

(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 6 日 (06.12.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/218797 A1

(51) 国际专利分类号:
H01J 37/32 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/100466

(22) 国际申请日: 2017 年 9 月 5 日 (05.09.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710407698.2 2017 年 6 月 2 日 (02.06.2017) 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)。

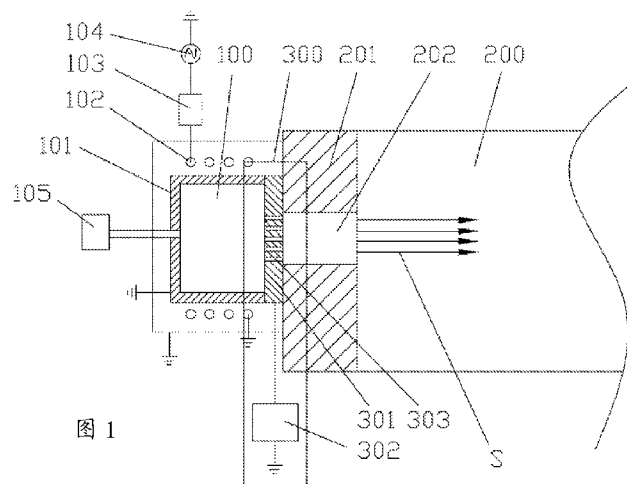
(72) 发明人: 李兴存 (LI, Xingcun); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。

(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, 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,

(54) Title: PLASMA REACTION DEVICE FOR PROCESSING WORKPIECES

(54) 发明名称: 用于处理工件的等离子体反应装置



(57) Abstract: The present invention provides a plasma reaction device for processing workpieces, the plasma reaction device comprising: an electron beam generating chamber, a filtering device and a process chamber. The electron beam generating chamber is located outside the process chamber and is in communication with the process chamber by means of the filtering device, and the electron beam generating chamber comprises an inductively coupled plasma source, the inductively coupled plasma source being used to generate a first plasma. The filtering device is used to cause the first plasma, when entering the process chamber by means of the filtering device, to generate an electron beam, the electron beam is used to excite the process gas in the process chamber to generate a second plasma, and the second plasma is used to process workpieces. The plasma reaction device for processing workpieces provided by the present invention can reduce the electron temperature, thereby solving the problem of the surfaces of workpieces being damaged due to the electron temperature being too high.

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))。

(57) 摘要: 本发明提供一种用于处理工件的等离子体反应装置, 其包括电子束产生腔、过滤装置和工艺腔, 其中, 电子束产生腔位于工艺腔的外部, 且通过过滤装置与工艺腔相连通, 并且电子束产生腔包括电感耦合等离子体源, 该电感耦合等离子体源用于产生第一等离子体; 过滤装置用于使第一等离子体在经过过滤装置进入工艺腔时, 形成电子束, 该电子束用于激励工艺腔内的工艺气体产生第二等离子体, 该第二等离子体用于处理工件。本发明提供的用于处理工件的等离子体反应装置, 可以降低电子温度, 从而可以解决因电子温度过高引起的工件表面损伤的问题。

用于处理工件的等离子体反应装置

技术领域

本发明涉及微电子技术领域，具体地，涉及一种用于处理工件的等离子体反应装置。

背景技术

随着半导体技术的发展，微电子器件的特征尺寸不断减小，这使得人们对等离子体刻蚀速率均匀性、关键尺寸控制等指标要求越来越高。而且，由于微电子器件的特征尺寸的减小，微电子器件对因等离子体导致的晶片表面损伤也更加敏感。

基于等离子体的产生是通过电子作为能量传递的媒介，因此从根本上讲，因等离子体导致的晶片表面损伤通常可以通过降低电子温度和提高电子密度分布的均匀性来实现。

现有的等离子体加工设备所采用的等离子体源是利用感应线圈形成的磁场激发工艺腔内的工艺气体形成等离子体。具体地，通过使用射频电源向感应线圈加载脉冲射频功率，来产生上述磁场。该射频电源的频率一般为13.56MHz。

为了降低电子温度，避免产生晶片表面损伤，可以通过调节脉冲频率和占空比，来降低单位时间内的平均电子温度，但是，在脉冲功率开启时，由于等离子体启辉时要进行气体击穿过程，此时电子温度较高，很容易瞬间对晶片表面造成损伤。

发明内容

本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一，提出了一种用于处理工件的等离子体反应装置，其可以降低电子温度，从而可以解决因电子

温度过高引起的晶片表面损伤的问题。

为实现本发明的目的而提供一种用于处理工件的等离子体反应装置,包括电子束产生腔、过滤装置和工艺腔,其中,

所述电子束产生腔位于所述工艺腔的外部,且通过所述过滤装置与所述工艺腔相连通,并且所述电子束产生腔包括电感耦合等离子体源,所述电感耦合等离子体源用于产生第一等离子体;

所述过滤装置用于使所述第一等离子体在经过所述过滤装置进入所述工艺腔时,形成电子束;所述电子束用于激励所述工艺腔内的工艺气体产生第二等离子体,所述第二等离子体用于处理工件。

优选的,所述电感耦合等离子体源包括感应线圈、第一匹配器和第一射频电源,所述电子束产生腔还包括介质筒和第一进气装置,其中,

所述介质筒设置在所述工艺腔的外侧,且具有与所述工艺腔相连通的开口;

所述第一进气装置用于向所述介质筒内输送不与所述工艺气体反应的第一气体;

所述感应线圈环绕在所述介质筒的筒壁周围,且所述感应线圈的轴线水平设置;

所述第一射频电源通过所述第一匹配器与所述感应线圈电连接,用于激励所述第一气体产生所述第一等离子体。

优选的,所述第一气体包括惰性气体或者氮气。

优选的,所述过滤装置包括电极板和第一直流电源,其中,

所述电极板设置在所述电子束产生腔与所述工艺腔的连通处,并且在所述电极板上设置有多个通孔,所述多个通孔相对于所述连通处的径向截面均匀分布,且每个通孔的直径小于所述第一等离子体的鞘层厚度的2倍;所述第一直流电源与所述电极板电连接,用于向所述电极板加载直流正偏压。

优选的,所述直流正偏压的取值范围在500~3000V。

优选的，所述电极板所采用的材料包括钼或者钨。

优选的，还包括电子收集装置，所述电子收集装置设置在所述工艺腔的腔室壁上，且位于所述电子束产生腔的对侧，用于收集所述电子束中运动至所述电子收集装置处的电子。

优选的所述电子收集装置包括金属件、电阻元件和介质隔离件，其中，所述金属件设置在所述工艺腔的腔室壁中，且贯穿该腔室壁的厚度，并通过位于所述工艺腔之外的所述电阻元件电接地；

所述介质隔离件设置在所述金属件与所述工艺腔的所述腔室壁之间，用以对二者电绝缘。

优选的，所述金属件所采用的材料包括钼或者钨。

优选的，所述介质隔离件所采用的材料包括陶瓷或石英。

优选的，所述电阻元件的电阻值的取值范围在 $100\sim 1000\Omega$ 。

优选的，还包括约束装置，所述约束装置用于约束所述电子束的运动方向，使之沿水平方向运动。

优选的，所述约束装置包括第一电磁线圈、第二电磁线圈和第二直流电源，其中，

所述第一电磁线圈位于所述工艺腔的外部，且环绕在所述电子束产生腔与所述工艺腔的连通处的外围，所述第二电磁线圈位于所述工艺腔的外部，且环绕在所述电子收集装置的外围，所述第一电磁线圈和所述第二电磁线圈均用于产生能够约束所述电子束的运动方向的磁场，使之沿水平方向运动；

所述第二直流电源分别与所述第一电磁线圈和所述第二电磁线圈电连接，用以分别向所述第一电磁线圈和所述第二电磁线圈通入直流电。

优选的，所述磁场的强度的取值范围在 $0\sim 1000\text{G}$ 。

优选的，在所述工艺腔的腔室壁上，且位于所述电子束产生腔与所述工艺腔的连通处覆盖有保护层，用以保护所述工艺腔的腔室壁不被所述电子束腐蚀。

优选的，所述保护层所采用的材料包括钼或者钨。

本发明具有以下有益效果：

本发明提供的用于处理工件的等离子体反应装置，其在工艺腔的外部设置有电子束产生腔，其通过过滤装置与工艺腔相连通。并且，电子束产生腔是利用电感耦合等离子体源产生第一等离子体，由于电感耦合等离子体源无需使用金属电极放电，因此可以避免产生金属污染。过滤装置用于使第一等离子体在经过该过滤装置进入工艺腔时，形成电子束。该电子束用于激励工艺腔内的工艺气体产生第二等离子体，用于处理工件。由于电子束在进入工艺腔之后，会被工艺腔内的工艺气体冷却，这使得由电子束中的电子激励产生的第二等离子体中的电子温度较低，从而可以避免因电子温度过高引起的诸如晶片等的工件的表面损伤。

附图说明

图 1 为本发明第一实施例提供的用于处理工件的等离子体反应装置的局部剖视图；

图 2 为本发明第一实施例采用的电子束产生腔的截面图；

图 3A 为本发明第一实施例采用的电极板的剖视图；

图 3B 为本发明第一实施例采用的电极板的结构图；以及

图 4 为本发明第二实施例提供的用于处理工件的等离子体反应装置的剖视图。

具体实施方式

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用于处理工件的等离子体反应装置进行详细描述。

请参阅图 1，本发明第一实施例提供的等离子体反应装置，用于对工件进行诸如刻蚀、沉积等的工艺处理。该等离子体反应装置包括电子束产生腔

100、工艺腔 200 和过滤装置 300，其中，电子束产生腔 100 位于工艺腔 200 的外部，且通过过滤装置 300 与工艺腔 200 相连通。在本实施例中，电子束产生腔 100 位于工艺腔 200 的腔室侧壁 201（例如，图中左侧侧壁）外侧，且在该腔室侧壁 201 上设置有贯穿该腔室侧壁 201 厚度的通道 202，该通道 202 例如可以为直通孔。电子束产生腔 100 通过与该通道 202 与工艺腔 200 的内部相连通。

在实际应用中，工艺腔 200 的腔室侧壁 201 可以为圆柱形环体（即，圆形筒状结构）或者方形环体（即，方形筒状结构），在这种情况下，腔室侧壁 201 的外表面可能是圆弧面，或者也可能是平面，对于腔室侧壁 201 是方形环体的情况，电子束产生腔 100 可以直接对接在腔室侧壁 201 上，而对于腔室侧壁 201 是圆柱形环体的情况，可以通过安装法兰将电子束产生腔 100 与腔室侧壁 201 对接在一起。

电子束产生腔 100 包括电感耦合等离子体源（ICP，Inductive Coupled Plasma），该电感耦合等离子体源是由射频电流通过感应线圈产生高频电磁场，以激发工艺气体产生第一等离子体。这种等离子体产生方式与使用直流电极或热丝（例如钨丝）的等离子体产生方式相比，无需使用金属电极放电，从而可以避免产生金属污染。

具体地，上述电感耦合等离子体源包括介质筒 101、感应线圈 102、第一进气装置 105、第一匹配器 103 和第一射频电源 104，其中，介质筒 101 采用例如石英等的绝缘材料制作，其设置在工艺腔 200 的腔室侧壁 201 的外侧，且具有与该腔室侧壁 201 上的通道 202 相连通的开口，用以使介质筒 101 所限定的空间（即，电子束产生腔 100）与工艺腔 200 的内部相连通。感应线圈 102 环绕在介质筒 101 的筒壁周围，且该感应线圈 102 的轴线水平设置，即与上述腔室侧壁 201 的通道 202 的水平轴线相互平行或者相互重合。如图 2 所示，在介质筒 101 的径向截面上，介质筒 101 的筒壁的正投影形状为矩形，感应线圈 102 缠绕在该介质筒 101 的筒壁周围，向该感应线圈 102

通入的电流方向如图 2 中的箭头所示。

第一射频电源 104 通过第一匹配器 103 与感应线圈 102 电连接。第一进气装置 105 与介质筒 101 所限定的空间相连通, 用于向介质筒 101 所限定的空间内输送不与工艺腔 200 内的工艺气体反应的第一气体, 该第一气体例如为诸如氦气或氩气等的惰性气体或者氮气等。

在进行工艺时, 开启第一进气装置 105, 以向介质筒 101 所限定的空间内输送上述第一气体, 然后开启第一射频电源 104, 以通过第一匹配器 103 向感应线圈 102 加载射频功率, 由该感应线圈 102 产生的射频能量通过介质筒 101 馈入其限定的空间内, 并激发第一气体形成第一等离子体。

过滤装置 300 用于使上述第一等离子体在经过过滤装置 300 进入工艺腔 200 时, 形成电子束 S, 该电子束 S 用于激励工艺腔 200 内的工艺气体产生第二等离子体, 该第二等离子体用于处理工件, 例如刻蚀工件表面。在本实施例中, 过滤装置 300 包括电极板 301 和第一直流电源 302, 其中, 电极板 301 设置在电子束产生腔 100 与工艺腔 200 的连通处, 即设置在电子束产生腔 100 的开口与腔室侧壁 201 的通道 202 之间。并且, 如图 3A 所示, 在电极板 301 上设置有多个通孔 303, 所述多个通孔 303 至少是在电极板 301 的位于该连通处的区域内均匀分布, 且每个通孔 303 的直径 D 小于第一等离子体的鞘层厚度的 2 倍, 使得通孔 303 中不存在等离子体产生的条件, 从而只允许电子束 S 通过, 而无法使第一等离子体中的其他粒子通过。如图 3B 所示, 电极板 301 在介质筒 101 的径向截面上的正投影形状可以为与上述介质筒 101 的正投影形状相对应的矩形, 并且电极板 301 的板体封闭介质筒 101 的上述开口。

优选的, 电极板 301 所采用的材料为诸如钨或者钼等的熔点较高的金属材料, 该金属材料能够克服因电子束的能量密度较高而被电子束腐蚀的问题, 从而可以避免产生金属污染。

第一直流电源 302 与上述电极板 301 电连接, 用于向电极板 301 加载直

流正偏压。在等离子体中，电子的质量小、速度高，而离子的质量大，速度低。基于此，该直流正偏压主要影响离子的运动方向，使之偏转，以致无法通过通孔 302（在此，所谓通过是指进入或者穿过），但是该直流正偏压对电子的运动方向影响较小，从而电子可以顺利通过通孔 302，形成电子束 S。优选的，直流正偏压的取值范围在 500~3000V，以保证电子的运动速度满足要求。

另外，通过设定不同的介质筒 101 的径向截面的面积以及各个通孔 302 的径向截面的面积，在工艺腔 200 内获得第一等离子体的不同的密度分布，以提高第一等离子体的密度分布均匀性，以及该装置的适用范围。

优选的，在腔室侧壁 201 的通道 202 的内壁上覆盖有保护层（图中未示出），用以保护工艺腔 200 的腔室侧壁 201 不被电子束 S 腐蚀。该保护层可以采用诸如钼或者钨等的熔点较高的金属材料，该金属材料能够克服因电子束的能量密度较高而被电子束腐蚀的问题，从而可以避免产生金属污染。在实际应用中，电子束产生腔 100 与工艺腔 200 还可以采用其他任意方式相连通，而并不局限于在工艺腔 200 的腔室侧壁 201 上设置通道 202，针对不同的连通方式，上述保护层只要能够覆盖在位于电子束产生腔 100 与工艺腔 200 的连通处的工艺腔 200 的腔室壁上，以达到保护该腔室壁不被电子束 S 腐蚀的目的即可。

综上所述，上述电子束 S 在进入工艺腔 200 之后，会与工艺腔 200 内的工艺气体发生碰撞，以将工艺气体离化产生第二等离子体。该工艺腔 200 没有采用磁场激发机制产生第二等离子体，而电子束 S 在进入工艺腔 200 之后，会被工艺腔 200 内的工艺气体冷却，这使得由电子束 S 中的电子激励产生的第二等离子体中的电子温度较低，从而可以避免因电子温度过高引起的工件表面损伤。

需要说明的是，在本实施例中，电子束产生腔 100 位于工艺腔 200 的腔室侧壁 201 的外侧，但是本发明并不局限于此，在实际应用中，电子束产生

腔 100 也可以根据具体需要位于工艺腔 200 之外的其他任意位置。

请参阅图 4, 本发明第二实施例提供的等离子体反应装置是在上述第一实施例的基础上进行的改进。具体地, 该等离子体反应装置还包括电子收集装置, 该电子收集装置设置在工艺腔 200 的腔室侧壁 201 上, 且位于上述电子束产生腔 100 的对侧, 用以收集电子束 S 中运动至该电子收集装置的电子。

具体地, 电子收集装置包括金属件 401、电阻元件 402 和介质隔离件 403, 其中, 金属件 401 设置在工艺腔 200 的腔室侧壁 201 中, 且位于上述电子束产生腔 100 的对侧, 且该金属件 401 贯穿该腔室侧壁 201 的厚度, 并通过位于工艺腔 200 之外的电阻元件 402 电接地, 从而为运动至金属件 401 的电子提供了接地路径。优选的, 金属件 401 所采用的材料可以包括诸如钨或者钼等的熔点较高的金属材料, 该金属材料能够克服因电子束的能量密度较高而被电子束腐蚀的问题, 从而可以避免产生金属污染。

电阻元件 402 用于起到限流保护的作用。优选的, 该电阻元件 402 的电阻值的取值范围在 $100\sim 1000\Omega$ 。介质隔离件 403 设置在金属件 401 与工艺腔 200 的腔室侧壁 201 之间, 用以对二者电绝缘。该介质隔离件 403 所采用的材料包括陶瓷或石英等的绝缘材料。

需要说明的是, 上述金属件 401 相对于位于其对侧的工艺腔 200 的通道 202 的高度、上述金属件 401 与该通道 202 相对的端面形状和尺寸可以根据电子束 S 的运动方向和电子束 S 的截面尺寸等参数来设定, 以保证能够接收到电子束。例如, 金属件 401 与通道 202 相对的端面形状和尺寸可以与该通道 202 的径向截面形状和尺寸相对应。

还需要说明的是, 电子束产生腔 100 也可以根据具体需要位于工艺腔 200 之外的其他任意位置, 电子收集装置只要对应地位于电子束产生腔 100 的对侧即可。

在本实施例中, 等离子体反应装置还包括约束装置, 该约束装置用于约束电子束 S 的运动方向, 使之沿水平方向运动, 即, 电子束 S 沿平行于工件

表面的方向运动。具体地，约束装置包括第一电磁线圈 501、第二电磁线圈 502 和第二直流电源（图中未示出），其中，第一电磁线圈 501 位于工艺腔 200 的外部，且环绕在电子束产生腔 100 与工艺腔 200 的连通处的外围，即，靠近通道 202 的位置处。第二电磁线圈 502 位于工艺腔 200 的外部，且环绕在上述电子收集装置的外围。

上述第一电磁线圈 501 和第二电磁线圈 502 的轴线均平行设置，即与通道 202 的轴线相互平行。上述第一电磁线圈 501 和第二电磁线圈 502 的安装方式可以为：在工艺腔 200 的腔室侧壁 201 上分别形成有两个环形台阶，上述第一电磁线圈 501 和第二电磁线圈 502 分别缠绕在这两个环形台阶上。

第二直流电源与上述第一电磁线圈 501 和第二电磁线圈 502 电连接，用以分别向第一电磁线圈 501 和第二电磁线圈 502 通入直流电，使第一电磁线圈 501 和第二电磁线圈 502 均产生能够约束电子束 S 的运动方向的磁场，该磁场能够将电子束 S 约束在指定的空间尺度内，实现电子束 S 沿水平方向运动。优选的，上述磁场的强度的取值范围在 0~1000G。

在实际应用中，上述第一电磁线圈 501 和第二电磁线圈 502 可以共用一个第二直流电源，或者二者也可以各自与一个第二直流电源电连接。

需要说明的是，在实际应用中，也可以采用永磁体代替上述电磁线圈，该永磁体同样能够产生约束电子束的运动方向的磁场，使之沿水平方向运动。

在本实施例中，在工艺腔 200 内设置有助于承载工件的基座 203，该基座 203 优选为静电卡盘。另外，等离子体反应装置还包括第二射频电源 213、第二匹配器 212 和第二进气装置，其中，第二射频电源 213 通过第二匹配器 212 与基座 203 电连接，用以向基座 203 加载射频负偏压，以吸引工艺腔 200 内形成的第二等离子体朝向置于基座 203 上的工件表面运动。

第二进气装置用于向工艺腔 200 内通入工艺气体。在本实施例中，该第二进气装置包括匀流腔 206、进气通道 205 和工艺气源 204，其中，匀流腔

206 设置在工艺腔 200 的顶部，且包括腔体 2061 和位于该腔体 2061 底部的匀流板 2062，腔体 2061 和匀流板 2062 构成封闭的匀流空间 208；并且，在匀流板 2062 中设置有多个通气孔 207，匀流空间 208 和工艺腔 200 的内部通过多个通气孔 207 相连通，并且多个通气孔 207 在匀流板 2062 上均匀分布。进气通道 205 分别与匀流腔 206 和工艺气源 204 连接；工艺气源 204 通过进气通道 205 向上述匀流空间 208 提供工艺气体。进入匀流空间 208 的工艺气体朝向匀流空间 208 的两侧边缘扩散，以实现匀流的目的，进而有利于提高工艺气体的分布均匀性。在匀流空间 208 内进行扩散匀流后的工艺气体通过各个通气孔 207 流入工艺腔 200 的内部，从而均匀地向工艺腔 200 的内部输送工艺气体。

在本实施例中，第二射频电源 213 通过第二匹配器 212 与基座 203 电连接的方式具体为：在基座 203 的底部设置有介质隔离件 210，用以支撑基座 203，且将基座 203 与工艺腔 200 的腔室底壁 209 电绝缘；并且，在介质隔离件 210 中设置有沿竖直方向贯穿的第一通孔；与之相对应的，在工艺腔 200 的腔室底壁 209 中设置有贯穿其厚度的第二通孔；等离子体反应装置还包括电极 211，该电极 211 的下端与第二匹配器 212 电连接，电极 211 的上端竖直向上依次穿过上述第二通孔和第一通孔，并与基座 203 电连接。在实际应用中，在上述第二通孔中，且位于电极 211 与上述腔室底壁 209 之间设置有绝缘部件，用以密封该第二通孔，并使电极 211 与腔室底壁 209 电绝缘。

优选的，等离子体反应装置还包括保护罩 107，该保护罩 107 罩设在上述等离子体源的外部，用以避免射频泄漏。

在实际应用中，电子束产生腔 100 与工艺腔 200 的连通处，即，工艺腔 200 的腔室侧壁 201 的通道 202 与基座 203 的上表面之间的垂直距离一般在 10~40mm，以保证工艺腔 200 内的等离子体产生区域满足要求。

综上所述，本发明提供的用于处理工件的等离子体反应装置，其在工艺腔的外部设置有电子束产生腔，其通过过滤装置与工艺腔相连通。并且，电

子束产生腔是利用电感耦合等离子体源产生第一等离子体，由于电感耦合等离子体源无需使用金属电极放电，因此可以避免产生金属污染。过滤装置用于使第一等离子体在经过该过滤装置进入工艺腔时，形成电子束。该电子束用于激励工艺腔内的工艺气体产生第二等离子体，用于处理工件。由于电子束在进入工艺腔之后，会被工艺腔内的工艺气体冷却，这使得由电子束中的电子激励产生的第二等离子体中的电子温度较低，从而可以避免因电子温度过高引起的工件表面损伤。

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。

权 利 要 求 书

1. 一种用于处理工件的等离子体反应装置，其特征在于，包括电子束产生腔、过滤装置和工艺腔，其中，

所述电子束产生腔位于所述工艺腔的外部，且通过所述过滤装置与所述工艺腔相连通，并且所述电子束产生腔包括电感耦合等离子体源，所述电感耦合等离子体源用于产生第一等离子体；

所述过滤装置用于使所述第一等离子体在经过所述过滤装置进入所述工艺腔时，形成电子束；所述电子束用于激励所述工艺腔内的工艺气体产生第二等离子体，所述第二等离子体用于处理工件。

2. 根据权利要求 1 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述电感耦合等离子体源包括感应线圈、第一匹配器和第一射频电源，所述电子束产生腔还包括介质筒和第一进气装置，其中，

所述介质筒设置在所述工艺腔的外侧，且具有与所述工艺腔相连通的开口；

所述第一进气装置用于向所述介质筒内输送不与所述工艺气体反应的第一气体；

所述感应线圈环绕在所述介质筒的筒壁周围，且所述感应线圈的轴线水平设置；

所述第一射频电源通过所述第一匹配器与所述感应线圈电连接，用于激励所述第一气体产生所述第一等离子体。

3. 根据权利要求 2 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述第一气体包括惰性气体或者氮气。

4. 根据权利要求 1 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述过滤

装置包括电极板和第一直流电源，其中，

所述电极板设置在所述电子束产生腔与所述工艺腔的连通处，并且在所述电极板上设置有多个通孔，所述多个通孔相对于所述连通处的径向截面均匀分布，且每个通孔的直径小于所述第一等离子体的鞘层厚度的 2 倍；所述第一直流电源与所述电极板电连接，用于向所述电极板加载直流正偏压。

5. 根据权利要求 4 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述直流正偏压的取值范围在 500~3000V。

6. 根据权利要求 4 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述电极板所采用的材料包括钼或者钨。

7. 根据权利要求 1 所述的等离子体反应装置，其特征在于，还包括电子收集装置，所述电子收集装置设置在所述工艺腔的腔室壁上，且位于所述电子束产生腔的对侧，用于收集所述电子束中运动至所述电子收集装置处的电子。

8. 根据权利要求 7 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述电子收集装置包括金属件、电阻元件和介质隔离件，其中，

所述金属件设置在所述工艺腔的腔室壁中，且贯穿该腔室壁的厚度，并通过位于所述工艺腔之外的所述电阻元件电接地；

所述介质隔离件设置在所述金属件与所述工艺腔的所述腔室壁之间，用以对二者电绝缘。

9. 根据权利要求 8 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述金属件所采用的材料包括钼或者钨。

10. 根据权利要求 8 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述介质隔离件所采用的材料包括陶瓷或石英。

11. 根据权利要求 8 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述电阻元件的电阻值的取值范围在 100~1000Ω。

12. 根据权利要求 1 所述的等离子体反应装置，其特征在于，还包括约束装置，所述约束装置用于约束所述电子束的运动方向，使之沿水平方向运动。

13. 根据权利要求 12 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述约束装置包括第一电磁线圈、第二电磁线圈和第二直流电源，其中，

所述第一电磁线圈位于所述工艺腔的外部，且环绕在所述电子束产生腔与所述工艺腔的连通处的外围，所述第二电磁线圈位于所述工艺腔的外部，且环绕在所述电子收集装置的外围，所述第一电磁线圈和所述第二电磁线圈均用于产生能够约束所述电子束的运动方向的磁场，使之沿水平方向运动；

所述第二直流电源分别与所述第一电磁线圈和所述第二电磁线圈电连接，用以分别向所述第一电磁线圈和所述第二电磁线圈通入直流电。

14. 根据权利要求 13 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述磁场的强度的取值范围在 0~1000G。

15. 根据权利要求 1 所述的等离子体反应装置，其特征在于，在所述工艺腔的腔室壁上，且位于所述电子束产生腔与所述工艺腔的连通处覆盖有保护层，用以保护所述工艺腔的腔室壁不被所述电子束腐蚀。

16. 根据权利要求 15 所述的等离子体反应装置，其特征在于，所述保

护层所采用的材料包括钼或者钨。

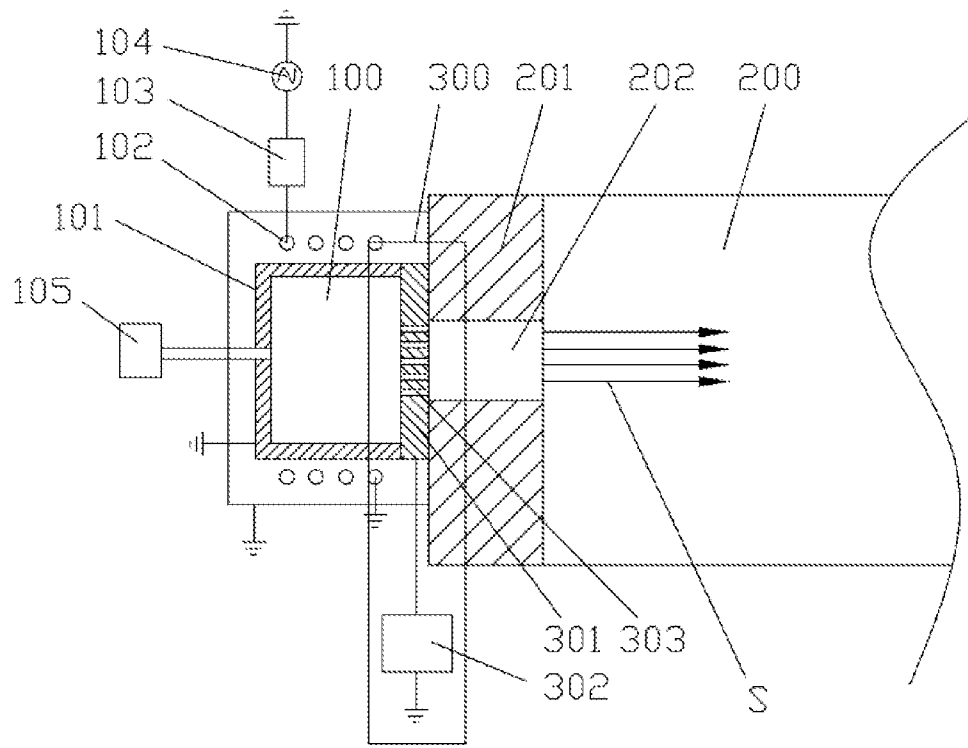


图 1

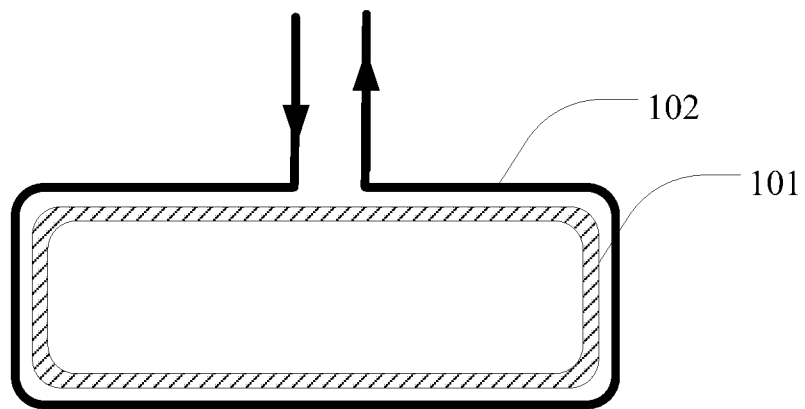


图 2

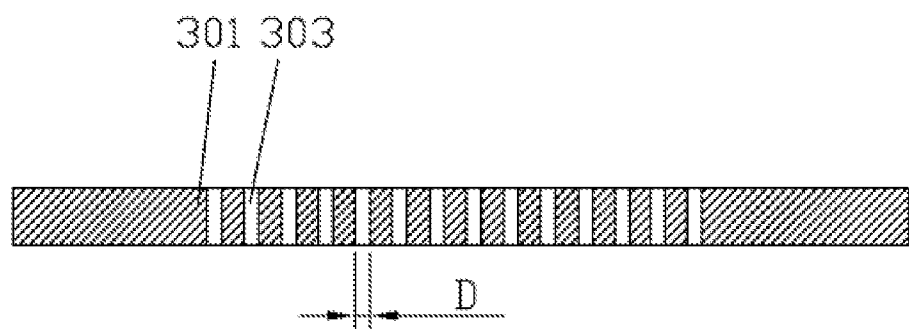


图 3A

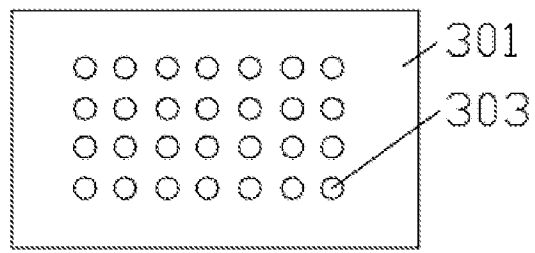


图 3B

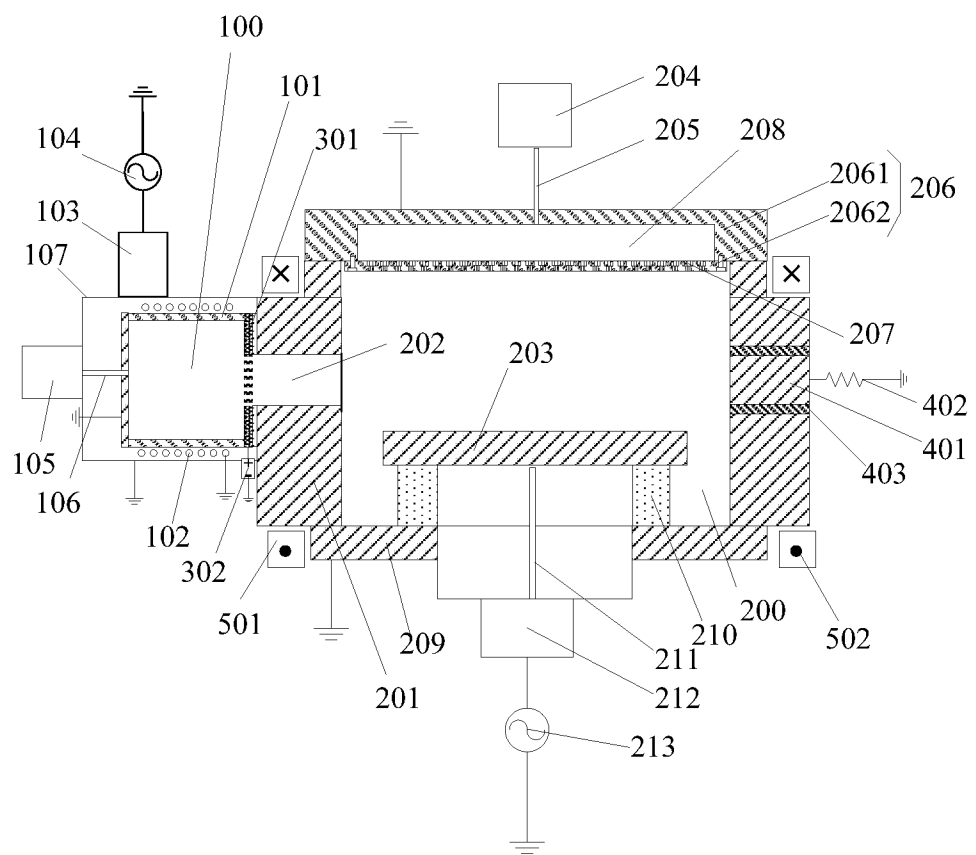


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/100466

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 37; H05H 1; H01L 21

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; SIPOABS; DWPI: 等离子, 电子, 腔, 室, 孔, 口, 线圈; plasma, electron, chamber, room, opening, hole, coil, winding

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101999155 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 30 March 2011 (30.03.2011), description, paragraphs [0021]-[0058], and figures 1A-2	1-3, 7-16
A	CN 103155103 A (OSAKA UNIVERSITY et al.) 12 June 2013 (12.06.2013), entire document	1-16
A	CN 103766003 A (APPLIED MATERIALS INC.) 30 April 2014 (30.04.2014), entire document	1-16
A	US 5350480 A (ASPECT INTERNATIONAL INC.) 27 September 1994 (27.09.1994), entire document	1-16

☐ 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 17 October 2017	Date of mailing of the international search report 14 November 2017
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 XIN, Yijian Telephone No. (86-10) 62412310

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/100466

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101999155 A	30 March 2011	TW I430716 B	11 March 2014
		WO 2009117624 A3	07 January 2010
		US 2017062188 A1	02 March 2017
		WO 2009117624 A2	24 September 2009
		KR 101592613 B1	05 February 2016
		CN 101999155 B	03 December 2014
		JP 5678351 B2	04 March 2015
		KR 20100126528 A	01 December 2010
		US 9520275 B2	13 December 2016
		US 2009236314 A1	24 September 2009
		JP 2011518408 A	23 June 2011
		TW 201004491 A	16 January 2010
CN 103155103 A	12 June 2013	CN 103155103 B	08 June 2016
		KR 101523893 B1	28 May 2015
		KR 20140108331 A	05 September 2014
		JP 5735232 B2	17 June 2015
		KR 101454132 B1	22 October 2014
		TW I515760 B	01 January 2016
		KR 20130062982 A	13 June 2013
		JP 2012033803 A	16 February 2012
		TW 201234407 A	16 August 2012
		WO 2012018024 A1	09 February 2012
		US 2013192759 A1	01 August 2013
		EP 2602813 A1	12 June 2013
CN 103766003 A	30 April 2014	KR 20140078749 A	25 June 2014
		TW 201322303 A	01 June 2013
		WO 2013059126 A1	25 April 2013
		US 8951384 B2	10 February 2015

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/100466

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
		US 2013098882 A1	25 April 2013
US 5350480 A	27 September 1994	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/100466

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 37; H05H 1; H01L 21 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; SIPOABS; DWPI: 等离子, 电子, 腔, 室, 孔, 口, 线圈; plasma, electron, chamber, room, opening, hole, coil, winding																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 101999155 A (东京毅力科创株式会社) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 说明书第21-58段, 附图1A-2</td> <td>1-3, 7-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103155103 A (国立大学法人大阪大学等) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103766003 A (应用材料公司) 2014年 4月 30日 (2014 - 04 - 30) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5350480 A (ASPECT INTERNATIONAL INC) 1994年 9月 27日 (1994 - 09 - 27) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 101999155 A (东京毅力科创株式会社) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 说明书第21-58段, 附图1A-2	1-3, 7-16	A	CN 103155103 A (国立大学法人大阪大学等) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 全文	1-16	A	CN 103766003 A (应用材料公司) 2014年 4月 30日 (2014 - 04 - 30) 全文	1-16	A	US 5350480 A (ASPECT INTERNATIONAL INC) 1994年 9月 27日 (1994 - 09 - 27) 全文	1-16
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	CN 101999155 A (东京毅力科创株式会社) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 说明书第21-58段, 附图1A-2	1-3, 7-16															
A	CN 103155103 A (国立大学法人大阪大学等) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 全文	1-16															
A	CN 103766003 A (应用材料公司) 2014年 4月 30日 (2014 - 04 - 30) 全文	1-16															
A	US 5350480 A (ASPECT INTERNATIONAL INC) 1994年 9月 27日 (1994 - 09 - 27) 全文	1-16															
☐ 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 2017年 10月 17日		国际检索报告邮寄日期 2017年 11月 14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		授权官员 辛义剑 电话号码 (86-10) 62412310															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/100466

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	101999155	A	2011年 3月 30日	TW	I430716	B	2014年 3月 11日
				WO	2009117624	A3	2010年 1月 7日
				US	2017062188	A1	2017年 3月 2日
				WO	2009117624	A2	2009年 9月 24日
				KR	101592613	B1	2016年 2月 5日
				CN	101999155	B	2014年 12月 3日
				JP	5678351	B2	2015年 3月 4日
				KR	20100126528	A	2010年 12月 1日
				US	9520275	B2	2016年 12月 13日
				US	2009236314	A1	2009年 9月 24日
				JP	2011518408	A	2011年 6月 23日
				TW	201004491	A	2010年 1月 16日
CN	103155103	A	2013年 6月 12日	CN	103155103	B	2016年 6月 8日
				KR	101523893	B1	2015年 5月 28日
				KR	20140108331	A	2014年 9月 5日
				JP	5735232	B2	2015年 6月 17日
				KR	101454132	B1	2014年 10月 22日
				TW	1515760	B	2016年 1月 1日
				KR	20130062982	A	2013年 6月 13日
				JP	2012033803	A	2012年 2月 16日
				TW	201234407	A	2012年 8月 16日
				WO	2012018024	A1	2012年 2月 9日
				US	2013192759	A1	2013年 8月 1日
				EP	2602813	A1	2013年 6月 12日
CN	103766003	A	2014年 4月 30日	KR	20140078749	A	2014年 6月 25日
				TW	201322303	A	2013年 6月 1日
				WO	2013059126	A1	2013年 4月 25日
				US	8951384	B2	2015年 2月 10日
				US	2013098882	A1	2013年 4月 25日
US	5350480	A	1994年 9月 27日	无			