



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1989588 B

(45) 授权公告日 2010.05.05

(21) 申请号 200580024703.7

(22) 申请日 2005.06.14

(30) 优先权数据

0406495 2004.06.16 FR

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007.01.22

(86) PCT申请的申请数据

PCT/FR2005/001466 2005.06.14

(87) PCT申请的公布数据

W02006/003321 FR 2006.01.12

(73) 专利权人 离子射线服务公司

地址 法国佩尼耶

(72) 发明人 弗兰克·托瑞格罗萨 吉勒斯·马修

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 屠长存

(51) Int. Cl.

H01J 37/32(2006.01)

(56) 对比文件

US 5354381 A, 1994.10.11, 说明书全文.

US 5329205 A, 1994.07.12, 说明书全文.

US 5330800 A, 1994.07.19, 说明书全文.

US 5558718 A, 1996.09.24, 说明书全文.

审查员 孙鹏

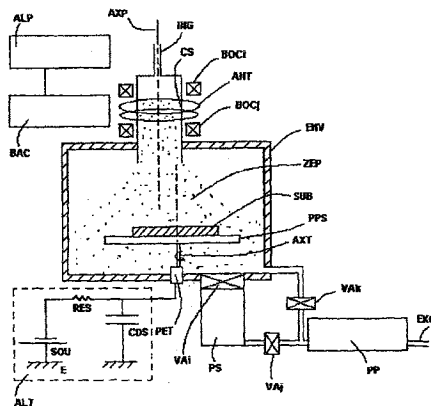
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 1 页

(54) 发明名称

用于限制充电效应的离子注入机电源

(57) 摘要

本发明涉及离子注入机的电源 ALT,包括:设置于衬底支承台 PPS 和大地 E 之间的电发生器 SOU,以及同样设置于衬底支承台和大地之间的分流支路中的电容器 CDS。所述电容器 CDS 的电容低于 5 纳法。本发明的目的还在于提供一种包括所述电源的离子注入机。



1. 离子注入机 (IMP) 的电源 (ALT、ALTi、ALTj), 包括设置于衬底支承台 (PPS) 和大地 (E) 之间的电发生器 (SOU), 以及同样设置于所述衬底支承台 (PPS) 和大地 (E) 之间的分流支路中的电容器 (CDS), 其特征在于, 所述电容器 (CDS) 的电容小于 5 纳法。

2. 按照权利要求 1 所述的电源, 其特征在于, 所述分流支路简化为所述电容器 (CDS)。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的电源, 其特征在于, 所述电发生器是电压发生器 (ALTi), 所述电源包括与所述电压发生器相串联的负载阻抗 (Z)。

4. 按照权利要求 3 所述的电源, 其特征在于, 所述负载阻抗 (Z) 具有介于 200 千欧和 2000 千欧之间的电阻值。

5. 按照权利要求 3 所述的电源, 其特征在于, 所述电压发生器 (ALTi) 提供的电压介于 -100 伏和 -10000 伏之间。

6. 按照权利要求 1 或 2 所述的电源, 其特征在于, 所述电发生器是电流发生器 (ALTj)。

7. 按照权利要求 6 所述的电源, 其特征在于, 所述电流发生器 (ALTj) 提供的电压介于 -100 伏和 -100000 伏之间。

8. 离子注入机, 包括根据权利要求 1 到 5 之一所述的电源和脉冲等离子体源 (ALP), 其特征在于, 其包括使所述脉冲等离子体源 (ALP) 发出的等离子体脉冲宽度介于 20 微秒和 5000 微秒之间的装置。

9. 按照权利要求 8 所述的注入机, 其特征在于, 所述等离子体的电阻抗介于 30 千欧和 300 千欧之间。

10. 按照权利要求 8 到 9 中的任意一条所述的注入机, 其特征在于, 工作压强低于 5×10^{-3} 毫巴。

11. 按照权利要求 8 到 9 中的任意一条所述的注入机, 其特征在于, 所述电容器 (CDS) 的电容 C、所述脉冲等离子体源 (ALP) 产生的等离子体脉冲的宽度 t_p 、所述等离子体的电阻抗 Z_p 、所述注入机中产生的离子流的反向电压 V_{inv} 和所述电发生器 (ALT、ALTi) 提供的电压 V_{ali} 由下述公式决定:

$$C/t_p < -1/(Z_p \cdot \ln(V_{inv}/V_{ali}))。$$

12. 按照权利要求 8 到 9 中的任意一条所述的注入机, 其特征在于, 所述衬底支承台 (PPS) 可绕着其轴线 (AXT) 转动。

13. 按照权利要求 12 所述的注入机, 其特征在于, 所述衬底支承台 (PPS) 和所述脉冲等离子体源 (ALP) 存在可调的偏心。

14. 离子注入机, 包括如权利要求 6 或 7 所述的电源和脉冲等离子体源 (ALP), 其特征在于, 其包括使所述脉冲等离子体源 (ALP) 发出的等离子体脉冲宽度介于 20 微秒和 5000 微秒之间的装置, 以及在所述等离子体脉冲期间抑制所述电流发生器 (SCC) 的装置。

15. 按照权利要求 14 所述的注入机, 其特征在于, 所述等离子体的电阻抗介于 30 千欧和 300 千欧之间。

16. 按照权利要求 14 到 15 中的任意一条所述的注入机, 其特征在于, 工作压强低于 5×10^{-3} 毫巴。

17. 按照权利要求 14 到 15 中的任意一条所述的注入机, 其特征在于, 所述电容器 (CDS) 的电容 C、所述脉冲等离子体源 (ALP) 产生的等离子体脉冲的宽度 t_p 、所述等离子体的电阻抗 Z_p 、所述注入机中产生的离子流的反向电压 V_{inv} 和所述电发生器 (ALT、ALTj) 提供

的电压 V_{ali} 由下述公式决定：

$$C/tp < -1/(Zp \cdot \ln(V_{inv}/V_{ali}))。$$

18. 按照权利要求 14 到 15 中的任意一条所述的注入机,其特征在於,所述衬底支承台 (PPS) 可绕著其轴线 (AXT) 转动。

19. 按照权利要求 18 所述的注入机,其特征在於,所述衬底支承台 (PPS) 和所述脉冲等离子体源 (ALP) 存在可调的偏心。

用于限制充电效应的离子注入机电源

技术领域

[0001] 本发明涉及用于限制充电效应 (effet de charge) 的离子注入机电源。

背景技术

[0002] 本发明的领域是以等离子体浸没方式工作的离子注入机。因此,衬底的离子注入包括将所述衬底浸没于等离子体中,并使衬底极化而带上负电压,从几十伏到几十千伏不等(一般低于 100 千伏),以形成一电场,所述电场能够朝所述衬底方向加速所述等离子体中的离子。

[0003] 所述离子的穿透深度由其加速能量确定。所述穿透深度一方面取决于施加在所述衬底上的电压,另一方面取决于所述离子和所述衬底各自的特性。注入的离子浓度取决于剂量和所述注入深度,所述剂量表示为每平方厘米的离子数。

[0004] 基于等离子体物理学方面的原因,施加所述电压几个纳秒后,在所述衬底周围生成了离子云 (gaine ionique, 离子鞘, 离子壳层)。负责将所述离子朝所述衬底方向加速电势差存在于所述离子云的边缘。

[0005] 所述离子云随时间的增加遵循下述 Child-Langmuir 方程:

$$[0006] \quad j_c = \frac{4}{9} \epsilon_0 \left(\frac{2e}{M} \right)^{1/2} \frac{V_0^{3/2}}{S^2}$$

[0007] 这里, j_c : 电流密度

[0008] ϵ_0 : 真空介电常数

[0009] e : 离子电量

[0010] M : 离子质量

[0011] V_0 : 穿过离子云的势差

[0012] S : 离子云的厚度

[0013] 通过规定所述电流密度等于单位时间穿过所述电子云边界的电量,并用 ds/dt 代表所述边界的移动速度:

$$[0014] \quad \frac{ds}{dt} = \frac{2 S_0^2 U_0}{9 S^2}$$

[0015] 表达式中 s_0 等于:

$$[0016] \quad S_0 = \left(\frac{2 \epsilon_0 V_0}{en_0} \right)^{1/2}$$

[0017] 其中, $U_0 = (2eV_0/M)$ 是所述离子的特征速度, n_0 是所述等离子体密度。

[0018] 所述离子云的厚度主要和所施加的电压、所述等离子体密度和所述离子质量相关。

[0019] 决定所述注入电流的所述等离子体的等效阻抗直接正比于所述离子云的厚度的平方。因此,当所述离子云增大时,所述注入电流很快衰减。

[0020] 过去一定时间之后,必须进行重新初始化 (reinitialisation)。在实践中,当所述

离子云达到腔室的壁,因此阻止了所述注入机制发挥作用时,这显得是必不可少的。

[0021] 为了重新初始化所述系统,几乎所有的离子注入机制造商切断所述衬底上的高电压,同时保持所述等离子体。因此,必须设置脉冲发生器来产生高电压脉冲。

[0022] 另外,所述注入要求尽可能稳定的加速能量,因此,应该满足下面的规范:

[0023] ◆ 加压和减压的时间小于 1 微秒;

[0024] ◆ 脉冲产生时高电压的稳定性;

[0025] ◆ 极大的瞬时电流,1 到 300 安;

[0026] ◆ 承受等离子体中的电弧的能力。

[0027] 所述等离子体浸没式离子注入具有一定的不足。

[0028] 首先,脉冲高电压供电很昂贵,经常是很脆弱的且直接决定完成的注入的品质。

[0029] 其次,所述等离子体在腔室中的连续存在造成了不良的副效应:

[0030] ◆ 产生粒子,

[0031] ◆ 对衬底的加热效应,

[0032] ◆ 对腔室的侵蚀,产生对被处理的工件产生金属污染的风险,

[0033] ◆ 造成充电效应,这在微电子应用的情况下特别碍事。

[0034] 为了减小所述的副效应,VARIAN 公司提出了一种脉冲等离子体方法名曰“PLAD”(对应英语词汇“等离子体掺杂”(PLASMA DOPING))。所述方法是在 Elsevier Science B. V 出版的杂志《表面与涂层技术》n° 156 (2002)《第六届国际等离子体离子注入专题会议文集 (PBII-2001),Grenoble,法国,6月25-28日,2001》(Surface and Coatings Technology n° 156 (2002) " Proceedings of the VIth International Workshop on Plasma-Based Ion Implantation (PBII-2001),Grenoble,France,25-28 June,2001") 的两篇文章中介绍的:

[0035] ◆ S. B. Felch 等人:“用于制造超浅结的等离子体掺杂”(S. B. Felchet al. : " Plasma doping for the fabrication of ultra shallow junctions"),229-236 页;

[0036] ◆ D. Lenoble 等人:“用等离子体掺杂制造先进晶体管”(D. Lenoble et al. : " The fabrication of advanced transistors with plasma doping"),262-266 页。

[0037] 该方法也涉及用脉冲高电压使所述衬底极化。然而,所述衬底和与之相对的接地电极间产生的电场可以使所述等离子体脉动。所述衬底周围的电场线(场力线,电力线)可以完成所述离子的加速和注入。在该方法中,所述脉冲等离子体一方面可以避免部分前述的副效应,但与高电压脉冲发生器的使用相关的限制仍然存在。而且,所述等离子体的特性不能和所述极化电压分离。为此,所述机器的通用性很差:其加速电压范围小,且总是难以注入弱等离子体化(peu plasmagène)的核素。

[0038] 另外一方面,文献 US 5558 718 给出了一种脉冲等离子体离子注入设备和方法。所述离子注入设备没有高电压脉冲发生器。其使用脉冲等离子体源以及产生用于使靶极化的恒定电压的能量发生器。

[0039] 在使用需要大电流的大尺寸靶的情况下,包含大电容的电容器和与之串联的电阻的分流支路(branche de deviation)和所述能量发生器并联安装,因为施加于所述靶的电

压在所述注入阶段尽可能稳定是很重要的。

[0040] 首先,所述注入产生的大的离子流量造成了所述衬底的绝缘区(表面氧化物、表面上的绝缘淀积层、淀积的聚合物比如光刻用树脂)上正电荷的累积。这种现象在微电子领域是特别尖锐的问题。所述电荷累积导致了所述绝缘区电势不受控制地增加。当这样的绝缘区和所述衬底的导电区之间的电势差达到临界阈值时,会生成电弧,所述电弧造成了所述衬底的局部损坏。

[0041] 当所述衬底位于没有强电场的位置时,传统的所谓强电流注入机与所述电荷累积相关的问题已经找到了解决方案。在这种情况下,可以使用电子枪以中和注入的离子流造成的正电荷。然而,如果所述衬底通过负的高电压极化,所述解决方案是不可行的。而且,电子枪将是金属污染源。

发明内容

[0042] 因此,本发明的首要目标在于限制脉冲等离子体式注入机的充电效应。

[0043] 根据所述首要目标,离子注入机的电源包括一设置于衬底支承台和大地之间的电发生器,还包括在同样设置于衬底支承台和大地之间分流支路上的电容器;而且,所述电容器的电容小于 5 纳法。

[0044] 照这样实现供电以限制所述充电效应。事实上,所述电容器 CDS 的电容很小,因此其两端的电压在放电时逐渐趋于零。

[0045] 其次,所述能量发生器耗能大,其必须设计得适应所述待电离的靶的体积,且所述分流支路的时间常数必须大于所述等离子体源发出的脉冲的宽度。

[0046] 因此,本发明的第二个目标在于改善所述情况。

[0047] 根据所述第二个目标,所述分流支路简化为所述电容器。

[0048] 去掉所述造成上述限制的电阻。

[0049] 根据第一种实施方式,所述发生器是电压发生器,所述电源包括与之相串联的负载阻抗。

[0050] 优选地,所述负载阻抗是介于 200 和 2000 千欧之间的电阻。

[0051] 有利地是,所述发生器提供的电压介于 -100 和 -10000 伏之间。

[0052] 根据所述电源的第二种实施方式,所述发生器是电流发生器。

[0053] 有利地是,所述发生器提供的电压介于 -100 和 -100000 伏之间。

[0054] 本发明优先地适用于离子注入机,所述离子注入机包括如上详细描述的电源和脉冲等离子体源,所述注入机还包括使所述脉冲等离子体源发出的等离子体脉冲宽度介于 20 微秒和 5000 微秒之间的装置。

[0055] 当所述电源的发生器是电流发生器时,期望所述注入机包括在等离子体脉冲期间抑制所述发生器的装置。

[0056] 不管采用何种发生器,根据一附加的特征,所述等离子体的电阻抗 Z_p 介于 30 和 300 千欧之间,且所述工作压强低于 5×10^{-3} 毫巴。

[0057] 而且,所述电容器的电容 C、所述脉冲等离子体源产生的脉冲的宽度、所述等离子体的阻抗、反向电压 V_{inv} 和所述发生器提供的电压 V_{ali} 满足下述公式:

[0058] $C/tp < -1/(Z_p \cdot \ln(V_{inv}/V_{ali}))$ 。

[0059] 优选地,所述衬底支承台可绕着其轴转动。

[0060] 而且,所述衬底支承台和所述脉冲等离子体源存在可调的偏心 (dexasage)。

附图说明

[0061] 本发明的更多细节将在后续描述中,通过说明性的实施例并结合附图加以阐明,附图包括:

[0062] 图 1 示出了注入机的垂直剖面示意图;

[0063] 图 2 示出了所述衬底支承台的电源的第一种变型;

[0064] 图 3 示出了所述台的电源的第二种变型。

[0065] 各部件在各图中被赋予唯一的相同的附图标记。

具体实施方式

[0066] 如图 1 所示,离子注入机包括若干布置在真空腔室 ENV 的内部和外部的部件。对于微电子应用而言,如果想要限制金属元素如铁,铬、镍或者钴的污染,提倡使用铝合金腔室。也可以使用硅或者碳化硅的衬层。

[0067] 衬底支承台 PPS 为水平平面圆盘的形式,可绕着其垂直轴 AXT 运动,接纳要进行离子注入的所述衬底 SUB。

[0068] 设置于所述腔室 ENV 的下部的高电压电通道 PET 将所述台的垂直轴 AXT 从而将所述衬底支承台 PPS 电连接到电源 ALT。

[0069] 传统地,所述衬底支承台电源 ALT 包括直流电压发生器 SOU,所述发生器的正极接地。和所述发生器并联的分流支路由串联的电容器 CDS 和电阻 RES 构成。

[0070] 泵装置 PP、PS 同样设置于所述腔室 ENV 的下部。初级泵 PP 的入口通过配有阀门 VAk 的管道和所述腔室 ENV 相连,其出口通过排气管道 EXG 通到大气。次级泵 PS 的入口通过配有阀门 VAi 的管道和所述腔室 ENV 相连,其出口通过配有阀门 VAj 的管道连接到所述初级泵 PP 的入口。所述管道均没有用附图标记标注。

[0071] 所述腔室 ENV 的上部接纳源的主体 CS,所述主体为柱体形状,其垂直轴线为 AXP。所述主体是石英的。其外面部分环绕着约束线圈 (bobine de confinement)BOCi、BOCj,部分环绕着外射频天线 ANT。所述天线通过调谐盒 BAC(boite d'accord) 电连接到脉冲射频源 ALP。等离子化气体的入口 ING 和所述源主体 CS 的垂直轴 AXP 线是同轴的。所述垂直轴线 AXP 与上面放置要进行离子注入的衬底 SUB 的所述衬底支承台 PPS 的表面相交。

[0072] 可以使用任何类型的脉冲等离子体源:放电、ICP(对应英语“Inductively Coupled Plasma”(感应耦合等离子体))、螺旋波 (Helicon)、微波、电弧。所述源须在足够低的压强下工作,以使所述高电压台 PPS 和所述接地腔室 ENV 之间产生的电场不会启动放电等离子体 (plasma de décharge),所述放电等离子体会干扰所述源的脉冲功能。

[0073] 源的选取须能获得接近零的等离子体电势。实际上,离子的加速能量是所述等离子体电势和所述衬底电势的差。所述加速能量因此只靠施加于所述衬底的电压控制。如果想要极低的低于 500 电子伏特的加速能量(这是微电子应用的情况),这一点变得占主导地位。

[0074] 对于要求低金属污染的应用而言,再举微电子学和医学领域的工件处理为例,所

述源不能有污染性的金属元素和所述等离子体接触。在所图示的实施方式中,由石英管构成的射频源和外射频天线 ANT 及如前述的磁约束线圈 BOC_i, BOC_j 相连。

[0075] 无论什么等离子体化的核素均可以被注入。可能的气体前体比如有 N₂, O₂, H₂, He, Ar, BF₃, B₂H₆, AsH₃, PH₃, SiH₄, C₂H₄, 液体前体比如有 TiCl₄, H₂O, 或者可以是固体前体。在所述最后一种情况下,可以使用热蒸发系统(磷)或者电弧系统(英语的“中空阴极(Hollowcathode)”)。

[0076] 使用所述注入机的注入方法包括周期性地重复下面 4 个或 5 个阶段:

[0077] ◆由所述发生器 SOU 对所述电容 CDS 充电,直到达到放电电压的充电阶段(所述等离子体源 ALP 关闭),

[0078] ◆所述等离子体的开启阶段,所述阶段在所述衬底的电压达到放电电压时开始:所述等离子体的阻抗不再是无穷大,所述电容 CDS 经过它放电;

[0079] ◆所述电容 CDS 的放电阶段,其间完成所述注入且所述离子云扩大,和

[0080] ◆当前一阶段持续了一段期望的时间后开始的所述等离子体的熄灭阶段:所述等离子体的阻抗再次变成无穷大,且所述充电阶段可以重复,

[0081] ◆可能的等待阶段,其间无事发生,这个等待阶段可以调节重复周期。

[0082] 所述放电阶段(持续一个等离子体脉冲的时间)中,由电离气体云构成等离子体分布区域 ZEP 形成于所述源的主体 CS 和所述衬底支承台 PPS 之间。粒子可以可使其穿透至衬底 SUB 内部的能量来撞击所述待注入离子的衬底 SUB。

[0083] 根据本发明实现所述衬底支承台电源 ALT 以限制所述充电效应。为此,所述电容器 CDS 电容很小以使所述衬底的电势在其放电阶段逐渐回复到接近零的值。

[0084] 实际上,即使使用脉冲等离子体可以限制所述充电效应,所述问题仍然继续存在,尤其是如果所述衬底的电势在处理期间仍然保持太大的负值的话(使用大电容电容器的情况)。

[0085] 在使用小电容电容器和等离子体脉冲足够长的情况下,将产生下述的现象:

[0086] ◆在脉冲的开始,所述电容器被充电,所述衬底的电势由所述充电电压固定且根据前述的机制所述离子朝所述衬底方向加速;

[0087] ◆所述电容器两端子的电压下降,因为电容器向所述等离子体中放电;

[0088] ◆在称之为反向电势的一定电势以上,在所述绝缘区累积的正电荷生成一其时占主导的(predominant)电场,所述电场吸引所述等离子体的电子;于是就中和了所述正电荷,消除了产生电弧的风险。

[0089] 所述中和比起低的工作压强更有效。实际上,如果电子的平均自由行程很大,则达到所述表面中和充电效应的电子流量也会与之相一致。

[0090] 建立所述机制需要的条件因此为:

[0091] ◆所述电容器 CDS 的电容足够小,

[0092] ◆等离子体脉冲宽度足够长,以在所述表面累积的电荷产生电弧之前达到所述反向电势,和

[0093] ◆足够低的工作压强,以使所述等离子体源产生的电子的平均自由行程可使所述电子到达所述衬底,而没有与所述腔室中的气体分子和离子碰撞和再结合的风险。

[0094] 作为例子,下面的参数可以被采用:

- [0095] 1. 电容器 CDS 的电容 C 介于 300 皮法和 5 纳法之间；
- [0096] 2. 等离子体脉冲宽度 t_p 介于 20 微秒和 5000 微秒之间，优选为介于 20 微秒和 500 微秒之间；
- [0097] 3. 所述注入机中产生的离子流的反向电压 V_{inv} 介于 -20 伏和 -200 伏之间（所述反向电压取决于所述衬底绝缘区储存的正电荷量）；
- [0098] 4. 所述注入机中产生的等离子体电阻抗 Z_p 介于 30 到 300 千欧之间（所述阻抗取决于所述等离子体源的调节）；
- [0099] 5. 所述发生器提供的电压 V_{ali} 介于 -100 伏和 -10000 伏之间，优选为介于 -100 伏和 -5000 伏之间；
- [0100] 6. 所述注入机中工作压强低于 5×10^{-3} 毫巴，优选为低于 2×10^{-3} 毫巴；
- [0101] 7. 等离子体脉冲重复频率介于 1 赫和 500 赫之间。
- [0102] 所述反向电压 V_{inv} 的值对应所述电容器 CDS 放电时要达到的电势值以消除所述电弧产生。
- [0103] 所述等离子体的等价阻抗值 Z_p 取决于所述等离子体密度，所述密度本身取决于所述压强。
- [0104] 在所述电容器 CDS 在所述等离子体脉冲期间再充电电流可以忽略的情况下，也就是说如果和所述电压发生器 SOU 串联的负载电阻 Z 电阻值很大。
- [0105] 在等离子体脉冲期间，所述极化电压 V_{pla} 应回复到高于离子 / 电子流量的反向电压 V_{inv} 的值：
- [0106] $V_{pla} > V_{inv}$
- [0107] 已知：
- [0108] $V_{pla} = V_{ali} e^{-t_p/Z_p \cdot C}$
- [0109] 得到所述等离子体脉冲的最小宽度和所述电容 C 的最大值的关系（将自然对数记为 \ln ）：
- [0110] $C/t_p < -1/(Z_p \cdot \ln(V_{inv}/V_{ali}))$
- [0111] 因此应该寻找长的等离子体脉冲宽度 t_p 和 / 或小的电容 C 值。
- [0112] 记下下面数值：
- [0113] ◆所述离子流量的反向电压 V_{inv} -60 伏，
- [0114] ◆所述电压发生器 SOU 提供的电压 -1000 伏，
- [0115] ◆所述等离子体电阻抗 Z_p 为 100 千欧，
- [0116] ◆等离子体脉冲宽度 t_p 为 100 微秒，
- [0117] 此时，所述电容 C 不可超过 350 皮法。
- [0118] 本发明还有一个目标在于进一步改善所述衬底支承台电源 ALT 的性能。
- [0119] 参考图 2，根据所述第一种实施方式，所述衬底支承台电源现在表现为包括负载阻抗 Z 的台电源 ALTi，所述负载阻抗的第一极和所述直流电压发生器 SOU 的负极相连。所述负载阻抗的第二极和所述衬底支承台及所述电容器 CD 的第一极 S 相连，所述电容器 CDS 的第二极接地。
- [0120] 所述负载阻抗 Z 经常为一电阻，功能在于限制所述电容器 CDS 充电开始时的电流。而且，如果所述电阻大于所述等离子体的等价阻抗，所述电阻同样可以限制所述电容器在

所述等离子体脉冲期间的再充电——在所述等离子体脉冲期间，希望将所述电容器放电。

[0121] 对于一般等于 100 千欧的等离子体阻抗，所述负载电阻优选介于 200 千欧和 2000 千欧之间。所述电容器 CDS 的电容使得其放电事实上在等离子体脉冲末端就完成了。

[0122] 在该实施方式中经常使用的参数为：

[0123] ◆等离子体密度介于 10^8 和 10^{10} 每立方厘米之间，

[0124] ◆等离子体脉冲宽度介于 15 微秒和 500 微秒之间，

[0125] ◆脉冲重复频率介于 1 赫和 3 千赫之间，

[0126] ◆工作压强介于 2×10^{-4} 到 5×10^{-3} 毫巴之间，

[0127] ◆使用的气体： N_2 ， BF_3 ， O_2 ， H_2 ， PH_3 ， AsH_3 或者 Ar，

[0128] ◆负载阻抗 Z 为一大于 300K Ω 的电阻，

[0129] ◆500 皮法的电容 C，

[0130] ◆极化电压介于 -100 伏和 -10000 伏之间。

[0131] 参考图 3，根据第二种实施方式，所述衬底支承台电源此后表现为包括直流电流发生器 SCC 的台电源 ALTj，所述支流电流发生器的第一极接地。所述电容器 CDS 的第一极和所述衬底支承台 PPS 及所述电流发生器 SCC 的第二极相连，而其第二极接地。

[0132] 希望所述电流发生器 SCC 在所述等离子体脉冲期间被抑制，或者换句话说，所述电容器 CDS 在所述脉冲期间不被所述发生器供电。作为例子，可以提供转换开关（未示出），所述转换开关将所述发生器 SCC 的第二极在没有所述等离子体脉冲时与所述电容器 CDS 的第一极相连（如上），或者在所述等离子体脉冲期间与电阻（未示出）的第一极相连，所述电阻的第二极接地。有利地是，可以使用“抑制”（inhibit, inhibe）模式，所述模式用于大多数切割式发生器（generatuer à découpage）。

[0133] 同样，当所述电流发生器 SCC 被抑制时，等离子体脉冲的最小宽度 t_p 和所述电容 C 的最大值的前述关系可以适用：

[0134] $C/t_p < -1/(Z_p \cdot \ln(V_{inv}/V_{ali}))$

[0135] 在所述实施方式中经常使用的参数为：

[0136] ◆等离子体密度介于 10^8 和 10^{10} 每立方厘米之间，

[0137] ◆等离子体脉冲宽度介于 15 微秒和 500 微秒之间，

[0138] ◆脉冲重复频率介于 1 赫和 3 千赫之间，

[0139] ◆工作压强介于 2×10^{-4} 到 5×10^{-3} 毫巴之间，

[0140] ◆使用的气体： BF_3 ， PH_3 ， AsH_3 ， N_2 ， O_2 ， H_2 或者 Ar，

[0141] ◆500 皮法的电容 C，

[0142] ◆极化电压介于 -100 伏和 -100 千伏之间。

[0143] 在这种情况下使用所述注入机 IMP 的注入方法和前述的类似，只是没有使用所述负载阻抗 Z。

[0144] 在这种情况下，直接使用电流发生器或者电容充电器，当达到所述电容器两端的期望电压时中断充电。所述第二种方式的优点在于取消了所述负载阻抗 Z，所述阻抗是耗能元件且于所述设备而言是脆弱的。

[0145] 因此，本发明涉及任何连有分流支路的发生器。本发明在于将所述分流支路限制为只有电容器。

[0146] 在本申请中,在所述衬底支承台 PPS 上安置了衬底 SUB 之后,所述初级泵 PP 和次级泵 PS 保证所述腔室 ENV 具有期望的低压强。

[0147] 通常地,所述脉冲等离子体源是频率为 13.56 兆赫 $\pm 10\%$ 的射频电源。

[0148] 注入的平均电流取决于所述等离子体密度、所述极化电压、所述等离子体的脉冲宽度和频率。对于固定的瞬时条件而言,所述电流可以通过调整所述脉冲的重复周期加以调节。对于 50 千电子伏下的注入,所述电流的调节范围会是从 1 微安到 100 毫安。对于 500 电子伏下的注入,从 1 微安到 10 毫安。

[0149] 所述衬底电压的最小值一方面取决于放电时间,另一方面取决于所述电容大小,所述放电时间等同于所述等离子体的开启时间。

[0150] 所述衬底电压的最大值取决于所述电容的电量。

[0151] 图 1 所示的注入机的一附加特征可以对于大尺寸衬底均匀地完成所述注入。

[0152] 如前述,所述衬底 SUB 位于衬底支承台 PPS 上,所述台通常是圆盘形的且可绕着其垂直轴 AXT 运动。不管有没有转动,如果所述等离子体源 ALP 的在所述衬底 SUB 的上方的轴线 AXP 接近所述台 PPS 的轴线 AXT,则等离子体的扩散沿该轴线将会是最大的,且相对于该轴线呈梯度分布。所述衬底 SUB 中注入的剂量就将呈不均匀分布。

[0153] 如果所述两轴线 AXT、AXP 偏心,则所述衬底支承台 PPS 的转动可以使所述衬底 SUB 相对于所述等离子体源的轴线 AXP 移动。所述衬底 SUB 中注入的剂量的分布的均匀性将得以明显改善。

[0154] 所述系统的有效性在直径 200 毫米的硅晶片上已经得以验证,对于所述硅片,在 500 电子伏下以 10^{15} 每平方厘米注入 BF_3 获得的不均匀度低于 2.5%。

[0155] 上述的本发明的实施例是根据其具体的特性选择的。然而,穷尽列举本发明覆盖的所有的实施方式是不可能的。特别地,所述的各种部件可以由等效部件替换而不超出本发明的范围。

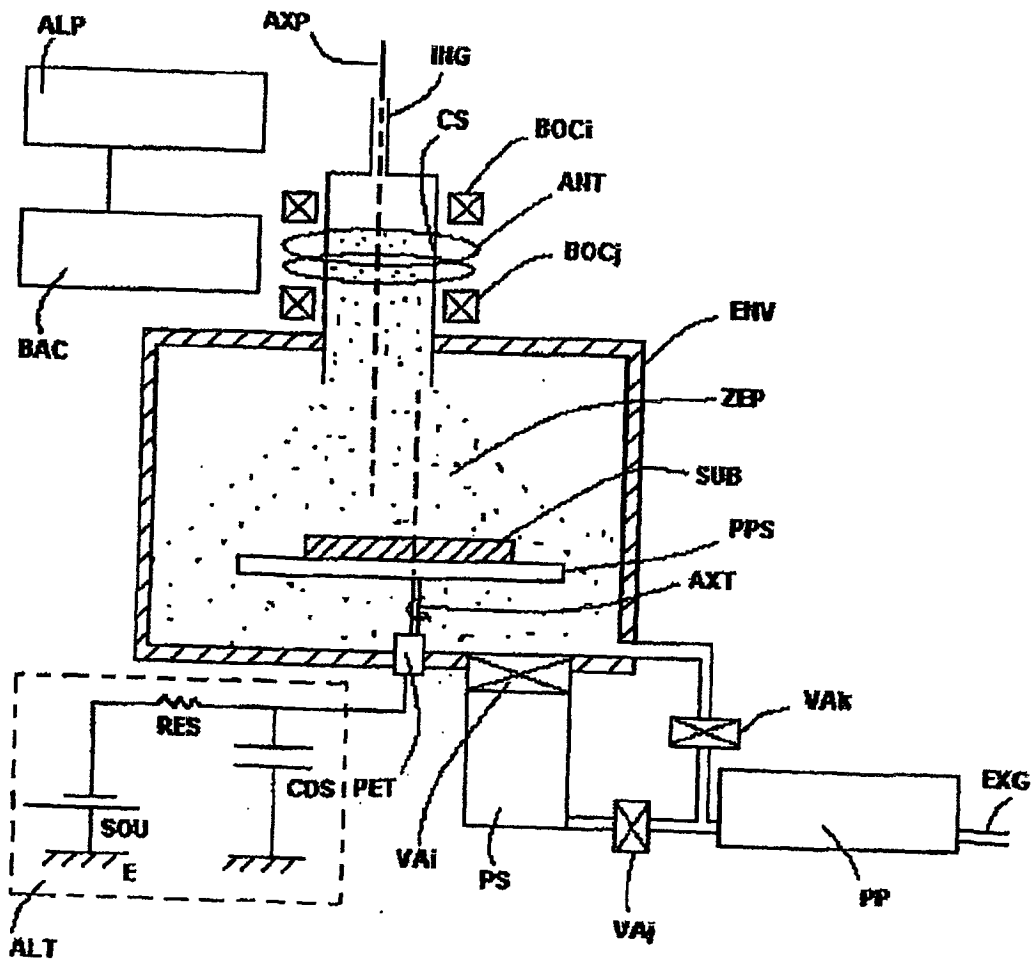


图 1

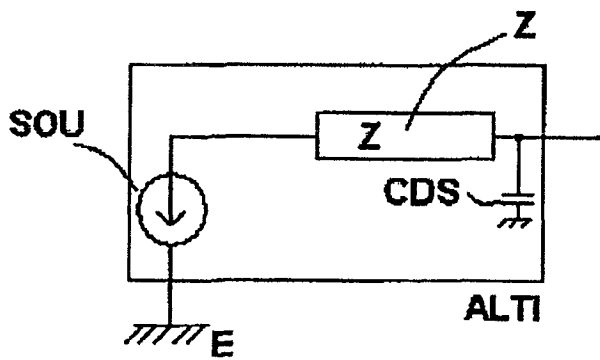


图 2

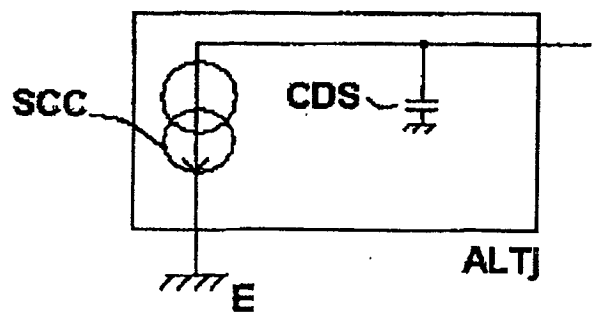


图 3