



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102870198 B

(45)授权公告日 2017.05.31

(21)申请号 201080056124.1

(22)申请日 2010.12.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 102870198 A

(43)申请公布日 2013.01.09

(30)优先权数据

12/636,582 2009.12.11 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2012.06.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/059388 2010.12.08

(87)PCT国际申请的公布数据

W02011/071980 EN 2011.06.16

(73)专利权人 诺发系统有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 大卫·张 浩权·方 杰克·郭

伊利亚·卡利诺夫斯基 李钊

姚谷华 阿尼尔班·古哈

柯克·奥斯特洛夫斯基

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司

责任人 11287

代理人 沈锦华

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065(2006.01)

(56)对比文件

US 6797188 B1, 2004.09.28,

US 2005026430 A1, 2005.02.03,

US 2002072016 A1, 2002.06.13,

审查员 滕牧

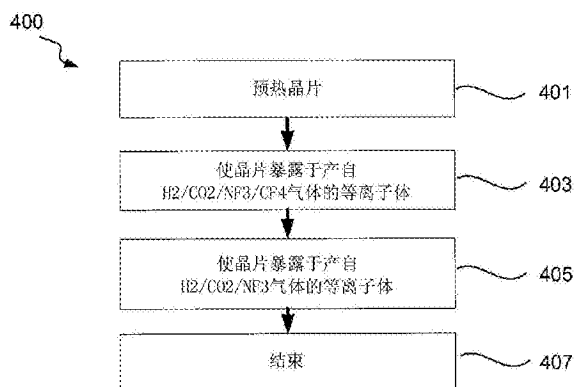
权利要求书3页 说明书11页 附图6页

(54)发明名称

极低硅损失高剂量植入剥离

(57)摘要

本发明提供用于从工件表面剥离光致抗蚀剂并移除离子植入相关残留物的改进的方法。根据各种实施例,使用元素氢、含氟气体及保护剂气体来产生等离子体。经等离子体活化的气体与高剂量植入抗蚀剂发生反应,从而移除结壳及块体抗蚀剂层两者,并同时保护所述工件表面的暴露部分。在低硅损失的情况下,所述工件表面大体上无残留物。



1. 一种在反应室中从硅表面移除高剂量植入的抗蚀剂的方法,所述方法包括:

从包括分子氢、不含碳的含氟气体及化合物的工艺气体混合物形成第一等离子体,其中所述化合物为选自含碳化合物、含氮化合物或含氟化合物的化合物,其中所述第一等离子体的主要蚀刻剂组分为HF蒸气,其中所述不含碳的含氟气体与所述化合物以第一体积流量比率提供;

使所述硅表暴露于所述第一等离子体以由此以第一蚀刻速率从所述硅表面移除所述高剂量植入的抗蚀剂的侧面结壳和顶部结壳中的一者;

改变所述不含碳的含氟气体及所述化合物的所述体积流量比率以形成第二等离子体,其中所述第二等离子体的主要蚀刻剂组分为HF蒸气;及

使所述硅表面暴露于所述第二等离子体以由此以不同于所述第一蚀刻速率的第二蚀刻速率从所述硅表面移除所述高剂量植入的抗蚀剂的所述侧面结壳和所述顶部结壳中的另一者。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述化合物为碳氟化合物。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述碳氟化合物为CF₄、C₂F₆、CHF₃、CH₂F₂、C₃F₈中的一者。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述碳氟化合物为CF₄。

5. 根据权利要求1到4中任一权利要求所述的方法,其中所述不含碳的含氟气体为NF₃、F₂、HF或SF₆中的一者。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述不含碳的含氟气体为NF₃。

7. 根据权利要求1到4中任一权利要求所述的方法,其中所述不含碳的含氟气体与所述化合物的所述第一体积流量比率介于1:20到1:5之间,且改变所述体积流量比率包括将所述比率改变为介于1:4到1:2之间。

8. 根据权利要求1到4中任一权利要求所述的方法,其中所述不含碳的含氟气体与所述化合物的所述第一体积流量比率介于1:20到1:5之间。

9. 根据权利要求1到4中任一权利要求所述的方法,其中改变所述不含碳的含氟气体与所述化合物的所述体积流量比率以形成第二等离子体包括:关断化合物流。

10. 根据权利要求1到4中任一权利要求所述的方法,其中所述工艺气体混合物进一步包括二氧化碳。

11. 根据权利要求1到4中任一权利要求所述的方法,其中在移除之后所述硅表面大体上没有所述高剂量植入的抗蚀剂的残留物,且其中从所述硅表面损失少于2埃的硅。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中在移除之后所述硅表面大体上没有所述高剂量植入的抗蚀剂的残留物,且其中从所述硅表面损失少于1埃的硅。

13. 一种在反应室中从硅表面移除高剂量植入的抗蚀剂的方法,所述方法包括:

从包括分子氢、不含碳的含氟气体及化合物的工艺气体混合物形成第一等离子体,其中所述化合物为选自含碳化合物、含氮化合物或含氟化合物的化合物,其中所述第一等离子体的主要蚀刻剂组分为HF蒸气,

使所述硅表面暴露于所述第一等离子体以由此以第一蚀刻速率从所述硅表面移除所述高剂量植入的抗蚀剂的侧面结壳和顶部结壳中的一者,且同时在所述硅表面上形成保护层;

改变所述不含碳的含氟气体及所述化合物的体积流量比率以形成第二等离子体,其中所述第二等离子体的主要蚀刻剂组分为HF蒸气;及

使所述硅表面暴露于所述第二等离子体以由此以不同于所述第一蚀刻速率的第二蚀刻速率从所述硅表面移除所述高剂量植入的抗蚀剂的所述侧面结壳和所述顶部结壳中的另一者。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中所述化合物为碳氟化合物。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述碳氟化合物为 CF_4 、 C_2F_6 、 CHF_3 、 CH_2F_2 、 C_3F_8 中的一者。

16. 根据权利要求13到15中任一权利要求所述的方法,其中所述不含碳的含氟气体为 NF_3 、 F_2 、HF、或 SF_6 中的一者。

17. 根据权利要求13所述的方法,其中所述化合物为 CF_4 且所述不含碳的含氟气体为 NF_3 。

18. 根据权利要求13-15和17中任一权利要求所述的方法,其中所述工艺气体混合物进一步包括二氧化碳。

19. 根据权利要求13-15和17中任一权利要求所述的方法,其中在移除之后所述硅表面大体上没有所述高剂量植入的抗蚀剂的残留物,且其中从所述硅表面损失少于2埃的硅。

20. 根据权利要求19所述的方法,其中在移除之后所述硅表面大体上没有所述高剂量植入的抗蚀剂的残留物,且其中从所述硅表面损失少于1埃的硅。

21. 一种在反应室中从硅表面移除高剂量植入的抗蚀剂的方法,所述方法包括:

移除所述高剂量植入的抗蚀剂的侧面结壳和顶部结壳中的一者,包括:

将包括分子氢、弱氧化剂、不含碳的含氟气体及保护剂气体的第一气体引入到等离子体源中;

从引入到所述等离子体源中的所述第一气体产生第一等离子体,其中所述第一等离子体的主要蚀刻剂组分为HF蒸气;及

使所述硅表面暴露于第一等离子体以第一蚀刻速率移除所述高剂量植入的抗蚀剂的所述侧面结壳和所述顶部结壳中的一者;

及通过以下操作以不同于所述第一蚀刻速率的第二蚀刻速率移除所述高剂量植入的抗蚀剂的所述侧面结壳和所述顶部结壳中的另一者:

将包括分子氢、弱氧化剂、不含碳的含氟气体且基本上无保护剂气体的第二气体引入到等离子体源中;

从引入到所述等离子体源中的所述第二气体产生第二等离子体,其中所述第二等离子体的主要蚀刻剂组分为HF蒸气;及

使所述硅表面暴露于第二等离子体以移除所述高剂量植入的抗蚀剂的所述侧面结壳和所述顶部结壳中的所述另一者。

22. 一种用于从硅表面移除高剂量植入的抗蚀剂的设备,其包括:

用于从包括分子氢、不含碳的含氟气体及化合物的工艺气体混合物形成第一等离子体的装置,其中所述化合物为选自含碳化合物、含氮化合物或含氟化合物的化合物,其中所述第一等离子体的主要蚀刻剂组分为HF蒸气,其中所述不含碳的含氟气体及所述化合物以第一体积流量比率提供;

用于使所述硅表面暴露于所述第一等离子体以由此以第一蚀刻速率从所述硅表面移除所述高剂量植入的抗蚀剂的侧面结壳和顶部结壳中的一者的装置；

用于改变所述不含碳的含氟气体与所述化合物的所述体积流量比率以形成第二等离子体的装置，其中所述第二等离子体的主要蚀刻剂组分为HF蒸气；及

用于使所述硅表面暴露于所述第二等离子体以由此以不同于所述第一蚀刻速率的第二蚀刻速率从所述硅表面移除所述高剂量植入的抗蚀剂的所述侧面结壳和所述顶部结壳中的另一者的装置。

极低硅损失高剂量植入剥离

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案主张2009年12月11日申请并以引用方式并入本文的第12/636,582号美国专利申请案的优先权。

技术领域

[0003] 本发明涉及从工件表面移除或剥离光致抗蚀剂材料并且移除相关残留物的方法及设备。在某些实施例中,本申请案涉及用于在离子植入或等离子体辅助掺杂植入之后剥离抗蚀剂(低剂量或高剂量植入抗蚀剂)的方法及设备。

背景技术

[0004] 光致抗蚀剂为在处理期间在工件(例如半导体晶片)上形成经图案化涂层的某些制造工艺中所使用的感光材料。在使经光致抗蚀剂涂覆的表面暴露于高能量辐射的图案之后,移除所述光致抗蚀剂的一部分以显露下方的表面,并使剩余表面得以被保护。在未经遮盖表面及剩余光致抗蚀剂上执行半导体工艺(例如蚀刻、沉积及离子植入)。在执行一个或一个以上半导体工艺之后,以剥离操作移除剩余光致抗蚀剂。

[0005] 在离子植入期间,使掺杂离子(例如硼离子、二氟化硼离子、铟离子、镓离子、铊离子、磷离子、砷离子、锑离子、铋离子或锗离子)朝工件目标加速。所述离子植入在所述工件的所暴露区中以及剩余光致抗蚀剂表面中。所述工艺可形成阱区(源极/漏极)及轻掺杂漏极(LDD)区及双扩散漏极(DDD)区。所述离子植入用植入物质灌注抗蚀剂,并使所述表面耗乏氢。所述抗蚀剂的外层或结壳形成碳化层,所述碳化层的密度可比下伏块体抗蚀剂层大。这两个层具有不同热膨胀速率,并在不同速率下对剥离工艺作出反应。

[0006] 外层与块体层之间的差别在后高剂量离子植入抗蚀剂中相当显著。在高剂量植入中,离子剂量可大于 1×10^{15} 离子/平方厘米,且能量可从10KeV到大于100keV。传统的高剂量植入剥离(HDIS)工艺采用氧气化学,其中远离工艺室形成单原子氧气等离子体,且接着使所述单原子氧气等离子体指向工件表面。反应性氧与光致抗蚀剂组合以形成用真空泵移除的气态副产物。对于HDIS,需要额外气体来移除具有氧气的所植入掺杂物。

[0007] 主要的HDIS考虑因素包含剥离速率、残余物量及经暴露且下伏的膜层的膜损失。通常在HDIS及剥离之后在衬底表面上发现残留物。高能量植入期间的溅镀、结壳的不完全移除及/或抗蚀剂中的植入原子的氧化可产生所述残留物。在剥离之后,所述表面应无残留物或大体上无残留物,以确保高良率并消除对额外残留物移除处理的需要。可通过过剥离(即,超过移除所有光致抗蚀剂标称上所需的点的剥离工艺的继续)来移除残留物。遗憾的是,在常规HDIS操作中,过剥离有时移除下伏功能装置结构中的一些。在装置层处,即使来自晶体管源极/漏极区的硅损失极小,仍可不利地影响装置性能及良率,对于在<32纳米设计规则或更小的条件下制造的极浅结装置来说尤其如此。

[0008] 因此需要用于剥离光致抗蚀剂及离子植入相关残留物的改进的方法及设备,尤其对于HDIS来说,所述方法及设备最小化硅损失并使残留物较少或无残留物,同时维持可接

受的剥离速率。

发明内容

[0009] 本发明提供用于从工件表面剥离光致抗蚀剂并移除离子植入相关残留物的改进的方法。根据各种实施例,使用元素氢、含氟气体及保护剂气体来产生等离子体。等离子体活化气体与高剂量植入抗蚀剂发生反应,移除结壳及块体抗蚀剂层两者,同时保护工件表面的暴露部分。在低硅损失的情况下,所述工件表面大体上无残留物。

[0010] 下文将参考相关联图式更详细地描述本发明的这些及其它特征及优点。

附图说明

[0011] 图1A到1D描绘离子植入及剥离操作前后的各种半导体装置制造阶段。

[0012] 图2A到2D描绘根据其中所述装置包含金属栅极的某些实施例的离子植入及剥离操作前后的各种半导体装置制造阶段。

[0013] 图3A展示依据NF₃流速及CF₄流速而变的剩余残留物。

[0014] 图3B展示依据NF₃流速及CF₄流速而变的硅损失。

[0015] 图4及5为展示根据本发明的某些实施例的各种操作的工艺流程图。

[0016] 图6展示依据CO₂流速而变的硅损失。

[0017] 图7展示适合实施本发明的方面的多台式循序架构。

[0018] 图8为展示适合实施本发明的方面的设备的示意性说明。

具体实施方式

[0019] 介绍

[0020] 在本发明的下列详细描述中,陈述大量具体实施例以提供对本发明的全面理解。然而,如所属领域的技术人员将明白,本发明可在无这些具体细节的情况下或通过使用替代元件或工艺来执行。在其它情况下,并未详细描述众所周知的工艺、程序及组件,以免不必要地混淆本发明的方面。

[0021] 在本申请案中,将可交换地使用术语“工件”、“半导体晶片”、“晶片”及“部分制造的集成电路”。所属领域的技术人员将理解,术语“部分制造的集成电路”可指代在其上的许多集成电路制造阶段中的任一者期间的硅晶片。下列详细描述假设在晶片上实施本发明。然而,本发明并无如此限制。工件可为各种形状、大小及材料。除半导体晶片之外,可利用本发明的其它工件包含各种物品(例如显示器、印刷电路板等)。

[0022] 如前面所提到,本发明的方法及设备可用于在高剂量离子植入之后高效并有效地移除光致抗蚀剂材料。本发明并不限于高剂量植入剥离(HDIS)。本发明也并不限于任何特定种类的植入离子。举例来说,所描述的方法及设备可在中等或低剂量植入之后与剥离一起有效地使用。虽然论述具体掺杂离子(例如硼、砷及磷),但所描述的方法及设备可有效地用于剥离用其它掺杂物(例如氮、氧、碳、锆及铝)灌注的抗蚀剂。

[0023] 本发明的方法及设备使用产自含有氢的气体的等离子体。在某些实施例中,所述气体还含有弱氧化剂、含氟气体及保护剂气体(例如CF₄)。所属领域的技术人员将认识到所述等离子体中存在的实际物质可为从氢、弱氧化剂、含氟气体及保护剂气体得到的不同离

子、基团及分子的混合物。注意,随着等离子体与有机光致抗蚀剂及其它残留物发生反应并将其分解,反应室中可存在其它物质(例如小碳氢化合物、二氧化碳、水蒸气及其它挥发性组分)。所属领域的技术人员还将认识到,引入到所述等离子体中的初始气体通常不同于所述等离子体中存在的气体以及在剥离期间接触工件表面的气体。

[0024] 图1A到1D描绘离子植入及剥离操作前后的各种半导体制造阶段。图1A展示用光致抗蚀剂材料103涂覆的半导体衬底101。衬底101可包含一层或一层以上经沉积膜(例如,氧化物膜、硅化物触点及/或多晶硅膜),或可为裸硅衬底,包含(例如)绝缘体上硅型衬底。最初,光致抗蚀剂材料涂覆整个衬底表面。接着使光致抗蚀剂暴露于穿过掩模而产生的图案化辐射并显影以移除所述材料的一部分(例如,图1A中所示的位于剩余光致抗蚀剂材料103之间的开口104)。

[0025] 接着,使所述衬底暴露于离子植入工艺。在离子植入期间,所述工件或晶片的表面被植入掺杂离子。所述工艺可为(例如)等离子体浸渍离子植入(PIII)或离子束植入。所述离子轰击衬底表面,包含暴露的硅层101及光致抗蚀剂103。随着高能量离子植入,可将少量下伏材料107溅镀到光致抗蚀剂侧壁。参见图1B。此材料可包含一些植入物质、等离子体或离子束中的其它材料及所述植入的副产物。它们包含硅、铝、碳、氟、钛、其它接触材料(例如钴)及元素与化合物形式两者的氧。实际物质取决于在离子植入之前的衬底的组成、光致抗蚀剂及所植入物质。

[0026] 在暴露的硅层101处,形成经掺杂区109。离子能量或轰击强度决定经掺杂区的深度或厚度。离子通量的密度决定掺杂程度。

[0027] 所述离子还灌注形成结壳层105的光致抗蚀剂表面。结壳层105可为经碳化并高度交联的聚合物链。所述结壳通常耗乏氢,并用植入物质灌注。结壳层105的密度比块体抗蚀剂层103的密度大。相对密度取决于离子通量,而结壳层的厚度取决于离子能量。

[0028] 此结壳层105比下方的块体光致抗蚀剂103难剥离。结壳层105的移除速率可比下伏块体光致抗蚀剂慢50%或75%。块体光致抗蚀剂含有相对较高水平的经化学键合的氮及一些其原始浇铸溶剂。在提高的晶片温度(例如,高于150℃到高于200℃)下,块体抗蚀剂可脱气,并相对于结壳层而膨胀。接着,整个光致抗蚀剂可随着下伏块体光致抗蚀剂在结壳下累积压力而“爆裂(pop)”。光致抗蚀剂爆裂是微粒及工艺缺陷的原因,这是因为残留物尤其难以从晶片表面及室内部零件清除。随着高剂量离子植入,结壳层与下伏块体光致抗蚀剂层之间的密度差甚至更高。结壳也可较厚。

[0029] 图1C展示未能完全移除光致抗蚀剂103及侧壁溅镀残留物107的剥离之后的衬底。侧壁溅镀残留物107可包含在常规剥离化学下不会形成挥发性化合物的微粒。这些微粒在常规剥离操作之后可保留下来。所述残留物还可包含由常规剥离化学中所使用的反应性氧形成的所植入物质的氧化物(例如氧化硼及氧化砷)。结壳105的部分也可能保留在衬底上。由于几何形状,光致抗蚀剂通孔底部的结壳侧壁及拐角可能难以剥离。

[0030] 在一些情况下,可使用氟化化学物或湿式清洗晶片,通过过剥离来移除这些残留物微粒。已发现常规氧化化学物中的过剥离导致不想要的硅氧化,但仍未移除(如果存在)氧化硼及氧化砷残留物。在根据本发明所产生的等离子体中使用氟化化合物产生可形成挥发性氟化硼及氟化砷的氟基团。这有助于移除残留物,但遗憾的是,其还可蚀刻来自衬底的下伏硅及氧化硅。根据本发明的实施例的特定剥离氟化化学物的使用减轻此问题。

[0031] 硅损失为抗蚀剂厚度、结壳厚度及百分比过剥离的函数。移除较厚的抗蚀剂的较长并更具侵蚀性的剥离还可移除较多的硅。对于具有较厚的结壳的抗蚀剂，结壳层与块体抗蚀剂层之间的差别甚至是更明显的。较厚的结壳侧壁及拐角甚至更难剥离。因此，经设计以移除厚结壳的剥离工艺还趋向于移除较多的硅。除残留物移除之外，过剥离还可用于解决抗蚀剂均匀性及几何形状问题。过剥离为超过移除所有光致抗蚀剂标称上所需的点的剥离工艺的继续。如果在晶片的一些区域（而非其它）中完全移除光致抗蚀剂，那么剥离工艺的继续将致使额外材料（通常为硅及氧化硅）从已经剥离的区域移除。典型的过剥离为约100%。

[0032] 图1D展示已移除所有残留物之后的衬底。根据各种实施例，在无额外硅损失或氧化且具有最小延迟的情况下移除所述残留物。在某些实施例中，所述剥离工艺不留下残留物，并因此减少工艺步骤的数目。

[0033] 图2A到2D描绘针对其中所述装置包含金属栅极的特定实施例的离子植入及剥离操作前后的各种半导体制造阶段。图2A展示离子植入之前包含半导体衬底201上的金属栅极堆叠210及经图案化光致抗蚀剂203的部分制造的装置。注意，在所描绘的图中，经图案化光致抗蚀剂203部分遮挡金属栅极堆叠210的视图。在某些实施例中，衬底201为绝缘体上硅衬底。浅沟槽隔离（STI）区205内嵌入衬底201，且通常为用绝缘材料（例如氧化硅）填充的沟槽。图2B展示包含离子束通量214及重新溅镀通量216的植入期间的装置。重新溅镀通量216将衬底材料（Si、STI及SiN）沉积在侧壁上。在植入之后，在如图2C所示的块体光致抗蚀剂203顶部（215a）及侧壁（215b）上形成结壳215。归因于离子植入束通量214的角度以及来自重新溅镀通量216的侧壁沉积，在植入期间可使顶部结壳215a及侧面结壳215b经历不同环境。使用本文所描述的工艺，移除块体光致抗蚀剂203及结壳构形215a及215b，从而留下未损坏的金属栅极210，且来自衬底201及STI区205的表面的表面材料的损失最小，如图2D所示。

[0034] 本文所描绘的方法移除光致抗蚀剂及残留物，同时最小化硅损失及对栅极堆叠的损坏。根据各种实施例，金属栅极堆叠可包含氮化钛（TiN）、Ta、Ta₂N或W中的一者或一者以上。高k栅极电介质（例如氧化钪、氧化锆、氧化钛）可沉积在衬底与金属栅极之间。不同于多晶硅栅极，金属栅极与常规基于氧气的剥离化学物不兼容。而且，常规基于氧气的化学物导致高硅损失。

[0035] 本发明的一个方面涉及限制硅损失的高剂量植入抗蚀剂及残留物移除的新颖剥离化学。根据各种实施例，光致抗蚀剂及残留物暴露于由分子氢、弱氧化剂、含氟化合物及保护剂化合物形成的等离子体。所揭示的工艺实现大体上无残留物的剥离工艺，并使硅损失最小，且与金属栅极相容。在并未通过任何特定理论或反应机制限制的情况下，认为所述等离子体中的氟基团与工艺气体中的氢组合以形成氟化氢（HF）而非保留为氟基团。认为硅损失减小，部分是因为保护剂化合物与表面硅发生反应，以形成保护性经聚合膜、碳化物、氮化物或其它非氧化物保护层，其具有低于HF中的氧化物的蚀刻速率。

[0036] 工艺化学物

[0037] 如所指示，剥离工艺涉及从包含各种组分气体的气体产生等离子体。本文所描述的剥离化学是基于氢而非基于氧的。分子氢（H₂）为产生等离子体的气体的主要组分，其中1000到40000sccm（例如，1000到6000sccm）H₂在幕后运行，产生等离子体的气体的其它组分

的实例流速为至少一数量级。根据各种实施例,其它组分气体包含含氟化合物及保护剂化合物。在许多实施例中,包含二氧化碳或其它弱氧化剂,但在某些实施例中并未包含二氧化碳或其它弱氧化剂。

[0038] 弱氧化剂的实例包含碳氧化物,例如二氧化碳(CO₂)、一氧化碳(CO)、氮氧化物(例如一氧化二氮(N₂O)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO₂))及硫氧化物(例如氧化硫(SO)及二氧化硫(SO₂)。其它弱氧化剂的实例包含任何含氧碳氢化合物(C_xH_yO_z)及水(H₂O)。在某些实施例中,弱氧化剂为含碳化合物。在特定实施例中,二氧化碳用作弱氧化剂,因为二氧化碳便宜、安全且有效。

[0039] 所述含氟气体可为三氟化氮(NF₃)、六氟化硫(SF₆)、六氟乙烷(C₂F₆)、四氟甲烷(CF₄)、三氟甲烷(CHF₃)、二氟甲烷(CH₂F₂)、八氟丙烷(C₃F₈)、八氟环丁烷(C₄F₈)、八氟[1-]丁烷(C₄F₈)、八氟[2-]丁烷(C₄F₈)、八氟异丁烯(C₄F₈)、氟(F₂)等。在特定实施例中,所述含氟气体为NF₃、SF₆、F₂或HF蒸气。如下所描述,已发现这些气体为比某些含碳蚀刻剂(例如CF₄)好的剥离气体。在某些实施例中,所述含氟化合物为不含碳的化合物。在特定实施例中,将NF₃用作含氟气体。如上所论述,认为在剥离期间室中的主要蚀刻剂组分为HF蒸气。因此,在某些实施例中,可使用易于转化为HF蒸气的任何含氟气体。

[0040] 所述保护剂化合物通常为含碳化合物,但在某些实施例中,其可为含氮化合物。在某些实施例中,所述保护剂气体也可为含氟化合物。举例来说,在某些实施例中,所述保护剂化合物为CF₄。应注意,所述工艺化学通常包含含氟化合物(例如,NF₃)及保护剂化合物(CF₄)两者,其中这些化合物是相异的。就是说,甚至在保护剂化合物含有氟的情况下,同样提供相异含氟化合物。在某些实施例中,含氟化合物与保护剂化合物相比为明显较强的蚀刻剂。在某些实施例中,所述保护剂化合物为含碳化合物,其中实例包含CF₄及CH₄。在某些实施例中,所述保护剂化合物为含氮化合物。在并未由特定理论或机制限制的情况下,认为所述保护剂化合物与形成对蚀刻较具有抵抗力的(例如)碳化物及氮化物的硅/氧化硅表面发生反应或提供反应物物质,以与形成对蚀刻更具有抵抗力的(例如)碳化物及氮化物的硅/氧化硅表面发生反应。举例来说,HF中的氮化物的蚀刻速率比氧化物的蚀刻速率小约50倍的数量级,其中碳化物的蚀刻速率约比氮化物的蚀刻速率小至少约一个数量级。在某些实施例中,可将含氧化合物用作保护剂化合物,前提是所述化合物并非强氧化剂。

[0041] 在特定实施例中,剥离化学物为H₂/CO₂/NF₃/CF₄,其中实例相对体积比率为100/0.1-1/0.5-4/2-5。在一个实例中,比率为3000/32/15/100。总气体流速、弱氧化剂、含氟气体、保护剂气体的相对含量及剥离室中的其它条件可取决于(其它因素之中)等离子体类型(下游对直接)、射频(RF)功率、室压力、衬底(晶片)大小及所使用的弱氧化剂、含氟气体及保护剂的类型变化。基于Novellus Gamma™系统中的300mm晶片,总气体流速可在约1000sccm与约40000sccm之间变化,其中二氧化碳的流速为约1sccm及约400sccm,且RF功率将优选在约300瓦到约5,000瓦之间变化。室压力将通常在约300毫托与约2托之间变化(例如,约800毫托与约1.6托之间)。

[0042] 如下进一步论述,在某些实施例中,含氟气体与保护剂气体的比率在某些工艺序列中变化,以提供完全的光致抗蚀剂及残留物移除及低硅损失。而且如下进一步论述,控制二氧化碳或其它弱氧化剂以降低硅损失。

[0043] 工艺序列

[0044] 在某些实施例中,提供对移除高剂量植入结壳及残留物移除有效的工艺序列。在某些实施例中,所述工艺序列涉及在工艺序列期间改变含氟气体与保护剂气体的比率以提供必要移除。在某些实施例中,所述工艺序列涉及其中使晶片暴露于产自包括含氟气体及保护剂气体的气体的等离子体的操作,接下来为其中使所述晶片暴露于产自仅含氟气体的等离子体的操作。在某些实施例中,这些操作可颠倒。

[0045] 图3A及3B展示指示含氟气体(NF₃)及保护剂气体(CF₄)可用于减少残留物并降低硅损失的实验结果。图3A展示残留物计分,其依据NF₃及CF₄流速(其它化合物保持恒定流速)指示残留物含量。随着流速增加,所述残留物归因于所增加的氟存在而降低。注意,在其中保护剂气体并非含氟化合物的实施例中,保护剂气体的曲线可变平。图3B展示依据NF₃及CF₄流速的硅损失。硅损失随NF₃流速增加而增加,这是归因于等离子体中的活化氟物质及/或含氟化合物对表面的蚀刻。然而,硅损失在固定NF₃流速下(例如如图3B上所指示的60sccm)随着CF₄流速增加而降低。CF₄响应的斜率取决于NF₃流速而较高或较低,从而说明具有正确比率的重要性。如上所示,认为硅损失随着较高CF₄流速(与增加氟气通常所期望的CF₄流速相比)降低可能是由于衬底表面处的含碳保护膜的形成。所述保护膜可通过碳物质与硅表面材料之间的聚合反应而形成。含氟保护气体的使用允许保护剂气体同时提供保护效应以及(连同含氟气体)提供残留物移除。

[0046] 如果单独使用NF₃(例如,在H₂/CO₂/NF₃工艺中),那么可全部移除所述残留物,但会导致不可接受的高硅损失。如果单独使用CF₄(例如,在H₂/CO₂/CF₄工艺中),那么移除工艺可明显较慢,且可能不会导致完全移除。根据各种实施例,所述工艺包含使用NF₃与CF₄的组合的至少一个操作。举例来说,在一个实施例中,高剂量后(HDI后)晶片可被置入剥离室中。在预热所述晶片之后,在室中引入H₂/CO₂/CF₄/NF₃气体,并撞击出等离子体。所述晶片暴露于等离子体,持续足以清洗所述结壳、块体光致抗蚀剂及其它残留物的时间段。

[0047] 在某些实施例中,工艺序列改变NF₃(或其它含氟气体)及CF₄(或其它保护剂气体)的相对含量。取决于抗蚀剂的类型、所植入离子及植入参数,可采用不同工艺序列。以下是可用以移除块体光致抗蚀剂、结壳及溅镀残留物的部分的序列或序列的部分,连同用于剥离各种植入后光致抗蚀剂及所形成的残留物的工艺序列的实例的描述。为简单起见,以下描述提及NF₃及CF₄,然而,应理解,其它含氟气体及保护剂气体可分别用于这些组分气体中的任一者。在某些实施例中,采用用于移除侧面及顶部结壳的两步骤工艺,所述工艺涉及NF₃+CF₄,接下来仅为NF₃。(对于所有剥离操作,H₂及任选地CO₂在后台运行)。所述两步骤工艺用于移除侧面结壳(NF₃+CF₄),接下来移除顶部结壳(仅NF₃)。仅NF₃操作可涉及氟“尖峰”或“突发”,其中NF₃流速增加两倍或两倍以上。举例来说,可应用下列站台前流速:第一操作(侧面结壳):2到3升/每分钟(1pm)H₂;32sccm CO₂;100sccm CF₄;15sccm NF₃。第二操作(顶部结壳):2到31pm H₂;32sccm CO₂;0sccm CF₄;50sccm NF₃。应注意,可取决于反应器的大小及配置、晶片大小及剂量时间按比例增加或降低所描述的流速。已发现在某些情况下仅使用NF₃,对于硅损失的可接受水平,移除顶部结壳,但未能移除侧面结壳。而且已发现在某些情况下使用NF₃+CF₄,对于硅损失的可接受水平,移除所述侧面结壳但未能移除所述顶部结壳。因此,使用所论述的两步骤工艺允许移除侧面结壳及顶部结壳两者。

[0048] 图4描述根据各种实施例移除光致抗蚀剂及结壳的工艺流程400。首先在操作401中,预热所述晶片到足够低以阻止爆裂但足够高以提供可接受的蚀刻速率的温度。根据各

种实施例,所述温度可介于200C到400C之间,更特定来说,介于240C到350C之间(例如,285C)。在操作403处,使所述晶片暴露于产自氢气、二氧化碳、三氟化氮及四氟化碳(H₂/CO₂/NF₃/CF₄)的等离子体。产生所述等离子体通常涉及引入组分气体(其可预混合或不预混合)到等离子体源中。根据本发明可使用各种类型的等离子体源,包含RF、DC及基于微波的等离子体源。在某些实施例中,等离子体为远程等离子体源,但等离子体还可为原位(即,在剥离室中)等离子体源。此第一操作可移除侧面结壳及块体光致抗蚀剂,同时使表面免受硅损失。接着在操作405中,切断CF₄流,且使晶片暴露于仅产自氢气、二氧化碳及三氟化氮(H₂/CO₂/NF₃)的等离子体。此操作移除顶部结壳残留物。在移除副产物(未图示)之后,在操作407处结束所述工艺,且可移除经清洗的晶片。

[0049] 在某些实施例中,除切断CF₄之外或替代于切断CF₄,必要时可通过增加或降低流速来改变CF₄/NF₃比率。举例来说,在某些实施例中,使用CF₄与NF₃的组合来移除块体光致抗蚀剂及/或侧面结壳。NF₃在所述工艺中的各点处达到尖峰,以提供针对不容易移除的残留物的额外移除。达到尖峰的NF₃可(或可不)涉及减小CF₄流或使CF₄流转向。图5展示根据各种实施例的此工艺500的实例。如同先前实例,首先在操作501中预热晶片。接着在操作503中使所述晶片暴露于产自H₂/CO₂/NF₃/CF₄的等离子体,其中NF₃达到尖峰。此操作可移除结壳并免受硅损失。在某些实施例中,可移除顶部结壳及侧面结壳两者。接着,在操作505中,NF₃流速降低,且晶片暴露于产自H₂/CO₂/NF₃/CF₄的等离子体,以用于块体光致抗蚀剂的移除。在操作507中,切断CF₄流,并使晶片暴露于产自H₂/CO₂/NF₃的等离子体。任选地在此操作期间使NF₃达到尖峰。此操作可为完全移除任何剩余残留物的过剥离操作。过剥离指代超过移除所有光致抗蚀剂标称上所需的点的剥离工艺的继续,且可涉及从已经清洗的表面剥离材料。在移除副产物(未图示)之后,在操作509处结束所述工艺,且可移除经清洗的晶片。

[0050] 如所指示,取决于形成于晶片或其它工件上的特定后植入光致抗蚀剂及残留物,使NF₃达到尖峰可在工艺中的不同阶段进行。举例来说,可在移除工艺的开始处使NF₃达到尖峰以促进困难的顶部结壳移除。可在所述工艺的开始处移除顶部结壳以防止爆裂的可能性。接着可使用与CF₄组合的较低NF₃流速来执行块体光致抗蚀剂移除。在某些实施例中,在移除块体光致抗蚀剂之后使NF₃达到尖峰以促进链带(stringer)移除。链带为通过两个邻近暴露区之间的非暴露而留下的较长、较窄的光致抗蚀剂残留物区段。

[0051] 在某些实施例中,在移除所有或部分块体光致抗蚀剂期间试问NF₃与CF₄的比率可被视为“基础”比率,相对于此比率而测量尖峰。因此举例来说,将块体光致抗蚀剂移除期间的NF₃:CF₄视为“基础”,根据各种工艺序列,可在块体光致抗蚀剂移除之前及/或之后使所述比率上升。在一个实例中,所述基础比率为3:20(例如,15sccm NF₃,100sccm CF₄),其中尖峰使所述比率上升到1:2(50sccm NF₃,100sccm CF₄),或在CF₄并不存在的情况下,所述基础比率为无限大。用于任何特定工艺的实际流速及比率可变化;然而,通过改变相对流速及比率,可使用展示于图3A及3B中的效应来控制所述移除工艺。在某些实施例中,针对一个或一个以上操作仅可存在CF₄且不存在NF₃,然而,在许多实施例中,已发现CF₄提供允许所述工艺利用NF₃的较高移除速率的充足保护。根据各种实施例,可采用1:50到1:2的基础比率,其中尖峰高于所述基础比率。在某些实施例中,NF₃尖峰可涉及至少两倍于NF₃:CF₄的比率。

[0052] 如上所示,在某些实施例中,采用CO₂排放气体,且其一直连同H₂运行。已发现对于300mm晶片,使用10到15lpm H₂(每台2到3lpm),运行于约100sccm到300sccm CO₂之间(每台20到60sccm)导致少于超出此范围之外的硅损失。这展示在图6中。图6中的流速反映5台室上方的总CO₂;基于每台,晶片经历20sccm到60sccm CO₂,更特定来说,32sccm。

[0053] 工艺参数

[0054] 入口气体

[0055] 将通常包含分子氢的含氢气体引入到等离子体源中。引入到等离子体源的气体含有将被电离或以其它方式存在于等离子体源中以形成等离子体的化学活性物质。引入到等离子体源的气体包含含氟气体,例如元素氟、三氟化氢及六氟化硫。引入到等离子体源的气体包含保护剂气体,通常为含碳保护剂气体。在某些实施例中,保护剂气体为碳氟化合物气体,例如四氟化碳、C₂F₆或氢氟碳。

[0056] 在某些特定实施例中,引入到等离子体源的气体包括体积约0.1%到约3%之间的四氟化碳及体积约0.3%到2%之间的三氟化氮。引入到等离子体源的气体可包含弱氧化剂(例如二氧化碳、一氧化碳、二氧化氮、氮氧化物及/或水)。在某些实施例中,弱氧化剂为二氧化碳。根据各种实施例,入口气体可包含约1体积百分比与99体积百分比之间、约80体积百分比与99.9体积百分比之间或约95体积百分比的分子氢;约0体积百分比与25体积百分比之间的CO₂或其它弱氧化剂;约0.1体积百分比与3体积百分比之间的三氟化氮或其它不含碳含氟化合物;及约0.1体积百分比与6体积百分比之间的四氟化碳或其它保护剂化合物。

[0057] 在某些实施例中,进入等离子体源的所述气体基本上由分子氢、二氧化碳或其它弱氧化剂、不含碳含氟化合物及保护剂化合物所组成。在某些实施例中,其中在工艺序列中的一个或一个以上操作中关断保护剂气体流,进入等离子体源的气体基本上由分子氢、二氧化碳或其它弱氧化剂及不含碳含氟化合物所组成。在其它实施例中,可将额外的一种或一种以上气体添加到工艺气体。举例来说,可添加惰性气体。

[0058] 引入到等离子体源的气体可经预混合、部分混合或不混合。个别气源在被引入到等离子体源之前可流入混合增压室。在其它实施例中,不同气体可单独进入等离子体源。当在多台室的不同反应台中使用引入到等离子体源的气体时,所述气体可具有不同成份。举例来说,在6台室中,台1(或台2,如果台1用于预热)或台6可分别采用具有相对较高NF₃含量的工艺气体来移除结壳或残留物。其它台中的一者或一者以上可采用具有少量或不含保护剂气体的工艺气体。还可使用不含二氧化碳或弱氧化剂的工艺气体。

[0059] 使用具有弱氧化剂的基于氢的等离子体来剥离光致抗蚀剂及蚀刻材料的方法揭示于第7,288,484号美国专利中,其特此以全文引用的方式及出于所有目的并入本文中。剥离光致抗蚀剂及蚀刻残留物的后HDI方法描述于第US-2009-0053901号美国专利公开案中,其特此以全文引用方式及出于所有目的并入本文中。

[0060] 等离子体产生

[0061] 根据本发明可使用各种类型的等离子体源,包含RF、DC及基于微波的等离子体源。在优选实施例中,使用下游RF等离子体源。通常,300mm晶片的RF等离子体功率在约300瓦到约10千瓦之间变化。在一些实施例中,RF等离子体功率在约2000瓦与5000瓦之间(例如,3500瓦)。

[0062] 喷淋头组合件

[0063] 根据本发明的各种实施例,等离子体气体经由喷淋头组合件分布到加工表面。喷淋头组合件可经接地或具有经施加电压(例如,0到1000瓦偏压)以吸引某些带电物质,同时不影响中性物质到晶片的流动。等离子体中的许多带电物质在喷淋头处再组合。所述组合件包含喷淋头自身,所述喷淋头可为具有引导等离子体及惰性气体混合物进入反应室中的孔的金属板。所述喷淋头在较大区域上重新分布来自所述等离子体的活性氢,并允许使用较小的等离子体源。喷淋头孔的数目及布置可经设定以优化剥离速率及剥离速率均匀性。如果等离子体源位于晶片中心上方,那么在喷淋头的中心的喷淋头孔优选较小且较少,以将活性气体推向外部区。喷淋头可具有至少100个孔。合适的喷淋头包含可购自美国加州圣荷西市(San Jose,CA)诺发系统(Novellus Systems)公司的Gamma xPR喷淋头或GxT投入式喷淋头。在不存在喷淋头组合件的实施例中,等离子体直接进入工艺室。

[0064] 工艺室

[0065] 工艺室可为用于正执行的剥离操作的任何合适的反应室。工艺室可为多室设备的一个室,或工艺室可简单地单室设备。所述室还可包含多个台,在所述多个台处同时处理不同晶片。工艺室可为发生植入、蚀刻或其它以抗蚀剂为媒介的工艺的不同室。在其它实施例中,个别室专供剥离之用。工艺室压力可从约600毫托到2托不等。在某些实施例中,压力从约0.9托到1.5托不等。

[0066] 工艺室包含上面执行剥离操作的一个或一个以上处理台。在某些实施例中,所述一个或一个以上处理台包含预热台、至少一个剥离台及过灰化台。晶片支撑件经配置以在处理期间支撑晶片。晶片支撑件还可在处理期间将热量传送到晶片并传送来自晶片的热量,以在必要时调整晶片温度。在某些实施例中,晶片支撑在多个最小触点上,且并未物理接触晶片支撑件表面平面。心轴拣取晶片,并将晶片从一个台传送到另一台。

[0067] 图8为展示适合用于在晶片上实践本发明的下游等离子体设备800的方面的示意性说明。设备800具有由喷淋头组合件817分隔的等离子体产生部分811及暴露室801。在暴露室801内部,晶片803搁置在压板(或置物台)805上。压板805配合有加热/冷却元件。在一些实施例中,压板805还经配置以用于对晶片803施加偏压。在暴露室401中经由真空泵经由导管807得到低压。气态氢气源(具有或不具有稀释/运载气体)及二氧化碳(或其它弱氧化剂)经由入口809提供气体流进入所述设备的等离子体产生部分811中。等离子体产生部分811部分由感应线圈813环绕,感应线圈813继而连接到电源815。在操作期间,将气体混合物引入到等离子体产生部分811中;使感应线圈813通电;并在等离子体产生部分811中产生等离子体。喷淋头组合件817可具有经施加电压或经接地以指引物质流进入暴露室801中。如所提到,晶片803可受控于温度及/或可被施加RF偏压。可使用各种配置及几何形状的等离子体源811及感应线圈813。举例来说,感应线圈813可以交错模式环绕等离子体源811。在另一实例中,等离子体源811可成形为半球形而不是圆柱形。控制器850可连接到工艺室的组件,且控制剥离操作的工艺气体成份、压力、温度及晶片标引。机器可读媒体可耦合到所述控制器,并含有用于控制这些操作的工艺条件的指令。

[0068] 合适的等离子体室及系统包含美国加州圣荷西市(San Jose,CA)诺发系统公司提供的Gamma 2100、2130I²CP(交叉感应耦合等离子体)、G400及GxT。其它系统包含来自美国马里兰州洛克维尔市(Rockville)亚舍利科技(Axcelis Technologies)的熔合线(Fusion

line);来自韩国PSK科技公司的TERA21;及来自美国加州弗里蒙特市(Fremont)马特森科技(Mattson Technology)公司的Aspen。此外,可将各种剥离室配置到群集工具上。举例来说,可将剥离室添加到可购自美国加州圣克拉拉市(Santa Clara,CA)的应用材料(Applied Materials)公司的森特拉(Centura)群集工具。

[0069] 工件

[0070] 在优选实施例中,根据本发明的方法及设备而使用的工件为半导体晶片。可使用任何大小的晶片。大部分现代晶片制造设施使用200mm或300mm晶片。如上所揭示,本文所揭示的工艺及设备在处理操作(例如蚀刻、离子植入或沉积)之后剥离光致抗蚀剂。本发明适合用于具有极小特征或临界尺寸(例如,100nm以下,65nm或45nm或小于45nm)的晶片。所揭示的HDIS的低硅损失特征尤其适合用于先进逻辑装置的极浅结。本发明还尤其适合用于经历前段工程(FEOL)离子植入(尤其是高剂量离子植入)的晶片。

[0071] 经等离子体活化的物质与晶片上的光致抗蚀剂及溅镀残留物发生反应。在晶片处,反应性气体可包含许多种经等离子体活化的物质、惰性气体、基团、带电物质及气体副产物。各种氢物质的体积浓度可为所述晶片处的气体的约20%到80%。各种氟物质的体积浓度可为0.01%到约2%或小于1%。来自弱氧化剂的各种物质的体积浓度可为0.05%到约5%或约1.2%。这些物质可包含 H_2^* 、 H_2^+ 、 H^+ 、 H^* 、 e^- 、OH、 O^* 、CO、 CO_2 、 H_2O 、HF、 F^* 、 F^- 、CF、 CF_2 及 CF_3 。

[0072] 工艺条件可取决于晶片大小而变化。在本发明的一些实施例中,期望使工件在对其表面施加等离子体期间保持在特定温度。晶片温度可在约110℃与约500℃之间变化。为减小上述光致抗蚀剂爆裂的可能性,晶片温度优选缓慢增加,直到已移除足够多的结壳且光致抗蚀剂爆裂不再受关注为止。初始台温度可为约110℃到约260℃,例如约240℃。越后面的台可成功使用越高的温度(例如285℃及约350℃)及良好的剥离速率。在某些实施例中,在NF3尖峰期间增加温度,以减小与这些尖峰相关联的Si损失。

[0073] 实例工艺

[0074] 如上所指示,在某些实施例中,多台剥离设备用于执行本文所描述的光致抗蚀剂及残留物剥离工艺。图7为展示包含台1、2、3、4、5及6的此设备的俯视图的简化示意图。晶片经由室701进入设备位于台1处;依序将晶片传送到每一台以用于此台处的处理操作;且所述晶片在完成所述工艺之后经由室702从台6退出。上述架构允许无基于氢的残留物的高剂量植入剥离工艺,且具有低硅损失及TiN金属栅极兼容性。

[0075] 实例工艺1

[0076]

台	操作	H2 流速 (lpm)	CO2 流速 (sccm)	NF3 流速 (sccm)	CF4 流速 (sccm)	温度 (C)
1	预热	0	0	0	0	240
2	结壳移除	2 到 3	32	15	100	240
3 到 5	块体光致抗蚀剂剥离	2 到 3	32	15	100	285
6	过灰化及残留物清洗	2 到 3	32	50	0	350

[0077] 上述工艺为包含台6中的NF3尖峰的工艺序列的实例。

[0078] 实例工艺2

[0079]

台	操作	H2 流速 (lpm)	CO2 流速 (sccm)	NF3 流速 (sccm)	CF4 流速 (sccm)	温度 (C)
1	预热	0	0	0	0	240

[0080]

2	结壳移除(2 阶段)	2 到 3	32	15	100	240
				50	100	
3 到 5	块体光致抗蚀剂剥离	2 到 3	32	15	100	285
6	过灰化及残留物清洗	2 到 3	32	50	0	350

[0081] 上述工艺为包含在结壳移除期间在台2中持续暴露时间的一半的NF3尖峰的工艺序列的实例。举例来说,晶片可在所述台中持续18秒,其中NF3达到尖峰达9秒。

[0082] 实例工艺3

[0083]

台	操作	H2 流速 (lpm)	CO2 流速 (sccm)	NF3 流速 (sccm)	CF4 流速 (sccm)	温度 (C)
1	预热	0	0	0	0	240
2	结壳移除(2 阶段)	2 到 3	32	50	100	240
				50	0	
3 到 5	块体光致抗蚀剂剥离	2 到 3	32	15	100	285
6	过灰化及残留物清洗	2 到 3	32	50	0	350

[0084] 上述工艺为在台2暴露时间期间的点处关断CF4(例如)以辅助结壳移除的工艺实例。

[0085] 实例工艺4

[0086]

台	操作	H2 流速 (lpm)	CO2 流速 (sccm)	NF3 流速 (sccm)	CF4 流速 (sccm)	温度 (C)
1	预热	0	0	0	0	240
2 到 5	块体光致抗蚀剂剥离及对侧面结壳移除残留物	2 到 3	32	50	100	240
3 到 5	块体光致抗蚀剂剥离	2 到 3	32	15	100	285
6	过灰化及残留物清洗	2 到 3	32	50	0	350

[0087] 上述工艺序列提供展示可如何通过修改相对NF3及CF4流速来控制剥离的实例。

[0088] 虽然已就少数优选实施例描述了本发明,但是本发明不应限于上文所呈现的具体细节。可使用上述优选实施例上的许多变化。因此,应参考所附权利要求书大致解释本发明。

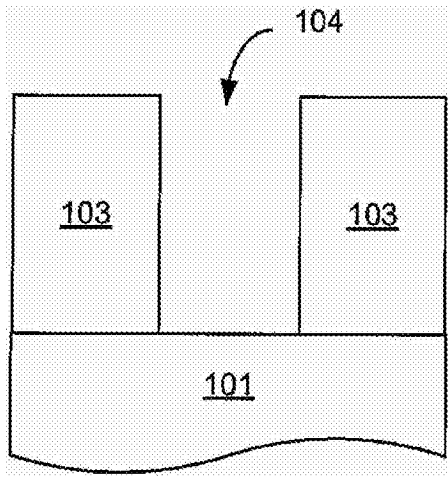


图1A

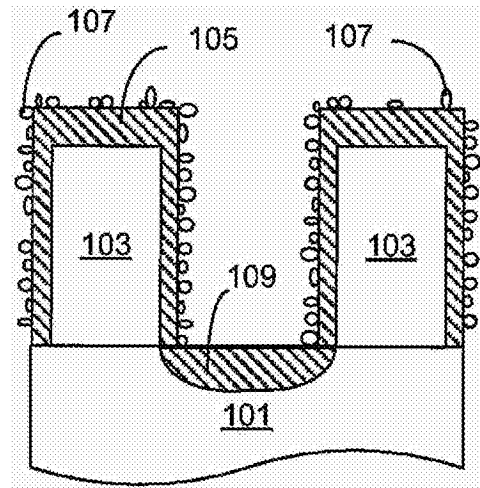


图1B

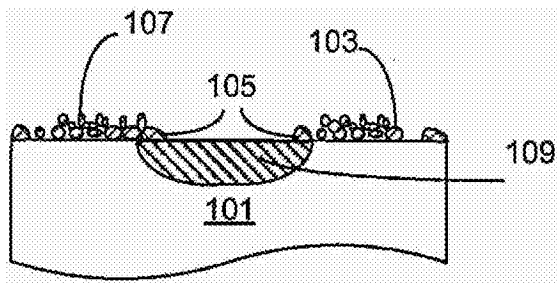


图1C

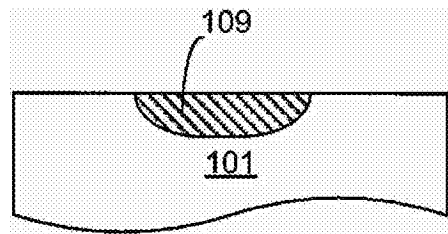


图1D

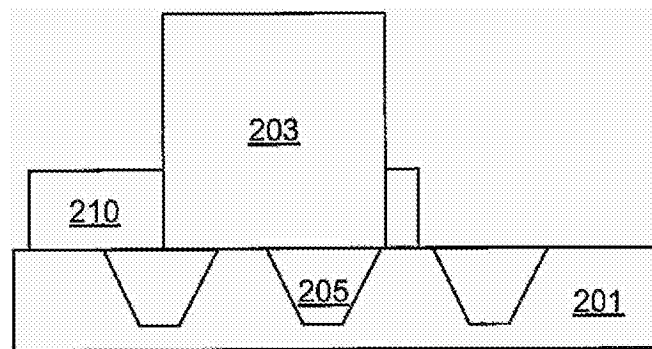


图2A

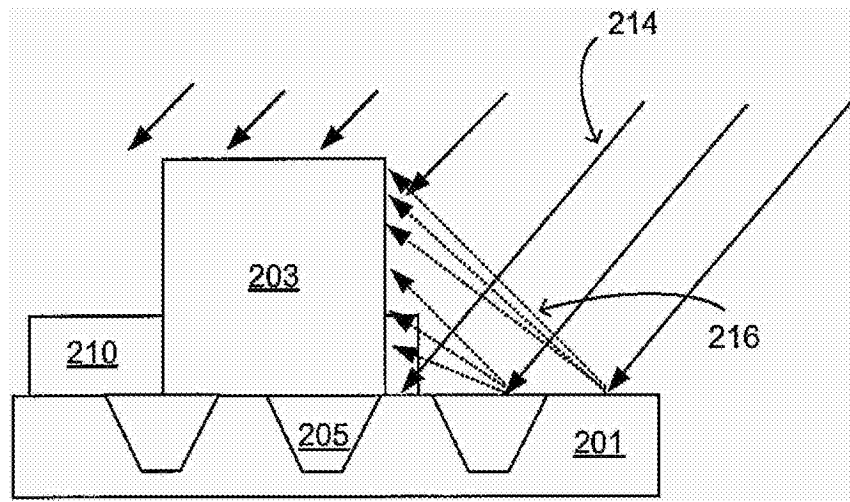


图2B

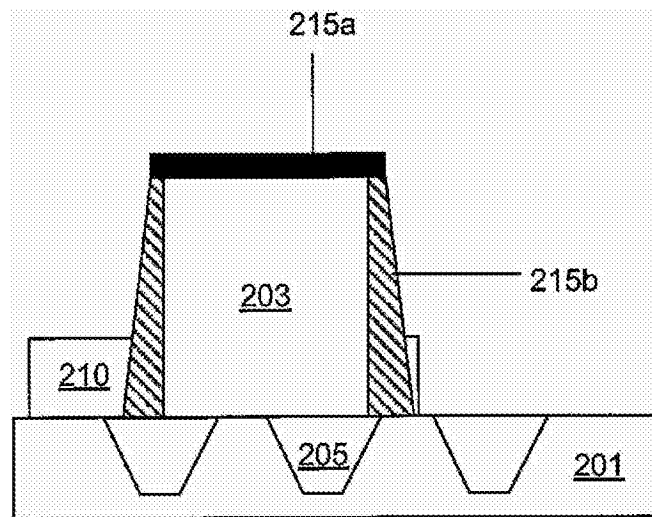


图2C

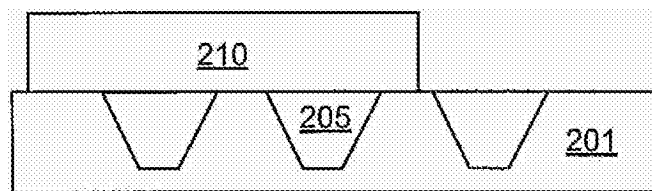


图2D

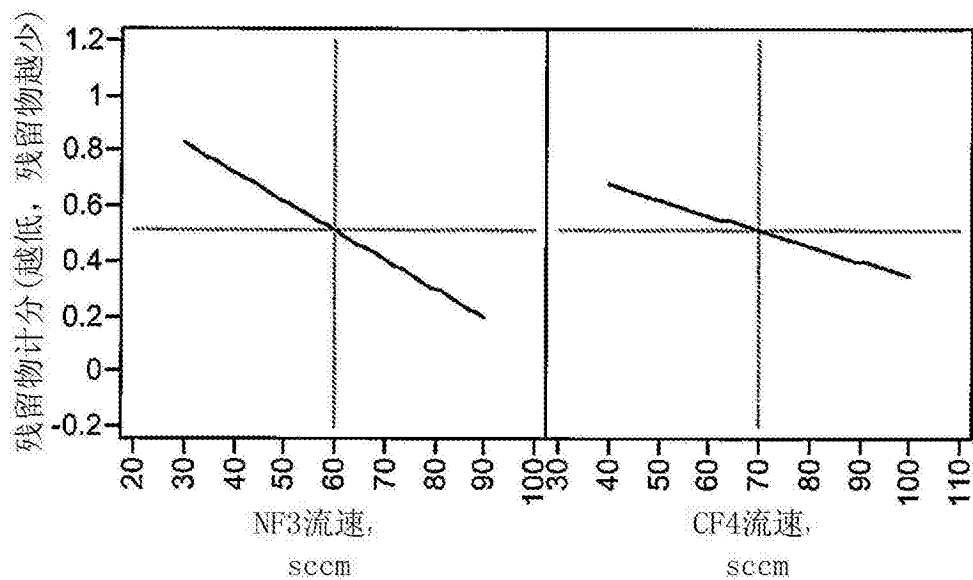


图3A

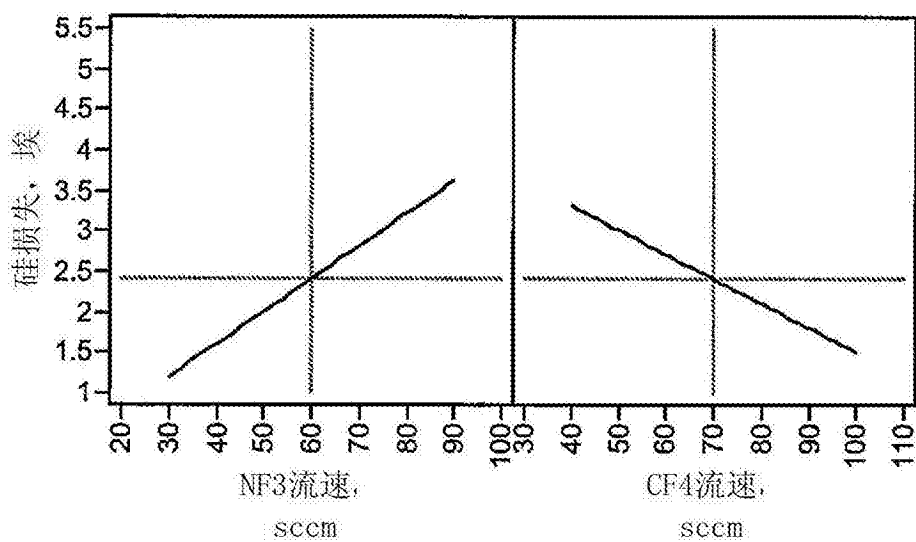


图3B

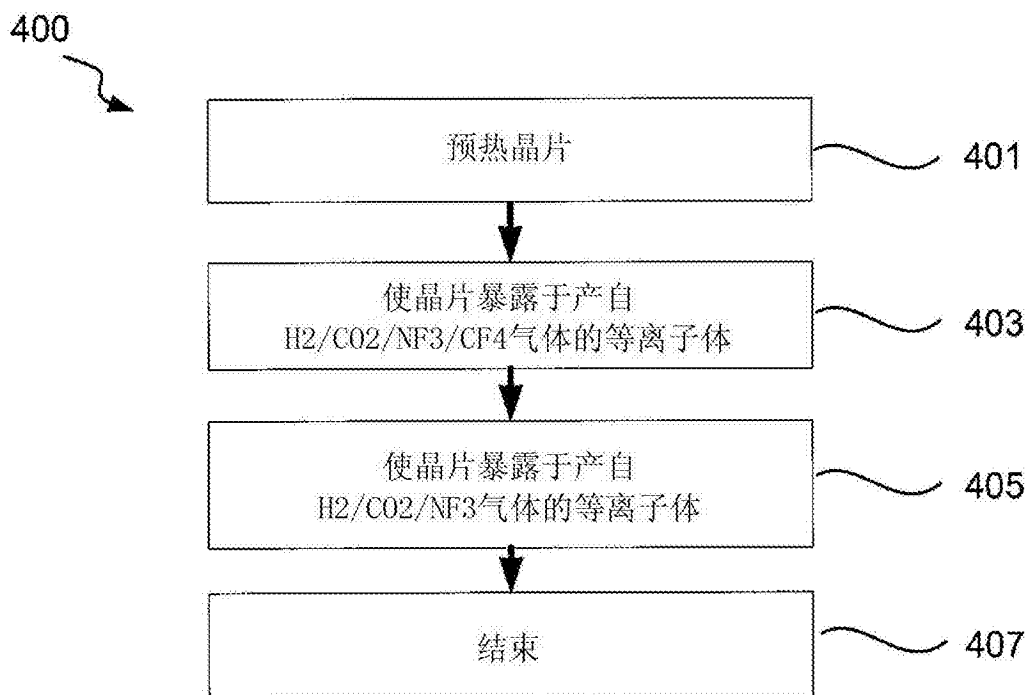


图4

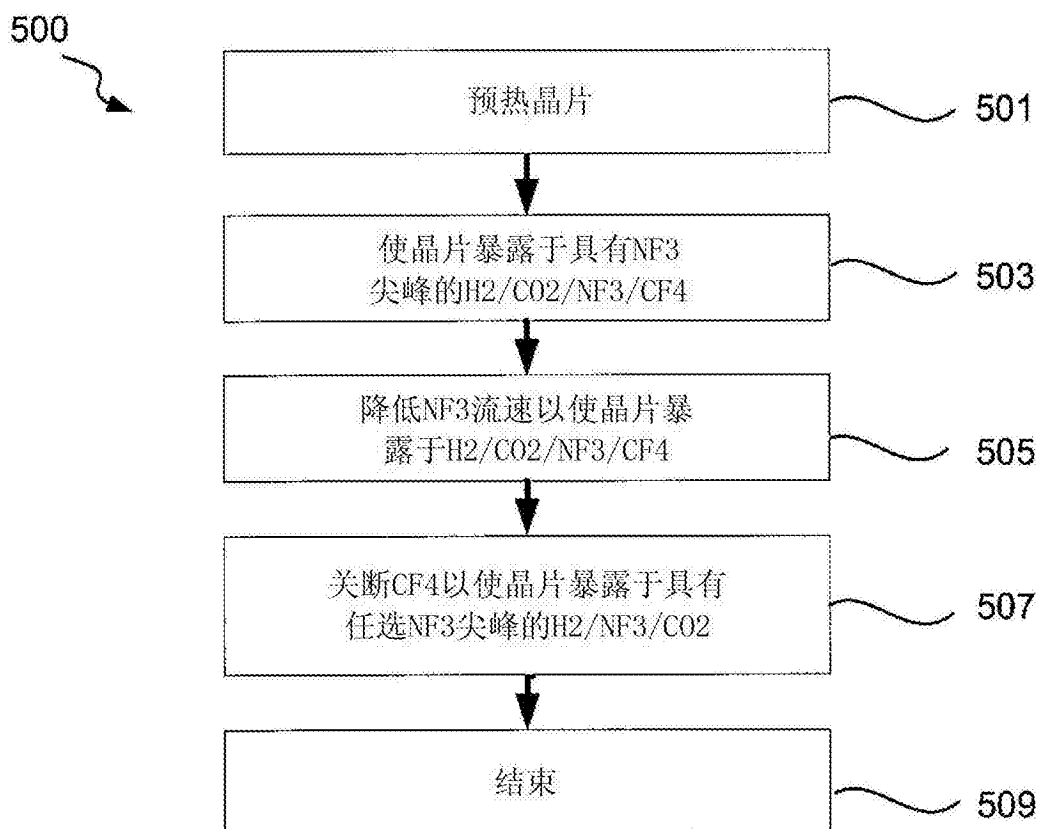


图5

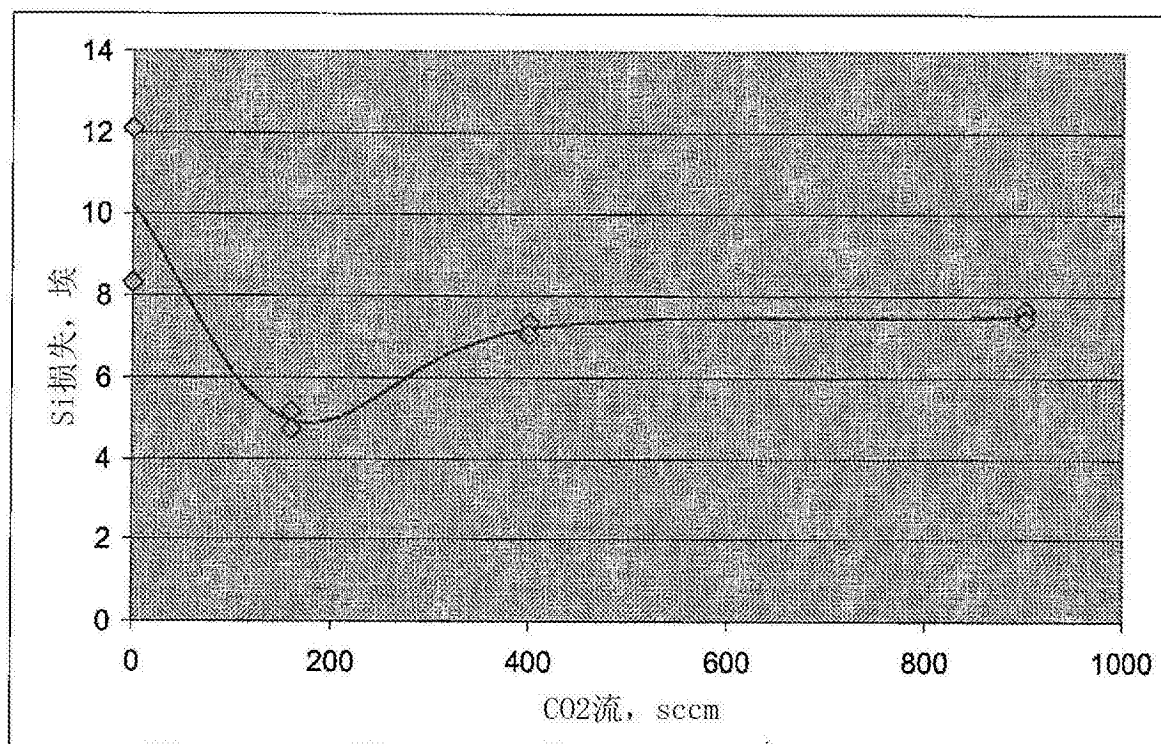


图6

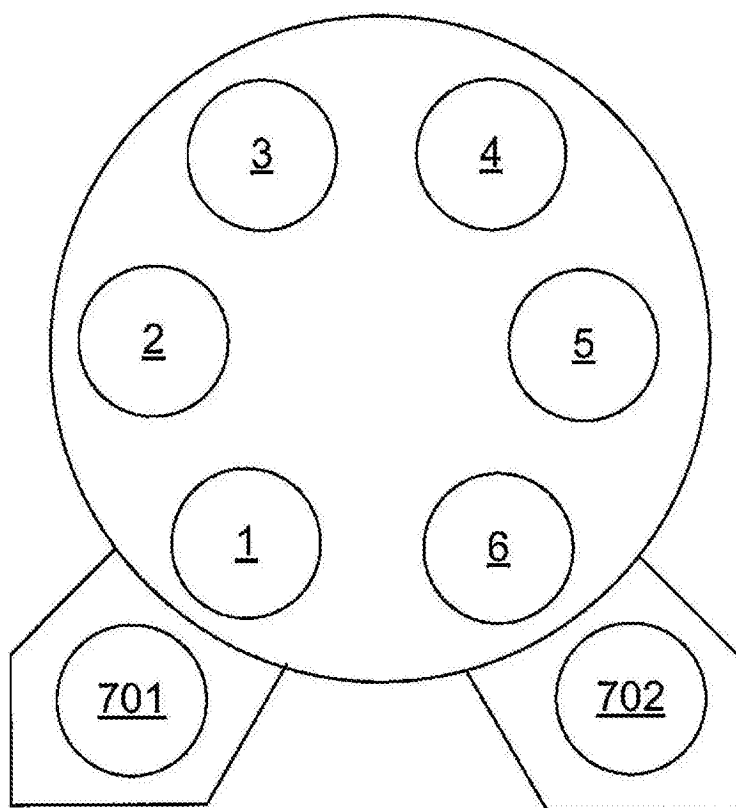


图7

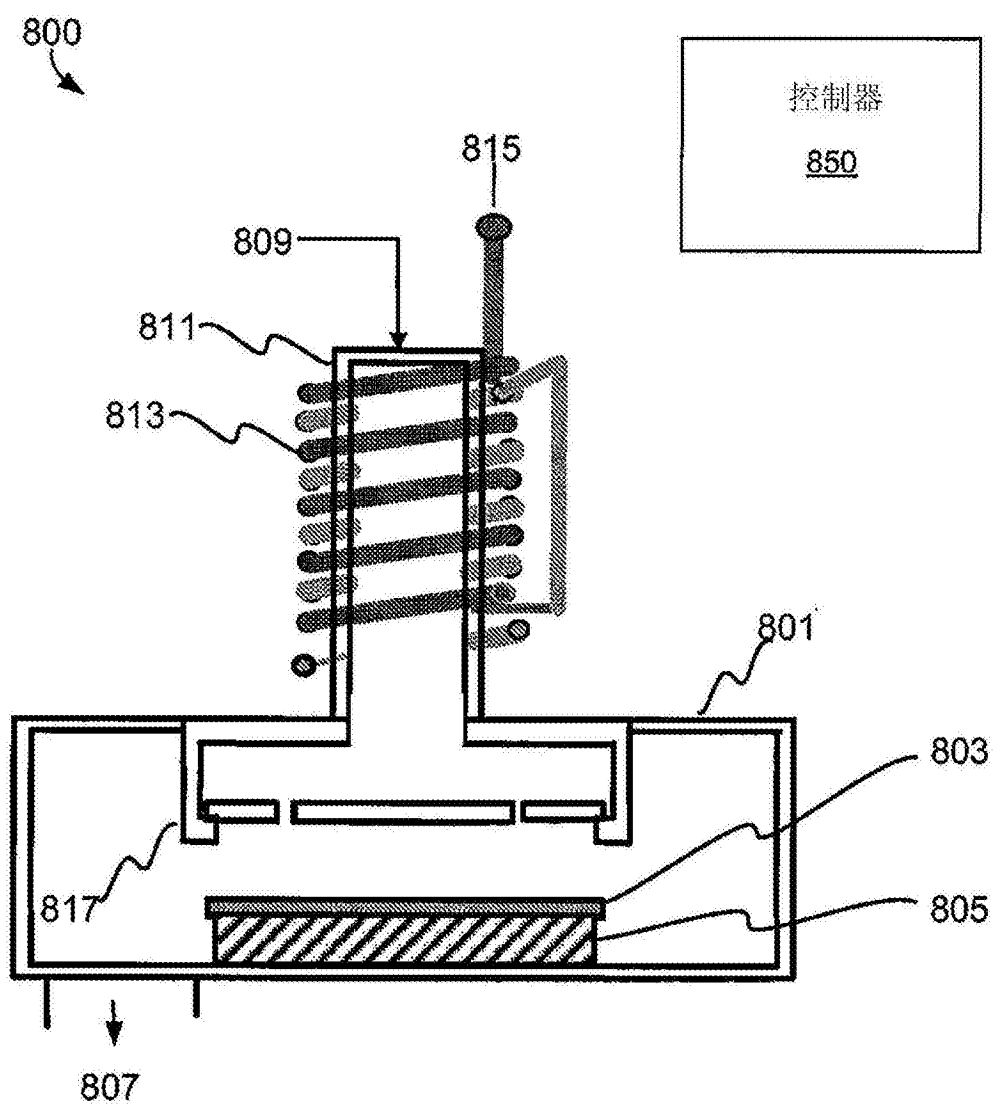


图8