

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98804335.1

[43]公开日 2000年8月30日

[11]公开号 CN 1265222A

[22]申请日 1998.4.21 [21]申请号 98804335.1

[30]优先权

[32]1997.4.21 [33]US [31]08/844,756

[32]1997.4.21 [33]US [31]08/844,757

[32]1997.4.21 [33]US [31]08/837,551

[86]国际申请 PCT/US98/08033 1998.4.21

[87]国际公布 WO98/48444 英 1998.10.29

[85]进入国家阶段日期 1999.10.19

[71]申请人 东京电子亚利桑那公司

地址 美国亚利桑那州

共同申请人 东京电子株式会社

[72]发明人 凯翰·奥贝迪·阿什蒂亚尼

伊斯雷尔·瓦格纳 科里·A·韦斯

詹姆斯·安东尼·塞马科

克劳德·麦奎诺恩 托马斯·J·利卡塔

亚利山大·D·兰茨曼

[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 韩 宏

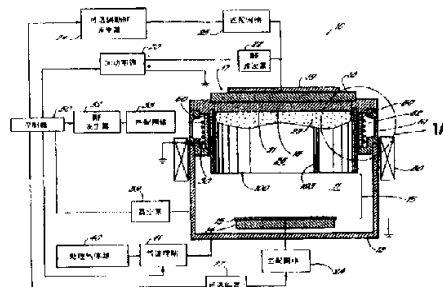
权利要求书 10 页 说明书 20 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 离子化溅射材料的方法和设备

[57]摘要

离子化物理汽相沉积设备(10, 10a, 10b)设置有 RF 元件,最好为一螺旋线圈(30),在靶极(16)与基底保持器(14)之间围绕真空腔室(12)内的空间(11)。最好在约 2MHz 或在 0.1 到 60MHz 范围内 RF 能量被耦合到此空间以便在基底保持器与邻近靶极的主等离子体之间此空间的一容积(26)中形成二次等离子体(29)。此二次等离子体离子化被溅射的材料然后其被基底上的偏压和/或被轴向磁场向支座上的基底(15)方向吸引以给予运动中的离子化溅射质粒定向性来使它们入射时垂直基底,从而能涂敷基底上的窄高纵横比形体的底部。此腔室的室壁或者在此腔室之内的介质材料如石英的窗(60),或者线圈上的绝缘保护此线圈不致与等离子体发生不利的交互作用。此空间与介质材料间的屏蔽(100,200,300)防止被溅射质粒涂覆此介质材料。此屏蔽被划分或开槽来防止在屏蔽中感生电流。此屏蔽可被偏压来控制污染和可以被共同地或个别地偏压来优化在基底上的涂敷的均匀性和在基底处离子化材料流通的方向性。此屏蔽可由多个成角度的段(302)构成,它们被分隔来利于二次 RF 等离子体由窗的邻近到溅射材料被离子化的此腔室的此容积中的传送,这些分部

作成带角度和被隔开来至少将大部分靶极从窗处遮挡住。另一方面,可在紧贴近窗或绝缘处设置导电性屏蔽(100),最好其被隔成小于腔室中气体原子的平均自由路径,以使得此屏蔽的后面不会形成等离子体。此屏蔽(100)具有至少一个在其中的轴向切槽(103)来防止因短接所耦合的能量而产生的方位角即环形电流。



权利要求书

1、离子化物理沉积方法，包括步骤：

以主能源在真空腔室中生成主等离子体和溅蚀靶极以在靶极与要加涂敷的基底之间的空间中产生涂敷材料质粒；

用包围此空间的线圈和通过插入在线圈与空间的介质材料将来自线圈的 RF 能量感性耦合进基底与主等离子体之间的空间的容积内来以此耦合 RF 能量在此容积内激发二次等离子体并以此二次等离子体将此容积内的涂敷材料的质粒离子化；

在进行主等离子体生成步骤的同时以一与此介质材料隔开并被置于此空间与介质材料之间的屏蔽物理地将介质材料与涂敷材料的质粒隔离开而不致将此容积与 RF 能量电气隔离；和

电气地将来自此容积的涂敷材料的离子化质粒导引到基底上。

2、权利要求 1 所述方法，其特征是还包括步骤：

偏压此屏蔽来控制由形成在屏蔽阵列上的薄膜带来的基底污染。

3、权利要求 1 所述方法，其特征是还包括步骤：

偏压此屏蔽来控制被沉积在基底上的膜的分布。

4、权利要求 3 所述方法，其特征是：

此偏压步骤包括有个别地和有选择地偏压多个电气上屏蔽的段来控制被沉积在基底上的膜的分布。

5、权利要求 1 所述方法，其特征是：

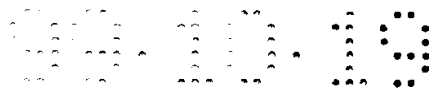
此耦合步骤通过真空腔室的室壁中的介质窗进行。

6、权利要求 1 所述方法，其特征是：

此耦合步骤以被置于腔室之外的线圈并通过真空腔室的室壁中的介质窗进行。

7、权利要求 1 所述方法，其特征是：

此耦合步骤以被置于腔室之内的线圈并通过腔室之内的介质窗进行。



8、权利要求 1 中所述方法，其特征是：

此耦合步骤以在腔室之内的具有介质材料覆盖线圈的线圈进行。

9、权利要求 1 所述方法，其特征是：

离子化质粒电气导引步骤包括有偏压基底来由此容积吸引涂敷材料的离子化质粒到达基底上。

10、离子化物理汽相沉积设备，包括：

真空溅射室；

在此腔室中的具有溅射表面的溅射靶极；

被连接到靶极以激励靶极来在邻近溅射表面处产生主等离子体的阴极功率源；

基底支座，在此腔室中与靶极隔开，被定向于在其上支撑面向靶极并与之平行的基底，和确定靶极与基底保持器之间的空间；

围绕在主等离子体与基底保持器之间腔室的容积的线圈；

RF 能量源，被连接到此线圈以激励此线圈来感性耦合 RF 能量进入此容积形成二次等离子体来离子化通经此容积的飞行中的溅射材料；

用于电气导引溅射材料离子在垂直于基底的方向上的装置；

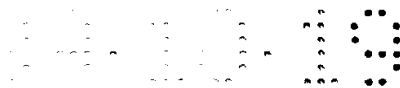
被插入在线圈与此空间之间来将线圈与此空间中的等离子体隔离地非导电性保护结构；和

环形地围绕并在此空间之外，在真空腔室内部和与非导电性保护结构向内隔开地设置在靶极与此非导电性保护结构之间以便将此非导电性保护结构与溅射材料物理地分隔的屏蔽，此屏蔽具有至少一轴向伸展的间隙来至少部分地电气分开此屏蔽以足够降低屏蔽中的环形电流。

11、权利要求 10 所述设备，其特征是：

此屏蔽包括有多个被电气切开各段的间隙隔开的各屏蔽段阵列。

12、权利要求 10 所述设备，其特征是：



此非导电性保护结构包括有在腔室室壁中的介质窗，此线圈被定位在腔室之外此窗的后面。

13、权利要求 10 所述设备，其特征是：

此线圈被置于腔室之内；和

此非导电性保护结构包括有线圈与此空间之间腔室室内的介质窗。

14、权利要求 10 所述设备，其特征是：

该线圈被布置在腔室内，以及

此非导电性保护结构包括有线圈上的绝缘层。

15、权利要求 14 所述设备，其特征是：

此绝缘层完全遮盖线圈。

16、权利要求 14 所述设备，其特征是：

此绝缘层包括有多个被具有能支持等离子体穿过间隙到达线圈的足够宽度的间隙分开的绝缘段。

17、权利要求 10 所述设备，其特征是：

RF 能量源可在 0.1 至 60MHZ 间的频率来激励此线圈。

18、权利要求 10 所述设备，其特征是还包括：

用于电气偏压此屏蔽的装置。

19、权利要求 10 所述设备，其特征是：

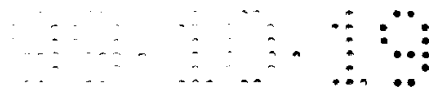
此屏蔽包括有一个由多个被作电气分离各段的间隙所隔开的屏蔽段的阵列；和

此设备还包括为电气偏压此阵列的屏蔽段的装置。

20、权利要求 10 所述设备，其特征是：

用于导引溅射材料离子的装置包括有被连接到支座以电气偏压支座上的基底来在垂直于基底的方向上加速溅射材料离子的偏压能量发生器。

21、离子化物理沉积方法，包括步骤：



以一主能源在一真空腔室内产生主等离子体；

在真空腔室内以主等离子体溅射导电性涂敷材料的靶极借此在靶极与欲加涂敷的被支持在腔室中的基底之间的空间中产生导电性涂敷材料的溅射质粒；

通过线圈与此空间之间的介质窗由包围此空间的线圈感性耦合 RF 能量和在位于基底与靶极间的此空间的一容积中以此耦合的 RF 能量形成二次等离子体；

以此二次等离子体离子化此容积中的涂敷材料的溅射质粒；

以一在真空腔室向内与窗隔开的屏蔽将介质窗与导电涂敷材料的溅射质粒相隔开，这样如果此屏蔽被此导电涂敷材料覆盖它即允许来自线圈的 RF 能量通过进入此容积；和

由此容积向着基底导引涂敷材料的离子化质粒。

22、权利要求 21 所述，其特征是：

此离子化质粒导引步骤包括有电气偏压基底和由此向着基底屏蔽的静电吸引涂敷材料的离子化质粒。

23、权利要求 21 所述方法，其特征是：

此屏蔽步骤以一不会提供围绕此空间的环形电流通路的屏蔽进行。

24、离子化物理汽相沉积设备，包括：

真空溅射腔室，具有对向的端部和在端部之间围绕此腔室伸展的侧壁，此侧壁具有在其中围绕腔室伸展的介质窗；

在其一端以此腔室中的轴线为中心和其上具有溅射表面的溅射靶极；

可分开运行的功率源，包括有（a）用于离子化此腔室中气体以产生由靶极的溅射表面溅射此靶极溅射材料的气体离子而激励主等离子体的阴极功率源和（b）为离子化已被由靶极的溅射表面溅射之后的材料产生二次等离子体的 RF 能量源；



连接到靶极以激励靶极来在紧密贴近溅射表面产生主等离子体的阴极功率源；

腔室中在其端部相对靶极并与靶极隔开以支持平行于靶极的基底的基底支座；

在腔室之外围绕相对主等离子体与基底保持器之间的腔室的容积的介质窗线圈；

RF 能量源，连接到线圈以激励此线圈来将 RF 能量通过窗感性耦合到此容积中的二次等离子体以便离子化通过其中的飞行中溅射材料；和

围绕在此容积之外腔室和由至少一个在窗内侧并与之隔开的倾斜的屏蔽段构成的屏蔽，各段具有面向靶极的表面和以对靶极溅射表面和对靶极的轴的角度倾斜来基本上将窗上所有的点从靶极溅射表面遮挡住，此屏蔽具有至少一个其中切断围绕此腔室的环形电流路径的间隙和此屏蔽被配置得利于二次等离子体由窗邻近伸展进此容积。

25、权利要求 24 所述设备，其特征是：

此屏蔽包括有多个屏蔽段。

26、权利要求 24 所述设备，其特征是还包括：

偏压电位发生器，连接到支座以电气偏压支座上的基底以便在垂直于基底的方向上加速溅射材料的离子。

27、权利要求 24 所述设备，其特征是：

此屏蔽包括有多个轴向隔开的截头圆锥形屏蔽段。

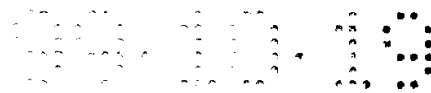
28、权利要求 24 所述设备，其特征是：

此屏蔽包括有多个其间具有轴向伸展的间隔的圆周方向隔开的叶片状屏蔽段。

29、权利要求 24 所述设备，其特征是：

此线圈是被布置围绕此腔室的螺旋线圈。

30、权利要求 24 所述设备，其特征是：



屏蔽阵列被加以偏压。

31、离子化物理汽相沉积设备，包括：

真空溅射腔室，其中具有介质窗围绕此腔室伸展，其中一溅射靶极在其一端以一轴为心和其中一基底支座用于支持平行于在其对向端此轴上的靶极的基底；

可独立运行的功率源，包括有（a）为离子化腔室中气体以产生由靶极溅射表面溅射靶极溅射材料的气体离子而激励主等离子体的阴极功率源和（b）用于离子化由靶极表面溅射后的材料而产生二次等离子体的 RF 能量源；

连接到靶极以激励靶极来在紧贴近靶极处产生主等离子体的阴极功率源；

RF 线圈，包围介质窗之外的腔室将来自 RF 能量源的 RF 能量耦合进此腔室以便在主等离子体与基底保持器间的此腔室一容积内形成二次等离子体；和

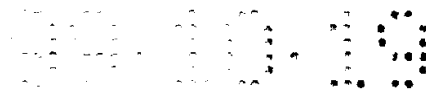
在此容积与窗之间围绕此腔室的屏蔽，此屏蔽由多个倾斜来总的面向靶极并相隔开的截头圆锥形分部构成以便总的基本上将窗上的所有点由靶极遮挡住，这些段各自具有至少一个为切断围绕此腔室的环形电流路径的轴向间隙，这些段互相在轴向隔开来确定由窗进入此容积的空间能有效地促进二次等离子体通过此空间由窗伸展进此容积。

32、离子化物理汽相沉积设备，包括：

真空溅射腔室，具有介质窗在腔室周围伸展，在其一端的溅射靶极和在其对向端的为支持平行于靶极的基底的基底支座；

可独立运行的功率源，包括有（a）为离子化腔室中气体以产生由靶极的溅射表面溅射靶极溅射材料的气体离子而激励主等离子体的阴极功率源和（b）为产生离子化已被由靶极溅射表面溅射之后的材料的二次等离子体的 RF 能量源；

被连接到靶极以激励靶来在紧贴近靶极处产生主等离子体的阴极



功率源；

RF 线圈，在介质窗之外围绕此腔室被布置来将来自 RF 能量源的 RF 能量作感性耦合以便在主等离子体与基底保持器之间此腔室的一容积内形成二次等离子体；和

在此容积与窗之间围绕此腔室的屏蔽，此屏蔽由多个在此容积周围互相在圆周上分隔的轴向伸展的叶片构成，各叶片以相对一通过叶片和通过腔室的中心轴的径向平面的角度倾斜，叶片被定向和相互隔开以便基本上将窗中所有点由靶极遮挡住，叶片每一个均相互隔开来确定由窗进入此容积的空间有以效地促进二次等离子体伸展进此容积。

33、权利要求 32 所述设备，其特征是还包括：

偏压电位发生器，连接到支座以电气偏压支座上的基底来在垂直于基底的方向上加速溅射材料的离子。

34、权利要求 31 所述设备，其特征是还包括：

偏压电位发生器，连接到支座以电气偏压支座上的基底以便在垂直于基底的方向上加速溅射材料离子。

35、离子化物理汽相沉积设备，包括：

真空腔室，具有在其中被封闭以维持在低压力水平的处理气体空间；

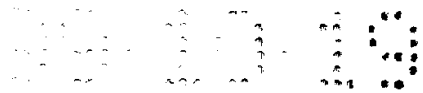
在此腔室一端的汽相沉积材料源；

基底支座，在腔室中在其一端相对汽相沉积材料源并面向其以用来支持其上面平行于此源的基底；

在基底支座与该源的表面之间的至少一个围绕此腔室的线圈；

此腔室包括有在线圈与此空间之间的窗用来将线圈与此空间中的处理气体隔离；

RF 能量源，连接到该线圈并运行来激励线圈通过窗感性耦合 RF 能量以便在此空间内的气体中激发二次等离子体；和



在窗内侧并与其紧密接近的围绕此腔室的金属屏蔽，此屏蔽轴向伸展足够远来将窗由材料源遮挡住并电气短接基本上等离子体中的所有轴向电场，此屏蔽具有至少一伸展其轴向长度的轴向切槽来切断腔室周围的屏蔽中的环形通电路径。

36、权利要求 35 所述设备，其特征是：

至少一个线圈具有中央抽头和 RF 能量源被连接到此中央抽头。

37、权利要求 35 所述设备，其特征是还包括：

偏压电位发生器，被连接到支座以电气偏压支座上的基底来在垂直于基底的方向上加速沉积材料离子。

38、权利要求 35 的设备，其特征是还包括：

围绕此腔室的磁体，具有在腔室内部的此空间中作轴向取向的磁场。

39、权利要求 35 所述设备，其特征是还包括：

为产生在腔室内的此空间中作轴向取向的磁场的装置。

40、权利要求 35 所述设备，其特征是

屏蔽中至少一个切槽较之腔室中气体原子的平均自由路径足够地宽以便使得此切槽中能形成等离子体。

41、权利要求 35 中所述设备，其特征是：

此屏蔽具有至少等于线圈轴向长度的高度。

42、权利要求 35 中所述设备，其特征是：

此线圈为被布置成围绕此腔室的螺旋线圈。

43、权利要求 35 所述设备，其特征是：

此窗为一构成此腔室内壁的部分并在其内侧与处理气体接触的由非导电材料作成的一般为圆柱形的窗。

44、权利要求 35 所述设备，其特征是：

此窗是包围线圈和被设置成在其至少一侧与处理气体接触的非导电材料形式。



45、离子化物理汽相沉积设备，其特征是包括：

真空腔室，具有一要维持低压力水平的在其中被封闭的处理气体空间；

在此腔室一端的溅射靶极；

在此腔室中的基底支座，在其一端与靶极相对并面向此靶极以支持其中平行于此靶极的基底；

至少在基底支座与靶极表面之间围绕此腔室的一个线圈；

此腔室包括有在此线圈与此空间之间的窗用于将此线圈与此空间中的处理气体隔离；

RF 能量源，被连接到此线圈运行来激励线圈以通过窗感性耦合 RF 能量以便在此空间内的气体中激发二次等离子体；和

在窗内侧并紧密接近其的围绕此腔室的金属屏蔽，此屏蔽轴向伸展足够远来将窗与由靶极的溅射材料遮挡住并电气短接等离子体中基本上所有的轴向电场，此屏蔽具有至少一个在其中伸展其轴向长度来切断腔室周围的屏蔽中的环形导电路径的轴向切槽。

46、权利要求 45 所述设备，其特征是：

屏蔽与窗间的间隔不大于此腔室内的此空间的真空中的气体原子的平均自由路径以便能避免在此屏蔽后面形成等离子体。

47、权利要求 45 所述设备，其特征是还包括：

偏压电位发生器，被连接到支座以电气偏压支座上的基座来在垂直于基底的方向上加速溅射材料的离子。

48、权利要求 45 所述设备，其特征是还包括：

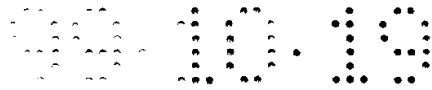
围绕此腔室的磁体，具有在腔室内的此空间中作轴向取向的磁场。

49、权利要求 45 所述设备，其特征是还包括：

用于产生此腔室内的此空间中作轴向取向的磁场的装置。

50、权利要求 45 所述设备，其特征是：

屏蔽中的切槽较之此腔室中气体原子的平均自由路径足够宽以使



得能在此切槽中形成等离子体。

51、权利要求 45 中所述设备，其特征是：

此屏蔽具有至少等于线圈的轴向长度的高度。

52、权利要求 45 所述设备，其特征是：

此线圈为布置成围绕此腔室的螺旋线圈。

53、权利要求 45 所述设备，其特征是：

此窗为构成此腔室内壁的部分并在其内侧与处理气体相接触的由非导电材料作成的通常圆柱形的窗。

54、权利要求 45 所述设备，其特征是：

此窗为包围此线圈并被设置成至少是一侧与处理气体接触的非导电材料的形式。

55、离子化物理汽相沉积的方法，包括步骤：

设置具有在其中被密闭的处理气体空间的真空腔室，在此腔室一端的汽化涂敷材料源，和在其一端与此源相对并面向此源的腔室内的基底支座用于支撑其上的基底；

以围绕此腔室的线圈从将此线圈与此处理空间中的处理气体隔离的介质材料后面感性耦合 RF 能量进入此腔室；和

将一轴向伸展的和作轴向切槽的金属屏蔽置于窗的内侧并与之紧密贴近，以此将窗从由靶极溅射的材料遮挡住和电气短接等离子体中基本上所有的轴向电场。

56、权利要求 55 所述方法，其特征是：

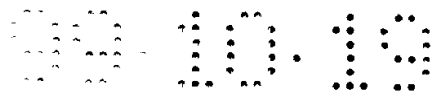
此源为一溅射涂敷材料靶极；和

此方法包括激励此靶极和由其溅射涂敷材料的步骤。

57、权利要求 55 所述方法，其特征是：

此源为蒸发材料的 PVD 源；和

此方法包括有汽化此蒸发材料进入此腔室的步骤。



说明书

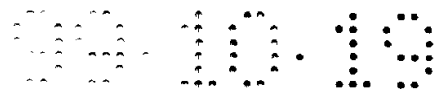
离子化溅射材料的方法和设备

本发明是关于溅涂，而较具体说是关于把涂敷材料的离子化物理汽相沉积（IPVD）到基座上的方法和设备。

发明背景

半导体生产中子微粒高纵横比形体（features）例如通道、沟渠和接触孔的存在带来各种涂敷问题。在甚大的超大规模集成（VLSI 和 ULSI）半导体装置的生产中，在这种形体底部上触点经常要加上衬垫，且该形体要经常填充以导电金属。在许多要沉积薄膜的半导体装置制造情况下，或者要求或者至少最好施加利用物理汽相沉积（PVD）过程的涂敷。以物理方法在具有窄小的高纵横比形体（壁孔）的底部上沉积薄膜需要在向着基底沉积的材料运动中达到很高程度的定向性。纵横比特征越高要求定向性越高。为在例如基底表面上小的高纵横比孔的底部有效地涂敷触点，涂敷材料的质粒必须以基本上不大于特征的斜面开孔的相对法线的角度运动。

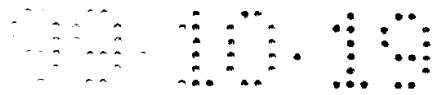
在半导体装置生产中，例如说，金属化高纵横比的孔和沟槽的底部上触点是必要的，其中的沟槽可能需要将宽度可能在 0.25 至 0.35 微米范围内而且还可能随着装置的微型化趋向而变得可能更窄，因为 PVD 处理在所实现的膜纯净度、生产率和处理设备的整体成本和简单性方面表现出优于其他可能的处理的技术和商业上的优越性，因此通过物理沉积过程，如溅射涂敷来金属化这种触点是所希望的。例如，化学汽相沉积（CVD）处理由于化学处理能在孔或沟渠内部的基底表面形成薄膜而用于在深孔或沟渠中沉积薄膜。但是 CVD 处理需要较 PVD 处理设备更复杂的昂贵的设备。CVD 处理由于它的化学性质常常涉及到环境因素和应用可能造成装置污染源的化学前体，通常这些系统均



要求较高频度的导致非生产性停机的预防性维护。对于许多类型薄膜，PVD 处理较 CVD 处理速度快，改善生产率从而降低成本。另外，CVD 处理对许多沉积材料或许不存在或者可能是不现实的，例如由于需要可能会妨碍 CVD 沉积的复杂的前体和供给系统。可用的生产 CVD 适用于钛、氮化钛和钨。但是，对铝、镧、钽和氮化钽的 CVD 处理或者不存在或者如果存在，它们也是不成熟的或商业上不可行的。此外，采用某些处理，CVD 可能使基底上局部地形成的装置长时期地加热，这可能造成在材料边缘处的材料迁移和扩散，或者可能使这些装置经受热造成的损坏或超出对于该处理的热量估算、

由于形体的减小尺寸和增大纵横比，在某些应用中由物理汽相沉积施加涂敷层的可取性对溅射过程要求增加来达到涂敷到基底上的材料的运动中越来越高程度的定向性。除非入射到基底上的溅射材料的质粒的途径能高度平行并垂直于基底表面的平面，溅射高纵横比形体的努力将导致该形体上侧面上过量的沉积或形体开口的关闭，在这样的情况中物理沉积处理将不会达到满意的结果。

溅射涂敷处理典型地是通过将基底和高纯度涂敷材料的靶极置入一填满惰性气体例如氮的真空腔室并在此气体中产生等离子体。等离子体的生成典型的是依靠将此靶极或者连续地或者间断地保持为负电位，以使得靶极起提供激发腔室内气体而在邻近靶极表面处形成等离子体的电子的阴极的功能作用。等离子体的发生通常利用一磁电管组件来加强，其中位于靶极后面的磁铁俘获那些通过靶极表面的电子，在此将变换成正离子。气体离子被向着负电的靶极加速在此它们与表面碰撞，靶极表面弹射出原子和原子簇或靶极材料的质粒和二次电子。二次电子在维持等离子体中起主要作用。被弹射出的靶极材料的质粒在电荷上是中性的和通过真空空间以各个方向传播，其中一些碰到基底，它们粘结到基底上形成薄膜。基底上越来越窄的形体和纵横比越来越高的形体起着减小孔径的接受角的作用，从而遮蔽形体的

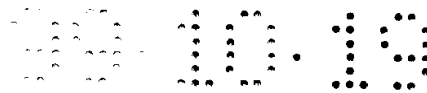


边，导致越来越多的入射质粒被形体的边和周围地区拦截，而使越来越少的质粒可能沉积在形体底面上。

已经为使传播的质粒能以直线向着和垂直于基底表面运动采用了各种方法。一种途径是采用靶极与基底间的物理准直仪盘来实现入射角的正态分布和通过拦截以低角度指向准直仪的质粒以使得仅仅那些垂直或近似垂直基底的质粒能通过准直仪来改善入射质粒的定向性。另一种途径被叫做长射程溅射，要求增加靶极至基底的间距以便使仅仅以正交或接近正交于基底的角度运动的质粒能行进腔室长度来冲击基底。准直仪提供了特定的污染源，因为被截获的粒子沉积在准直仪上，在这里薄膜累积并倾向于脱落。准直沉积和长射程设计两者均以排除以低角度向基底运动的材料来实现定向性。它们极大地降低入射在基底上的溅射材料的百分数从而大大减小沉积率。这还增加了防护性维护，减小靶极材料的利用和降低生产率。

得到重新加以考虑的另一个定向溅射材料的方法是离子化溅射处理，常常被称之为离子化物理汽相沉积即 IPVD。采用 IPVD，涂敷材料利用磁控管溅射或其用常规的溅射或汽化技术被由靶极溅射。在溅射涂敷过程中，溅射的质粒以宽大发射角度由靶极发射。IPVD 依靠将质粒离子化以便使它们能被静电地或电气控制在垂直于基底的方向上来寻求改善定向性。

IPVD，被溅射质粒在到基底途中所通过的靶极与基底之间的空间中的气体内产生额外的等离子体。先有技术中，已借助各种方法例如以将 RF 能量作容性耦合进靶极下游腔室来在此空间中形成此额外的等离子体，或者借助电子回旋共振（ECR）或其他微波等离子体生成技术使其在远离此空间形成然后再流进此空间。穿过这一空间的溅射材料质粒与电子或被离子化处理气体的亚稳态中子碰撞。碰撞趋向于由被溅射质粒的原子剥离电子，留下带正电的质粒。溅射材料的这些正离子然后由例如对基底所加的负偏压被向着基底作电气加速。

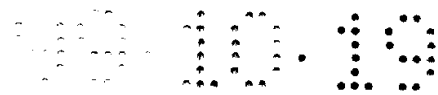


先有技术中的 IPVD 显示出多个缺点和问题，它们妨碍在制造环境下的实际应用。例如说，这样的处理造成整个效率低下。具体说，IPVD 处理典型地会带来低沉积率。而且此先有技术过程已产生很高程度的薄膜污染。特别是在采用先有技术的 IPVD 建议时，已发现因为靶极处的溅射功率增加而使高纵横比形体的填充恶化。这样的恶化与这种靶极/磁控管组件通常可达到的 12 至 30kw 相比将铝合金的溅射功率导致与增加污染的同时使得生产率和产量降低的低沉积率，例如与典型的约 45s 至 1min 的晶片处理时间相比达到每一晶片的 10 至 40min 的溅射时间。而且，发现除非设备在溅射室由相当高的压力例如 20 至 40mtorr 下运行被溅射材料的部分离子化将很低。以氩作为处理气体，这一压力高于通常小于 15mtorr 或低真空压强范围内的所希望的溅射压力。较高压力具有降低所沉积膜特性的质量并增加膜污染的趋势。此外，较高的运行压力降低处理的平面领域的均匀性，迫使增大真空腔室设计，这又进一步降低离子化效率。先有技术 IPVD 处理所带来的其他问题在于对 RF 电极或元件被不希望地溅射，这是由于等离子体、其上面非所希望的沉积而累积溅射的材料由 RF 元件剥落、RF 元件由等离子体或沉积在元件上的材料的短接和其他等离子体及材料与电极或被用来耦合 RF 能量进入等离子体以离子化所溅射材料的元件的交互作用。

因而需要有 IPVD 设备和方法来克服先有技术的这些缺点和问题。具体说，必须要有能提供满意高的整体效率，特别高的沉积率，高溅射材料离子化效率和低沉积膜污染的现实和有效的 IPVD 设备。尤其需要一种设备能产生高度均匀性和高质量的薄膜，同时提供商业上可采用过程的足够的生产率。

发明概述

本发明的主要目的是提供用于在 VLSI 和 ULSI 半导体晶片的窄小的高纵横比孔和沟渠的底部和在一定程度上边上沉积薄膜的方法和



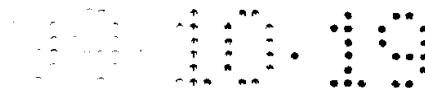
设备。本发明的主要目的也在于提供为进行具有高整体效率，特别是能以涂敷材料的高离子化效率在很宽压力范围取得高沉积率的离子化物理汽相沉积的方法和设备。本发明的再一目的是提供能保持低沉积膜污染的有效的 IPVD 方法和设备。现有，本发明的另一目的是提供于防护维修要求很低的 IPVD 处理和硬件。

本发明的一特殊目的是提供靶极处的溅射功率将能被保持为至少中等水平和将具有 RF 能量高效率耦合进被溅射材料而无需维持腔室相对高的溅射压力的 IPVD 设备和方法。本发明的又一目的是提供的方法和设备中，腔室内的等离子体与用来耦合 RF 能量进入等离子体以离子化溅射材料的电极或元件间的的交互作用保持很低，特别是被溅射材料由于电极的可能短接而造成的溅射、剥离。

依据本发明的原理提出的 IPVD 设备和方法，其中邻近靶极形成主等离子体来由靶极溅射材料，同时 RF 元件将能量耦合进 PVD 处理腔室来在主等离子体与其基底间的腔室的一空间内产生二次等离子体。二次等离子体是对通常被约束为紧靠溅射靶极的主等离子体的补充。将等离子体一般充满腔室，但主要占据靶极与基底之间的至少一部分空间，据此在被溅射质粒从靶极移动期间离子化它们从而使粒子在溅射材料离子辅助沉积到基底上的过程中被向着基底作静电加速。

离子化的溅射材料最好由施加到基底的负偏压来对着基底加速，它可被加以控制来优化对运动中离子的调整而不致损坏晶底表面。可替换地或者作为补充，腔室可被永磁体或电磁铁包围以在基底与靶极间的腔室中产生轴向磁场来协助离子化溅射质粒限定于与腔室轴平行和垂直于基底表面的路径中。

RF 离子化能量耦合元件可以是 RF 电极，最好为电感性元件，例如该象一至多个围绕腔室的线圈。如以下更详细说明的，RF 元件可被布置在腔室内最好与腔室处理气体隔离，或者也可被布置在腔室之外。



此优选设备还设置有一非导电性和非磁性介质材料的保护结构，以防止即避免 RF 元件与腔室内的等离子体起有害的交互作用，例如与主等离子体以及与由 RF 元件产生的次等离子体的交互作用。最好，此保护结构要能使得射落到它上面的（如果存在的话）溅射材料能以不会剥离此结构而造成污染源的状态粘附剂此结构上。此保护结构的部件还最好被配置得能防止它的内部或其上面沉积的溅射材料层中的涡流并能防止 RF 元件的静电屏蔽。

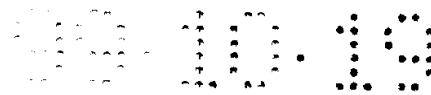
在本发明的范围内可能有各种不同的 RF 元件和保护结构的配置。例如，在一实施例中，一 RF 元件线圈围绕在保护结构后面的腔室，它构成围绕处理空间的腔室的密闭真孔内壁的部分，其中此 RF 线圈被一外部导电罩遮盖。另一方面，RF 线圈也可在靶极边缘之外的下流的处理腔室真空之内，而此保护结构使 RF 线圈避免与等离子体交互作用。在另一实施例中，将 RF 线圈设置得以保护绝缘材料遮盖，采用完全遮盖线圈导体的整体绝缘物或者采用具有足够窄的槽隙以阻止邻近导体形成等离子体的工槽的或分段的绝缘物。RF 线圈和保护结构在形状上最好为圆柱形并包围处理空间。

此优选设备还包括有设置来屏蔽保护结构以便使保护结构的功能不致被其上溅射材料沉积效果损坏的屏蔽阵列。可能采用各种保护结构和屏蔽阵列实施例，如以下举例中所描述。

第一实施例

在第一实施例中，RF 元件包括一个从被用作保护结构的多半为圆柱状的石英窗后面围绕腔室的螺旋绕圈。此多半为圆柱状的石英挡风可构成腔室的密闭真孔内壁的部分，或者它是在腔室内部包围线圈的绝缘体形式，或者是使线圈导体与处理气体绝缘的某种另外的形式。

设置一基本上为圆柱形的屏蔽紧密贴近将线圈与 PVD 处理腔室隔开的窗地围绕腔室。此屏蔽最好在平行于其腔室的轴的方向上被加以



切割。所谓“紧密贴近”是指与窗隔开的距离足够短以防止此屏蔽与窗间形成等离子体。此被切割的屏蔽仿效将线圈与真空腔室和处理气体分隔的介质窗的形状。此屏蔽防止涂敷材料沉积到窗上。当材料是导电性的时，可能会发生线圈的电气短路而防止 RF 能量被传送进腔室。此屏蔽最好这样来加以切割，即能防止此屏蔽本身构成其中可能感生环形电流的围绕腔室的环形通路，此环形电流将耗费来自 RF 线圈的能量和有损被耦合进辅助等离子体的能量的效率。此屏蔽被进一步在轴向延伸得足够远来缩短穿过 RF 线圈的轴向电场由此优化能量感性耦合进等离子体的效率和降低此被耦合能量的容性成分。此外，此屏蔽被保持紧密隔开贴近窗以便防止在屏蔽后产生等离子体从而使得能在溅射质粒行进通过的空间中更有效地产生等离子体。最好此屏蔽与窗的这一分隔不大于处理气体的原子的平均自由路径或此空间中等离子体的最小扩散长度。

屏蔽中的切口足够宽使得其中能形成等离子体，从而等离子体将依靠再溅射连续地去除作为来自通过切口的源的材料的结果在窗上涂敷材料的任何沉积。

此屏蔽相对于线圈遮盖保护的定位和配置给予了在腔室的空间中等离子生成的高效率，避免了因屏蔽与线圈之间生成等离子体所造成的损失。结果，具有溅射材料的高度离子化。

采用这一实施例，防止了腔室的无效区域例如屏蔽结构与线圈保护绝缘体或窗之间产生等离子体，从而避免了离子化效率的损失。

第二实施例

在第二实施例中，单独或相结合地采用罩壳、介质窗和整体或分段绝缘来共同保护 RF 元件离开等离子体和被溅射的材料。此屏蔽阵列最好为多个屏蔽分部的形式，可被加以偏压来控制其被等离子体的溅射。屏蔽阵列具有多个间隙来至少局部地电气切断屏蔽分部以防止感生的涡流耗费能量和抵制能量对等离子体的耦合。而且，各个别屏



蔽分部最好在电气上分离以便使它们能各个地加以偏压来优化在基底上涂敷的均匀性和离子化材料在基底上的定向性。屏蔽段间的间隔有利用等离子体由屏蔽后面传送进入处理空间。

第三实施例

在第三实施例中，螺旋线圈围绕保护结构后的腔室。作这样的配置，保护线圈不与腔室内所形成的等离子体接触。腔室内设置一屏蔽分部阵列也围绕靶极与基底之间的空间，和最好加以偏压来控制其由等离子体的溅射。此屏蔽阵列具有许多间隙来至少局部地电气隔离屏蔽分部，部分防止感生的涡流耗费能量和抵消能量对等离子体的耦合。屏蔽分部被加以配置和定向，和限定间隙，以使屏蔽分部能为保护结构遮蔽靶极，同时最小时影响来自线圈的能量的耗合和二次等离子体的形成和定位。

屏蔽阵列被相对于保护结构设置得使其上而不致建立会助长其中的涡流或者会产生 RF 线圈的静电屏蔽的涂敷。最好，从保护结构的任一部分均不能看到靶极的任何部位，而如果保护结构的任一部能看到靶极以致累积导电性溅射材料的涂敷，被涂覆面积就不会如此成形而致助长涡流或者使得线圈遭受很大的屏蔽。

在举例说明的这一第三实施例中，此保护结构为一介质窗。屏蔽阵列由呈角度的分部构成，它们整体地阻断靶极与窗之间的所有通路。这些分部还被作成带角度的来使得主等离子体与基底间的空间的容积能由线圈看到。这样，此窗被保护不被靶极溅射沉积而同时提供最有效的能量耦合来为离子化被溅射材料形成一二次等离子体。屏蔽分部最好与窗隔离和在相邻分部间具有足够的空间以使线圈的某一部分能看见腔室的其中希望形成二次等离子体的容积，从而能在邻近窗处形成等离子体并伸展进其中被溅射材料能被离子化的容积内。

按照此第三实施例的一说明示例，屏蔽阵列由多个被布置在窗内侧并以一般垂直于由靶极至窗的通路的角度倾斜的轴向隔开的截头锥

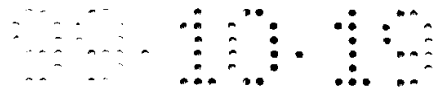


体分部构成。这些屏蔽分部可以相对于腔室轴线的相同角度倾斜或者是这些分部以不同角度倾斜，例如说对离轴较远的分部以小角度倾斜。最好这些分部从靶极上每一点均不遮蔽相邻的分部，虽然最小的重叠可能倾向于降低溅射质粒冲击窗散布。屏蔽分部最好进一步由各分部间的间隙作周围的分段，由此截断可能的感应电流通路。

按照此第三实施例的另一说明性示例，屏蔽阵列由窗内侧多个围绕控制腔室在周围隔开的平面的或稍许弯曲的轴向沿伸的矩形叶板构成。这些分部被由窗隔开，并各自以相对于腔室半径的角度倾斜来集合地由靶极整个面积遮蔽窗，或至少基本上处于线圈磁场之内的窗的局部，但容许线圈的某一部分能看到希望的其中形成二次等离子体的腔室的容积。这样二次等离子体即可形成于窗邻近并易于伸展进溅射质粒将通过的容积。这一实施例的屏蔽分部最好以相对腔室半径的同一角度倾斜。可取的是，这些分部由靶极上每一点均不遮蔽相邻的分部，尽管较小的重叠可能对降低窗的涂敷起作用。屏蔽分部最好在周围相互分隔开并以至少等于真空腔室内气体中分子的平均自由路径的距离与靶极和基底隔开。

* * *

当本发明被用于溅射涂敷系统中时，溅射功率可保持为高水平，由此来维持高沉积率和高溅射材料离子化率。这此结果的达到不会增加诸如 RF 线圈短路或增大污染从而恶化沉积薄膜之类的问题的发生。因此能依靠溅射以垂直于基底表面的入射溅射材料的高度定向性切实高效率地满足高纵横比特征。消除了先有系统的必须降低溅射功率，因为防止了密集的溅射等离子体短路或对耦合生成离子化溅射材料的等离子体的 RF 等离子体的有害影响。防止由 RF 元件自身所产生的等离子体短路此元件。溅射气体压力可维持在低的或正常的溅射水平，并防止因散布带来的定向性的损失。避免了由 RF 耦合元件的溅射产生的反作用。这些优点可以在与不能得到本发明所奉献的高质量



高纵横比特征的涂敷的惯常的溅射方法相当的处理时间中实现。

在增强被用于沉积涂敷进高纵横比形体时的 PVD 处理、特别是溅射涂敷处理之外，本发明还具有采用蒸发源或其他由基本上为物理技术沉积的气化材料源的 PVD 处理中的优点。反应性处理和被或者包括有材料的化学沉积的物理处理也可能由本发明得益。本发明具有与金属膜沉积相结合的特别的实用性，但也具有在沉积其他材料特别是氧化物和氮化物中的优点。

本发明的这些和其他的目的和优点由下面对发明优选实施例的详细说明将会更容易地清楚理解。

对附图的简要说明：

图 1 为按照本发明一实施例的 IPVD 溅射设备的正面图形表述：

图 1A 为说明为保护线圈的替代形式的图 1 一部分的放大正面图；

图 2 为图 1 设备的屏蔽的立体图；

图 3 为按照本发明一实施例的 IPVD 溅射设备的图形表述：

图 4A—4D 为说明图 3 设备的替换线圈配置的图形；

图 5 为与图 3 中所示的相对照的具有二次等离子体 RF 耦合元件和保护结构的替换配置的 IPVD 溅射设备的图形表述；

图 6 为与图 3 和 5 中所示的相对照的具有二次等离子体 RF 耦合元件和保护结构的另一替换配置的 IPVD 溅射设备的图形表述；

图 7A—7D 为说明对图 6 实施例中所示的替换方案中的线圈绝缘保护结构的形式图形表述；

图 8 为按照本发明一实施例的 IPVD 溅射设备的图形表述；

图 9 说明屏蔽阵列一替换配置的图 8 的部分的图形；和

图 10 为沿图 9 中线 3—3 所取的图 9 屏蔽阵列实施例的截面视图；

本发明的详细描述

图 1 图示说明按照本发明原理的溅射涂敷设备 10。设备 10 包括有被包围在腔室 12 中的真空密闭处理空间 11。安装在腔室 11 内其



中一端的为用于支撑安装在其上面的半导体晶片 15 的基底支座即基座 14。晶片 15 在安装于基底支座 14 上时平行于并面向靶极 16。靶极 16 由欲被作为一薄膜沉积在晶片 15 上的溅射涂敷材料构成。处理空间 11 一般为圆柱形空间，保持超高真空压力水平并在处理期间被填充以处理气体如氩。空间 11 位于基底支座 14 与靶极 16 间的腔室 12 内，靶极 16 是按装在腔室内在其一端的相对于基底支座的阴极组件 17 的一部分。阴极组件 17 包括有靶极 16 被固定到上面的靶极保持器 18。在靶极保持器 18 后面在其对向侧通常由基底支座 14 设置有磁体结构 19。围绕靶极 16 的周围还可能设置有黑暗空间屏蔽 13。磁体结构 19 最好包括有磁铁能在靶极 16 的表面上产生俘获在当阴极组件 17 被电气激励到负电位时由其释放进腔室 12 的电子的闭合磁道，如本技术领域熟练人员所熟知的。磁体结构 19 可包括本技术领域公知的众多磁电管溅射组件中任一个的它们可以是永磁体或电磁体。

供给电能的功率源 20 通常为 DC 功率源，它们可以被接通后保持恒定或者可以是脉冲的，被连接在组件 17 与通常被接地和用作为系统阳极的腔室 12 的室壁之间。阴极组件 17 与腔室 12 的室壁绝缘。功率源 20 最好通过 RF 滤波器 22 连接到阴极组件 17。辅助电源例如 RF 发生器 24 也可任选地通过匹配网络 25 连接到阴极组件 17。还设置有偏压电路 27 被通过匹配网络 28 连接到基底支座 14。此偏压电路 27 施加一偏压给安装在基底支座 14 上的晶片 15。为此目的可以采用双极性 DC 电源或 RF 电源。来自稳定的或脉冲 DC 功率源 20 和/或 RF 发生器 24 的功率在表面 21 上产生促使由靶极 16 表面 21 发射电子的负电位。所发射的电子保持被由磁体结构 19 所产生的磁场俘获在表面 21 上直至它们撞击和离子化紧密贴近靶极 16 的表面 21 的处理气体的原子，在邻近靶极表面 21 处形成主等离子体 23。这一主等离子体 23 成为被向着和背对带负电荷的表面 21 加速的正离子源，

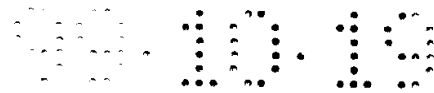


在此它们由靶极发 6 弹射出涂敷材料的质粒。

靶极表面 21 与基底支座 14 间的空间 11 可被看成为由二部分构成。一部分主要由等离子体 23 占据，其被成形来在靶极 16 的溅射表面 21 上产生所要求的冲蚀型式，而空间 11 的第二部分为在基底支座 14 上位于等离子体 23 与基底 15 间的保留容积 26。由靶极 16 溅射的电气上为中性靠动力通过空间 11 的粒子，其中一些但不是全部通经等离子体 23 和容积 26 撞击基底 15。在惯常的溅射设备中，通经等离子体 23 的中性溅射质粒并不被明显地离子化因为等离子体 23 仅占据接近靶极表面 21 的很小容积，和在相关的运行压力时中性溅射质粒与等离子体 23 的粒子间很少发生碰撞。这样，惯常的溅射中，中性溅射质粒子大部分中性地退出等离子体 23，且保持为中性的直至作为薄膜沉积在基底 15 上。

为涂敷高纵横比小孔和其他形体的底面的触点和为以溅射的导电材料填充来金属化小孔，在 VLSI 和 ULSI 半导体器件生产中极为可取的是质粒能以围绕基底法线作很小角度分布撞击到基底表面上，以便它们能直接前行进入形体内和形体底面上，而不冲击或被形体边缘遮蔽。这种质粒在基底上的垂直撞击在装置 10 中依靠在被溅射质粒通过容积 26 时离子化该溅射材料以使粒子产生电荷，一旦带电，质粒即可被作静电加速或者被电的或磁的导引到平行腔室轴线和垂直于基底 15 表面的路径。这样的处理在本技术领域内被称之为离子化物理汽相沉积 (IPVD) 即离子协助溅射涂敷。

按照本发明一优选实施例，空间 26 内溅射质粒的飞行中离子化依靠由设置围绕容积 26 但不占据空间 11 的 RF 元件来反应性地和最好感应性地耦合 RF 能量进容积 26 进行。RF 元件最好为螺旋线圈组件 30 的形式，虽然非螺旋形的绕线圈配置也可应用。线圈组件可能的配置示例 30a-30d 如图 4A-4D 中所示。而且线圈组件 30 的配置应包括有线圈、绕组和/或线圈和绕组安排。另外，还可能以不同于所表明的

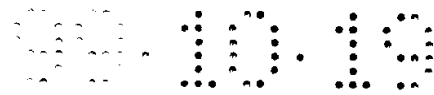


方式馈送 RF 能量进线圈，例如借助对线圈中心增加中央 RF 抽头并将另外二引线接地，相反亦如此。线圈组件 30 感性耦合能量进腔室 26 中的处理气体由此形成一般充满容积 26 并与主等离子体 23 不同的二次等离子体 29。将一最好能运行在（但不限于）0.1 或 0.2MHz 至 60 或 80MHz 范围内的 RF 发生器 32 通过匹配网络 32 连接到线圈组件来提供能量到线圈组件 30 以便在容积 26 中形成二次等离子体。

处理气体源 40 通过气流控制装置 41 被连接到腔室 11。对于溅射处理，供给气体 40 典型地为惰性气体例如氩。对于反应性处理，附加气体如氮和氧可被通过辅助流控制器引入。还将一高真空泵 39 连接到腔室 12 来将腔室 12 泵唧到毫 Torr 或亚毫 Torr 范围内的真空水平。5 至 50 毫 Torr 范围内压力是受推荐的。泵 39 以处理气体流速在 5 至 300 标准 cm^3/sec (sccm) 的范围内维持此超高真空。设备 10 还包括有一最好为能运行来排序和控制以上讨论的部件的操作的基于微处理器的可编程控制器的主控制器 50。控制器 50 具有用于控制阴极功率源 20 和 24 的能量、基底偏压功率源 27、用于激励二次等离子体发生元件线圈组件 30 的 RF 发生器 32、气流控制 41、泵 39 和设备 10 的其他可控制组分的输出。

为了实现离子化溅射材料的定向性，可借助以通过匹配网络 28 连接到基底支座 14 的偏压功率源 27 将基底 15 作相对二次等离子体 29 的负偏压在基底支座 14 前面的等离子层中维持一电势，来提供为向着和到达基底表面上加速正离子化的溅射质粒的动力。为此目的可采用双极性 DC 电源或 RF 电源。

另外或者在可替换方案中，可在腔室 12 的周围设置磁铁 80 来在腔室 12 的轴向产生磁场。此磁铁 80 可以是一电磁铁或者由一或多个永磁体构成。由磁铁 80 产生的磁场使得带电粒子围绕磁力线旋转，由此增加它们在轴向的制约。存在有轴向磁场时，带电质粒可被导向于轴向，向着基底运动并使径向损失最小。



线圈组件 30 与空间 11 之间设置有保护结构以防止等离子体 23 和 29 与线圈组件 30 接触和电气交互作用。这一结构为非导电材料的，不会阻碍围绕线圈组件 30 的磁场到达进入容积 26。此保护结构的一优选形式为腔室 12 的室壁中的由与真空相容的介质材料例如石英制成的窗 60 的形式，它被安装来与腔室壁构成真空密封。窗 60 可以是一个单独的电气绝缘和磁场可透过的材料或者它可由其被连接的多分部构成，以形成一总体圆柱形保护结构。前述实施例中描述的线圈组件 30 最好在窗 60 外侧缠绕腔室 12。导电金属外壳 61 在外侧覆盖线圈组件 30，形成一密封的空腔 62，它隔离线圈组件 30 并且还防止由线圈组件 30 和由腔室 12 内部辐射电磁能到腔室 12 之外。空腔 62 可对腔室 11 密封但可与外面大气连通或者它可在大气或低压下被填充以惰性气体，以使得当线圈组件 30 被激励时空腔 62 中的气体不会支持等离子体的形成。

虽然窗 60 自身是非电导性的，但它易于累积由靶极 16 溅射的导体材料的涂敷。窗 60 中或上面的导电性支持围绕腔室的感生电流，这降低，抵消或者根本上削弱由线圈组件 30 对容积 26 中的二次等离子体作能量的 RF 耦合的效率。窗 60 上涂敷的这样的导电性，特别是在方位角（圆周）方向上，亦即围绕腔室 12 伸展的方向上，产生感性耦合短路，可能使得全部或大部分感性耦合进容积 26 的能量失效。

为防止在窗 60 上这样地形成导电性溅射材料，此优选设备还包括有一屏蔽阵列，下面说明其各种实施例。

第一实施例：

图 1 表明紧密接近窗 60 内表面设置在空间 11 与窗 60 间的切口圆柱形屏蔽 100。屏蔽 100 将窗 60 由靶极 16 溅射的材料阻断，而最好阻断靶极 16 的表面 21 上任一点与窗 60 间的所有直接视线通路。而按照这一实施例，屏蔽 100 具有其中的纵向切槽 103，平行于腔室 12 的轴线。带有单一或多个被制成来切断环形电流的切槽的屏蔽也

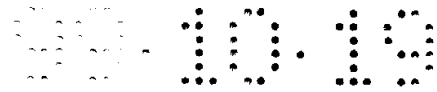


可加以应用。此优选实施例的切槽 103 主要切断腔室 12 周围的屏蔽 100 中的环形通路。这防止屏蔽 100 中感生环形或方位角电流。

另外，屏蔽 100 具有超过由线圈组件 30 基本上到达电场的全有效轴向范围的线圈组件 30 的轴向范围的轴向范围。结果，电导性屏蔽 100 有效地扼制二次等离子体 29 中平行于腔室 12 的轴的电场，防止这样的容性地屏蔽线圈组件 30 于容积 26 并因而损坏由线圈组件 30 向容积 26 耦合能量的效率的轴向电场。最好屏蔽 100 由靶极 16 的表面 21 平面后面轴向伸展到超过窗 60 和线圈组件 30。采用这种配置，屏蔽 100 更有效地短接二次等离子体 29 中的轴向电场，从而增强由线圈组件 30 感性耦合能量进入二次等离子体 29。

本发明的此优选实施例还由于屏蔽 100 与窗 60 接近的间隔而产生由线圈组件 30 至容积 26 的高能量耦合效率。这一间隔保持为一最好不大于气体中原子或分子的平均自由路径或腔室 12 内二次等离子体 29 的最小扩散长度。这一接近的屏蔽-窗间隔与下述的其他实施例相反，它们允许邻近窗或保护非导电结构线圈处和在任何被设置的屏蔽结构之后形成等离子体。避免在窗后面形成等离子体具有增加由线圈或其他等离子体发生电极进入溅射质粒所通经的容积的能量的百分比的趋势，由从增加有效等离子体并因而溅射材料的离子化效率。在装置 10 中，设想将采用约 5 至 50mTorr 的处理气体压力。在这样的压力下氩气体的平均自由路径分别为 11mm 至 1.0mm。结果屏蔽 100 与窗 60 的优选间隔约为 1.0 至 15mm。

另一方面，切槽 103 最好被作成在宽度上大于 15mm 左右。切槽 103 的宽为足以使得能在切槽 103 内形成二次等离子体 29，以便为了清除可能在邻近切槽 103 的屏蔽 100 的边缘上或者作为通经切槽 103 的溅射材料的结果在窗 60 上沉积的溅射材料。形成在切槽 103 内的这样的等离子体 29 将在切槽 103 附近对着窗 60 伸展和通过再溅射在切槽 103 处沉积在窗 60 上的材料不断地去除。



代替窗 60，线圈组件 30 可被另外包含在腔室 12 内的绝缘块 66 中，如图 1A 中所示，在此绝缘块 66 以与窗 60 类似方式起作用来将线圈组件 30 与腔室 11 中等离子体和溅射材料隔离。屏蔽 100 相对于绝缘体 66 的配置按与其相对于窗 60（图 1）同样的途径配置。

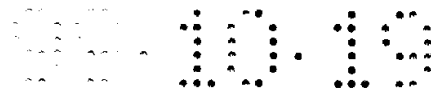
此第一实施例的许多细节在下述的实施例中是有用的，不过为了简单起见已在说明中作了省略，以便能着重于实施例之间的差别。

第二实施例

图 3 说明作为图 1 屏蔽 100 的替代方案的屏蔽阵列 200，但不太紧密地接近窗 60 的内表面地设置在空间 11 与窗 60 之间。屏蔽阵列 200 至少部分地将窗 60 由从靶极 16 溅射的材料遮隔开，但其间具有足够空间即间隙 204 来促成由线圈组件 30 耦合能量进入容积 26。

屏蔽阵列 200 最好为多个至少遮蔽窗 60 的轴向条带以使得不会因溅射材料的涂敷形成环形导电路径的个别屏蔽即屏蔽段 202。间隙 204 被配置来基本上切断屏蔽阵列 200 中的环形电流路径和被配置来作整个地或部分地穿过阵列 200 的轴向尺寸地伸展。屏蔽段 202 由金属或其他被选择来在当屏蔽段 202 上形成溅射材料涂敷时能将这样的涂敷保留其上的材料。否则这些沉积将剥离而造成腔室 12 和被处理晶片 15 的污染。为了控制在屏蔽段 202 上沉积材料的累积和由此减小污染的危险，可将屏蔽段 202 加以电气偏压。段 202 最好也以它们的可分开控制的偏压来作个别地偏压，用于优化被沉积在基底上的膜的分布，例如依靠优化在基底 15 上的涂敷的均匀性和进入其上的离子化材料的定向性。在这样的配置中，间隙 204 将是完全分开的并使每一个分开偏压的屏蔽段 202 相互电气绝缘。偏压由通过滤波器或匹配网络 207 连接的发生器 206 提供，而各个屏蔽分开地通过限流电阻 208 连接。电阻 208 可以是可变电阻或者可以设置其他装置用于响应控制器 50 个别地控制屏蔽段 202 的偏压。

图 5 说明对装置 10 的替代实施例 10a，其中线圈组件 30 被设置



在真空室 12 中，在腔室 12 室壁的内侧但仍在空间 11 之外。此保护结构为窗 60a 的形式，被设置在由腔室 12 室壁内侧向内延伸并包住线圈组件 30 的罩壳 61a 上线圈组件 30 与空间 11 之间。罩壳 61a 包含向其中线圈组件 30 面对腔室 12 的真空的外罩内侧排气。屏蔽阵列 200 如上述实施例中那样设置由靶极 16 遮住窗 60a。

替代窗 60 或 60a，图 6 的替换实施例 10b 采用一绝缘涂层 86 的形式来覆盖线圈组件 30 的导体。在此实施例中线圈组件 30 被设置在空间 11 之外腔室 12 中围绕容积 26。屏蔽阵列 200 如以上实施例中那样设置来由靶极 16 遮住绝缘层 86。绝缘体 86 可以为多种形式中的任一个，例如象图 7A 中所示的整个覆盖线圈组件 30 的导体表面的整体绝缘器 86a，或者可以是如图 7B 中所示的多个分离的绝缘体部件 86b 的形式。采用段的绝缘体 86a，各段间的间隙 87 有利于提高线圈组件 30 的效率，而间隙 87 的大小最好保持为小于腔室 12 中气体分子的平均自由路径以使其不会传送等离子体到线圈组件 30 的导体。取代线圈组件 30 上的绝缘涂层，绝缘材料可包围线圈组件 30，例如图 7C 和 7D 中各自的绝缘体 86c 和 86d。这些特点和的许多其他可替代方案的屏蔽及保护结构可与其他实施例共同使用。

第三实施例：

图 8 说明紧密贴近窗 60 内表面设置在空间 11 与窗 60 之间的屏蔽阵列 300。此屏蔽阵列 300 将窗 60 与靶极 16 溅射的材料遮住，而最好能阻断靶极 16 表面 21 上任一点与窗 60 之间的所有直接视线路径。不过，按照本发明这一实施例，屏蔽阵列 300 在这里提供窗 60 后面的线圈组件 30 与等离子体 29 要被耦合的容积 26 之间一基本上不被切断的区域的区域的空间即间隙 305，由此来促进由线圈组件 30 的能量耦合和传递等离子体进容积 26。

屏蔽阵列 300 最好为多个屏蔽或屏蔽段 302 的形式，它们集合来将窗 60 由靶极 16 上每一点遮挡住。这种遮挡消除了大部分要在窗 60



上形成溅射膜累积的趋势。相应地即不会发生发生导电途径也不会发生静电屏蔽。

在本发明一实施例中，屏蔽段 302 为截头圆锥形状，在其内侧形成一与平行于靶极 16 的表面 21 和支座 16 上的基底 15 的平面间成角度 θ 。每一屏蔽段 302 的角度 θ 可以相同，但在段 302 与靶极 16 间的距离增大时可由减小角度 θ 来增强或优化屏蔽段 302 的效率，由此使段 302 的上表面 303 直接面向靶极 16，取得对给定段面积的最大地将靶极 16 由窗 60 遮挡住。屏蔽段 302 位于空间 11 之外和环形围绕空间 11，并被环形间隙即空间 305 相互作用轴向分隔。间隙 305 的最大宽度为仍然完全将靶极 16 表面由窗 60 遮住的最宽的间隙 S，如线 79 所示，从而使窗 60 的环形带不被暴露到靶极 16 而致围绕窗 60 沉积环形的导电条。因此间隙 305 的最大宽度 S 在距靶极 16 较大时可以较大。间隙 305 可以较窄，但不应小于在腔室 12 的温度和压力下处理气体的原子的平均自由途径，并因在给定处理条件下被最佳地分隔开以便有利于最有效地扩散 RF 等离子体进入容积 26。鉴于同样的理由，段 302 各自具有每一段 302 均相同的或者被改变的高度 H 来优化段 302 之间的遮挡和空间。

理想的屏蔽段 302 数取决于腔室 12 的几何因素。尽管可以采用单一的屏蔽段 302，而通常将采用 2 至 6 个段 302。段 302 的数量应加以限制和累积屏蔽段面积应当最小来使 RF 等离子体损耗最小。而且，为防止由 RF 线圈组件 30 所感生的涡流或其他电流的闭合环形路径的形成，段 302 应至少具有一个切断彼此的间隙 304。相邻段 302 的间隙 304 可以如所示的成为一行，而最好能作交错排列以防止轴向穿过窗 60 的连续成行的薄膜的沉积。间隙 304 应足够宽来防止因处理参数而异的击穿，将需要约 1/4-1 英寸的宽度。

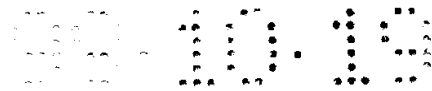
间隙 304 被配置来基本上切断屏蔽阵列 300 中的电流途径和被配置来完全或局部地穿过阵列 300 的轴向尺寸。屏蔽段 302 可由金属、

真空相容的介质材料如陶瓷或石英，或者其他被选择的能在当屏蔽段 302 上形成溅射材料涂层时在其上保持这样的涂层的相容材料制造。否则，这样的沉积将会剥落而造成腔室 12 和正在处理晶片 15 的污染。为了控制被沉积材料在屏蔽阵列 300 上的聚积并由此来减小污染的危险，可将屏蔽段 300 加以电气偏压和为此目的以金属制造。屏蔽段 302 还最好以它们可独立控制的偏压来作个别的偏压，用来优化被沉积在基底上的膜的分布，例如依靠优化基底 15 上涂敷的均匀性和进到基底 15 的离子化材料的方向性。在这样的配置中，间隙 304 将使每一独立偏压的屏蔽段 302a 相互完全分离和电气绝缘。偏压由通过滤波器或匹配网络 307 连接的发生器 306 提供，而各屏蔽段 302 均独立地通过限流电阻 308 连接。电阻 308 可以是可变电阻或其他可被设置来按照控制器 50 个别地控制屏蔽段 302 的偏压的装置。

上述屏蔽阵列 300 的优点可由图 9 和 10 中所示的具有屏蔽阵列 300a 的替代实施例来实现。阵列 300a 由多个平的或稍许弯曲的矩形部件 302a 构成，它们被安排成在窗 60 内侧围绕在空间 11 周边上的叶片或风扇的阵列。段 302a 被轴向间隔即槽 304a 相互在圆周上分隔开，这提供了使等离子体耦合进容积 26 以及切断围绕阵列 300a 的可能的环形电流路径所需的段 302a 之间的间隔。段 302a 的取向是使它们每一个均与通过腔室 12 的轴 312 的径向平面 311 定义一个角度 ϕ 。相邻屏蔽段 302a 之间和屏蔽段 302a 与窗 60 之间的间隔 W 应不小于腔室 12 中气体的平均自由途径以使邻近窗能有效地形成等离子体并在段 302a 之间的间隙 304a 中传送进容积 26。段 302a 在轴向足够长以便能防止在段 302a 端部窗 60 上形成任何涂层的环形带，和最好相互间设定角度 ϕ 和间距 W 来在窗 60 处遮挡整个靶极 16。

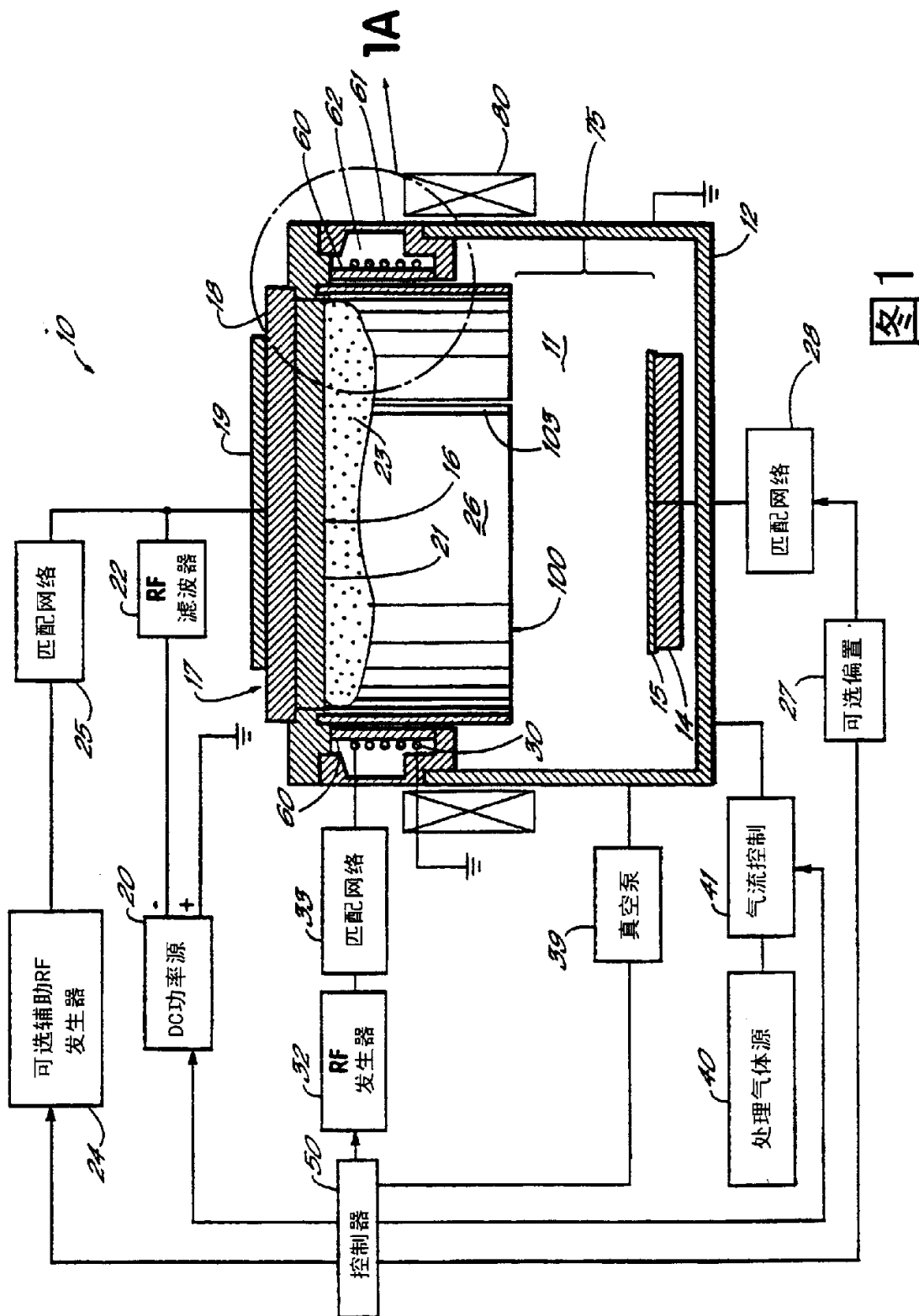
代替窗 60，上述的屏蔽阵列可与设置在腔室内侧的介质窗或通过绝缘防护等离子体的腔室中的细圈一起使用。

* * *



本技术领域中的熟悉人士将会理解，这里本发明的实施例可以改变，和本发明是以优选的实施例加以说明的。因而，可进行增加和修改，而各不同实施例的细节可加以交换，而不背离本发明的原理和创造。

说明书附图



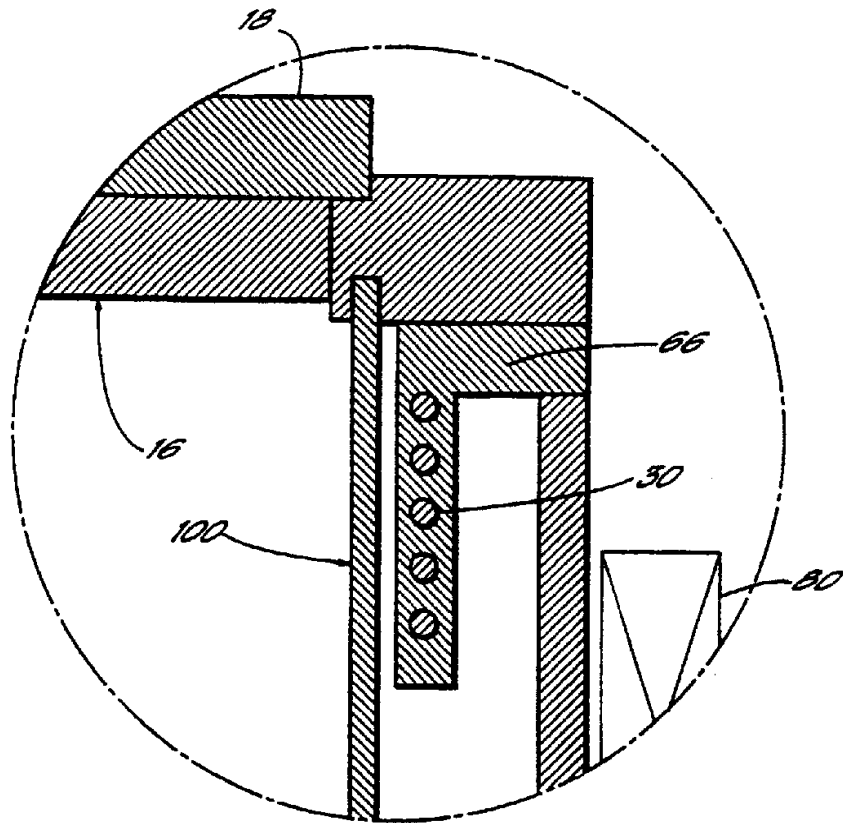


图1A

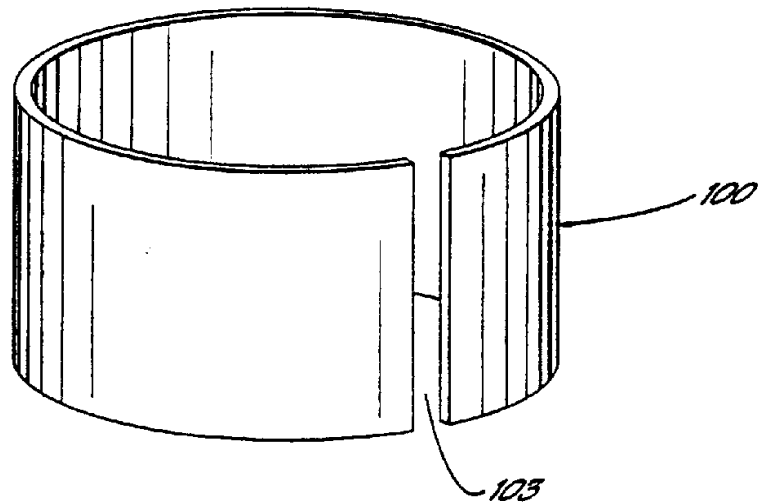


图2

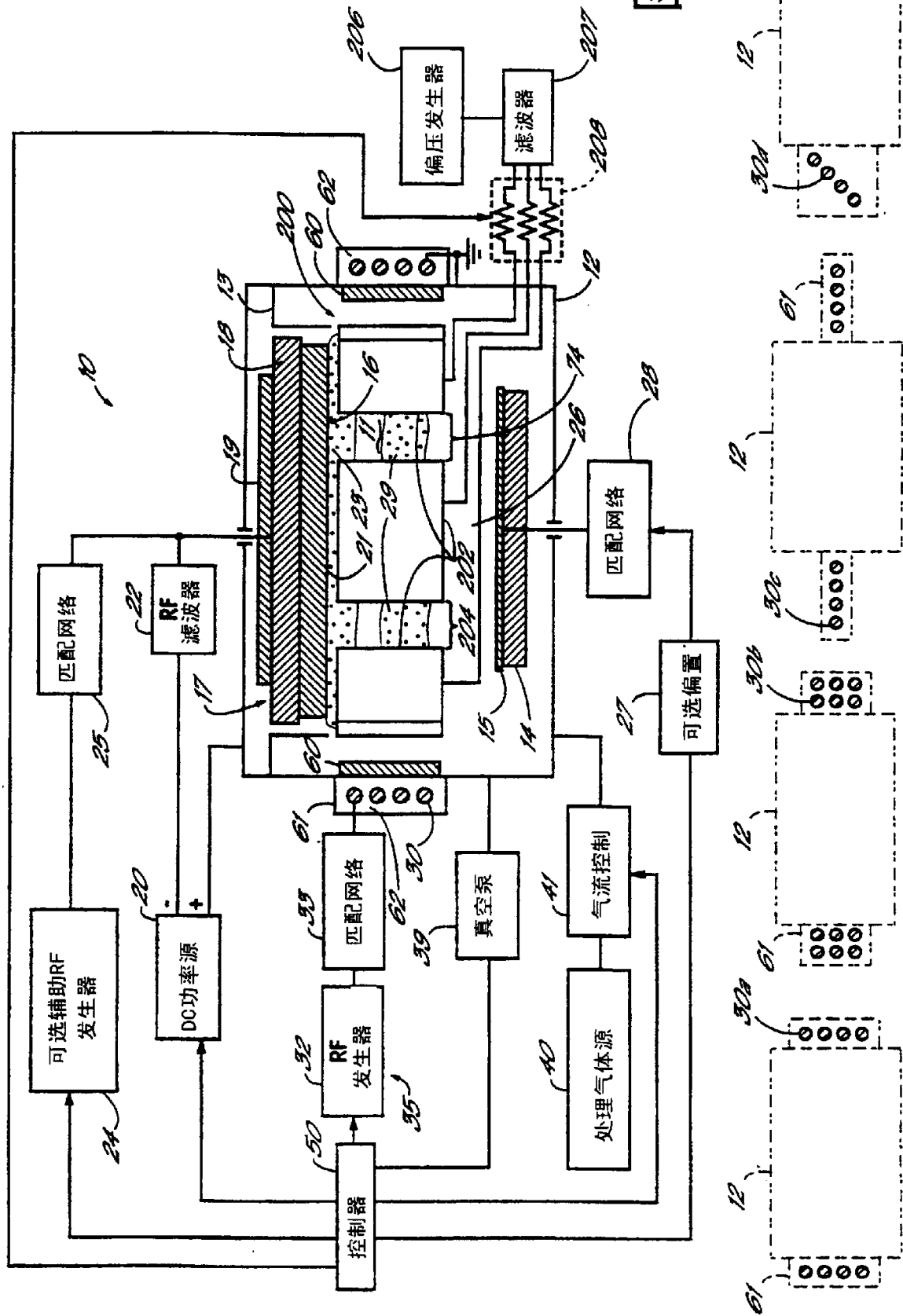


图4A

图4B

图4C

图4D

图3

图3

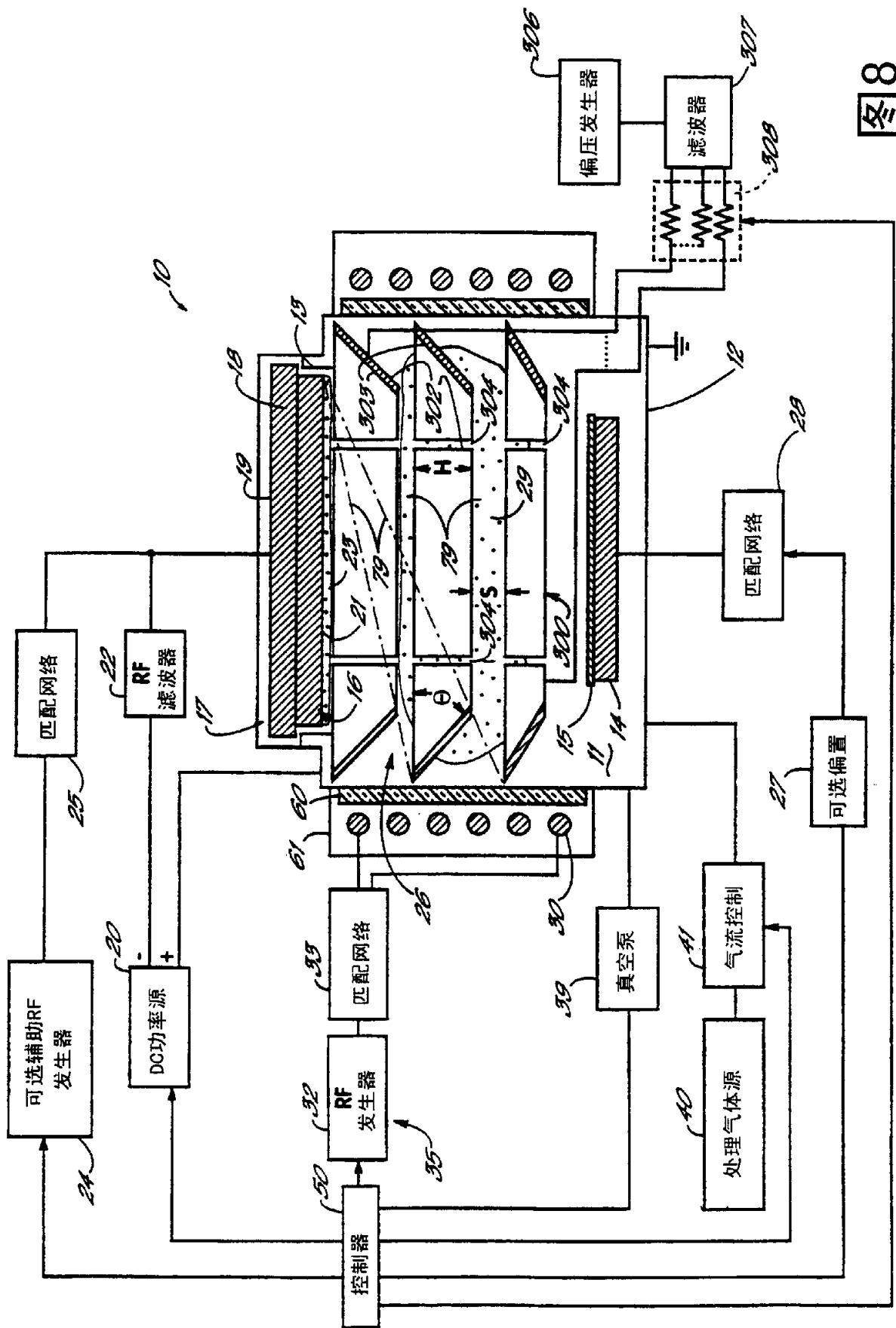


图 8

