



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107369604 B

(45)授权公告日 2019.10.11

(21)申请号 201610318302.2

H01L 21/265(2006.01)

(22)申请日 2016.05.12

H01L 21/67(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107369604 A

(56)对比文件

US 2011/0133650 A1,2011.06.09,

EP 0520519 A1,1992.12.30,

CN 1284209 C,2006.11.08,

(43)申请公布日 2017.11.21

(73)专利权人 北京北方华创微电子装备有限公司

审查员 李荣荣

地址 100176 北京经济技术开发区文昌大道8号

(72)发明人 李兴存 韦刚 成晓阳 苏恒毅

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 彭瑞欣 张天舒

(51)Int.Cl.

H01J 37/32(2006.01)

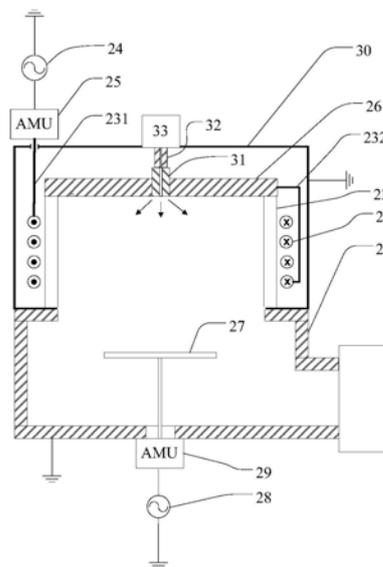
权利要求书1页 说明书6页 附图9页

(54)发明名称

反应腔室及半导体加工设备

(57)摘要

本发明提供一种反应腔室及半导体加工设备,包括上电极装置和下电极装置,该下电极装置设置在反应腔室内,用于承载晶片。上电极装置包括介质筒、线圈、上功率电源和上电极组件,其中,介质筒设置在反应腔室的顶部;线圈环绕设置在介质筒的外围;上电极组件包括上电极板,该上电极板设置在介质筒的顶部;上功率电源用于同时或者分别向上电极板和线圈加载激励功率。本发明提供的反应腔室,其不仅可以减小线圈的输出端与输入端之间的电压差异,而且可以削弱由线圈的电场不均匀产生的影响,从而提高等离子体的密度分布均匀性。



1. 一种反应腔室,包括上电极装置和下电极装置,所述下电极装置设置在所述反应腔室内,用于承载晶片,其特征在于,所述上电极装置包括介质筒、线圈、上功率电源和上电极组件,其中,

所述介质筒设置在所述反应腔室的顶部;

所述线圈环绕设置在所述介质筒的外围;

所述上电极组件包括上电极板,所述上电极板设置在所述介质筒的顶部;

所述上功率电源用于同时或者分别向所述上电极板和所述线圈加载激励功率;其中,所述上功率电源为一个;

所述线圈的输入端与所述上功率电源电连接,所述线圈的输出端与所述上电极组件电连接;

所述反应腔室还包括接地的屏蔽罩,所述屏蔽罩罩设在所述介质筒和所述上电极组件的外围,用以屏蔽由所述线圈产生的电磁场;

所述反应腔室还包括可调电容,所述可调电容串接在所述屏蔽罩与所述上电极组件之间。

2. 根据权利要求1所述的反应腔室,其特征在于,在所述上电极板上设置有至少一个进气口,用以向所述反应腔室内通入反应气体。

3. 根据权利要求1所述的反应腔室,其特征在于,所述上电极板具有用作匀流腔的空腔;

在所述匀流腔的顶部设置有进气口,用以向所述匀流腔内输送反应气体;

在所述匀流腔的底部设置有多个出气孔,且相对于所述匀流腔的底面均匀分布,用以均匀地将所述匀流腔内的反应气体输送至所述反应腔室内。

4. 根据权利要求1所述的反应腔室,其特征在于,所述下电极装置包括基座和下功率电源,其中,

所述基座设置在所述反应腔室内,用于承载晶片;

所述下功率电源用于向所述基座加载射频功率。

5. 根据权利要求1所述的反应腔室,其特征在于,所述上功率电源包括低频电源或者射频电源。

6. 一种半导体加工设备,包括反应腔室,其特征在于,所述反应腔室采用权利要求1-5任意一项所述的反应腔室。

## 反应腔室及半导体加工设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体制造领域,具体地,涉及一种反应腔室及半导体加工设备。

### 背景技术

[0002] 在半导体领域中,对于干法刻蚀工艺和薄膜沉积工艺,常用的等离子体源包括感应耦合等离子体(Inductive Coupled Plasma,以下简称ICP)源和容性耦合等离子体(capacitance Couple Plasma,以下简称CCP)源。其中,ICP源由电流通过线圈产生的电磁场激发反应气体产生等离子体,ICP源具有等离子体密度高、对工件损伤小等特点。CCP源由施加到电极板之间的电压激发反应气体产生等离子体,CCP源具有大面积均匀性好、离子能量高等特点。

[0003] 图1为现有的ICP源的反应腔室的剖视图。如图1所示,反应腔室10由顶盖11、介质窗12和腔体19限定而成,具体地,介质窗12呈筒状结构,且设置在腔体19的顶部,介质窗12的下部开口与腔体19的上部开口相连通;顶盖11设置在介质窗12的顶部,以将介质窗12的上部开口封闭。而且,在顶盖11的中心位置处还设置有进气口,气源15通过该进气口将反应气体输送至反应腔室10内。此外,在介质窗12的外侧环绕设置有线圈13,线圈13的输入端(图1中示出的线圈13左侧一端)与射频电源14电连接,线圈13的输出端(图1中示出的线圈13右侧一端)接地,并且在反应腔室10内还设置有基座16,用以承载晶片17,该基座16与射频电源18电连接。

[0004] 上述反应腔室在实际应用中不可避免地存在以下问题:

[0005] 其一,由于受到线圈结构的影响,由线圈产生的高频电场往往呈M型分布,这种分布导致在反应腔室内产生的等离子体的密度也呈M型分布,从而造成晶片表面上等离子体密度分布不均,进而影响工艺均匀性。

[0006] 其二,由于线圈的输出端接地,线圈的输出端与输入端之间的电压相差较大,导致电压沿着线圈表面分布不均,从而造成由线圈产生的电磁场分布不均。虽然可以采用在线圈的输出端与接地端之间串联一个电容的方法来使线圈的输出端与输入端之间的电压一致,但是,事实上,该方法并不能真正实现使线圈的输出端与输入端之间的电压一致,这是因为:在进行工艺时,线圈与等离子体之间存在容性耦合,这种容性耦合的作用致使串联在线圈的输出端与接地端之间的电容容值随着放电条件的改变产生变化,从而造成串联在线圈的输出端与接地端之间的实际电容容值与所需的电容容值存在较大偏差,进而使线圈的输出端与输入端之间的电压相差较大,从而仍然存在由线圈产生的电磁场分布不均的问题。

### 发明内容

[0007] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一,提出了一种反应腔室及半导体加工设备,其不仅可以减小线圈的输出端与输入端之间的电压差异,而且可以削弱由线圈的电场不均匀产生的影响,从而提高等离子体的密度分布均匀性。

[0008] 为实现本发明的目的而提供一种反应腔室,包括上电极装置和下电极装置,所述下电极装置设置在所述反应腔室内,用于承载晶片,所述上电极装置包括介质筒、线圈、上功率电源和上电极组件,其中,所述介质筒设置在所述反应腔室的顶部;所述线圈环绕设置在所述介质筒的外围;所述上电极组件包括上电极板,所述上电极板设置在所述介质筒的顶部;所述上功率电源用于同时或者分别向所述上电极板和所述线圈加载激励功率。

[0009] 优选的,所述上功率电源为一个;所述线圈的输入端与所述上功率电源电连接,所述线圈的输出端与所述上电极组件电连接。

[0010] 优选的,所述上功率电源为一个;所述线圈的输入端与所述上电极组件电连接,所述线圈的输出端接地,并且所述上电极组件与所述上功率电源电连接。

[0011] 优选的,所述上功率电源为两个;所述线圈的输入端与其中一个所述上功率电源电连接,所述线圈的输出端接地;所述上电极组件与其中另一个所述上功率电源电连接。

[0012] 优选的,所述反应腔室还包括接地的屏蔽罩,所述屏蔽罩罩设在所述介质筒和所述上电极组件的外围,用以屏蔽由所述线圈产生的电磁场。

[0013] 优选的,所述反应腔室还包括可调电容,所述可调电容串接在所述屏蔽罩与所述上电极组件之间。

[0014] 优选的,在所述上电极板上设置有至少一个进气口,用以向所述反应腔室内通入反应气体。

[0015] 优选的,所述上电极板具有用作匀流腔的空腔;在所述匀流腔的顶部设置有进气口,用以向所述匀流腔内输送反应气体;在所述匀流腔的底部设置有多个出气孔,且相对于所述匀流腔的底面均匀分布,用以均匀地将所述匀流腔内的反应气体输送至所述反应腔室内。

[0016] 优选的,所述下电极装置包括基座和下功率电源,其中,所述基座设置在所述反应腔室内,用于承载晶片;所述下功率电源用于向所述基座加载射频功率。

[0017] 优选的,所述上功率电源包括低频电源或者射频电源。

[0018] 作为另一个技术方案,本发明还提供一种半导体加工设备,包括反应腔室,所述反应腔室采用本发明提供的上述反应腔室。

[0019] 本发明具有以下有益效果:

[0020] 本发明提供的反应腔室,其借助上电极板,可以在工艺时,与下电极装置之间产生平板式电场,该平板式电场相对于由线圈产生的电场起主要作用,从而可以削弱因线圈的电场不均匀产生的影响,进而使形成的等离子体的密度分布更均匀,从而可以提高等离子体的密度分布均匀性。同时,通过使上功率电源同时或者分别向上电极板和线圈加载激励功率,可以实现由线圈形成的ICP源和由上电极板形成的CCP源同时放电,从而不仅可以兼容CCP源的电场均匀性和ICP源的高等离子体密度这两个优势,而且通过控制例如等离子体启辉参数等的工艺条件,可以对在上电极板与等离子体鞘层之间形成的鞘层电容进行实时调节,从而可以减小线圈两端之间的相位差异,从而提高由线圈产生的电场的均匀性,进而进一步提高等离子体的密度分布均匀性。

[0021] 本发明提供的半导体加工设备,其通过采用本发明提供的上述反应腔室,不仅可以减小线圈的输出端与输入端之间的电压差异,而且可以削弱由线圈的电场不均匀产生的影响,从而提高等离子体的密度分布均匀性。

## 附图说明

- [0022] 图1为现有的ICP源的反应腔室的剖视图；
- [0023] 图2A为本发明第一实施例提供的反应腔室的剖视图；
- [0024] 图2B为图2A中反应腔室在工艺时的等效电路图；
- [0025] 图3为本发明第一实施例的一个变型实施例采用的上电极的剖视图；以及
- [0026] 图4A为本发明第二实施例提供的反应腔室的剖视图；
- [0027] 图4B为图4A中反应腔室在工艺时的等效电路图；
- [0028] 图5A为本发明第三实施例提供的反应腔室的剖视图；
- [0029] 图5B为图5A中反应腔室在工艺时的等效电路图；
- [0030] 图6A为本发明第四实施例提供的反应腔室的剖视图；
- [0031] 图6B为图6A中反应腔室在工艺时的等效电路图。

## 具体实施方式

[0032] 为使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图来对本发明提供的反应腔室及半导体加工设备进行详细描述。

[0033] 图2A为本发明第一实施例提供的反应腔室的剖视图。请参阅图 2A,反应腔室包括上电极装置和下电极装置。其中,上电极装置包括介质筒22、线圈23、上功率电源24,第一匹配器25、上电极组件。下电极装置包括基座27、下功率电源28、第二匹配器29。

[0034] 其中,反应腔室的腔室壁21接地,该腔室壁21围绕形成顶部具有开口的空腔结构;介质筒22设置在腔室壁21的顶部,且将腔室壁 21的顶部开口封闭,并且介质筒22所括空间与腔室壁21的空腔相 连通。而且,上电极组件包括上电极板26,其呈平板状,并设置在介质筒22的顶部,且将介质筒22的顶部开口封闭。

[0035] 而且,线圈23环绕设置在介质筒22的外围,该线圈23的输入 端231通过第一匹配器25与上功率电源24电连接,线圈23的输出 端232与上电极板26电连接。在进行工艺时,上功率电源24包括低 频电源或者射频电源等等,其用于向线圈23施加低频或者射频等的 激励功率,以利用线圈23产生的电磁场激发反应气体产生等离子体。与此同时,通过使线圈23的输出端232与上电极板26电连接,可以使上功率电源24能够向上电极板26加载激励功率,从而可以实现由 线圈形成的ICP源和由上电极板形成的CCP源同时放电,从而不仅可以兼容CCP源的电场均匀性和ICP源的高等离子体密度这两个优势。

[0036] 通过使线圈23的输出端232与上电极板26电连接,还可以在上电极板26与接地的腔室壁21之间构成平板电容结构,反应腔室在 工艺时的等效电路图如图2B所示。在图2B中,虚线方框表示等离 子体等效模型。等离子体由鞘层和等离子体区组成,其中,鞘层可以等效为电容和二极管结构;等离子体区可以等效为电阻和电感结构。L为由等离子体的电流形成的等效电感。R为等离子体等效电阻。C1 为上电极板26与等离子体鞘层之间形成的第一鞘层电容。C2为上电 极板26与地之间形成的集散电容。C3为基座27与等离子体鞘层之间形成的第二鞘层电容。

[0037] 由图2B可知,在进行工艺时,上电极板26与接地的腔室壁21 之间构成的平板电容结构,同时形成集散电容C2和第一鞘层电容 C1,其中,第一鞘层电容C1可以起到调制线圈23的射频电流相位 的作用,从而通过控制例如等离子体启辉参数等的工艺条件,可以对

第一鞘层电容C1进行实时调节,以减小线圈23的输出端231与输入端232之间的相位差异,进而可以提高由线圈产生的电场的均匀性,从而进一步提高等离子体的密度分布均匀性。

[0038] 对于下电极装置,基座27设置在反应腔室内,且位于上电极板26的下方,用以承载晶片。并且,基座27通过第二匹配器29与下功率电源28电连接,该下功率电源28用于在工艺时向基座27施加负偏压,以吸引等离子体中的离子朝向晶片表面的方向移动。下功率电源28可以为直流电源、低频电源或者射频电源。

[0039] 基座27与上电极板26可以在工艺时产生平板式电场,由于由线圈23产生的电场的强度会被介质筒22削弱,该平板式电场的强度远高于由线圈23产生的电场的强度,因此,该平板式电场相对于由线圈23产生的电场起主要作用,从而可以削弱因线圈23的电场不均匀产生的影响,进而使形成的等离子体的密度分布更均匀,从而可以提高等离子体的密度分布均匀性。

[0040] 在本实施例中,在介质筒22和上电极板26的外围还罩设有屏蔽罩30,如图2A所示,该屏蔽罩30与介质筒22和上电极板26之间形成封闭空间,线圈23位于该封闭空间内。并且,屏蔽罩30接地,在进行工艺时,屏蔽罩30可以屏蔽由线圈23产生的电磁场,从而避免射频电源在馈入功率时产生的射频辐射对工艺造成影响。

[0041] 在本实施例中,反应腔室还包括进气管路31和气源33,其中,进气管路31的出气端贯穿上电极板26,并与反应腔室的内部相连通;进气管路31的进气端通过绝缘管32与气源33连接。在进行工艺时,由气源33提供的反应气体依次经由绝缘管32和进气管路31进入反应腔室内。

[0042] 在实际应用中,还可以采用其他方式向反应腔室内输送反应气体。例如,在该上电极板上设置有进气口,经由该进气口向反应腔室内通入反应气体。该进气口可以为一个,且设置在上电极板的中心位置,或者也可以为多个,且沿上电极板所在平面均匀分布。

[0043] 又如,如图3所示,上电极板具有用作匀流腔40的空腔。并且,在匀流腔40的顶部(即,匀流腔40的顶部腔室壁)设置有进气口41,并且在匀流腔40的底部(即,匀流腔40的底部腔室壁)设置有多个出气孔42,且相对于匀流腔40的底面(底部腔室壁所在平面)均匀分布。在进行工艺时,反应气体首先经由进气口41进入匀流腔40内,并向四周扩散直至充满整个匀流腔40,以将反应气体均匀化,然后经由各个出气孔42均匀地流入反应腔室内。反应气体的流向如图3中的箭头所示。

[0044] 图4A为本发明第二实施例提供的反应腔室的剖视图。请参阅图4A,本实施例提供的反应腔室与上述第一实施例相比,其区别仅在于:在屏蔽罩30与上电极板26之间还串接有可调电容50。

[0045] 图4B为图4A中反应腔室在工艺时的等效电路图。如图4B所示,C4为可调电容50,线圈23的输出端232的电压可以被分配至第一鞘层电容C1和可调电容50,即可调电容50可以起到对线圈23两端电压进行分压的作用,并且由于其容值可调,通过调节可调电容50接入电路中的容值大小,可以对线圈23两端电压的分配进行调节,以减小线圈23的输出端231与输入端232之间的电压差异,从而不仅可以进一步提高由线圈产生的电场的均匀性,而且还可以提高电容调节的灵活性。

[0046] 本实施例中的其他装置或部件的结构和功能与上述第一实施例相类似,由于在上述第一实施例中已有了详细描述,在此不再赘述。

[0047] 图5A为本发明第三实施例提供的反应腔室的剖视图。图5B为图5A中反应腔室在工艺时的等效电路图。请一并参阅图5A和图5B，本实施例提供的反应腔室与上述第一实施例相比，其区别仅在于：线圈23的输入端231与上电极板26电连接，线圈23的输出端232通过接地线接地，并且上电极板26通过第一匹配器25与上功率电源24电连接。这同样可以实现使上功率电源24同时向线圈23和上电极板26加载激励功率。

[0048] 反应腔室在工艺时的等效电路图如图5B所示。在图5B中，虚线方框表示等离子体等效模型。等离子体由鞘层和等离子体区组成，其中，鞘层可以等效为电容和二极管结构；等离子体区可以等效为电阻和电感结构。 $L$ 为由等离子体的电流形成的等效电感。 $R$ 为等离子体等效电阻。 $C_1$ 为上电极板26与等离子体鞘层之间形成的第一鞘层电容。 $C_2$ 为上电极板26与地之间形成的集散电容。 $C_3$ 为基座27与等离子体鞘层之间形成的第二鞘层电容。

[0049] 由图5B可知，在进行工艺时，上电极板26与接地的腔室壁21之间构成平板电容结构，该结构形成集散电容 $C_2$ 和第一鞘层电容 $C_1$ ，其中，第一鞘层电容 $C_1$ 可以起到调制线圈23的射频电流相位的作用，从而通过控制例如等离子体启辉参数等的工艺条件，可以对第一鞘层电容 $C_1$ 进行实时调节，以减小线圈23的输出端231与输入端232之间的相对差异，进而可以提高由线圈产生的电场的均匀性，从而进一步提高等离子体的密度分布均匀性。

[0050] 本实施例中的其他装置或部件的结构和功能与上述第一实施例相类似，由于在上述第一实施例中已有了详细描述，在此不再赘述。

[0051] 图6A为本发明第四实施例提供的反应腔室的剖视图。图6B为图6A中反应腔室在工艺时的等效电路图。请一并参阅图6A和图6B，本实施例提供的反应腔室与上述第一实施例相比，其区别仅在于：上功率电源为两个，分别为第一上功率电源24和第二上功率电源34。并且，线圈23的输入端231通过第一匹配器25与第一上功率电源24电连接，线圈23的输出端232通过接地线接地；上电极板26通过第三匹配器35与第二上功率电源34电连接。也就是说，上功率电源借助第一上功率电源24和第二上功率电源34，分别向线圈23和上电极板26加载激励功率。

[0052] 反应腔室在工艺时的等效电路图如图6B所示。在图6B中，虚线方框表示等离子体等效模型。等离子体由鞘层和等离子体区组成，其中，鞘层可以等效为电容和二极管结构；等离子体区可以等效为电阻和电感结构。 $L$ 为由等离子体的电流形成的等效电感。 $R$ 为等离子体等效电阻。 $C_1$ 为上电极板26与等离子体鞘层之间形成的第一鞘层电容。 $C_2$ 为上电极板26与地之间形成的集散电容。 $C_3$ 为基座27与等离子体鞘层之间形成的第二鞘层电容。

[0053] 由图6B可知，在进行工艺时，上电极板26与接地的腔室壁21之间构成平板电容结构，同时形成集散电容 $C_2$ 和第一鞘层电容 $C_1$ ，其中，第一鞘层电容 $C_1$ 可以起到调制线圈23的射频电流相位的作用，从而通过控制例如等离子体启辉参数等的工艺条件，来对第一鞘层电容 $C_1$ 进行实时调节，以减小线圈23的输出端231与输入端232之间的相位差异，进而可以提高由线圈产生的电场的均匀性，从而进一步提高等离子体的密度分布均匀性。

[0054] 而且，借助第一上功率电源24和第二上功率电源34，可以独立地分别控制由线圈23产生的等离子体和由上电极板26产生的等离子体。因此，可以通过实际的工艺需求选择ICP源单独工作、CCP源单独工作或者ICP源和CCP源同时工作，从而可以提高等离子体产生的可选择性。也就是说，选择仅开启第一上功率电源24，或者仅开启第二上功率电源34，或者同时开启第一上功率电源24和第二上功率电源34。

[0055] 此外,借助第一上功率电源24和第二上功率电源34,可以使上电极板26、基座27和线圈23形成“三电极”结构,该结构不仅可以提高等离子体的密度,而且还可以扩大等离子体放电的可调窗口。

[0056] 综上所述,本发明上述各个实施例提供的反应腔室,其可以削弱因线圈的电场不均匀产生的影响,从而使形成的等离子体的密度分布更均匀,进而可以提高等离子体的密度分布均匀性。同时,可以实现由线圈形成的ICP源和由上电极板形成的CCP源同时放电,从而不仅可以兼容CCP源的电场均匀性和ICP源的高等离子体密度这两个优势,而且通过控制例如等离子体启辉参数等的工艺条件,可以对在上电极板与等离子体鞘层之间形成的鞘层电容进行实时调节,从而可以减小线圈两端之间的相位差异,从而可以提高由线圈产生的电场的均匀性,进而进一步提高等离子体的密度分布均匀性。

[0057] 作为另一个技术方案,本发明实施例还提供一种半导体加工设备,其包括反应腔室,该反应腔室采用了本发明上述各个实施例提供的反应腔室。

[0058] 本发明实施例提供的半导体加工设备,其通过采用本发明上述各个实施例提供的上述反应腔室,不仅可以减小线圈的输出端与输入端之间的电压差异,而且可以削弱由线圈的电场不均匀产生的影响,从而可以提高等离子体的密度分布均匀性。

[0059] 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。

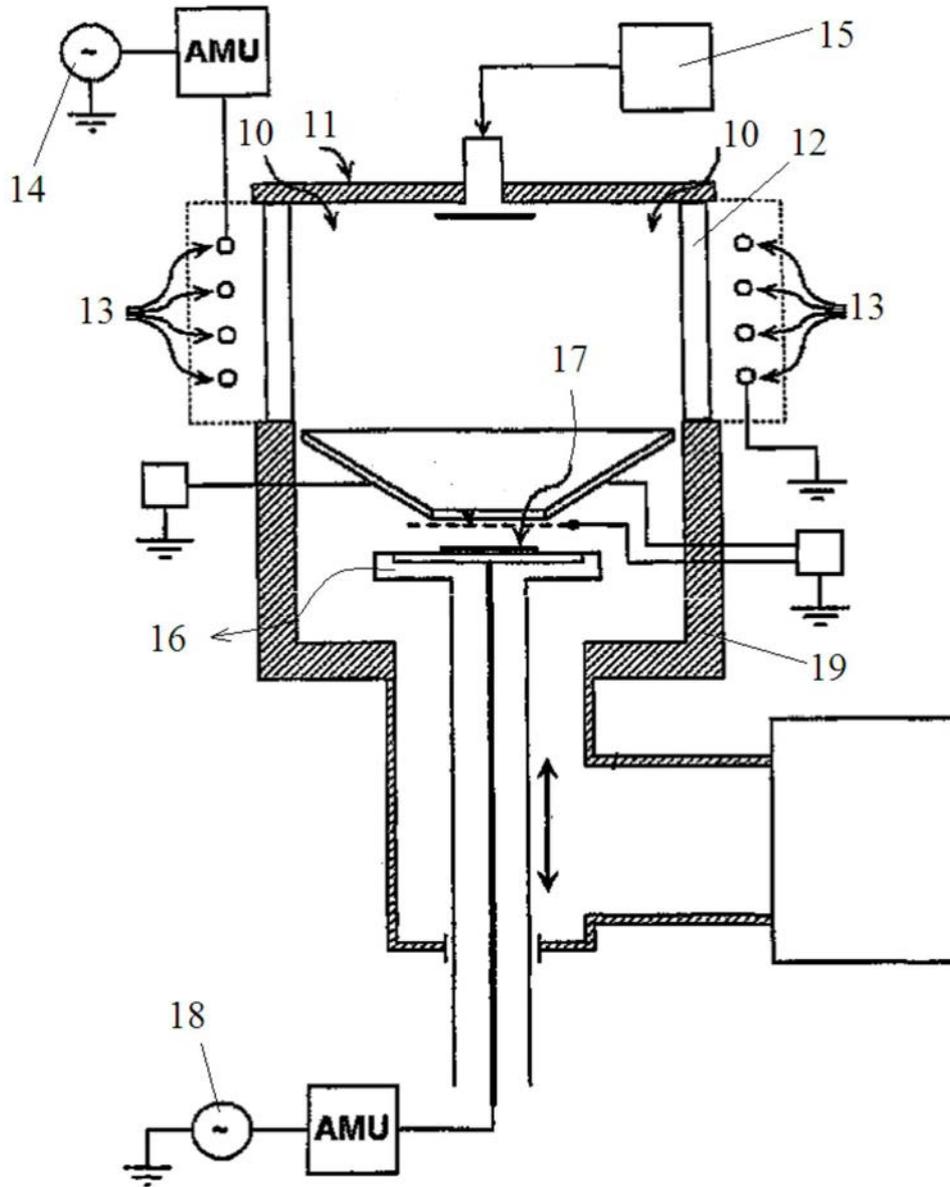


图1

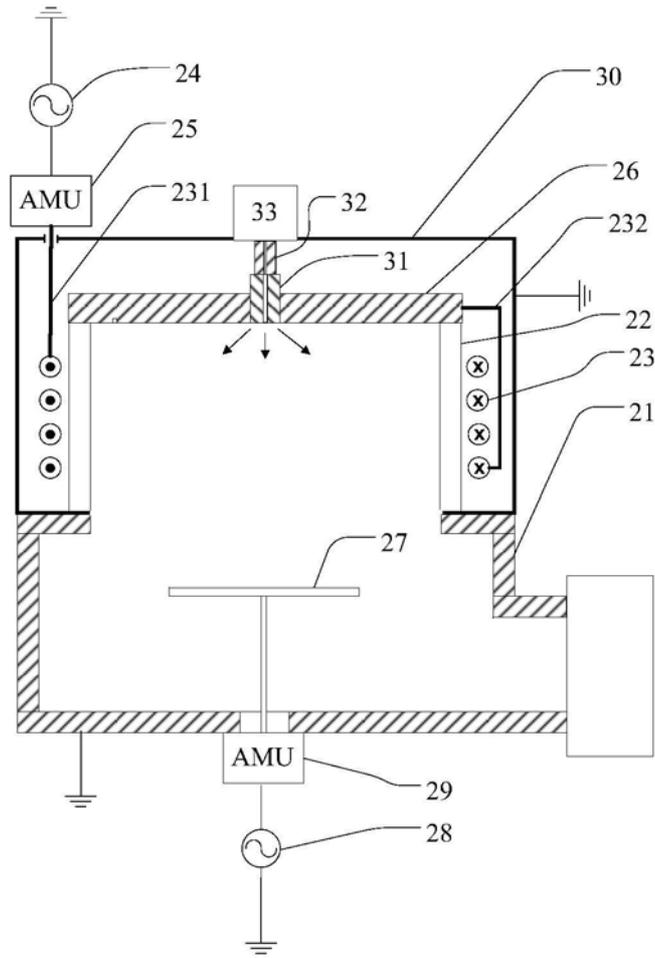


图2A

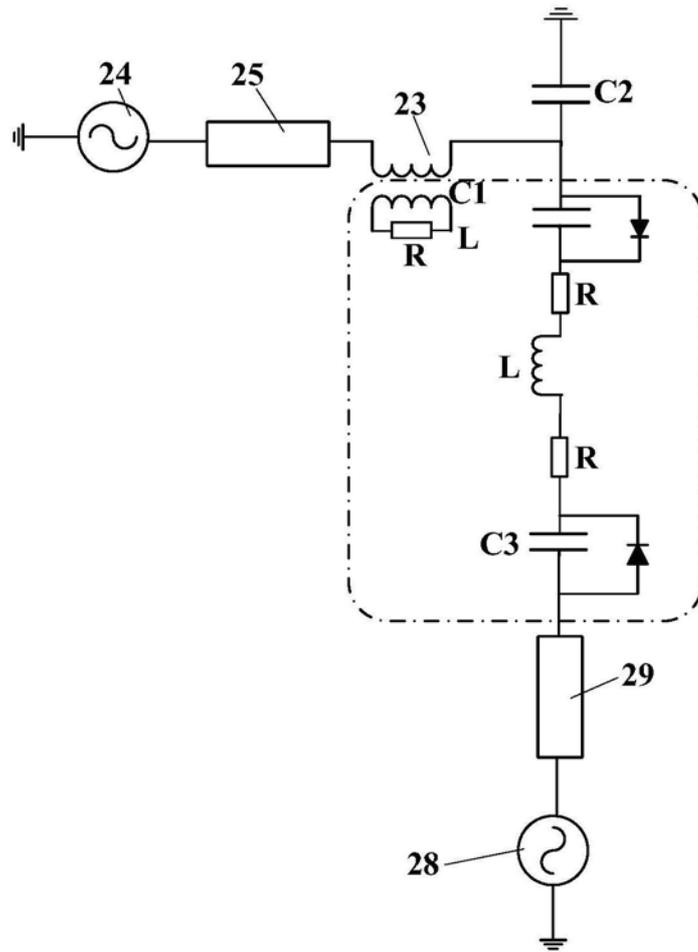


图2B

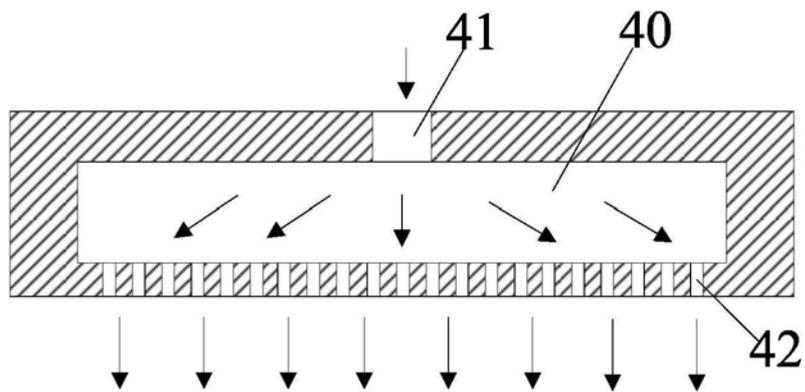


图3

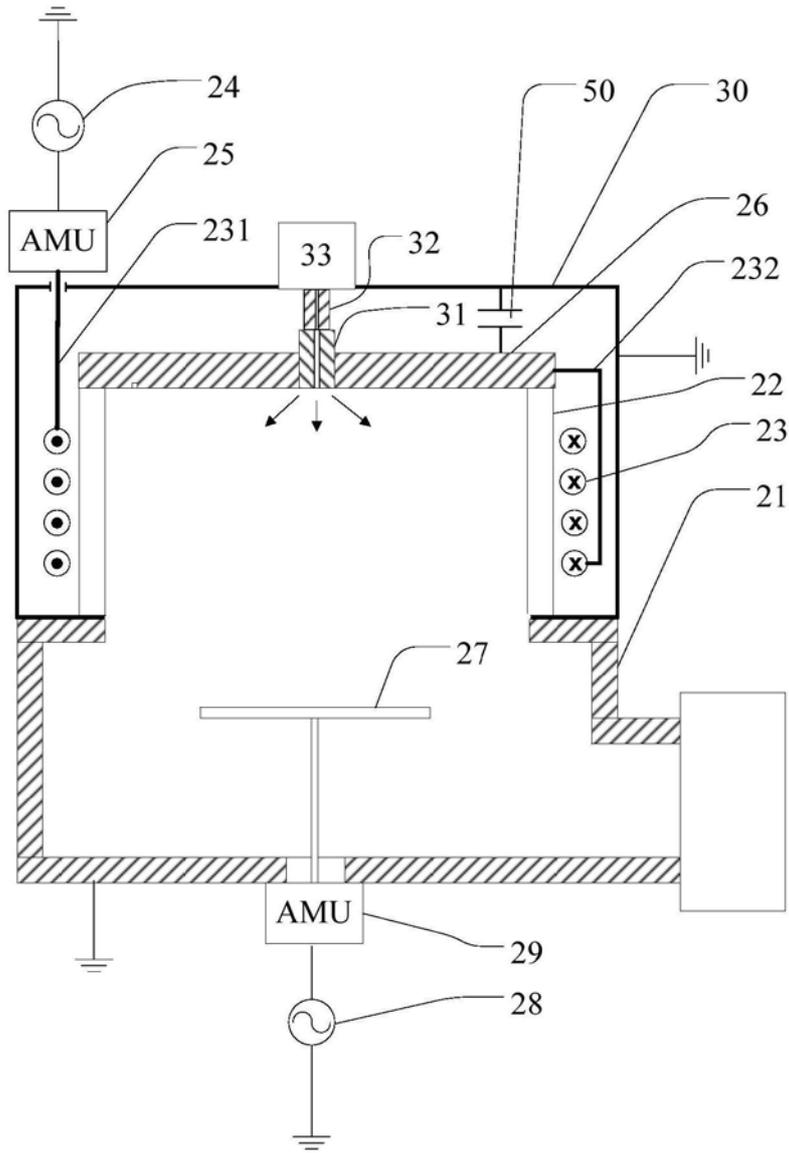


图4A

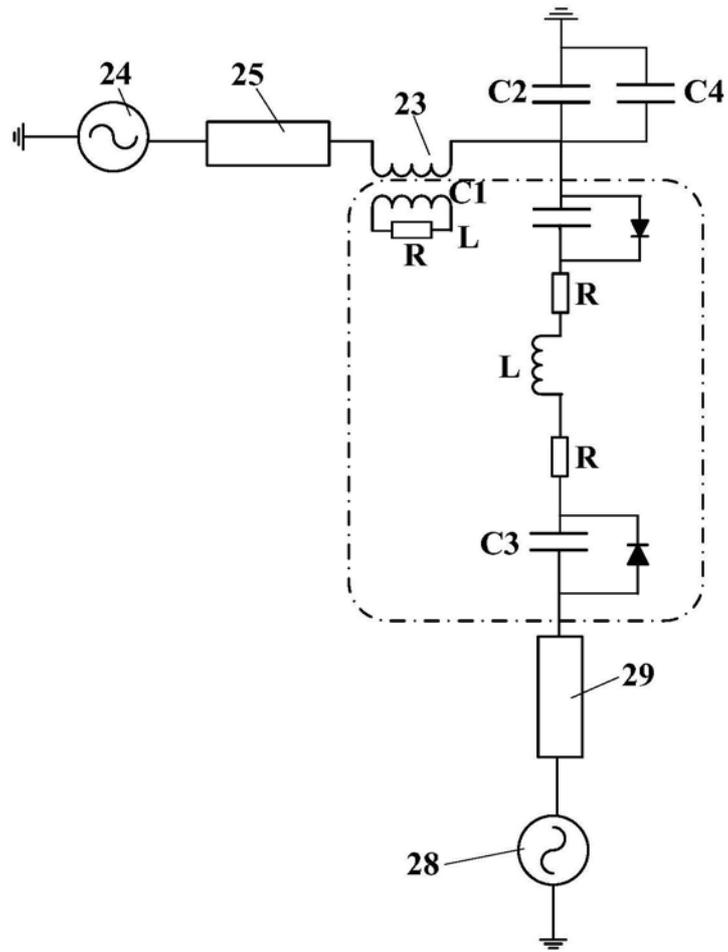


图4B

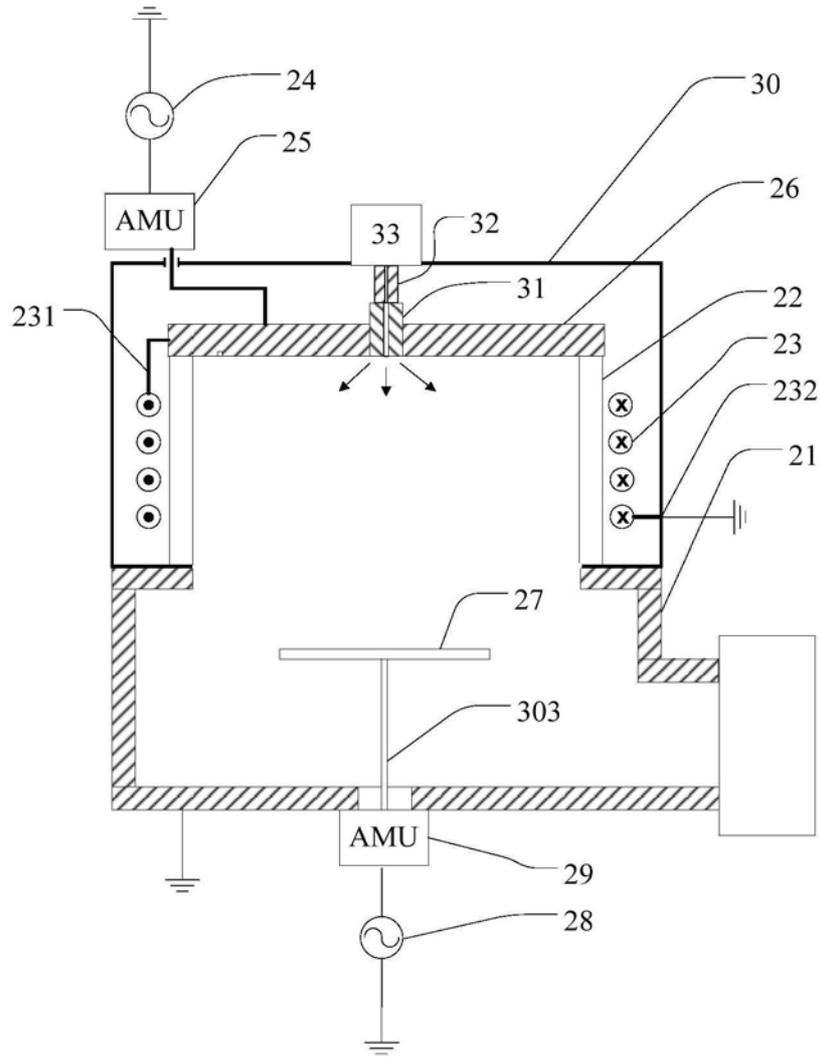


图5A

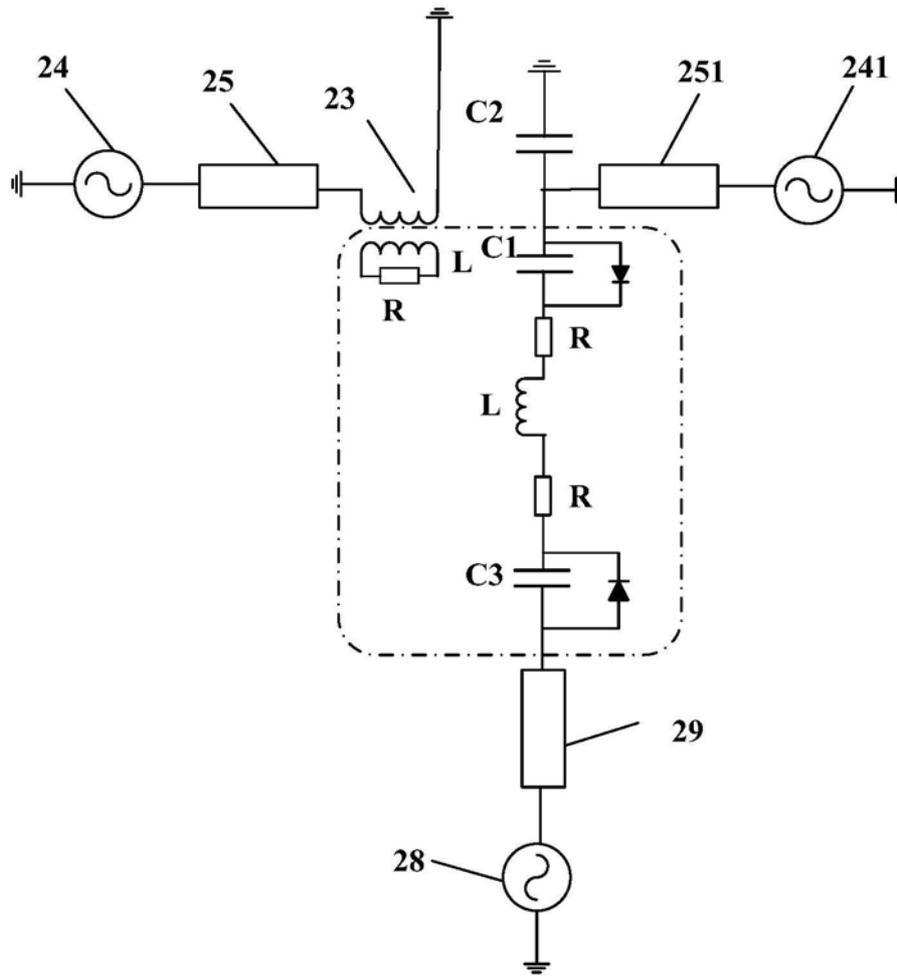


图5B

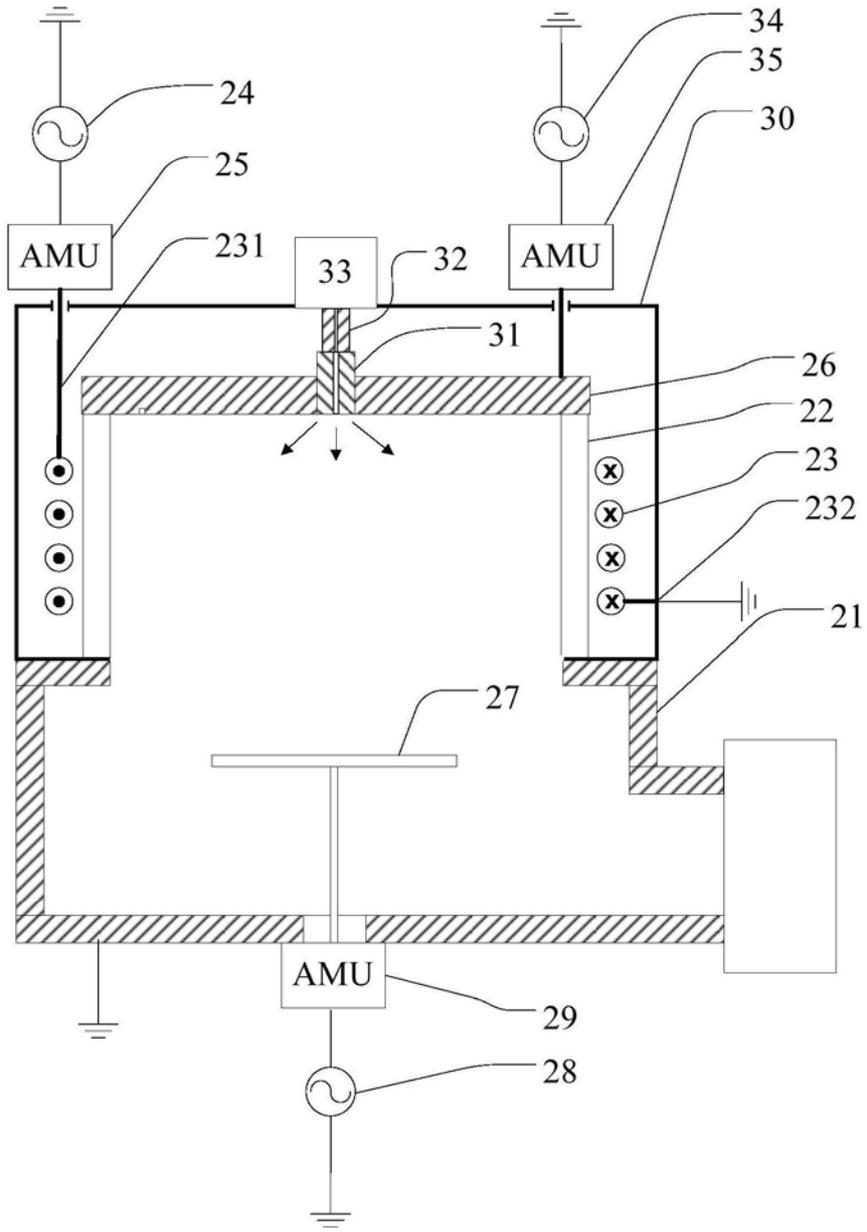


图6A

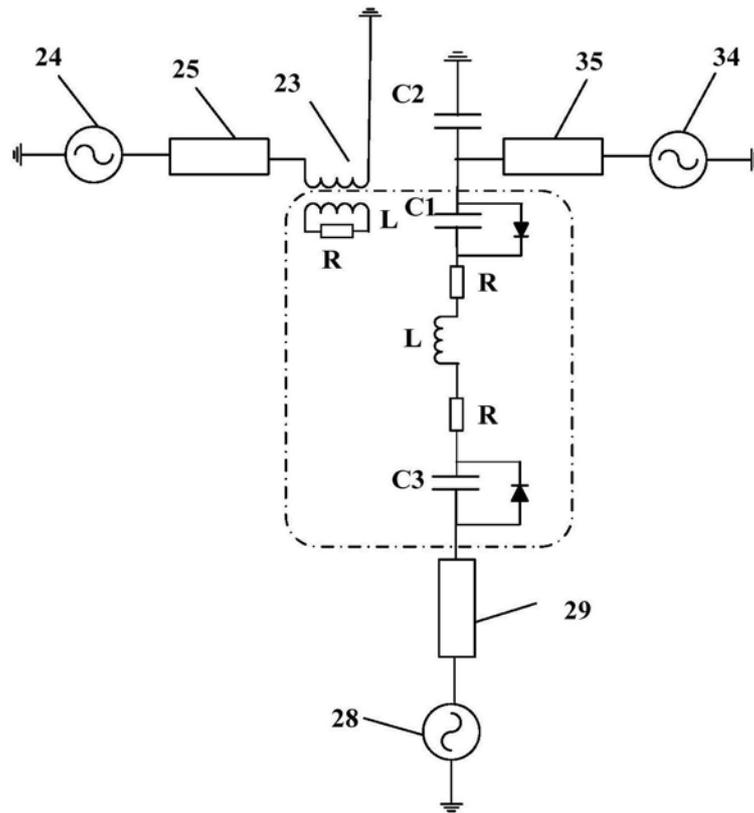


图6B