



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103380485 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 25

(21) 申请号 201280009478. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 01. 31

H01L 21/3065(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/445, 295 2011. 02. 22 US

13/232, 079 2011. 09. 14 US

(56) 对比文件

US 2001/0008803 A1, 2001. 07. 19,

US 2010/0105209 A1, 2010. 04. 29,

US 2010/0187588 A1, 2010. 07. 29,

US 2002/0179248 A1, 2002. 12. 05,

US 2004/0137749 A1, 2004. 07. 15,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 08. 19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/023356 2012. 01. 31

审查员 叶剑

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/115750 EN 2012. 08. 30

(73) 专利权人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 张景春 王安川 妮琴·K·英吉

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

代理人 徐金国 赵静

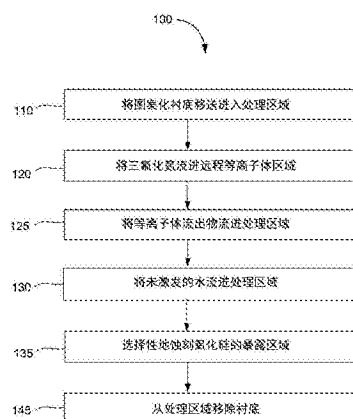
权利要求书1页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

远程激发氟与水蒸气的蚀刻方法

(57) 摘要

描述一种蚀刻图案化异质构造上的暴露的氧化硅的方法,所述方法包括由含氟前驱物形成的远程等离子体蚀刻。来自远程等离子体的等离子体流出物流进衬底处理区域,在该处等离子体流出物与水蒸气结合。在一些实施方式中,由所述结合所造成的化学反应产生反应物,这些反应物蚀刻所述图案化异质构造以产生薄的残余构造,所述薄的残余构造显现极少变形。这些方法可用于共形地修整氧化硅,同时移除极少或不移除硅、多晶硅、氮化硅、钛或氮化钛。在示范性实施方式中,已发现此处描述的蚀刻工艺移除薄的圆柱状导电构造周围的外模氧化物而不引发圆柱状构造显著地变形。



1. 一种在衬底处理腔室的衬底处理区域中蚀刻图案化衬底的方法, 其中所述图案化衬底具有暴露的氧化硅区域, 所述方法包含:

将含氟前驱物流进远程等离子体区域, 同时在所述远程等离子体区域中形成远程等离子体以产生等离子体流出物, 所述远程等离子体区域以流体连通式耦接所述衬底处理区域;

将水蒸气流进所述衬底处理区域而不先使所述水蒸气穿过所述远程等离子体区域, 其中所述衬底处理区域是无等离子体的; 以及

通过使这些等离子体流出物流进所述衬底处理区域而蚀刻所述暴露的氧化硅区域, 其中所述等离子体流出物与所述水蒸气混合并且反应, 并且所述水蒸气仅通过与所述等离子体流出物的相互作用而受到激发。

2. 如权利要求1所述的方法, 其中在蚀刻所述暴露的氧化硅区域的操作之前, 所述暴露的氧化硅区域环绕导电柱, 所述导电柱包含导电材料。

3. 如权利要求2所述的方法, 其中在蚀刻所述暴露的氧化硅区域的所述操作之后, 所述导电柱不因为所述暴露的氧化硅区域的移除而导致实质上往外弯曲。

4. 如权利要求2所述的方法, 其中所述导电材料包含钛。

5. 如权利要求4所述的方法, 其中所述导电材料包含氮化钛。

6. 如权利要求2所述的方法, 其中所述导电柱是圆柱状的。

7. 如权利要求6所述的方法, 其中所述导电柱的直径低于70nm或约为70nm。

8. 如权利要求1所述的方法, 其中将水蒸气流进所述衬底处理区域的操作进一步包括: 将醇类物流进所述衬底处理区域, 亦不先将所述醇类物穿过所述远程等离子体区域。

9. 如权利要求1所述的方法, 其中所述衬底处理区域是无等离子体的。

10. 如权利要求1所述的方法, 其中所述水蒸气不被在所述衬底处理区域外形成的任何远程等离子体激发。

11. 如权利要求8所述的方法, 其中所述醇类物不被在所述衬底处理区域外形成的任何远程等离子体激发。

12. 如权利要求8所述的方法, 其中所述醇类物选自由甲醇、乙醇与异丙醇所构成的组。

13. 如权利要求1所述的方法, 其中所述含氟前驱物包含前驱物, 所述前驱物选自由原子氟、双原子氟、三氟化氮、四氟化碳、氟化氢与二氟化氙所构成的组。

14. 如权利要求1所述的方法, 其中所述含氟前驱物与这些等离子体流出物基本上缺乏氢。

远程激发氟与水蒸气的蚀刻方法

[0001] 对相关申请案的交叉引用

[0002] 此申请是美国专利申请第13/232,079号的PCT申请,所述美国专利申请是在2011年9月14日提出,名称为“REMOTELY-EXCITED FLUORINE AND WATER VAPOR ETCH”,此申请涉及并要求享有美国临时专利申请第61/445,295号的权益,所述临时专利申请是在2011年2月22日提出,名称为“REMOTELY-EXCITED-FLUORINE AND WATER ETCH”,这两者为所有目的通过引用而被全部并入在此。

[0003] 发明背景

[0004] 通过在衬底表面上生产错综复杂图案化的材料层的工艺,可制做集成电路。在衬底上生产图案化材料需要受控的方法以移除暴露的材料。化学蚀刻用于各种目的,这些目的包括将光刻胶中的图案转移进入下面的层中、薄化层或薄化已经存在于表面上的特征结构的侧向尺寸。经常,期望具有蚀刻一种材料比另一种材料快的蚀刻工艺,以助于例如图案转移工艺进行。此类蚀刻工艺可说是对第一种材料有选择性。材料、电路与工艺多样化的结果是,蚀刻工艺已被开发成具有对多种材料的选择性。

[0005] 湿式HF蚀刻优先地移除氧化硅甚于其他电介质与半导体。然而,湿式工艺无法渗透一些受限的沟槽,且有时候会使剩余的材料变形。在本地(local)等离子体(衬底处理区域内的等离子体)中产生的干式蚀刻能够渗透更加受限的沟槽,并且对细微的剩余构造显现较少的变形。然而,本地等离子体在放电时能够通过电弧的产生而损坏衬底。

[0006] Siconi™蚀刻是远程等离子体辅助的干式蚀刻工艺,该工艺涉及同时将衬底暴露于H₂、NF₃与NH₃等离子体副产物。远程等离子体激发氢与氟物种容许无等离子体损坏的衬底处理。Siconi™蚀刻对氧化硅层有相当大程度的共形与选择性,但不易于蚀刻硅,无论该硅是非晶的、结晶的或多晶的。氮化硅一般是以介于硅与氧化硅之间的速率受到蚀刻,但氧化硅相较于氮化硅的选择性一般不如氧化硅相较于硅的选择性那样显著。所述选择性提供了许多应用上的优点,这些应用比如是浅沟槽隔离(STI)以及层间电介质(ILD)凹部形成。Siconi™工艺产生固体副产物,当衬底材料移除时,所述固体副产物在衬底表面上生长。当衬底温度上升,所述固体副产物接着通过升华而被移除。由于产生固体副产物的结果,Siconi™蚀刻工艺也能使细微的剩余构造变形。

[0007] 需要一些方法选择性移除氧化硅同时不扰乱图案化衬底上的细微构造。

发明内容

[0008] 描述一种蚀刻图案化异质构造上的暴露的氧化硅的方法,所述方法包括由含氟前驱物形成的远程等离子体蚀刻。来自远程等离子体的等离子体流出物流进衬底处理区域,在此处等离子体流出物与水蒸气结合。在一些实施方式中,由所述结合所造成的化学反应产生反应物,这些反应物蚀刻所述图案化异质构造以产生薄的残余构造,该薄的残余构造显现极少(little)变形。这些方法可用于共形地修整氧化硅,同时移除极少或不移除硅、多晶硅、氮化硅、钛或氮化钛。在示范性实施方式中,已发现此处描述的蚀刻工艺移除薄的圆柱状导电构造周围的外模氧化物(mold oxide)而不引发圆柱状构造显著地变形。

[0009] 本发明的实施方式包括在衬底处理腔室的衬底处理区域中蚀刻图案化衬底的方法。该图案化衬底具有暴露的氧化硅区域。所述方法包括：将含氟前驱物流进远程等离子体区域，同时在所述远程等离子体区域中形成远程等离子体以产生等离子体流出物，所述远程等离子体区域流体连通式(fluidly)耦接衬底处理区域。这些方法进一步包括：将水蒸气流进所述衬底处理区域而不先使所述水蒸气穿过远程等离子体区域。这些方法进一步包括：通过使这些等离子体流出物流进所述衬底处理区域而蚀刻暴露的氧化硅区域。

[0010] 额外的实施方式与特征一部分在随后的说明书中提出，而一部分对于本领域的技术人员而言在查阅此说明书后可变得很明显，或者可通过这些揭示的实施方式的实践而被了解。通过在本申请文件中描述的设备、结合物与方法，可实现与获得所揭示的实施方式的特征与优点。

[0011] 附图简要说明

[0012] 通过参考本申请文件的其余部分及附图，可实现对所揭示的实施方式的本质与优点的进一步理解。

[0013] 图1是根据所揭示的实施方式的氧化硅选择性蚀刻工艺的流程图。

[0014] 图2A至图2B是蚀刻速率的图表，这些图表针对根据所揭示的实施方式的氧化硅选择性蚀刻工艺，所述蚀刻速率取决于衬底温度以及腔室压力。

[0015] 图3是相较于氮化硅与硅的氧化硅选择性的图表，所述图表针对根据所揭示的实施方式的氧化硅选择性蚀刻工艺。

[0016] 图4A图示根据本发明实施方式的衬底处理腔室。

[0017] 图4B图示根据本发明实施方式的衬底处理腔室的喷头。

[0018] 图5图示根据本发明实施方式的衬底处理系统。

[0019] 在这些附图中，相似的部件和/或特征结构可具有相同的标注符号。进一步而言，同类的各部件可通过在标注符号后加上一破折号以及第二符号(该符号区别类似部件)加以区别。倘若在本申请文件中仅用第一标注符号，该叙述内容可应用至具有相同第一标注符号(无论第二标注符号为何)的任一类似部件。

[0020] 实施方式

[0021] 描述一种蚀刻图案化异质构造上的暴露的氧化硅的方法，所述方法包括从含氟前驱物形成的远程等离子体蚀刻。来自远程等离子体的等离子体流出物流进衬底处理区域，在该处等离子体流出物与水蒸气结合。在一些实施方式中，由所述结合所造成的化学反应产生反应物，这些反应物蚀刻所述图案化异质构造以产生薄的残余构造，所述薄的残余构造显现极少变形。这些方法可用于共形地修整氧化硅，同时移除极少或不移除硅、多晶硅、氮化硅、钛或氮化钛。在示范性实施方式中，已发现此处描述的蚀刻工艺移除薄的圆柱状导电构造周围的外模氧化物而不引发圆柱状构造显著地变形。

[0022] 选择性远程气相蚀刻工艺已使用氢源氨(NH_3)与氟源三氟化氮(NF_3)，所述氢源氨(NH_3)与氟源三氟化氮(NF_3)一起流过远程等离子体系统(RPS)且进入反应区域。氨气与三氟化氮的流量一般是经过选择以使得氢的原子流量大致上是氟的原子流量的两倍，以为了有效地利用这两种工艺气体成份。氢与氟的存在使得固体副产物 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 在相对低的衬底温度下形成。通过将衬底温度升高至升华温度之上而移除固体副产物。远程气相蚀刻工艺移除氧化物膜比移除例如硅快得多。但是，传统的选择性远程气相蚀刻工艺相较于氮化硅

的选择性可能不佳。发明人已经发现,氧化硅相较于氮化硅的选择性可通过以下方式强化:在远程等离子体中激发含氟前驱物,并且将等离子体流出物与水蒸气结合,所述水蒸气没有穿过远程等离子体系统。

[0023] 为了较好地理解与认识本发明,现在请参考图1,该图是根据所揭示的实施方式的氧化硅选择性蚀刻工艺100的流程图。在第一操作之前,在图案化衬底中形成间隙。间隙受到外模氧化硅填充,该外模氧化硅用于引导氮化钛柱(column)的沉积。氮化钛柱形成在间隙的中心附近处,并且被外模氧化硅环绕。在实施方式中,在将衬底传送至处理区域前(操作110),氧化硅与氮化钛二者都具有暴露区域。

[0024] 启动三氟化氮流进入与处理区域分开的等离子体区域(操作120)。可使用其他氟源以增加或取代三氟化氮。大体而言,含氟前驱物流进等离子体区域,且含氟前驱物包含至少一种选自原子氟、双原子氟、三氟化氮、四氟化碳、氟化氢与二氟化氙所构成的组的前驱物。分开的等离子体区域在此可称为远程等离子体区域且可位于与处理腔室分开的模组内或是处理腔室内的隔间内。在远程等离子体区域中形成的等离子体流出物随后流进衬底处理区域(操作125)。在此点,气相蚀刻会对氧化硅具有极少的选择性且会具有受限的可利用性。但是,同时将水蒸气流进衬底处理区域(操作130)以与等离子体流出物反应。水蒸气不穿过远程等离子体区域,因而仅通过与等离子体流出物的相互作用而受到激发。

[0025] 图案化衬底受到选择性蚀刻(操作135),使得外模氧化硅从氮化钛柱周围移除。在氮化钛柱周围移除的材料形成连续沟槽,所述沟槽形状如壕沟一般。将反应性化学物种从衬底处理区域移除,之后从处理区域移除衬底(操作145)。

[0026] 动态随机存取存储器(DRAM)的架构是基于圆柱状导体,例如示范性工艺流程中的氮化钛柱。此架构已被称为“单个圆柱状储存节点(one cylindrical storage node (OCS))”。导电圆柱在不同实施方式中可具有低于70nm、低于50nm或低于40nm的直径。尤其是针对于小直径导电圆柱而言,该形状可显著地偏离圆柱的形状。除了许多其他形状外,导电柱还可以是圆柱形、方形、矩形、六边形或八边形。导电柱可包含各种导电材料,例如钛、氮化钛、多晶硅、钨、铜及类似物。DRAM的是基于电容储存,且可受益于每储存单元更大的电容。电容被选择圆柱(即,柱)的表面积所控制,但也被柱与稍后沉积的相对电极(例如通过电介质沉积后金属沉积的顺序)的分开所控制。外模氧化硅移除后,范例中类似氮化钛的导电柱需要维持实质上垂直。在此呈现的选择性氧化硅蚀刻尤其适合完成此类任务。

[0027] 湿式蚀刻已用于移除外模氧化物,但已发现湿式蚀刻造成导电柱朝向彼此倾斜(clean)。各种其他与蚀刻前导电柱形状的偏离都是可能的,且这些偏离将总地被称做弯曲(bowing)。例如,导电柱的中心可往外弯曲(bow out),而顶端与基座维持相对靠近蚀刻前的位置。所有的变形可能抑制进一步沉积DRAM电容器单元的薄介电层与相对电极的能力。涉及仅有氟(远程或本地)的气相蚀刻不具有所需用以移除外模氧化物且保持图案化衬底的其他部分基本上不受扰乱的选择性。远程 NF_3/NH_3 蚀刻提供一些期望的选择性,尤其是氧化硅对硅(silicon oxide to silicon)的选择性。然而,这些远程蚀刻产生固体残余物,此固体残余物必须通过升华移除。已发现类似单个圆柱状储存节点(OCS)DRAM的架构由于固体残余物的产生而变形。此处描述的气相蚀刻不产生固体残余物,但还提供类似远程 NF_3/NH_3 蚀刻的高度选择性。

[0028] 不希望将权利要求的涵盖范围设限在理论机制(所述机制可能完全正确或可能不

完全正确),可能的机制的一些讨论可证实有利。自由基氟前驱物(radical-fluorine precursor)通过将含氟前驱物递送进入远程等离子体区域产生。申请人假设产生一浓度的氟离子与原子并且该浓度的氟离子与原子被递送进入衬底处理区域。水蒸气(H_2O)可与氟反应而产生较不具反应性的物种,诸如 HF_2^- ,所述物种仍易于从图案化衬底表面移除氧化硅但不易移除硅与氮化硅。所述选择性结合无固体副产物,使得这些蚀刻工艺良好地适于从细微的非氧化硅材料移除外模以及其他氧化硅支持构造,同时几乎不在剩余的细微构造中诱导变形。

[0029] 导电柱(在该范例中为氮化钛)损失实体的支持,因外模氧化硅从导电柱的周边移除。一些例子中,在此呈现的气相蚀刻也可能造成一些可容忍的导电柱的弯曲(例如倾斜),但大体上在垂直的几度以内。申请人已经进一步发现,将一些醇类物导进衬底处理区域能够减少造成导电柱变形的力。一些实施方式中,所述醇类物包括甲醇、乙醇及异丙醇之一或更多。以类似于水蒸气的方式导进醇类物,即所述醇类物在进入衬底处理区域之前不穿过远程等离子体。一些实施方式中,醇类物与水蒸气结合并且一起流进衬底处理区域。

[0030] 图2A至图2B是根据所揭示的实施方式的远程激发的氟与水蒸气蚀刻的蚀刻速率图表,所述蚀刻是在不同温度与压力下实行的氧化硅的蚀刻。该数据显示,当衬底温度从 $0^{\circ}C$ 上升至 $15^{\circ}C$,蚀刻速率渐渐减少。在一些实施方式中,此处描述的远程激发的氟与水蒸气蚀刻期间的衬底温度在不同实施方式中低于 $10^{\circ}C$ 或大约为 $10^{\circ}C$,低于 $5^{\circ}C$ 或大约为 $5^{\circ}C$,或者低于 $0^{\circ}C$ 或大约为 $0^{\circ}C$ 。该数据进一步显示,蚀刻速率的增加是处理压力的函数。图2B中,菱形代表接近10Torr(托)的处理压力下氧化硅的蚀刻量,而方形代表约5Torr的处理压力的测量。在揭示的实施方式中,衬底处理区域内的压力低于或大约为50Torr且大于或大约为5Torr或10Torr。所述上限可以结合任一下限以形成本发明的额外实施方式。

[0031] 图3是根据所揭示的实施方式的相较于氮化硅与硅的氧化硅选择性的图表,该图表是针对氧化硅选择性蚀刻工艺。针对低衬底温度($0^{\circ}C$,左)与高衬底温度($10^{\circ}C$,右)图示选择性。在这两个情况中氧化硅相对于氮化硅的蚀刻选择性大于40:1或约为40:1,而氧化硅相对于硅的选择性大于100:1或约为100:1。

[0032] 额外的水蒸气与远程激发氟蚀刻工艺参数在描述示范性处理腔室与系统期间揭示。

[0033] 示范性处理系统

[0034] 可实施本发明实施方式的处理腔室可被纳入处理平台内,这些处理平台诸如可购自美国加州圣克拉拉市的应用材料公司的CENTURA®及PRODUCER®系统。可与本发明的示范方法一并使用的衬底处理腔室的范例可包括显示于及描述于给Lubomirsky等人的共同让渡美国临时专利申请案第60/803,499号中的这些腔室,该案由2006年5月30日提出申请,且标题为“PROCESS CHAMBER FOR DIELECTRIC GAFILL”,为所有目的,通过引用而将该案全文并入在此。额外的示范性系统可包括显示于及描述于美国专利第6,387,207号与第6,830,624号中的这些系统,为所有目的,通过引用而将这些专利的全文亦并入在此。

[0035] 图4A是根据所揭示的实施方式的衬底处理腔室400。远程等离子体系统(RPS410)可处理含氟前驱物,随后该前驱物行进穿过气体入口组件411。在气体入口组件411中可见两个个别的气体供给通道。第一通道412运载穿过远程等离子体系统RPS410的气体,而第二

通道413绕过RPS410。在实施方式中,任一通道皆可用于含氟前驱物。另一方面,第一通道412可用于工艺气体而第二通道413可用于处理气体(treatment gas)。图示盖421(例如,导电的顶部部分)以及穿孔隔件(喷头453)之间有一绝缘环424,所述绝缘环使得AC电位得以相对于喷头453施加到盖421。AC电位在腔室等离子体区域420中轰击(strike)等离子体。工艺气体可行进穿过第一通道412进入腔室等离子体区域420,且可被单独在腔室等离子体区域420中(或者与RPS410相结合)的等离子体激发。倘若工艺气体(含氟前驱物)流经第二通道413,则仅有腔室等离子体区域420用于激发。腔室等离子体区域420和/或RPS410的结合可指此述的远程等离子体系统。穿孔隔件(亦指喷头)453将喷头453下方的衬底处理区域470与腔室等离子体区域420分隔。喷头453使等离子体得以存在于腔室等离子体区域420中,以避免直接于衬底处理区域470中激发气体,同时依然使激发的物种得以从腔室等离子体区域420行进至衬底处理区域470。

[0036] 喷头453定位在腔室等离子体区域420与衬底处理区域470之间,且使等离子体流出物(前驱物或其他气体的受激发的衍生物)在腔室等离子体区域420和/或RPS410中生成,以穿过多个横穿板厚的通孔456。喷头453亦具有一或多个中空空间451,所述空间可被蒸气或气态形式的前驱物(诸如含硅前驱物)填满,并且穿过小孔洞455进入衬底处理区域470但不直接进入腔室等离子体区域420。在此揭示的实施方式中,喷头453比通孔456的最小直径450的长度还厚。为了维持从腔室等离子体区域420穿透至衬底处理区域470的受激发物种的显著浓度,可通过形成通孔456的较大的直径部分使所述较大的直径部分穿过喷头453达某一程度(part way),而限制通孔最小直径450的长度426。在所揭示的实施方式中,通孔456的最小直径450的长度可与通孔456的最小直径为相同数量级,或者为更小的数量级。

[0037] 在所示的实施方式中,一旦工艺气体受到腔室等离子体区域420中的等离子体激发,喷头453可(通过通孔456)分配工艺气体,这些工艺气体含有氧、氢和/或氮,和/或此类工艺气体的等离子体流出物。在实施方式中,通过第一通道412导入RPS410中和/或腔室等离子体区域420中的工艺气体可含有氟(例如CF₄、NF₃或XeF₂)。工艺气体亦可包括诸如氦气、氩气、氮气(N₂)等之类的载气。等离子体流出物可包括工艺气体的离子化或中性的衍生物,且在此亦可指是自由基(radical)氟前驱物,所述前驱物即为所导入的工艺气体的原子的组分。

[0038] 在实施方式中,通孔456的数量可介于约60个与约2000个之间。通孔456可具有多种形状,但最容易做成圆形。在所揭示的实施方式中,通孔456的最小直径450可介于约0.5mm与约20mm之间,或介于约1mm与约6mm之间。在选择通孔的截面形状上,亦有范围,截面可做成锥形、圆柱形或所述二种形状的组合。不同实施方式中,用于将气体导进处理区域470的小孔洞455数目可介于约100与约5000之间,或介于约500与约2000之间。小孔洞455的直径可介于约0.1mm与约2mm之间。

[0039] 图4B是根据所揭示的实施方式与处理腔室一并使用的喷头453的底视图。喷头453对应图4A中所图示的喷头。通孔456被绘成在喷头453底部处具有较大的内径(ID),而在顶部处具有较小的ID。小孔洞455基本上在喷头表面上均匀分布,甚至分布在通孔456之间,相较于此述的其他实施方式,这种分布方式助于提供更均匀的混合。

[0040] 当穿过喷头453中的通孔456抵达的含氟等离子体流出物与源自中空空间451穿过小孔洞455的湿气结合时,示范性的图案化衬底可在衬底处理区域470内由底座(图中未示)

支持。尽管可将衬底处理区域470装配成支援等离子体以供诸如固化之类的其他工艺所用，然而在本发明的一些实施方式中，蚀刻图案化衬底期间无等离子体存在。

[0041] 等离子体既可在喷头453上方的腔室等离子体区域420中点燃，亦可在喷头453下方的衬底处理区域470点燃。等离子体存在于腔室等离子体区域420中，以从含氟前驱物的流入中产生自由基氟前驱物。于处理腔室的导电顶部部分421和喷头453之间施加一般在射频(RF)范围的AC电压，以在沉积期间于腔室等离子体区域420中点燃等离子体。RF功率供应器产生13.56MHz的高RF频率，但亦可产生其他单独的频率或者与13.56MHz频率结合的频率。

[0042] 当开启衬底处理区域470中的底部等离子体以固化膜或清洁接壤衬底处理区域470的内部表面时，顶部等离子体可处于低功率或无功率。通过在喷头453和底座或腔室底部之间施加AC电压，而点燃衬底处理区域470中的等离子体。清洁气体可在等离子体存在时导入衬底处理区域470。

[0043] 底座可具有热交换通道，热交换流体流过所述热交换通道中以控制衬底温度。此配置方式使衬底温度得以冷却或加热，以维持相对低的温度(从室温直到约120°C)。热交换流体可包含乙二醇与水。底座的晶片支撑浅盘(较佳为铝、陶瓷或前述材料的组合)亦可被电阻式加热以达到相对高的温度(从约120°C直到约1100°C)，此加热是通过使用嵌入式单回圈加热器元件达成，所述元件配置成造成平行的同心圆形式的两个完整匝(turn)。加热器元件的外部分可邻接支持浅盘的周边布置，同时内部分布置于具有较小半径的同心圆的路径上。至加热器元件的配线经过底座的心柱。

[0044] 衬底处理系统是由系统控制器控制。在一示范性实施方式中，系统控制器包括硬盘驱动器、软盘驱动器和处理器。处理器含有单板计算机(SBC)、模拟与数字输入/输出板、接口板和步进电机控制器板。CVD系统的各部件符合Versa Modular European(VME)标准，所述标准界定板、插件架(card cage)以及连接器规格与类型。VME标准亦界定总线结构为具有16位数据总线或24位地址总线。

[0045] 系统控制器控制蚀刻腔室的所有活动。系统控制器执行系统控制软件，所述软件是储存在计算机可读媒体中的计算机程序。所述媒体较佳为硬盘驱动，但所述媒体也可以是其种类的存储器。计算机程序包括指令集，这些指令集指示时序、气体混合、腔室压力、腔室温度、RF功率水平、基座(susceptor)位置和其他具体工艺参数。其他储存在其他存储器装置(包括例如软盘或其他另外适合的驱动器)上的计算机程序亦可用于发指令给系统控制器。

[0046] 可使用由系统控制器执行的计算机程序实施用于在衬底上沉积膜堆叠物的工艺或者用于清洁腔室的工艺。计算机程序代码可以用任何常规的计算机可读的程序语言撰写，例如68000汇编语言、C、C++、Pascal、Fortran或其他程序语言。使用常规的文本编辑器将适合的程序代码编入单一文件或多重文件，并且储存于计算机可使用媒体(如计算机的存储器系统)或由该媒体实施。倘若编入的代码文本是高级语言，则编译代码，而所得的编译代码随后与预先编译的Microsoft Windows®库程序的目标代码链接。为了执行所述链接的、编译的目标代码，系统使用者调用所述目标代码，使计算机系统载入存储器中的代码。CPU随后读取并且执行该代码，以执行程序中标识的任务。

[0047] 使用者与控制器之间的接口是通过平板触摸感应的监视器。在较佳的实施方式

中,使用两个监视器,一个安装在洁净室壁以供操作者使用,另一个在壁后以供维修技术人员使用。两个监视器可同时显示相同信息,这种情况下,一次仅有一个接受输入。为了选择特殊的屏幕或功能,操作者触摸感应监视器的指定区域。被触摸的区域改变该区域的高亮色彩,或呈现新的菜单或屏幕,以确认操作者和触摸感应监视器之间的通信。取代触摸感应监视器,或者是除了触摸感应监视器之外,还可使用其他装置,例如键盘、鼠标或其他指示或通信装置,以让使用者与系统控制器通信。

[0048] 腔室等离子体区域或RPS中的区域可称为远程等离子体区域。在一些实施方式中,自由基前驱物(例如自由基氟前驱物)在远程等离子体区域中生成并且行进至衬底处理区域中以与水蒸气结合。一些实施方式中,水蒸气仅由自由基氟前驱物激发。等离子体功率可基本上仅被施加至远程等离子体区域,在一些实施方式中,此举确保自由基氟前驱物提供对水蒸气主要的激发。

[0049] 在利用腔室等离子体区域的实施例中,被激发的等离子体流出物是在与沉积区域分隔的衬底处理区域的区段中生成的。所述沉积区域,亦已知在此称之为衬底处理区域,是等离子体流出物与水蒸气混合并且反应以蚀刻图案化衬底(例如半导体晶片)之处。受激发的等离子体流出物亦可伴随惰性气体(在该示范性情况下,该惰性气体为氩气)。一些实施方式中,水蒸气在进入衬底等离子体区域之前不穿过等离子体。在此可将衬底处理区域描述为在蚀刻图案化衬底期间为“无等离子体”。“无等离子体”不必然意味着该区域缺乏等离子体。在等离子体区域内生成的离子化物种与自由电子确实行进穿过隔件(喷头)中的孔洞(孔),但水蒸气并不实质上被施加至等离子体区域的等离子体功率所激发。腔室等离子体区域中等离子体的边界是难以界定的,且可能通过喷头中的孔侵入到衬底处理区域上。在感应耦合等离子体(ICP)的情况下,可直接在衬底处理区域内执行少量的离子化。再者,低强度的等离子体可在衬底处理区域中生成,而不至于消除形成的膜的期望特征。导致激发的等离子体流出物生成期间等离子体的强度或离子密度远比腔室等离子体区域的强度或离子密度低(就此而言,或者是远比远程等离子体区域的强度或离子密度低)的所有原因不偏离在此所用的“无等离子体”的范畴。

[0050] 三氟化氮(或另一含氟前驱物)可以一速率流进腔室等离子体区域420,所述速率在不同实施方式中介于约25sccm与约200sccm之间、约50sccm与约150sccm之间或约75sccm与约125sccm之间。水蒸气可以一速率流进衬底处理区域470,该速率在不同实施方式中介于约25sccm与约200sccm之间、约50sccm与约150sccm之间或约75sccm与约125sccm之间。乙醇(或其他醇类物)可以一速率流进衬底处理区域470,该速率在不同实施方式中低于100sccm或为约100sccm、低于50sccm或为约50sccm或者是低于25sccm或为约25sccm。

[0051] 水蒸气、含氟前驱物与醇类物进入腔室的结合流量可占总气体混合物的体积的0.05%至约20%;剩余的部分是载气。在一些实施方式中,含氟前驱物流进远程等离子体区域但等离子体流出物具有相同的体积流量比。在含氟前驱物的情况下,可在含氟气体之前先启动净化气体或载气进入远程等离子体区域,以稳定远程等离子体区域内的压力。

[0052] 等离子体功率可以是各种频率或多重频率的组合。在示范性处理系统中,由相对喷头453递送至盖421的RF功率提供等离子体。不同实施方式中,RF功率可介于约100W与约2000W之间、约200W与约1500W之间,或者约500W与约1000W之间。示范性处理系统中所施加的RF频率在不同实施方式中可以是低于约200kHz的低RF频率、约10MHz与约15MHz之间的高

RF频率,或者大于1GHz或约为1GHz的微波频率。

[0053] 将水蒸气、任何载气与等离子体流出物流进衬底处理区域470期间,衬底处理区域470可被维持在各种压力下。所述压力在不同实施方式中可被维持在约500mTorr与约30Torr之间、约1Torr与约20Torr之间,或者约5Torr与约15Torr之间。

[0054] 在一或多个实施方式中,衬底处理腔室400可整合至各种多处理平台,这些平台包括可购自美国加州圣克拉拉市的应用材料公司的Producer™ GT、Centura™ AP及Endura™ 平台。此类处理平台能够执行数种处理操作而不中断真空。除了其他类型的腔室之外,可实施本发明实施方式的处理腔室还特别可包括介电蚀刻腔室或各种化学气相沉积腔室。

[0055] 沉积系统的实施方式可结合至较大型的生产集成电路芯片的制造系统。图5图示根据所揭示的实施方式的一个此类沉积、烘烤及固化腔室的系统500。在该图中,一对FOUP(前开式晶片盒(front open unified pod))502供应衬底(例如300mm直径的晶片),在这些衬底放进衬底处理腔室508a-f之一前,衬底是由机械手臂504接收并且放置到低压保持区域506。第二机械手臂510可用于从保持区域506传输衬底晶片至处理腔室508a-f并且往回传输。每一衬底处理腔室508a-f可被装备成执行多个衬底处理操作,这些操作除了循环层沉积(CLD)、原子层沉积(ALD)、化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)、蚀刻、预清洁、脱气、定向及其他衬底处理之外,还包括此述的干式蚀刻工艺。

[0056] 衬底处理腔室508a-f可包括一或多个系统部件,以在衬底晶片上沉积、退火、固化和/或蚀刻可流动介电膜。在一种配置方式中,两对处理腔室(例如,508c-d和508e-f)可用于沉积介电材料于衬底上,而第三对处理腔室(例如,508a-b)可用于蚀刻沉积的电介质。在另一配置方式中,所有三对腔室(例如508a-f)可配置成蚀刻于衬底上的介电膜。任一或多个此述的工艺可在与不同实施方式中所示的制造系统分开的腔室上执行。

[0057] 系统控制器557用于控制电机、阀、流量控制器、功率供应器以及其他需要执行此述程序配方的功能。气体操纵系统555也可由系统控制器557控制,以将气体导至衬底处理腔室508a-f的其中一个或全部。系统控制器557可依靠来自光学传感器的反馈,以确定并且调整气体操纵系统555和/或衬底处理腔室508a-f中的可移动的机械组件的位置。机械组件可包括机器人、节流阀及基座,前述部件在系统控制器557控制下被电机移动。

[0058] 在示范性实施方式中,系统控制器557包括硬盘驱动器(存储器)、USB端口、软盘驱动器和处理器。系统控制器557包括模拟与数字输入/输出板、接口板及步进电机控制板。含有处理腔室400的多腔室处理系统500的各部件受到系统控制器557控制。系统控制器执行系统控制软件,所述软件以计算机程序的形式储存在计算机可读媒体上,这些媒体诸如硬盘、软盘或闪存拇指驱动(flash memory thumb drive)。亦可使用其他种类的存储器。计算机程序包括指令集,这些指令集指示时序、气体混合、腔室压力、腔室温度、RF功率水平、基座位置及其他具体工艺参数。

[0059] 可使用由控制器执行的计算机程序产品实施用于在衬底上蚀刻,沉积或其他方式处理膜的工艺或者用于清洁腔室的工艺。计算机程序代码可以用任何常规的计算机可读的程序语言撰写,例如68000汇编语言、C、C++、Pascal、Fortran或其他者。使用常规的文本编辑器将适合的程序代码编入单一文件或多重文件,并且储存于计算机可使用媒体(如计算机的存储器系统)或由该媒体实施。倘若编入的代码是高级语言,则编译代码,而所得的编译代码随后与预先编译的Microsoft Windows®库程序目标代码链接。为了执行所述链

接的、编译的目标代码,系统使用者调用所述目标代码,使计算机系统载入存储器中的代码。CPU随后读取并且执行所述代码,以执行程序中标识的任务。

[0060] 使用者与控制器之间的接口可通过触摸感应监视器,亦可包括鼠标及键盘。在一个实施方式中,使用两个监视器,一个安装在洁净室壁以供操作者使用,另一个在壁后以供维修技术人员使用。两个监视器可同时显示相同信息,该情况下,一次仅有一个被设置成接受输入。为了选择特殊的屏幕或功能,操作者以手指或鼠标触摸显示屏幕上的指定的区域。被触摸的区域改变该区域的高亮色彩,或显示新的菜单或屏幕,确认操作者的选择。

[0061] 在此所使用的“衬底”可为具有(或不具有)形成在上面的多个层的支持衬底。所述图案化衬底可为有各种掺杂浓度及轮廓的绝缘体或半导体,可例如为用在集成电路制造上的类型的半导体衬底。图案化衬底的暴露的“氧化硅”主要是 SiO_2 但可包括多种浓度的其他元素组分(诸如氮、氢及碳等)。一些实施方式中,使用在此揭示的方法蚀刻的氧化硅膜基本上由硅与氧构成。术语“前驱物”是用来指任何参与反应以从表面移除材料或沉积材料到表面上的工艺气体。“等离子体流出物”描述从腔室等离子体区域离开并且进入衬底处理区域的气体。等离子体流出物处于“激发态”,其中至少有一些气体分子处于振动型式的激发、解离和/或离子化的状态。“自由基前驱物”是用于描述参与反应以从表面移除材料或沉积材料到表面上的等离子体流出物(离开等离子体、处于激发态的气体)。“自由基氟前驱物”是一种含有氟但可含有其他元素组分的自由基前驱物。“惰性气体”一词是指在蚀刻或被并入膜中时不形成化学键的任何气体。示范性的惰性气体包括稀有气体,但可包括其他气体,只要当(一般而言)在膜中捕捉到微量的该气体时不形成化学键即可。

[0062] 全文中所用的术语“间隙”(gap)与“沟槽”(trench)毫无暗指蚀刻过的几何形状具有大的水平深宽比。由表面上方所视,沟槽可显现圆形、椭圆形、多边形、矩形或各种其他形状。沟槽可以呈现材料岛状物(例如实质上圆柱状的TiN柱状物)周围的壕沟形状。“过孔”(via)一词是指低深宽比沟槽(由上方观看),所述过孔可或可不被金属填充而形成垂直的电连接。如在此所用,共形蚀刻工艺指的是以与表面相同的形状大体上均匀地移除表面上的材料,即,蚀刻过的层的表面与蚀刻前的表面大体上平行。本领域技术人员将了解蚀刻过的界面可能不会100%共形,因此术语“大体上”容许可接受的公差。

[0063] 已在此揭示数个实施方式,本领域技术人员应知可使用多种修饰方式、替代构造与等同方式而不背离所揭示的实施方式的精神。此外,说明书中不对多种众所周知的处理与元件做说明,以避免不必要地混淆了本发明。因此,上述说明不应被视为对本发明范围的限制。

[0064] 当提供一数值范围时,除非文本中另外清楚指明,应知亦具体揭示了介于所述范围的上下限值之间各个区间值至下限值单位的十分之一。亦涵盖了任何所陈述数值或陈述范围中的区间值与陈述范围中任何另一陈述数值或区间值之间的每个较小范围。这些较小范围的上限值与下限值可独立包含或排除于该范围中,且各范围(其中,在该较小范围内包含任一个极限值、包含两个极限值,或不含极限值)皆被本发明内所陈述的范围涵盖,除非在该陈述的范围中有任何特别排除的限制。在所陈述的范围包括极限值的一者或两者的情况下,也包括那些排除被包括的极限值二者或者之一的范围。

[0065] 如在此与所附权利要求中所使用的单数形式“一”与“所述”等用语也包括复数形式,除非上下文另外清楚指明。因此,举例而言,“一种工艺”所指的工艺包括多个此类工艺,

而“所述介电材料”所指的包括一种或多种介电材料以及本领域技术人员所熟知的这些材料的等效物等。

[0066] 同样, 申请人希望此申请文件与下述权利要求中所用的“包括”与“包含”等用语是指存在所陈述的特征、整体、部件或步骤, 但这些用语不排除存在或增加一或多种其他特征、整体、部件、步骤、动作或组。

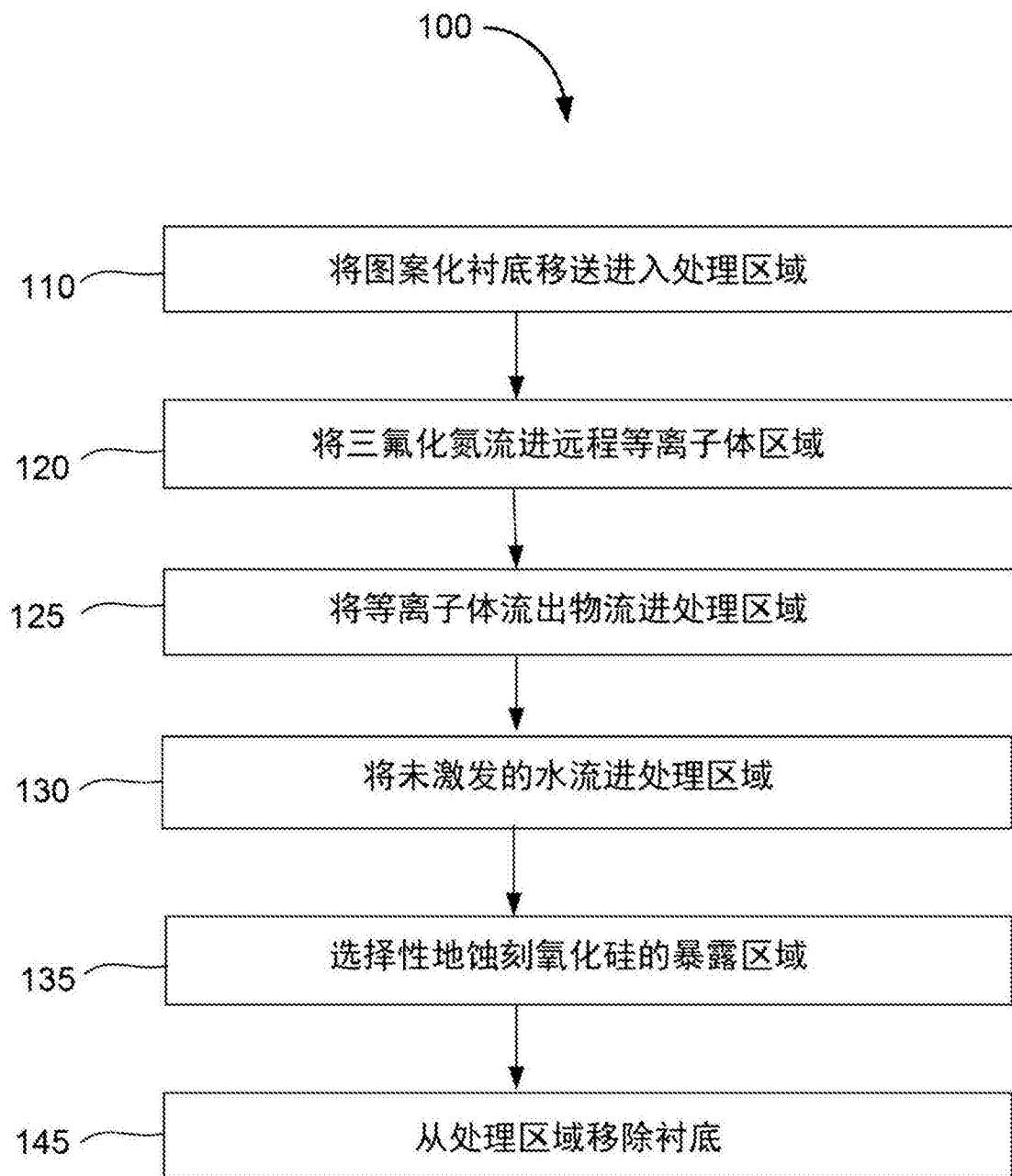


图1

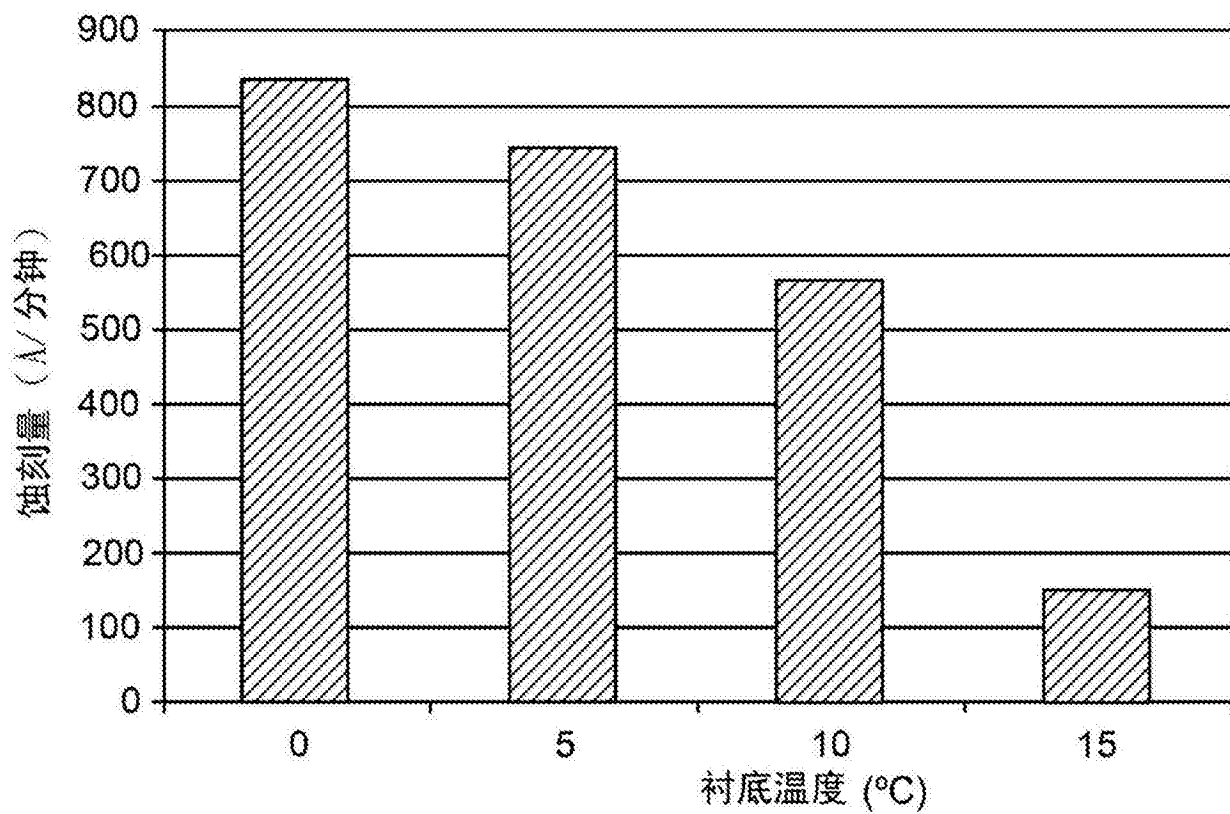


图2A

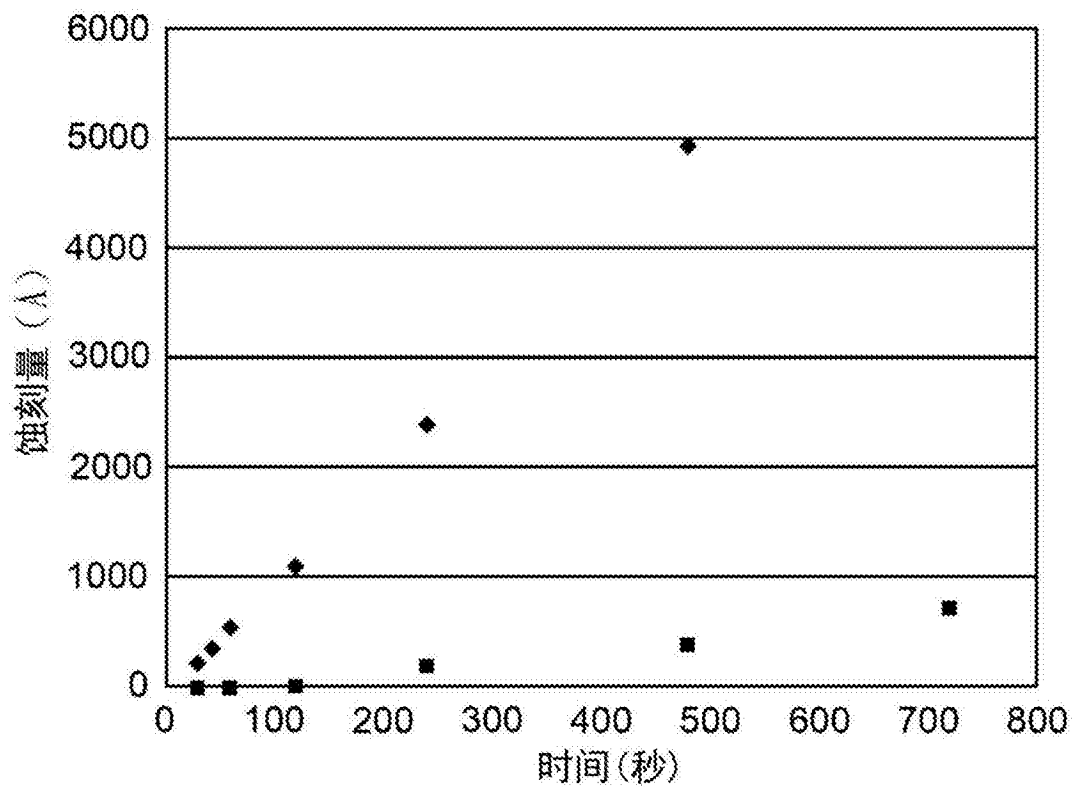


图2B

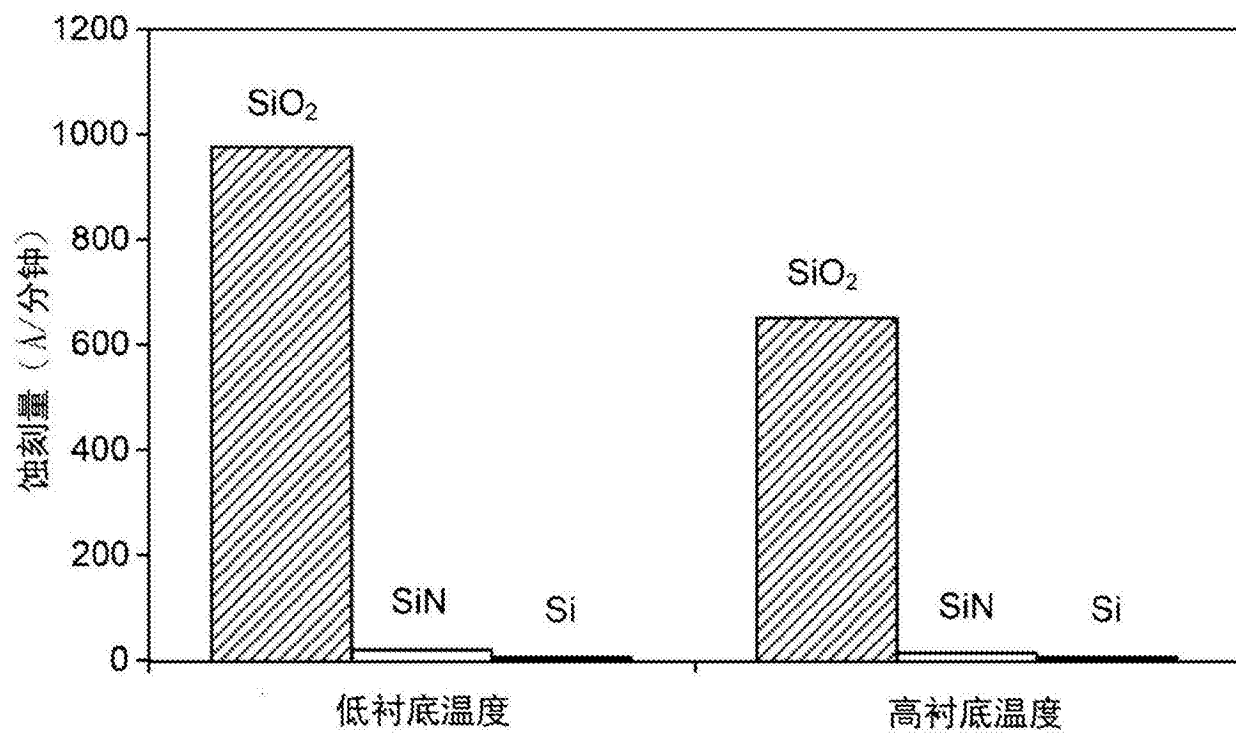


图3

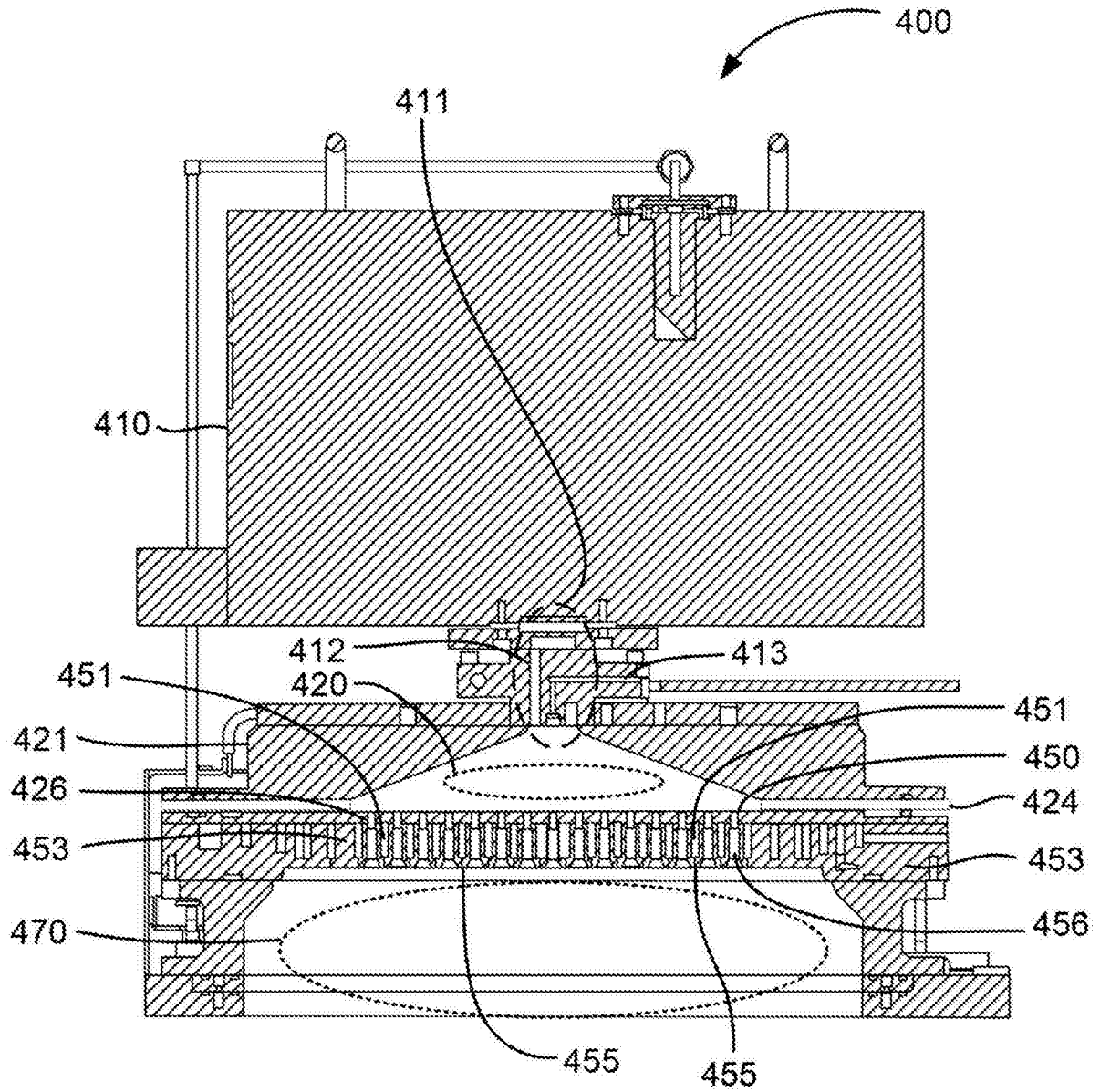


图4A

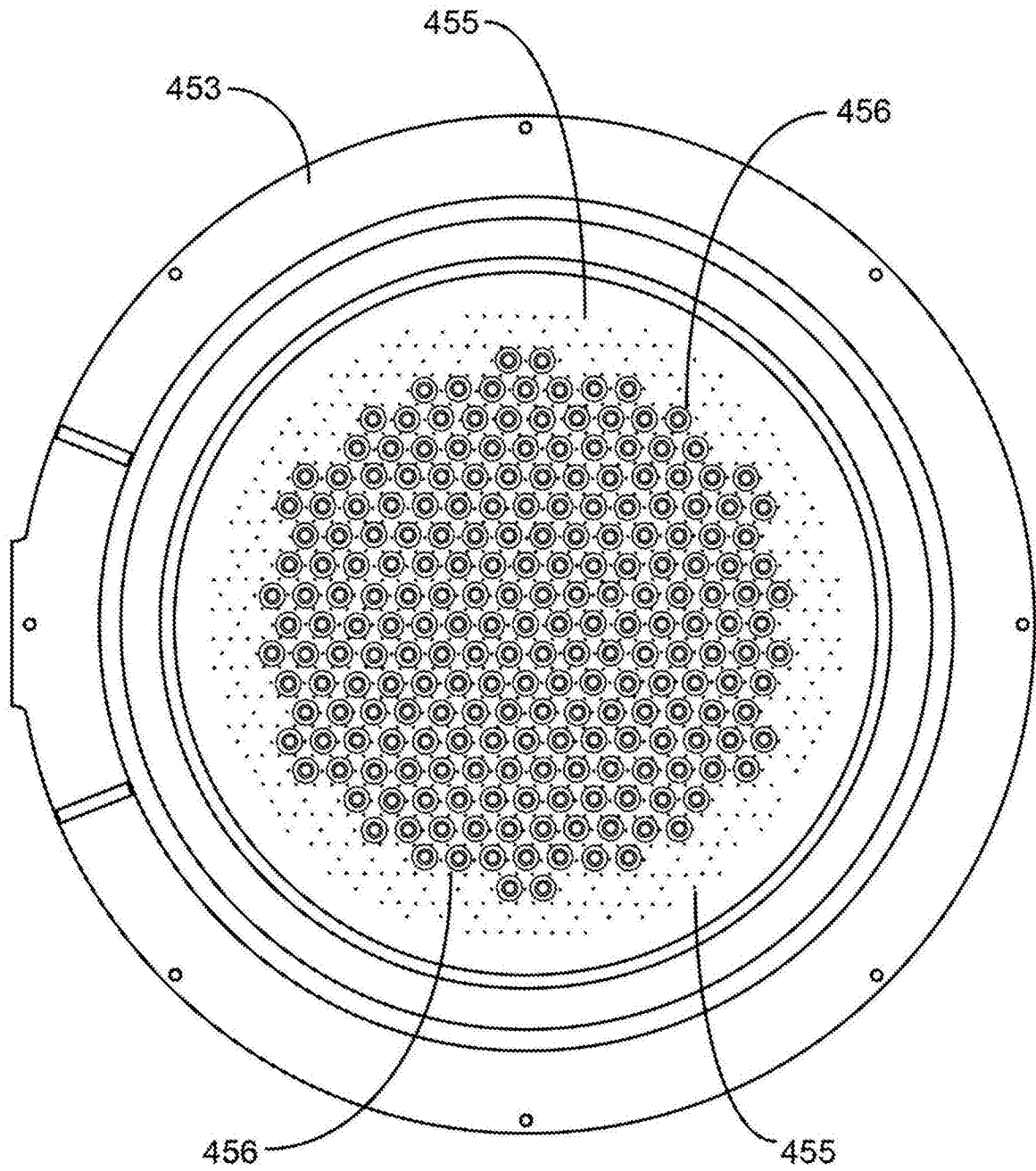


图4B

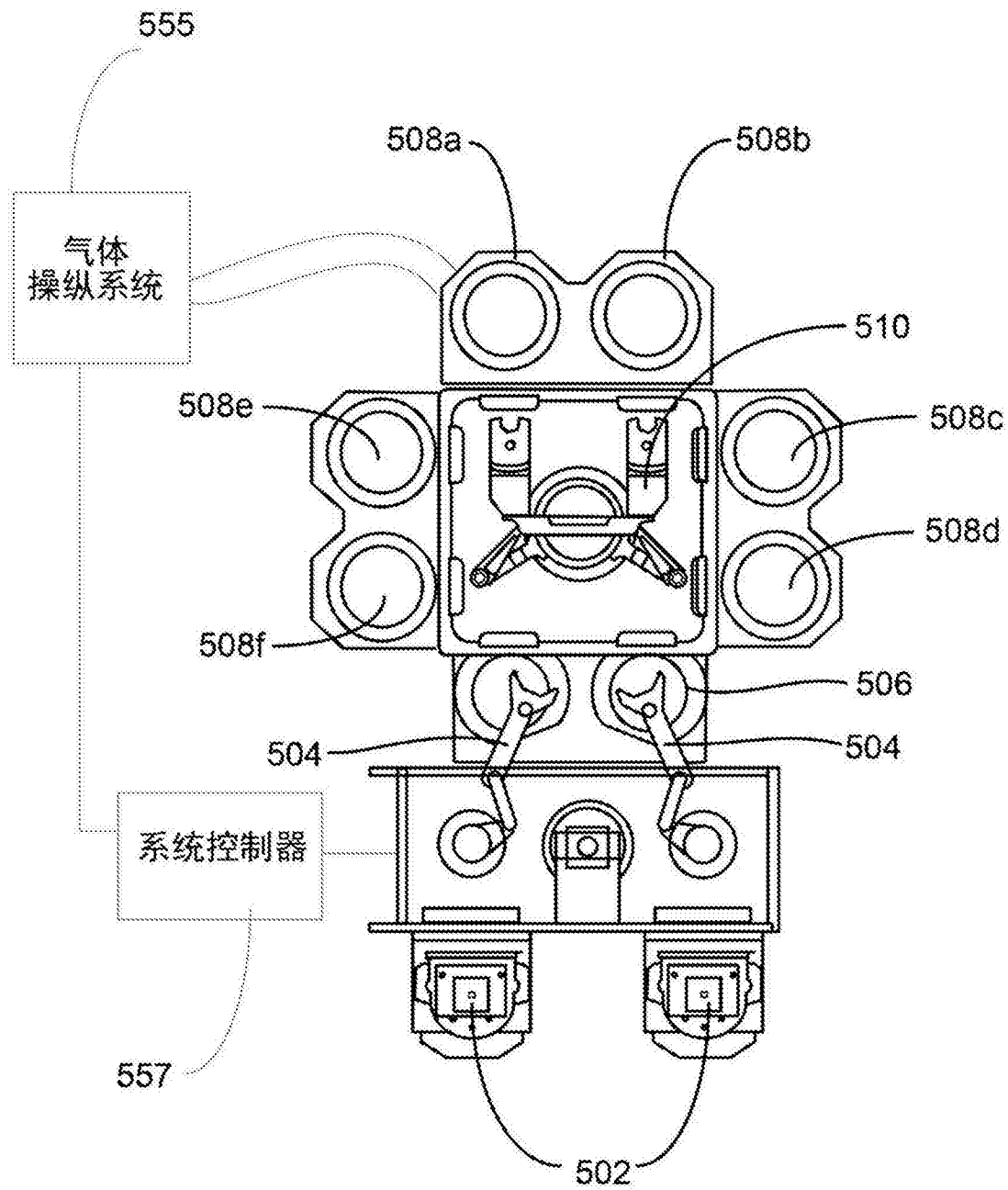
500

图5