体工艺步骤对应的所述基准工艺腔室的等离子体负载写入参数表；

调用所述基准工艺腔室的电路负载和所述当前工艺腔室的电路负载；

所述在开始进行所述半导体工艺步骤时，根据所述当前工艺腔室的所述工艺负载和所述基准工艺腔室的所述工艺负载，确定与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室相对于所述基准工艺腔室的功率补偿系数，包括：

在开始进行各所述半导体工艺步骤时，调用所述参数表中与当前的所述半导体工艺步骤对应的所述基准工艺腔室的等离子体负载；

根据所述当前工艺腔室的所述工艺负载和所述基准工艺腔室的所述工艺负载，确定与当前的所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室相对于所述基准工艺腔室的功率补偿系数。

作为本发明的第二个方面，提供一种半导体工艺设备，所述半导体工艺设备包括多个工艺腔室，所述半导体工艺设备能够通过前面所述的上电极电源功率调节方法对所述多个工艺腔室的上电极电源的功率进行调节，所述多个工艺腔室中的任一工艺腔室作为基准工艺腔室，其余的工艺腔室中进行半导体工艺步骤的工艺腔室为当前工艺腔室；

所述半导体工艺设备包括：

获取单元，用于获取与半导体工艺步骤对应的所述基准工艺腔室和所述

当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载；

计算单元，用于根据所述当前工艺腔室的所述工艺负载和所述基准工艺腔室的所述工艺负载，确定与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室相对于所述基准工艺腔室的功率补偿系数；

控制单元，用于在进行所述半导体工艺步骤时，控制所述当前工艺腔室的所述上电极电源输出补偿功率，所述补偿功率为与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室的所述上电极电源的设定功率与对应的所述功率补偿系数的乘积。

可选地，所述获取单元包括多个电流检测装置，所述电流检测装置的数量与所述工艺腔室的数量相同，且各所述电流检测装置一一对应地设置在各所述上电极电源与对应的所述工艺腔室之间，所述电流检测装置用于获取对应的所述上电极电源与对应的工艺腔室之间的工艺电流和/或检测电流，所述检测电流是指工艺腔室未发生等离子起辉时所述上电极电源输出的电流。

本发明提供的功率调节方法和半导体工艺设备能够根据与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载，得到当前工艺腔室相对于基准工艺腔室的功率补偿系数，并控制当前工艺腔室的上电极电源输出补偿功率，该补偿功率为与半导体工艺步骤对应的当前工艺腔室的上电极电源的设定功率与对应的功率补偿系数的乘积，这样可以使当前工艺腔室中加载至等离子体的功率与基准工艺腔室保持一致，从而提高了不同工艺腔室中等离子体的参数一致性，进而提高了工艺结果的一致性。

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是现有技术中一种半导体工艺设备的结构示意图；

图 2 是图 1 中半导体工艺设备的上电极射频通路的功率损耗组成示意图；

图 3 是图 1 中半导体工艺设备的上电极射频通路的等效电路示意图；

图 4 是图 3 中等效电路变换后的结构示意图；

图 5 是本发明实施例提供的半导体工艺设备的部分结构示意图；

图 6 是本发明实施例提供的半导体工艺设备中一个工艺腔室的上电极射频通路的等效电路示意图；

图 7 是本发明实施例提供的半导体工艺设备中一个工艺腔室执行一个半导体工艺步骤时的等效电路示意图；

图 8 是本发明实施例提供的半导体工艺设备中一个工艺腔室执行另一个半导体工艺步骤时的等效电路示意图；

图 9 是本发明实施例提供的半导体工艺设备的上电极电源功率调节方法中获取不同工艺腔室的工艺负载，并求得工艺补偿系数的原理示意图；

图 10 是本发明实施例提供的半导体工艺设备连续执行多个半导体工艺步骤的时序示意图；

图 11 是本发明实施例提供的半导体工艺设备的上电极电源功率调节方法的流程示意图；

图 12 是本发明实施例采用的步骤 S10 的具体流程示意图；

图 13 是本发明实施例采用的步骤 S11 的具体流程示意图；

图 14 是本发明实施例提供的半导体工艺设备的原理框图。

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。

现有半导体工艺设备结构通常如图 1 所示，反应腔室 11 中设置有静电

卡盘 8, 用于承载晶圆 7; 反应腔室 11 顶部的介质窗 6 (例如为石英窗) 设置有喷嘴 10, 工艺气体通过该喷嘴 10 进入反应腔室 11 中; 上电极电源 1 通过匹配器 2 将射频功率加载至电感耦合线圈 5 上, 电感耦合线圈用于将射频能量通过介质窗 6 耦合至腔室中, 用以激发反应腔室 11 中的工艺气体产生等离子体 9, 作用于晶圆 7; 偏压射频电源 4 通过匹配器 3 将射频能量加载至静电卡盘 8 (例如位于静电卡盘底部的射频铜柱上), 从而提供射频场, 产生射频偏压, 从而在晶圆表面形成离子加速鞘层进行晶圆 7 的刻蚀。

当上电极电源 1 所提供的射频功率形成射频电流加载到电感耦合线圈 5 时, 在反应腔室 11 内产生感应磁场, 感应磁场是时变的, 从而又产生环向的感应电场, 进而激发反应腔室 11 内的工艺气体形成等离子体, 当加载的射频功率不同时, 等离子体的密度等状态参数发生变化, 进而产生的工艺结果也随之变化, 因此上电极通路的整体效率一致性与等离子体状态一致性和工艺结果密切相关。

如图 2 所示, ICP (Inductively Coupled Plasma, 电感耦合等离子体) 的上电极射频通路的功率损耗主要由匹配器损耗 (TCP Match)、线圈损耗 (Coil)、接触损耗等组成, 当射频电源 (RF Generator) 输出功率为 P_{in} 时, 通路的匹配器损耗、线圈损耗以及接触损耗等看作一个整体 P_0 , 最终被等离子体 (Plasma) 利用的功率为 $P_p = P_{in} - P_0$, 设定上电极射频通路效率为 η , 则 $\eta = P_p / P_{in}$ 。上电极射频通路的等效电路如图 3 所示, C1 和 C2 为上匹配器 (即, 图 1 中的匹配器 2) 中的可变电容器, 将匹配器损耗电阻、线圈损耗电阻以及通路接触电阻等整体看作等效电阻 r_0 , L_{coil} 为线圈电感, 电感耦合的变压器模型下产生的等离子体的阻抗实部为 r_p , 虚部等效电感为 L_p , 将后端的变压器模型做阻抗等效变换后, 得到后端的整体等效阻抗实部 r_s 和虚部等效电感 L_s , 等效电路如图 4 所示。

由于同一型号 (相同结构) 的不同设备之间, 上电极射频通路中与功率

消耗相关的匹配器、线圈以及安装接触电阻等因素存在差异，即整体硬件损耗电阻 r_0 存在差异，当射频电源的输出功率相同时，上电极射频通路中的损耗不同，最终到达等离子体的功率大小也存在差异，产生的等离子体密度等状态参数不同，最终影响工艺结果一致性。因此通过控制电源输出的射频功率一致性很难保证等离子体参数的一致性和工艺的重复性，多个设备进行工艺匹配（提高重复度）就更加困难。

为解决上述技术问题，作为本发明的一个方面，提供一种半导体工艺设备的上电极电源功率调节方法，如图 11 所示，该方法包括：

S10、获取与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载；

上述基准工艺腔室可以为从相同结构的多个工艺腔室中指定的一个腔室。上述当前工艺腔室可以是除上述基准工艺腔室之外的进行半导体工艺步骤的其他任意工艺腔室。另外，上述相同结构的多个工艺腔室可以属于同一半导体工艺设备，也可以属于不同的半导体工艺设备。

S20、在开始进行所述半导体工艺步骤时，根据当前工艺腔室的工艺负载和基准工艺腔室的工艺负载，确定与半导体工艺步骤对应的当前工艺腔室相对于基准工艺腔室的功率补偿系数 α ；

S30、控制当前工艺腔室的上电极电源输出补偿功率，该补偿功率为与半导体工艺步骤对应的当前工艺腔室的上电极电源的设定功率与对应的功率补偿系数 α 的乘积。

在一些可选的实施例中，上述步骤 S20，具体包括：

计算当前工艺腔室的工艺负载与基准工艺腔室的工艺负载的比值，并将该比值作为功率补偿系数 α 。

但是，本发明实施例并不局限于此，在实际应用中，功率补偿系数 α 还可以根据当前工艺腔室的工艺负载和基准工艺腔室的工艺负载，采用其他计

算方法确定功率补偿系数 α ，本发明实施例对此没有特别的限制。

本发明实施例对工艺腔室的上电极电路结构不做具体限定，例如，可选地，如图 5 和图 6 所示，工艺腔室上还设置有上电极电路，上电极电源 1 用于通过对应的上电极电路（包括但不限于匹配器 2、电流检测装置 12、射频线圈 5 以及连接相应部件的线缆）向对应的工艺腔室 11 输出电能。对于每一工艺腔室，其进行半导体工艺步骤时上电极电源承担的负载均可包括上电极电路上的电路负载（即如图 4 所示的电路负载 r_0 ）和工艺腔室 11 中产生的等离子体的负载（即如图 4 所示的等离子体负载 r_s ），通过计算可以得到：最终加载至等离子体的负载 P_p 满足下述关系式：

$$P_p = P_{in} \times [r_s / (r_s + r_0)]$$

其中， P_{in} 为射频电源 1 的输出功率； r_s 为基准工艺腔室的等离子体负载； r_0 为上电极电路的负载。

需要说明的是，无论是基准工艺腔室还是其他的工艺腔室，上述电路负载 r_0 在执行工艺时是固定不变的，而等离子体负载 r_s 会随着工艺过程的不同而发生变化（一般变化范围在 0.8Ω - 2.2Ω ），但是，同一半导体工艺步骤中的等离子体负载 r_s 是固定不变的，基于此，可以利用电路负载 r_0 来反映不同腔室间的上电极损耗特性，并根据该上电极损耗特性来补偿其他的工艺腔室与基准工艺腔室之间的加载至等离子体的负载 P_p 的差异，以使不同腔室之间的负载 P_p 相同，从而提高了不同工艺腔室中等离子体的参数一致性，进而提高了工艺结果的一致性。

例如，在调节前，对应同一半导体工艺步骤，基准工艺腔室中加载至等离子体的负载 $P_{p1} = P_{in} \times [r_s / (r_s + r_{01})]$ ，而某一当前工艺腔室中加载至等离子体的负载 $P_{p2} = P_{in} \times [r_s / (r_s + r_{02})]$ ， P_{p1} 与 P_{p2} 之间的差值由 r_{01} 和 r_{02} 所致。基于此，如图 12 所示，上述步骤 S10，具体包括：

S11、获取半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室的等离子体负载 r_s ；

S12、将基准工艺腔室的电路负载 r_{01} 与等离子体负载 r_s 相加，得到基准工艺腔室的工艺负载 (r_s+r_{01}) ；

S13、将当前工艺腔室的电路负载 r_{02} 与基准工艺腔室的等离子体负载 r_s 相加，得到当前工艺腔室的工艺负载 (r_s+r_{02}) 。

在这种情况下，上述步骤 S20，具体包括：

计算当前工艺腔室的工艺负载 (r_s+r_{02}) 与基准工艺腔室的工艺负载 (r_s+r_{01}) 的比值，并将该比值作为功率补偿系数 α ，即，功率补偿系数 $\alpha = (r_s+r_{02})/(r_s+r_{01})$ ，最终当前工艺腔室中加载至等离子体的负载 $P_{p2} = P_{in} \times [r_s/(r_s+r_{02})] \times \alpha = P_{in} \times [r_s/(r_s+r_{02})] \times [(r_s+r_{02})/(r_s+r_{01})] = P_{in} \times [r_s/(r_s+r_{01})]$ ，即与基准工艺腔室中最终加载至等离子体的负载 P_{p1} 相等。

本发明实施例提供的功率调节方法能够根据与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载，得到当前工艺腔室相对于基准工艺腔室的功率补偿系数，并控制当前工艺腔室的上电极电源输出补偿功率，该补偿功率为与半导体工艺步骤对应的当前工艺腔室的上电极电源的设定功率与对应的功率补偿系数的乘积，这样可以使当前工艺腔室中加载至等离子体的功率与基准工艺腔室保持一致，从而提高了不同工艺腔室中等离子体的参数一致性，进而提高了工艺结果的一致性。

获取半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室的等离子体负载 r_s 的方式可以有多种，例如，如图 13 所示，上述步骤 S11 可以具体包括：

S111、在进行半导体工艺步骤时，控制基准工艺腔室的上电极电源输出工艺功率 P ，并检测该上电极电源与对应的基准工艺腔室之间的工艺电流 I ；

S112、根据工艺功率 P 与工艺电流 I 得到基准工艺腔室的工艺负载 (r_s+r_{01}) ；

S113、将基准工艺腔室的工艺负载 (r_s+r_{01}) 减去基准工艺腔室的电路负

载 r_{01} ，得到基准工艺腔室的等离子体负载 r_s 。

在本发明实施例中，仅通过对基准工艺腔室的一次半导体工艺测试得到基准工艺腔室的等离子体负载 r_s ，即可通过计算得到同一半导体工艺步骤对应的其他的工艺腔室的工艺负载，从而提高了获取工艺负载的效率，进而提高了功率补偿系数 α 的计算效率。

在一些可选的实施例中，上述步骤 S112，具体包括：

计算工艺功率 P 与工艺电流 I 的平方的比值 (P/I^2)，并作为上述工艺负载 (r_s+r_{01})。

在一些可选的实施例中，上述步骤 S12 和上述步骤 S13 中，上述基准工艺腔室和当前工艺腔室中任一工艺腔室的电路负载 r_0 通过如下方式得到：

控制工艺腔室的上电极电源输出检测功率 P_0 ，并检测该上电极电源与工艺腔室之间的检测电流 I_0 ；在检测功率 P_0 下工艺腔室中未发生等离子体启辉；

根据工艺腔室的检测功率 P_0 与检测电流 I_0 得到工艺腔室的电路负载 r_0 。

需要说明的是，上述检测功率 P_0 一般低于执行半导体工艺步骤时射频电源 1 的输出功率 P_{in} ，以使该检测功率 P_0 能够全部消耗至上电极通路上，而不足以使腔室中的等离子体启辉，从而无等离子体负载产生。

在一些可选的实施例中，上述根据工艺腔室的检测功率 P_0 与检测电流 I_0 得到工艺腔室的电路负载 r_0 ，具体包括：

计算检测功率 P_0 与检测电流 I_0 的平方的比值 (P_0/I_0^2)，并作为电路负载 r_0 。

在一个具体实施例中，如图 9 所示，在利用 A 腔室、B 腔室和 C 腔室执行半导体工艺步骤 1 时，以 A 腔室为基准工艺腔室为例，先获取与半导体工艺步骤 1 对应的基准工艺腔室（即，A 腔室）的等离子体负载 r_{s1} ，并计算与半导体工艺步骤 1 对应的基准工艺腔室（即，A 腔室）的工艺负载 ($r_{s1}+r_{0A}$)、

B腔室的工艺负载 $(r_{s1}+r_{0B})$ 以及C腔室的工艺负载 $(r_{s1}+r_{0C})$,进而得到B腔室、C腔室各自的工艺负载与A腔室的工艺负载的比值(即功率补偿系数)。

如图9所示,对于半导体工艺步骤1而言,B腔室的功率补偿系数为 $(r_{s1}+r_{0B})/(r_{s1}+r_{0A})$,A腔室的输入功率 P_{in} 最终加载至A腔室中等离子体(plasma)的负载为 $P_{pA1}=[r_{s1}/(r_{s1}+r_{0A})]\times P_{in}$,B腔室的输入功率 P_{in} 在调整前,加载至B腔室中等离子体的负载为: $P_{pB1}=[r_{s1}/(r_{s1}+r_{0B})]\times P_{in}$,在根据补偿系数 $(r_{s1}+r_{0B})/(r_{s1}+r_{0A})$ 将B腔室的输入功率调整为 $[(r_{s1}+r_{0B})/(r_{s1}+r_{0A})]\times P_{in}$ 后,加载至B腔室中等离子体的负载为:

$$P_{pB1}=[r_{s1}/(r_{s1}+r_{0B})]\times [(r_{s1}+r_{0B})/(r_{s1}+r_{0A})]\times P_{in}=[r_{s1}/(r_{s1}+r_{0A})]\times P_{in},$$

即,加载至B腔室中等离子体的负载 P_{pB1} 与加载至A腔室中等离子体的负载 P_{pA1} 相等,从而可以提高B腔室与基准工艺腔室(即,A腔室)的工艺结果一致性。

类似的,对应于半导体工艺步骤1,C腔室的功率补偿系数为 $(r_{s1}+r_{0C})/(r_{s1}+r_{0A})$,C腔室的输入功率 P_{in} 调整前,加载至C腔室中等离子体的负载为 $P_{pC1}=[r_{s1}/(r_{s1}+r_{0C})]\times P_{in}$,在根据补偿系数 $(r_{s1}+r_{0C})/(r_{s1}+r_{0A})$ 将C腔室的输入功率调整为 $[(r_{s1}+r_{0C})/(r_{s1}+r_{0A})]\times P_{in}$ 后,加载至C腔室中等离子体的负载为:

$$P_{pC1}=[r_{s1}/(r_{s1}+r_{0C})]\times [(r_{s1}+r_{0C})/(r_{s1}+r_{0A})]\times P_{in}=[r_{s1}/(r_{s1}+r_{0A})]\times P_{in},$$

即,加载至C腔室中等离子体的负载 P_{pC1} 与加载至A腔室中等离子体的负载 P_{pA1} 相等,从而可以提高C腔室与A腔室基准工艺腔室(即,A腔室)的工艺结果一致性。

在一些可选的实施例中,如图10所示,半导体工艺步骤可以为多个,分别为Step1、Step2……StepN,N为大于1的整数,N个工艺步骤对应的工艺时间分别为T1、T2……TN。在这种情况下,在进行上述步骤S11之后,且在进行所有的半导体工艺步骤之前,本发明实施例提供的上电极电源功率

调节方法还包括：

将获取的与各个半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室的等离子体负载
(r_{s1} 、 r_{s2} …… r_{sN}) 写入参数表 (如下表 1-1 所示)；

表 1-1 不同工艺步骤对应的等离子体负载

Step	r_s
1	r_{s1}
2	r_{s2}
...	...
N	r_{sN}

调用基准工艺腔室的电路负载和当前工艺腔室的电路负载；

在此基础上，上述步骤 S20，具体包括：

在开始进行第一半导体工艺步骤 Step1 时，调用上述参数表中与当前的
第一半导体工艺步骤 Step1 对应的基准工艺腔室的等离子体负载 r_{s1} ；

然后进行上述步骤 S12 和上述步骤 S13，以得到当前工艺腔室的工艺负载；

根据当前工艺腔室的工艺负载和基准工艺腔室的工艺负载，确定与当前的
第一半导体工艺步骤 Step1 对应的当前工艺腔室相对于基准工艺腔室的功率补偿系数 α_1 ；

控制当前工艺腔室的上电极电源输出经该功率补偿系数补偿后的补偿功率；

待第一半导体工艺步骤 Step1 完成后，开始进行第二半导体工艺步骤 Step2，其功率调节过程与第一半导体工艺步骤 Step1 的上述功率调节过程相同，在此不再重复描述。

如图 7、图 8 所示，执行第一半导体工艺步骤 Step1 时，根据输入功率 P_{in} (即工艺功率 P) 和工艺电流 I_1 得到第一半导体工艺步骤 Step1 对应的等

离子体负载 r_{s1} (即工艺腔室的阻抗实部 r_{s1}); 执行第二半导体工艺步骤 Step2 时根据输入功率 P_{in} (即工艺功率 P) 和工艺电流 I_2 得到第二半导体工艺步骤 Step2 对应的等离子体负载 r_{s2} (即工艺腔室的阻抗实部 r_{s2})。如图 10 所示, 在依次进行 N 步半导体工艺步骤 (Step1、Step2……StepN) 时通过直接调取 N 步工艺步骤对应的等离子体负载即可快速计算得到 N 步工艺步骤对应的补偿系数 α (α_1 、 α_2 …… α_N), 从而可以提高射频电源的功率调整效率。

作为本发明的第二个方面, 提供一种半导体工艺设备, 该半导体工艺设备能够通过本发明实施例提供的上电极电源功率调节方法对至少一个工艺腔室的上电极电源的功率进行调节。如图 14 所示, 半导体工艺设备 100 包括多个工艺腔室, 多个工艺腔室中的任一工艺腔室作为基准工艺腔室 101, 其余的工艺腔室中进行半导体工艺步骤的工艺腔室为当前工艺腔室 102 (图 14 中仅示出了其中一个当前工艺腔室 102)。

本发明实施例对任一工艺腔室的上电极电源的输出频率不做具体限定, 例如, 可选地, 上电极电源的输出频率可以为 13.56MHz。

本发明实施例提供的半导体工艺设备 100, 包括:

获取单元 103, 用于获取与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室 101 和当前工艺腔室 102 各自的上电极电源的工艺负载;

计算单元 104, 用于根据当前工艺腔室 102 的工艺负载和基准工艺腔室 101 的工艺负载, 确定与半导体工艺步骤对应的当前工艺腔室 102 相对于基准工艺腔室 101 的功率补偿系数;

控制单元 105, 用于在进行半导体工艺步骤时, 控制当前工艺腔室 102 的上电极电源输出补偿功率, 该补偿功率为与半导体工艺步骤对应的当前工艺腔室 102 的上电极电源的设定功率与对应的功率补偿系数的乘积。

在一些可选的实施例中, 如图 5 所示, 上述获取单元 103 包括多个电流检测装置 12, 多个电流检测装置 12 的数量与工艺腔室 (包含基准工艺腔室

101 和其余所有的工艺腔室)的数量相同,且各电流检测装置 12 一一对应地设置在各上电极电源与对应的工艺腔室之间,电流检测装置 12 用于获取对应的上电极电源与对应的工艺腔室之间的工艺电流和/或检测电流,该检测电流是指工艺腔室未发生等离子起辉时上电极电源输出的电流。

利用上述电流检测装置 12 获取对应的上电极电源与对应的工艺腔室之间的工艺电流,可以根据工艺功率与工艺电流得到基准工艺腔室的工艺负载,进而可以计算得到基准工艺腔室的等离子体负载 r_s 。利用上述电流检测装置 12 获取对应的上电极电源与对应的工艺腔室之间的检测电流,可以得到工艺腔室的电路负载 r_0 。由此,可以进一步计算得到与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载。

在一些可选的实施例中,上述计算单元 104 和控制单元 105 可以为控制器。

综上所述,本发明实施例提供的功率调节方法和半导体工艺设备能够根据与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载,得到当前工艺腔室相对于基准工艺腔室的功率补偿系数,并控制当前工艺腔室的上电极电源输出补偿功率,该补偿功率为与半导体工艺步骤对应的当前工艺腔室的上电极电源的设定功率与对应的功率补偿系数的乘积,这样可以使当前工艺腔室中加载至等离子体的功率与基准工艺腔室保持一致,从而提高了不同工艺腔室中等离子体的参数一致性,进而提高了工艺结果的一致性。

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的上电极电源功率调节方法，其特征在于，包括：

5 获取与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载；

 在进行所述半导体工艺步骤时，根据所述当前工艺腔室的所述工艺负载和所述基准工艺腔室的所述工艺负载，确定与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室相对于所述基准工艺腔室的功率补偿系数；

10 控制所述当前工艺腔室的所述上电极电源输出补偿功率，所述补偿功率为与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室的所述上电极电源的设定功率与对应的所述功率补偿系数的乘积。

2、根据权利要求1所述的功率调节方法，其特征在于，所述据所述当前工艺腔室的所述工艺负载和所述基准工艺腔室的所述工艺负载，确定与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室相对于所述基准工艺腔室的功率补偿系数，包括：

 计算所述当前工艺腔室的所述工艺负载与所述基准工艺腔室的所述工艺负载的比值，并将所述比值作为所述功率补偿系数。

20

3、根据权利要求1或2所述的功率调节方法，其特征在于，所述基准工艺腔室和所述当前工艺腔室上均设置有上电极电路，所述上电极电源用于通过对应的上电极电路向对应的工艺腔室输出电能，所述获取与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载，包括：

25

 获取所述半导体工艺步骤对应的所述基准工艺腔室的等离子体负载；

 将所述基准工艺腔室的电路负载与所述等离子体负载相加，得到所述基

准工艺腔室的所述工艺负载；

将所述当前工艺腔室的电路负载与所述基准工艺腔室的所述等离子体负载相加，得到所述当前工艺腔室的所述工艺负载。

- 5 4、根据权利要求3所述的功率调节方法，其特征在于，所述获取所述半导体工艺步骤对应的所述基准工艺腔室的等离子体负载，包括：

在进行所述半导体工艺步骤时，控制所述基准工艺腔室的所述上电极电源输出工艺功率，并检测所述上电极电源与所述基准工艺腔室之间的工艺电流；

- 10 根据所述工艺功率与所述工艺电流得到所述基准工艺腔室的所述工艺负载；

将所述基准工艺腔室的所述工艺负载减去所述基准工艺腔室的电路负载，得到所述基准工艺腔室的所述等离子体负载。

- 15 5、根据权利要求4所述的功率调节方法，其特征在于，所述根据所述工艺功率与所述工艺电流得到所述基准工艺腔室的所述工艺负载，包括：

计算所述工艺功率与所述工艺电流的平方的比值，并作为所述工艺负载。

- 20 6、根据权利要求3所述的功率调节方法，其特征在于，所述基准工艺腔室和所述当前工艺腔室中任一工艺腔室的所述电路负载通过如下方式得到：

25 控制所述工艺腔室的所述上电极电源输出检测功率，并检测所述上电极电源与所述工艺腔室之间的检测电流，在所述检测功率下所述工艺腔室中未发生等离子体启辉；

根据所述工艺腔室的所述检测功率与所述检测电流得到所述工艺腔室的所述电路负载。

7、根据权利要求6所述的功率调节方法，其特征在于，所述根据所述工艺腔室的所述检测功率与所述检测电流得到所述工艺腔室的所述电路负载，包括：

- 5 计算所述检测功率与所述检测电流的平方的比值，并作为所述电路负载。

8. 根据权利要求3所述的功率控制方法，其特征在于，所述半导体工艺步骤为多个；

- 10 在所述获取与半导体工艺步骤对应的基准工艺腔室和当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载之后，且在开始进行所有的半导体工艺步骤之前，所述上电极电源功率调节方法还包括：

将获取的与各个所述半导体工艺步骤对应的所述基准工艺腔室的等离子体负载写入参数表；

- 15 调用所述基准工艺腔室的电路负载和所述当前工艺腔室的电路负载；

所述在开始进行所述半导体工艺步骤时，根据所述当前工艺腔室的所述工艺负载和所述基准工艺腔室的所述工艺负载，确定与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室相对于所述基准工艺腔室的功率补偿系数，包括：

- 20 在开始进行各所述半导体工艺步骤时，调用所述参数表中与当前的所述半导体工艺步骤对应的所述基准工艺腔室的等离子体负载；

根据所述当前工艺腔室的所述工艺负载和所述基准工艺腔室的所述工艺负载，确定与当前的所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室相对于所述基准工艺腔室的功率补偿系数。

- 25 9、一种半导体工艺设备，所述半导体工艺设备包括多个工艺腔室，其特征在于，所述半导体工艺设备通过权利要求1至8中任意一项所述的上电极电源功率调节方法对所述多个工艺腔室的上电极电源的功率进行调节，所

述多个工艺腔室中的任一工艺腔室作为基准工艺腔室，其余的工艺腔室中进行半导体工艺步骤的工艺腔室为当前工艺腔室；

所述半导体工艺设备包括：

获取单元，用于获取与半导体工艺步骤对应的所述基准工艺腔室和所述
5 当前工艺腔室各自的上电极电源的工艺负载；

计算单元，用于根据所述当前工艺腔室的所述工艺负载和所述基准工艺腔室的所述工艺负载，确定与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室相对于所述基准工艺腔室的功率补偿系数；

控制单元，用于在进行所述半导体工艺步骤时，控制所述当前工艺腔室
10 的所述上电极电源输出补偿功率，所述补偿功率为与所述半导体工艺步骤对应的所述当前工艺腔室的所述上电极电源的设定功率与对应的所述功率补偿系数的乘积。

10、根据权利要求9所述的半导体工艺设备，其特征在于，所述获取单元
15 包括多个电流检测装置，所述电流检测装置的数量与所述工艺腔室的数量相同，且各所述电流检测装置一一对应地设置在各所述上电极电源与对应的所述工艺腔室之间，所述电流检测装置用于获取对应的所述上电极电源与对应的工艺腔室之间的工艺电流和/或检测电流，所述检测电流是指工艺腔室未发生等离子起辉时所述上电极电源输出的电流。