



(10) 授权公告号 CN 110678973 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 19

(21) 申请号 201880035089.1

(22) 申请日 2018.05.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110678973 A

(43) 申请公布日 2020.01.10

(30) 优先权数据  
62/514,554 2017.06.02 US  
62/648,073 2018.03.26 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.11.27

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2018/035210 2018.05.30

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/222771 EN 2018.12.06

(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 P·曼纳 江施施 A·B·玛里克  
K·莱斯彻基什

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
司 31100

专利代理师 侯颖嫫 张鑫

(51) Int.Cl.  
H01L 21/768 (2006.01)  
H01L 21/02 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 2012285492 A1,2012.11.15  
US 6242368 B1,2001.06.05  
CN 103210480 A,2013.07.17  
CN 103443909 A,2013.12.11  
JP H05139870 A,1993.06.08  
JP H0733565 A,1995.02.03  
JP H11171669 A,1999.06.29  
US 2013240830 A1,2013.09.19  
US 2014216498 A1,2014.08.07  
US 2016027645 A1,2016.01.28

审查员 郑茂梅

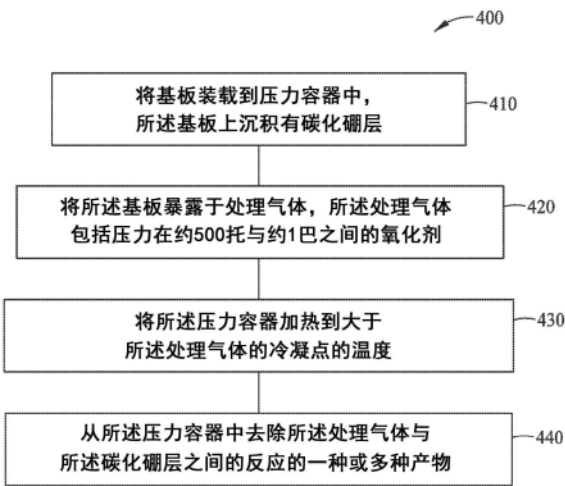
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

碳化硼硬掩模的干式剥除

(57) 摘要

本公开的实施例总体涉及用于干式剥除沉积在半导体基板上的碳化硼层的方法。在一个实施方案中,该方法包括:将具有碳化硼层的基板装载到压力容器中;将基板暴露于包括氧化剂的处理气体,所述氧化剂的压力在约500托与60巴之间;将压力容器加热到大于处理气体的冷凝点的温度;和从压力容器去除处理气体与碳化硼层之间的反应的一种或多种产物。



1. 一种剥除沉积在基板上的碳化硼层的方法,所述方法包括:  
将所述基板装载到压力容器的处理区域中,所述基板上沉积有所述碳化硼层;  
将所述基板暴露于处理气体,所述处理气体包括压力在500托与60巴之间的氧化剂,其中所述处理气体不包括等离子体;  
将所述压力容器的所述处理区域加热到大于所述处理气体的冷凝点的温度;和  
从所述压力容器去除所述处理气体与所述碳化硼层之间的反应的一种或多种产物。
2. 如权利要求1所述的方法,其中将所述基板暴露于处理气体的步骤包括:  
在大于10巴的压力下将所述基板暴露于蒸气。
3. 如权利要求2所述的方法,其中所述基板暴露于蒸气量,所述蒸气量是沉积在所述基板上的碳化硼量的至少十倍。
4. 如权利要求1所述的方法,其中所述氧化剂选自由以下各者组成的群组:臭氧、氧气、水蒸气、重水、氨、过氧化物、含氢氧化物的化合物、氧同位素和氢同位素。
5. 如权利要求1所述的方法,其中所述基板暴露于氧化剂量,所述氧化剂量超过与沉积在所述基板上的碳化硼量完全反应所需的氧化剂量。
6. 如权利要求1所述的方法,其中将所述压力容器的所述处理区域加热至300摄氏度至700摄氏度之间的温度。
7. 如权利要求1所述的方法,其中所述处理气体包括5%的干蒸气至100%的干蒸气。
8. 一种剥除沉积在多个基板上的碳化硼层的方法,所述方法包括:  
将所述多个基板同时装载到压力容器的处理区域中,所述多个基板中的每一个上沉积有所述碳化硼层;  
将所述多个基板暴露于处理气体,所述处理气体包括压力在500托与60巴之间的氧化剂;  
将所述压力容器的所述处理区域加热到大于所述处理气体的冷凝点的温度;和  
从所述压力容器去除所述处理气体与所述碳化硼层之间的反应的一种或多种产物。
9. 如权利要求8所述的方法,其中将所述多个基板暴露于所述处理气体包括:  
在大于10巴的压力下将所述多个基板暴露于蒸气。
10. 如权利要求8所述的方法,其中所述氧化剂选自由以下各者组成的群组:臭氧、氧气、水蒸气、重水、氨、过氧化物、含氢氧化物的化合物、氧同位素和氢同位素。
11. 如权利要求8所述的方法,其中所述多个基板暴露于氧化剂量,所述氧化剂量超过与沉积在所述多个基板中的第一基板上的碳化硼量完全反应所需的氧化剂量。
12. 如权利要求8所述的方法,其中将所述压力容器的所述处理区域加热至300摄氏度至700摄氏度之间的温度。
13. 如权利要求8所述的方法,其中所述处理气体包括5%的干蒸气至100%的干蒸气。
14. 一种剥除沉积在多个基板上的碳化硼层的方法,所述方法包括:  
将所述多个基板同时装载到压力容器的处理区域中,所述多个基板中的每一个上沉积有所述碳化硼层;  
将所述多个基板暴露于处理气体,所述处理气体包括压力在10巴与60巴之间的蒸气;  
将所述压力容器的所述处理区域加热到大于所述处理气体的冷凝点的温度;和从所述压力容器中去除所述处理气体与所述碳化硼层之间的反应的一种或多种产物。

15. 如权利要求14所述的方法,其中所述处理气体包括5%的过热蒸气至100%的过热蒸气。

## 碳化硼硬掩模的干式剥除

### 背景技术

#### 技术领域

[0001] 本公开的实施例总体涉及集成电路的制造,并且具体地涉及干式剥除在半导体基板上的碳化硼层的方法。

[0002] 现有技术的描述

[0003] 形成诸如存储器器件、逻辑器件、微处理器等的半导体器件涉及形成硬掩模。硬掩模经形成而作为待蚀刻的下面的基板上的覆盖层。在使用光刻胶层作为图案来蚀刻硬掩模之前,在硬掩模之上形成光刻胶的图案化层。在图案化硬掩模之后,去除光致抗蚀剂层,使得硬掩模保持用于蚀刻下面的基板的唯一图案。虽然硬掩模是在下面的基板上形成、经蚀刻、然后被从基板上移除的单独的层,但是对蚀刻处理的经改良的抵抗性以及降低的成本使硬掩模成为期望的。众所周知,硼掺杂的碳和碳化硼的膜由于优异的图案化性能而产生高质量的硬掩模。

[0004] 然而,在蚀刻之后难以从下面的基板移除或剥除碳化硼层,是因为使用常规氧等离子体不能将碳化硼层灰化。可使用氟或氯(与氧气一起)干式剥除碳化硼层;然而,氟和氯对通常在半导体基板上发现的诸如氧化硅、氮化硅和氮氧化硅之类的介电材料具有腐蚀性。若使用湿蚀刻溶液,也可损坏通常在半导体基板上发现的暴露的金属表面或嵌入的金属。

[0005] 因此,需要一种从半导体基板干式剥除碳化硼层的改进的方法。

#### 发明内容

[0006] 本公开的实施例总体涉及用于干式剥除沉积在半导体基板上的碳化硼层的方法。在一个实施方案中,所述方法包括:将具有碳化硼层的基板装载到压力容器中;将基板暴露于包括氧化剂的处理气体,所述氧化剂的压力在约500托与约60巴之间;将压力容器加热到大于处理气体的冷凝点的温度;和从压力容器中去除处理气体与碳化硼层之间的反应的一种或多种产物。

[0007] 在本公开的另一实施方案中,所述方法包括:将包括具有碳化硼层的第一基板的一个或多个基板装载到压力容器中;将第一基板暴露于包括氧化剂的处理气体,所述氧化剂的压力在约500托与60巴之间;将压力容器加热到大于处理气体的冷凝点的温度;和从压力容器中去除处理气体与碳化硼层之间的反应的一种或多种产物。

[0008] 在又一个实施方案中,所述方法包括:将包括至少第一基板的一个或多个基板装载到压力容器中,所述第一基板具有沉积在所述第一基板上的碳化硼层;将第一基板暴露于包括蒸气的处理气体,所述蒸气的压力在约500托与60巴之间;将压力容器加热到大于处理气体的冷凝点的温度;和从压力容器中去除处理气体与碳化硼层之间的反应的一种或多种产物。

[0009] 附图简单说明

[0010] 因此,欲详细地理解本公开的上述特征,可以通过参考实施例而获得上文简要概述的本公开的更具体的描述,其中一些实施例在附图中示出。然而,应注意,附图仅示出了示例性实施例,因此不应视为限制其范围,因为本公开可允许其他同等有效的实施例。

[0011] 图1是压力容器的简化前横截面图,所述压力容器用于从装载在盒上的多个基板上干式剥除碳化硼层。

[0012] 图2A是在半导体基板上方的蚀刻层上的图案化碳化硼层的简化横截面图。

[0013] 图2B是在移除碳化硼层之后在半导体基板上方的蚀刻层的简化横截面图。

[0014] 图3是用于干式剥除碳化硼层的单个基板处理腔室的简化前横截面图。

[0015] 图4是用于干式剥除沉积在半导体基板上的碳化硼层的方法的框图。

[0016] 为了便于理解,在可能的情况下,使用相同的附图标记来表示附图中共有的相同元件。可以预期,一个实施例的元件和特征可以有利地并入其他实施例中而无需进一步叙述。

## 具体实施方式

[0017] 本公开的实施例总体涉及用于干式剥除沉积在半导体基板上的碳化硼层的方法。使用氧化剂(诸如但不限于高压蒸气)将碳化硼层氧化成三氧化硼。然后三氧化硼与过量蒸气反应产生气态产物,诸如硼酸和偏硼酸。将半导体基板上的固体碳化硼层转化为气态产物以及随后去除气态产物的步骤提供了干式剥除碳化硼层的有效方式。批量处理腔室(诸如但不限于图1中所示的和本文中所描述的压力容器100)用于执行在多个基板上干式剥除碳化硼层的方法。本文描述的方法可以同样地应用于设置在单个基板室中的单个基板,诸如图3中所示的示例性单个基板处理腔室300、或其他合适的单个基板处理腔室。

[0018] 图1是用于干式剥除碳化硼层的批量处理压力容器100的简化前横截面图。压力容器100具有主体110,主体110具有外表面112和包围处理区域115的内表面113。在诸如图1中的一些实施例中,主体110具有环形横截面,但是在其他实施例中,主体110的横截面可以是矩形或任何闭合形状。主体110的外表面112可以由耐腐蚀钢(CRS)制成,诸如但不限于不锈钢。主体110的内表面113可由表现出高的耐腐蚀性的镍基钢合金制成,诸如但不限于 HASTELLOY<sup>®</sup>。

[0019] 压力容器100具有门120,门120配置成将处理区域115可密封地封闭在主体110内,使得当门120打开时可以进出处理区域115。密封件122用于将门120密封到主体110,以密封处理区域115以进行处理。密封件122可以由聚合物制成,诸如但不限于全氟弹性体。冷却通道124设置在门120上与密封件122相邻,以便在处理过程中将密封件122保持在密封件122的最大安全操作温度以下。冷却剂(诸如但不限于惰性的、介电质的和/或高性能传热流体)可在冷却通道124内循环,以将密封件122保持在约250摄氏度至约275摄氏度之间的温度,而处理区域115中的温度约为800摄氏度。冷却通道124内的冷却剂的流动由控制器180通过从温度传感器116或流量传感器(未示出)接收的反馈来控制。

[0020] 压力容器100具有穿过主体110的端口117。端口117具有穿过其中的管118,管118耦接到加热器119。管118的一端连接到处理区域115。管118的另一端分叉成入口导管157和出口导管161。入口导管157经由隔离阀155流体地耦接到气体面板150。入口导管157耦接到加热器158。出口导管161经由隔离阀165流体地耦接到冷凝器160。出口导管161耦接到加热器162。加热器119、158和162配置成分别在高于处理气体的冷凝点的温度下保持流过管118、

入口管157和出口管161的处理气体。加热器119、158和162由电源145供能。

[0021] 气体面板150配置成将包括处于压力下的氧化剂的处理气体提供到入口导管157中,以通过管118传输到处理区域115中。被引入处理区域115中的处理气体的压力由耦接到主体110的压力传感器114监测。冷凝器160流体地耦接到冷却流体并且配置成在通过管118而从处理区域115移除之后将流过出口管161的气态产物加以冷凝。冷凝器160将气态产物从气相转换到液相。泵170流体地连接到冷凝器160且从冷凝器160泵出液化产物。气体面板150、冷凝器160和泵170的操作由控制器180控制。

[0022] 隔离阀155和165配置成仅允许一次一种流体流过管118而进入处理区域115。当隔离阀155打开时,隔离阀165关闭,使得流过入口导管157的处理气体进入处理区域115,防止处理气体流入冷凝器160。在另一方面,当隔离阀165打开时,隔离阀155被关闭,使得气态产物从处理区域115被移除并流过出口管161,从而防止气态产物流动进入气体面板150。

[0023] 一个或多个加热器140设置在主体110上并且配置为加热压力容器100内的处理区域115。在一些实施例中,加热器140设置在主体110的外表面112上,如图1中所示,但在其他实施例中,加热器140可设置在主体110的内表面113上。加热器140中的每一个可以是电阻线圈、灯、陶瓷加热器、石墨基碳纤维复合材料(CFC)加热器、不锈钢加热器或者铝加热器等。加热器140由电源145供能。通过从温度传感器116接收的反馈,控制器180控制加热器140的供能。温度传感器116耦接到主体110并且监测处理区域115的温度。

[0024] 耦接到致动器(未示出)的盒130移入和移出处理区域115。盒130具有顶表面132、底表面134和壁136。盒130的壁136具有多个基板储存槽138。每个基板储存槽138沿着盒130的壁136均匀地间隔开。每个基板储存槽138配置成在其中保持基板135。盒130可具有多达五十个基板储存槽138用于保持基板135。盒130提供有效的载体,用于将多个基板135转移到压力容器100中和从压力容器100中转出,以及用于处理处理区域115中的多个基板135。

[0025] 控制器180控制压力容器100的操作。控制器180控制气体面板150、冷凝器160、泵170、隔离阀155和165以及电源145的操作。控制器180还通信地连接到温度传感器116、压力传感器114和冷却通道124。控制器180包括中央处理单元(CPU)182、存储器184和支持电路186。接着,CPU182可以是任何形式的、可以在工业环境中使用的通用计算机处理器。存储器184可以是随机存取存储器、只读存储器、软盘或硬盘驱动器、或其他形式的数字存储器。支持电路186通常耦接到CPU 182,并且可以包括高速缓存、时钟电路、输入/输出系统、电源等。

[0026] 压力容器100提供方便的腔室以执行从多个基板135干式剥除碳化硼层的方法。对加热器140供能从而预热压力容器100。同时,加热器119、158和162被供能以分别预热管118、入口导管157和出口导管161。

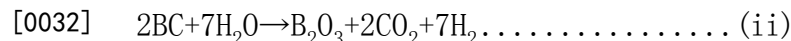
[0027] 然后将多个基板135装载在盒130上。图2A展示在半导体基板200上方的蚀刻层210上的图案化碳化硼层220的简化横截面图。当基板135装载在盒130上时,每个基板135被观察为图2A中的半导体基板200。打开压力容器100的门120以将盒130移动到处理区域115中。然后将门120可密封地封闭以封闭腔室,用于从盒130上的基板135的顶部剥除碳化硼层。一旦门120关闭,密封件122确保没有来自处理区域115的压力泄漏。

[0028] 由气体面板150将处理气体提供到压力容器100内的处理区域115中。隔离阀155由控制器180打开,以允许处理气体流过入口导管157和管118而进入处理区域115。处理气体

以约500sccm至约2000sccm的流速引入约1分钟至约2小时的时间。此时隔离阀165保持关闭。处理气体是流入处理区域115的氧化剂。在一些实施方案中,处理气体是蒸气,其可以是在约500托和约60巴之间的压力下的干蒸气或过热蒸气。然而,在其他实施方案中,可以使用其他氧化剂,诸如但不限于臭氧、氧气、过氧化氢或氨。在一个实施方案中,处理气体是包括约5%蒸气至100%氧化剂的混合物,例如约10%氧化剂至约80%氧化剂。在一个实例中,处理气体是约5%蒸气至100%蒸气的混合物。当气体面板150释放出足够的处理气体时,控制器180关闭隔离阀155。由气体面板150释放的处理气体的量是超过与沉积在多个基板135上的碳化硼完全反应所需的处理气体的量的量。例如,由气体面板150释放的蒸气量可以是沉积在基板上的碳化硼量的至少十倍。

[0029] 在处理基板135期间,处理区域115以及入口管157、出口管161和管118保持在一温度和压力下,使得处理气体保持气相。基于处理气体的组成选择此压力和温度。处理区域115以及入口管157、出口管161和管118的温度保持在大于施加压力下处理气体的冷凝点的温度。例如,当使用10巴和60巴之间的压力下的蒸气进行处理时,处理区域115以及入口导管157、出口导管161和管118的温度升高至介于大约300-700摄氏度之间的温度。这确保了蒸气不冷凝成水(其对于层220下方的蚀刻层210和基板200是有害的)。

[0030] 处理气体于基板135之上流动,使得碳化硼层与处理气体反应以形成气态产物。例如,碳化硼与蒸气反应而生成三氧化二硼( $B_2O_3$ ),氢气( $H_2$ )、一氧化碳(CO)以及二氧化碳( $CO_2$ ),如反应(i)和(ii)所示:



[0033] 然后三氧化硼( $B_2O_3$ )与过量蒸气反应生成硼酸( $H_3BO_3$ )和偏硼酸( $HB O_2$ ),如反应(iii)和(iv)所示:



[0036] 硼酸和偏硼酸是挥发性产物。硼酸和偏硼酸与氢气、一氧化碳和二氧化碳混合,以形成碳化硼与蒸气之间的反应的产物的气态混合物。

[0037] 当观察到碳化硼层已从基板135完全剥除时,处理完成。然后打开隔离阀165以使来自处理区域115的气态产物混合物通过管118和出口导管161流入冷凝器160。产物的气态混合物在冷凝器160中冷凝成液相。然后经由泵170去除液化的产物混合物。当完全去除液化的产物混合物时,隔离阀165关闭。然后关闭加热器140、119、158和162。然后打开压力容器100的门120以从处理区域115移除盒130。图2B是在移除碳化硼层之后在半导体基板200上方的蚀刻层210的简化截面图。当在移除碳化硼层之后从盒130卸载基板135时,每个基板135被观察作为图2B中的半导体基板200。基板135仅具有图案化的蚀刻层210。

[0038] 图3是用于干式剥除碳化硼层的单个基板处理腔室300的简化前横截面图。单个基板处理腔室300具有主体310,主体310具有外表面312和包围内部容积315的内表面313。在诸如图3中的一些实施例,主体310具有环形横截面,但是在其他实施例中,主体310的横截面可以是矩形或任何封闭形状。主体310的外表面312可以由耐腐蚀钢(CRS)制成,诸如但不限于不锈钢。一个或多个隔热罩325设置在主体310的内表面313上,以防止热量从单个基板处理腔室300损失到外部环境中。主体310以及隔热罩325的内表面313可由表现出高的耐

腐蚀性的镍基钢合金制成,诸如但不限于 HASTELLOY<sup>®</sup>、INCONEL<sup>®</sup>和 MONEL<sup>®</sup>。

[0039] 基板支撑件330设置在内部容积315内。基板支撑件330具有杆334和由杆334保持的基板支撑构件332。杆334通过穿过腔室主体310而形成的通道322。连接到致动器338的棒339通过穿过腔室主体310而形成的第二通道323。棒339耦接到板335,板335具有容纳基板支撑件330的杆334的孔336。升降杆337连接到基板支撑构件332。致动器338致动棒339,使得板335向上或向下移动以与升降杆337连接和断开。随着升降杆337升高或降低,基板支撑构件332在单个基板处理腔室300的内部容积315内升高或降低。基板支撑构件332具有嵌入其中心的电阻加热元件331。电源333被配置为对电阻加热元件331供能。电源333以及致动器338的操作由控制器380控制。

[0040] 单个基板处理腔室300在主体310上具有开口311,基板320可以通过所述开口311装载到设置在内部容积315中的基板支撑件330和从基板支撑件330卸载。开口311在主体310上形成通道321。狭缝阀328配置成可密封地封闭通道321,使得仅当狭缝阀328打开时才能进出开口311和内部容积315。密封件327用于将狭缝阀328密封到主体310,以密封内部容积315以进行处理。密封件327可以由聚合物制成,例如含氟聚合物,诸如但不限于全氟弹性体和聚四氟乙烯(PTFE)。密封件327还可包括弹簧构件,用于偏置密封件以改进密封性能。冷却通道324设置在邻近密封件327的通道321上,以便在处理期间将密封件327保持在密封件327的最大安全操作温度以下。来自冷却流体源326的冷却剂(诸如但不限于惰性的、介电质的和高温传热流体)可在冷却通道304内循环。来自冷却流体源326的冷却剂的流动由控制器380通过从温度传感器316或流量传感器(未示出)接收的反馈来控制。围绕通道321形成环形热扼流圈329,以在狭缝阀328打开时防止热量从内部容积315流动通过开口311。

[0041] 单基板处理腔室300具有穿过主体310的端口317,端口317流体地连接到连接气体面板350、冷凝器360和端口317的流体回路390。流体回路390具有气体导管392、源导管357、入口隔离阀355、排气导管363和出口隔离阀365。多个加热器396、358、352、354、364、366与流体回路390的不同部分接合。多个温度传感器351、353、319、367和369也放置在流体回路390的不同部分处以进行温度测量并将信息发送到控制器380。控制器380使用温度测量信息来控制加热器352、354、358、396、364和366的操作,使得流体回路390的温度保持在高于设置在流体回路390和内部容积315中的处理流体的冷凝点的温度。

[0042] 气体面板350和压力传感器314在性质与功能上基本上类似于图1的气体面板150和压力传感器114。冷凝器360在性质与功能上基本上类似于图1的冷凝器160。泵370在性质与功能上基本上类似于图1的泵170。一个或多个加热器340设置在主体310上并且配置成加热单个基板处理腔室300内的内部容积315。加热器340在性质与功能上基本上类似于批量处理压力容器100中使用的加热器140。

[0043] 控制器380控制单个基板处理腔室300的操作。控制器380控制气体面板350、冷凝器360、泵370、入口隔离阀355、出口隔离阀365和电源333、345的操作。控制器380还通信地连接到温度传感器316、压力传感器314、致动器338、冷却流体源326和温度读取装置356和362。控制器380在性质与功能上与在批处理压力容器100中使用的控制器180基本上相似。

[0044] 图4是根据本公开的一个实施例的用于干式剥除沉积在半导体基板上的碳化硼层的方法的框图。方法400通过将基板装载到压力容器100中而在框410处开始。基板上沉积有碳



化硼层。在一些实施方案中,可将多个基板放置在盒上并装入压力容器中。在进一步的实施方案中,将单个基板装载到压力容器中,所述压力容器配置成一次处理一个基板。

[0045] 在框420处,将基板或多个基板暴露于处理气体,所述处理气体包括在压力容器内压力在约500托和约60巴之间的氧化剂。在其他实施方案中,将基板或多个基板暴露于包括氧化剂的处理气体,所述氧化剂在压力容器内的压力大于约0巴,诸如介于约1巴至约60巴之间。在一些实施方案中,处理气体是选自包括臭氧、氧气、水蒸气、重水、过氧化物、含氢氧化物的化合物、氧同位素(14、15、16、17、18等)和氢同位素(1、2、3)或它们的某种组合的群组的氧化剂,其中处理气体是约10%氧化剂至约80%氧化剂的混合物。过氧化物可以是气相的过氧化氢。在一些实施方案中,氧化剂包括氢氧根离子,诸如但不限于水蒸气或蒸气形式的重水。在一些实施方案中,氧化剂的量超过与沉积在(一个或多个)基板上的碳化硼的量完全反应所需要的氧化剂的量。在其他实施方案中,处理气体可以是在约500托与约60巴之间的压力下的蒸气,其中蒸气占混合物的约5%至混合物的100%。蒸气可以是干蒸气或过热蒸气。蒸气量可以是沉积在基板上的碳化硼量的至少十倍。

[0046] 在框430处,将压力容器加热到大于处理气体的冷凝点的温度。提高温度使得碳化硼层能够与处理气体反应。在一些实施方案中,当蒸气被用作压力容器中的处理气体时,压力容器的温度保持在约300摄氏度至约700摄氏度之间。在这些实施方案中,碳化硼层与蒸气反应以产生气态产物混合物,包括三氧化二硼、二氧化碳、一氧化碳、氢气、硼酸和偏硼酸。

[0047] 在框440处,从处理腔室移除处理气体与碳化硼层之间的反应的产物。在使用蒸气的实施方案中,将包括三氧化二硼、二氧化碳、一氧化碳、氢气、硼酸和偏硼酸的气态产物混合物泵出压力容器。因此,基板上的碳化硼层被干式剥除,在半导体基板上留下理想的蚀刻层。

[0048] 本文所述的用于干式剥除碳化硼层的方法有利地实现从半导体基板干式剥除碳化硼层。不需要湿式蚀刻溶液。此外,当使用压力下的蒸气时,过程的温度范围在约300摄氏度与约700摄氏度之间确保碳化硼的氧化速率够低以首先将碳化硼转化为三氧化二硼的粘性层而又够高到足以将三氧化二硼的粘性层转化为挥发性气体(如硼酸和偏硼酸),所述挥发性气体随后可以被去除。若过程的温度低于300摄氏度或过程的压力小于500托,则碳化硼初始氧化成三氧化硼和随后氧化三氧化硼到硼酸和偏硼酸之间失去平衡,使得所述层无法完全剥除。

[0049] 本文所述的方法通过处理多个基板同时移除碳化硼层来提高基板的产量。此外,由于碳化硼不能通过能够去除其它层的常规氧等离子体来灰化,因此方法保留了碳化硼作为硬掩模材料的可行性。由于具有高蚀刻选择性、高硬度和高碳化硼透明度,碳化硼是硬掩模材料的极佳选择。因此,本文描述的方法有助于进一步开发碳化硼层以图案化下一代存储器器件、逻辑器件、微处理器等。另外,尽管本文描述的方法涉及碳化硼层,但是其他类型的碳化硼层可以从本公开受益。

[0050] 虽然前述内容针对本公开的特定实施例,但是应该理解,这些实施例仅是对本发明的原理和应用的说明。因此,应当理解,在不脱离由所附权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下,可以对说明性实施例进行多种修改来得到其他实施例。

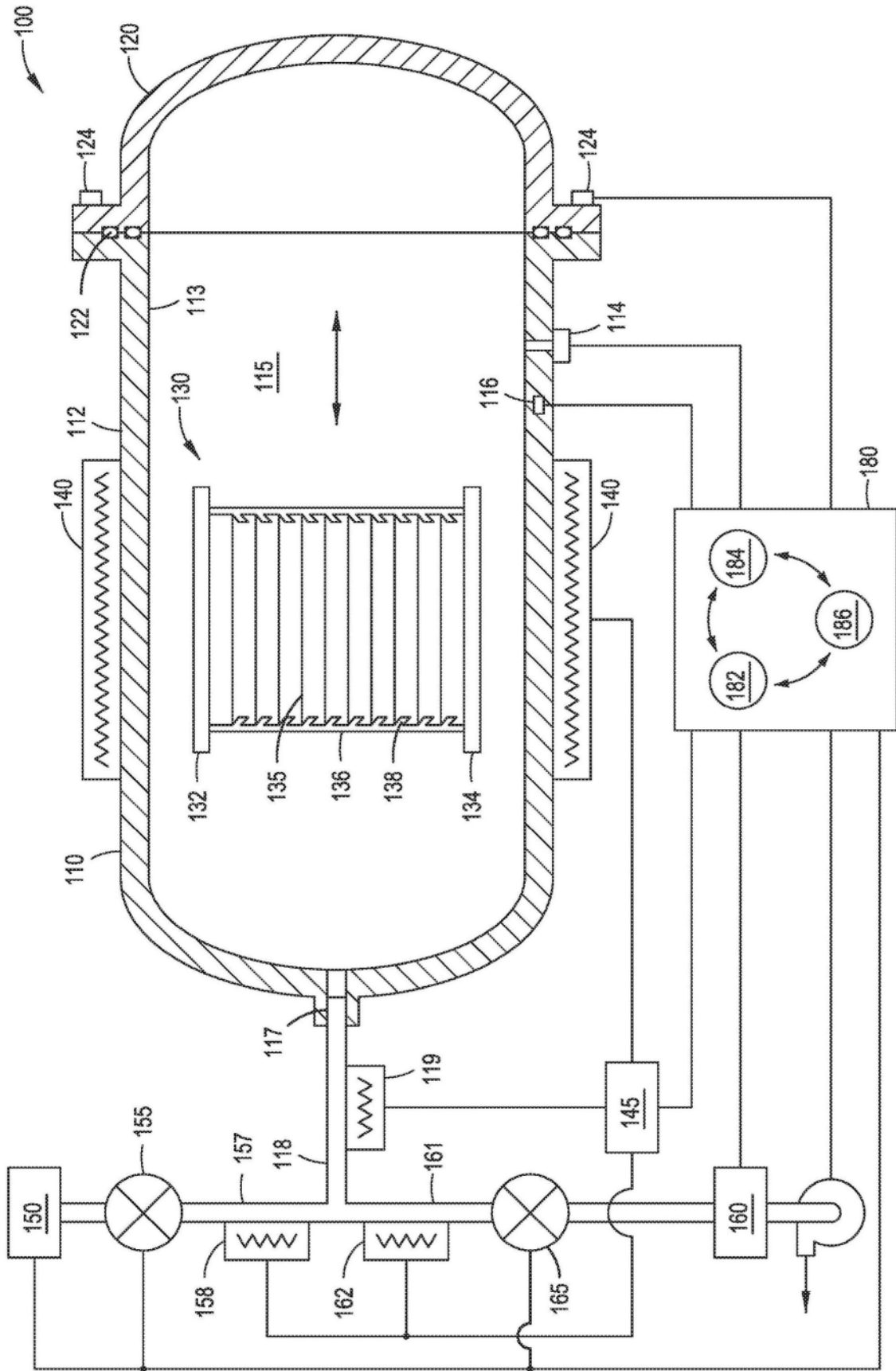


图1

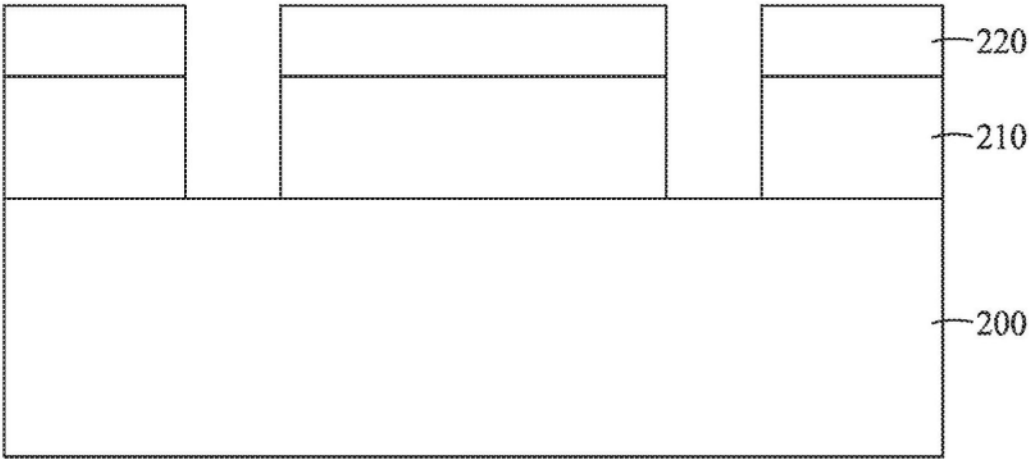


图2A

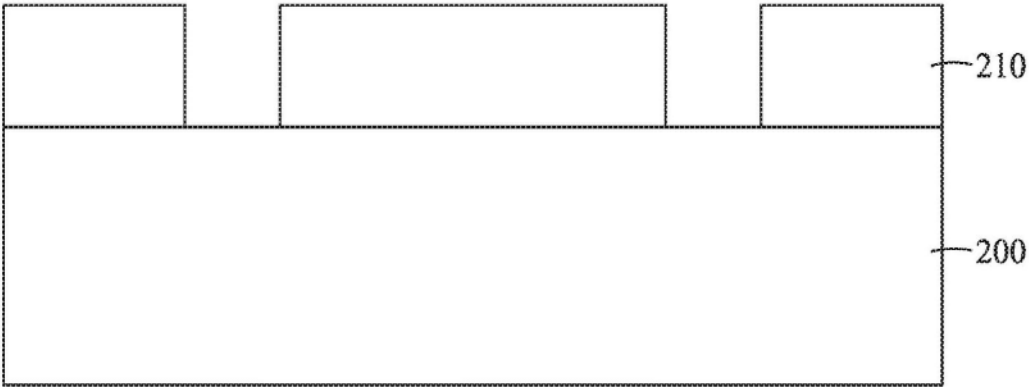


图2B

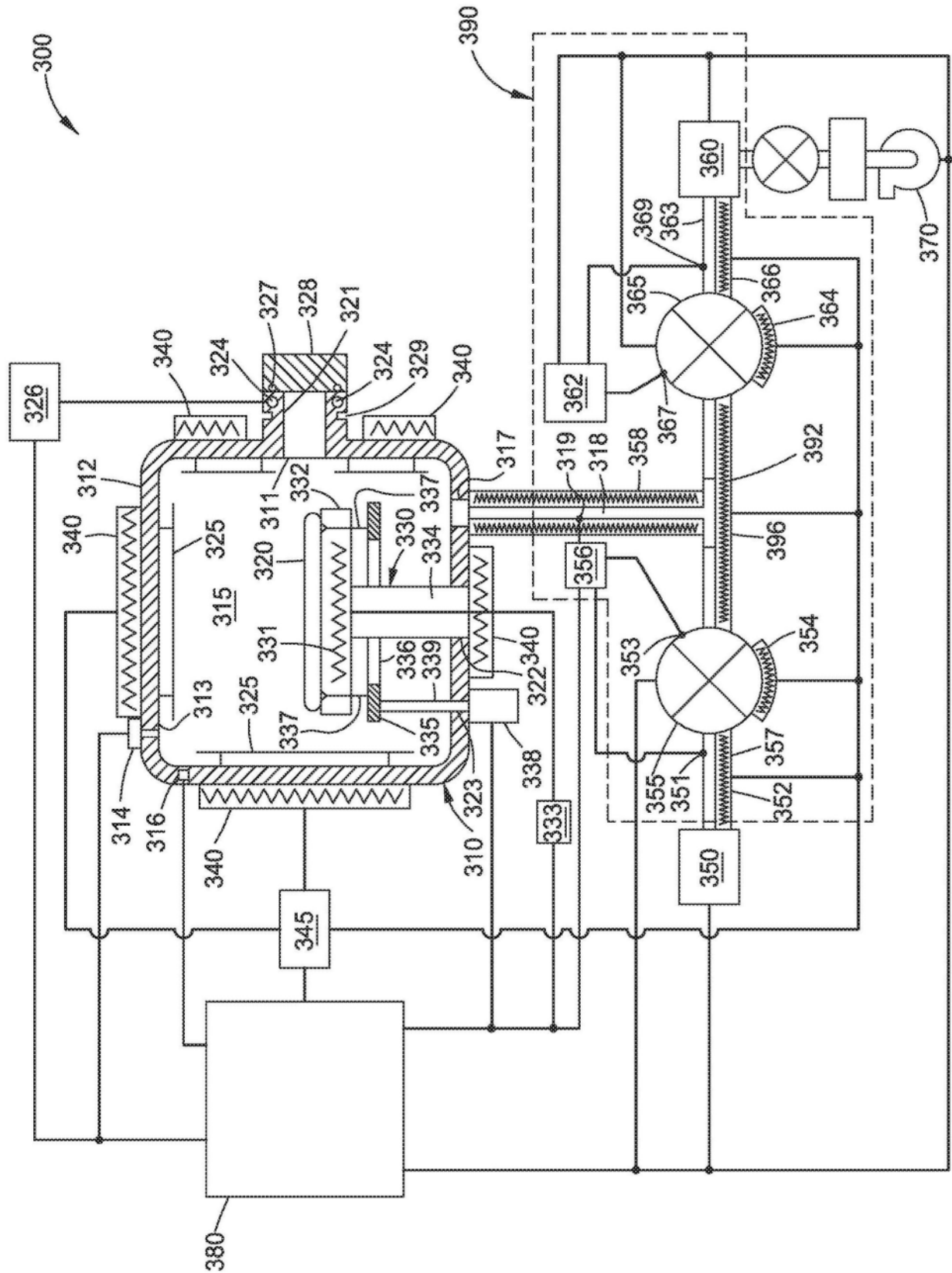


图3

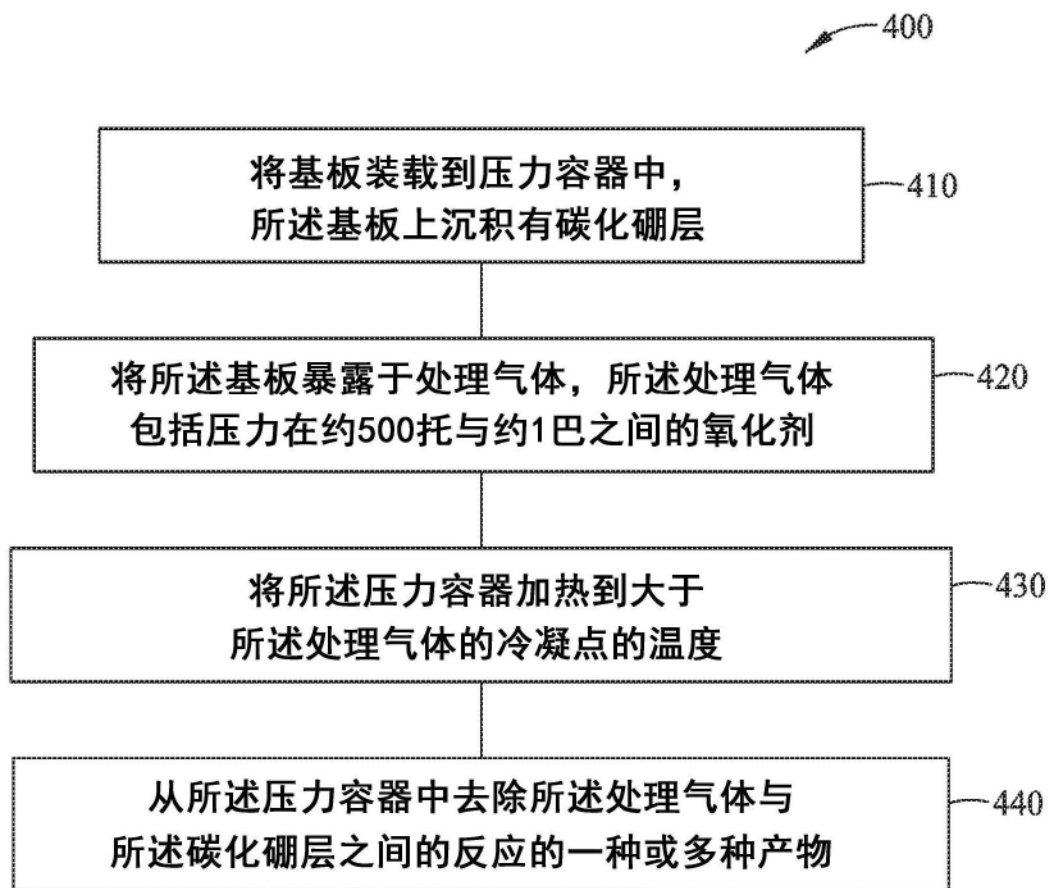


图4