



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111180326 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 25

(21) 申请号 201911032952.0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2019.10.28

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/67 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111180326 A

审查员 丁林娟

(43) 申请公布日 2020.05.19

(73) 专利权人 北京北方华创微电子装备有限公司

地址 100176 北京市大兴区北京经济技术开发区文昌大道8号

(72) 发明人 杨京 卫晶 韦刚 陈国动

李娟娟 魏晓 黄亚辉

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

专利代理师 萧辅宽

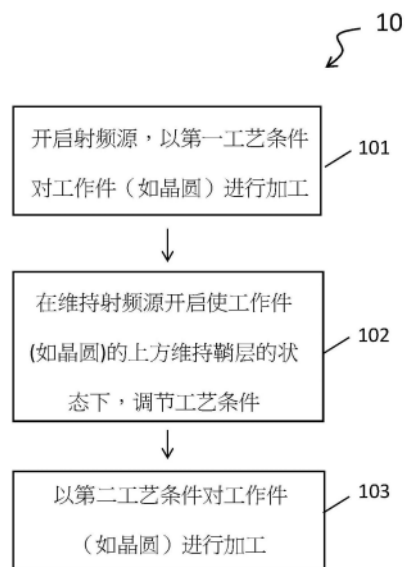
权利要求书1页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

半导体晶圆的加工方法

(57) 摘要

一种半导体晶圆的加工方法,包括:开启射频源,使射频源输出第一射频功率,并将工艺腔室的腔室压力设为第一腔室压力;维持所述射频源开启,将所述射频源的输出功率调节至过渡射频功率;同时,将所述腔室压力调节至第一过渡腔室压力;在预定时间段内,使所述射频源持续输出所述过渡射频功率;同时,将所述腔室压力调节至第二过渡腔室压力;将所述射频源的输出功率调节至第二射频功率;同时,将所述腔室压力调节至所述第二腔室压力;以及,使所述射频源输出所述第二射频功率,并使所述腔室压力保持在所述第二腔室压力本发明在调节工艺条件期间,射频源维持输出射频功率,使得鞘层可维持在工作件(如晶圆)的上方,并借此改善工艺结果及提升良率。



1. 一种半导体晶圆的加工方法,其特征在于,包括:

开启射频源,使射频源输出第一射频功率,并将工艺腔室的腔室压力设为第一腔室压力;

维持所述射频源开启,将所述射频源的输出功率由所述第一射频功率调节至过渡射频功率,所述过渡射频功率为维持启辉的最低射频功率;同时,将所述腔室压力由所述第一腔室压力调节至第一过渡腔室压力,所述第一过渡腔室压力= $X\% * \text{所述第一腔室压力} + Y\% * \text{第二腔室压力}$ ,其中,X和Y为大于零的自然数,且 $X+Y=100$ ;

在预定时间段内,使所述射频源持续输出所述过渡射频功率;同时,将所述腔室压力由所述第一过渡腔室压力调节至第二过渡腔室压力,所述第二过渡腔室压力等于所述第一过渡腔室压力和所述第二腔室压力的平均值;

将所述射频源的输出功率由所述过渡射频功率调节至第二射频功率;

同时,将所述腔室压力由所述第二过渡腔室压力调节至所述第二腔室压力;及

使所述射频源输出所述第二射频功率,并使所述腔室压力保持在所述第二腔室压力。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将所述第一射频功率线性地调节至所述过渡射频功率;和/或

以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将所述过渡射频功率线性地调节至所述第二射频功率。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将所述腔室压力由所述第一腔室压力线性地调节至第一过渡腔室压力;和/或

以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将所述腔室压力由所述第一过渡腔室压力线性地调节至第二过渡腔室压力;和/或

以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将所述腔室压力由所述第二过渡腔室压力线性地调节至所述第二腔室压力。

4. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述固定调节速率的取值范围为800W/S-1000W/S。

5. 如权利要求1-4任一项所述的方法,其特征在于,所述射频源为脉冲射频源或连续波射频源。

6. 如权利要求1-4任一项所述的方法,其特征在于,所述过渡射频功率为300瓦特。

7. 如权利要求1-4任一项所述的方法,其特征在于,当所述第一腔室压力大于所述第二腔室压力时, $X > Y$ 。

8. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

在所述射频源持续输出所述过渡射频功率的同时,将所述工艺腔室中的第一反应气体调节为第二反应气体,并且将第一反应气体流量调节为第二反应气体流量。

9. 如权利要求1或8所述的方法,其特征在于,还包括:

在所述射频源持续输出所述过渡射频功率的同时,将感应线圈的第一电流分配比例调节至过渡电流分配比例,其中所述过渡电流分配比例等于所述第一电流分配比例与第二电流分配比例的平均值;

在将所述射频源的输出功率由所述过渡射频功率调节至所述第二射频功率的同时,将所述过渡电流分配比例调节至所述第二电流分配比例。

## 半导体晶圆的加工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体加工技术领域, 详细来说, 是有关一种半导体晶圆的加工方法。

### 背景技术

[0002] 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。现今采用比较广泛的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 (Inductive Coupled Plasma, ICP)。对于传统的 ICP, 采用的是连续波 (continuous wave, CW) 的射频 (Radio Frequency, RF) 放电模式。此放电模式包含稳定步和 RF 起辉步。稳定步主要是调节工艺条件, 例如通入刻蚀气体、控制腔室压力、控制腔室温度及电流比例等, 稳定步并无射频功率馈入, 因此无等离子体产生; RF 起辉步主要是在稳定步后加载射频功率, 激发刻蚀气体产生等离子体来对工作件 (如晶圆) 进行加工。由于在两个 RF 起辉步间具有稳定步来调节工艺条件, 在稳定步中等离子体熄灭, 导致腔室中的粒子落到工作件 (如晶圆) 上, 从而影响工艺结果及刻蚀良率。

### 发明内容

[0003] 本发明公开一种半导体晶圆的加工方法以解决背景技术中所述, 例如腔室中的粒子落到工作件 (如晶圆) 上影响工艺结果及刻蚀良率的问题。

[0004] 依据本发明的一实施例, 公开一种半导体晶圆的加工方法, 所述方法包括: 开启射频源, 使射频源输出第一射频功率, 并将工艺腔室的腔室压力设为第一腔室压力; 维持所述射频源开启, 将所述射频源的输出功率由所述第一射频功率调节至过渡射频功率, 所述过渡射频功率为维持启辉的最低射频功率; 同时, 将所述腔室压力由所述第一腔室压力调节至第一过渡腔室压力, 所述第一过渡腔室压力 =  $X\% * \text{所述第一腔室压力} + Y\% * \text{第二腔室压力}$ , 其中, X 和 Y 为大于零的自然数, 且  $X + Y = 100$ ; 在预定时间段内, 使所述射频源持续输出所述过渡射频功率; 同时, 将所述腔室压力由所述第一过渡腔室压力调节至第二过渡腔室压力, 所述第二过渡腔室压力等于所述第一过渡腔室压力和所述第二腔室压力的平均值; 将所述射频源的输出功率由所述过渡射频功率调节至第二射频功率; 同时, 将所述腔室压力由所述第二过渡腔室压力调节至所述第二腔室压力; 以及, 使所述射频源输出所述第二射频功率, 并使所述腔室压力保持在所述第二腔室压力。

[0005] 依据本发明的一实施例, 以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将所述第一射频功率线性地调节至所述过渡射频功率; 和/或, 以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将所述过渡射频功率线性地调节至所述第二射频功率。

[0006] 依据本发明的一实施例, 以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将所述腔室压力由所述第一腔室压力线性地调节至第一过渡腔室压力; 和/或, 以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将所述腔室压力由所述第一过渡腔室压力线性地调节至第二过渡腔室压力; 和/或, 以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将所述腔室压力由所述第二过渡腔室压力线性地调节至所述第二腔室压力。

- [0007] 依据本发明的一实施例,所述固定调节速率的取值范围为800W/S-1000W/S。
- [0008] 依据本发明的一实施例,所述射频源为脉冲射频源或连续波射频源。
- [0009] 依据本发明的一实施例,所述过渡射频功率为300瓦特。
- [0010] 依据本发明的一实施例,所述第一腔室压力大于所述第二腔室压力时,X大于Y。
- [0011] 依据本发明的一实施例,在所述射频源持续输出所述过渡射频功率的同时,将所述工艺腔室中的第一反应气体调节为第二反应气体,并且将第一反应气体流量调节为第二反应气体流量。
- [0012] 依据本发明的一实施例,在所述射频源持续输出所述过渡射频功率的同时,将感应线圈的第一电流分配比例调节至过渡电流分配比例,其中所述过渡电流分配比例等于所述第一电流分配比例与第二电流分配比例的平均值;在将所述射频源的输出功率由所述过渡射频功率调节至所述第二射频功率的同时,将所述过渡电流分配比例调节至所述第二电流分配比例。
- [0013] 通过本发明所公开的半导体加工方法,在调节工艺条件的期间,射频源维持输出射频功率,使得鞘层可以维持在工作件(如晶圆)的上方,用以排斥粒子落在工作件(如晶圆)之上,并借此改善工艺结果及提升良率。

#### 附图说明

- [0014] 图1是依据本发明一实施例之半导体加工的方法流程图。
- [0015] 图2是依据本发明一实施例之图1所示步骤102的详细流程图。
- [0016] 图3是依据本发明另一实施例之图1所示步骤102的详细流程图。
- [0017] 图4是依据本发明另一实施例之图1所示步骤102的详细流程图。
- [0018] 图5是依据本发明另一实施例之图1所示步骤102的详细流程图。

#### 具体实施方式

[0019] 以下揭示内容提供了多种实施方式或例示,其能用以实现本揭示内容的不同特征。下文所述之组件与配置的具体例子系用以简化本揭示内容。当可想见,这些叙述仅为例示,其本意并非用于限制本揭示内容。举例来说,在下文的描述中,将一第一特征形成于一第二特征上或之上,可能包括某些实施例其中所述的第一与第二特征彼此直接接触;且也可能包括某些实施例其中还有额外的组件形成于上述第一与第二特征之间,而使得第一与第二特征可能没有直接接触。此外,本揭示内容可能会在多个实施例中重复使用组件符号和/或标号。此种重复使用乃是基于简洁与清楚的目的,且其本身不代表所讨论的不同实施例和/或组态之间的关系。

[0020] 再者,在此处使用空间上相对的词汇,譬如「之下」、「下方」、「低于」、「之上」、「上方」及与其相似者,可能是为了方便说明图中所绘示的一组件或特征相对于另一或多个组件或特征之间的关系。这些空间上相对的词汇其本意除了图中所绘示的方位之外,还涵盖了装置在使用或操作中所处的多种不同方位。可能将所述设备放置于其他方位(如,旋转90度或处于其他方位),而这些空间上相对的描述词汇就应该做相应的解释。

[0021] 虽然用以界定本申请较广范围的数值范围与参数皆是约略的数值,此处已尽可能精确地呈现具体实施例中的相关数值。然而,任何数值本质上不可避免地含有因个别测试

方法所致的标准偏差。在此处,「约」通常系指实际数值在一特定数值或范围的正负10%、5%、1%或0.5%之内。或者是,「约」一词代表实际数值落在平均值的可接受标准误差之内,视本申请所属技术领域中具有通常知识者的考虑而定。当可理解,除了实验例之外,或除非另有明确的说明,此处所用的所有范围、数量、数值与百分比(例如用以描述材料用量、时间长短、温度、操作条件、数量比例及其他相似者)均经过「约」的修饰。因此,除非另有相反的说明,本说明书与附随申请专利范围所揭示的数值参数皆为约略的数值,且可视需求而更动。至少应将这些数值参数理解为所指出的有效位数与套用一般进位法所得到的数值。在此处,将数值范围表示成由一 endpoint 至另一 endpoint 或介于二 endpoint 之间;除非另有说明,此处所述的数值范围皆包括 endpoint。

[0022] 采用电感耦合等离子体(Inductive Coupled Plasma, ICP)的等离子体刻蚀设备欲对工作件如晶圆进行加工时,通常需要先进入一调节阶段,称为稳定步。在稳定步中,等离子体刻蚀设备依据所要进行的加工调节工艺条件,如射频功率、腔室压力、反应气体种类及流量、电流分配比例等等。待工艺条件调节完毕之后,进入工艺阶段,称为RF起辉步。在RF起辉步中,开启射频源,使得等离子体起辉,并且依据前一稳定步所调节的工艺条件来对工作件(如晶圆)进行加工。由于两个相邻RF起辉步之间的稳定步并未维持射频源的开启,工作件(如晶圆)的上方无法维持鞘层来排斥粒子,粒子因此落在工作件(如晶圆)之上,造成工艺结果不如预期以及良率的降低。本发明公开一种半导体加工的方法,该方法使得两个相邻RF起辉步之间仍维持鞘层存在于工作件(如晶圆)之上,借以排斥粒子,进而改善工艺结果及提升良率。

[0023] 图1是依据本发明一实施例之半导体加工的方法10的流程图。在本实施例中,方法10是应用于一种等离子体加工设备。举例来说,该等离子体加工设备可以是一种等离子体刻蚀装置,详细来说,是一种应用电感耦合等离子体(Inductive Coupled Plasma, ICP)的等离子体刻蚀装置。本技术领域具有通常知识者应能理解等离子体加工设备应包括工艺腔室、射频源、匹配电路、感应线圈、置于该工艺腔室内的下部电极平台等必要组件,本发明并不限定等离子体加工设备的详细架构。倘若大致上可以得到相同的结果,本发明并不限定完全依照图1所示的步骤流程来实现方法1。方法1大致可归纳如下:

[0024] 步骤101:开启射频源,以第一工艺条件对工作件(如晶圆)进行加工。

[0025] 步骤102:在维持射频源开启使工作件(如晶圆)的上方维持鞘层的状态下,

[0026] 调节工艺条件。

[0027] 步骤103:以第二工艺条件对工作件(如晶圆)进行加工。

[0028] 在本实施例中,第一工艺条件包括使等离子体加工设备的射频源输出第一射频功率,以及,将等离子体加工设备的工艺腔室的压力保持在第一腔室压力;第二工艺条件包括等离子体加工设备的射频源输出第二射频功率,以及,将等离子体加工设备的工艺腔室的压力保持在第二腔室压力。需注意的是,第一工艺条件还可以包括在工艺腔室内具有第一反应气体、设定第一反应气体的流量,以及,分配在感应线圈中内线圈与外线圈上的第一电流分配比例;第二工艺条件还可以包括在工艺腔室内具有第二反应气体、设定第二反应气体的流量,以及分配在感应线圈中内线圈与外线圈上的第二电流分配比例。

[0029] 在本发明中,并不限定第一工艺条件与第二工艺条件的详细参数,换言之,第一工艺条件与第二工艺条件可以完全不同或者部分相同。举例来说,第一工艺条件与第二工艺

条件中的射频功率、腔室压力不同,其余相同。或者,第一工艺条件与第二工艺条件中的射频功率、腔室压力、反应气体种类和流量、反应气体流量、电流分配比例皆不同。第一工艺条件与第二工艺条件的详细参数取决于实际加工需要。

[0030] 步骤101是上述的RF启辉步。在步骤101中,射频源开启使得工艺腔室内的第一反应气体电离成等离子体,接着,以预先设定好的第一工艺条件来对置于工艺腔室内的工作件(如晶圆)进行加工,例如对工作件(如晶圆)进行刻蚀。在本发明中所提及的射频源可以是脉冲射频源或者连续波射频源,此并非本发明的一限制。本领域具有通常知识者应能轻易理解,在步骤101前可另外包括一步骤将等离子体加工设备的工艺条件调节至第一工艺条件。步骤102是过渡步,也就是在两个相邻RF启辉步间的步骤。在步骤102中,射频源维持开启使得工作件(如晶圆)的上方的鞘层维持存在,同时,将第一工艺条件调节至第二工艺条件。步骤103是RF启辉步。在步骤103中,以在步骤102中所设定好的第二工艺条件来对工作件(如晶圆)进行加工。由于在两个RF启辉步间(即过渡步102),射频源维持开启,等离子体维持启辉状态,工作件(如晶圆)上方的鞘层维持存在,因此,可以阻挡粒子落于工作件(如晶圆)之上,借以改善工艺结果及提升良率。

[0031] 图2是依据本发明一实施例之图1所示步骤102的详细流程图。如图1实施例所述,步骤102是过渡步,为维持鞘层存在,射频源维持开启并且等离子体维持启辉状态,并且在步骤102中,将第一工艺条件调节至第二工艺条件。图2详细说明调节射频源的射频功率的过程。倘若大致上可以得到相同的结果,本发明并不限定完全依照图2所示的步骤流程来实现图2的流程图。图2的流程步骤将过渡步(即步骤102)分为三个子步骤,详细可归纳如下:

[0032] 第一子步骤201:维持射频源开启,将射频源的输出功率由第一射频功率调节至过渡射频功率。

[0033] 第二子步骤202:在预定时间段内,使射频源持续输出过渡射频功率。

[0034] 第三子步骤203:将射频源的输出功率由过渡射频功率调节至第二射频功率。

[0035] 在步骤201至203中,过渡射频功率是维持等离子体启辉的最低射频功率。优选地,过渡射频功率为300瓦特。然而,此并非本发明的一限制,在其他实施例中,过渡射频功率可以是大于最低射频功率的射频功率。需注意的是,在过渡步(即步骤102)中,由于等离子体维持启辉,在正常情况下仍会对工作件(如晶圆)进行加工,例如进行刻蚀,因此,过渡射频功率的功率值也应受到限制。在实际操作中,对于小于2%的加工(如刻蚀)程度可忽略不计,因此,在本发明中,过渡射频功率可以介于维持等离子体启辉的最低射频功率和使得加工(如刻蚀)程度小于2%的射频功率之间。

[0036] 在步骤201中,射频源的输出功率由第一射频功率调节至过渡射频功率的过程可以以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将第一射频功率线性地调节至过渡射频功率。在某些实施例中,可以设定射频源的输出功率以800W/S-1000W/S的速率自第一射频功率线性地调节至过渡射频功率。在某些实施例中,可以设定射频源的输出功率在固定时间段内(如1s)内自第一射频功率线性地调节至过渡射频功率。举例来说,假设第一射频功率是800瓦特,过渡射频功率是300瓦特,在步骤201中,以800W/S的速率自800瓦特线性地下降至300瓦特。以另一例子而言,假设第一射频功率是800瓦特,过渡射频功率是300瓦特,在步骤201中,在固定时间段(如1s)自800瓦特线性地下降至300瓦特。同时,在步骤201中,开始调节第一工艺条件中的其他参数(例如腔室压力、反应气体种类和流量、电流

分配比例)。

[0037] 同样地,在步骤203中,将射频源的输出功率由过渡射频功率调节至第二射频功率的过程可以以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将过渡射频功率调节至第二射频功率。在某些实施例中,可以设定射频源的输出功率以800W/S-1000W/S的速率自过渡射频功率调节至第二射频功率。在某些实施例中,可以设定射频源的输出功率在固定时间段内(如1ms)内自过渡射频功率调节至第二射频功率。举例来说,假设过渡射频功率是300瓦特,第二射频功率是500瓦特,在步骤203中,以800W/S的速率自300瓦特线性地上升至500瓦特。以另一例子而言,假设过渡射频功率是300瓦特,第二射频功率是500瓦特,在步骤201中,在固定时间段(如1s)自300瓦特线性地上升至500瓦特。

[0038] 在步骤202中,在射频功率维持输出过渡射频功率的同时,第一工艺条件逐步地调节至第二工艺条件。图3是依据本发明另一实施例之图1所示步骤102的详细流程图。在本实施例中,第一工艺条件中的第一腔室压力与第二工艺条件的第二腔室压力不同,在图3所示的流程中详细说明在第一腔室压力与第二腔室压力不同的情况如何逐步地调节。倘若大致上可以得到相同的结果,本发明并不限定完全依照图3所示的步骤流程来实现图3的流程图。图3的流程步骤将过渡步(即步骤102)分为三个子步骤,详细可归纳如下:

[0039] 第一子步骤301:维持射频源开启,将射频源的输出功率由第一射频功率调节至过渡射频功率,过渡射频功率为维持启辉的最低射频功率;同时,将腔室压力由第一腔室压力调节至第一过渡腔室压力。

[0040] 第二子步骤302:在预定时间段内,使射频源持续输出过渡射频功率;同时,将腔室压力由第一过渡腔室压力调节至第二过渡腔室压力。

[0041] 第三子步骤303:将射频源的输出功率由过渡射频功率调节至第二射频功率;同时,将腔室压力由第二过渡腔室压力调节至第二腔室压力。

[0042] 步骤301至303中,射频功率的调节与步骤201至203相同,在此仅说明腔室压力调节的详细操作。

[0043] 在步骤301中,腔室压力由第一腔室压力调节至第一过渡腔室压力,其中,第一过渡腔室压力满足以下式子:

[0044] 第一过渡腔室压力= $X\% * \text{第一腔室压力} + Y\% * \text{第二腔室压力}$ ,

[0045] 其中,X和Y为大于零的自然数,且 $X+Y=100$ 。在本实施例中,当第一腔室压力大于第二腔室压力时,X大于Y;反之,X小于Y。在步骤301中,腔室压力由第一腔室压力调节至第一过渡腔室压力的过程可以以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将第一腔室压力线性地调节至第一过渡腔室压力。

[0046] 在步骤302中,腔室压力自第一过渡腔室压力调节至第二过渡腔室压力,其中第二过渡腔室压力等于第一过渡腔室压力和第二腔室压力的平均值。在步骤302中,腔室压力由第一过渡腔室压力调节至第二过渡腔室压力的过程可以以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将第一过渡腔室压力线性地调节至第二过渡腔室压力。

[0047] 在步骤303中,腔室压力自第二过渡腔室压力调节至第二腔室压力。在步骤303中,腔室压力由第二过渡腔室压力调节至第二腔室压力的过程可以以设定固定调节速率的方式或设定固定调节时间的方式将第二过渡腔室压力线性地调节至第二腔室压力。

[0048] 下方表1简单归纳了当第一腔室压力 $Pre_A$ 与第二腔室压力 $Pre_B$ 不同的情况下,腔室

压力的调节过程。

[0049] 表1

	步骤 101	第一子步骤	第二子步骤	第三子步骤	步骤 103
	$P_{O_A}$	线性调节	$(P_{O_A} + P_{O_B})/2$	线性调节	$P_{O_B}$
[0050]	$Pre_A$	$Pre'_A = X\% * Pre_A + Y\% * Pre_B$	$(Pre'_A + Pre_B)/2$	$Pre_B$	$Pre_B$

[0051] 在步骤301至303中,射频源维持开启,等离子体维持启辉状态,工作件(如晶圆)上方的鞘层维持存在。如此一来,可完成腔室压力的替换并且可以避免粒子落在工作件(如晶圆)上,借此提升工艺结果及良率。

[0052] 图4是依据本发明另一实施例之图1所示步骤102的详细流程图。在本实施例中,第一工艺条件中的第一反应气体种类和流量与第二工艺条件的第二反应气体种类和流量不同,在图4所示的流程中详细说明在第一反应气体种类和流量与第二反应气体种类和流量不同的情况如何逐步地调节。倘若大致上可以得到相同的结果,本发明并不限定完全依照图4所示的步骤流程来实现图4的流程图。图4的流程步骤将过渡步(即步骤102)分为三个子步骤,详细可归纳如下:

[0053] 第一子步骤401:维持射频源开启,将射频源的输出功率由第一射频功率调节至过渡射频功率,过渡射频功率为维持启辉的最低射频功率;同时,将工艺腔室内的反应气体种类维持为第一反应气体,并将反应气体流量维持为第一反应气体流量。

[0054] 第二子步骤402:在预定时间段内,使射频源持续输出过渡射频功率;同时,将工艺腔室中的第一反应气体调节为第二反应气体,并且将第一反应气体流量调节为第二反应气体流量。

[0055] 第三子步骤403:将射频源的输出功率由过渡射频功率调节至第二射频功率;同时,将工艺腔室内的反应气体类维持为第二反应气体,并将反应气体流量维持为第二反应气体流量。

[0056] 步骤401至403中,射频功率的调节与步骤201至203相同,在此仅说明反应气体种类与流量调节的详细操作。

[0057] 在步骤401中,维持步骤101中所使用的第一反应气体种类以及第一反应气体流量,换言之,不调节第一反应气体种类以及第一反应气体流量。在步骤402中,工艺腔室中的第一反应气体调节为第二反应气体,并且将第一反应气体流量调节为第二反应气体流量。在步骤403中,维持前一步骤101中的第二反应气体种类以及第二反应气体流量,换言之,不调节第一反应气体种类以及第一反应气体流量。在步骤401至403中,射频源维持开启,等离子体维持启辉状态,工作件(如晶圆)上方的鞘层维持存在。如此一来,可完成反应气体种类及流量的替换并且可以避免粒子落在工作件(如晶圆)上,借此提升工艺结果及良率。

[0058] 下方表2归纳了当第一反应气体种类 $Air_A$ 和流量 $Flow_A$ 与第二反应气体种类 $Air_B$ 和流量 $Flow_B$ 不同的情况下,反应气体种类和流量的调节过程。

[0059] 表2



	步骤 101	第一子步骤	第二子步骤	第三子步骤	步骤 103
[0060] 射频功率	$P_{O_A}$	线性调节	$(P_{O_A} + P_{O_B})/2$	线性调节	$P_{O_B}$
反应气体种类及流量	$Air_A \& Flow_A$	$Air_A \& Flow_A$	$Air_B \& Flow_B$	$Air_B \& Flow_B$	$Air_B \& Flow_B$

[0061] 在本实施例中,第一工艺条件中的第一反应气体种类和流量与第二工艺条件中的第二反应气体种类和流量不同,然而,本技术领域具有通常知识者应能轻易理解当第一反应气体流量与第二反应气体流量相同但第一反应气体种类与第二反应气体种类不同的情况如何操作。同样地,本技术领域具有通常知识者应能轻易理解当第一反应气体种类与第二反应气体种类相同但第一反应气体流量与第二反应气体流量不同的情况如何操作。

[0062] 另外,本技术领域具有通常知识者在阅读完图3及图4的实施例后,应能轻易理解当第一工艺条件中的第一腔室压力 $Pre_A$ 、第一反应气体种类 $Air_A$ 及流量 $Flow_A$ 与第二工艺条件中的第二腔室压力 $Pre_B$ 、第二反应气体种类 $Air_B$ 及流量 $Flow_B$ 都不同的情况下如何进行调节,调节过程简单归纳于下方表3,详细说明在此省略以省篇幅。

[0063] 表3

	步骤 101	第一子步骤	第二子步骤	第三子步骤	步骤 103
[0064] 射频功率	$P_{O_A}$	线性调节	$(P_{O_A} + P_{O_B})/2$	线性调节	$P_{O_B}$
[0065] 腔室压力	$Pre_A$	$Pre'_A = X\% * Pre_A + Y\% * Pre_B$	$(Pre'_A + Pre_B)/2$	$Pre_B$	$Pre_B$
反应气体种类及流量	$Air_A \& Flow_A$	$Air_A \& Flow_A$	$Air_B \& Flow_B$	$Air_B \& Flow_B$	$Air_B \& Flow_B$

[0066] 图5是依据本发明另一实施例之图1所示步骤102的详细流程图。在本实施例中,第一工艺条件中的第一电流分配比例与第二工艺条件的第二电流分配比例不同,在图5所示的流程中详细说明在第一电流分配比例与第二电流分配比例不同的情况如何逐步地调节。倘若大致上可以得到相同的结果,本发明并不限定完全依照图5所示的步骤流程来实现图5的流程图。图5的流程步骤将过渡步(即步骤102)分为三个子步骤,详细可归纳如下:

[0067] 第一子步骤501:维持射频源开启,将射频源的输出功率由第一射频功率调节至过渡射频功率,过渡射频功率为维持启辉的最低射频功率;同时,将感应线圈的电流分配比例维持为第一电流分配比例。

[0068] 第二子步骤502:在预定时间段内,使射频源持续输出过渡射频功率;同时,将感应线圈的第一电流分配比例调节至过渡电流分配比例。

[0069] 第三子步骤503:将射频源的输出功率由过渡射频功率调节至第二射频功率;同时,将过渡电流分配比例调节至第二电流分配比例。

[0070] 步骤501至503中,射频功率的调节与步骤201至203相同,在此仅说明电流分配比

例调节的详细操作。需说明的是,电流分配比例是指感应线圈上分配到内线圈和外线圈的电流比例,详细来说,电流分配比例满足以下式子:

[0071] 电流分配比例=外线圈上电流/(内线圈上电流+外线圈上电流)

[0072] 在步骤501中,维持步骤101中所使用的第一电流分配比例,换言之,不调节第一电流分配比例。在步骤502中,将感应线圈的第一电流分配比例调节至过渡电流分配比例,其中,过渡电流分配比例为第一电流分配比例和第二电流分配比例的平均值。在步骤503中,维持前一步骤中的第二电流分配比例,换言之,不调节第二电流分配比例。在步骤501至503中,射频源维持开启,等离子体维持启辉状态,工作件(如晶圆)上方的鞘层维持存在。如此一来,可完成电流分配比例的替换并且可以避免粒子落在工作件(如晶圆)上,借此提升工艺结果及良率。

[0073] 下方表4归纳了当第一电流分配比例 $Current_A$ 与第二电流分配比例 $Current_B$ 不同的情况下,电流分配比例的调节过程。

[0074] 表4

	步骤 101	第一子步骤	第二子步骤	第三子步骤	步骤 103
[0075] 射频功率	$P_{O_A}$	线性调节	$(P_{O_A} + P_{O_B})/2$	线性调节	$P_{O_B}$
电流分配比例	$Current_A$	$Current_A$	$(Current_A + Current_B)/2$	$Current_B$	$Current_B$

[0076] 本技术领域具有通常知识者在阅读完图3和图5的实施例后,应能轻易理解当第一工艺条件中的第一腔室压力 $Pre_A$ 以及第一电流分配比例 $Current_A$ 与第二工艺条件中的第二腔室压力 $Pre_B$ 以及第二电流分配比例 $Current_B$ 都不同的情况下如何进行调节,调节过程简单归纳与下方表5,详细说明在此省略以省篇幅。

[0077] 表5

	步骤 101	第一子步骤	第二子步骤	第三子步骤	步骤 103
[0078] 射频功率	$P_{O_A}$	线性调节	$(P_{O_A} + P_{O_B})/2$	线性调节	$P_{O_B}$
腔室压力	$Pre_A$	$Pre'_A = X\% * Pre_A + Y\% * Pre_B$	$(Pre'_A + Pre_B)/2$	$Pre_B$	$Pre_B$
[0079] 电流分配比例	$Current_A$	$Current_A$	$(Current_A + Current_B)/2$	$Current_B$	$Current_B$

[0080] 本技术领域具有通常知识者在阅读完图4和图5的实施例后,应能轻易理解当第一工艺条件中的第一反应气体种类 $Air_A$ 、第一反应气体流量 $Flow_A$ 及第一电流分配比例 $Current_A$ 与第二工艺条件中的第二反应气体种类 $Air_B$ 、第二反应气体流量 $Flow_B$ 及第二电流分配比例 $Current_B$ 都不同的情况下如何进行调节,调节过程简单归纳于下方表6,详细说明在此省略以省篇幅。

[0081] 表6

	步骤 101	第一子步骤	第二子步骤	第三子步骤	步骤 103	
	射频功率	$P_{O_A}$	线性调节	$(P_{O_A} + P_{O_B})/2$	线性调节	$P_{O_B}$
[0082]	反应气体种类及流量	$Air_A \& Flow_A$	$Air_A \& Flow_A$	$Air_B \& Flow_B$	$Air_B \& Flow_B$	$Air_B \& Flow_B$
	电流分配比例	$Current_A$	$Current_A$	$(Current_A + Current_B)/2$	$Current_B$	$Current_B$

[0083] 本技术领域具有通常知识者在阅读完图3至图5的实施例后,应能轻易理解当第一工艺条件中的第一腔室压力 $Pre_A$ 、第一反应气体种类 $Air_A$ 、第一反应气体流量 $Flow_A$ 以及第一电流分配比例 $Current_A$ 与第二工艺条件中的第二腔室压力 $Pre_B$ 、第二反应气体种类 $Air_B$ 、第二反应气体流量 $Flow_B$ 以及第二电流分配比例 $Current_B$ 都不同的情况下如何进行调节,调节过程简单归纳于下方表7,详细说明在此省略以省篇幅。

[0084] 表7

	步骤 101	第一子步骤	第二子步骤	第三子步骤	步骤 103	
	射频功率	$P_{O_A}$	线性调节	$(P_{O_A} + P_{O_B})/2$	线性调节	$P_{O_B}$
[0085]	腔室压力	$Pre_A$	$Pre'_A = X\% * Pre_A + Y\% * Pre_B$	$(Pre'_A + Pre_B)/2$	$Pre_B$	$Pre_B$
	反应气体种类及流量	$Air_A \& Flow_A$	$Air_A \& Flow_A$	$Air_B \& Flow_B$	$Air_B \& Flow_B$	$Air_B \& Flow_B$
[0086]	电流分配比例	$Current_A$	$Current_A$	$(Current_A + Current_B)/2$	$Current_B$	$Current_B$

[0087] 在图2至图5的实施例中,步骤102分成3个子步骤,使得第一工艺条件可以适时地调节至第二工艺条件。然而,在某些实施例中,若自第一工艺条件调节至第二工艺条件需要更多时间,可以适时地加入更多子步骤,使得第一工艺条件调节至第二工艺条件的过程可以更加平顺。只要在两个RF启辉步间,维持射频源开启,等离子体维持启辉,维持鞘层在工作件(如晶圆)的上方,任何工艺条件参数的调节皆应隶属于本发明的范畴。

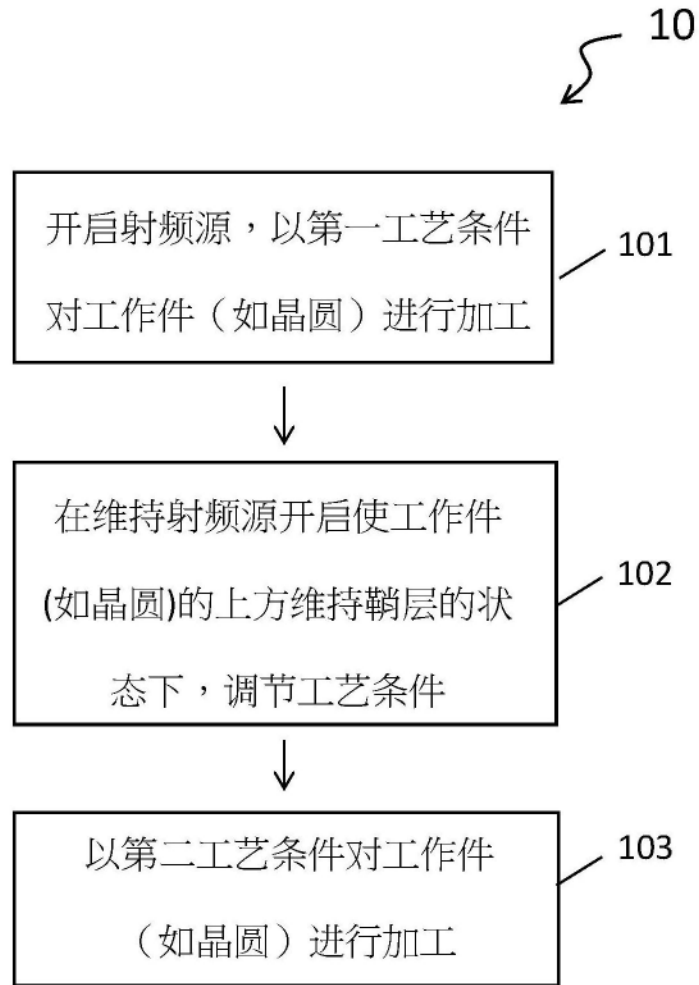


图1

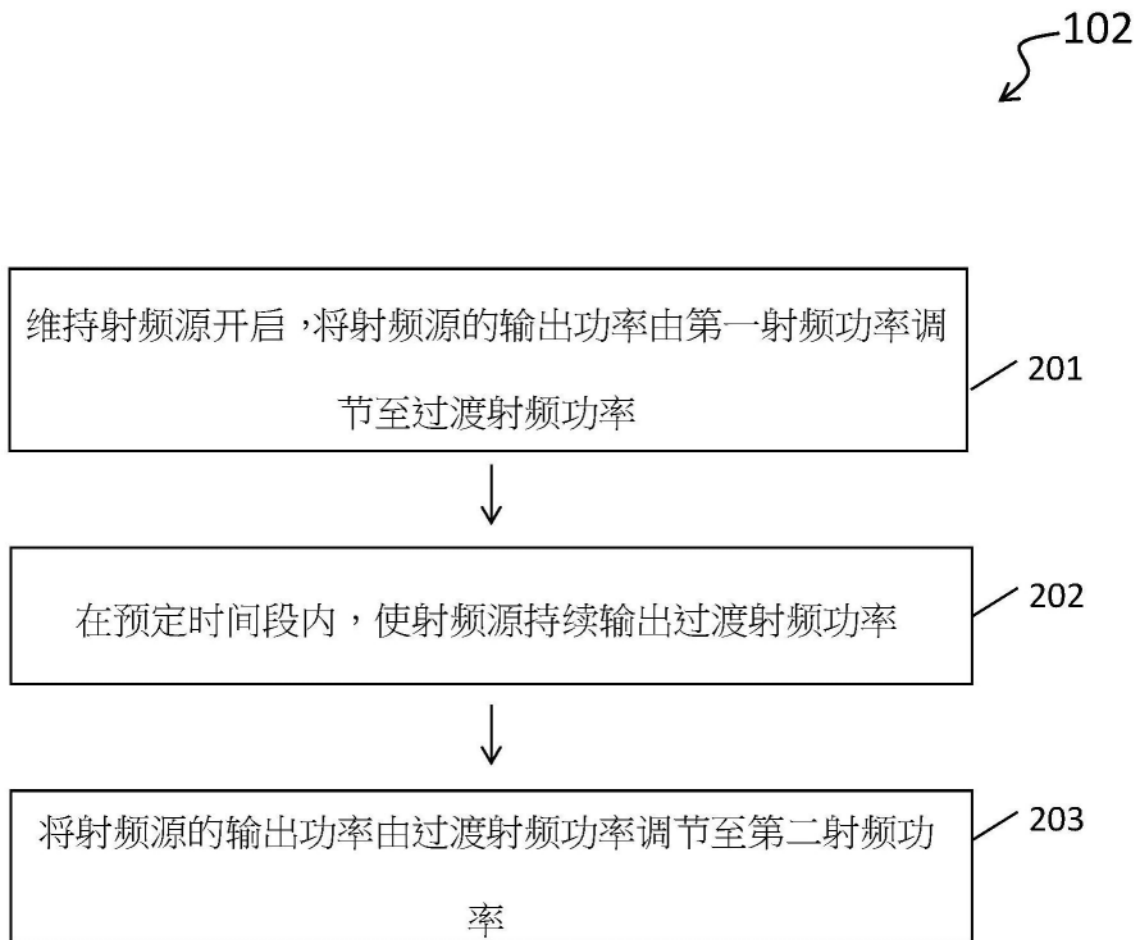


图2

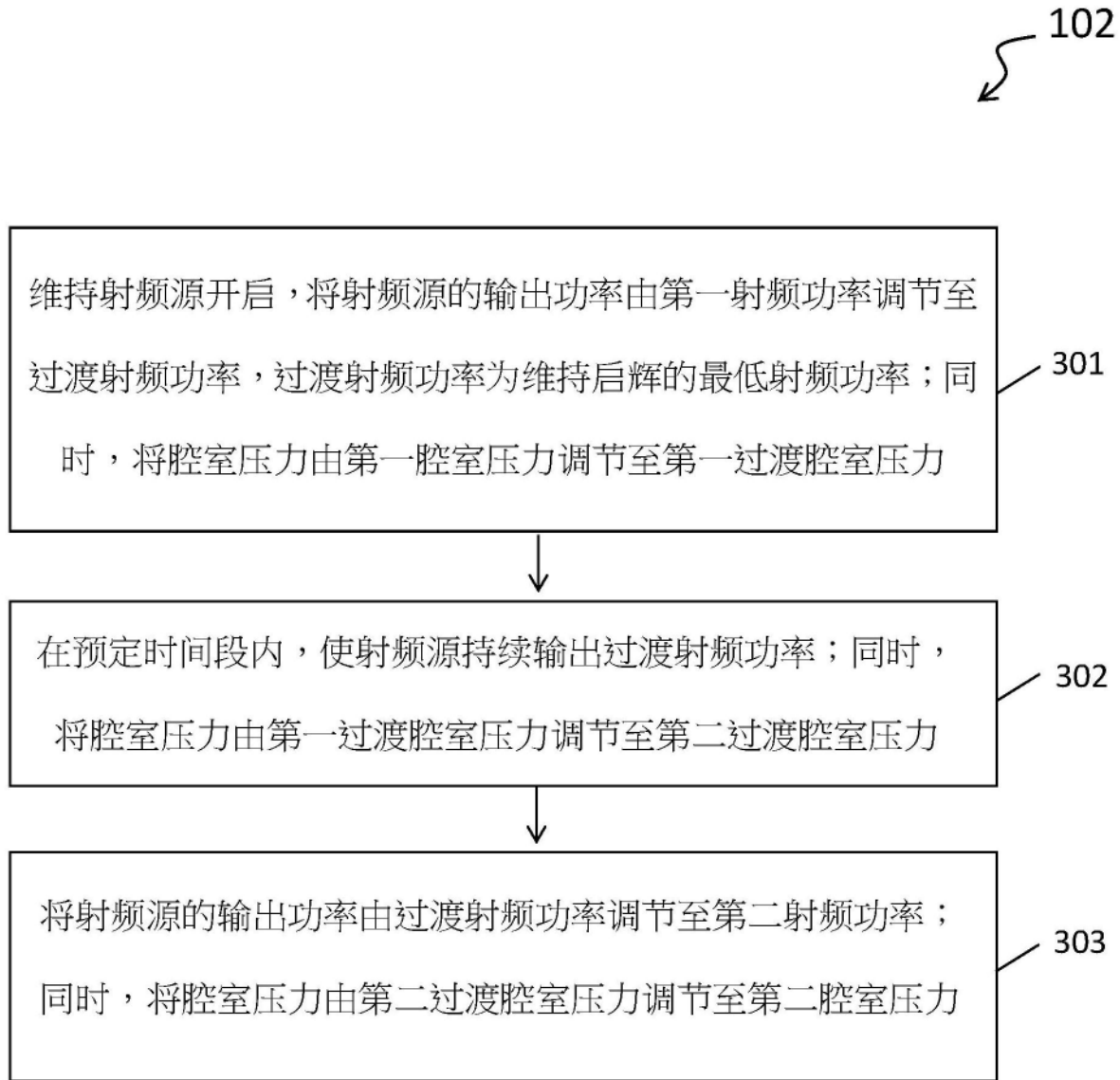


图3

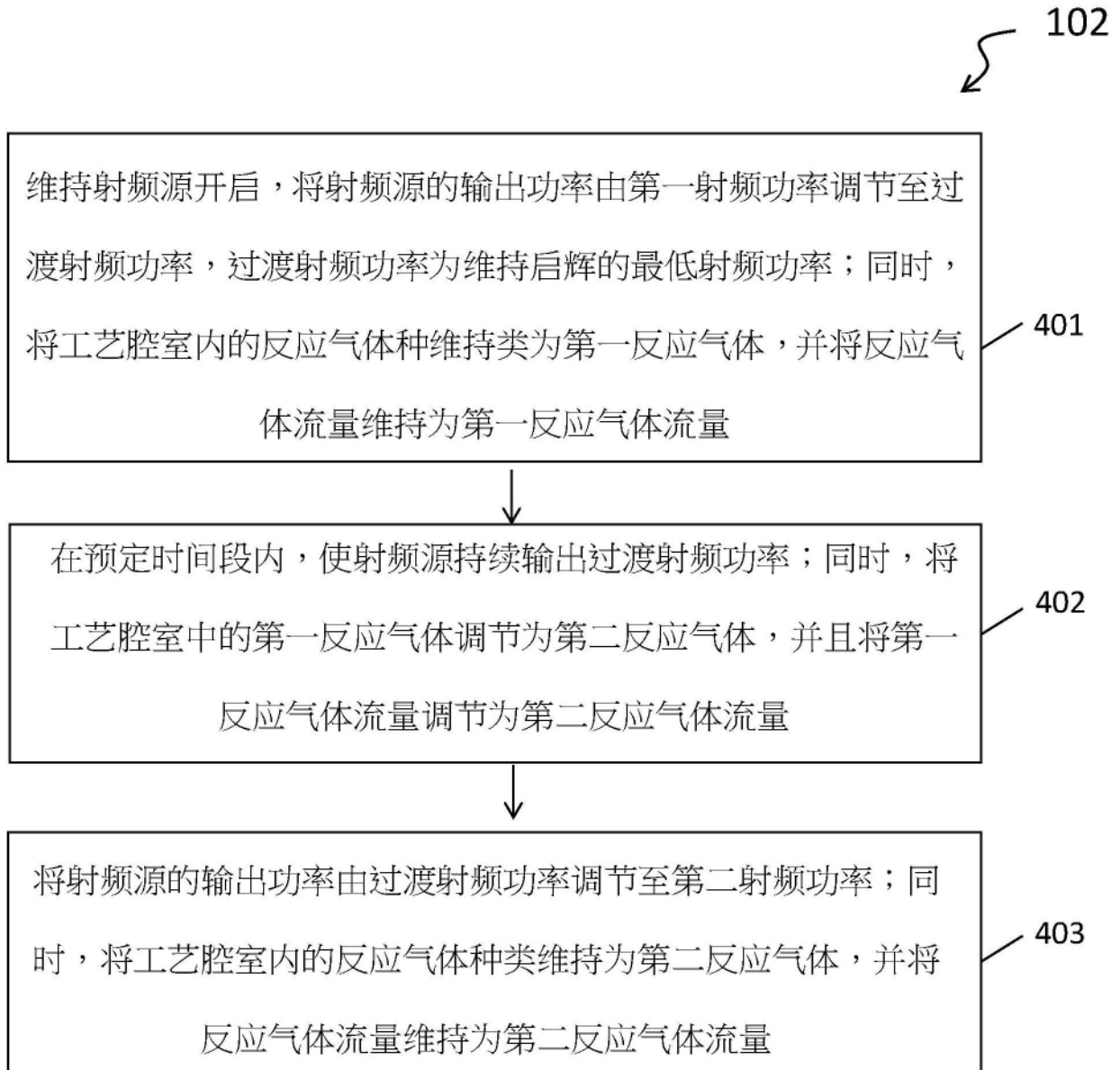


图4

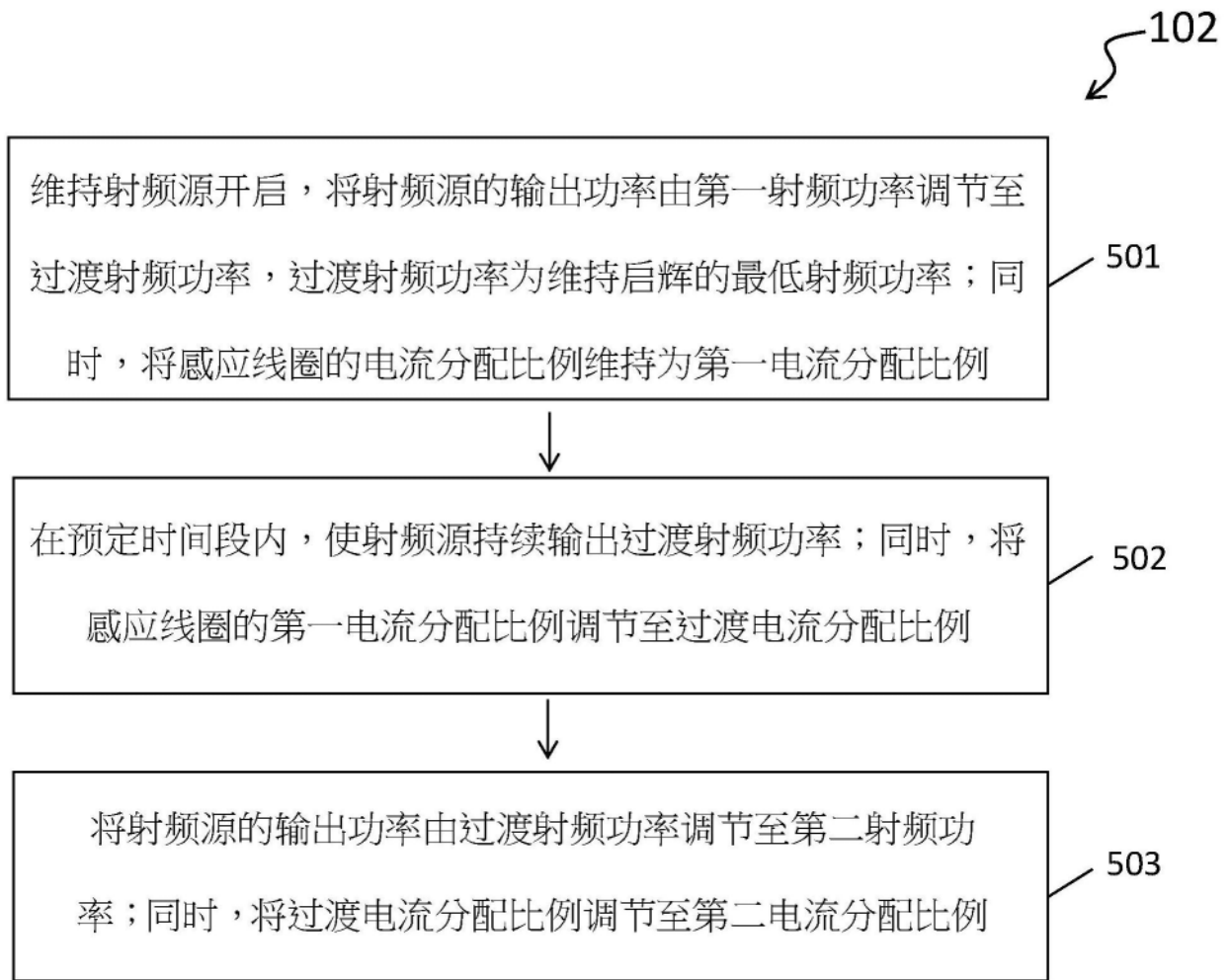


图5