



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103053011 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 17

(21) 申请号 201180037768. 0

安德鲁·D·贝利三世

(22) 申请日 2011. 06. 22

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

(30) 优先权数据

代理人 李献忠

12/850, 559 2010. 08. 04 US

(51) Int. Cl.

(85) PCT申请进入国家阶段日

H01L 21/205(2006. 01)

2013. 01. 31

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/041524 2011. 06. 22

(87) PCT申请的公布数据

W02012/018449 EN 2012. 02. 09

(71) 申请人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 拉金德尔·德辛德萨

阿列克谢·马拉哈托夫

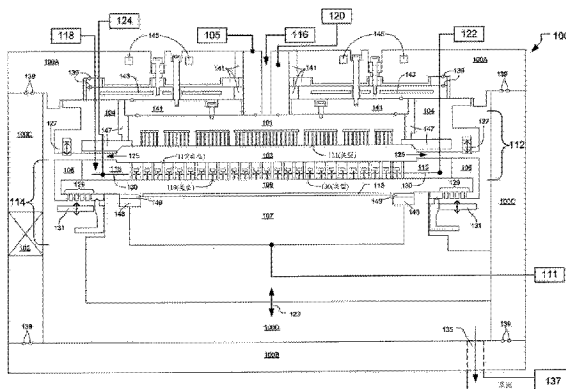
权利要求书 4 页 说明书 13 页 附图 9 页

(54) 发明名称

用于中性粒子 / 离子流通量控制的双等离子体容积处理装置

(57) 摘要

一种半导体晶片处理装置包括暴露于第一等离子体产生容积的第一电极、暴露于第二等离子体产生容积的第二电极以及布置在所述第一和第二等离子体产生容积之间的气体分配单元。所述第一电极被限定为将射频(RF)功率传送到第一等离子体产生容积并且将第一等离子体处理气体分配到第一等离子体产生容积。第二电极被限定为将 RF 功率传送到第二等离子体容积, 并且保持暴露于第二等离子体产生容积的衬底。气体分配单元包括被限定为将第一等离子体产生容积与第二等离子体产生容积流体连接的通孔布置。气体分配单元还包括被限定为将第二等离子体处理气体分配到第二等离子体产生容积的气体供给端口布置。



1. 一种半导体晶片处理装置,其包括:

暴露于第一等离子体产生容积的第一电极,所述第一电极被限定为将射频(RF)功率传送到所述第一等离子体产生容积,所述第一电极被进一步限定为将第一等离子体处理气体分配到所述第一等离子体产生容积;

暴露于第二等离子体产生容积的第二电极,所述第二电极被限定为将 RF 功率传送到所述第二等离子体产生容积,所述第二电极被进一步限定为保持暴露于所述第二等离子体产生容积的衬底;以及

气体分配单元,其布置在所述第一等离子体产生容积和所述第二等离子体产生容积之间,所述气体分配单元被限定为包括各自延伸贯通所述气体分配单元以将所述第一等离子体产生容积与所述第二等离子体产生容积流体连接的通孔布置,所述气体分配单元被进一步限定为包括被限定为将第二等离子体处理气体分配到所述第二等离子体产生容积的气体供给端口布置。

2. 如权利要求 1 所述的装置,其中,所述第一电极被限定为包括布置在朝向所述第一等离子体产生容积的多个同心径向区中的多个气体供给端口,其中每个同心径向区内的所述气体供给端口与相应的气流控制装置接通,从而独立地控制向每个同心径向区的所述第一等离子体处理气体的供给。

3. 如权利要求 1 所述的装置,其中,所述第一电极形成所述第一等离子体产生容积的上表面,并且其中,所述第二电极形成所述第二等离子体产生容积的下表面,并且其中,所述气体分配单元被限定为被形成为将所述第一等离子体产生容积与所述第二等离子体产生容积分离的板,使得所述板的上表面提供所述第一等离子体产生容积的下边界,并且使得所述板的下表面提供所述第二等离子体产生容积的上边界,其中每个所述通孔从所述板的所述上表面延伸贯通到所述板的所述下表面。

4. 如权利要求 3 所述的装置,其中,所述板包括内部气体供给通道,所述内部气体供给通道与限定在所述板的所述下表面上的所述气体供给端口布置流体连接以将所述第二等离子体处理气体分配到所述第二等离子体产生容积。

5. 如权利要求 4 所述的装置,其中,所述气体供给通道被限定为将所述气体供给端口布置流体分离成跨越所述板的所述下表面的多个同心区域,以便独立地控制所述第二等离子体处理气体到所述多个同心区域中的每个同心区域内的所述气体供给端口的流率。

6. 如权利要求 1 所述的装置,其中,所述气体分配单元是由导电材料形成的并且与基准地电位电连接以使所述气体分配单元为所述第一和第二等离子体产生容积两者提供接地电极。

7. 如权利要求 1 所述的装置,其中,所述第一电极电连接至第一 RF 功率源,并且其中,所述第二电极电连接至与所述第一 RF 功率源分离的第二 RF 功率源。

8. 如权利要求 1 所述的装置,其中,所述第二电极被限定为通过静电吸引来保持所述衬底。

9. 如权利要求 1 所述的装置,其中,所述第二电极能够沿朝向和远离所述气体分配单元的方向移动以便提供对延伸跨过所述第二等离子体产生容积的与所述第二电极和所述气体分配单元两者均垂直的距离的控制。

10. 如权利要求 1 所述的装置,其中,所述第一等离子体产生容积被限定为通过排放通

道来排放,所述排放通道被限定为在所述第一电极的径向周边外部和所述气体分配单元的径向周边外部环绕所述第一等离子体产生容积,所述半导体晶片处理装置进一步包括压力节气环,所述压力节气环被限定为在所述排放通道内移动以调节来自所述第一等离子体产生容积的通过所述排放通道的气流。

11. 如权利要求 10 所述的装置,其进一步包括:

压力测量装置,其被设置为测量所述第一等离子体产生容积内的压力;以及

反馈控制机构,其被限定为基于由所述压力测量装置获得的所述第一等离子体产生容积内的测量压力来控制所述排放通道内的所述压力节气环的位置。

12. 如权利要求 1 所述的装置,其中,所述第二等离子体产生容积被限定为通过成组的带槽通道排放,所述成组的带槽通道被限定为在所述第二电极的径向周边外部和所述气体分配单元的径向周边外部环绕所述第二等离子体产生容积,所述半导体晶片处理装置进一步包括压力控制环,所述压力控制环被限定为当抵靠所述成组的带槽通道放置时覆盖所述成组的带槽通道,所述压力控制环被限定朝向和远离所述成组的带槽通道移动以调节来自所述第二等离子体产生容积的通过所述成组的带槽通道的气流。

13. 如权利要求 12 所述的装置,其进一步包括:

压力测量装置,其被布置为测量所述第二等离子体产生容积内的压力;以及

反馈控制机构,其被限定为基于由所述压力测量装置获得的所述第二等离子体产生容积内的测量压力来控制所述压力控制环相对于所述成组的带槽通道的位置。

14. 如权利要求 1 所述的装置,其中,每个通孔被限定为以偏离于在所述气体分配单元的上表面和下表面之间垂直延伸的基准方向的角度从暴露于所述第一等离子体产生容积的所述气体分配单元的上表面延伸到暴露于所述第二等离子体产生容积的所述气体分配单元的下表面,其中所述角度足够大以防止在每个通孔位置处沿所述基准方向通过所述气体分配单元的不间断视线。

15. 一种用于半导体晶片处理的系统,其包括:

室,其被限定为具有内腔和排放口,所述排放口提供所述内腔与排放泵的流体连接;

双等离子体处理装置,其被布置在所述室的所述内腔内并且包括,

上方等离子体室,其包括上方等离子体产生容积,

喷头电极,其限定在所述上方等离子体产生容积上方以将第一等离子体处理气体和射频(RF)功率供给到所述上方等离子体产生容积,

下方等离子体室,其包括下方等离子体产生容积,以及

气体分配单元,其布置在所述上方等离子体产生容积和所述下方等离子体产生容积之间,所述气体分配单元被限定为将第二等离子体处理气体供给到所述下方等离子体产生容积,所述气体分配单元被进一步限定为提供所述上方等离子体产生容积和所述下方等离子体产生容积之间的受控流体连通;以及

卡盘,其布置在所述室的所述内腔内所述下方等离子体产生容积的下方,所述卡盘被限定为保持暴露于所述下方等离子体产生容积的衬底,所述卡盘被进一步限定为将 RF 功率供给到所述下方等离子体产生容积,

其中,所述上方等离子体室和所述下方等离子体室中的每个均被相应地限定为将所述上方等离子体产生容积和所述下方等离子体产生容积排放到所述室的所述内腔中。

16. 如权利要求 15 所述的系统,其中,所述气体分配单元是由导电材料形成的并且与基准地电位电连接以使所述气体分配单元用作所述上方等离子体室和所述下方等离子体室两者的接地电极。

17. 如权利要求 15 所述的系统,其中,所述气体分配单元包括形成为从朝向所述上方等离子体产生容积的所述气体分配单元的上表面延伸到朝向所述下方等离子体产生容积的所述气体分配单元的下表面的通孔布置以提供所述上方等离子体产生容积和所述下方等离子体产生容积之间的所述受控流体连通。

18. 如权利要求 15 所述的系统,其中,所述卡盘能够朝向和远离所述气体分配单元的方向移动以提供对所述卡盘和所述气体分配单元之间的跨过所述下方等离子体产生容积垂直延伸的距离的控制。

19. 如权利要求 15 所述的系统,其中,所述上方等离子体室被限定为通过排放通道排放所述上方等离子体产生容积,所述排放通道被限定为在所述喷头电极的径向周边外部和所述气体分配单元的径向周边外部环绕所述上方等离子体产生容积,所述系统进一步包括压力节气环,所述压力节气环被限定为在所述排放通道内移动以调节来自所述上方等离子体产生容积的通过所述排放通道的气流。

20. 如权利要求 15 所述的系统,其中,所述下方等离子体产生容积被限定为通过成组的带槽通道来排放所述下方等离子体产生容积,所述成组的带槽通道被限定为在所述卡盘的径向周边外部和所述气体分配单元的径向周边外部环绕所述下方等离子体产生容积,所述系统进一步包括压力控制环,所述压力控制环被限定为当抵靠所述成组的带槽通道放置时覆盖所述成组的带槽通道,所述压力控制环被限定为朝向和远离所述成组的带槽通道移动以调节来自所述下方等离子体产生容积的通过所述成组的带槽通道的气流。

21. 如权利要求 15 所述的系统,其进一步包括:

第一 RF 功率源,其电连接以通过所述喷头电极将 RF 功率供给到所述上方等离子体产生容积;

第二 RF 功率源,其电连接以通过所述卡盘将 RF 功率供给到所述下方等离子体产生容积,其中所述第二 RF 功率源独立于所述第一 RF 功率源;

第一等离子体处理气体供给源,其与所述喷头电极流体连接;以及

第二等离子体处理气体供给源,其与所述气体分配单元流体连接,其中所述第一等离子体处理气体供给源和所述第二等离子体处理气体供给源中的每个均能够独立控制,使得能够独立地控制等离子体处理气体到所述上方等离子体产生容积和下方等离子体产生容积的流率。

22. 一种气体分配单元,其包括:

板,其形成为将上方等离子体产生容积与下方等离子体产生容积分离,使得所述板的上表面提供所述上方等离子体产生容积的下边界,并且使得所述板的下表面提供所述下方等离子体产生容积的上边界,其中所述板包括各自从所述板的所述上表面延伸贯通所述板到达所述板的所述下表面的通孔布置,从而将所述上方等离子体产生容积与所述下方等离子体产生容积流体连接,并且其中,所述板包括内部气体供给通道,所述内部气体供给通道与被限定在所述板的所述下表面上的气体供给端口布置流体连接以将等离子体处理气体分配到所述下方等离子体产生容积。

23. 如权利要求 22 所述的气体分配单元,其中,所述板由导电材料形成,并且其中,所述板与基准地电位电连接从而为所述上方等离子体产生容积和所述下方等离子体产生容积中的每个提供接地电极。

24. 如权利要求 22 所述的气体分配单元,其中,所述气体供给通道和气体供给端口被限定在所述通孔布置之间,使得所述等离子体处理气体被分配到所述下方等离子体产生容积而不分配到所述上方等离子体产生容积。

25. 如权利要求 22 所述的气体分配单元,其中,所述气体供给通道被限定为将所述气体供给端口布置流体分离成跨越所述板的所述下表面的多个同心区域,从而独立地控制所述等离子体处理气体到所述多个同心区域中的每个内的所述气体供给端口的流率。

26. 如权利要求 22 所述的气体分配单元,其中,每个通孔被限定为以偏离于在所述板的所述上表面和所述板的所述下表面之间垂直延伸的基准方向的角度从所述板的所述上表面延伸到所述板的所述下表面,其中所述角度足够大以防止在每个通孔位置处沿所述基准方向通过所述板的不间断视线。

27. 如权利要求 22 所述的气体分配单元,进一步包括:

盘,其被形成为布置在所述板的所述上表面上,所述盘包括延伸贯通所述盘的多种式样的孔,其中所述多种式样的孔中的每个与所述板内的不同组通孔对准,使得所述盘在所述板的所述上表面上的所述盘相对于所述板的所述上表面的特定旋转位置处的布置对应于所述多种式样的孔中的特定一个与所述板内其对应组通孔的对准,其中所述盘紧固到所述板以使得在所述盘和所述板之间存在热传导和电传导。

28. 如权利要求 27 所述的气体分配单元,其中,延伸贯通所述盘的所述多种式样的孔中的每个被限定为暴露所述板内的不同数量或不同空间式样的通孔。

29. 如权利要求 22 所述的气体分配单元,进一步包括:

中央盘和多个同心环,其被形成为以同心方式布置在所述板的所述上表面上,所述中央盘和所述多个同心环中的每个分别包括延伸贯通其中的多种式样的孔,其中所述多种式样的孔中的每个与所述板内的不同组通孔对准,使得所述中央盘和所述多个同心环中的每个在所述板的所述上表面上的相对于所述板的所述上表面的特定旋转位置处的布置对应于所述多种式样的孔中的特定一个与所述板内其对应组通孔的对准,其中所述中央盘和所述多个同心环中的每个均紧固到所述板,使得在所述板与所述中央盘和所述多个同心环中的每个之间存在热传导和电传导。

30. 如权利要求 29 所述的气体分配单元,其中,延伸贯通所述中央盘和所述多个同心环的所述多种式样的孔中的每个被限定为暴露所述板内的不同数量或不同空间式样的通孔。

31. 如权利要求 29 所述的气体分配单元,其中,所述中央盘和所述多个同心环能独立地移动到相对于所述板的所述上表面的相应旋转位置。

用于中性粒子 / 离子流通量控制的双等离子体容积处理装置

背景技术

[0001] 目前用于半导体晶片制造的等离子体处理系统依赖于非常独立的控制参数来控制输送到晶片的自由基分离、自由基流通量、离子能量和离子流通量。例如,当前的等离子体处理系统试图通过控制在存在晶片时产生的单等离子体来实现必要的自由基分离、自由基流通量、离子能量和离子流通量。不幸的是,化学离解和自由基形成与离子生产和等离子体密度结合并且通常不能协同工作以实现期望的等离子体处理条件。

[0002] 例如,在当前的等离子体处理系统中难以在同一等离子体中同时获得较高的化学离解和较低的离子密度,因为较高的化学离解需要施加较高的功率,这进而致使产生较高的离子密度。而且,在目前的等离子体处理系统中,控制参数的高的相互依赖性限制了较小的技术节点应用处理窗口和 / 或制造能力。鉴于上述情况,对于提供自由基 / 中性粒子流通量相对于离子流通量的独立控制的等离子体处理系统存在需求。

发明内容

[0003] 在一个实施例中,公开了半导体晶片处理装置。所述装置包括暴露于第一等离子体产生容积 (volume) 的第一电极。所述第一电极被限定为将射频 (RF) 功率传送到所述第一等离子体产生容积。所述第一电极被进一步限定为将第一等离子体处理气体分配到所述第一等离子体产生容积。所述装置还包括暴露于第二等离子体产生容积的第二电极。所述第二电极被限定为将 RF 功率传送到所述第二等离子体产生容积。所述第二电极被进一步限定为保持暴露于所述第二等离子体产生容积的衬底。所述装置进一步包括布置在所述第一等离子体产生容积和所述第二等离子体产生容积之间的气体分配单元。所述气体分配单元被限定为包括各自贯通所述气体分配单元以将所述第一等离子体产生容积与所述第二等离子体产生容积流体连接的通孔布置 (arrangement)。所述气体分配单元被进一步限定为包括被限定为将第二等离子体处理气体分配到所述第二等离子体产生容积的气体供给端口布置。

[0004] 在另一实施例中,公开了用于半导体晶片处理的系统。所述系统包括室,所述室被限定为具有内腔和排放口,所述排放口提供所述内腔与排放泵的流体连接。所述系统还包括布置在所述室的所述内腔内的双等离子体处理装置。所述双等离子体处理装置包括上方等离子体室,所述上方等离子体室包括上方等离子体产生容积。所述双等离子体处理装置还包括喷头电极,所述喷头电极被限定在所述上方等离子体产生容积的上方以将第一等离子体处理气体和 RF 功率供给到所述上方等离子体产生容积。所述双等离子体处理装置还包括下方等离子体室,所述下方等离子体室包括下方等离子体产生容积。所述双等离子体处理装置还包括布置在所述上方等离子体产生容积和所述下方等离子体产生容积之间的气体分配单元。所述气体分配单元被限定为将第二等离子体处理气体供给到所述下方等离子体产生容积。所述气体分配单元被进一步限定为提供所述上方等离子体产生容积和所述下方等离子体产生容积之间的受控流体连通。所述系统进一步包括卡盘,所述卡盘布置在

所述室的所述内腔内所述下方等离子体产生容积的下方。所述卡盘被限定为保持暴露于所述下方等离子体产生容积的衬底。所述卡盘被进一步限定为将 RF 功率供给到所述下方等离子体产生容积。所述上方等离子体室和所述下方等离子体室中的每个被分别限定为将所述上方等离子体产生容积和所述下方等离子体产生容积排放到所述室的所述内腔中。

[0005] 在另一实施例中,公开了气体分配单元。所述气体分配单元包括板,所述板被形成将为上方等离子体产生容积与所述下方等离子体产生容积分离。所述板的上表面提供所述上方等离子体产生容积的下边界。所述板的下表面提供所述下方等离子体产生容积的上边界。所述板包括各自从所述板的上表面到所述板的下表面贯通所述板的通孔布置,从而将所述上方等离子体产生容积与所述下方等离子体产生容积流体连接。所述板还包括内部气体供给通道,所述内部气体供给通道与被限定在所述板的下表面上的气体供给端口布置流体连接以将等离子体处理气体分配到所述下方等离子体产生容积。

[0006] 本发明的其它方案和优点将通过下面以举例的方式阐述本发明的、结合附图进行的详述而变得更加明显。

附图说明

图 1 示出了根据本发明的一个实施例的半导体晶片处理装置;

图 2 示出了根据本发明的一个实施例的喷头电极的仰视图;

图 3A 示出了根据本发明的一个实施例的气体分配单元的仰视图;

图 3B 示出了根据本发明的一个实施例的气体分配单元的俯视图;

图 3C 示出了根据本发明的一个实施例的气体供给端口的截面;

图 3D 示出了根据本发明的一个实施例的被限定为贯通气体分配单元的通孔的截面和角度;

图 4A 示出了根据本发明的一个实施例的布置在气体分配单元的上表面上的流控制板;

图 4B 示出了根据本发明的一个实施例的被定位成使得限定在其中的孔式样允许流经限定在下伏的气体分配单元内的全部通孔的流控制板的俯视图;

图 4C 示出了根据本发明的一个实施例的被定位成使得限定在其中的孔式样允许仅流经限定在下伏的气体分配单元内的有角通孔的流控制板的俯视图;

图 4D 示出了根据本发明的一个实施例的由多个同心的可旋转流控制板限定的流控制板组件的俯视图;以及

图 5 示出了根据本发明的一个实施例的具有上方等离子体和下方等离子体的图 1 的室。

具体实施方式

[0007] 在下面的说明中,为了提供对本发明的全面理解,阐述了多个具体的细节。然而,对于本领域技术人员显而易见的是,可以不通过这些具体细节中的一些或全部来实施本发明。在其它情形下,为了避免不必要地使本发明变得不清楚,未详细描述公知的处理操作。

[0008] 本文公开了一种半导体晶片处理装置,其使中性物质上自由基产生与等离子体内的离子产生能解耦,使得在半导体晶片处理过程中能够相对于带电的离子物质独立地控制

自由基 / 中性物质。该装置包括上方(即,下游)等离子体产生容积,在该上方等离子体产生容积中无需涉及相关的离子产生来产生自由基 / 中性物质。该装置还包括下方等离子体产生容积,在下方等离子体产生容积内产生暴露于衬底(即,晶片)的适当离子密度的分离的等离子体。上方等离子体产生容积内的自由基 / 中性物质以受控的方式流过气体分配单元而到达下方等离子体产生容积,从而提供用于晶片处理的自由基 / 中性物质成分。

[0009] 允许自由基 / 中性物质从上方等离子体产生容积行进通过将上方和下方等离子体产生容积分离的气体分配单元而到达下方等离子体产生容积。然而,通过气体分配单元来防止在上方等离子体产生容积内产生的离子行进到下方等离子体产生容积中。因此,气体分配单元用作离子过滤器。从上方等离子体产生容积贡献的自由基 / 中性物质用于下方等离子体产生容积中的晶片处理。在下方等离子体产生容积内产生的离子表示用于晶片处理的带电物质。

[0010] 上方和下方等离子体产生容积能够独立控制,使得贡献用于晶片处理的自由基 / 中性粒子流通量独立于暴露于晶片而产生的电离等离子体而产生。因此,本文公开的装置的上方和下方等离子体产生容积提供了晶片处理期间自由基 / 中性粒子流通量与离子流通量的解耦。因此,能够与离子流通量分离地控制自由基 / 中性物质。

[0011] 图 1 示出了根据本发明的一个实施例的半导体晶片处理装置。该装置包括室 100, 室 100 由顶板 100A、底板 100B 和壁 100C 形成。在一个实施例中,壁 100C 形成了邻接的圆柱形壁 100C。在其它实施例中,壁 100C 可具有其它构造,只要室 100 的内腔 100D 能够与室 100 外部的外界环境隔离即可。多个密封件 139 布置在室顶板 100A、底板 100B 和壁 100C 之间以有利于室 100 的内腔 100D 与外界环境的隔离。

[0012] 在各个实施例中,室 100 的顶板 100A、底板 100B 和壁 100C 可由这样的金属形成: 该金属具有良好的导热性和导电性,并且能够与在晶片处理期间暴露于内腔 100D 的处理气体化学兼容。例如,在各个实施例中,诸如铝、不锈钢等金属可用于形成室 100 的构件。而且,密封件 139 可以是弹性密封件或可熔化的 (consumable) 金属密封件,或任何其它类型的密封材料,只要密封件 139 能够与暴露于内腔 100D 的处理材料化学兼容并且密封件 139 提供内腔 100D 与室 100 外部的外界环境的充分隔离即可。

[0013] 应当理解的是,在其它实施例中,一个或多个额外的板或部件可根据需要布置在顶板 100A、底板 100B 或壁 100C 中的任一个或多个的外部,以满足室 100 的特定部署条件或其它因素。另外,顶板 100A、底板 100B 和 / 或壁 100C 能够适当地紧固到这些额外的板或部件上以用于特定的实施方式。包括顶板 100A、底板 100B 和壁 100C 的室 100 的结构由导电材料形成并且与基准地电位电连接。

[0014] 室 100 包括排放口 135,排放口 135 提供内腔 100D 与外部的排放泵 137 之间的流体连接,使得负压能够通过排放口 135 施加以从内腔 100D 内移除气体和 / 或颗粒。在一个实施例中,室 100 还包括闸阀 102,闸阀 102 形成在室壁 100C 的剖面内以能使将晶片 113 插入到内腔 100D 中以及相应地从内腔 100D 中移除晶片 113。在其闭合位置处,闸阀 102 被限定为保持内腔 100D 与外界环境的隔离。在各个实施例中,排放泵 137 能够以不同的方式来实现,只要排放泵 137 能够在排放口 135 处施加抽吸力以从室 100 的内腔 100D 中抽出流体流即可。

[0015] 双等离子体处理装置被布置在室 100 的内腔 100D 内。双等离子体处理装置包括

上方等离子体室 112, 上方等离子体室 112 包括上方等离子体产生容积 103。双等离子体粗略装置还包括下方等离子体室 114, 下方等离子体室 114 包括下方等离子体产生容积 109。上方和下方等离子体室 112/114 通过气体分配单元 115 通过物理方式流体连接, 气体分配单元 115 被布置成使上方和下方等离子体产生容积 103/109 分离。

[0016] 上方等离子体室 112 部分地由外结构部件 104 形成, 外结构部件 104 围绕上方等离子体室 112 的周边限定并且与顶板 100A 连接。上方等离子体室 112 还包括喷头电极 101, 喷头电极 101 被布置在外结构部件 104 内上方等离子体产生容积 103 的上方。喷头电极 101 通过绝缘部件 141 紧固到顶板 100A 上。绝缘部件 141 被限定为提供电绝缘。然而, 绝缘部件 141 还被限定为提供喷头电极 101 和与绝缘部件 141 相接的其它构件之间的热传导。

[0017] 在操作过程中, 射频(RF) 功率从 RF 功率源 105 传送到喷头电极 101。在一个实施例中, RF 功率源 105 被限定为提供多个频率的 RF 功率。在一个实施例中, RF 功率源 105 的频率被设定在从 1kHz 延伸到 100MHz 的范围内。在另一实施例中, RF 功率源 105 的频率被设定在从 400kHz 延伸到 60MHz 的范围内。主要是通过 RF 功率源 105 来控制等离子体密度。

[0018] 另外, 在一个实施例中, 喷头电极 101 连接至 DC 偏压源 120 以使能独立于等离子体密度来控制上方等离子体产生容积 103 内的等离子体电位。DC 偏压源 120 被限定为在从接地向上延伸的各种电压设定处控制喷头电极 101 的偏压。在一个实施例中, 喷头电极 101 的 DC 偏压源 120 能够被限定为以脉冲方式工作以使上方等离子体产生容积 103 中的等离子体与下方等离子体产生容积 109 中的等离子体同步。更具体地, DC 偏压源 120 的该脉冲控制能够用于控制上方和下方等离子体产生容积 103 和 109 中的等离子体之间的时间相关的电压差。

[0019] 加热器 143 被布置在绝缘部件 141 和外结构部件 104 的上方并且与绝缘部件 141 和外结构部件 104 两者相接触。加热器 143 也紧固到顶板 100A。另外, 多个冷却通道 145 被限定在顶板 100A 内。冷却剂流体流经冷却通道 145 以将热从顶板 100A 吸走。在一个实施例中, 冷却剂流体为水。然而, 其它实施例可以使用除了水以外的冷却剂流体, 只要冷却剂流体能够与顶板 100A 的材料化学兼容即可。在一个实施例中, 从室 100 的各个部分通过热电偶测量到的温度反馈用来经由加热器 143 和冷却通道 145 控制顶板 100A 的温度。通过加热器 143 和冷却通道 145, 能够控制喷头电极 101 的温度以及因此控制上方等离子体产生容积 103。

[0020] 喷头电极 101 通过绝缘环 147 与外结构部件 104 电隔离。在一个实施例中, 绝缘环 147 和 / 或绝缘部件 141 由石英形成。在其它实施例中, 绝缘环 147 和 / 或绝缘部件 141 可由除了石英以外的材料形成, 只要该材料在提供热传导的同时也提供电绝缘即可。

[0021] 图 2 示出了根据本发明的一个实施例的喷头电极 101 的仰视图。喷头电极 101 包括被限定为将等离子体处理气体供给到上方等离子体产生容积 101 的气体供给端口 121 的布置。等离子体处理气体从一个或多个等离子体处理气体供给源 116 供给到喷头电极 101。应当理解的是, 在一些实施例中, 气体供给源 116 表示提供流经喷头电极 101 的适当气体和 / 或气体混合物的选择的多个气体供给源和 / 或气体盒。喷头电极 101 被限定为: 随着第一等离子体处理气体流经喷头电极 101 而到达气体供给端口 121 的布置以便分配给上方等离子体产生容积 103, 将 RF 功率传送到第一等离子体处理气体。

[0022] 在各个实施例中,喷头电极 101 可由这样的金属形成:这种金属是良好的导体和导热体,并且与在上方等离子体产生容积 103 中进行的处理化学兼容,诸如铝、不锈钢等。在一个实施例中,喷头电极 101 的暴露于上方等离子体产生容积 103 的等离子体的部分受到耐等离子体材料覆盖物的保护。在一个实施例中,耐等离子体材料形成为涂层。在另一实施例中,耐等离子体材料形成为保护结构,例如板,其保形地覆盖喷头电极 101。在这些实施例中的任一实施例中,耐等离子体材料被紧固到喷头电极 101 以确保耐等离子体材料和喷头电极 101 之间的充分的电传导和热传导。在各个实施例中,用于保护喷头电极 101 的耐等离子体涂层/覆盖物可由硅、碳化硅、氧化硅、氧化钇等形成。

[0023] 在一个实施例中,诸如图 2 中所描绘的,喷头电极 101 的气体供给端口 121 被设置在朝向上方等离子体产生容积 103 的多个同心径向区 101A、101B、101C 中。每个同心径向区 101A、101B、101C 内的气体供给端口 121 与相应的气流控制装置 201A、201B、201C 接通,使得能够独立地控制等离子体处理气体供给到每个同心径向区 101A、101B、101C。应当理解的是,独立控制到喷头电极 101 的多个同心气体供给区 101A、101B、101C 的等离子体处理气体供给提供了增强的中央到边缘的等离子体均匀性控制。尽管图 2 的示例性实施例示出了三个同心气体供给区 101A、101B、101C,但是应当理解的是,喷头电极 101 可被限定为包括更多或更少的独立可控的气体供给区。例如,在另一实施例中,喷头电极 101 被限定为包括两个独立可控的同心气体供给区。

[0024] 如前面所讨论的,喷头电极 101 形成了上方等离子体产生容积 103 的上表面,气体分配单元 115 形成了上方等离子体产生容积 103 的下表面。在一个实施例中,气体分配单元 115 提供了用于上方等离子体产生容积 103 的接地电极。在一个实施例中,喷头电极 101 和气体分配单元 115 形成了适当的一对一的电源到地的表面区域。

[0025] 在图 1 的具有喷头电极 101 的实施例中,上方等离子体室 112 为电容耦合等离子体室。在该实施例中,跨过上方等离子体产生容积 103 的垂直距离(在喷头电极 101 的下表面和气体分配单元 115 的上表面之间垂直地测量到的)被设定在从大约 1cm 延伸到大约 5cm 的范围内。在一个实施例中,跨过上方等离子体产生容积 103 的垂直距离为大约 2cm。在另一实施例中,喷头电极 101 在功能上可由感应线圈替代,使得上方等离子体室 112 为感应耦合等离子体室。在该实施例中,跨过上方等离子体产生容积 103 的垂直距离可以长达大约 12cm。

[0026] 下方等离子体室 114 部分地由围绕下方等离子体室 114 的周边限定的外结构部件 106 形成。在一个实施例中,下方等离子体室 114 的外结构部件 106 通过多个结构连接部件刚性地连接到上方等离子体室 112 的外结构部件 104,使得下方等离子体室 114 的外结构部件 106 借助于上方等离子体室 112 的外结构部件 104 从顶板 100A 有效地悬挂。在该实施例中,结构连接部件能够延伸贯通排放通道 125,但是被限定为避免流体流经排放通道 125 的不利中断。

[0027] 气体分配单元 115 被布置在上方等离子体产生容积 103 和下方等离子体产生容积 109 之间。气体分配单元 115 被限定为形成为将上方等离子体产生容积 103 与下方等离子体产生容积 109 分离的板,使得气体分配单元 115 的板的上表面提供上方等离子体产生容积 103 的下边界,并且使得气体分配单元 115 的板的下表面提供下方等离子体产生容积 109 的上边界。

[0028] 气体分配单元 115 被下方等离子体室 114 的外结构部件 106 保持在固定位置上。气体分配单元 115 被限定为通过气体供给端口 119 的布置将等离子体处理气体供给到下方等离子体产生容积 109。气体分配单元 115 被进一步限定为包括提供上方等离子体产生容积 103 和下方等离子体产生容积 109 之间的受控流体连通的通孔 117 的布置。通孔 117 中的每个均延伸贯通气体分配单元 115 的板, 从其上表面贯通到其下表面。

[0029] 图 3A 示出了根据本发明的一个实施例的气体分配单元 115 的仰视图。气体供给端口 119 和通孔 117 中的每个均被限定为通过气体分配单元 115 的下表面开放式流体连通。气体供给端口 119 的布置散布在通孔 117 的布置之间。气体供给端口 119 通过气体分配单元 115 与一个或多个等离子体处理气体供给源 118 接通, 使得在气体供给端口 119 和气体分配单元 115 内的通孔 117 之间不存在直接的流体连通。

[0030] 图 3B 示出了根据本发明的一个实施例的气体分配单元 115 的俯视图。通孔 117 中的每个均被限定为通过气体分配单元 115 的上表面开放式流体连通。然而, 气体供给端口 119 不通过气体分配单元 115 的上表面流体暴露。因此, 气体供给端口 119 被限定为使等离子体处理气体仅流入下方等离子体产生容积 109。相反, 通孔 117 被限定为使能上方和下方等离子体产生容积 103/109 之间的流体连通。流体流经气体分配单元 115 的通孔 117 主要是通过通过上方等离子体产生容积 103 和下方等离子体产生容积 109 之间的压差来控制的。

[0031] 应当理解的是, 气体分配单元 115 充当 RF 回路电极、等离子体处理气体歧管、流体流动挡板和离子过滤器。在各个实施例中, 气体分配单元 115 可由这样的金属形成: 这种金属为良好的导体和导热体, 并且与在上方和下方等离子体产生容积 103/109 中进行的处理化学兼容, 诸如铝、不锈钢、硅、碳化硅、氧化硅、氧化钇或基本上任何其它材料, 该任何其它材料针对向其暴露的等离子体处理提供充分的等离子体耐受性、电传导和热传导。

[0032] 在各个实施例中, 气体分配单元 115 连接至其自身的 DC 偏压源 124 和 / 或 RF 功率源 122 以使气体分配单元 115 能够提供用于 RF 功率源 105 和 111 的适当的接地回路, 同时还提供影响在上方等离子体产生容积 103 中产生的离子的适当的偏压。RF 功率源 122 还可被限定为提供多个频率的 RF 功率。另外, 在一个实施例中, 电极 130 嵌置到气体分配单元 115 内并且连接至 DC 偏压源 124 以提供用于影响在上方等离子体产生容积 103 中产生的离子的偏压。在一个实施例中, 嵌置在气体分配单元 115 内的电极 130 被限定在通孔 117 的周围, 使得施加到嵌置电极 130 上的偏压能够用于使通过通孔 117 的离子加速或减速。而且, 在一个实施例中, 嵌置到气体分配单元 115 内的电极 130 被限定在多个单独可控的区中, 每个区连接至其自身的 DC 偏压源 124。该实施例使得能形成跨过气体分配单元 115 的独立的区域性偏压, 以提供跨过气体分配单元 115 的独立区域性离子控制。

[0033] 在一个实施例中, 气体分配单元 115 的暴露于上方或下方等离子体产生容积 103/109 中的等离子体的部分受到耐等离子体材料覆盖物的保护。在一个实施例中, 耐等离子体材料形成为涂层。在另一实施例中, 耐等离子体材料形成为保护结构, 例如板, 其保形地覆盖气体分配单元 115。在这些实施例中的任一实施例中, 耐等离子体材料被紧固到气体分配单元 115 以确保耐等离子体材料和气体分配单元 115 之间的充分的电传导和热传导。在耐等离子体保护结构的实施例中, 保护结构可通过上方和下方等离子体产生容积 103/109 之间的压差、通过数个紧固件或它们的组合而紧固到气体分配单元 115 上。在各个实施例中, 用于保护气体分配单元 115 的耐等离子体涂层 / 保护结构可由硅、碳化硅、氧化

硅、氧化钨或基本上任何其它材料形成,该任何其它的材料针对向其暴露的等离子体处理提供充分的等离子体耐受性、电传导和热传导。

[0034] 气体分配单元 115 被限定为可替换构件。不同版式 / 构造的气体分配单元 115 可被限定为具有不同的气体供给端口 119 和通孔 117 的布置。另外,在等离子体使气体分配单元 115 或其功能劣化的情形下,可以更换气体分配单元 115。

[0035] 气体供给端口 119 和通孔 117 中的每个均被限定为使通过其中的流体流最优化,同时防止等离子体不利地侵入到其中。经气体供给端口 119 和通孔 117 中的每个的流体流率以及到气体供给端口 119 和通孔 117 中的每个的等离子体侵入率与其尺寸成正比。因此,需要限定气体供给端口 119 和通孔 117 中的每个以使其尺寸足够小从而防止等离子体不利地侵入到其中,同时保持足够大从而提供足够的通过其中的流体流。在各个实施例中,气体供给端口 119 的直径的尺寸在从大约 0.1mm 延伸到大约 3mm 的范围内。在各个实施例中,通孔 117 的直径的尺寸在从大约 0.5mm 延伸到大约 5mm 的范围内。然而,应当理解的是,在各个实施例中,气体供给端口 119 和通孔 117 可分别被限定为具有基本上任何直径尺寸,只要直径尺寸在提供充分抑制等离子体侵入其中的同时提供足够的通过其中的流体流即可。

[0036] 因为通往气体供给端口 119 的流体流压力直接可控,所以可以将气体供给端口 119 限定为具有足够小的尺寸以基本上防止等离子体侵入到气体供给端口 119 中。然而,正确的是避免将气体供给端口 119 限定为如此小以至于导致通过气体供给端口 119 的超声波流体流。为了避免来自气体供给端口 119 的超声波流体流,气体供给端口 119 可被限定为其在气体分配单元 115 的下表面的出口处具有扩散器的形状。图 3C 示出了根据本发明的一个实施例的气体供给端口 119 的截面。气体供给端口 119 被显示为在其从气体分配单元 115 的出口位置处具有扩散器形状 307。

[0037] 气体分配单元 115 包括与气体供给端口 119 的布置流体连接的内部气体供给通道。这些内部气体供给通道与一个或多个等离子体处理气体供给源 118 流体连接。应当理解的是,内部气体供给通道和相关的气体供给端口 119 被限定在通孔 117 的布置之间,使得等离子体处理气体被分配到下方等离子体产生容积 109 而不分配到上方等离子体产生容积 103。在一个实施例中,用于下方等离子体产生容积 109 的等离子体处理气体供给源 118 与用于上方等离子体产生容积 103 的等离子体处理气体供给源 116 分离,从而能够独立地控制等离子体处理气体到上方和下方等离子体产生容积 103/109 的流率。在一个实施例中,一个或多个共用的等离子体处理气体供给源能够用于上方和下方等离子体产生容积 103/109。然而,在该实施例中,对于上方和下方等离子体产生容积 103/109 中的每个分别单独控制来自每个共用的等离子体处理气体供给源的等离子体处理气体流。而且,应当理解的是,在一些实施例中,气体供给源 118 表示提供流经气体分配单元 115 的适当的气体和 / 或气体混合物的选择的多个气体供给源和 / 或气体盒。

[0038] 在一个实施例中,诸如图 3A 中所描绘的,气体分配单元 115 内的内部气体供给通道被限定为跨越气体分配单元 115 的下表面将气体供给端口 119 的布置流体分离成多个同心区域 / 区 115A、115B、115C,使得能够单独地控制等离子体处理气体到多个同心区域 / 区 115A、115B、115C 中的每个内的气体供给端口 119 的流率。在一个实施例中,每个同心径向区域 / 区 115A、115B、115C 内的气体供给端口 119 与相应的气流控制装置 305A、305B、305C 接通,使得能够独立地控制到每个同心径向区域 / 区 115A、115B、115C 的等离子体处理气体

的供给。

[0039] 将气体供给端口 119 分离成独立可控的多个同心区域 / 区 115A、115B、115C 提供了下方等离子体产生容积 109 内的中央到边缘的气体供给控制,这进而有利于下方等离子体产生容积 109 内的中央到边缘的等离子体均匀性控制。尽管图 3A 的示例性实施例示出了三个同心的气体供给区域 / 区 115A、115B、115C,但是应当理解的是,气体分配单元 115 可被限定为包括更多或更少的独立可控的气体供给区域 / 区。例如,在另一实施例中,气体分配单元 115 被限定为包括两个独立可控的同心的气体供给区域 / 区。

[0040] 在一个实施例中,通孔 117 的数量大于气体供给端口 119 的数量,以提供从上方等离子体产生容积 103 到下方等离子体产生容积 109 的足够的自由基 / 中性粒子流。而且,通孔 117 可被限定为具有比气体供给端口 119 大的尺寸,以提供从上方等离子体产生容积 103 到下方等离子体产生容积 109 的足够的自由基 / 中性粒子流。然而,如之前所讨论的,通孔 117 的尺寸被限定以防止等离子体从上方或下方等离子体产生容积 103/109 中的任何一个不利地侵入到通孔 117 中。

[0041] 在一个实施例中,通孔 117 中的一些或全部被限定以成角度地贯通气体分配单元。图 3D 示出了根据本发明的一个实施例的被限定以贯通气体分配单元 115 的通孔 117 的截面和角度 303。通孔 117 被限定为以偏离于在气体分配单元 115 的上下表面 302/304 之间垂直延伸的基准方向 301 的角度 303 从气体分配单元 115 的上表面 302 延伸到气体分配单元 115 的下表面 304

[0042] 通孔 117 有角度以增加上方等离子体产生容积 103 内的带电成分(即,离子)在穿过通孔 117 时将遇到电接地的气体分配单元 115 的可能性,从而通过通孔 117 从穿过气体分配单元 117 的自由基 / 中性粒子流通量中移除该带电成分。在一个实施例中,角度 303 足够大以防止沿基准方向 301 通过气体分配单元 115 的通孔 117 内的不间断视线。

[0043] 在一个实施例中,气体分配单元 115 内的全部通孔 117 有角度以确保在上方等离子体产生容积 103 内产生的离子基本上均不被允许通过气体分配单元 115 而到达下方等离子体产生容积 109。该实施例借助于通孔 117 提供了进入下方等离子体产生容积 109 的基本上纯的自由基 / 中性粒子流通量导入。在另一实施例中,通孔 117 的部分有角度,而通孔 117 的其余部分被限定为以与基准方向 301 一致的大致笔直方式延伸。该实施例提供了一些离子以使其与从上方等离子体产生容积 103 流到下方等离子体产生容积 109 的自由基 / 中性粒子流通量混合。在该实施例中,笔直的通孔 117 相对于有角度的通孔 117 的数量和分布可被限定为实现自由基 / 中性粒子流通量内的期望离子浓度。

[0044] 在一个实施例中,流控制板被布置在气体分配单元 115 的上表面上以控制哪个通孔 117 暴露于上方等离子体产生容积 103。图 4A 示出了根据本发明的一个实施例的布置在气体分配单元 115 的上表面 302 上的流控制板 401。在一个实施例中,流控制板 401 被限定为具有在从大约 3mm 延伸至大约 6mm 的范围内的厚度 403 的盘。流控制板 401 盘被限定为具有足以覆盖通孔 117 以控制通过通孔 117 的流的直径。在一个实施例中,流控制板 401 盘被限定为具有覆盖气体分配单元 115 的上表面以保持将上方等离子体产生容积 103 中的等离子体均匀地暴露于由气体分配单元 115 提供的 RF 回路的直径。

[0045] 在一个实施例中,流控制板 401 由导电且导热材料形成,并且被紧固到气体分配单元 115 以确保流控制板 401 和气体分配单元 115 之间充分的电传导和热传导。在一个实

施例中,流控制板 401 可通过上方和下方等离子体产生容积 103/109 之间的压差、通过多个紧固件或者通过它们的组合而被紧固到气体分配单元 115。而且,在各个实施例中,流控制板 401 可由诸如上文针对气体分配单元 115 所讨论的耐等离子体涂层覆盖并保护。

[0046] 在一个实施例中,多种式样的孔被限定为贯通流控制板 401。流控制板 401 内的多种式样的孔中的每个与气体分配单元 115 内的不同组通孔 117 对准。流控制板 401 在气体分配单元 115 的上表面上在流控制板 401 相对于气体分配单元 115 的上表面的特定旋转位置处的布置对应于流控制板 401 内的多种式样的孔中的特定一个与气体分配单元 115 内的其相应组通孔 117 的对准。延伸贯通流控制板 401 的多种式样的孔中的每个被限定为暴露气体分配单元 115 内的不同数量或不同空间式样的通孔 117。因此,能够通过将流控制板 401 设定在相对于气体分配单元 115 的上表面的特定旋转位置处来控制通过流控制板 401 并且因此通过气体分配单元 115 的自由基 / 中性粒子流。

[0047] 在一个实施例中,流控制板 401 被限定为包括提供沿基准方向 301 径直贯通气体分配单元 115 的通孔 117 的关闭的孔式样,从而使能关断通过气体分配单元 115 的离子流。图 4B 示出了根据本发明的一个实施例的被定位成使得限定于其中的孔 405 能让流通过限定在下伏的气体分配单元 115 内的全部通孔 117 的流控制板 401 的俯视图。图 4C 示出了根据本发明的一个实施例的被定位成使得限定于其中的孔 405 仅能让流通过限定在下伏的气体分配单元 115 内的有角度通孔 117 的流控制板 401 的俯视图。而且,在其它实施例中,流控制板 401 中的多种式样的孔 405 被限定为提供通过气体分配单元 115 的不同空间式样的自由基 / 中性粒子流。

[0048] 图 4D 示出了根据本发明的一个实施例的由多个同心可旋转流控制板 407A、407B、407C 限定的流控制板组件 401A 的俯视图。每个同心可旋转流控制板 407A、407B、407C 能够被独立地设定以提供中央到边缘的控制,通过中央到边缘的控制使得气体分配单元 117 内的通孔 117 打开或关闭。具体地,流控制板组件 401A 包括中央盘 407A 和多个同心环 407B/407C,多个同心环 407B/407C 以同心方式布置在气体分配单元 115 的上表面上。应当理解的是,图 4D 的特定构造是通过举例的方式提供的。其它实施例可以包括与图 4D 所示不同的多个同心可旋转流控制板。

[0049] 中央盘 407A 和多个同心环 407B/407C 中的每个分别包括贯通其中的多种式样的孔 405A/405B/405C。多种式样的孔 405A/405B/405C 中的每个与气体分配单元 115 内的不同组通孔 117 对准,使得中央盘 407A 和同心环 407B/407C 中的每个在气体分配单元 115 的上表面上相对于气体分配单元 115 的上表面的特定旋转位置处的布置对应于多种式样的孔 405A/405B/405C 中的特定一个与气体分配单元 115 内的其相应组通孔 117 的对准。贯通中央盘 407A 和同心环 407B/407C 的多种式样的孔 405A/405B/405C 中的每个被限定为暴露气体分配单元 115 内的不同数量或不同空间式样的通孔 117。

[0050] 再次参照图 1,卡盘 107 被布置在室 100 的内腔 100D 内且在下方等离子体产生容积 109 的下方。在一个实施例中,卡盘 107 从室 100 的壁 100C 悬臂式连接。在一个实施例中,卡盘 107 为静电卡盘并且提供用于将 RF 功率传送到下方等离子体产生容积 109 的电极。卡盘 107 被限定为保持暴露于下方等离子体产生容积 109 的衬底 113 (即,晶片 113)。在一个实施例中,晶片边缘环 149 被布置在卡盘 107 上且位于卡盘 107 上的衬底 113 接纳 / 保持区域的周边周围。在各个实施例中,晶片边缘环由石英或硅形成。而且,在一个实施例

中,导体 148 被布置在晶片边缘环 149 的下方,并且通过晶片边缘环 149 连接至驱动 DC 偏压。卡盘 107 也被限定为包括冷却通道和 / 或加热元件的构造,从而使能进行衬底 113 和下方等离子体产生容积 109 的温度控制。

[0051] 卡盘 107 被限定为在内腔 100D 内垂直地移动,如箭头 123 所指示。通过这种方式,卡盘 107 能够被降低以通过闸阀 102 来接受 / 提供衬底 113,并且能够被提升以形成下方等离子体产生容积 109 的下表面。而且,能够通过控制卡盘 107 的垂直位置来设定和控制跨过下方等离子体产生容积 109 的垂直距离,垂直于卡盘 107 和气体分配单元 115 测量得到该垂直距离。跨过下方等离子体产生容积 109 的垂直距离能够被设定以实现充分的中央到边缘的等离子体均匀性和密度,并且还能够在避免通过流自气体供给端口 119 和 / 或通孔 117 的气体射流打印到晶片 113 上。在各个实施例中,跨过下方等离子体产生容积 109 的垂直距离能够被设定在从大约 1cm 延伸到大约 5cm 或者从大约 2cm 延伸到大约 3.6cm 的范围内。

[0052] 卡盘 107 被进一步限定为将 RF 功率从 RF 功率源 111 供给到下方等离子体产生容积 109,使得卡盘 107 用作下方等离子体产生容积 109 的电极。应当理解的是,下方等离子体室的 RF 功率源 111 与上方等离子体室的 RF 功率源 105 分离且独立。因此,能够单独且独立地控制供给到上方和下方等离子体产生容积 103/109 的 RF 功率。在一个实施例中,RF 功率源 111 被限定为提供 RF 功率和多个频率。例如,RF 功率源 111 能够被限定为以 2MHz、27MHz 和 60MHz 的频率提供 RF 功率。应当理解的是,上方和下方等离子体室 112/114 的 RF 功率源 105/111 中的每个分别通过其自身的匹配网络连接以使能分别将 RF 功率传送到喷头电极 101 和卡盘 107。如之前所讨论的,在一个实施例中,气体分配单元 115 用作上方和下方等离子体产生容积 103/109 两者的 RF 功率回路中的基准接地电极。

[0053] 上方等离子体室被限定为包括排放通道 125,上方等离子体产生容积 103 内的气体通过排放通道 125 排放到室 100 的内腔 100D 中。排放通道 125 被限定为在喷头电极 101 的径向周边外部和气体分配单元 115 的径向周边外部环绕上方等离子体产生容积 103。在该构造中,排放通道 125 沿径向在上方等离子体室的外结构部件 104 的下表面与下方等离子体室的气体分配单元 115 和外结构部件 106 两者的上表面之间延伸。

[0054] 压力节气环 127 被限定为在排放通道 125 内移动以调节从上方等离子体产生容积 103 通过排放通道 125 到达室 100 的内腔 100D 的流体流(即,气流)。在一个实施例中,压力节气环 127 被限定为在上方等离子体室 112 的外结构部件 104 内的保形限定的凹部区域内垂直地移动。在该实施例中,压力节气环 127 能够以受控的方式下移到排放通道 125 中以减少通过排放通道 125 的流动区域并且因此调节来自上方等离子体产生容积 103 的流体流。在一个实施例中,压力节气环 127 被限定为使能完全截断从上方等离子体产生容积 103 通过排放通道 125 而进入室 100 的内腔 100D 中的流。

[0055] 应当理解的是,图 1 中所描绘的压力节气环 127 的构造是其实现的一个示例性实施例。在其它实施例中,能够以不同的方式来实现压力节气环 127,只要压力节气环 127 提供通过对排放通道 125 的流体流的控制即可。在一个实施例中,测压计还被布置以测量上方等离子体产生容积 103 内的压力。在该实施例中,上方等离子体产生容积 103 内的该测量压力用于产生控制压力节气环 127 的位置的反馈信号,反馈信号进而提供对上方等离子体产生容积 103 内的压力的主动控制。

[0056] 下方等离子体室被限定为包括成组的带槽排放通道 129, 下方等离子体产生容积 109 内的气体通过带槽排放通道 129 排放到室 100 的内腔 100D 中。成组的带槽排放通道 129 被限定为在卡盘 107 的径向周边外部和气体分配单元 115 的径向周边外部环绕下方等离子体产生容积 109。在一个实施例中, 如图 1 所示, 成组的带槽排放通道 129 被限定在位于靠近保持有衬底 113 的卡盘 107 的顶面的垂直位置处的下方等离子体室 114 的外结构部件 106 的水平取向部分中。在该实施例中, 成组的带槽排放通道 129 垂直地延伸通过下方等离子体室 114 的外结构部件 106 的水平取向部分。

[0057] 压力控制环 131 被限定为朝向和远离成组的带槽排放通道 129 移动以调节从下方等离子体产生容积 109 通过成组的带槽排放通道 129 而进入室 100 的内腔 100D 中的流体流(即, 气流)。在一个实施例中, 压力控制环 131 被限定为能够沿垂直方向朝向和远离成组的带槽排放通道 129 的水平取向的环状盘。压力控制环 131 被限定为当抵靠成组的带槽排放通道 129 放置时(即, 当抵靠外结构部件 106 的形成有成组的带槽排放通道 129 的水平取向部分的下表面放置时)覆盖成组的带槽排放通道 129 (在内腔 100D 侧)

[0058] 能够通过压力控制环 131 朝向和远离成组的带槽排放通道 129 的垂直运动来调节(即, 控制)从下方等离子体产生容积 109 通过成组的带槽排放通道 129 到达室 100 的内腔 100D 的流体流。在一个实施例中, 压力控制环 131 被限定为使能完全截断从下方等离子体产生容积 109 通过成组的带槽排放通道 129 而进入室 100 的内腔 100D 的流。在一个实施例中, 测压计还被布置为测量下方等离子体产生容积 109 内的压力。在该实施例中, 下方等离子体产生容积 109 内的该测量压力用于产生控制压力控制环 131 的位置的反馈信号, 反馈信号进而提供下方等离子体产生容积 109 内的压力的主动控制。

[0059] 应当理解的是, 上方等离子体室 112 和下方等离子体室 114 两者均封闭各自的约束等离子体。约束等离子体的有益之处在于, 能够通过控制等离子体区域内(即, 上方和下方等离子体产生容积 103/109 内)的容积、压力和流动来控制其驻留时间。等离子体驻留时间影响离解过程, 其为自由基 / 中性粒子形成的因素。上方和下方等离子体产生容积 103/109 小且其压力和温度可被很好地控制。

[0060] 如之前所讨论的, 上方和下方等离子体室 112/114 具有其自身相应的 RF 功率源 / 控制、压力控制、温度控制、等离子体处理气体源 / 控制和气流控制。在各个实施例中, 上方等离子体处理容积 103 内的压强能够被控制在从大约 100mTorr 延伸到大约 1Torr 或者从大约 200mTorr 延伸到大约 600mTorr 的范围内。在各个实施例中, 下方等离子体处理容积 109 内的压强能够被控制在从大约 5mTorr 延伸到大约 100mTorr 或者从大约 10mTorr 延伸到大约 30mTorr 的范围内。

[0061] 图 5 示出了根据本发明的一个实施例的图 1 的具有上方等离子体 501 和下方等离子体 503 的室 100。来自上方等离子体 501 的处理气体从上方等离子体产生容积 103 通过排放通道 125 排放到室 100 的内腔 100D 中, 如箭头 505 所指示的。来自下方等离子体 503 的处理气体从下方等离子体产生容积 109 通过成组的带槽排放通道 129 排放到室 100 的内腔 100D 中, 如箭头 507 所指示的。处理气体通过排放口 135 从室 100 的内腔 100D 中排出, 如箭头 509 所指示。

[0062] 应当理解的是, 对上方和下方等离子体室 112/114 的独立控制提供了对于晶片处理配方的广泛的可能性, 尤其是关于自由基 / 中性粒子流通量相对于离子流通量的独立控

制。下面提供了几个示例性的晶片处理。然而,应当理解的是,本文所公开的示例性的晶片处理仅作为示例提供,绝不表示对本文公开的双等离子体处理室 100 的使用的任何限制。

[0063] 在一个示例性实施例中,室 100 用于执行使用在晶片处理等离子体中具有低离解度的 C_xF_y (C_4F_8 、 C_4F_6 等)的高氟自由基/中性粒子流通量的晶片处理。在该示例性实施例中,Ar 和 NF_3 的混合物作为等离子体处理气体被供给到上方等离子体产生容积 103。上方等离子体产生容积 103 在高压和高的 RF 频率(60MHz)下工作。高氟自由基/中性粒子流通量产生于上方等离子体室 103 中并且流经气体分配单元 115 的通孔 117。产生于上方等离子体处理容积 103 中的离子由气体分配单元 115 过滤。

[0064] 此外,在该示例性实施例中,Ar 和 C_xF_y 气体的混合物作为等离子体处理气体被供给到下方等离子体产生容积 109。下方等离子体产生容积 109 在低压和低到中等的 RF 频率(2MHz 和 27MHz)下工作。下方等离子体产生容积 109 的低的 RF 频率对应于暴露于晶片 113 的等离子体中的 C_xF_y 的低离解度。应当理解的是,上方等离子体产生容积 103 中产生必需的氟自由基/中性粒子流通量所要求的高功率将导致施加到下方等离子体产生容积 109 的 C_xF_y 的高离解度。因此,双等离子体室 100 使能实现上述处理的性能。

[0065] 在另一示例性实施例中,室 100 用于执行利用高压容积中的高离解度的 C_xF_y (C_4F_8 、 C_4F_6 等)以及低压容积中的高密度 Ar 等离子体的晶片处理。在该示例性实施例中, C_xF_y 和 Ar 的混合物作为等离子体处理气体被供给到上方等离子体产生容积 103。上方等离子体产生容积 103 在高压和高的 RF 频率(60MHz)下工作以造成 C_xF_y 的高离解度。产生于上方等离子体室 103 中的高离解度的 C_xF_y 流经气体分配单元 115 的通孔 117。产生于上方等离子体处理容积 103 中的离子由气体分配单元 115 过滤。此外,在该示例性实施例中,Ar 气体作为等离子体处理气体被供给到下方等离子体产生容积 109。下方等离子体产生容积 109 在低压以及低到中等的 RF 频率(2MHz 和 27MHz)下工作以产生具有高离子流通量的高密度 Ar 等离子体。

[0066] 在一个操作实施例中,下方等离子体室 114 的压力控制环 131 关闭,并且上方等离子体室 112 被设定为仅排放构造。在该实施例中,在上方等离子体产生容积 103 中不产生等离子体。在该实施例中,等离子体处理气体流经气体分配单元 115 的气体供给端口 119 而进入下方等离子体产生容积 109。此外,在该实施例中,等离子体处理气体从下方等离子体产生容积 109 通过气体分配单元 115 的通孔 117 而排放到上方等离子体产生容积 103 中,并且然后从排放通道 125 中排出而进入室 100 的内腔 100D 中。

[0067] 该操作实施例提供了等离子体处理气体沿轴向泵入/泵出下方等离子体产生容积 109。在该实施例中,因为气体被垂直(与径向相对)地泵出,所以能够在晶片 113 上实现精确的压力均匀性控制。应当理解的是,排放气体的径向泵出导致晶片 113 上的径向压力分配。该实施例还使得能在要求短的等离子体驻留时间(例如小于一毫秒)的低流动应用(诸如原子层沉积或原子层蚀刻)中对驻留时间进行精确控制。

[0068] 应当理解的是,双等离子体室 100 被限定将自由基/中性粒子流通量产生/应用与离子等离子体产生/应用分离。此外,在一个实施例中,下方等离子体室 114 可以是非活跃的(即,仅排放),使得来自上方等离子体室 112 的自由基/中性粒子流通量能够施加到晶片 113 上而不会将晶片 113 暴露于等离子体。

[0069] 尽管已经参照多个实施例对本发明进行了说明,应理解的是,本领域技术人员在

阅读前面的说明书并研究附图时将实现其各种改动、添加、替换和等同方案。因此,本发明旨在包含落在本发明的真正主旨和范围内的所有这样的改动、添加、替换和等同方案。

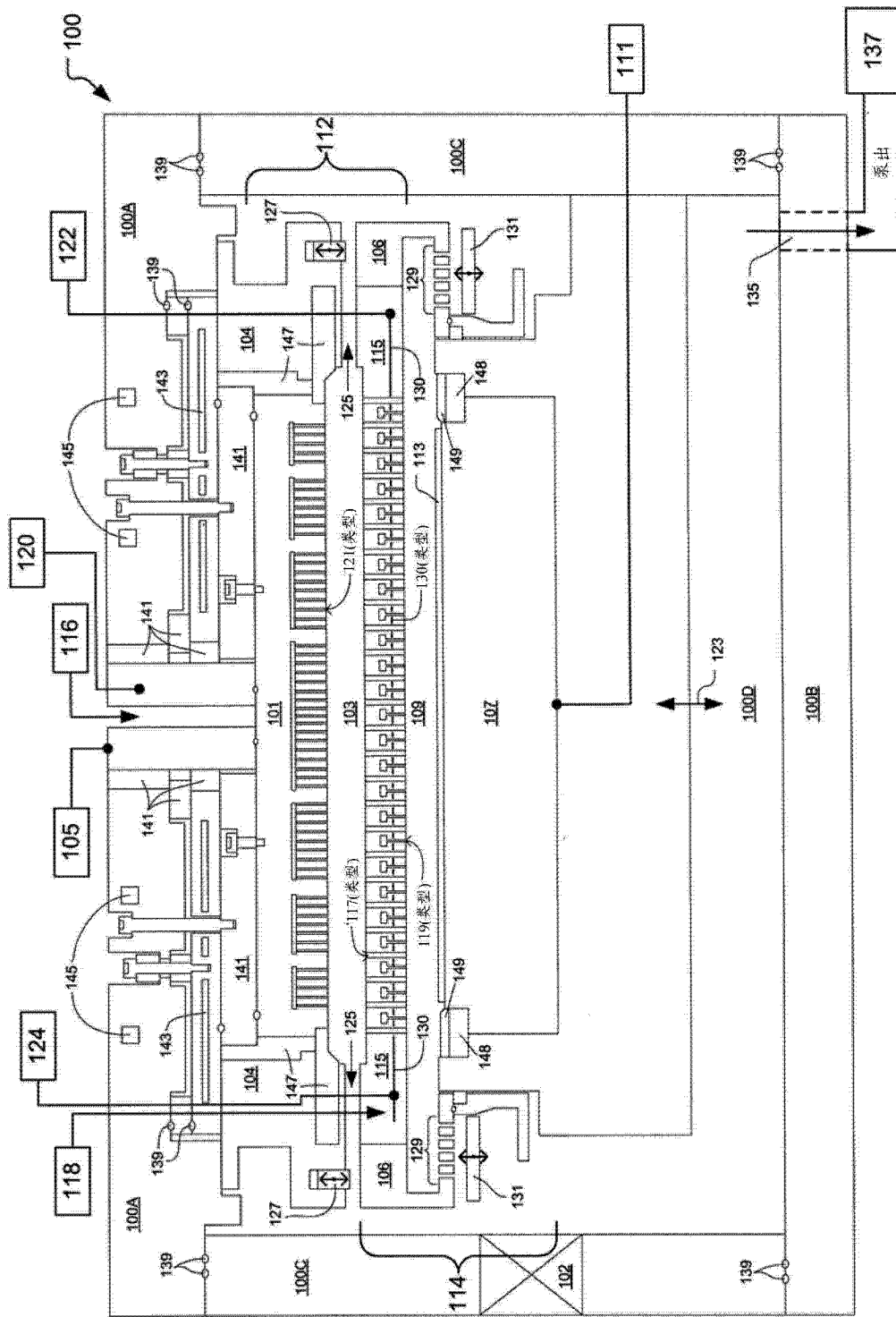


图 1

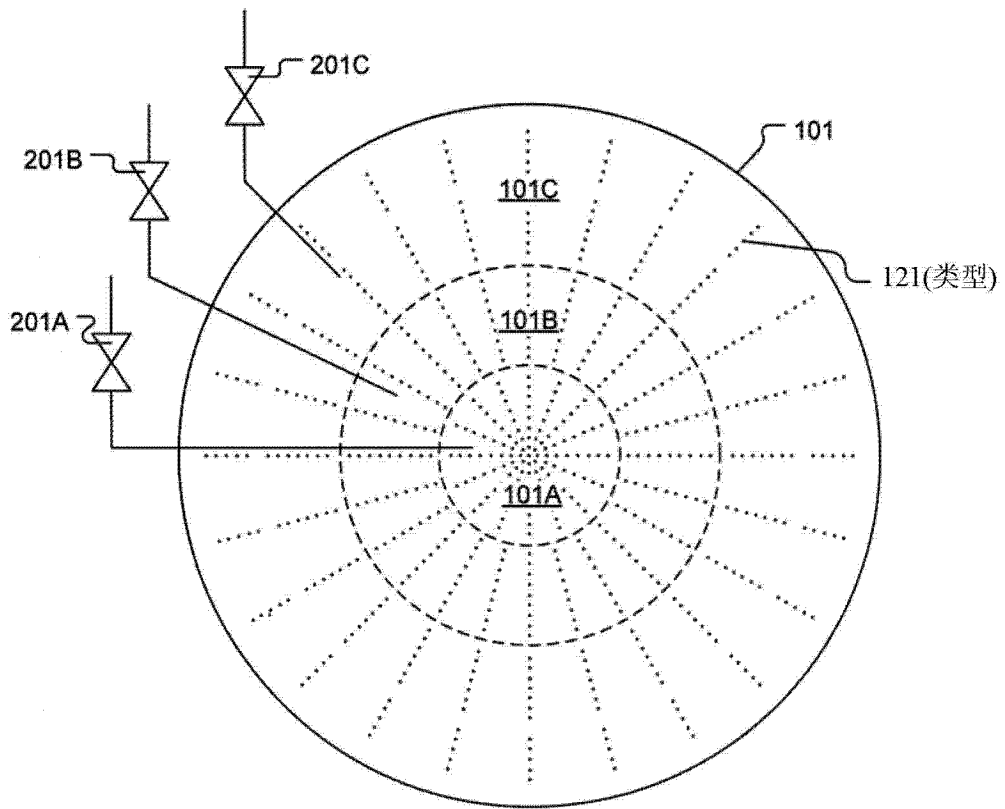


图 2

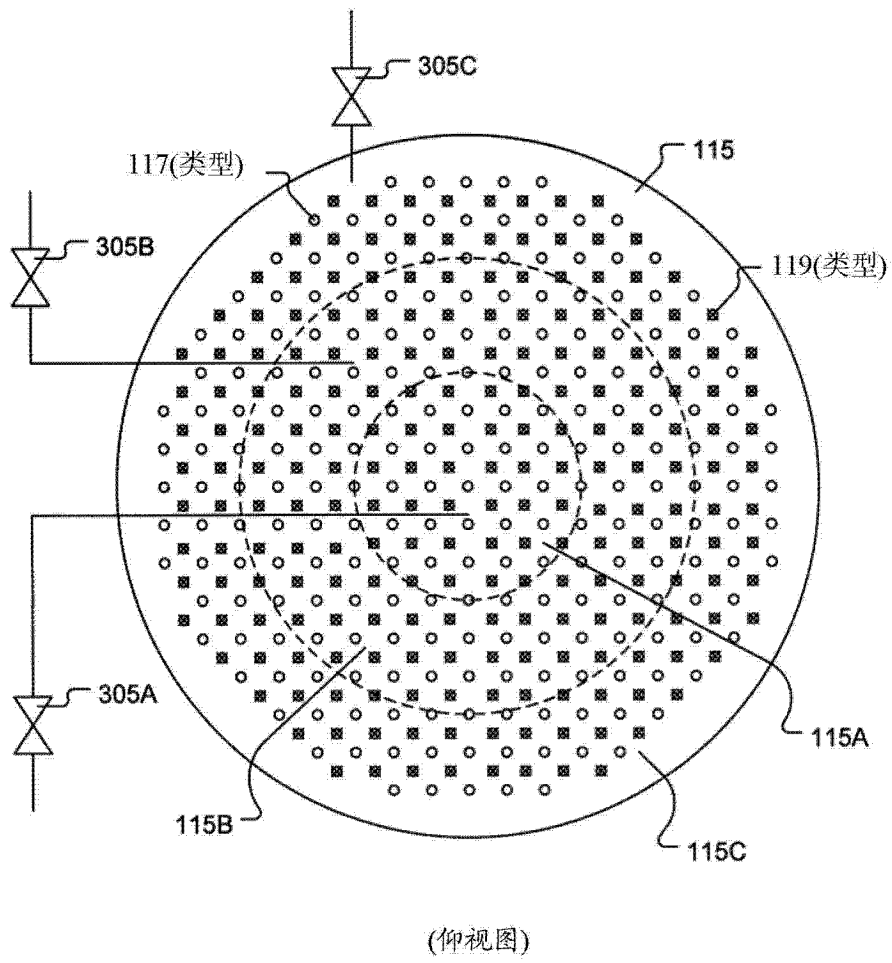
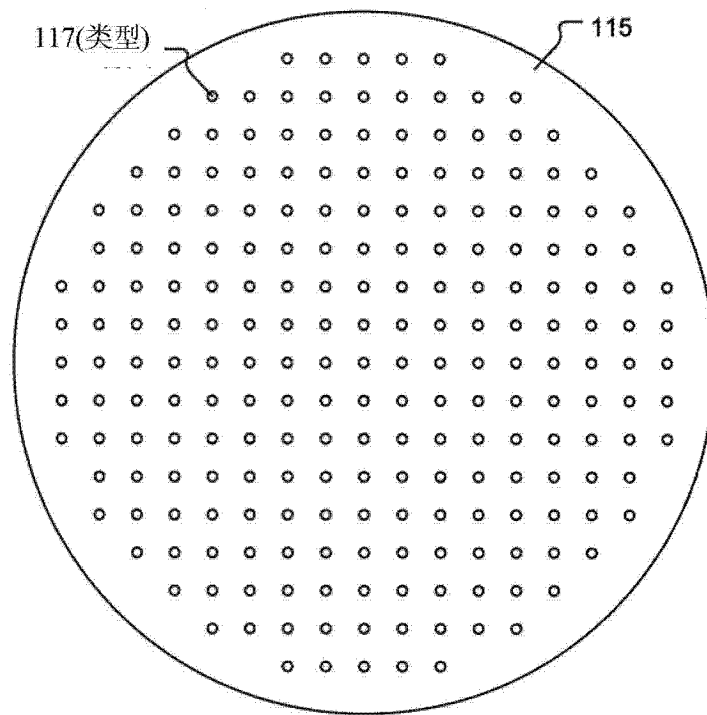


图 3A



(俯视图)

图 3B

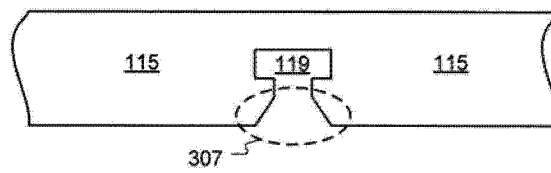


图 3C

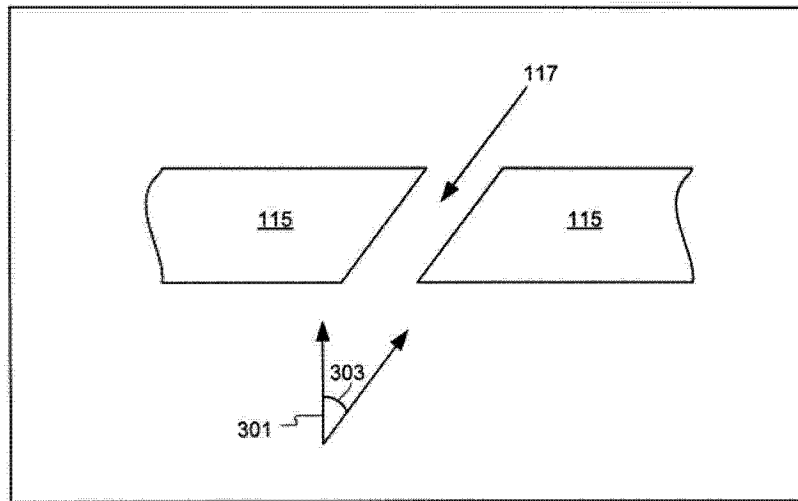


图 3D

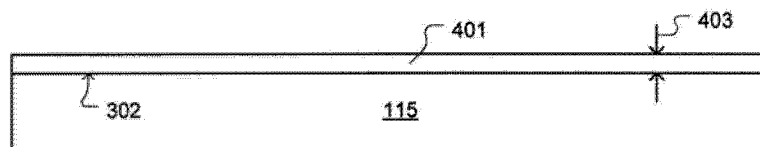
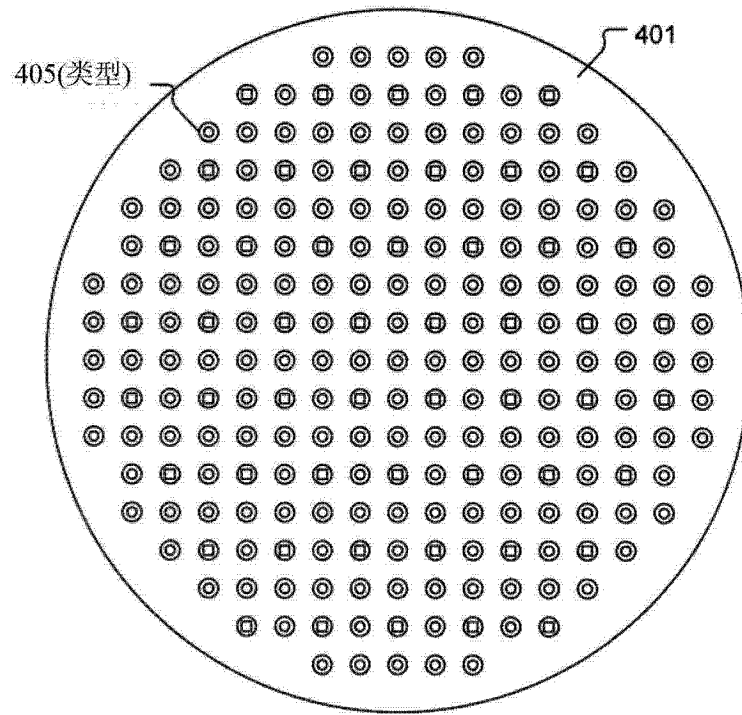


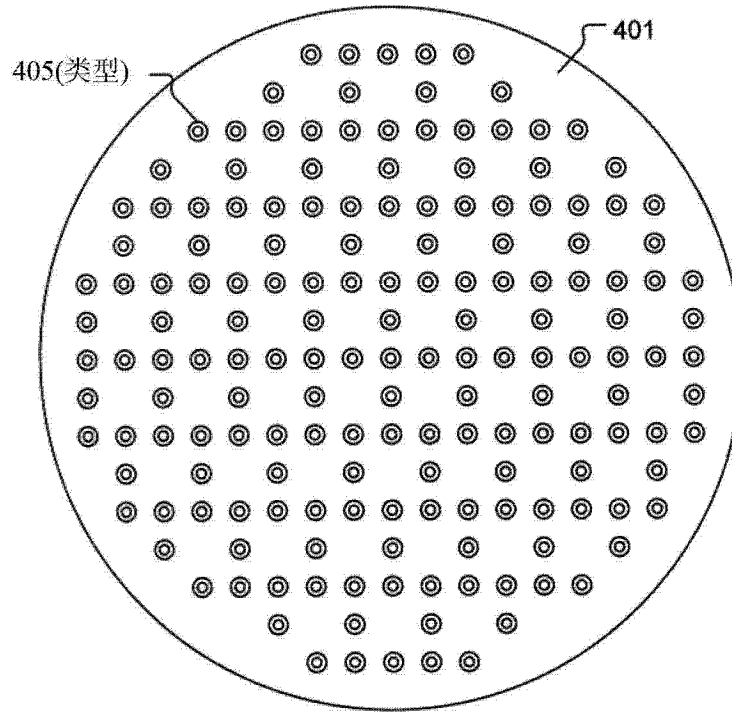
图 4A



○:有角的通孔 117
□:笔直的通孔 117

(俯视图)

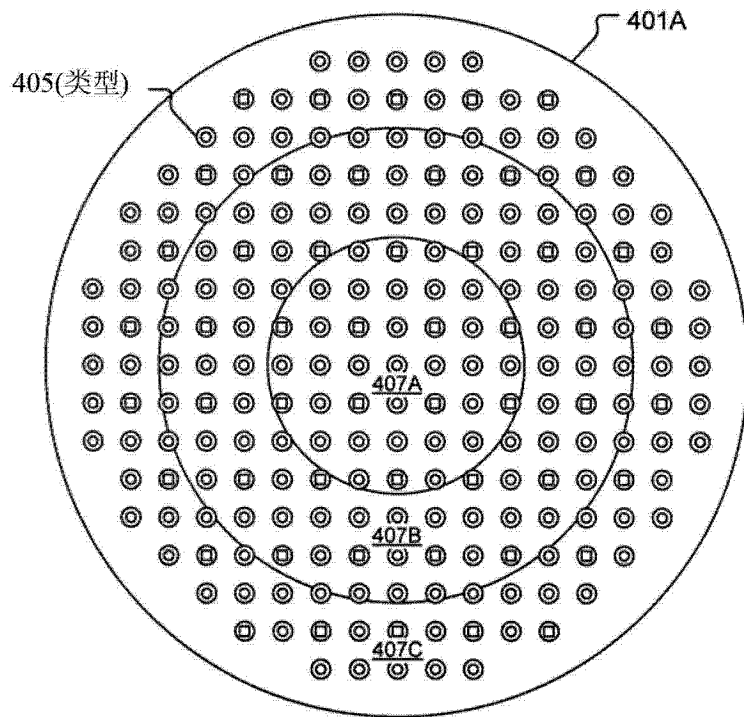
图 4B



○:有角的通孔 117

(俯视图)

图 4C



○:有角的通孔 117
□:笔直的通孔 117

(俯视图)

图 4D

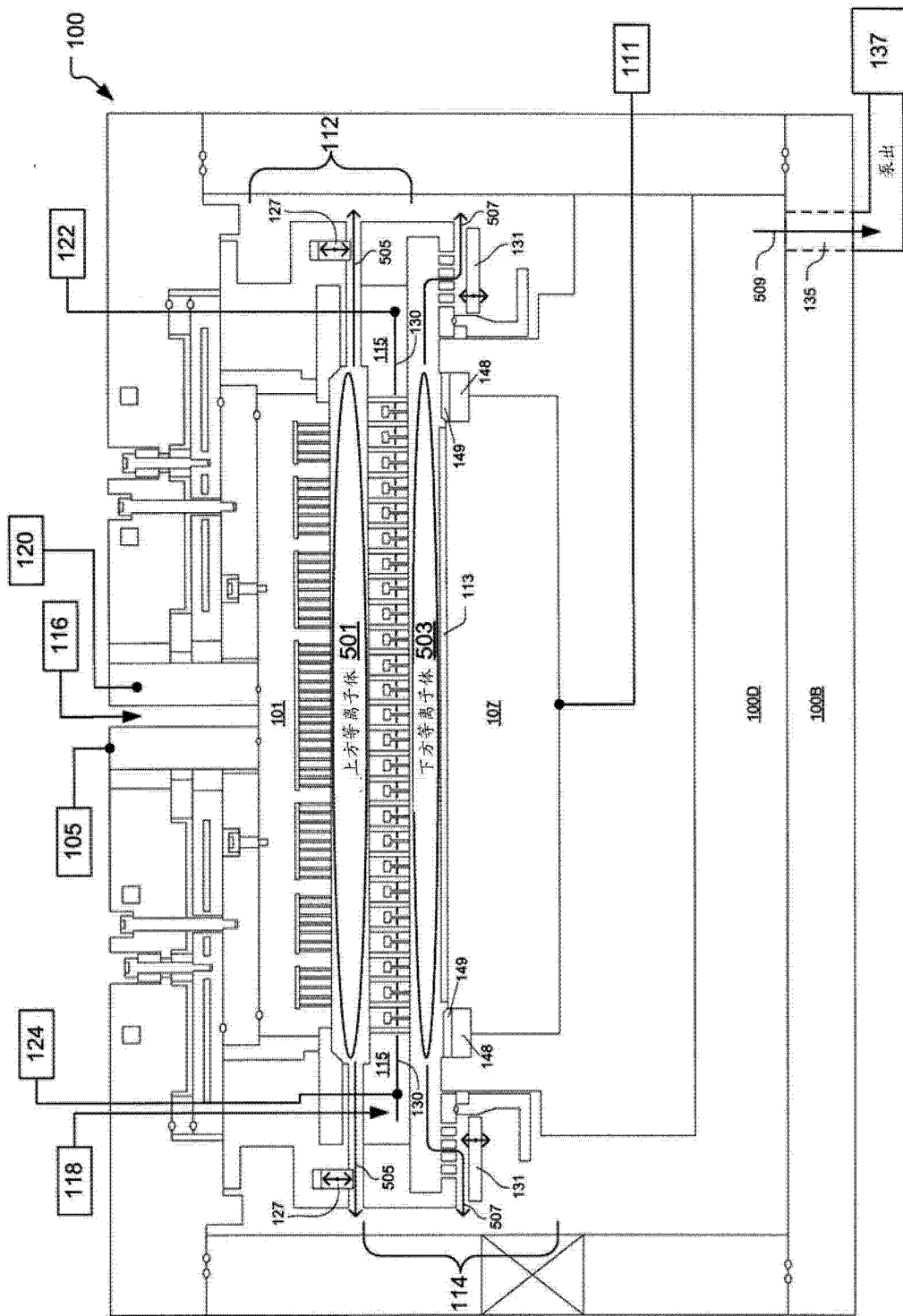


图 5