



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102232241 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 14

(21) 申请号 200980148112. 9

(22) 申请日 2009. 12. 03

(30) 优先权数据

12/328, 096 2008. 12. 04 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 06. 01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/066549 2009. 12. 03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/065718 EN 2010. 06. 10

(73) 专利权人 瓦里安半导体设备公司

地址 美国麻萨诸塞州格洛斯特郡都利路 35 号

(72) 发明人 具本雄 维克多·M·本夫尼斯特

克里斯多福·A·罗兰德

奎格·R·钱尼 法兰克·辛克莱

奈尔·J·巴森

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

代理人 臧建明

(51) Int. Cl.

H01L 21/265 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0082001 A1, 2005. 04. 21,

JP 特开平 6-187936 A, 1994. 07. 08,

审查员 张丹

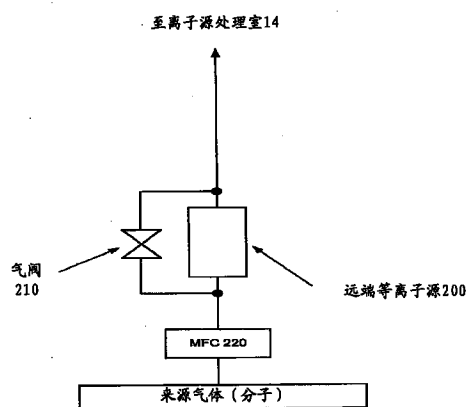
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

离子植入控制的激发气体注入

(57) 摘要

一种利用受激及 / 或原子气体注入的离子源。在离子束应用中,可直接使用来源气体,如同已知的供应。另一方面或除此之外,来源气体可在引导至离子源处理室前藉由通过远端等离子源予以变换。这可用以产生受激中性粒子、重离子、亚稳态分子或多价离子。另一实施例中,使用多样的气体,其中一或多种气体通过远端等离子产生器。在某些实施例中,气体在供应给离子源处理室前于单一等离子产生器中予以组合。在等离子浸没应用中,等离子经由一或多个额外气体注入位置注入处理室。这些注入位置容许流入处理室外部的远端等离子源所产生的额外等离子。



1. 一种离子源,包括:
 - a. 离子处理室外壳,界定离子源处理室,其中分子经由一个或多个入口进入所述离子处理室外壳;
 - b. 气源,与远端等离子产生器交流;以及
 - c. 所述远端等离子产生器,具有与所述入口之一交流的输出,其中所述远端等离子产生器将所述气源所供应的气体在运送到所述离子处理室之前予以转换成变化状态,所述变化状态包括等离子、离子、受激中性粒子或亚稳态分子,所述气源所供应的气体转换成所述变化状态后被提供至所述离子处理室以产生离子束。
2. 根据权利要求1所述的离子源,还包括连接所述气源与所述入口之一的旁通阀。
3. 根据权利要求1所述的离子源,还包括与第二等离子产生器交流的第二气源,并且所述第二等离子产生器具有与所述入口之一交流的输出,其中所述第二等离子产生器将所述第二气源所供应的气体在运送到所述离子处理室之前予以转换成变化状态。
4. 根据权利要求3所述的离子源,还包括连接所述第二气源与所述入口之一的旁通阀。
5. 根据权利要求1所述的离子源,还包括与所述远端等离子产生器交流的第二气源。
6. 根据权利要求1所述的离子源,其中所述远端等离子源是选自微波等离子源、螺旋等离子源、电感式耦合等离子源、电容式耦合等离子源、中空阴极等离子源以及基于灯丝的等离子源所构成的群组。
7. 根据权利要求1所述的离子源,其中所述远端等离子源包括具有旁热式阴极的前室。
8. 根据权利要求7所述的离子源,其中所述前室包括外壳,并且所述外壳的顶端表面包含所述离子处理室外壳的底部表面。
9. 根据权利要求8所述的离子源,其中所述前室的所述顶端表面包含变化分子藉以穿越所述离子处理室外壳的孔隙。
10. 根据权利要求9所述的离子源,其中使用磁场将离子禁闭于所述离子源处理室内,并且所述前室利用所述磁场。
11. 根据权利要求9所述的离子源,其中所述前室内的压力大于所述离子源处理室内的压力。
12. 一种来自离子源的特定离子物种的离子电流输出的改善方法,包括:
 - a. 提供离子源,所述离子源包括:
 - i. 离子处理室外壳,界定离子源处理室,其中分子经由一个或多个入口进入所述离子处理室外壳;
 - ii. 气源,与远端等离子产生器交流;以及
 - iii. 所述远端等离子产生器,具有与所述入口之一交流的输出,其中所述远端等离子产生器将所述气源所供应的气体在运送到所述离子处理室之前予以转换成变化状态,所述变化状态包括等离子、离子、受激中性粒子或亚稳态分子,所述气源所供应的气体转换成所述变化状态后被提供至所述离子处理室以产生离子束;以及
 - b. 提供能量给所述远端等离子产生器,以便产生将运送到所述离子源的变化分子。
13. 根据权利要求12所述的来自离子源的特定离子物种的离子电流输出的改善方法,

其中所述远端等离子产生器的操作压力高于所述离子源,以便产生较重的中性粒子物种。

14. 根据权利要求 13 所述的来自离子源的特定离子物种的离子电流输出的改善方法,其中所述特定的离子物种包括较重的离子物种。

15. 根据权利要求 12 所述的来自离子源的特定离子物种的离子电流输出的改善方法,其中所述远端等离子产生器的操作功率高于所述离子源,以便产生更多的受激及分解的中性粒子物种。

16. 根据权利要求 15 所述的来自离子源的特定离子物种的离子电流输出的改善方法,其中所述特定的离子物种包括单原子的离子物种,并且也包括多价离子物种。

离子植入控制的激发气体注入

技术领域

[0001] 本发明涉及一种离子植入控制的技术。

背景技术

[0002] 离子植入机 (ion implanters) 通常用于生产半导体晶圆 (semiconductor wafers)。离子源 (ion source) 用以产生将导向晶圆的带电离子束。当离子击中晶圆时, 它们在撞击的区域中授与电荷。这电荷容许晶圆的特定区域被适当地“掺杂”。掺杂区域的组态定义其功能, 并且经由使用导电内连线, 可将这些晶圆转换成复杂的电路。

[0003] 典型的离子植入机的电源供应器 (power supply) 供应必需的能量给离子源以便能够产生离子。离子源产生想要的种类的离子。在某些实施例中, 这些物种 (species) 是最适合应用于高能植入的单原子。在其他的实施例中, 这些物种是较适合应用于低能植入的分子。离子源具有离子可藉以通过的孔隙。电极 (electrodes) 吸引这些离子到达且穿越孔隙。这些离子变成将通过质量分析器 (mass analyzer) 的离子束。具有鉴别孔隙 (resolving aperture) 的质量分析器用以由离子束 (ion beam) 移除不想要的成分, 使得具有想要的能量及质量特征的离子束经由鉴别孔隙通过。然后想要的种类的离子通过可包括一个或多个电极的减速平台 (deceleration stage) 8。减速平台的输出是发散的离子束。

[0004] 校正器磁铁 (corrector magnet) 用以使发散的离子束转向成为具有实质上平行的轨道的一组小离子束。校正器磁铁最好包括彼此分开以形成小离子束藉以通过的缺口的磁线圈 (magnet coil) 及磁极部 (magnetic pole pieces)。提供能量给线圈以便在缺口内产生磁场, 这使小离子束根据所施加的磁场的强度及方向而转向。磁场藉由变还通过磁线圈的电流予以调整。另一方面, 也可利用例如平行放置的透镜的其他的结构来执行这项功能。

[0005] 遵循校正器磁铁, 带状离子束将导向工件 (workpiece)。在某些实施例中, 可加入第二减速平台。工件依附在工件支撑器 (workpiece support)。工件支撑器对各种植入应用提供多样化位移。

[0006] 参照图 1, 图中显示可并入离子植入机的传统的离子源。图 1 所示的离子源可包括界定离子源处理室 (ion source chamber) 14 的处理室外壳 (chamber housing) 10。处理室外壳 10 的一边具有离子藉以通过的萃取孔隙 (extraction aperture) 12。在某些实施例中, 这孔隙是洞, 而在例如大电流植入的其他应用中, 这孔隙则是狭缝或一组洞。

[0007] 阴极 (cathode) 20 位于离子源处理室 14 的一末端。灯丝 (filament) 30 位于阴极 20 的附近及离子处理室的外部。斥拒极 (repeller) 60 位于离子源处理室 14 的另一末端。

[0008] 灯丝电源电压 54 供应能量给灯丝 30。通过灯丝 30 的电流将其充分地加热 (亦即超过 2000 °C) 以便产生热电子 (thermo-electrons)。偏压电源电压 (bias supply voltage) 52 用以施加正电压实质上高于灯丝 30 的偏压于阴极 20。这个大电压差的效果导致灯丝所放射的热电子加速朝向阴极。当这些电子冲击阴极时, 阴极明显地变热, 常常达到温度超过 2000 °C。称为旁热式阴极 (indirectly heated cathode, IHC) 的阴极接着放射

热电子进入离子源处理室 14。

[0009] 电弧电源 (arc supply) 50 用以施加正电压高于阴极的偏压于离子处理室外壳 10。电弧电源通常施加偏压于外壳 10 至正电压高于阴极 20 大约 50-100 伏特 (Volts) 的电压。这个电压差使阴极 20 所放射的电子加速朝向外壳 10。

[0010] 最好依照方向 62 产生磁场, 通常利用位于处理室外部的磁极 86。磁场的效果是将放射电子禁闭于磁力线 (magnetic field lines) 内。以静电方式禁闭于阴极与斥拒极之间的放射电子沿着离子源磁场进行螺旋移动, 因而有效地离子化背景气体 (background gases) 且形成离子 (如图 2 所示)。

[0011] 蒸汽或气源 (gas source) 40 用以提供原子或分子进入离子源处理室 14。分子可以是多样的物种, 包括但不限于惰性气体 (inert gases) (例如氩或氦)、含氧气体 (例如氧及二氧化碳)、含氮气体 (例如氮或三氟化氮) 以及其他的含掺杂物气体 (例如二硼烷、三氟化硼或五氟化砷)。这些背景气体藉由电子撞击予以离子化, 因而形成等离子体 (plasma) 80。

[0012] 在离子源处理室 14 的较远末端, 阴极 20 的反向, 最好施加偏压于斥拒极 60 至等同阴极 20 的电压。这使得放射电子以静电方式禁闭于阴极 20 与斥拒极 60 之间。在离子源处理室 14 的每一个末端使用这些结构将最大化放射电子与背景气体的交互作用, 因而产生高密度等离子。

[0013] 图 2 显示图 1 的离子源的不同视图。源磁铁 (source magnet) 86 产生跨越离子处理室的磁场 62。阴极 20 与斥拒极 60 维持在相同的电位, 以便有效地禁闭与背景气体碰撞而产生等离子体 80 的电子。施加偏压于电极组 90 以便吸引离子到达且穿越萃取孔隙 12。然后这些萃取的离子将形成离子束 95 且如上所述般使用。

[0014] 图 3 显示离子植入系统的另一实施例, 亦即等离子浸没 (plasma immersion)。等离子掺杂系统 (plasma doping system) 100 包括界定内容积 103 的处理室 (process chamber) 102。平台 (platen) 134 配置于处理室 102 以便支撑工件 138。在一例中, 工件 138 包括碟形半导体晶圆, 例如在一实施例中是直径 300 毫米 (mm) 的硅晶圆。可藉由静电力或机械力箝制工件 138 于平台 134 的平坦表面。在一实施例中, 平台 134 可包括用以连接工件 138 的导电脚位 (pins) (未显示)。

[0015] 气源 104 经由质量流量控制器 (mass flow controller, MFC) 106 提供掺杂气体 (dopant gas) 给处理室 102 的内容积 103。气挡板 (gas baffle) 170 配置于处理室 102 中以便均匀地分布来自气源 104 的气体。压力计 (pressure gauge) 108 测量处理室 102 的内部压力。真空泵 (vacuum pump) 112 经由处理室 102 的排气口 (exhaust port) 110 从处理室 102 排除废气。排气阀 (exhaust valve) 114 藉由排气口 110 控制排气气导 (exhaust conductance)。

[0016] 等离子掺杂系统 100 可还包括电性连接质量流量控制器 106、压力计 108 以及排气阀 114 的气压控制器 (gas pressure controller) 116。气压控制器 116 可用以在处理室 102 中维持想要的压力, 其方式为在响应于压力计 108 的反馈回路中利用排气阀 114 控制排气气导或利用质量流量控制器 106 控制制程气体流量速率。

[0017] 处理室 102 可具有处理室顶端 118, 其中包括由依水平方向延伸的介电质所构成的第一区段 120。处理室顶端 118 也包括由依垂直方向从第一区段 120 延伸一高度的介电

质所构成的第二区段 122。处理室顶端 118 还包括由依水平方向延伸跨越第二区段 122 的导电导热材料所构成的盖子 124。

[0018] 等离子掺杂系统可还包括用以在处理室 102 内产生等离子 140 的等离子源 101。等离子源 101 可包括例如电源供应器的射频源 (RF source) 150, 以便供应射频功率给平面天线 (planar antenna) 126 及螺旋天线 (helical antenna) 146 之一或两者来产生等离子 140。射频源 150 可藉由阻抗匹配网路 (impedance matching network) 152 耦合平面天线 126、螺旋天线 146, 阻抗匹配网路 152 匹配射频源 150 的输出阻抗与射频天线 (平面天线 126、螺旋天线 146) 的阻抗以便最大化从射频源 150 转移到射频天线 (平面天线 126、螺旋天线 146) 的功率。

[0019] 等离子掺杂系统 100 也可包括电性耦合平台 134 的偏压电源供应器 (bias power supply) 148。偏压电源供应器 148 用以提供具有脉冲开启 (ON) 及关闭 (OFF) 周期的脉冲式平台信号 (pulsed platen signal) 来施加偏压于平台 134 (由此也施加偏压于工件 138), 以便在脉冲开启 (ON) 周期期间加速离子从等离子 140 朝向工件 138, 而在脉冲关闭 (OFF) 周期期间则否。偏压电源供应器 148 可以是直流电 (DC) 或射频 (RF) 电源供应器。

[0020] 等离子掺杂系统 100 可还包括配置在平台 134 周围的防护环 (shield ring) 194。如同所属技术领域所周知, 可施加偏压于防护环 194 以便改善工件 138 的边缘附近的植入离子分布的均匀度。例如环状法拉第感测器 (annular Faraday sensor) 199 的一个或多个法拉第感测器可配置于防护环 194 中以便感测离子束电流。

[0021] 等离子掺杂系统 100 可还包括控制器 (controller) 156 及用户界面系统 (user interface system) 158。控制器 156 可以是或可包括能够程式设计来执行想要的输入 / 输出功能的通用电脑或通用电脑的网路。控制器 156 也可包括其他的电子电路或元件, 例如特殊应用积体电路、其他的硬体线路或可程式化电子装置、离散元件电路等等。控制器 156 也可包括通讯装置、数据储存装置以及软体。为了显示的清楚起见, 控制器 156 显示成只提供输出信号给电源供应器 148、150, 且只从法拉第感测器 199 接收输入信号。任何所属技术领域中具有通常知识者将明了控制器 156 可提供输出信号给等离子掺杂系统 100 的其他元件且可由此接收输入信号。用户界面系统 158 可包括例如触控荧幕 (touch screens)、键盘、使用者指向装置 (user pointing devices)、显示器、印表机等装置, 以便容许使用者藉由控制器 156 输入命令及 / 或数据并且 / 或者监控等离子掺杂系统。

[0022] 在操作中, 气源 104 供应包含想要的植入掺杂物的初始掺杂气体给工件 138。气压控制器 116 调节供应初始掺杂气体给处理室 102 的速率。等离子源 101 用以在处理室 102 内产生等离子 140。等离子源 101 可藉由控制器 156 予以控制。为了产生等离子 140, 射频源 150 使射频电流在射频天线 (平面天线 126、螺旋天线 146) 其中至少一个中共振以便产生振荡磁场。振荡磁场感应射频电流使其流入处理室 102。处理室 102 的射频电流激发及离子化初始掺杂气体以产生等离子 140。

[0023] 偏压电源供应器 148 提供脉冲式平台信号来施加偏压于平台 134 (由此也施加偏压于工件 138), 以便在脉冲式平台信号的脉冲开启 (ON) 周期期间加速离子从等离子 140 朝向工件 138。可选择脉冲式平台信号的频率及 / 或脉冲的工作周期以便提供想要的剂量率 (dose rate)。可选择脉冲式平台信号的振幅以便提供想要的能量。当所有的其他参数相等时, 较大的能量将导致较大的植入深度。

[0024] 须知在两种系统中,供应给处理室的气体用以产生将植入晶圆的离子。传统上,这些气体包括例如氢、氩、氧、氮的元素气体,或者包括但不限于二氧化碳、三氟化氮、二硼烷、三氟化磷、三氟化硼或五氟化砷等等的其他分子。

[0025] 如上所述,将离子化这些气体以产生想要的植入离子。当应用于离子源时,为了最大化特定的离子物种的产生,必须控制几个变数,其中包括来源气体流量、电弧电流、离子源材料、侧壁温度以及其他的变数。同样地,当应用于等离子植入时,将利用因子(factors)在晶圆区域上产生均匀的带电物种。修改例如等离子源天线设计、压力、功率、标靶的偏压电压、侧壁/标靶温度以及其他的因子以便产生想要的离子分布。

[0026] 尚未予以完整地利用的一个因子是控制进来的来源气体的特性。如上所述,将根据应用而使用不同类型的气体。然而,一旦选定气体,就不对此来源气体作其他的修改。藉由变更来源气体的特性来控制离子物种的成分及其空间分布是有益的。

发明内容

[0027] 本发明解决现有技术的问题,其内容说明利用变化气体(altered gas)及/或原子气体注入的离子源。当应用于离子束时,可直接使用来源气体,如同传统的供应方式。另一方面或除此之外,可在引导来源气体至离子源处理室之前藉由使其通过远端等离子源(remote plasma source)而予以变换。这可用以产生受激中性粒子(neutrals),因而可提供用以产生特定的原子离子、重离子、亚稳态分子(metastable molecules)或多价离子的有利的离子源条件。在另一实施例中,使用多样的气体,其中一种或多种气体通过远端等离子产生器(remote plasma generator)。在某些实施例中,气体在供应给离子源处理室之前先在单一等离子产生器中组合。

[0028] 当应用于等离子浸没时,等离子经由一个或多个额外的气体注入位置(gas injection locations)注入处理室。这些注入位置容许流入处理室外部的远端等离子源所产生的额外分子。

附图说明

[0029] 图1是已知的一种应用于离子束的离子源的示意图。

[0030] 图2是图1的离子源的主要元件的示意图。

[0031] 图3是一种等离子浸没系统的示意图。

[0032] 图4是依照本发明的第一实施例的一种应用于离子束的气体注入系统的示意图。

[0033] 图5是依照本发明的第二实施例的一种应用于离子束的气体注入系统的示意图。

[0034] 图6是依照本发明的第三实施例的一种应用于离子束的气体注入系统的示意图。

[0035] 图7是依照本发明的第四实施例的一种应用于离子束的气体注入系统的示意图。

[0036] 图8是依照本发明的一实施例的一种用于等离子浸没系统的气体注入系统的示意图。

[0037] 图9是图8的气体注入系统的第二视图。

具体实施方式

[0038] 图4显示应用于离子束的气体注入系统的第一实施例。传统上,气源40直接与

离子源处理室 14 交流。然而,图 4 显示依照第一实施例的气体注入系统的元件。在这实施例中,气源 40 可与质量流量控制器 (MFC) 220 交流。质量流量控制器 (MFC) 负责调节气源 40 的气体流量至想要的流量速率。质量流量控制器 (MFC) 的输出与可调节式旁通阀 (adjustable bypass valve) 210 及远端等离子源 200 交流。然后可调节式旁通阀 210 及远端等离子源 200 的输出合并在一起且与离子源处理室 14 交流。

[0039] 远端等离子源 200 可以是任何适合的类型。然而,最好是对于高密度等离子及 / 或受激中性粒子物种产生能力具有广泛操作范围的等离子源。在一实施例中,使用其操作压力介于 10^{-6} 托 (Torr) 与 10^{-1} 托 (Torr) 之间的微波等离子源 (电子回旋加速器共振类型) 来产生高密度、高度电离物种及 / 或高度受激中性粒子物种。在第二实施例中,使用其操作压力介于 10^{-1} 托 (Torr) 与大气压力之间的微波等离子源 (例如 MKS Instruments 公司所制造的 **ASTRON®**) 来产生分解或受激的中性粒子。在其他的实施例中,第二旁热式阴极 (IHC) 离子源用以产生将供应给离子源 14 的较重的中性粒子及离子化物种。在其他的实施例中,可使用螺旋等离子源 (helicon source)、电感式耦合等离子 (inductively-coupled plasma, ICP) 源、电容式耦合等离子源 (capacitively-coupled plasma source)、中空阴极 (hollow cathode, HC) 等离子源或基于灯丝的等离子源 (filament-based plasma source)。术语“远端等离子源”意指包含任何能够将分子转换成变化状态 (altered state) 的装置。变化状态不只包括等离子,也包括离子、受激中性粒子以及亚稳态分子。众所周知,离子只是带有电荷的原子或分子,例如 BF_2^+ 。与原子或分子有关的受激中性粒子在电性上仍然是中性粒子。然而,这些原子或分子具有一个或多个处于受激能量状态的电子。最后,可产生与分子组态有关的亚稳态分子,例如四氟化二硼 (B_2F_4) 或五氟化四硼 (B_4F_5)。然而,这些分子无法长时间保持那些组态,因为它们很可能重新组合或分解成更常见的分子组态。这些变化状态的每一状态:等离子、离子、受激中性粒子以及亚稳态分子都有其重要性。因此,远端等离子产生器未必需要实际产生等离子作为其输出。

[0040] 当启用远端等离子源 200 时,气源 40 的分子将通过质量流量控制器 (MFC) 220 且进入等离子源。来源气体可根据远端等离子源的类型及其操作参数予以变换。在某些例子中,来源气体用以产生受激中性粒子、亚稳态分子或离子态分子。在其他的例子中,来源气体分解成原子及 / 或较小的分子物种。在另外的实施例中,将组合来源气体以产生较重的分子或亚稳态分子。

[0041] 若特定物种的最大萃取电流必需的,则可照着调整来源气体注入以便最佳化 (或最大化) 离子源处理室 14 的此特定离子的浓度。例如,以低压力及高功率操作远端等离子源可促进受激中性粒子的产生。当这些受激中性粒子进入离子源处理室 14 时,将强化单原子离子及 / 或多价离子的产生,因而增加单原子离子及 / 或多价离子电流的萃取。

[0042] 例如,一般供应像是三氟化硼的来源气体给离子源处理室。旁热式阴极离子化这气体,藉以产生多样的离子物种,例如 BF_2^+ 、 BF^+ 、 F^+ 、 B_xF_y^+ 以及 B^+ 。在本发明中,供应此来源气体给最好以高功率及低压力操作的远端等离子源。这远端等离子源接着产生受激分解的中性粒子或各种分解的离子化物种。然后供应这些多样物种给离子源处理室 14。因为已经修改所供应的气体的成分及能阶 (energy levels),所以离子源的输出同样受影响,因而产生更多特定种类的离子。在这例子中,将产生更小的离子物种,例如 B^+ 及 BF^+ 。

[0043] 在其他的实施例中,想要产生较重的离子,例如二聚物 (dimers)、三聚物

(trimers) 或四聚物 (tetramers)。可能以极高的压力操作远端等离子源, 藉以使分子组合成较重的中性粒子物种或亚稳态分子。然后供应这些受激重分子及亚稳态分子给离子源处理室 14。

[0044] 例如, 一般供应像是砷及磷的来源气体给离子源处理室 14。为了产生较重的物种, 必须以低功率操作离子源处理室, 并且所输出的电流通常相当小。依照一实施例, 可供应这些来源气体给其操作压力远高于用以产生单原子物种的压力的远端等离子源 200, 以便产生这些较重的中性粒子物种, 例如 As₂、As₃、P₂、P₃ 以及 P₄。然后供应这些较重的物种给离子源处理室 14, 并且在此予以离子化及萃取成离子束。因为藉由使用远端等离子源来增加较重的物种的浓度, 所以得到的离子束拥有较大的电流。

[0045] 虽然上述说明只强调使用远端等离子源 200, 但是本发明并未局限于这实施例。使用可调节式旁通阀 210 容许混合分子来源气体与来自远端等离子源 200 的输出。可调整混合结果以便能够精密地控制分子来源气体与远端等离子源的输出的比例而达成想要的效果。

[0046] 图 5 显示气体注入系统的第二实施例, 可与图 2 的离子源处理室一起使用。在这实施例中, 两种不同的来源气体分别与各自的质量流量控制器 (MFC) 320、325 交流。这些质量流量控制器 (MFCs) 320、325 分别与远端等离子源 300、305 以及可调节式旁通阀 310、315 交流。藉由使用质量流量控制器 (MFCs) 可控制每一种来源气体的流量速率。此外, 藉由使用可调节式旁通阀可单独针对每一种来源气体变更注入的分子来源气体与处于变化状态的来源气体的比例。此外, 藉由复制图 5 所示的结构可利用多于两种来源气体。最后, 图 5 显示容许注入来源气体 A、受激的来源气体 A、来源气体 B 以及受激的来源气体 B 的完全弹性的系统。每一种都能以变动数量供应, 其中每一个流量速率与其他的速率完全无关。然而, 所显示的元件并非全部都是必需的。例如, 假设在特定的实施例中, 只有来源气体 A 与来源气体 B 的两状态是必需的。在这种情况下, 有可能排除远端等离子源 300 及可调节式旁通阀 310。另一方面, 若来源气体 B 只有在其受激状态是必需的, 则可排除可调节式旁通阀 315。

[0047] 在某些实施例中, 两种个别的来源气体容许特殊化元件。例如, 可提供一种来源气体、旁通阀以及远端等离子源给 n 型掺杂物, 同时提供第二组元件给 p 型掺杂物以避免潜在的交互污染及 / 或改善服务能力 (serviceability)。

[0048] 图 6 显示适合与图 2 的离子源处理室 14 一起使用的另一实施例。在这实施例中, 利用共同的远端等离子源 330 可使两种来源气体流入单一等离子源。两种来源气体 (可以是元素或化合物气体) 的这种刻意反应可用以产生将注入离子源处理室 14 的新化合物气体。

[0049] 藉由这么做, 可产生想要的分子, 其取得方式为在来源区域及 / 或远端等离子区域的真空环境内组合多种不同的气体。换言之, 使不同的气体进入真空环境或等离子处理室, 以便能够反应产生想要的分子。这些分子可能有助于特定的目的, 例如植入、沉积或用于清洗。可修改分子的形成, 其方式为藉由各种控制机制 (例如磁场、流量、压力或电场及 / 或属性) 来操控等离子条件以产生想要的效果。因此, 可实现新分子或强化分子的形成且在制程中直接予以利用。这种情况的一个例子是使用两种来源气体引导氢化物及氟化物, 然后两者将组合以产生氟化氢 (HF), 这是更常见的分子之一。

[0050] 加入多样的气体及操控处理室内反应的条件可容许修改分子的形成, 否则这些分子可能是不稳定的、有毒的、自燃的、危险的或具有使其不方便储存及散装运输的其他特性。因此, 在这实施例中, 只有为了使用的目的以及想达成的效果才产生这些分子。

[0051] 再次, 如上所述, 图 6 所示的元件不需要全部出现。例如, 若来源气体 A 及来源气体 B 仅受激于组合状态, 则不需要包括个别的远端等离子源 300、305。另一方面, 若不需要注入来源气体之一的分子形式, 则可排除相对应的旁通阀。

[0052] 远端等离子源 300、305、330 与离子源处理室 14 之间的路径长度是重要的考量。万一经过的路径太长, 任何亚稳态、受激或分解的物种可能在进入离子源处理室 14 之前重新组合。可运用几种技术最小化存在于远端等离子源的物种重新组合。在某些实施例中, 最小化远端等离子源与离子源处理室之间的实际距离。在其他的实施例中, 利用局部磁性禁闭架构 (localized magnetic confinement scheme) 以便能够运送充满能量的电子及离子到离子源处理室。在另外的实施例中, 利用位于远端等离子源的输出附近的孔口 (orifice) 针对不同的操作条件提供必要的压力差。

[0053] 图 4 至图 6 的气体注入系统主要想与离子束系统的现存的离子源结合使用。因此, 气体注入系统用以在气体进入离子源处理室 14 之前予以变换气体。由此, 所注入的气体可依据能量、组态以及分解而处于不同的中性条件, 这是因为接着将使用离子源来离子化进入的气体。

[0054] 图 7 显示应用于离子束的另一实施例。在这实施例中, 称为前室 (antechamber) 400 的第二处理室用以在来源气体进入离子源处理室 14 之前予以激发。来自一个或多个气源 40 的气体进入前室 400。前室 400 可具有旁热式阴极 420, 并且具有位于其一末端的灯丝 430 及位于其另一末端的斥拒极 460。虽然图 7 显示斥拒极 460 位于前室的左端且斥拒极 60 位于离子源的右端, 然而未必要这样。例如, 前室的斥拒极 460 与离子源的斥拒极 60 可位于其各自的处理室的同一边。若前室与离子源处理室如图 7 所示排列成一线, 则相同的源磁铁 86 (用以禁闭电子及离子于离子源处理室 14 内) 也可用以在前室 400 中提供相同的功能。

[0055] 如上所述, 气体流入前室 400, 在此予以处理而形成受激中性粒子及某些离子。然后这些受激分子经由位于前室的顶端的小开口或洞 450 进入离子源处理室 14。须知在这实施例中, 前室的顶端也当作离子源处理室 14 的底部。因此, 受激、分解及 / 或较重的中性粒子在前室 400 中予以处理之后将进入离子源处理室 14。并且, 因为电场与离子源处理室 14 及前室 400 平行, 所以可使用一般的磁场 (例如源磁铁 86 所产生的磁场) 来禁闭离子源操作所需要的电子于两处理室内。

[0056] 在某些实施例中, 连接前室与离子源处理室 14 的洞 450 极小, 例如 0.5 毫米 (mm)。以这种方式, 前室 400 的压力可明显不同于离子源处理室的压力。如上所述, 藉由产生远端等离子源可最佳化想要的物种的形成。例如, 为了产生较重的物种及亚稳态物种, 前室的压力保持远高于离子源处理室 14 的压力, 例如大约 100-500 毫托 (mTorr)。这样能产生较重的受激中性粒子物种, 例如 P2 及 P4。然后这些分子容许经由连接处理室的小洞进入离子源处理室 14 予以离子化。

[0057] 另一方面, 高功率及低压力用以产生单原子的物种。例如, 可供应三氟化硼给前室 400。前室 400 的阴极 420 用以使气体碎裂成多种离子物种及受激中性粒子。然后这些物

种进入离子源处理室,在萃取成离子束之前予以进一步碎裂。藉由预先处理气体,将增加例如 B⁺ 的特定带电离子的浓度,导致特定物种的离子束电流变大。

[0058] 虽然上述说明利用旁热式阴极 (IHC) 离子源作为前室,然而也可使用其他类型的等离子源来产生前室。例如,也可使用传统的 Bernas 式离子源、中空阴极式离子源或基于灯丝的离子源。在其他的实施例中,可使用如同稍早所说明的其他类型的等离子源。

[0059] 在其他的实施例中,利用等离子浸没来执行离子植入。同样地,变化来源气体注入也可用于等离子浸没植入。如图 3 所示,来源气体经由靠近容积顶端的导管 (conduit) 进入处理室 102。然后利用天线 (平面天线 126、螺旋天线 146) 予以转换成等离子,并且在晶圆上扩散。气挡板 170 用以在处理室 102 内较均匀地散布等离子。对于这些植入应用,控制等离子均匀度及沉积图案对达成可接受的植入均匀度而言是很关键的。然而,源自等离子产生及等离子禁闭的不对称使得对于某些应用难以达成这目标,特别是对于低能量的应用。此外,不对称的抽气 (pumping) 可能使系统增加额外的不均匀度。

[0060] 为了补偿这均匀度,可将气体注入位置 510 加入处理室 102。图 8 显示几个远端等离子源 500 的加入。这些远端等离子源可以是参考离子束植入系统的上述类型。每一个远端等离子源接收来源气体 (例如来自中央储存器 (central reservoir))。然后变换这气体以产生等离子、离子、受激中性粒子以及亚稳态分子。如上所述,根据想要的特定物种,可使用不同的压力及功率准位 (power level) 来产生不同的特性。然后可将这些变化状态注入处理室 102。在图 8 中,显示四个侧边注入位置。然而,这只是一个实施例;也可提供更多或更少的注入位置。须知较佳的注入位置是沿着处理室 102 的侧边,靠近平面天线 126,如图 9 所示。这容许平面天线 126 有效地激发所注入的气体成为等离子,藉以帮助改善工件上的均匀度。在某些实施例中,受激气体流入每一个气体注入位置的速率是相同的,并且只调整每一个远端等离子源 500 的功率。然而,若想要不对称的气体注入,则质量流量控制器 (MFC) 可位于来源气体储存器与每一个远端等离子源 500 之间。由此,可改善处理室内等离子均匀度及中性粒子的均匀度。

[0061] 虽然图 8 显示远端等离子源的输出直接与注入位置交流,但是本发明未必要这样。例如,可使用图 4 至图 6 所示的任何组态与图 8 的系统结合。换言之,可供应来源气体与变化分子 (altered molecules) 的混合物 (如图 4 所示) 给一个或多个注入位置。同样地,也可供应两种气体与其变化形式的混合物 (如图 5 所示) 给多个注入位置之一。最后,也可使用图 6 所示的组态来供应气体给一个或多个注入位置。可对每一个注入位置复制这些组态的元件。另一方面,可分配一组此种元件给两个或更多个注入位置。

[0062] 在另一实施例中,如图 9 所示,将供应来自远端等离子源 500e 的分子给位于处理室 102 的顶端的气体注入位置 520。使用远端等离子源预先处理气体可用以补偿等离子源及 / 或禁闭所导致的基本不对称。远端等离子源 500e 供应气体给这个注入位置。这个远端等离子源可以是任何适合的装置,例如上述那些装置。

[0063] 在操作上,气源 104 供应多种气体之一给一个或多个远端等离子源 500。如上所述,这些远端等离子源激发来源气体。然后使变化气体经由注入位置 510 进入等离子处理室 102。在某些实施例中,每一个注入位置必须有不同的速率流量,因而每一个注入位置使用各自的质量流量控制器 (MFC)。在某些实施例中,要供应给注入位置的变化气体是相同的,因此只使用一个远端等离子源来供应气体给所有的注入位置,其中每一个位置的流量

速率受到单独的质量流量控制器 (MFC) 控制。在其他的实施例中,要供应给每一个注入位置的变化气体可以是不同的。例如,最好能在等离子处理室 102 的外缘附近注入较重的物种,这是因为这些物种无法像较轻的离子一样迅速地扩散。在这种情况下,可使用多于一个远端等离子源 500。

[0064] 虽然本发明已经说明上述特定实施例,但是任何所属技术领域普通技术人员将明了可作许多变更及修改。

[0065] 因此,所提及的实施例想要显示而非限制本发明。在不脱离本发明的精神的情况下当可实现各种实施例。

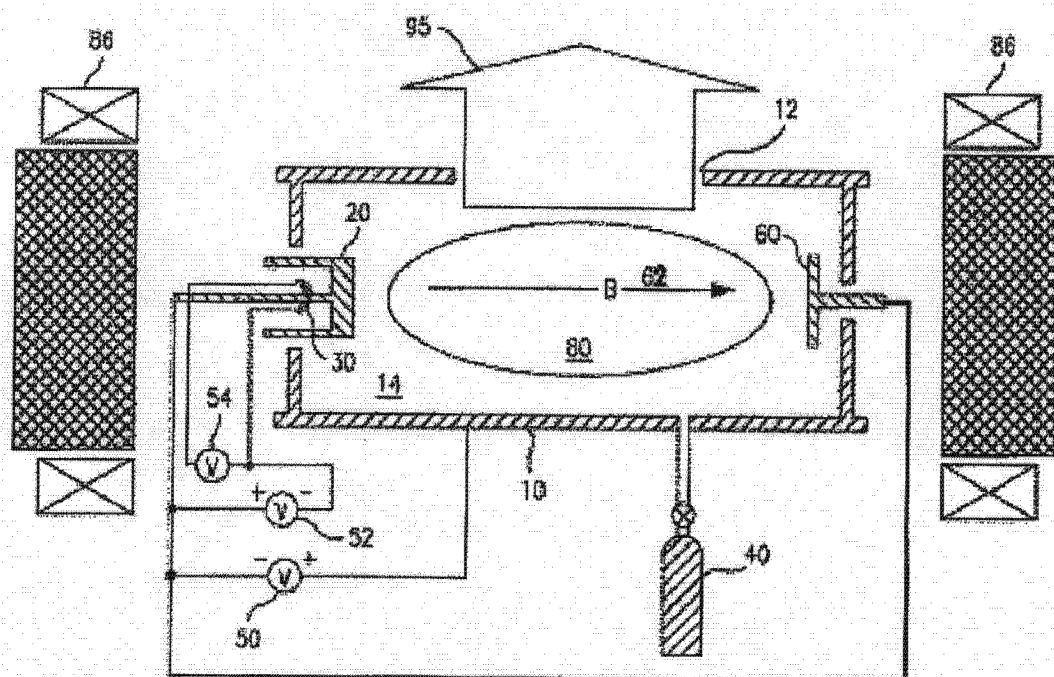


图 1

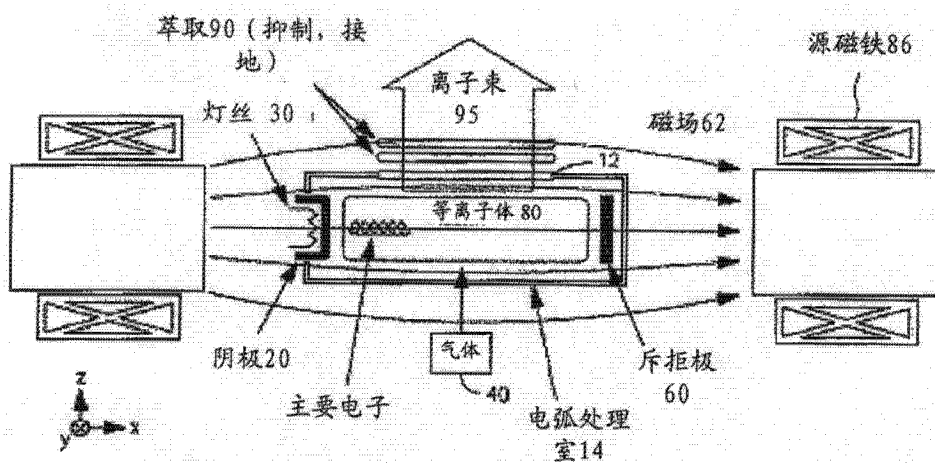


图 2

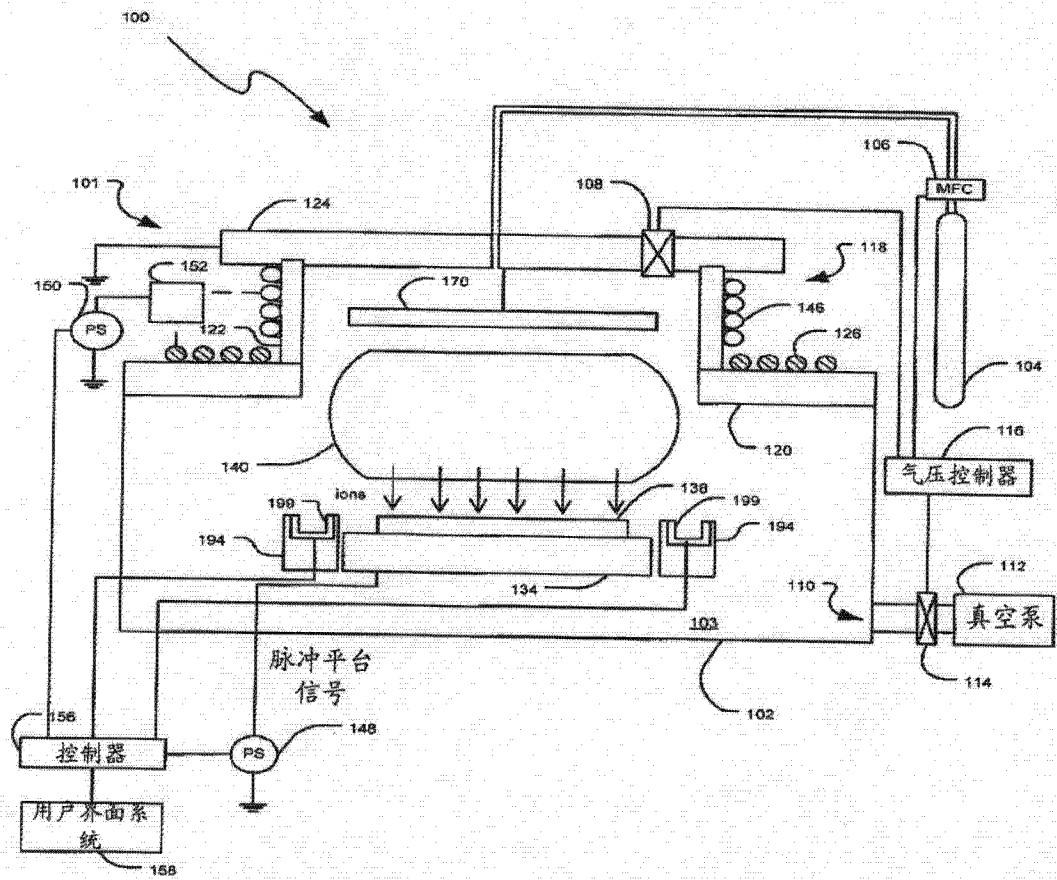


图 3

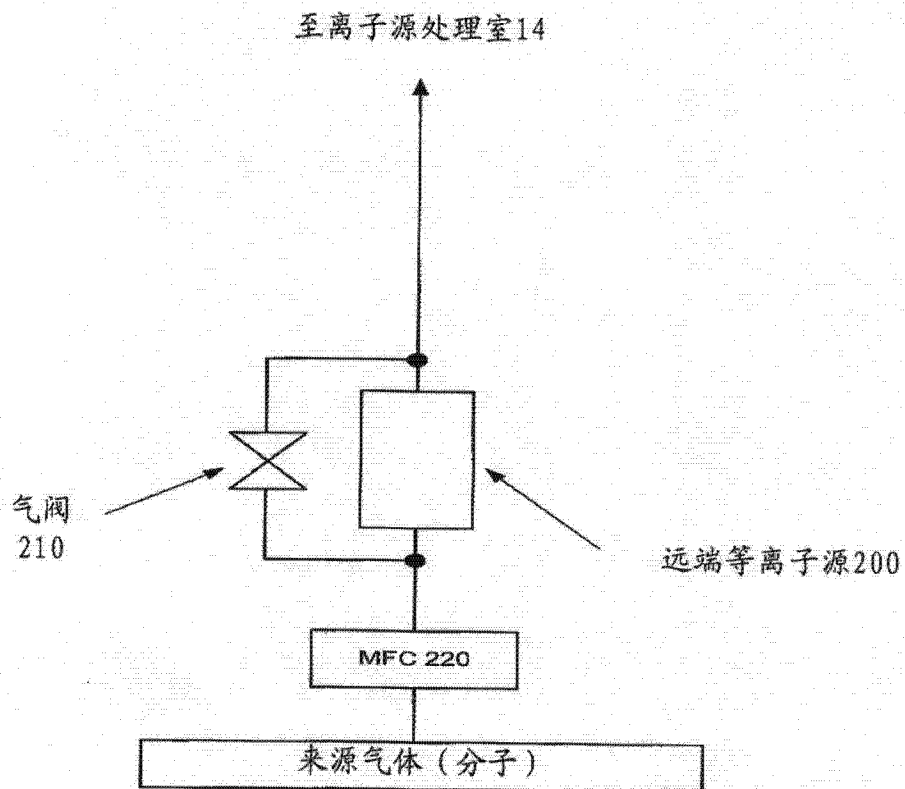


图 4

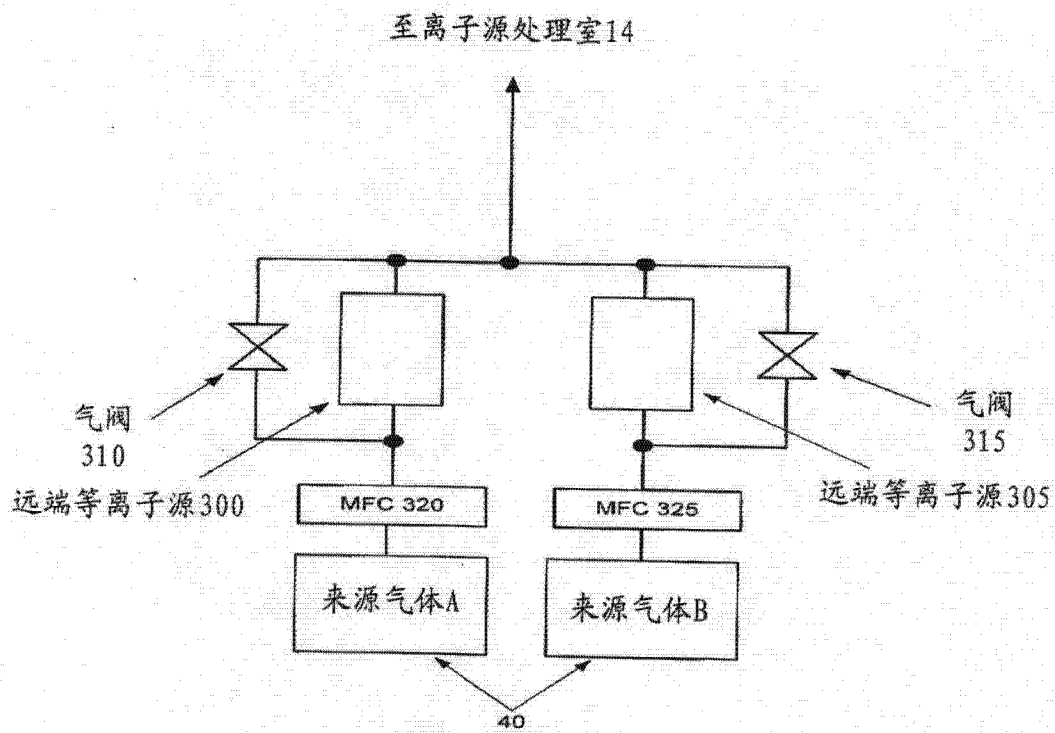


图 5

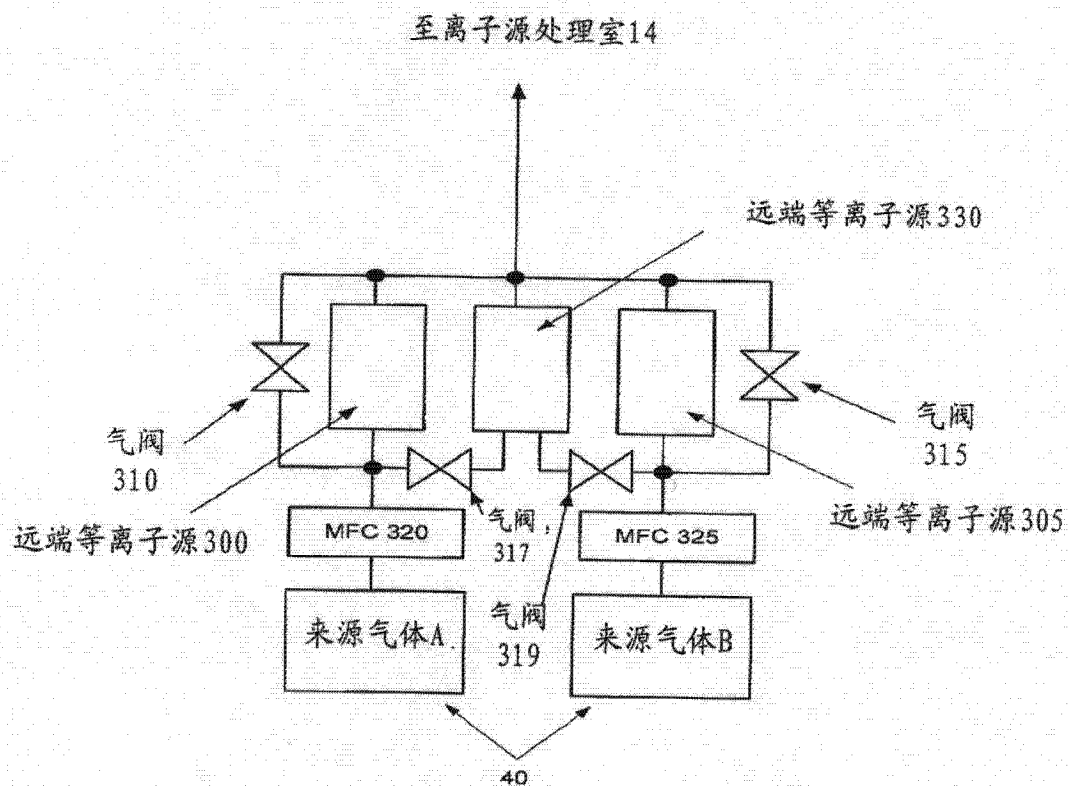


图 6

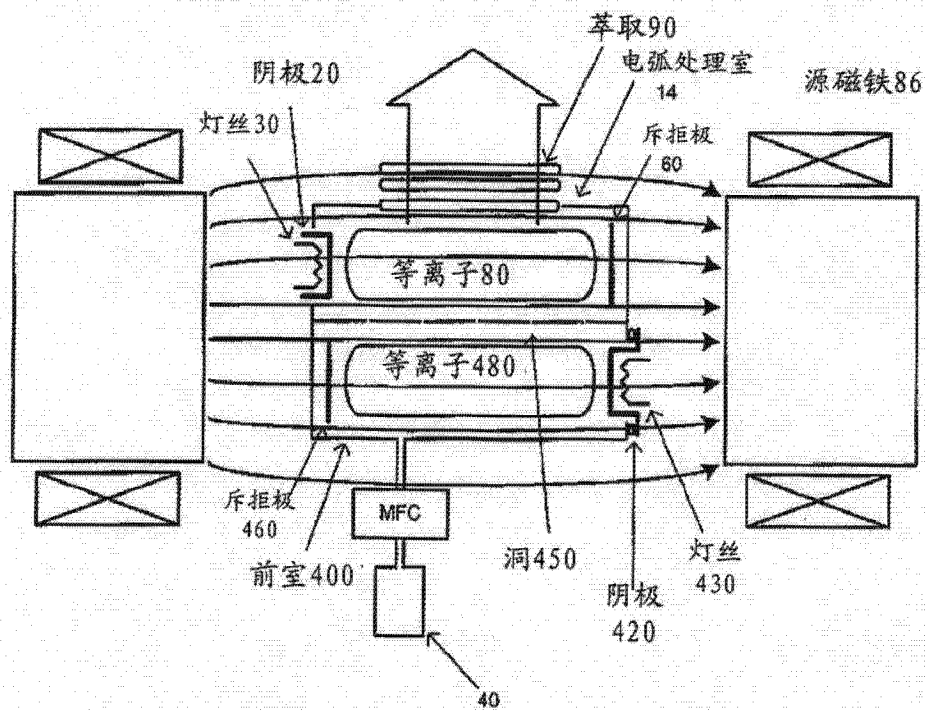


图 7

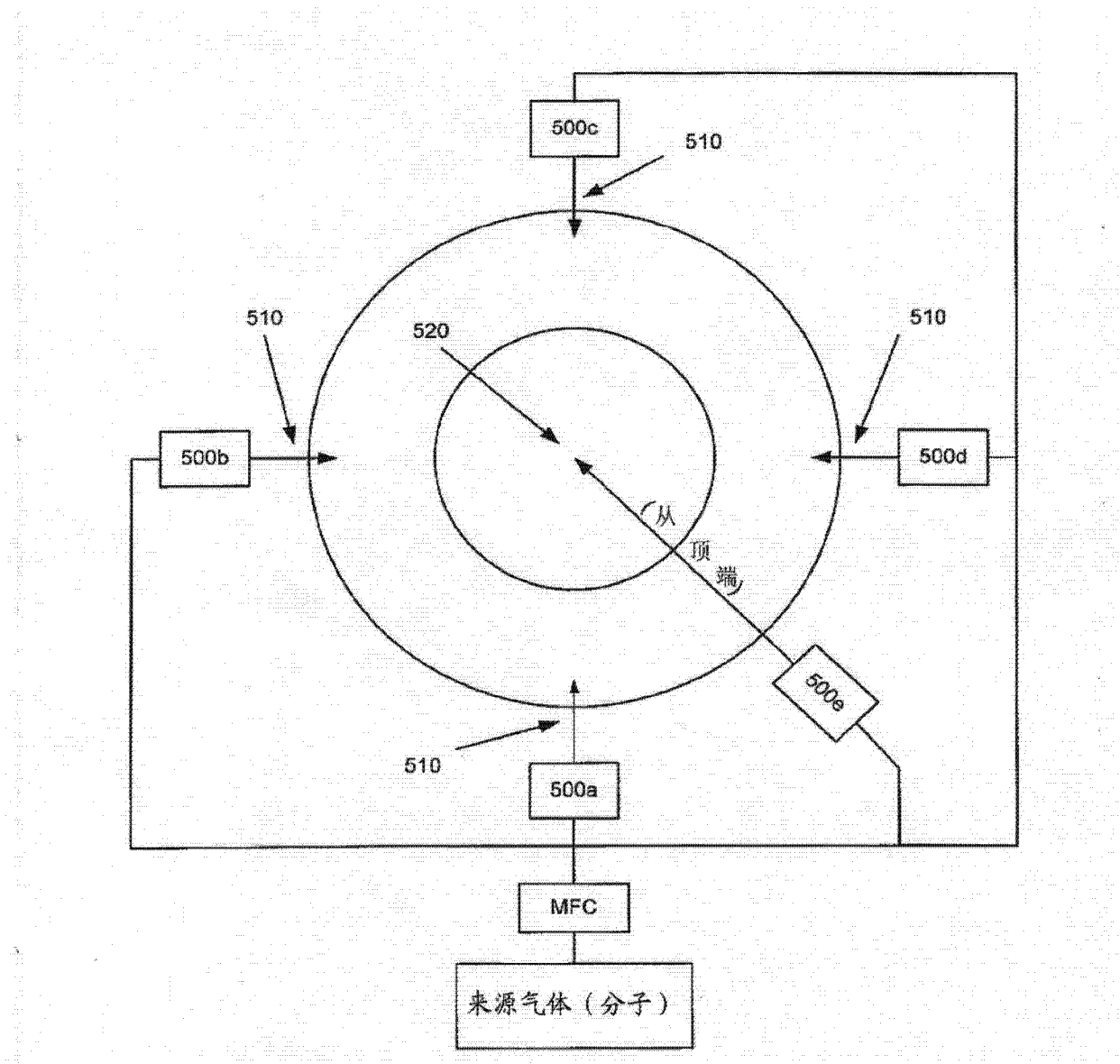


图 8

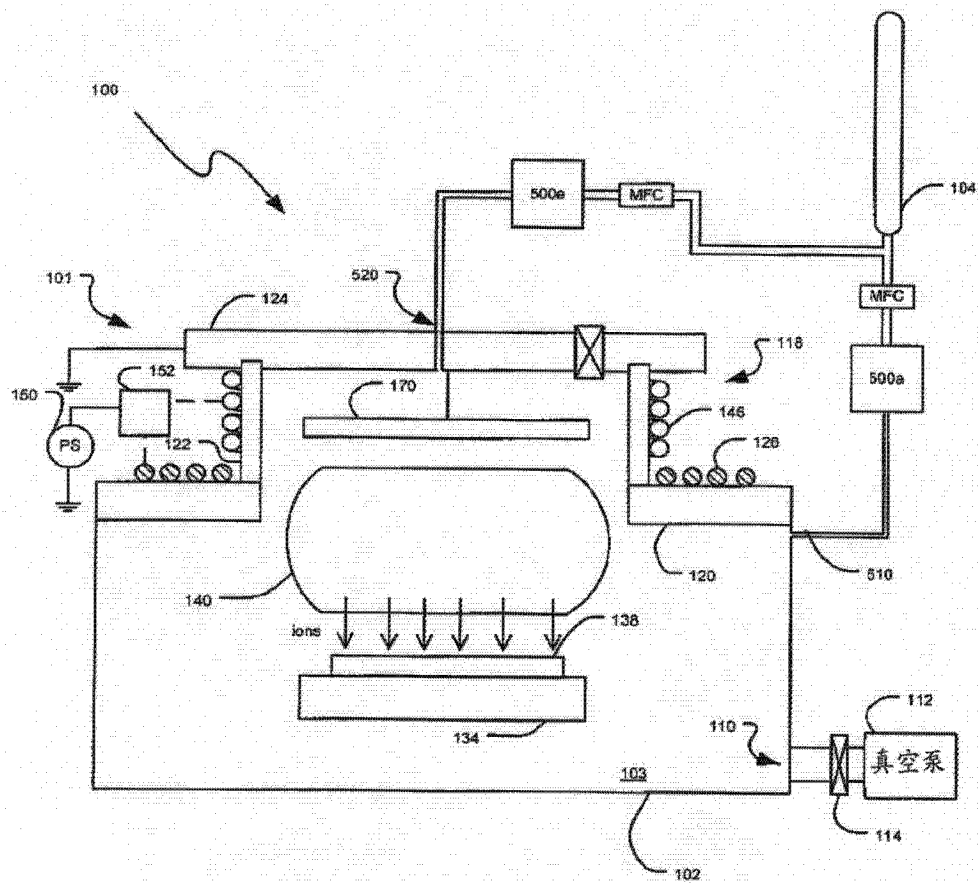


图 9