

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01L 21/205 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780042683.5

[43] 公开日 2009年10月21日

[11] 公开号 CN 101563757A

[22] 申请日 2007.11.12

[21] 申请号 200780042683.5

[30] 优先权

[32] 2006.11.17 [33] US [31] 11/601,293

[86] 国际申请 PCT/US2007/084465 2007.11.12

[87] 国际公布 WO2008/061069 英 2008.5.22

[85] 进入国家阶段日期 2009.5.18

[71] 申请人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 列扎·S.M.·萨贾迪 黄志松
乔斯·唐·萨姆 艾瑞克·H·伦兹
拉金德尔·德辛德萨

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责
任公司
代理人 吴贵明

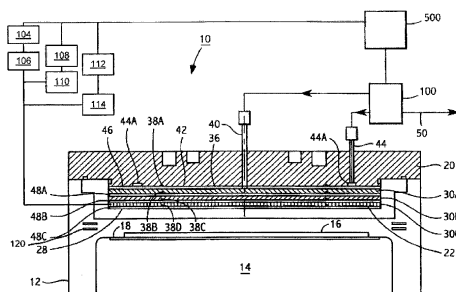
权利要求书 10 页 说明书 23 页 附图 7 页

[54] 发明名称

快速气体交换等离子处理装置

[57] 摘要

提供一种具有有电极的等离子约束区域的等离子腔。一种用于提供第一气体和第二气体的气体分配系统连接于该等离子腔，其中该气体分配系统可在小于 1 秒的时间段内将该等离子区域中的一种气体大体上替换为另一种气体。用以给该电极提供第一频率范围的能量的第一频率调谐 RF 电源电性连接于该至少一个电极，其中该第一频率调谐 RF 电源能够最小化反射的 RF 能量。用以给该等离子腔提供第二频率范围的能量的第二频率调谐 RF 电源，该第二频率范围在该第一频率范围以外，其中该第二频率调谐 RF 电源能够最小化反射的 RF 能量。



1. 一种等离子晶片处理工具，包含：

等离子腔，其具有等离子约束区域和至少一个电极，该等离子约束区域具有一定体积；

用于提供第一气体和第二气体的气体分配系统，其中该气体分配系统可以在小于 1 秒的时间段内将该等离子区域中的该第一气体和该第二气体中的一种大体上替换为该第一气体和该第二气体中的另一种，其中在该等离子区域内由该第一气体形成的第一等离子体提供第一阻抗负载，而在该等离子区域内由该第二气体形成的第二等离子体提供不同于该第一阻抗负载的第二阻抗负载；

第一频率调谐 RF 电源，以向该至少一个电极提供在第一频率范围的能量，其中该第一频率调谐 RF 电源能够接受反射的 RF 能量并调谐输出 RF 频率以最小化该反射的 RF 能量；
及

第二频率调谐 RF 电源，以向该等离子腔提供在第二频率范围的能量，该第二频率范围在该第一频率范围以外，其中该第二频率调谐 RF 电源能够接受反射的 RF 能量并调谐输出 RF 频率以最小化该反射的 RF 能量。

2. 根据权利要求 1 所述的等离子晶片处理工具，其中该第一频率调谐 RF 电源能够提供第一频率，以阻抗匹配该第一阻抗负载，以及第二频率，以阻抗匹配该第二阻抗负载，其中该第一频率不同于该第二频率。

3. 根据权利要求 1-2 中任一项所述的等离子晶片处理工具, 其中该第二频率调谐 RF 电源能够提供第三频率以阻抗匹配该第一阻抗负载, 以及第四频率以阻抗匹配该第二阻抗负载, 其中该第四频率不同于该第一、第二和第三频率。
4. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的等离子晶片处理工具, 其中该气体分配系统可以在小于 200 毫秒的时间段内将该等离子区域中的该第一气体或该第二气体大体上替换为该第一气体或该第二气体中的另一种。
5. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的等离子晶片处理工具, 其中该等离子腔进一步包含:
 - 该等离子腔内用于支撑晶片的基板支架; 及
 - 与该基板支架间隔小于 3 厘米的腔顶。
6. 根据权利要求 5 所述的等离子晶片处理工具, 进一步包含与该腔顶和该基板支架间隔开的约束环。
7. 根据权利要求 6 所述的等离子晶片处理工具, 其中该约束环、该基板支架和该腔顶的内部限定了该等离子区域。
8. 根据权利要求 1-7 中任一项所述的等离子晶片处理工具, 其中该第一频率调谐 RF 电源和该第二频率调谐 RF 电源在小于 1MHz 的范围内调谐该输出 RF 频率。
9. 根据权利要求 1-8 中任一项所述的等离子晶片处理工具, 其中该气体分配系统包含:
 - 第一气体通道和第二气体通道, 适于与第一气体管线流体连通;

第三气体通道和第四气体通道，适于与第二气体管线流体连通，该第一和第三气体通道适于向该真空腔供应气体，且该第二和第四气体通道适于向旁路管线供应气体；

沿该第一气体管道设置的第一快速切换阀门；

沿该第二气体管道设置的第二快速切换阀门；

沿该第三气体管道设置的第三快速切换阀门；

沿该第四气体管道设置的第四快速切换阀门；

该第一和第四快速切换阀门适于在该第二和第三快速切换阀门关闭时接收打开信号，从而该第一气体通过该第一气体管线和该第一和第三气体通道被供应到该真空腔，而该第二气体通过该第二气体管线和该第二和第四气体通道被供应到该旁路管线；及

该第二和第三快速切换阀门适于在该第一和第四快速切换阀门关闭时接收打开信号，从而该第二气体通过该第二气体管线和该第三气体通道被供应到该真空腔，而该第一气体通过该第一气体管线和该第二气体通道被供应到该旁路管线。

10. 根据权利要求9所述的等离子晶片处理工具，其中该气体分配系统进一步包含：

第一气流限制器，适于沿着该第一气体管线设置到该第一和第二快速切换阀门的上游；及

第二气流限制器，适于沿着该第二气体管线设置到该第三和第四快速切换阀门的上游；

其中该第一和第二气流限制器适于在该第一和第二气体管线中该第一和第二气流限制器的上游附近区域保持近似恒定的气压。

11. 根据权利要求 10 所述的等离子晶片处理工具，其中该第一气体管线在该第一气流限制器和该第一及第二快速切换阀门之间的体积小于约 10 立方厘米，且该第二气体管线在该第二气流限制器和该第三及第四快速切换阀门之间的体积小于约 10 立方厘米。
12. 根据权利要求 1-11 中任一项所述的等离子晶片处理工具，其中该气体分配系统进一步包含：
 - 第三气流限制器，适于沿着该第一气体通道设置到该第一快速切换阀门的下游；
 - 第四气流限制器，适于沿着该第二气体通道设置到该第二快速切换阀门的下游；
 - 第五气流限制器，适于沿着该第三气体通道设置到该第三快速切换阀门的下游；
 - 第六气流限制器，适于沿着该第四气体通道设置到该第四快速切换阀门的下游；其中该第三、第四、第五、第六气流限制器适于在该第一、第二、第三和第四气体通道中各自的该第一、第二、第三、第四、第五和第六气流限制器的上游附近区域保持近似恒定的气压。
13. 根据权利要求 9-12 中任一项所述的等离子晶片处理工具，进一步包含可操作的控制器，以控制该第一、第二、第三和第四快速切换阀门的打开和关闭。
14. 根据权利要求 9-13 中任一项所述的等离子晶片处理工具，其中该第一、第二、第三和第四快速切换阀门可以在收到信号后在小于约 100 毫秒的时间段内打开和/或关闭。

15. 根据权利要求 1-14 中任一项所述的等离子晶片处理工具，进一步包含具有内部区域和外部区域的气体分配构件，该内部区域和外部区域彼此气流隔离。
16. 根据权利要求 15 所述的等离子晶片处理工具，其中该气体分配系统包含：
 - 气体供应系统，提供该第一气体和该第二气体；
 - 气流控制系统，与该气体供应系统流体连通，其将该第一气体的气流分为该第一气体的内部区域气流和该第一气体的外部区域气流，并将该第二气体的气流分为该第二气体的内部区域气流和该第二气体的外部区域气流；及
 - 交换区，在该气流控制系统和该气体分配构件的该内部区域和外部区域之间流体连通，其中该交换区将流向该气体分配构件的该内部区域的气流在该第一气体的该内部区域气流和该第二气体的该内部区域气流之间切换，且其中该交换区将流向该气体分配构件的该外部区域的气流在该第一气体的该外部区域气流和该第二气体的该外部区域气流之间切换。
17. 根据权利要求 16 所述的等离子晶片处理工具，进一步包含旁路管线，其中该交换区还切换该第一气体的该内部区域气流、该第二气体的该内部区域气流、该第一气体的该外部区域气流和该第二气体的该外部区域气流到该旁路管线。
18. 根据权利要求 17 所述的等离子晶片处理工具，其中该气流控制系统进一步包含调谐气体源，该调谐气体源在该第一气体的气流被分为该第一气体的该内部区域气流和该第一气体的该外部区域气流之后，与该第一气体的内部区域气流或该第一气体的外部区域气流中的至少一个流体连通。

19. 一种等离子处理装置，包含：

等离子处理腔，其包括具有内部和外部区域的喷淋头电极总成，其内部体积为约 1/2 升到 4 升；

与该喷淋头电极总成的该内部和外部区域流体连通的气体分配系统，其中该气体分配系统是可操作的，能够在小于约 1 秒的时间段内将该等离子约束区域内的第一工艺气体或第二工艺气体替换为该第一工艺气体或该第二工艺气体中的另一种，包含：

气体供应系统，其提供该第一工艺气体和该第二工艺气体；及

气流控制系统，其与该气体供应系统流体连通，其将该第一工艺气体的气流分为该第一工艺气体的内部区域气流和该第一工艺气体的外部区域气流，并将该第二工艺气体的气流分为该第二工艺气体的内部区域气流和该第二工艺气体的外部区域气流；

交换区，在该气流控制系统和该气体分配构件的该内部区域和外部区域之间流体连通，其中该交换区将流向该气体分配构件的该内部区域的气流在该第一工艺气体的该内部区域气流和该第二工艺气体的该内部区域气流之间切换，且其中该交换区将流向该气体分配构件的该外部区域的气流在该第一工艺气体的该外部区域气流和该第二工艺气体的该外部区域气流之间切换。

第一频率调谐 RF 电源，以向该等离子处理装置提供在第一频率范围的能量，其中该第一频率调谐 RF 电源能够接受反射的 RF 能量并调谐输出 RF 频率以最小化该反射的 RF 能量；及

第二频率调谐 RF 电源, 以向该等离子处理装置提供在第二频率范围的能量, 该第二频率范围在该第一频率范围以外, 其中该第二频率调谐 RF 电源能够接受反射的 RF 能量并调谐输出 RF 频率以最小化该反射的 RF 能量。

20. 根据权利要求 19 所述的等离子处理装置, 进一步包含旁路管线, 其中该交换区还切换该第一工艺气体的该内部区域气流、该第二工艺气体的该内部区域气流、该第一工艺气体的该外部区域气流和该第二工艺气体的该外部区域气流到该旁路管线。
21. 根据权利要求 19-20 中任一项所述的等离子处理装置, 其中该气流控制系统进一步包含调谐气体源, 该调谐气体源在该第一工艺气体的气流被分为该第一工艺气体的该内部区域气流和该第一工艺气体的该外部区域气流之后, 与该第一工艺气体的内部区域气流或第一工艺气体的外部区域气流中的至少一个流体连通。
22. 根据权利要求 19-21 中任一项所述的等离子处理装置, 其中该第一频率调谐 RF 电源能够提供第一频率, 以阻抗匹配由该第一工艺气体形成的等离子体的第一阻抗负载, 以及第二频率, 以阻抗匹配由该第二等离子气体形成的等离子体的第二阻抗负载, 其中该第一频率不同于该第二频率, 且该第二频率调谐 RF 电源能够提供第三频率以阻抗匹配该第一阻抗负载, 以及第四频率以阻抗匹配该第二阻抗负载, 其中该第四频率不同于该第一、第二和第三频率。
23. 一种在等离子处理腔中处理半导体结构的方法, 包含:
 - a) 将第一工艺气体供应到该等离子处理腔, 同时将第二工艺气体转移到旁路管线, 该等离子处理腔包含半导体基板, 该半导体基板包括至少一层和覆盖在该层上的图形化光阻掩模;

b)将该第一工艺气体能量化以产生具有第一阻抗负载的第一等离子体并(i)在该层内刻蚀至少一个特征或(ii)在该掩模上形成聚合物沉积;

c)将第一 RF 电源频率调谐至第一频率,以匹配该第一阻抗负载;

d)将第二 RF 电源频率调谐至不同于该第一频率的第二频率,以匹配该第一阻抗负载;

e)交换该第一和第二工艺气体的气流,从而将该第二工艺气体供应到该等离子处理腔,同时将该第一工艺气体转移到该旁路管线,在小于约 1 秒的时间段内将该等离子处理腔的等离子约束区域内的该第一工艺气体大体替换为该第二工艺气体;

f)将该第二工艺气体能量化以产生具有不同于该第一阻抗负载的第二阻抗负载的第二等离子体并(iii)在该层内刻蚀该至少一个特征或(iv)在该层和该掩模上形成聚合物沉积;

g)将第一 RF 电源频率调谐至不同于该第一和第二频率的第三频率,以匹配该第二阻抗负载;

h)将第二 RF 电源频率调谐至不同于该第一、第二和第三频率的第四频率,以匹配该第二阻抗负载;

i)交换该第一和第二工艺气体的气流,从而将该第一工艺气体供应到该等离子处理腔,同时将该第二工艺气体转移到该旁路管线,在小于约 1 秒的时间段内将该等离子处理腔的等离子约束区域内的该第二工艺气体大体替换为该第一工艺气体;
及

j)对该基板重复 b)-i)多次。

24. 根据权利要求 23 所述的方法,其中该小于约 1 秒的时间段小于 200 毫秒。

25. 根据权利要求 23-24 中任一项所述的方法, 其中在对基板重复 a)-i) 多次之后, 形成的该聚合物沉积的最大厚度小于约 100 埃。
26. 根据权利要求 23-25 中任一项所述的方法, 进一步包含:
将该第一工艺气体的气流分为内部区域气流和外部区域气流, 其中该将第一该工艺气体供应到该等离子处理腔的步骤将该内部区域气流提供到该处理腔的内部区域, 并将该外部区域气流提供到该处理腔的外部区域。
27. 根据权利要求 26 所述的方法, 进一步包含将调谐气体提供到该第一工艺气体的该内部区域气流和该第一工艺气体的该外部区域气流中的至少一个, 其中该调谐气体在该将该第一工艺气体的气流分开后提供。
28. 根据权利要求 23-27 中任一项所述的方法, 其中该第一等离子体在该层内刻蚀该至少一个特征, 且该第二等离子体在该层和该掩模上形成沉积, 该沉积修复该掩模内的光条纹。
29. 根据权利要求 23-28 中任一项所述的方法, 其中该等离子约束区域的体积为约 1/2 升到约 4 升。
30. 根据权利要求 23-29 中任一项所述的方法, 其中:
该第一层是 SiO_2 ;
该掩模是 UV-光阻掩模;
该第一工艺气体包含 C_4F_8 、 O_2 和氩的混合物, 且该第一等离子体刻蚀该层; 及
该第二工艺气体包含 CH_3F , 氩以及可选地 O_2 的混合物, 且该第二等离子体在该特征和该掩模上形成该聚合物沉积。

-
31. 根据权利要求 23-30 中任一项所述的方法，其中调谐该第一 RF 电源到第一频率以匹配该第一阻抗负载的频率，和调谐该第一 RF 电源到第三频率以匹配该第二阻抗负载的频率，使用匹配盒以部分匹配该第一阻抗负载和第三阻抗负载，并使用频率调谐以提供该第一阻抗负载和该第二组抗负载的最终匹配。

快速气体交换等离子处理装置

背景技术

[0001]半导体结构是在等离子处理装置中处理的，该等离子处理装置包括等离子处理腔、向该腔内供应气体的气体源以及利用工艺气体制造等离子体的电源。在这种装置中处理半导体结构的技术包括干法刻蚀工艺、沉积工艺（例如化学气相沉积（CVD）、物理气相沉积、或对金属的等离子增强化学气相沉积（PECVD）、电介质和半导体材料和电阻剥离工艺。在这些处理技术中使用了不同的工艺气体，并对半导体结构的不同材料进行了处理。

发明内容

[0002]为了完成前述目标并根据本发明的目的，提供一种等离子晶片处理工具。提供具有等离子约束区域和至少一个电极的等离子腔，该等离子约束区域具有一定体积。用于提供第一气体和第二气体的气体分配系统连接于该等离子腔，其中该气体分配系统可以在小于1秒的时间段内将该等离子区域中的该第一气体和该第二气体中的一种大体上替换为该第一气体和该第二气体中的另一种，其中在该等离子区域内由该第一气体形成的第一等离子体提供第一阻抗负载，且其中在该等离子区域内由该第二气体形成的第二等离子体提供不同于该第一阻抗负载的第二阻抗负载。用以向该至少一个电极提供第一频率范围的能量的第一频率调谐RF电源电性连接于该至少一个电极，其中该第一频率调谐RF电源能够接受反射的RF能量并调谐输出RF频率以最小化该反射的RF能量。第二频率调谐RF电源，以向该等离子腔提供在第二频率范围的能量，该第二频

率范围在该第一频率范围以外，其中该第二频率调谐RF电源能够接受反射的RF能量并调谐输出RF频率以最小化该反射的RF能量。

[0003]在本发明的另一种表现方式中，提供一种等离子处理装置。提供一种等离子处理腔，其包括具有内部和外部区域的喷淋头电极总成，其内部体积为约1/2升到4升。与该喷淋头电极总成的该内部和外部区域流体连通的气体分配系统，其中该气体分配系统是可操作的，能够在小于约1秒的时间段内将该等离子约束区域内的第一工艺气体或第二工艺气体替换为该第一工艺气体或该第二工艺气体中的另一种。该气体分配系统包含气体供应系统，其提供该第一工艺气体和该第二工艺气体，气流控制系统，与该气体供应系统流体连通，其将该第一工艺气体的气流分为该第一工艺气体的内部区域气流和该第一工艺气体的外部区域气流，并将该第二工艺气体的气流分为该第二工艺气体的内部区域气流和该第二工艺气体的外部区域气流，以及交换区，在该气流控制系统和该气体分配构件的该内部区域和外部区域之间流体连通，其中该交换区将流向该气体分配构件的该内部区域的气流在该第一工艺气体的该内部区域气流和该第二工艺气体的该内部区域气流之间切换，且其中该交换区将流向该气体分配构件的该外部区域的气流在该第一工艺气体的该外部区域气流和该第二工艺气体的该外部区域气流之间切换。第一频率调谐RF电源，以向该等离子处理装置提供在第一频率范围的能量，其中该第一频率调谐RF电源能够接受反射的RF能量并调谐输出RF频率以最小化该反射的RF能量。第二频率调谐RF电源，以向该等离子处理装置提供在第二频率范围的能量，该第二频率范围在该第一频率范围以外，其中该第二频率调谐RF电源能够接受反射的RF能量并调谐输出RF频率以最小化该反射的RF能量。

[0004]在本发明的另一种表现方式中，提供一种在等离子处理腔中处理半导体结构的方法。a) 将第一工艺气体供应到该等离子处

理腔，同时将第二工艺气体转移到旁路管线，该等离子处理腔包含半导体基板，该半导体基板包括至少一层和覆盖在该层上的图形化光阻掩模。b)将该第一工艺气体能量化以产生具有第一阻抗负载的第一等离子体并(i)在该层内刻蚀至少一个特征或(ii)在该掩模上形成聚合物沉积。c)将第一RF电源频率调谐至第一频率，以匹配该第一阻抗负载。d)将第二RF电源频率调谐至不同于该第一频率的第二频率，以匹配该第一阻抗负载。e)交换该第一和第二工艺气体的气流，从而将该第二工艺气体供应到该等离子处理腔，同时将该第一工艺气体转移到该旁路管线，在小于约1秒的时间段内将该等离子处理腔的等离子约束区域内的该第一工艺气体大体替换为该第二工艺气体。f)将该第二工艺气体能量化以产生具有不同于该第一阻抗负载的第二阻抗负载的第二等离子体并(iii)在该层内刻蚀该至少一个特征或(iv)在该层和该掩模上形成聚合物沉积。g)将第一RF电源频率调谐至不同于该第一和第二频率的第三频率，以匹配该第二阻抗负载。h)将第二RF电源频率调谐至不同于该第一、第二和第三频率的第四频率，以匹配该第二阻抗负载。i)交换该第一和第二工艺气体的气流，从而将该第一工艺气体供应到该等离子处理腔，同时将该第二工艺气体转移到该旁路管线，在小于约1秒的时间段内将该等离子处理腔的等离子约束区域内的该第二工艺气体大体替换为该第一工艺气体。j)对该基板重复b)-i)多次。

[0005]下面结合附图，在本发明的具体实施方式部分，对本发明的这些特征以及其他特征做出更加详细的说明。

附图说明

[0006]本发明是通过附图中的图示实施例的方式进行描述的，而不是通过限定的方式描述的，其中同类的参考标号指示类似的元件，其中：

[0007]图1是可以使用该气体分配系统的优选实施方式的等离子处理装置的示例性实施方式的横断面视图。

[0008]图2描绘了该气体分配系统的一种优选实施方式。

[0009]图3描绘了该气体分配系统的气体供应区的优选实施方式。

[0010]图4描绘了该气体分配系统的气流控制区的优选实施方式。

[0011]图5描绘了该气体分配系统的气体交换区的第一优选实施方式。

[0012]图6描绘了该气体分配系统的该气体交换区的第二优选实施方式。

[0013]图7描绘了该气体分配系统的该气体交换区的第三优选实施方式。

具体实施方式

[0014]用于处理半导体材料（例如形成在硅晶片等半导体基板上的半导体器件）的等离子处理装置包括等离子处理腔和气体分配系统，该气体分配系统向该等离子处理腔供应工艺气体。该气体分配系统可以在等离子处理过程中将气体分配到跨越基板表面的单一区域或多个区域。该气体分配系统可以包括气流控制器，以控制流向该区域的相同或不同的工艺气体或气体混合物的气流比率，从而允许对气体流动和气体构成的跨基板（across-substrate）一致性的进程中（in-process）调整。

[0015]尽管多个区域气体分配系统可以提供相对于单一区域系统更好的气流控制，然而，其可能需要提供这样的系统，该系统具有一种装置，该装置允许在基板处理操作中在很短的时间段内改变气体构成和/或气体流动。

[0016]提供一种气体分配系统，以向腔内供应不同的气体构成和/或气流比率。在一个优选实施方式中，采用该气体分配系统与真空腔（比如等离子处理装置的等离子处理腔）内部流体连通，并提供可在处理操作中向该真空腔内供应不同的气体化学成分和/或气流速率的能力。该等离子处理装置可以是低密度、中等密度或高密度的等离子反应室，包括使用RF能量、微波能量、磁场之类来制造等离子体的能源。例如，该高密度等离子体可以是在变压器耦合等离子（TCPTM）反应室（也被称为感应耦合等离子反应室）、电子回旋共振（ECR）等离子反应室、电容型放电或类似装置中制造的。典型的可以使用该等离子分配系统的优选实施方式的等离子反应室包括ExelanTM等离子反应室，例如2300 ExelanTM等离子反应室，可从位于加利福尼亚州弗里蒙特的朗姆研究公司获得。在等离子刻蚀工艺中，可以对具有电极和静电卡盘的基板支架施加多个频率。或者，在双频等离子反应室中，可以对基板支架和与基板间隔的电极（例如喷淋头电极）施加不同的频率。

[0017]该气体分配系统的一个优选实施方式可以通过单一区域或多个区域（优选地，与要处理的基板的暴露表面毗连的气体分配构件的至少一内部区域和外部区域）向等离子处理腔等真空腔的内部供应第一气体。该等离子处理腔内的该内部区域和外部区域彼此呈放射状间隔，而且，优选地，气流隔离。该气体分配系统可以通过旁路管线同时向真空腔转移不同于该第一气体的第二气体。该旁路管线可与真空泵等流体连通。在一个优选实施方式中，该第一气体是第一工艺气体而该第二气体是不同的工艺气体。例如，该第一

气体可以是第一刻蚀气体化学成分或沉积气体化学成分，而该第二气体可以是不同的刻蚀气体化学成分或沉积气体化学成分。该气体分配系统可以分别向该内部区域和该外部区域同时提供该第一气体的不同的受控流速，同时将该第二气体转移到该旁路管线中，或者相反。通过转移其中一种气体到该旁路管线中，可以在短时间内获得供应到该真空腔内的气体的转换。

[0018]该气体分配系统包括交换装置，该交换装置允许短时间内在供应到该真空腔内部的第一和第二气体之间气体切换，或气体转换，该真空腔包括单一区域或多个区域。对于多区域系统，该气体分配系统可以供应该第一气体到该内部区域和外部区域，而该第二气体可以被转移到该旁路管线中，然后在短时间内切换该气体分配从而该第二气体被供应到该内部区域和外部区域而该第一气体被转移到该旁路管线中。该气体分配系统可以交替供应该第一和第二气体到该真空腔的内部，每种气体供应一个需要的时间段以允许在使用不同气体化学成分的不同处理操作之间的快速切换，例如，交替进行处理半导体器件的方法的各步骤。在一个优选实施方式中，该方法步骤可以是不同的刻蚀步骤，例如，较快地刻蚀步骤（如主刻蚀）和相对较慢的刻蚀步骤（如过刻蚀步骤）、刻蚀步骤和材料沉积步骤，或者向基板上沉积不同材料的不同的材料沉积步骤。

[0019]在该气体分配系统的一个优选实施方式中，在真空腔中的限定区域（优选地，等离子约束区域）的一定体积的气体构成，可以在很短的时间段内被引入该真空腔的另一种气体构成替换（即冲走）。通过在该气体分配系统中提供具有快速切换能力的阀门，这种气体替换可，优选地，在小于约1秒内完成，更优选地，在小于约200毫秒内完成。对于处理200毫米或300毫米晶片的等离子处理腔来说，该等离子约束区域可以具有约1/2升到约4升的体积。该

等离子约束区域可由一叠约束环限定，像在共同持有的美国专利5,534,751中揭露的一样，其内容皆由引用而全部纳入此处。

[0020]图1描绘了可以使用该气体分配系统**100**的实施方式的典型的半导体材料等离子处理装置**10**。该装置**10**包含真空腔或等离子处理腔**12**，腔**12**具有包含基板支架**14**的内部，在等离子处理过程中，基板**16**位于该基板支架**14**上。该基板支架**14**包括夹持装置，优选地，是电子卡盘**18**，其是可操作的，以在处理过程中夹持基板支架**14**上的该基板**16**。该基板可以被定焦环和/或边沿环、地面突起或其他部件（例如共同持有的美国专利申请US 2003/0029567中揭露的部件，其内容皆由引用而全部纳入此处）围绕。

[0021]在一个优选实施方式中，该等离子处理腔**12**包括等离子约束区域，该等离子约束区域的体积为约1/2升到约4升，优选地，为约1升到约3升。例如，该等离子处理腔**12**可包括约束环装置以限定该等离子约束区域，例如在共同持有的美国专利5,534,751中揭露的，其内容皆由引用而全部纳入此处。该气体分配系统可以在小于约1秒优选小于约200毫秒的时间段内替换等离子约束区域中这么大体积的气体为另一种气体，而基本不会出现反扩散。约束机构，例如约束环**120**，可以限制该等离子体积与该处理装置**12**内部位于该等离子体积之外的部分的流体连通。

[0022]基板**16**可包括基底材料，例如硅晶片；底层材料上面的要被处理（例如刻蚀）的材料制成的中间层；以及该中间层上面的掩模层。该中间层可以是导电、电介质、或半导体材料。该掩模层可以是图形化的光阻材料，具有用于在该中间层和/或一个或多个其他层内刻蚀想要的特征（例如孔、通孔或沟槽）的开口样式。在该基底层和该掩模层之间，该基板可以包括其他由导电、电介质或半导体材料制成的层，取决于该基底材料上形成的半导体器件的类型。

[0023]典型的可以被处理的电介质材料是，例如，掺杂的氧化硅（例如氟化氧化硅）、非掺杂的氧化硅（例如二氧化硅）、旋涂玻璃（spin-on glass）、硅玻璃、掺杂或非掺杂热氧化硅以及掺杂或非掺杂的TEOS沉积氧化硅。这样的电介质材料可以覆盖到导体或半导体层上，例如多晶硅、金属（例如铝、铜、钛、钨、钼及其合金）、氮化物（例如氮化钛）和金属硅化物（例如硅化钛、硅化钨和硅化钼）。

[0024]图1中显示的典型的等离子处理装置**10**包括具有支撑板**20**的喷淋头电极总成（该支撑板**20**形成了等离子腔的壁）以及连接于该支撑板的喷淋头**22**。屏蔽总成位于该喷淋头**22**和该支撑板**20**之间以将工艺气体均匀地分配到该喷淋头的背侧**28**。该屏蔽总成可以具有一个或多个屏蔽板。在该实施方式中，该屏蔽总成包括屏蔽板**30A**、**30B**和**30C**。开放空间**48A**、**48B**和**48C**被限定于该屏蔽板**30A**、**30B**和**30C**之间，以及该屏蔽板**30C**和喷淋头**22**之间。该屏蔽板**30A**、**30B**和**30C**以及喷淋头**22**包括贯穿通道以将工艺气体流通到等离子处理腔**12**的内部。

[0025]第一频率调谐RF电源**104**可控地连接于控制器**500**并通过第一机械匹配盒**106**向该喷淋头电极**22**提供能量。该第一频率调谐RF电源**104**提供可变频率，在本实施方式中该频率范围为1.7MHz到2.2MHz，因此2MHz位于该可变频率范围内。形成该第一频率调谐RF电源是为了接收并测量输出能量和反射的RF能量，并使频率在1.7MHz到2.2MHz之间变化以最小化从该第一频率调谐RF电源**104**反射的RF能量。

[0026]第二频率调谐RF电源**108**可控地连接于控制器**500**并通过第二机械匹配盒**110**向该喷淋头电极**22**提供能量。该第二频率调谐RF电源**108**提供可变频率，在本实施方式中该频率范围为26.7MHz到27.2MHz，因此27MHz位于该可变频率范围内。形成该

第二频率调谐RF电源是为了接收并测量输出能量和反射的RF能量，并使频率在26.7MHz到27.2MHz之间变化以最小化从该第二频率调谐RF电源**108**反射的RF能量。

[0027]第三频率调谐RF电源**112**可控地连接于控制器**500**并通过第三机械匹配盒**114**向该喷淋头电极**22**提供能量。该第三频率调谐RF电源**112**提供可变频率，在本实施方式中该频率范围为59.7MHz到60.2MHz，因此60MHz位于该可变频率范围内。形成该第三频率调谐RF电源**112**是为了接收并测量输出能量和反射的RF能量，并使频率在59.7MHz到60.2MHz之间变化以最小化从该第三频率调谐RF电源**112**反射的RF能量。

[0028]在本实施例中，该第一、第二和第三频率调谐RF电源的频率变化的幅度为0.5MHz，从而提供RF调谐。在其他实施方式中，该频率调谐RF电源变化的幅度小于2MHz。更优选地，该频率调谐RF电源的频率变化的幅度小于1MHz。该调谐幅度应当足够大，以最小化反射的能量，还应当足够小以允许快速调谐。

[0029]在该实施例中，该板**20**和该屏蔽板**30A**之间的空间以及该屏蔽板**30A**、**30B**和**30C**之间的该空间**48A**、**48B**和**48C**被O-环等密封装置**38a**、**38b**、**38c**、**38d**分割为内部区域**42**和外部区域**46**。气体分配系统**100**，优选地，在该控制器**500**的控制下，可以通过该气体分配系统**100**向该内部区域**42**和外部区域**46**供应具有各自不同的气体化学成分和/或气流速率的工艺气体。从内部区域气体供应**40**向该内部区域**42**供应气体，并从外部区域气体供应**44**将气体供应到环形通道**44a**，然后供应至该外部区域**46**。该工艺气体流过该屏蔽板**30A**、**30B**和**30C**以及该喷淋头**22**之间的通道并流入该等离子处理腔**12**的内部。

[0030]在其他优选实施方式中，等离子处理装置**10**可包括气体注射系统，以将工艺气体注射入该等离子处理腔。例如，该气体注射系统可以具有在共同持有的美国专利申请09/788,365、美国专利申请10/024,208、美国专利6,013,155或美国专利6,270,862中所揭露的配置，上述专利的内容皆由引用而全部纳入此处。

[0031]通过电源，例如驱动的电极**22**的RF电源，或该基板支架**14**内驱动电极的电源，在该等离子处理腔**12**中将该工艺气体能量化为等离子状态。当不同的气体构成被供应到该等离子处理腔**12**时，应用到电极**22**的RF电源可以变化，优选地，在小于约1秒的时间段内，更优选地，在小于200毫秒的时间段内。气体构成的改变可以改变来自气体的负载或阻抗。该第一、第二和第三RF电源**104**、**108**和**112**可具有机械阻抗匹配装置，但是这样的装置没有快到当供应不同的气体构成时在小于约1秒的时间段内可以匹配变化的阻抗。因此，该第一、第二和第三RF电源具有可变频率，并能够测量输出和反射的RF能量，并变化该频率以最小化反射的RF能量。最小化反射的RF能量可以通过匹配盒匹配来自该处理腔内的等离子体的负载的阻抗与该RF电源。

[0032]图2显示了一个优选实施方式，其中该气体分配系统**100**包括气体供应区**200**、气流控制区**300**以及气体交换区**400**，该三个区域互相之间流体连通。优选地，该气体分配系统**100**还包括控制器**500**（图1），该控制器**500**可控地连接于该气体供应区**200**、气流控制区**300**和气体交换区**400**，以控制其操作。

[0033]在该气体分配系统**100**中，该气体供应区**200**可以将不同的气体，例如第一和第二工艺气体，通过各自的第一和第二气体管线**235**、**245**供应到该气流控制区**300**。该第一和第二气体可以具有彼此不同的构成和/或气体流速。

[0034]该气流控制区**300**是可操作的，以控制供应到该气体交换区**400**的不同气体的流速，可选地，还可以调整气体的构成。该气流控制区**300**可以通过气体通道**324**、**326**和**364**、**366**将不同流速和/或化学成分的第一和第二气体分别供应到该交换区**400**。而且，供应到该等离子处理腔**12**的第一气体和/或第二气体(同时其他的气体可以被转移到旁路管线**50**中，该旁路管线**50**流体连通于真空泵系统，例如在涡轮泵和低真空泵之间)的流速和/或化学成分对于该内部区域**42**和该外部区域**46**可以是不同的。相应地，该气流控制区**300**可在基板**16**上提供想要的气流和/或气体化学成分，从而提高基板处理的一致性。

[0035]在该气体分配系统**100**中，交换区**400**是可操作的，以在一个很短的时间段内从该第一气体切换到该第二气体，从而允许在单一或多个区域(例如该内部区域**42**和该外部区域**46**)中用该第二气体代替该第一气体，同时将该第一气体转移到该旁路管线中，或者相反。优选地，该气体交换区**400**可在该第一和第二气体间切换，而在两种气流中都不会发生不想要的气压突变和气流的不稳定。如果需要，该气体分配系统**100**可以保持流经该等离子处理腔**12**的该第一和第二气体的大体恒定的连续体积的流速。

[0036]图3显示了该气体分配系统**100**的该气体供应区**200**的一种优选实施方式。该气体供应区**200**优选地连接于该控制器**500**，以控制气流控制元件(例如阀门和气流控制器)的操作，以允许对该气体供应区**200**供应的两种或多种气体的构成进行控制。在该实施方式中，该气体供应区**200**包括多个气体源**202**、**204**、**206**、**208**、**210**、**212**、**214**和**216**，每一个都流体连通于该第一气体管线**235**和该第二气体管线**245**。这样，该气体供应区**200**就可以向该等离子处理腔**12**供应多种不同的想要的气体混合物。该气体分配系统**100**内包括的气体源的数目不限于任何特定的气体源数目，但优选地包含

至少两个不同的气体源。例如，该气体供应区**200**可以包括比图3中的实施方式包括的8个气体源更多或者更少的气体源。例如，该气体供应区**200**可包括2、3、4、5、10、12、16或更多的气体源。由各自的气体源供应的不同的气体包括单独气体（例如O₂、Ar、H₂、Cl₂、N₂等，以及气态的碳氟和/或氟代烃化合物，如CF₄、CH₃F等）。在一个优选实施方式中，该等离子处理腔是刻蚀腔而该气体源**202-216**可以供应Ar、O₂、N₂、Cl₂、CH₃、CF₄、C₄F₈和CH₃F或CHF₃（以任何合适的顺序）。由各自的气体源**202-216**供应的特定的气体可以根据等离子处理腔**12**中想要进行的工艺（例如特定的干法刻蚀和/或材料沉积工艺）进行选择。该气体供应区**200**可以提供有关气体选择的广泛的应用，该气体可以供应以进行刻蚀工艺和/或材料沉积工艺。

[0037]优选地，该气体供应区**200**还包括至少一个调谐气体源，以调整气体构成。该调谐气体可以是，例如O₂、氩等惰性气体或碳氟或氟代烃气体（如C₄F₈）等的反应气体。在图3所示的实施方式中，该气体供应区**200**包括第一调谐气体源**218**和第二调谐气体源**219**。如下所述，该第一调谐气体源**218**和第二调谐气体源**219**可以供应调谐气体，以调整供应到该气体交换区**400**的该第一和/或第二气体的构成。

[0038]在图3所示的该气体供应区**200**的实施方式中，优选地，气流控制装置**240**设置在与该气体源**202**、**204**、**206**、**208**、**210**、**212**、**214**和**216**分别流体连通的该气体通道**222**、**224**、**226**、**228**、**230**、**232**、**234**和**236**之中，以及在与该第一调谐气体源**218**和该第二调谐气体源**219**分别流体连通的该气体通道**242**、**244**中。该气流控制装置**240**是可操作的，以控制该相关联的气体源**202-216**以及**218**和**219**供应的气体的流动。优选地，该气流控制装置**240**为质量流量控制器（MFCs）。

[0039]在图3所示的实施方式中，阀门**250**、**252**位于该气体源**202-216**中的每一个的气体通道的下游。该阀门**250**、**252**可以选择性地打开或关闭（优选地在该控制器**500**的控制下），以允许不同的气体混合物流向该第一气体管线**235**和/或该第二气体管线**245**。例如，打开与该气体源**202-216**中的一个或多个气体源有关的该阀门**252**（同时，与该气体源**202-216**的其他的气体源有关的剩余的该阀门**252**保持关闭），可以将第一气体混合物供应到该第一气体管线**235**。同样地，打开与其他的该气体源**202-216**中的一个或多个气体源有关的该阀门**250**（同时，与该气体源**202-216**的其他的气体源有关的剩余该阀门**250**保持关闭），可以将第二气体混合物供应到该第二气体管线**245**。相应地，通过该气体供应区**200**的可控操作，可以将该第一和第二气体的各种混合物和质量流速供应到该第一气体管线**235**和该第二气体管线**245**。

[0040]在一个优选实施方式中，该气体供应区**200**是可操作的，以通过该第一气体管线**235**和该第二气体管线**245**分别提供该第一和第二气体的持续气流。该第一气体或该第二气体流向该等离子处理腔**12**，而另一气体被转移到该旁路管线。该旁路管线可与真空泵或类似装置相连。通过持续供应该第一和第二气体气流，该气体分配系统**100**可以完成气流的快速转换。

[0041]图4显示了该气体分配系统**100**的该气流控制区**300**的优选实施方式。该气流控制区**300**包括第一气流控制区**305**，其与来自该气体供应区**200**的该第一气体管线**235**流体连通，以及第二气流控制区**315**，其与来自该气体供应区**200**的该第二气体管线**245**流体连通。该气流控制区**300**是可操作的，以分别控制供应到该内部区域**42**和外部区域**46**的该第一气体的比率，同时该第二气体被转移到该旁路管线中，并分别控制供应到该内部区域**42**和外部区域**46**的该第二气体的比率，同时该第一气体被转移到该旁路管线中。该第一气

流控制区**305**将第一气体管线**235**引入的该第一气体的气流分为该第一气体的两个分离的出口气流，该第二气流控制区**315**将第二气体管线**245**引入的该第二气体的气流分为该第二气体的两个分离的出口气流。该第一气流控制区**305**包括通过该交换系统**400**分别与该内部区域**42**和外部区域**46**流体连通的第一和第二气体通道**324**、**326**，该第二气流控制区**315**包括通过该交换系统**400**分别与该内部区域**42**和外部区域**46**流体连通的第一和第二气体通道**364**、**366**。

[0042]在一种优选配置中，该第一气流控制区**305**和该第二气流控制区**315**分别包括至少两个气流限制器。优选地，每个气流限制器对于穿过其中的气流有固定的限制尺寸。优选地，该气流限制器为孔。该气流限制器限制气流并在该孔的气体通道的上游和附近区域保持大体恒定的气压。优选地，该第一气流控制区**305**和该第二气流控制区**315**中的每一个都包括孔的网络，例如2个、3个、4个、5个或更多孔，优选地，每个都有不同的横断面限制尺寸，例如不同的直径或不同的横断面面积。该孔的限制尺寸小于该气体分配系统**100**的气流通道的其他部分的横断面面积。优选地，该孔为声波孔。优选地，该气流控制区**300**内的气流以严格的流动状态操作，从而，给定孔的气流传导可以由其限制尺寸和上游压力唯一确定。随着孔的气流传导的增加，通过该孔的减少使得该孔两侧的压力降低以获得给定的流速。

[0043]在图4所示的实施方式中，该第一和第二气流控制区**305**、**315**每一个都包括5个孔**330**、**332**、**334**、**336**和**338**。例如，孔**330**、**332**、**334**、**336**和**338**可以分别具有1、2、4、8和16的相对限制尺寸（例如直径）。相应地，当气流通过所有5个孔**330-338**时，该4个孔**330-336**的总的传导与单个孔**338**的传导大致相同。替代地，可以打开该4个孔**330-336**中的3个，以使得该孔**330-336**的总的传导的比率

与该孔**338**的传导不同，以向该内部区域**42**和该外部区域**46**供应不同比率的该第一气体流和该第二气体流。

[0044]另一个实施方式包括不同数目的孔，例如总共两个孔，包括该孔**338**和第二孔，该第二孔替代该多个孔**330-336**。优选地，该第二孔具有和该孔**338**一样的限制尺寸。在这种实施方式中，供应到该内部区域**42**和该外部区域**46**的该第一气体和/或该第二气体的气流比率大致为1:1。

[0045]优选地，阀门**320**分别位于该孔**330-338**中的每一个的上游，以控制该第一和第二气体向该孔的流动。例如，在该第一气流控制区**305**和/或该第二气流控制区**315**中，打开一个或多个该阀门**320**以允许该第一气体和/或该第二气体流向该关联的孔**330-336**中的一个或多个，而其他的阀门**320**打开以允许该第一和/或第二气体流向该孔**338**。

[0046]在该第一气流控制区**305**中，该孔**330-336**流体连通于该气体通道**322**。该气体通道**322**被分为该第一和第二气体通道**324**和**326**，其均与该气体交换区流体连通。一对阀门**320**位于该第一和第二气体通道**324**、**326**内以控制经由该第一控制区**305**内的该孔**330-336**中的一个或多个孔流向该内部区域**42**和/或该外部区域**46**的该第一气体的流动。在一个替代实施方式中，沿着该气体通道**324**、**326**的该对阀门**320**可以被一个单一的四路阀门代替。

[0047]在该第一气流控制区**305**中，沿着该气体通道**319**设置该孔**338**。该气体通道**319**被分为气体通道**331**、**333**，其分别与该第一和第二气体通道**324**、**326**流体连通。一对阀门**320**位于该气体通道**331**、**333**内以控制经由该孔**338**流向该第一和第二气体通道**324**、**326**的该第一气体的流动。在一个替代实施方式中，沿着该气体通道**331**、**333**的该对阀门**320**可以被一个单一的四路阀门代替。

[0048]在该第二气流控制区**315**中，沿该第一和第二气体通道**364**、**366**有一对阀门**320**，以控制经由该孔**330-336**中的一个或多个孔流向该等离子处理腔的该内部区域**42**和该外部区域**46**的该第二气体的流动。在一个替代实施方式中，沿着该气体通道**364**、**366**的该对阀门**320**可以被一个单一的四路阀门代替。

[0049]在该第二气流控制区**315**中，沿着该气体通道**359**设置该孔**338**。该气体通道**359**被分为气体通道**372**、**374**，其分别与该第一和第二气体通道**364**、**366**流体连通。一对阀门**320**位于该气体通道**372**、**374**内以控制经由该孔**338**流向该第一和/或第二气体通道**364**、**366**的该第二气体的流动。在一个替代实施方式中，沿着该气体通道**372**、**374**的该对阀门**320**可以被一个单一的四路阀门代替。

[0050]该气流控制区**300**中包括该孔**330-338**，以避免当该气体分配系统**100**将流入该等离子处理腔**12**的气体从该第一气体改变为该第二气体（或反过来）时，气流的压力突变或气流的不稳定。

[0051]在图4所示的实施方式中，该第一调谐气体源**218**（图3）的该气体通道**242**被设置为向该第一气流控制区**305**内的该第一气体通道**324**和/或第二气体通道**326**供应该第一调谐气体，以调节该第一气体构成。该第二调谐气体源**219**（图3）的该气体通道**244**被设置为向该第二气流控制区**315**内的该第一气体通道**364**和/或第二气体通道**366**供应该第二调谐气体，以调节该第二气体构成。该第一和第二调谐气体可以是相同的调谐气体或不同的调谐气体。

[0052]沿该气体通道**242**设置气流控制装置**340**（优选为MFC）。沿该气体通道**337**、**339**有阀门**320**，以分别控制流入该气体通道**326**、**324**的该第一调谐气体的流动。在一个替代实施方式中，沿该气体通道**337**、**339**的该对阀门**320**可以被一个单一的四路阀门代替。

[0053]沿该气体通道**244**设置气流控制装置**340**（优选为MFC）。沿该气体通道**376**、**378**有阀门**320**，以分别控制流入该气体通道**366**、**364**的该第二调谐气体的流动。在一个替代实施方式中，沿该气体通道**376**、**378**的该对阀门**320**可以被一个单一的四路阀门代替。

[0054]在图4所示的该气流控制区**300**的实施方式中，该第一气流控制区**305**和该第二气流控制区**315**包括布置为相同配置的相同的元件。然而，在该气体分配系统**100**的其他优选实施方式中，该第一和第二气流控制区**305**、**315**可以具有彼此不同的元件和/或不同的配置。例如，该第一和第二气流控制区**305**、**315**可以包括彼此不同数目的孔和/或具有不同限制尺寸的孔。

[0055]在该气体分配系统**100**中，该气体交换系统**400**流体连通于该气流控制区**300**和该真空腔的内部以及该第一和第二气体流向的该旁路管线。该气体交换系统**400**的第一优选实施方式如图5所示。该气体交换系统**400**可向该等离子处理腔**12**的该内部区域**42**和该外部区域**46**交替供应第一和第二气体。该气体分配系统**400**与该第一气流控制区**305**的该第一气体通道**324**和该第二气体通道**326**流体连通，并与该第二气流控制区**315**的该第一气体通道**364**和该第二气体通道**366**流体连通。沿着该气体通道**324**、**326**、**364**和**366**的每一个都有孔**430**，以防止该第一和第二气体的转换过程中发生不想要的压力突变。

[0056]该第一气流控制区**305**的该第一气体通道**324**被分为气体通道**448**、**450**，该第一气流控制区**305**的该第二气体通道**326**被分为气体通道**442**、**444**，该第二气流控制区**315**的该第一气体通道**364**被分为气体通道**452**、**454**，该第二气流控制区**315**的该第二气体通道**366**被分为气体通道**456**、**458**。在该实施方式中，该气体通道**442**与该等离子腔**12**的该外部区域**46**流体连通，该气体通道**448**与该等离子处理腔**12**的该内部区域**42**流体连通，且该气体通道**444**提供旁路

管线。该气体通道**456**与通向该外部区域**46**的该气体通道**442**流体连通。该气体通道**452**与通向该内部区域**42**的该气体通道**448**流体连通。该气体通道**450**、**454**和**458**与通向该旁路管线的该气体通道**444**流体连通。

[0057]沿该气体通道**442**、**444**、**448**、**450**、**452**、**454**、**456**和**458**中的每一个都设置有阀门**440**。在一个替代实施方式中，沿该气体通道**442**、**444**、**448**、**450**、**452**、**454**、**456**和**458**的每一对阀门**440**都可以被一个单一的四路阀门代替。该阀门**440**可以选择性地打开与关闭，优选地，在该控制器**500**的控制下，以向该腔供应第一或第二气体，同时将另一气体转移到该旁路管线中。

[0058]例如，为了向该等离子处理腔**12**的该内部区域**42**和该外部区域**46**供应第一气体，并将该第二气体转移到该旁路管线中，沿该气体通道**442**、**448**和**454**、**458**的该阀门**440**被打开，而沿该气体通道**444**、**450**和**452**、**456**的该阀门**440**被关闭。为了切换气流，从而向该等离子处理腔**12**的该内部区域**42**和该外部区域**46**供应第二气体，并将该第一气体转移到该旁路管线中，沿该气体通道**444**、**450**和**452**、**456**的该阀门**440**被打开，而沿该气体通道**442**、**448**和**454**、**458**的该阀门**440**被关闭。也就是说，第一组阀门**440**打开而第二组阀门**440**关闭以向该等离子处理腔**12**供应第一气体，然后相同的第二组阀门**440**关闭而相同的第一组阀门**440**打开以改变气流而向该等离子处理腔供应第二气体。

[0059]在该气体交换系统**400**中，该阀门**440**是快速切换阀门。此处使用的术语“快速切换阀门”指的是，在接收到该控制器**500**传来的打开或关闭信号后，可以在短时间内（优选地，小于约100毫秒，更优选的，小于约50毫秒）打开或关闭的阀门。优选地，通过接收来自该控制器**500**的打开或关闭信号来电气控制和驱动该阀门**440**。一种可以用在该气体交换系统**400**中的合适的“快速切换阀

门”是阀门型号FSR-SD71-6.35，可从位于加利福尼亚圣克拉拉的Fujikin of America公司获得。

[0060]相应地，该气体交换系统**400**可向（比如说）该真空腔的内部供应该第一气体，同时将该第二气体转移到该旁路管线中，然后，优选地，在该控制器**500**的控制下，快速的切换这些气流并向该真空腔供应该第二气体而把该第一气体转移到该旁路管线中。气体交换之前供应到该真空腔的该第一或第二气体的时间长度可以由该控制器**500**控制。优选地，该关联的孔**430**和该阀门**440**之间的该气体通道**324**、**326**、**364**和**366**的体积小于约10立方厘米。正如上面所解释的，该气体分配系统可被用于包括等离子约束区域的等离子处理腔，以在小于约1秒的时间段（更优选地，在小于约200毫秒的时间段）内替换体积为约1/2升到4升的气体，从而稳定该系统。

[0061]根据第二优选实施方式的气体交换系统**1400**如图6所示。在该气体交换系统**1400**中，阀门**440**和位于该阀门**440**下游的孔**430**，沿着该气体通道**442-458**中的每一个进行设置。或者，该气体交换系统**1400**可具有跟该气体交换系统**400**相同的配置。该孔**430**防止气体切换期间出现不想要的气体突变。在一个替代实施方式中，沿该气体通道**442**、**444**、**448**、**450**、**452**、**454**和**456**、**458**设置的每一对阀门**440**都可以被一个单一的四路阀门代替。

[0062]根据第三优选实施方式的气体交换系统**2400**如图7所示。在此实施方式中，该气体交换系统**2400**与第一气体通道**405**和第二气体通道**415**流体连通。该第一和第二气体通道**405**、**415**可以分别是，例如，气流控制区的第一气体出口和第二气体出口，该气流控制区（不同于图4所示的该气流控制区**300**）不包含内部和外部区域气体出口。沿该第一气体通道**405**和第二气体通道**415**均设置有孔**430**。该第一气体通道**405**分为气体通道**422**、**424**，该第二气体通道**445**分为气体通道**426**、**428**。该气体通道**422**和**426**与真空腔的内部

流体连通，而该气体通道**424**和**428**与旁路管线流体连通。沿该气体通道**422**、**424**和**426**、**428**中的每一个都有阀门**440**。在一个替代实施方式中，沿该气体通道**422**、**424**和**426**、**428**设置的每一对阀门**440**都可以被一个单一的四路阀门代替。

[0063]例如，为了将该第一气体供应到该真空腔，同时将该第二气体导向该旁路管线，沿该流体通道**422**和**428**的该阀门**440**打开，而沿该气体通道**424**和**426**的该阀门**440**关闭。为了交换该气流，以将该第二气体供应到该真空腔而将该第一气体转移到该旁路管线，沿该流体通道**424**和**426**的该阀门**440**打开，而沿该流体通道**422**和**428**的该阀门**440**关闭。

[0064]在该气体交换系统的另一个优选实施方式中，修改图7所示的实施方式，去掉该第一气体通道**405**和该第二气体通道**415**位于该阀门**440**上游的该孔**430**，而在该气体通道**422**、**424**、**426**和**428**的每一个中在该关联的阀门**440**的下游设置孔。

[0065]该气体分配系统**100**的优选实施方式可以被用来将不同气体化学成分和/或气流速率供应到该等离子处理腔**12**以进行各种刻蚀和/或沉积工艺。例如，该气体分配系统**100**可以将工艺气体供应到等离子处理腔以在氧化硅中刻蚀特征，例如在由UV光阻掩模等上覆基板保护下的SiO₂层中。该SiO₂层可以形成在半导体晶片上，例如具有200毫米或300毫米的直径的硅晶片。该特征可以是，例如，通孔和/或沟槽。在此刻蚀工艺中，需要在该掩模的一部分上沉积聚合物，以修复该掩模上的光条纹(striations)，例如裂缝或裂隙(也就是说，填充该光条纹)，以使得在该SiO₂层中刻蚀的特征具有想要的形状，例如，使得通孔具有圆形横断面。如果光条纹不被修复，它们最终会到达该掩模下面的层，并在刻蚀过程中事实上被转移到该层。而且，该特征的侧壁上可能沉积聚合物。

[0066]然而，已经确定，沉积在侧壁上的聚合物和刻蚀特征的基底的厚度会影响刻蚀速率。在各向异性刻蚀工艺中，沉积在特征底部的聚合物在刻蚀过程中基本上被除去。然而，如果侧壁和/或基底的聚合物变得太厚的话， SiO_2 的刻蚀速率会减小，并可能完全停止。聚合物如果变得太厚的话，还可能从表面脱落。相应地，优选地，供应到该等离子处理腔以形成在该掩模和特征上沉积的聚合物的气体混合物的时间长度是被控制的，从而控制形成在该 SiO_2 层上的聚合物沉积的厚度，同时对掩模还提供足够的修复和保护。在该 SiO_2 层刻蚀过程中，聚合物被周期性地从该掩模上去除。相应地，优选地，在刻蚀该 SiO_2 层的时间段之间在该掩模上沉积该聚合物，以确保对该掩模完成足够的修复和保护。

[0067]该气体分配系统**100**可被用来向等离子处理腔供应工艺气体，以刻蚀被上覆的掩模(如UV光阻掩模)保护的 SiO_2 ，同时控制沉积在特征上的聚合物的厚度，并对该基板进行修复和保护。该气体分配系统**100**的该气体交换系统是可操作的，以允许用于刻蚀该 SiO_2 的第一工艺气体在第一时间段内被供应到该等离子处理腔内，同时将用于形成聚合物沉积的第二气体混合物转移到旁路管线，然后迅速交换气体流，将该第二气体混合物供应到该等离子处理腔以形成聚合物沉积，同时该第一气体混合物被转移到该旁路管线。优选地，供应到该等离子处理腔的等离子约束区域的该第一气体混合物在小于约1秒的时间段内，更优选地，在小于约200毫秒的时间段内，至少基本上被该第二气体混合物所取代。优选地，该等离子约束区域的体积为约1/2升到约4升。

[0068]用于刻蚀 SiO_2 的该第一气体混合物可以包含，例如， C_4F_8 等碳氟化合物类物质、 O_2 和氩。 $\text{C}_4\text{F}_8/\text{O}_2/\text{氩}$ 的气流比率可以为，例如，20/10/500 sccm。提供的能量具有60MHz、27MHz、2MHz的频率的组合，其功率范围为50到5000W。用于形成聚合物沉积的该第

二气体混合物可包括,例如,CH₃F等氟代烃类物质和氩。CH₃F/氩的气流比率可以为,例如15/500 sccm。该第二气体混合物能够可选地包括O₂。提供的能量具有60MHz、27MHz、2MHz的频率的组合,其功率范围为50到5000W。对于用以处理200mm或300mm晶片的电容耦合等离子刻蚀反应器来说,该刻蚀气压可以是,例如,70-90毫托。优选地,每次该第一气体混合物被引入该腔时(这时该第二气体被转移到该旁路管线),其在约5秒到约20秒内流入该等离子处理腔,且优选地,每次该第二气体混合物被引入该腔时(这时该第一气体被转移到该旁路管线),其在约1秒到约3秒内流入该等离子处理腔。在基板上的SiO₂的刻蚀过程中,刻蚀时间段和/或聚合物沉积时间段的长度可以在该优选时间段内增加或减少。优选地,在该刻蚀工艺中,该聚合物沉积达到小于100埃的最大厚度,该刻蚀工艺典型地持续大约3分钟。在刻蚀过程中,可以将聚合物沉积到该掩模上以修复光条纹并提供掩模保护。相应地,优选地,该掩模中的开口的形状在该刻蚀工艺过程中可以得到保持。

[0069]该第一、第二和第三机械匹配盒 106、110、114 被用于提供该第一、第二和第三频率调谐 RF 电源 104、108、112 和该等离子处理腔 12 内的负载之间的总阻抗匹配。该第一、第二和第三机械盒 106、110、114 不能准确匹配由快速改变的配方引起的快速改变的阻抗负载。因此,本发明使用由该第一、第二和第三频率调谐电源 104、108、112 提供的频率调谐来快速而准确地匹配该负载和该第一、第二和第三机械匹配盒 106、110、114 的快速变化的阻抗与该第一、第二和第三频率调谐 RF 电源 104、108、112 的阻抗。

[0070]因为该等离子状态必须要在沉积和成型(刻蚀)之间快速地切换,存在一些必须一起作用的硬件特征。气体的体积必须减小,以减少该处理腔内的气体转换的时间。这一点通过使用约束环使得等离子体积尽可能小来实现。而且,该RF生成器必须能够快速

调谐至该快速变化的等离子状态。这一点通过使用电性频率调谐生成器而不是传统的机械匹配单元来实现。为了达到最好的临界尺寸控制(CD)和一致性控制,将主气体分开,且中心到边沿的气流的比率是可选择的。最后,需要一种调谐气体,该调谐气体可与该主气体相同或者不同,并可被送入到流向该晶圆的边沿或中心的可选的气流。因而,所有前述硬件的组合构成了本文所述的应用工艺想要的整体性能。

[0071]尽管本发明是通过几个优选实施方式来进行描述的,然而,存在其他的改变、置换和等同替换,这些均落入本发明的范围。还应当注意,存在很多实现本发明的方法和装置的替代方式。因此,所附权利要求意在解释为包括所有这些落入本发明的真实精神和范围的改变、置换和等同替换。

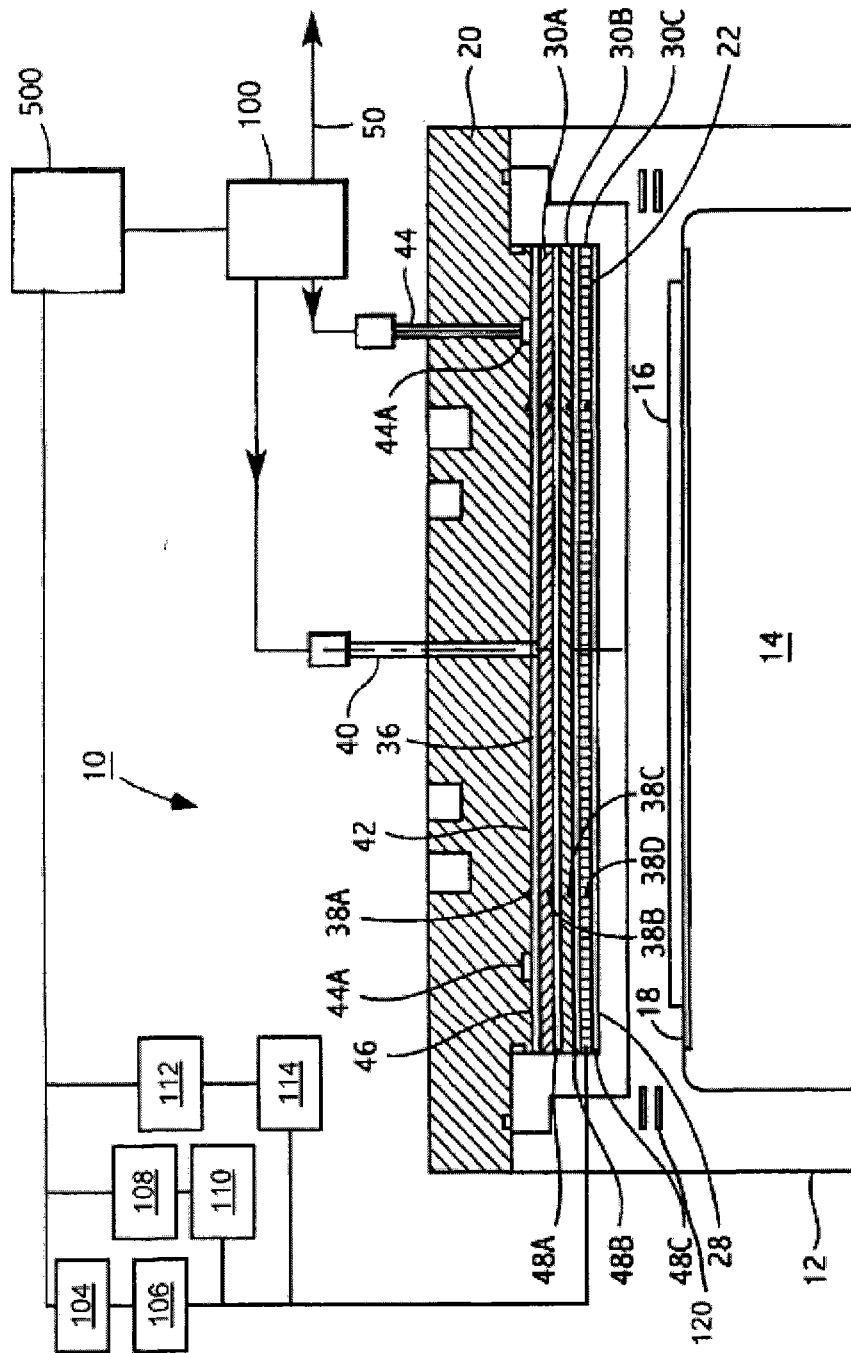


图 1

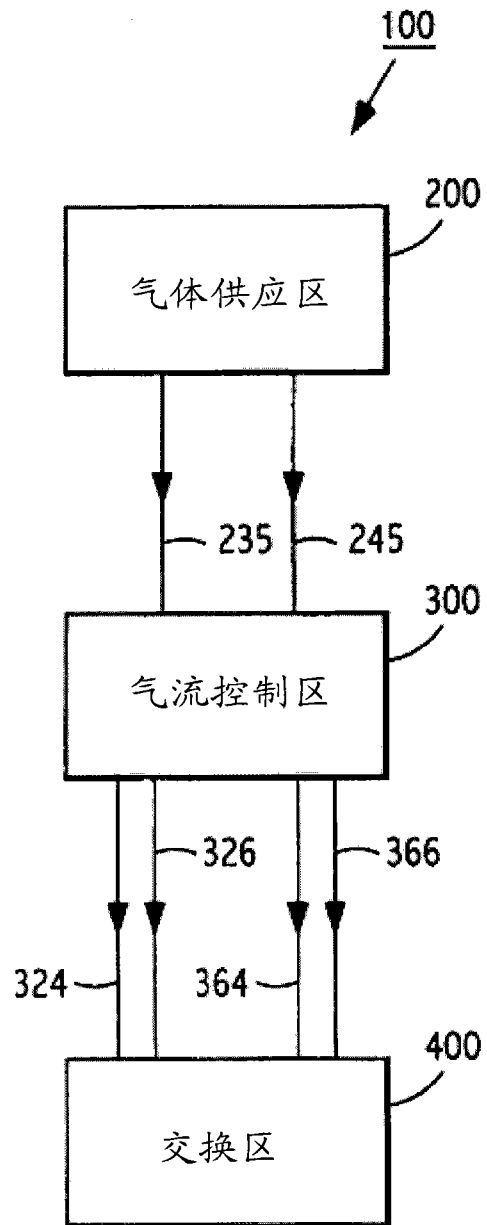


图 2

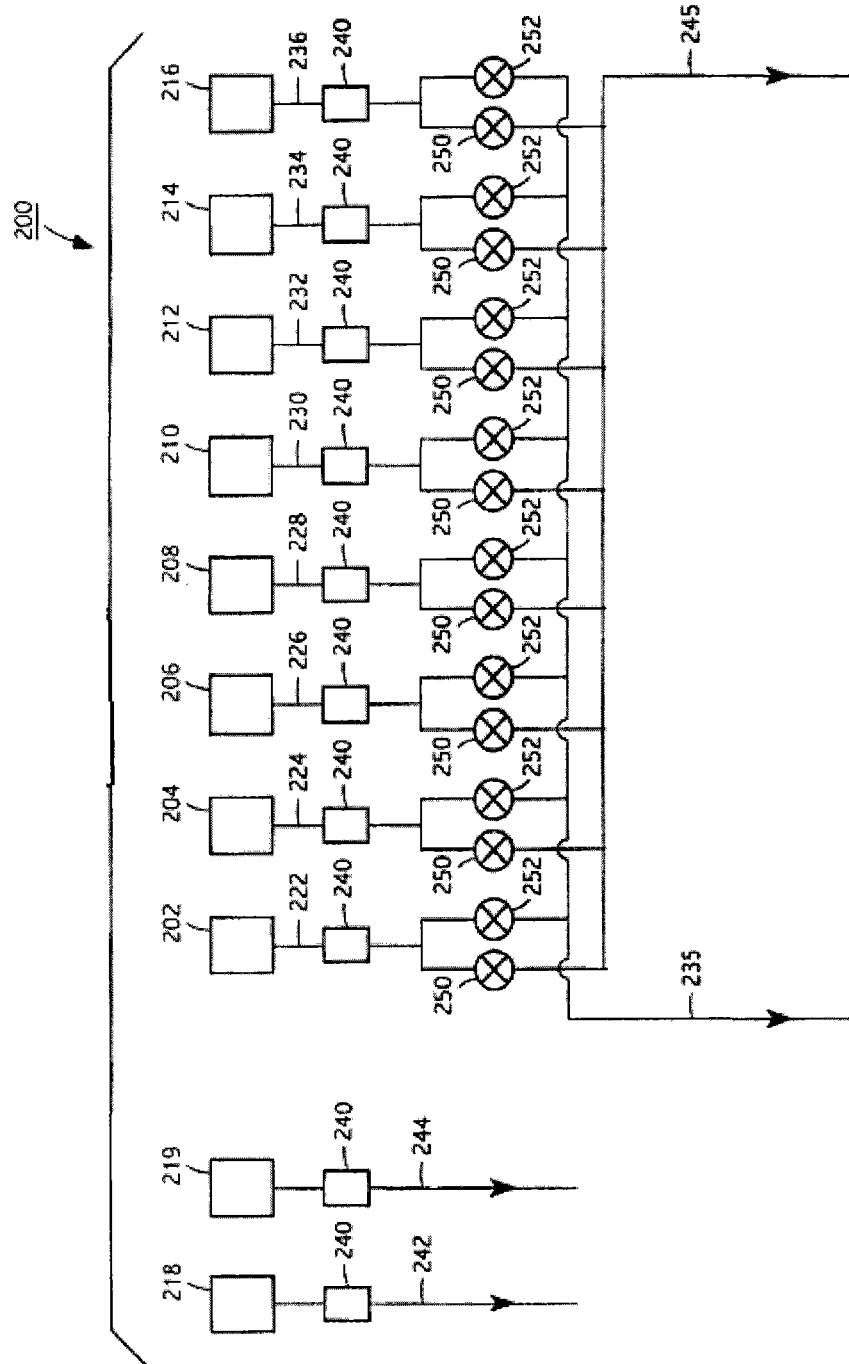


图 3

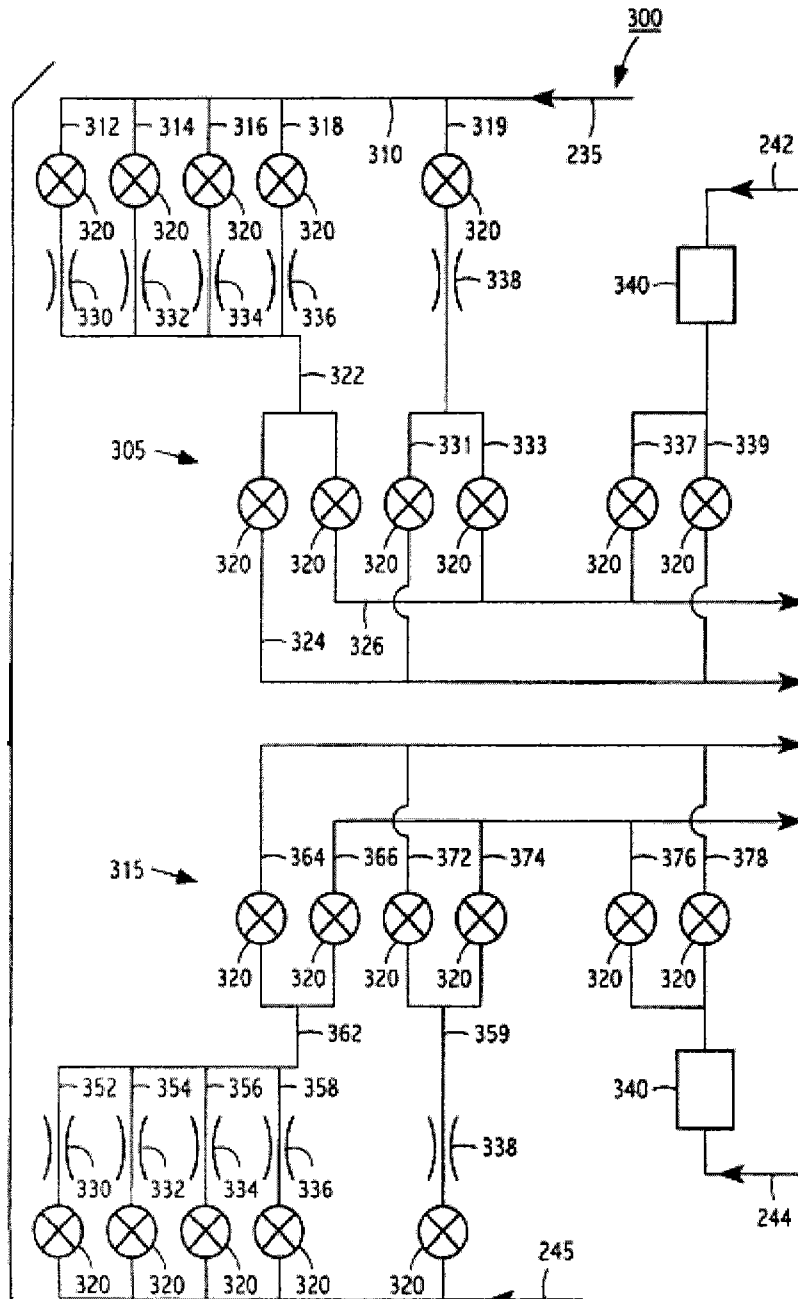


图 4

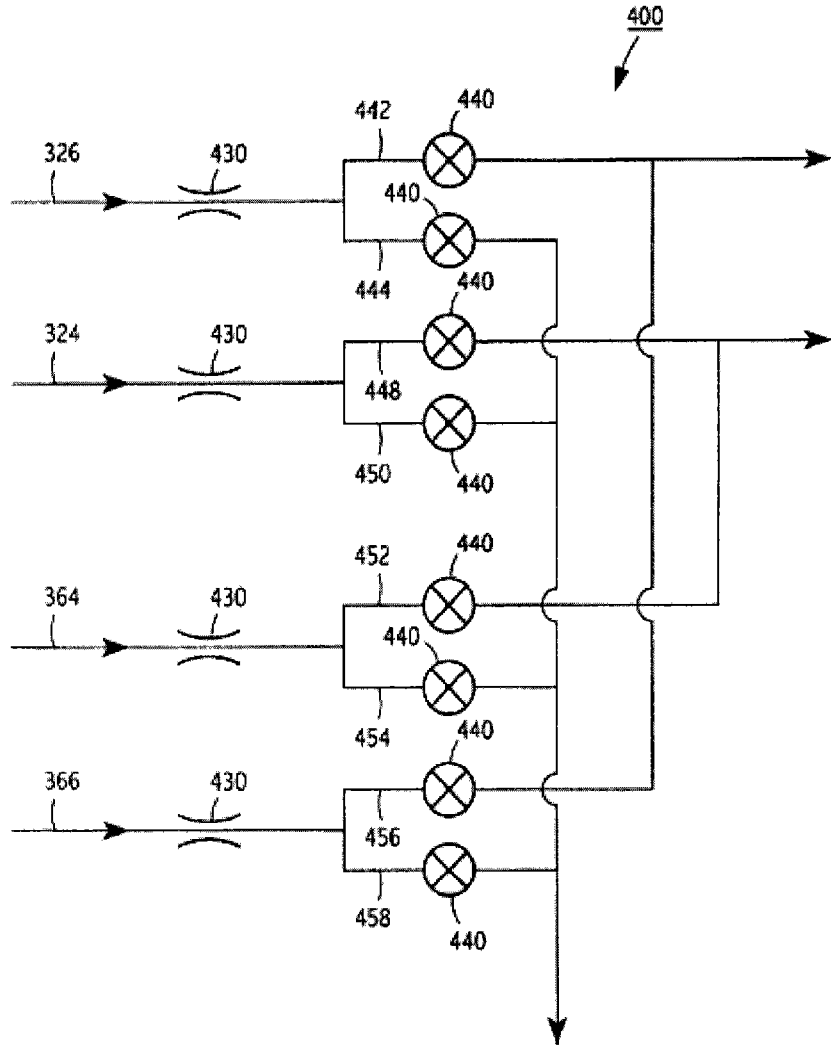


图 5

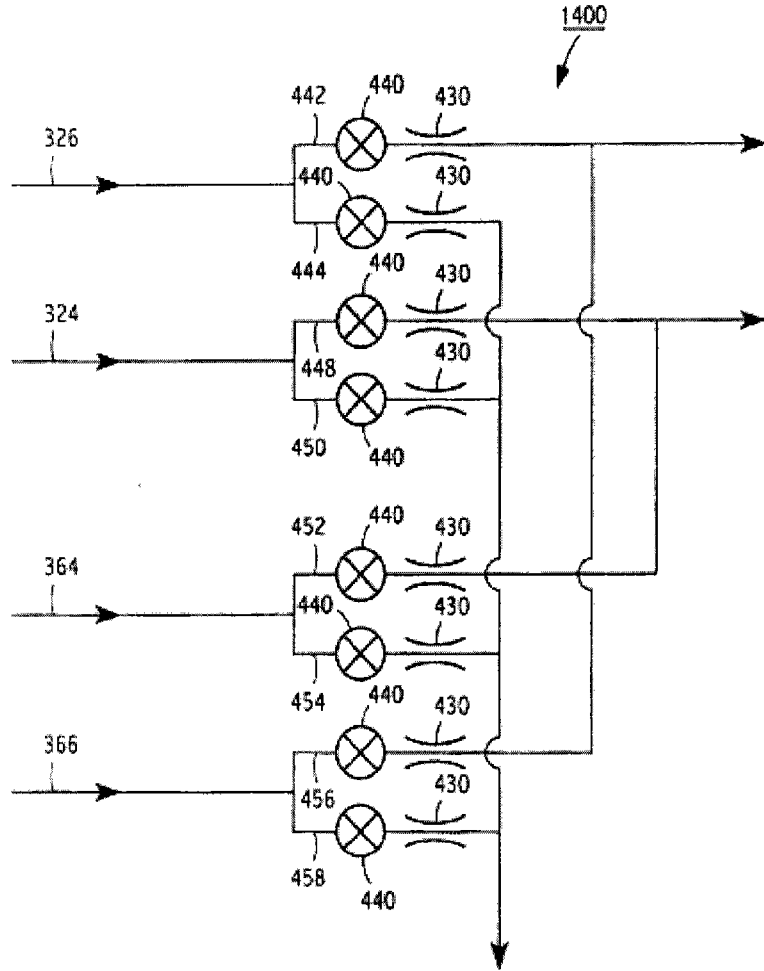


图 6

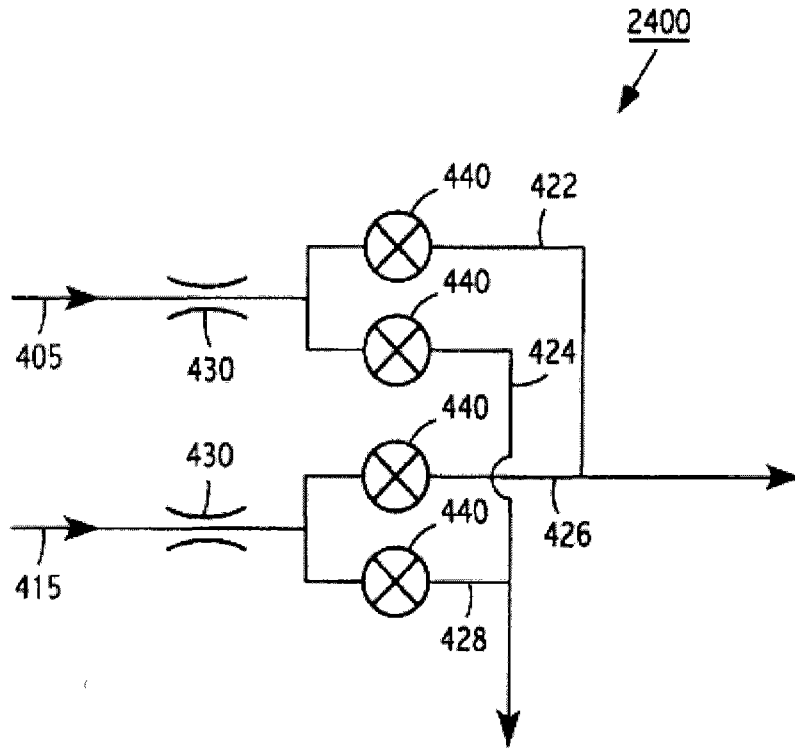


图 7