

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 12 月 20 日 (20.12.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/228133 A1

(51) 国际专利分类号:
H01J 37/32 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/087612

(22) 国际申请日: 2018 年 5 月 21 日 (21.05.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710454753.3 2017 年 6 月 15 日 (15.06.2017) CN

(71) 申请人: 北京北方华创微电子装备有限公司 (BEIJING NAURA MICROELECTRONICS EQUIPMENT CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。

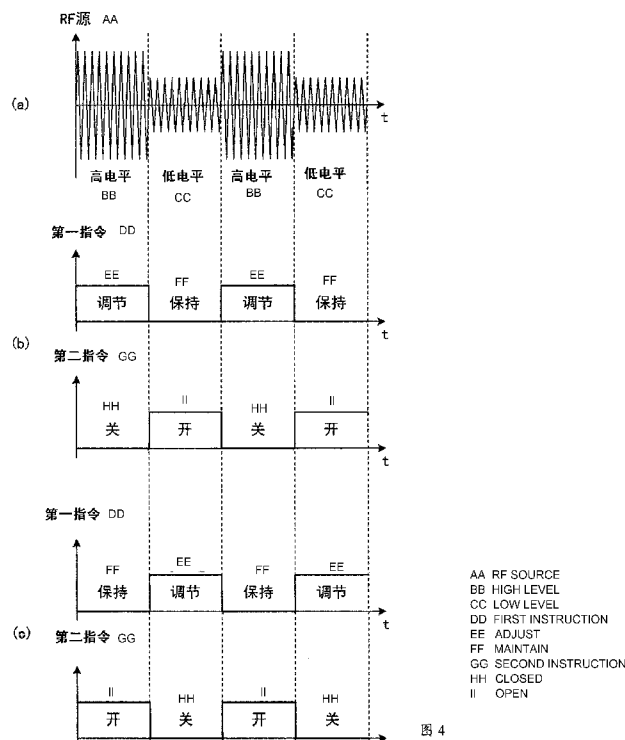
(72) 发明人: 杨京 (YANG, Jing); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。 韦刚 (WEI, Gang); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。 卫晶 (WEI, Jing); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。

(74) 代理人: 北京天昊联合知识产权代理有限公司 (TEE & HOWE INTELLECTUAL PROPERTY ATTORNEYS); 中国北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 D 座 10 层 张天舒, Beijing 100005 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: IMPEDANCE MATCHING METHOD, IMPEDANCE MATCHING APPARATUS AND PLASMA GENERATION DEVICE

(54) 发明名称: 阻抗匹配方法、阻抗匹配装置及等离子体产生设备



(57) Abstract: Disclosed are an impedance matching method, an impedance matching apparatus and a plasma generation device. The impedance matching method is used for matching the impedance between a radio-frequency source and a load connected to the radio-frequency source, and comprises: selectively performing an automatic matching step or a frequency sweep matching step according to the working mode of the radio-frequency source, wherein in the automatic matching step, indicating a motor to drive an impedance matching network to provide a certain impedance; and in the frequency sweep matching step, indicating the motor to stop driving and

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

the radio-frequency source to perform a frequency sweep operation. According to embodiments of the present invention, the phenomenon of unstable and non-repetitive matching caused by fast impedance change in the impedance matching process can be effectively avoided, and a larger process window and the process stability can be implemented.

(57) 摘要: 本发明公开了阻抗匹配方法、阻抗匹配装置及等离子体产生设备。该阻抗匹配方法用于对射频源和射频源连接的负载之间的阻抗进行匹配, 包括: 根据射频源的工作模式, 选择性地自动匹配步骤或者扫频匹配步骤; 其中, 在自动匹配步骤中, 指示电机驱动匹配阻抗网络以提供一定的阻抗; 在扫频匹配步骤中, 指示电机停止驱动以及射频源进行扫频操作。根据本公开的实施例, 可以有效避免阻抗匹配过程中由于阻抗变化过快导致的匹配不稳定和不重复的现象, 可以实现较大的工艺窗口和工艺稳定性。

阻抗匹配方法、阻抗匹配装置及等离子体产生设备

技术领域

本公开一般地涉及电子电路技术，更具体地，涉及一种阻抗匹配方法、阻抗匹配装置及等离子体产生设备。

背景技术

在传统半导体制造工艺中已经使用各种类型的等离子体设备。现今比较广泛的一种用于等离子体刻蚀设备的激发等离子体方式为电感耦合等离子体（ICP, Inductively Coupled Plasma），这种方式可以在较低的工作气压下获得高密度的等离子体，而且设备的结构简单，造价低，同时可以独立控制产生等离子体的射频源（决定等离子体密度）和基片台射频源（决定入射到晶片上的粒子能量）。

传统的刻蚀机设备的射频源输出的是正弦连续波。随着集成电路的进一步发展，原有的技术方案已无法满足 20nm 及以下刻蚀工艺的要求，而脉冲等离子体新技术的应用则实现了微细化工艺上的突破。脉冲等离子体技术用于减小连续波射频能量带来的等离子体诱导损伤（Plasma induced damage, PID），改善刻蚀工艺中的负载效应（Loading effect），显著提高刻蚀选择比（Selectivity），并且增大了工艺调节手段和窗口。

在射频能量传输的过程中，射频源的输出阻抗一般为 50 欧姆，而反应腔室的输入阻抗一般为一个具有实部阻抗和虚部阻抗的非 50 欧姆阻抗值。因而，如果直接将能量传输至反应腔室，则由于传输路径的阻抗不匹配，可能发生射频能量的反射，导致反应腔室中无法正常激发等离子体。因此，需要在射频源和反应腔室间接入一个匹配装置，使射频源后端的输入阻抗为 50 欧姆，便于能量的正常传输。

发明内容

有鉴于此，本公开的目的至少部分地在于提供一种阻抗匹配方法、阻抗匹配装置及等离子体产生设备，以有效实施阻抗匹配。

根据本公开的一个方面，提供了一种阻抗匹配方法，可选的，用于对射频源和所述射频源连接的负载之间的阻抗进行匹配，其特征在于，所述阻抗匹配方法包括：

根据所述射频源的工作模式，选择性地进行自动匹配步骤或者扫频匹配步骤；其中，

在所述自动匹配步骤中，指示电机驱动匹配阻抗网络以提供一定的阻抗；

在所述扫频匹配步骤中，指示电机停止驱动以及所述射频源进行扫频操作。

可选的，所述射频源的工作模式为脉冲双电平模式，所述脉冲双电平模式包括高电平阶段和低电平阶段；

在所述高电平阶段，进行所述自动匹配步骤；

在所述低电平阶段，进行所述扫频匹配步骤；

或者，在所述高电平阶段，进行所述扫频匹配步骤；

在所述低电平阶段，进行所述自动匹配步骤。

可选的，所述射频源在所述高电平阶段输出的功率与在所述低电平阶段输出的功率不同。

根据本公开的另一方面，提供了一种阻抗匹配装置，用于对射频源和所述射频源连接的负载之间的阻抗进行匹配，其特征在于，所述阻抗匹配装置包括：

匹配阻抗网络；

电机，用于驱动所述匹配阻抗网络以提供一定的阻抗；以及

控制器，响应于接收到的射频源的工作模式，选择性地发出第一指令或第二指令，其中，所述第一指令指示所述电机驱动阻抗匹配网络以提供一定的阻抗；所述第二指令指示所述电机停止驱动以及所述射频源进行扫频操作。

可选的，所述射频源的工作模式为脉冲双电平模式，所述脉冲双电平模式包括高电平阶段和低电平阶段；

在所述高电平阶段，所述控制器发出所述第一指令；

在所述低电平阶段，所述控制器发出所述第二指令；

或者，在所述高电平阶段，所述控制器发出所述第二指令；

在所述低电平阶段，所述控制器发出所述第一指令。

可选的，射频源的频率可以为 2MHz、13.56MHz、60MHz 中至少之一。

可选的射频源可以以 10Hz-20kHz 的调制频率、10%-90% 的占空比被脉冲调制。

作为本公开的另一方面，提供了一种等离子体产生设备，其包括射频源、与所述射频源连接的负载，以及用于对所述射频源和负载之间的阻抗进行匹配的阻抗匹配装置，所述阻抗匹配装置采用本发明提供的上述阻抗匹配装置。

可选的，所述等离子体产生设备包括电感耦合等离子体产生设备、电容耦合等离子体产生设备、微波等离子体产生设备或电子回旋共振等离子体产生设备。

可选的，所述等离子体产生设备可以用于等离子体刻蚀机。

有益效果：

本发明提供的阻抗匹配方法和阻抗匹配装置的技术方案中，采用电机驱动阻抗匹配与扫频阻抗匹配相结合的方式。具体地，根据射频源的工作模式，选择性地自动匹配步骤或者扫频匹配步骤。于是，可以有效避免阻抗匹配过程中由于阻抗变化过快导致的匹配不稳定和不重复的现象，可以实现较

大的工艺窗口和工艺稳定性。

本发明提供的等离子体产生设备，其通过采用本发明提供的上述阻抗匹配装置，可以实现较大的工艺窗口和工艺稳定性，从而可以应用于高精度的等离子体刻蚀机中。

附图说明

通过以下参照附图对本公开实施例的描述，本公开的上述以及其他目的、特征和优点将更为清楚，在附图中：

图 1 示意性示出了根据本公开实施例的等离子体产生设备的简化图；

图 2 示意性示出了根据本公开实施例的等离子体产生设备的框图；

图 3 示意性示出了根据本公开实施例的阻抗匹配装置的简化电路图；

图 4 示意性示出了根据本公开实施例的工作时序图；

图 5 示意性示出了根据本公开实施例的等离子体刻蚀机的简化截面图。

具体实施方式

以下，将参照附图来描述本公开的实施例。但是应该理解，这些描述只是示例性的，而并非要限制本公开的范围。此外，在以下说明中，省略了对公知结构和技术的描述，以避免不必要地混淆本公开的概念。

在此使用的术语仅仅是为了描述具体实施例，而并非意在限制本公开。这里使用的词语“一”、“一个（种）”和“该”等也应包括“多个”、“多种”的意思，除非上下文另外明确指出。此外，在此使用的术语“包括”、“包含”等表明了所述特征、步骤、操作和/或部件的存在，但是并不排除存在或添加一个或多个其他特征、步骤、操作或部件。

在此使用的所有术语（包括技术和科学术语）具有本领域技术人员通常所理解的含义，除非另外定义。应注意，这里使用的术语应解释为具有与本说明书的上下文相一致的含义，而不应以理想化或过于刻板的方式来解释。

还需要说明的是，实施例中提到的方向用语，例如“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”等，仅是参考附图的方向，并非用来限制本公开的范围。贯穿附图，相同的元素由相同或相似的附图标记来表示。并且图中各部件的形状和尺寸不反映真实大小和比例，而仅示意本公开实施例的内容。

除非另外明确指出，否则本说明书及所附权利要求中的数值参数是近似值，能够根据通过本公开的内容所得的所需特性改变。具体而言，所有使用于说明书及权利要求中表示组成的含量、反应条件等等的数字，应理解为在所有情况中是受到「约」的用语所修饰。一般情况下，其表达的含义是指包含特定数量在一些实施例中 $\pm 10\%$ 的变化、在一些实施例中 $\pm 5\%$ 的变化、在一些实施例中 $\pm 1\%$ 的变化、在一些实施例中 $\pm 0.5\%$ 的变化。

说明书与权利要求中所使用的序数例如“第一”、“第二”、“第三”等用语，以修饰相应的元件，其本身并不代表该元件有任何的序数，也不代表某一元件与另一元件的顺序、或是制造方法上的顺序，或是其重要性。序数的使用仅用来使具有某命名的一元件得以和另一具有相同命名的元件能做出清楚区分。

图 1 示意性示出了根据本公开实施例的等离子体产生设备的简化图。

如图 1 所示，根据该实施例的等离子体产生设备包括射频（RF）源 101 和与 RF 源 101 连接的负载 105。在等离子体产生设备中，负载 105 可以包括等离子体产生腔。RF 源 101 用以提供一定的 RF 功率，以便在等离子体产生腔中激发变电场。等离子体产生腔中可以保持一定的真空度，引入其中的反应气体可以在变电场的作用下电离，从而产生等离子体。等离子体产生腔可以基于多种机制进行工作，例如电感耦合等离子体（ICP）、电容耦合等离子体（CCP）、微波等离子体、电子回旋共振（ECR）等离子体等。

如背景技术部分所述，RF 源 101 的输出阻抗一般为 50 欧姆，而作为其负载的等离子体产生腔的输入阻抗一般为一个具有实部阻抗和虚部阻抗的非

50 欧姆阻抗值。为了避免源和负载之间阻抗不匹配导致的问题，在 RF 源 101 与作为负载的等离子体产生腔之间耦接有阻抗匹配装置 103，用以匹配 RF 源 101 与等离子体产生腔的阻抗。将在以下进一步详细描述阻抗匹配装置 103 的配置。

图 2 示意性示出了根据本公开实施例的等离子体产生设备的框图。

与以上结合图 1 描述的等离子体产生设备相似，图 2 中示出的等离子体产生设备同样包括 RF 源 101、负载（例如，等离子体产生腔）105 以及连接在 RF 源和负载之间的阻抗匹配装置 103。

阻抗匹配装置 103 用于对射频源 101 和射频源 101 连接的负载 105 之间的阻抗进行匹配。该阻抗匹配装置 103 包括：

匹配阻抗网络 1033；

电机 1035，用于驱动匹配阻抗网络 1033 以提供一定的阻抗；以及

控制器，响应于接收到的射频源 101 的工作模式，选择性地发出第一指令或第二指令，其中，第一指令指示电机 1035 驱动阻抗匹配网络 1033 以提供一定的阻抗；第二指令指示电机 1035 停止驱动以及射频源 101 进行扫频操作。

RF 源 101 可以工作于脉冲双电平（level-level）模式。例如，RF 源 101 可以产生一定频率（例如，2MHz、13.56MHz 或 60MHz，优选为 13.56MHz）的 RF 信号。通过脉冲宽度调制（Pulse Width Modulation, PWM），可以将 RF 信号调制为在一个周期内具有高电平（High level）和低电平（Low level）的脉冲信号（参见图 4 中的（a）部分）。这种脉冲信号有助于等离子体起辉。在 High level 阶段，脉冲信号可以具有较大功率例如 1000W，而在 Low level 阶段，脉冲信号可以具有较小功率（不为零）例如 600W。在一个示例中，该调制信号的调制频率可以为约 10Hz-20kHz，占空比（例如，High Level 阶段在一个周期中的比例）可以为约 10%-90%。RF 源 101 可以输出经 PWM

调制的 RF 信号。

在此，可以根据 RF 源 101 的工作模式选择性地进行自动匹配步骤或者扫频匹配步骤。例如，当 RF 源 101 的工作模式为上述脉冲双电平(level-level)模式时，在 High level 阶段，进行自动匹配步骤。在 Low level 阶段，进行扫频匹配步骤。在实际应用中，可以通过输出工作模式信息 MODE，来对 RF 源 101 的工作模式进行控制，例如指示 RF 源 101 进行 High level 阶段或者 Low level 阶段。该工作模式信息例如可以由控制对 RF 信号进行 PWM 调制的控制单元来输出。

需要说明的是，在实际应用中，还可以在 High level 阶段，进行扫频匹配步骤。在 Low level 阶段，进行自动匹配步骤。

如图 2 所示，阻抗匹配装置 103 可以包括阻抗匹配度检测器 1031、阻抗匹配网络 1033、电机 1035 和控制器 1037。

阻抗匹配度检测器 1031 可以检测 RF 源 101 与负载 105 之间的阻抗匹配度。理论上，当 RF 源 101 与负载 105 之间的阻抗相匹配时，来自 RF 源 101 的 RF 功率将全部传输至负载 105，而不存在来自负载 105 的反射功率。因此，在一个示例中，可以通过检测来自 RF 源 101 的入射电压以及来自负载 105 的反射电压，并对二者进行比较（例如，通过计算驻波比（SWR））来进行阻抗匹配度检测。当然，本公开不限于此，而是可以通过其他各种合适的方式来检测阻抗匹配度。另外，阻抗匹配度检测器 1031 可以仅检测用于导出阻抗匹配度的相关参数，将这些参数发送至控制器 1037 以便由控制器 1037 确定阻抗匹配度，而并不由自身来确定。

阻抗匹配网络 1033 连接在 RF 源 101 与负载 105 之间，用以提供可变阻抗，并因此匹配 RF 源 101 与负载 105 之间的阻抗。阻抗匹配网络 1033 可以包括阻抗元件（例如，容性阻抗元件、抗性阻抗元件等）连接而成的网络。这些阻抗元件中的至少一部分可以具有可变阻抗配置，使得阻抗匹配网络

1033 整体上可以呈现不同的阻抗值。例如，阻抗匹配网络 1033 可以包括可变电容元件。可变电容元件可以包括可旋转部件（例如，其极板或者极板之间的电介质层），通过对该可旋转部件进行旋转，从而改变其电容值。

电机 1035 可以驱动阻抗匹配网络 1033（具体地，其中的可变阻抗元件如可变电容元件），以提供一定的阻抗值。例如，电机 1035 可以驱动可变电容元件中的可旋转部件进行旋转，从而改变该可变电容元件的电容值。电机 1035 例如可以是步进电机。

控制器 1037 可以控制阻抗匹配装置 103 的总体操作。根据本公开的实施例，控制器 1037 可以根据 RF 源 101 的工作模式，选择性地发出针对电机 1035 的第一指令 CMD1 或者针对 RF 源 101 的第二指令 CMD2。

其中，第一指令 CMD1 可以指示电机 1035 驱动阻抗匹配网络 1035 以实现一定的阻抗。在该第一指令 CMD1 中可以包括或者可以在该第一指令 CMD1 之外另外提供电机 1035 的驱动信息（例如，转动方向、转动角度等）。例如，控制器 1037 可以接收由阻抗匹配度检测器 1031 所检测的阻抗匹配度（例如，以 SWR 代表）或者根据阻抗匹配度检测器 1031 所检测到的参数来导出阻抗匹配度，并根据阻抗匹配度，得到电机 1035 的驱动信息。于是，电机 1035 可以根据接收到的驱动信息相应地转动（例如，前进或后退）一定的角度，以改变（例如，增大或减小）阻抗匹配网络 1033 提供的阻抗值。例如，控制器 1037 可以实施控制，使得 SWR 向着接近 1 的方向变化，直至 SWR 尽可能接近乃至等于 1（意味着阻抗完全匹配）。

第二指令 CMD2 可以指示 RF 源 101 进行扫频操作。例如，RF 源 101 中的 RF 信号发生器可以根据接收到的第二指令 CMD2，在一定范围内（例如，从 12.88MHz-14.32MHz）改变其所产生的 RF 信号的频率。由于 RF 信号的频率发生改变，阻抗匹配网络 1033 的阻抗也会发生一定的变化（例如，电容和电感的阻抗随信号频率改变）。例如，控制器 1037 可以实施控制，使

得 SWR 向着接近 1 的方向变化, 使 SWR 尽可能接近乃至等于 1。

在不同的 RF 源 101 的工作模式下, 电机驱动阻抗匹配操作与扫频阻抗匹配操作可以择一进行。

根据本公开的实施例, 在 High level 阶段, 控制器 1037 可以发出第一指令 CMD1; 在 Low level 阶段, 控制器 1037 可以发出第二指令 CMD2。也即, 在 High level 阶段, 可以通过电机 1035 驱动阻抗匹配网络 1033 来提供阻抗匹配 (此时, 扫描操作可以停止), 而在 Low level 阶段, 可以通过 RF 源 101 的扫频操作来提供阻抗匹配 (此时, 电机可以停止驱动, 例如保留在上一次驱动结束时的位置)。

或者, 根据本公开的实施例, 在 Low level 阶段, 控制器 1037 可以发出第一指令 CMD1, 而在 High level 阶段, 控制器 1037 可以发出第二指令 CMD2。也即, 在 Low level 阶段, 可以通过电机 1035 驱动阻抗匹配网络 1033 来提供阻抗匹配 (此时, 扫描操作可以停止), 而在 High level 阶段, 可以通过 RF 源 101 的扫频操作来提供阻抗匹配 (此时, 电机可以停止驱动, 例如保留在上一次驱动结束时的位置)。

图 3 示意性示出了根据本公开实施例的阻抗匹配装置的简化电路图。

在图 3 的示例中, 示出了由电感元件 L 以及可变电容元件 C1 和 C2 组成的阻抗匹配网络 1033。可变电容元件 C1 和 C2 分别为串接电容和并接电容, 以提供不同的阻抗分量。

在图 3 的示例中, 阻抗匹配度检测器 1031 可以检测入射电压和反射电压, 并将检测到的入射电压和反射电压发送至控制器 1037。控制器 1037 可以根据接收到的入射电压和反射电压, 来计算阻抗匹配度 (例如, 以 SWR 表示)。

电机 1035 可以包括电机驱动器 1035D 以及枢转轴 1035S。在该示例中, 与两个可变电容元件 C1 和 C2 相对应, 可以设置两个枢转轴 1035S, 用以分

别转动可变电容元件 C1 和 C2 中的可旋转部件。电机驱动器 1035D 可以根据从控制器 1037 接收到的驱动信息，驱动枢转轴 1035S 相应转动。

图 4 示意性示出了根据本公开实施例的工作时序图。

如图 4 中的 (a) 部分所示，RF 源可以工作于脉冲双电平 (level-level) 模式，并因此具有交替的高电平 (High level) 阶段和低电平 (Low level) 阶段。

根据一个实施例，如图 4 中的 (b) 部分所示，在 High level 阶段中，第一指令 CMD1 可以处于高电平，指示电机转动，以驱动阻抗匹配网络来调节阻抗，而第二指令 CMD2 可以处于低电平，指示 RF 源关闭扫频操作。在 Low level 阶段中，第一指令 CMD1 可以处于低电平，指示电机停止转动，且电机可以保持在上一 High level 阶段结束时的位置，而第二指令 CMD 可以处于高电平，指示 RF 源开启扫频操作。重复上述循环，直至 RF 源停止输出。

根据另一个实施例，如图 4 中的 (c) 部分所示，在 High level 阶段中，第一指令 CMD1 可以处于低电平，指示电机不动，而第二指令 CMD 可以处于高电平，指示 RF 源开启扫频操作。在 Low level 阶段中，第一指令 CMD1 可以处于高电平，指示电机转动，以驱动阻抗匹配网络来调节阻抗，而第二指令 CMD2 可以处于低电平，指示 RF 源关闭扫频操作。重复上述循环，直至 RF 源停止输出。

在常规技术中，在 High level 阶段和 Low level 阶段均采用电机驱动阻抗匹配网络进行阻抗匹配。在这种情况下，如果 High level 阶段和 Low level 阶段的阻抗相差较大，则难以实现满足工艺需求的阻抗匹配。因为需要不断地在 High level 阻抗匹配位置与 Low level 阻抗匹配位置之间切换，由于电机响应速度远远跟不上 High level 和 Low level 的阻抗切换速度 (PWM 的调制频率)，从而无法找到一个平衡阻抗点进行匹配，因此有失配风险，最终表现为振荡或反射过大。

与上述常规技术不同，根据本公开的实施例，采用电机驱动阻抗匹配与扫频阻抗匹配相结合的方式。具体地，根据射频源的工作模式，选择性地自动匹配步骤或者扫频匹配步骤。于是，可以有效避免阻抗匹配过程中由于阻抗变化过快导致的匹配不稳定和不重复的现象，可以实现较大的工艺窗口和工艺稳定性。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种阻抗匹配方法，用于对射频源和射频源连接的负载之间的阻抗进行匹配，该阻抗匹配方法包括：

根据射频源的工作模式，选择性地自动匹配步骤或者扫频匹配步骤；其中，

在自动匹配步骤中，指示电机驱动匹配阻抗网络以提供一定的阻抗；

在扫频匹配步骤中，指示电机停止驱动以及射频源进行扫频操作。

可选的，上述射频源的工作模式为脉冲双电平（level-level）模式，该脉冲双电平（level-level）模式包括高电平（High level）阶段和低电平（Low level）阶段。

在 High level 阶段，进行上述自动匹配步骤；

在 Low level 阶段，进行上述扫频匹配步骤。

本发明提供的阻抗匹配方法，其可以有效避免阻抗匹配过程中由于阻抗变化过快导致的匹配不稳定和不重复的现象，可以实现较大的工艺窗口和工艺稳定性。

在实际应用中，还可以在高电平阶段，进行扫频匹配步骤；在低电平阶段，进行自动匹配步骤。

可选的，射频源在高电平阶段输出的功率与在低电平阶段输出的功率不同。进一步的，在 High level 阶段，脉冲信号可以具有较大功率例如 1000W，而在 Low level 阶段，脉冲信号可以具有较小功率（不为零）例如 600W。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种等离子体产生设备，其包括射

频源、与射频源连接的负载，以及用于对射频源和负载之间的阻抗进行匹配的阻抗匹配装置，该阻抗匹配装置采用本发明提供的上述阻抗匹配装置。

本发明提供的等离子体产生设备，其通过采用本发明提供的上述阻抗匹配装置，可以实现较大的工艺窗口和工艺稳定性，从而可以应用于高精度的等离子体刻蚀机中。

在本实施例中，上述等离子体产生设备用于等离子体刻蚀机。具体地，图 5 示意性示出了根据本公开实施例的等离子体刻蚀机的简化截面图。如图 5 所示，等离子体刻蚀机可以包括密闭腔体 505。通过真空系统对腔体 505 进行抽真空操作，可以在腔体 505 中保持一定的真空度。在腔体 505 下方设有基片台 505W，基片可以设置于基片台 505W 上以进行刻蚀。基片台 505W 可以（经由例如本发明提供的上述阻抗匹配装置）连接至 RF 源。

绕腔体 505 的上部，可以缠绕线圈 505L。线圈 505L 可以经由例如上述的阻抗匹配装置而耦接到 RF 源（可以与基片台 505W 的 RF 源相分离），以便接收 RF 功率。于是，线圈 505L 可以在腔体 505 中感应出变电场。通过气体系统引入的反应气体被变电场激发，产生电离并形成等离子体，包括带电的电子和离子。腔体 505 中的气体在电子的撞击下，除了转变成离子之外，还能吸收能量，并形成大量的活性基团。活性基团可以与置于基片台 505W 上的基片上的被刻蚀物质（例如，基片上形成的材料层）表面发生化学反应，并形成挥发性的反应生成物。反应生成物可以脱离被刻蚀物质表面，并被真空系统抽出。另外，可以向基片台 505W 施加直流偏移，使带正电的反应气体离子加速撞击被刻蚀物质表面。这种离子轰击可以大大加快表面的化学反应及反应生成物的脱附，从而使刻蚀速率增加。

尽管在此描述了 ICP 刻蚀机，但是本公开不限于此。例如，本公开的技术也可以应用于其他等离子体刻蚀机如电感耦合等离子体产生设备、电容耦合等离子体产生设备、微波等离子体产生设备或者电子回旋共振等离子体产

生设备等等。

以上对本公开的实施例进行了描述。但是，这些实施例仅仅是为了说明的目的，而并非为了限制本公开的范围。尽管在以上分别描述了各实施例，但是这并不意味着各个实施例中的措施不能有利地结合使用。本公开的范围由所附权利要求及其等价物限定。不脱离本公开的范围，本领域技术人员可以做出多种替代和修改，这些替代和修改都应落在本公开的范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种阻抗匹配方法，用于对射频源和所述射频源连接的负载之间的阻抗进行匹配，其特征在于，所述阻抗匹配方法包括：

5 根据所述射频源的工作模式，选择性地进行自动匹配步骤或者扫频匹配步骤；其中，

在所述自动匹配步骤中，指示电机驱动匹配阻抗网络以提供一定的阻抗；

10 在所述扫频匹配步骤中，指示电机停止驱动以及所述射频源进行扫频操作。

2. 根据权利要求 1 所述的阻抗匹配方法，其特征在于，所述射频源的工作模式为脉冲双电平模式，所述脉冲双电平模式包括高电平阶段和低电平阶段；

15 在所述高电平阶段，进行所述自动匹配步骤；

在所述低电平阶段，进行所述扫频匹配步骤；

或者，在所述高电平阶段，进行所述扫频匹配步骤；

在所述低电平阶段，进行所述自动匹配步骤。

20 3. 根据权利要求 2 所述的阻抗匹配方法，其特征在于，所述射频源在所述高电平阶段输出的功率与在所述低电平阶段输出的功率不同。

4. 一种阻抗匹配装置，用于对射频源和所述射频源连接的负载之间的阻抗进行匹配，其特征在于，所述阻抗匹配装置包括：

25 匹配阻抗网络；

电机，用于驱动所述匹配阻抗网络以提供一定的阻抗；以及

控制器，用于根据所述射频源的工作模式，选择性地发出第一指令或第

二指令，其中，所述第一指令指示所述电机驱动阻抗匹配网络以提供一定的阻抗；所述第二指令指示所述电机停止驱动以及所述射频源进行扫频操作。

5 5. 根据权利要求4所述的阻抗匹配装置，其特征在于，所述射频源的工作模式为脉冲双电平模式，所述脉冲双电平模式包括高电平阶段和低电平阶段；

在所述高电平阶段，所述控制器发出所述第一指令；

在所述低电平阶段，所述控制器发出所述第二指令；

或者，在所述高电平阶段，所述控制器发出所述第二指令；

在所述低电平阶段，所述控制器发出所述第一指令。

10 6. 根据权利要求4所述的阻抗匹配装置，其特征在于，所述射频源的频率为2MHz、13.56MHz、60MHz中至少之一。

15 7. 根据权利要求5所述的阻抗匹配装置，其特征在于，所述射频源以10Hz-20kHz的调制频率、10%-90%的占空比被脉冲调制。

8. 一种等离子体产生设备，包括射频源、与所述射频源连接的负载，以及用于对所述射频源和负载之间的阻抗进行匹配的阻抗匹配装置，其特征在于，所述阻抗匹配装置采用权利要求4-7任意一项所述的阻抗匹配装置。

20 9. 根据权利要求8所述的等离子体产生设备，其特征在于，所述等离子体产生设备包括电感耦合等离子体产生设备、电容耦合等离子体产生设备、微波等离子体产生设备或者电子回旋共振等离子体产生设备。

25 10. 根据权利要求8所述的等离子体产生设备，其特征在于，所述等离子体产生设备用于等离子体刻蚀机。

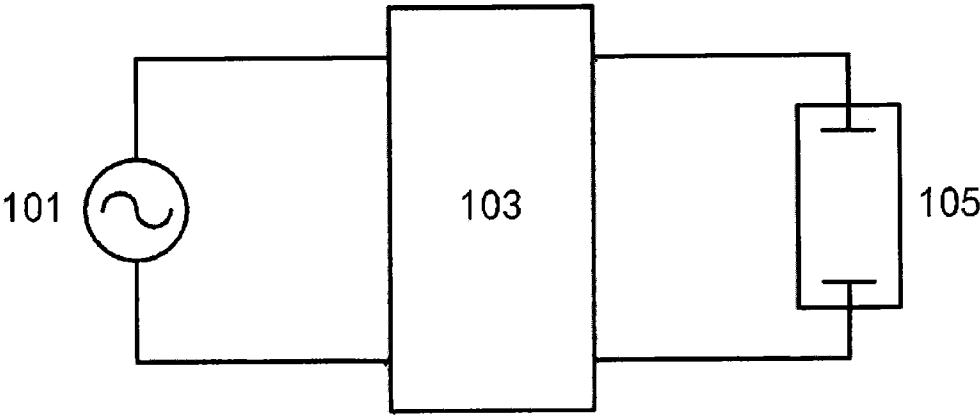


图 1

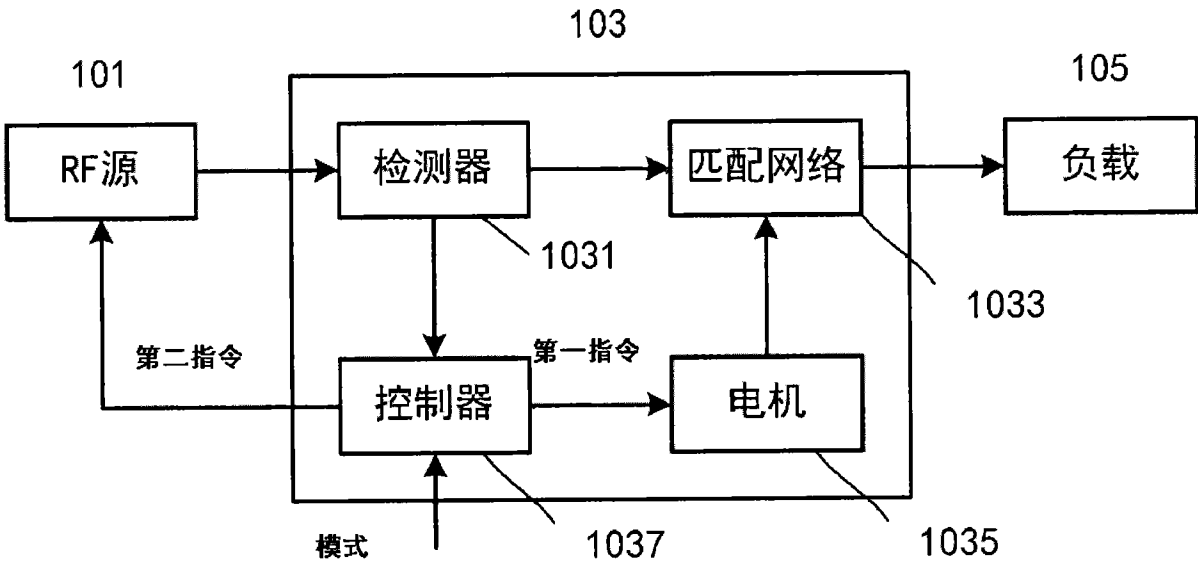


图 2

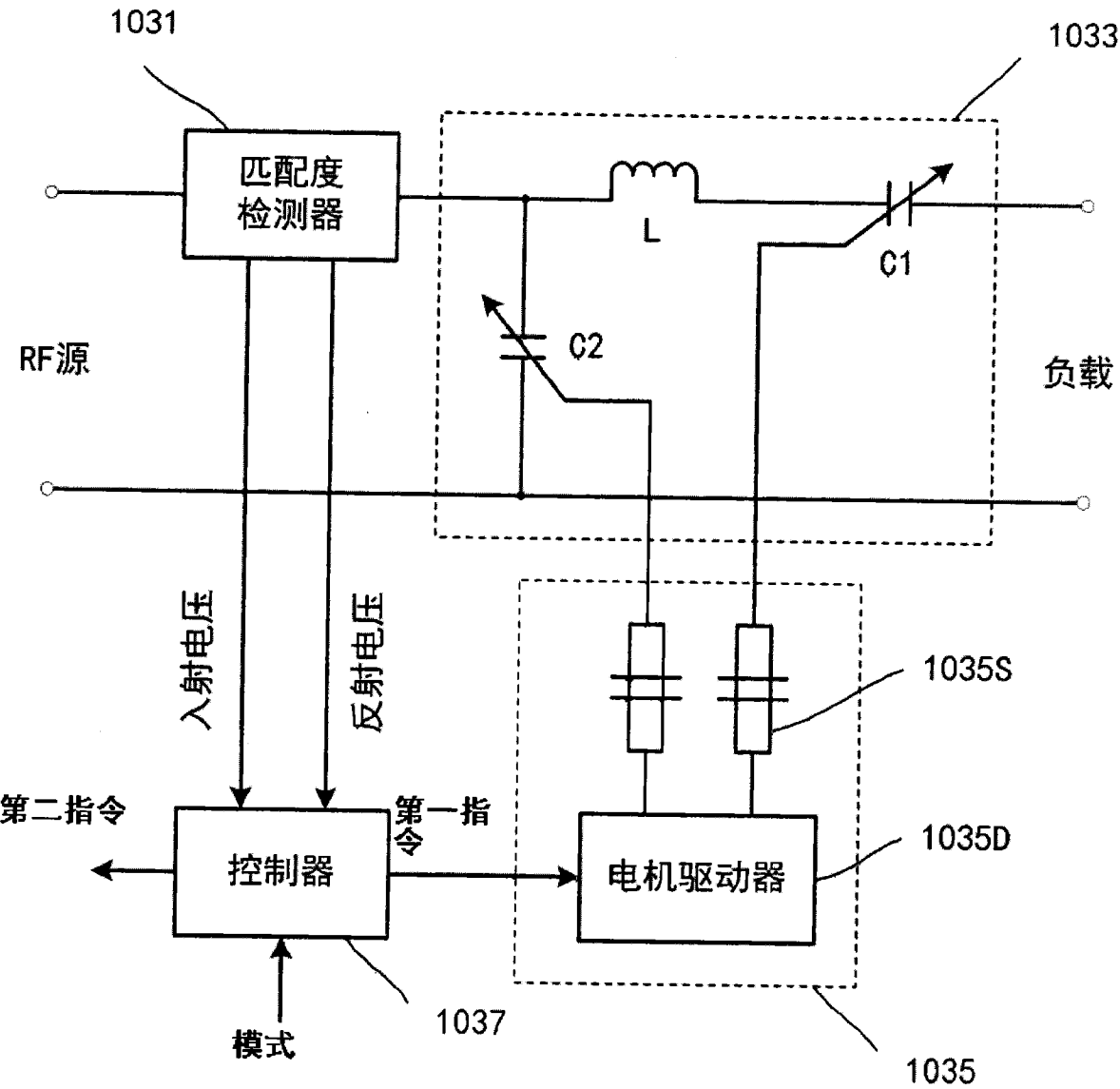


图 3

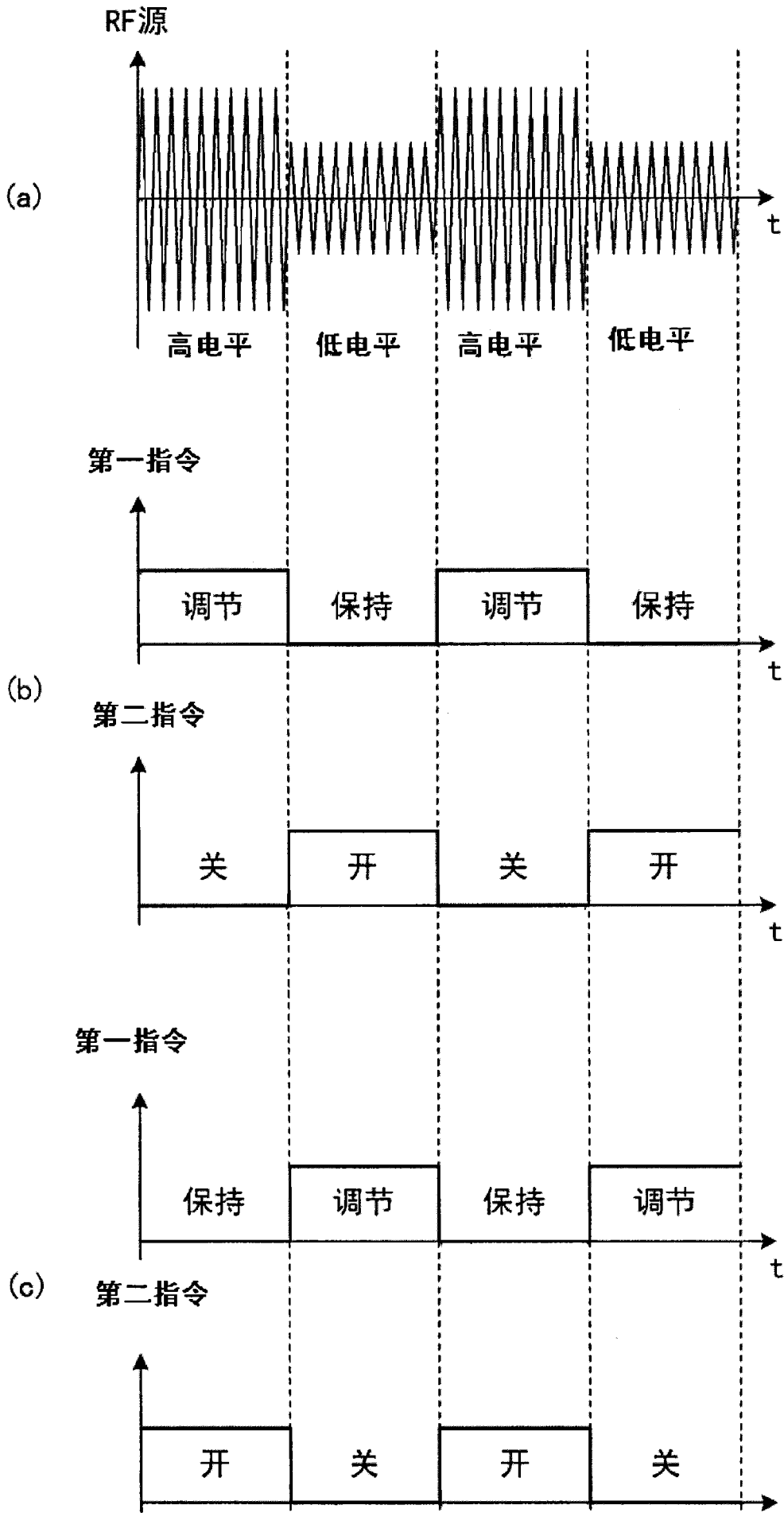


图 4

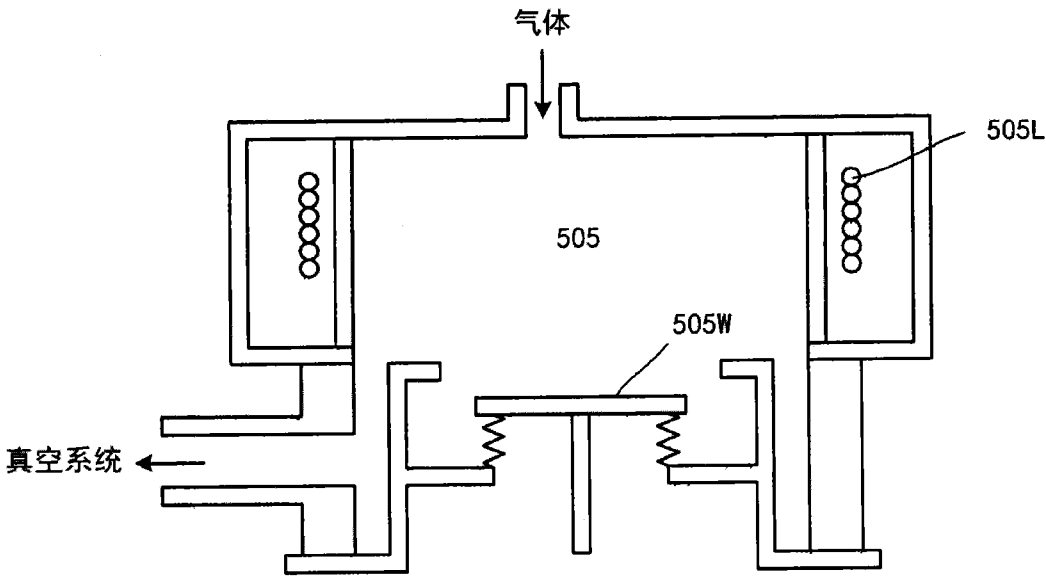


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/087612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J 37/32 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J; H05H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; SIPOABS; DWPI: 等离子, 产生, 处理, 反应, 发生, 生成, 半导体, 阻抗, 匹配, 射频, 电机, 马达, 频率, 调节, 可调, 可变, 扫描, 扫频, 变频, plasma, generate, produce, process, treatment, react, create, semiconductor, impedance, match, radio frequency, rf, motor, frequency, scan, scale, modulate, change, vary, tune, variable

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1520245 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 11 August 2004 (11.08.2004), description, page 1, the last paragraph to page 5, paragraph [0001], and figure 1	1, 4, 6, 8-10
Y	CN 1520245 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 11 August 2004 (11.08.2004), description, page 1, the last paragraph to page 5, paragraph [0001], and figure 1	2, 3, 5-7
Y	CN 103730316 A (ADVANCED MICRO-FABRICATION EQUIPMENT (SHANGHAI) INC.) 16 April 2014 (16.04.2014), description, paragraphs [0019] and [0020]	2, 3, 5-7
A	US 2016126069 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 05 May 2016 (05.05.2016), entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 27 July 2018	Date of mailing of the international search report 09 August 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer ZHANG, Yue Telephone No. (86-10) 62089115

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/087612

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1520245 A	11 August 2004	US 8454794 B2	04 June 2013
		CN 100441065 C	03 December 2008
		US 2005128160 A1	16 June 2005
		TW I355212 B	21 December 2011
		US 2011120653 A1	26 May 2011
		US 2004124779 A1	01 July 2004
		US 8277604 B2	02 October 2012
		US 6876155 B2	05 April 2005
		TW 200414790 A	01 August 2004
		US 7905982 B2	15 March 2011
		US 2012248978 A1	04 October 2012
CN103730316 A	16 April 2014	US 9275870 B2	01 March 2016
		JP 2014082205 A	08 May 2014
		TW 201417138 A	01 May 2014
		KR 20140048816 A	24 April 2014
		KR 101478626 B1	02 January 2015
		TW I474364 B	21 February 2015
		US 2014106572 A1	17 April 2014
		CN 103730316 B	06 April 2016
US 2016126069 A1	05 May 2016	JP 5871875 B2	01 March 2016
		US 9378931 B2	28 June 2016
		KR 101677748 B1	29 November 2016
		KR 20160050396 A	11 May 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/087612

A. 主题的分类

H01J 37/32 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

H01J; H05H

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNABS; CNTXT; CNKI; SIPOABS; DWPI: 等离子, 产生, 处理, 反应, 发生, 生成, 半导体, 阻抗, 匹配, 射频, 电机, 马达, 频率, 调节, 可调, 可变, 扫描, 扫频, 变频, plasma, generate, produce, process, treatment, react, create, semiconductor, impedance, match, radio frequency, rf, motor, frequency, scan, scale, modulate, change, vary, tune, variable

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 1520245 A (拉姆研究有限公司) 2004年 8月 11日 (2004 - 08 - 11) 说明书第1页最后1段至第5页第1段, 图1	1, 4, 6, 8-10
Y	CN 1520245 A (拉姆研究有限公司) 2004年 8月 11日 (2004 - 08 - 11) 说明书第1页最后1段至第5页第1段, 图1	2, 3, 5-7
Y	CN 103730316 A (中微半导体设备上海有限公司) 2014年 4月 16日 (2014 - 04 - 16) 说明书第[0019]和[0020]段	2, 3, 5-7
A	US 2016126069 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 2016年 5月 5日 (2016 - 05 - 05) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 7月 27日

国际检索报告邮寄日期

2018年 8月 9日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10) 62019451

受权官员

张月

电话号码 62089115

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/087612

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	1520245	A	2004年 8月 11日	US	8454794	B2	2013年 6月 4日
				CN	100441065	C	2008年 12月 3日
				US	2005128160	A1	2005年 6月 16日
				TW	I355212	B	2011年 12月 21日
				US	2011120653	A1	2011年 5月 26日
				US	2004124779	A1	2004年 7月 1日
				US	8277604	B2	2012年 10月 2日
				US	6876155	B2	2005年 4月 5日
				TW	200414790	A	2004年 8月 1日
				US	7905982	B2	2011年 3月 15日
				US	2012248978	A1	2012年 10月 4日
CN	103730316	A	2014年 4月 16日	US	9275870	B2	2016年 3月 1日
				JP	2014082205	A	2014年 5月 8日
				TW	201417138	A	2014年 5月 1日
				KR	20140048816	A	2014年 4月 24日
				KR	101478626	B1	2015年 1月 2日
				TW	I474364	B	2015年 2月 21日
				US	2014106572	A1	2014年 4月 17日
				CN	103730316	B	2016年 4月 6日
				JP	5871875	B2	2016年 3月 1日
US	2016126069	A1	2016年 5月 5日	US	9378931	B2	2016年 6月 28日
				KR	101677748	B1	2016年 11月 29日
				KR	20160050396	A	2016年 5月 11日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)