



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113169039 A

(43) 申请公布日 2021.07.23

(21) 申请号 201980079269.4

(22) 申请日 2019.11.22

(30) 优先权数据

62/775,008 2018.12.04 US

62/796,899 2019.01.25 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.05.31

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/062833 2019.11.22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/117496 EN 2020.06.11

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 M·J·西蒙斯 B·K·安 梁璟梅

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 史起源 侯颖嫒

(51) Int.Cl.

H01L 21/02 (2006.01)

H01L 21/324 (2006.01)

H01L 21/311 (2006.01)

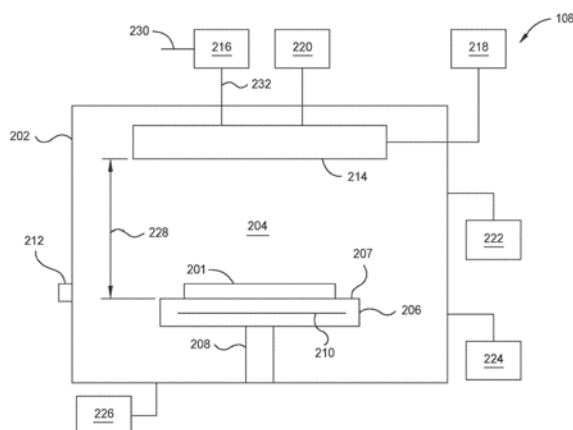
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

交联硅-羟基键的固化方法

(57) 摘要

本文描述的实施例提供一种通过交联末端硅烷醇基团来形成具有共价Si-O-Si键的含硅和氧层的方法。所述方法包括将基板定位在腔室中。所述基板具有一个或多个沟槽,所述一个或多个沟槽包括10纳米(nm)或更小的宽度及2:1或更大的深宽比。所述深宽比是由所述一个或多个沟槽的深度与宽度之比界定。含硅和氧层配置在所述一个或多个沟槽之上。所述含硅和氧层具有末端硅烷醇基团。将所述基板加热,并且将所述含硅和氧层暴露于遍及工艺空间分布的含氨或胺基的前驱物。



1. 一种方法, 包括:
在腔室中定位基板, 所述基板具有:
一个或多个沟槽, 所述一个或多个沟槽包括:
10纳米 (nm) 或更小的宽度; 以及
2:1或更大的深宽比, 所述深宽比由所述一个或多个沟槽的深度与所述宽度之比所界定; 以及
含硅和氧层, 所述含硅和氧层配置在所述一个或多个沟槽中, 所述含硅和氧层具有末端硅烷醇基团;
加热所述基板; 以及
将所述含硅和氧层暴露于遍及工艺空间分布的含氮或胺基的前驱物。
2. 如权利要求1所述的方法, 其中定位所述基板包括:
将所述基板移送到所述腔室的基板支撑件; 以及
将所述基板支撑件升高至升高的处理位置达到约0.25英寸至约5英寸的工艺距离, 所述工艺距离介于所述基板支撑件与所述腔室的喷头之间。
3. 如权利要求1所述的方法, 其中所述腔室中的压力为约0.5托至约600托, 其中以约0.1SLM至约25SLM的流速将所述含氮或胺基的前驱物引入所述工艺空间, 其中以约1SLM至约10SLM的流速将惰性气体引入所述工艺空间, 并且其中所述含氮或胺基的前驱物包括氨。
4. 如权利要求1所述的方法, 进一步包括: 将所述基板移送到紫外线 (UV) 固化腔室, 并且在将所述含硅和氧层暴露于所述含氮或胺基的前驱物之后, UV固化所述含硅和氧层。
5. 一种方法, 包括:
在腔室中的基板支撑件上定位基板, 所述基板具有:
一个或多个沟槽, 所述一个或多个沟槽包括:
10纳米 (nm) 或更小的一度; 以及
2:1或更大的深宽比, 所述深宽比由所述一个或多个沟槽的深度与所述宽度之比所界定;
在所述一个或多个沟槽中沉积含硅和氧层, 所述含硅和氧层具有末端硅烷醇基团;
将所述基板加热至约100°C至约1000°C的温度; 以及
将所述含硅和氧层暴露于遍及工艺空间分布的含氮或胺基的前驱物。
6. 如权利要求5所述的方法, 其中沉积所述含硅和氧层包括:
将氧自由基和含硅前驱物引入所述腔室的所述工艺空间, 所述氧自由基聚合所述含硅前驱物以将所述含硅和氧层沉积于所述一个或多个沟槽中而具有所述末端硅烷醇基团。
7. 如权利要求6所述的方法, 进一步包括:
在引入所述氧自由基和所述含硅前驱物之前, 将所述基板支撑件升高约0.5英寸至约5英寸的第一工艺距离, 所述第一工艺距离介于所述基板支撑件与所述腔室的喷头之间; 以及
在将所述含硅和氧层暴露于所述含氮或胺基的前驱物之前, 将所述基板支撑件升高约0.25英寸至约5英寸的第二工艺距离, 所述第二工艺距离介于所述基板支撑件与所述喷头之间。
8. 如权利要求7所述的方法, 其中所述含硅前驱物包括下述项中的一者或多者: 硅氧

烷、碳硅烷、八甲基环四硅氧烷 (OMCTS)、四甲基环四硅氧烷 (TMCTS)、十八烷基三氯硅烷 (OTS)、六甲基二硅氧烷 (HMDSO)、四甲基二硅氧烷 (TMDSO)、四乙氧基硅烷 (TEOS)、双(三甲基硅烷基)甲烷 (BTMSM)、亚甲基双(二甲基硅烷)、亚甲基双(甲基硅烷)、亚甲基二硅烷、甲基硅烷、乙硅烷、三甲硅烷基胺或它们的任何组合。

9. 如权利要求5所述的方法, 其中在将所述含硅和氧层暴露于所述含氨或胺基的前驱物期间的所述腔室中的压力为约0.5托至约50托, 其中以约0.1SLM至约25SLM的流速将所述含氨或胺基的前驱物引入所述工艺空间, 其中以约1SLM至约10SLM的流速将惰性气体提供至所述工艺空间。

10. 如权利要求5所述的方法, 其中所述含氨或胺基的前驱物包括下述项中的一者或多者: 氨、甲胺、二甲胺、三甲胺、乙胺、二乙胺、三乙胺、或它们的任何组合。

11. 如权利要求5所述的方法, 其中所述一个或多个沟槽包括配置在所述沟槽中的氮化硅层和钛层, 并且其中所述含硅和氧层形成于所述氮化硅层和所述钛层之上。

12. 如权利要求5所述的方法, 进一步包括: 将所述基板移送至紫外线 (UV) 固化腔室, 并且在将所述含硅和氧层暴露于所述含氨或胺基的前驱物之后, UV固化所述含硅和氧层。

13. 一种方法, 包括:

在第一腔室中定位基板, 所述基板具有:

一个或多个沟槽, 所述一个或多个沟槽包括:

10纳米 (nm) 或更小的宽度; 以及

5:1或更大的深宽比, 所述深宽比由所述一个或多个沟槽的深度与所述宽度之比所界定;

沉积含硅和氧层, 沉积所述含硅和氧层包括:

将多个氧自由基与含硅前驱物引入所述第一腔室的所述工艺空间, 所述氧自由基聚合所述含硅前驱物以将所述含硅和氧层沉积在所述一个或多个沟槽之上而具有末端硅烷醇基团;

将所述基板从所述第一腔室移除, 并且将所述基板定位在第二腔室中;

将所述基板加热至约100°C至约1000°C的温度; 以及

将所述含硅和氧层暴露于遍及工艺空间分布的含氨或胺基的前驱物。

14. 如权利要求13所述的方法, 其中所述含氨或胺基的前驱物包括下述项中的一者或多者: 氨、甲胺、二甲胺、三甲胺、乙胺、二乙胺、三乙胺、或它们的任何组合。

15. 如权利要求13所述的方法, 进一步包括: 将所述基板移送至紫外线 (UV) 固化腔室, 并且在将所述含硅和氧层暴露于所述含氨或胺基的前驱物之后, UV固化所述含硅和氧层。

交联硅-羟基键的固化方法

背景技术

技术领域

[0001] 本公开内容的实施例总体涉及制造半导体器件。更特定而言，本公开内容的实施例涉及形成含硅和氧层的方法。

相关技术的描述

[0002] 在半导体制造中，可以形成各种特征。这样的特征包括具有高深宽比 (aspect ratio) 的沟槽。对于许多半导体器件制造工艺而言，需要通过在沟槽中沉积含硅和氧层以填充沟槽。可通过可流动化学气相沉积 (FCVD)、等离子体增强化学气相沉积 (PECVD)、高密度等离子体化学气相沉积 (HDP-CVD)、基于臭氧的CVD、热CVD、或其他工艺中的一种工艺沉积所述层。沉积的含硅和氧层包括末端硅烷醇 (Si-OH) 基团，造成高湿法蚀刻速率和高漏电流。常规地，为了降低湿法蚀刻速率和漏电流，将含硅和氧层暴露于UV辐射，以通过使末端Si-OH基团交联来形成共价Si-O-Si键。然而，UV辐射难以到达高深宽比沟槽的底部附近的末端Si-OH基团。因此，需要一种形成具有共价Si-O-Si键的含硅和氧层的方法，且所述方法能够提供高深宽比下的末端Si-OH基团的交联。

发明内容

[0003] 在一个或多个实施例中，提供了一种方法，所述方法包括将基板定位在腔室中，其中所述基板具有一个或多个沟槽，所述一个或多个沟槽的宽度为10纳米 (nm) 或更小，深宽比为2:1或更大。所述深宽比是由所述一个或多个沟槽的深度与宽度之比界定。含硅和氧层配置在所述一个或多个沟槽中，并且所述含硅和氧层具有末端硅烷醇 (Si-OH) 基团。所述方法也包括，将所述基板加热至约100℃至约1000℃的温度，并且将所述含硅和氧层暴露于遍及所述腔室的工艺空间分布的含氮或胺基的前驱物。

[0004] 在其他实施例中，提供一种方法。所述方法包括将基板定位在腔室中。所述基板具有一个或多个沟槽，所述一个或多个沟槽的宽度为10纳米 (nm) 或更小，深宽比为2:1或更大。所述深宽比是由所述一个或多个沟槽的深度与宽度之比界定。所述方法进一步包括：在所述一个或多个沟槽之上沉积含硅和氧层，将所述基板加热到约10℃至约150℃的温度，并且将所述含硅和氧层暴露于遍及所述腔室的工艺空间分布的含氮或胺基的前驱物。所述含硅和氧层具有末端硅烷醇 (Si-OH) 基团。

[0005] 在一些实施例中，提供一种方法。所述方法包括将基板定位在第一腔室中。所述基板具有一个或多个沟槽，所述沟槽的宽度为10纳米 (nm) 或更小，深宽比为5:1或更大。所述深宽比是由所述一个或多个沟槽的高度与宽度之比界定。沉积含硅和氧。沉积所述含硅和氧层包括：提供多个氧自由基和含硅的前驱物至所述第一腔室的工艺空间。所述氧自由基聚合 $[O-Si-(CH_3)_x]_y$ 链，以将含硅和氧层沉积在所述一个或多个沟槽之上而带有末端硅烷醇 (Si-OH) 基团。所述方法进一步包括：从所述第一腔室移除所述基板并且将所述基板定位在第二腔室中，将所述基板加热到约100℃至约1000℃的温度，以及将所述含硅和氧层暴露

于遍及工艺空间分布的含氨或胺基的前驱物。

附图说明

[0006] 可以通过参考其中一些于附图中说明的实施例而获得上文简要总结的本公开内容的更详细的描述,而能详细地理解本公开内容的上述特征的方式。然而,应注意,附图仅说明示例性实施例,因此不应被认为是对本公开内容的范围的限制,因为本公开内容可以允许其他等效的实施例。

[0007] 图1是根据本文描述和讨论的一个或多个实施例的系统的示意图。

[0008] 图2是根据本文描述和讨论的一个或多个实施例的沉积腔室的示意图。

[0009] 图3A和图3B是根据本文描述和讨论的一个或多个实施例的热催化固化工艺的示意图。

[0010] 图4是根据本文所述和讨论的一个或多个实施例的形成含硅和氧层的方法的流程图。

[0011] 图5A和图5B是根据本文描述和讨论的一个或多个实施例的在形成含硅和氧层的方法的操作期间的基板的示意图。

[0012] 为有助理解,已尽可能使用相同的附图标记来指示附图中共有的相同的元件。考虑到一个实施例的元件和特征可以有益地并入其他实施例中,而无需进一步叙述。

具体实施方式

[0013] 本文所述的实施例提供一种通过交联末端硅烷醇(Si-OH)基团而形成具有共价Si-O-Si键的含硅和氧层的方法。所述方法包括将基板定位在腔室中。所述基板具有一个或多个沟槽,所述一个或多个沟槽的宽度为10纳米(nm)或更小,深宽比为2:1或更大。所述深宽比是由所述一个或多个沟槽的深度与宽度之比界定。将含硅和氧层配置在所述一个或多个沟槽中。所述含硅和氧层具有末端硅烷醇(Si-OH)基团。加热所述基板,并且将所述含硅和氧层暴露于遍及工艺空间分布的含氨或胺基的前驱物。

[0014] 图1是系统100的示意图,所述系统100用于本文所述的通过交联末端Si-OH基团形成具有共价Si-O-Si键的含硅和氧层的方法。如图1所示,一对前开式标准舱(FOUP)102供应基板,所述基板由机械臂104所接收,且放置于保持区域106中,然后再将所述基板放置到沉积腔室108、热固化腔室110、及紫外线(UV)固化腔室112中的一者中。第二机械臂114可用于将基板从保持区域106传输到沉积腔室108、热固化腔室110和UV固化腔室112,和在沉积腔室108、热固化腔室110和UV固化腔室112之间传输。利用沉积腔室108来将具有末端Si-OH基团的含硅和氧层沉积在基板的一个或多个特征之上,以填充所述一个或多个特征。

[0015] 根据本文描述的实施例(所述实施例能够与本文描述的其他实施例结合),沉积腔室108也用于热催化固化所述含硅和氧层,以交联(例如,催化或聚合)末端Si-OH基团而成为Si-O-Si和H₂O。热固化腔室110可另外用于热催化固化含硅和氧层。UV固化腔室112用于含硅和氧层的视情况任选的、额外的UV固化,以使末端的Si-OH基团交联,而成为Si-O-Si和H₂O。系统控制器116耦接到系统100,并且控制系统100的沉积腔室108、热固化腔室110、和UV固化腔室112中的每一个,以执行本文所述的通过交联末端Si-OH基团而形成具有Si-O-Si键(例如,共价键)的含硅和氧层的方法。此外,系统控制器116与沉积腔室108的控制器

226(图2中所示)相接。虽然为了说明而示出系统100,但考虑到可根据本公开内容来利用其他系统。考虑到在可与其他实施例结合的一些实施例中,沉积和固化都发生在沉积腔室108中。在这样的示例中,可以省略热固化腔室110和UV固化腔室112。在其他实施例中(可与其他实施例结合),材料的沉积发生在沉积腔室108中,而材料的固化发生在热固化腔室110中。在这样的实施例中,可以视情况任选地省略UV固化腔室112。

[0016] 图2是含有腔室主体202的沉积腔室108的示意图。腔室主体202包括工艺空间204,所述工艺空间204中配置有基板支撑件206以支撑基板201。所述基板支撑件206包括加热元件以及机构(图中未示),所述机构将基板201保持在基板支撑件206的顶表面207上,所述机构诸如静电吸盘、真空吸盘、基板保持夹具等。在本文描述的一个或多个实施例中(所述实施例能够与本文描述的其他实施例结合),加热元件210是流体通道,所述流体通道耦接到热交换器。在本文描述的一些实施例中(所述实施例能够与本文描述的其他实施例结合),所述加热元件210是电阻式加热器元件。基板支撑件206耦接至杆208并且通过杆208而可移动地配置在工艺空间204中,所述杆208连接升降系统(未图示),所述升降系统使基板支撑件206在升高的处理位置和降低的位置之间移动,所述降低的位置有助于基板201通过开口212传送进入及离开系统100。升高的处理位置是顶表面207和喷头214之间的工艺距离228。

[0017] 沉积腔室108包括自由基源216、含硅前驱物源218、和含氨或胺基的前驱物源220,自由基源216、含硅前驱物源218、和含氨或胺基的前驱物源220耦接至喷头214,喷头214用于将工艺气体分布遍及工艺空间204。自由基源216可以是能够生成自由基的任何合适的源。自由基源216可以是远端等离子体源,例如射频(RF)或超高射频(VHRF)电容耦合等离子体(CCP)源、电感耦合等离子体(ICP)源、微波感应(MW)等离子体源、电子回旋共振(ECR)腔室、或高密度等离子体(HDP)腔室。替代地,自由基源216可以是紫外线(UV)源或热丝(hot wire)化学气相沉积(HW-CVD)腔室的灯丝。自由基源216可包括一个或多个气体入口230,并且自由基源216可通过自由基导管232耦接到喷头214。一种或多种形成自由基的气体可经由一个或多个气体入口230进入自由基源216。所述一种或多种工艺气体包括下述中的至少一者:含氧气体、含氮气体、和含氢气体。在自由基源216中生成的自由基通过自由基导管232行进至喷头214中。虽然自由基源216、含氨或胺基的前驱物源220、和含硅前驱物源218绘示成通过分别的导管耦接至喷头214,但也考虑到可利用一个或多个共用导管。另外,考虑到原位(例如,在工艺空间204内)生成自由基和/或等离子体,以助于本文公开的操作。

[0018] 含硅前驱物源218可以设置成提供至少一种载气和至少一种含硅前驱物的流体混合物。所述载气包括氩气(Ar)和氦气(He)中的至少一种。所述含硅前驱物包括含硅化合物,诸如有机硅烷,或是包括含有Si-C键和/或Si-O键中的一者或多者的化合物。所述含硅前驱物可包括以下前驱物中的一者或多者:硅氧烷、碳硅烷、八甲基环四硅氧烷(OMCTS)、四甲基环四硅氧烷(TMCTS)、十八烷基三氯硅烷(OTS)、六甲基二硅氧烷(HMDSO)、四甲基二硅氧烷(TMDSO)、四乙氧基硅烷(TEOS)、双(三甲基硅烷基)甲烷(BTMSM)、亚甲基双(二甲基硅烷)($C_5H_{16}Si_2$)、亚甲基双(甲基硅烷)($C_3H_{12}Si_2$)、亚甲基二硅烷(CH_8Si_2)、甲硅烷(SiH_4)、乙硅烷(Si_2H_6)、三甲硅烷基胺($(H_3Si)_3N$)或它们的任何组合。通过使用工艺空间204中的自由基使烷基硅氧烷链聚合,而将具有末端Si-OH基团的含硅和氧层沉积在基板201上。在一些示例中,烷基硅氧烷链能够是或包括以三甲基硅烷基和/或羟基所封端或覆盖的聚二甲基硅氧烷。在一个或多个示例中,烷基硅氧烷链能够具有下述化学式: $[-OSi(CH_3)_x-]_y$,其中X为1、2

或3,例如2,且Y为从2至约100、约200、或约500的整数,例如从2至约20。烷基硅氧烷链可以是直链状或分支状的,并且能够以三甲基甲硅烷基和/或羟基封端或覆盖。在能够与本文所述的其他实施例结合的一个或多个实施例中,使含硅前驱物的烷基硅氧烷链聚合。在其他实施例中(能够与本文所述的其他实施例结合),烷基硅氧烷链是由含硅的前驱物和氧自由基形成。惰性气体源222耦接至腔室主体202。惰性气体源222可操作以提供惰性气体至工艺空间204,以加压工艺空间204、以助于前驱气体流动、以净化工艺空间204、以及类似作用。考虑到惰性气体源222可与含硅前驱物源218、自由基源216、和/或含氮或胺基的前驱物源220中的一者或多者共享共用的输入。泵224耦接到腔室主体202,以控制工艺空间204内的压力。

[0019] 含氮或胺基的前驱物源220包括含氮或胺基的前驱物。含氮或胺基的前驱物的氮或胺基能够包括具有孤对电子以与末端Si-OH基团交互作用的胺类和氨(NH₃)的至少一者。含氮或胺基的前驱物可以是或包括下述项中的一种或多种: NH₃、甲胺(CH₅N)、二甲胺(C₂H₇N)、三甲胺(C₃H₉N)、乙胺(C₂H₇N)、二乙胺((CH₃CH₂)₂NH)、三乙胺(N(CH₂CH₃)₃)或它们的任何组合。在沉积具有末端Si-OH基团的含硅和氧层之后,将含氮或胺基的前驱物提供至喷头214并分布遍及工艺空间204,而将基板201暴露于含氮或胺基的前驱物。当含氮或胺基的前驱物分布遍及工艺空间204中时,通过加热元件210将工艺空间204中的基板支撑件206维持在约10℃至约1000℃的温度下。例如,基板支撑件206维持在约100℃至约750℃的温度,诸如约100℃至约500℃、约150℃至约500℃、或约100℃至约150℃。如图3A所示,含氮或胺基的前驱物的氮或胺基(例如NH₃)具有一个或多个电负性的孤对电子,会吸引Si-OH的羟基并且与相邻的Si-OH基团形成Si-O-Si,而产生副产物H₂O蒸气。控制器226耦接到沉积腔室108并且控制沉积腔室108,以执行本文所述的通过交联末端Si-OH基团而形成具有共价Si-O-Si键的含硅和氧层的方法。

[0020] 图4是通过交联末端Si-OH基团形成具有共价Si-O-Si键的含硅和氧层的方法400的流程图。为了助于解释,将参考图1、图2、图5A和图5B描述图4。然而,应注意,可以与方法400一并使用除了图1的系统100以外的系统以及除图1及图2的沉积腔室108以外的沉积腔室。图5A和图5B是在方法400的操作期间的基板201的示意图。

[0021] 在操作401中,将含硅和氧层502沉积在基板201的一个或多个特征504(示出作为三个高深宽比沟槽)之上,以填充所述一个或多个特征504。基板201位于沉积腔室108中并且定位在基板支撑件206的顶表面207上。在操作401期间,顶表面207定位为离喷头214一工艺距离228。在操作401期间的工艺距离228是约0.5英寸至约5英寸,例如约2.0英寸至约3.0英寸。但是,也考虑到其他距离。

[0022] 含氧气体(诸如氧气(O₂))从气体供应源(未图示)经由一个或多个气体入口230提供至自由基源216。在自由基源216中生成的氧自由基行进到喷头214中且引入工艺空间204。在一个或多个实施例中,自由基源216可包括等离子体源,诸如电感耦合等离子体(ICP)或电容耦合等离子体(CCP)。氧自由基是以约100sccm至约5000sccm的流速提供至工艺空间204。含硅前驱物源218将载气和含硅前驱物的流体混合物引入喷头214中,且所述流体混合物引入工艺空间204中。在本文所述的一个或多个实施例中(所述实施例能够与本文所述的其他实施例结合),流体混合物包括OMCTS且包括Ar和He中的一者或多者。以约0.2SLM至约5SLM(诸如约0.6SLM至约1.5SLM)的流速将氩提供给工艺空间204。将OMCTS以大

约每分钟0.3克(g/min)至约5g/min(例如约1g/min至约2g/min)的流速提供至工艺空间204。通过使用工艺空间204中的自由基以使烷基硅氧烷链聚合,而将具有末端Si-OH基团的含硅和氧层沉积在基板201上。

[0023] 在操作402,执行热催化固化工艺。杆208将基板支撑件206移动到升高的处理位置(如果基板尚未处于升高的处理位置)。升高的处理位置界定顶表面207与喷头214之间的工艺距离228。在操作402期间的工艺距离228为约0.25英寸至约5英寸,例如约2英寸至约3英寸。也考虑到其他工艺距离228。含氨或胺基的前驱物源220将含氨和/或一种或多种胺基的前驱物引入喷头214中,并且将流体混合物引入工艺空间204中。在本文所述的一个或多个实施例中(所述实施例能够与本文所述的其他实施例结合),以约0.1SLM至约5SLM(诸如0.9SLM)的流速将氨提供或以其他方式引入工艺空间204。将工艺空间204保持在约0.5托至50托的压力下,诸如约1托和20托。惰性气体源222将惰性气体(诸如Ar)提供至工艺空间204,以使工艺空间204加压。惰性气体是以约1SLM至约10SLM(例如约1SLM至约2SLM)的流速提供。当含氨或胺基的前驱物分布遍及工艺空间204达约1秒至约100分钟(例如约1秒至约60分钟,例如约3秒至约60分钟)的暴露时间时,通过加热元件210将基板201保持在约10℃至约150℃的温度,例如约80℃。所述含硅和氧层502暴露于分布遍及工艺空间204中的含氨或胺基的前驱物。含氨或胺基的前驱物使末端Si-OH基团交联(例如催化或聚合)而形成Si-O-Si键(例如,共价键)并且产生H₂O和氮气,这些气体从工艺空间排放。

[0024] 在视情况任意的操作403,执行UV固化工艺。在操作402之后,杆208降低基板支撑件206,以助于移除基板,并且基板201由系统100的第二机械臂114移送到多个UV固化腔室112中的一者。在所述UV固化腔室112中,将UV辐射投射到含硅和氧层502上。在一个或多个实施例中,UV固化工艺的持续时间可在约30秒至约30分钟的范围内,例如约5分钟。UV固化腔室112中的压力可从约1托至约50托,例如约20托。在一个或多个实施例中,UV辐射源是宽带UV灯泡,所述宽带UV灯泡发射约250nm至约450nm的波长。如图3B所示,UV辐射使剩余的末端Si-OH基团交联,以形成共价Si-O-Si键并产生H₂O蒸气。

[0025] 常规上,含硅和氧层502在不执行热催化固化工艺的条件下进行UV固化。然而,当特征504具有10纳米(nm)或更小的宽度506且具有约2:1或更大(诸如约5:1或更大)的深宽比(深度508:宽度506)时,在沟槽下部处UV固化是对交联无效的。举例而言,UV辐射一般在高深宽比特征504的点510处无法到达末端Si-OH基团。另外,根据多个实施例(所述实施例能够与本文所述的其他实施例结合),如图5B所示,所述一个或多个特征504包括配置在含氮化钛的层之上的含氮化硅的层。在一个或多个示例中,含氮化硅的层能够是或包括Si₃N₄,并且能够通过原子层沉积(ALD)工艺沉积、形成、或以其他方式产生。执行UV固化工艺以固化含硅和氧层502而不执行热催化固化工艺能导致含硅和氧层502的收缩以及含氮化硅的层与含氮化钛的层的分层,这是由于紫外线固化工艺的限制所致。UV固化工艺的限制包括对电磁(EM)干涉模式的敏感性以及由于UV辐射衰减而导致的有限的穿透深度。

[0026] 本文所述的方法400的实施例通过交联末端Si-OH基团形成具有共价Si-O-Si键的含硅和氧层502。通过方法400形成的含硅和氧层502具有小于每分钟8埃(Å/min)的湿法蚀刻速率(诸如小于1Å/min)、漏电流密度小于1E-6MV/cm(A/cm₂) (诸如小于1E-9MV/cm(A/cm₂)),并且收缩率小于12%,诸如小于8%、小于5%、小于3%、小于1%、或约0%的收缩率。

在一些实施例中,湿法蚀刻速率为约0.001Å/min。

[0027] 在能够与本文所述的其他实施例组合的其他实施例中,具有通过交联末端Si-OH基团而产生的共价Si-O-Si键的含硅和氧层502是通过下述方式中的一者沉积:等离子体增强化学气相沉积(PECVD)、高密度等离子体化学气相沉积(HPD-CVD)、基于臭氧的CVD、和热CVD。工艺利用包括硅氧烷、碳硅烷、OMCTS、TMCTS、OTS、HMDSO、TMDSO、TEOS、BTMSM、 $C_5H_{16}Si_2$ 、 $C_3H_{12}Si_2$ 、 CH_8Si_2 、 SiH_4 、 Si_2H_6 、三甲硅烷基胺($(H_3Si)_3N$)中的一者或多者或者它们的组合的前驱物。在其他实施例中(所述实施例能够与本文描述的其他实施例结合),在操作401之后,杆208将基板支撑件206移动到降低的位置,并且基板201由系统100的第二机械臂114移动到多个热固化腔室110中的一者。所述热固化腔室110包括腔室主体202、基板支撑件206、开口212、喷头214、惰性气体源222、泵224以及含氨或胺基的前驱物源220。在操作402中,基板201的温度为约100℃至约1000℃,热固化腔室110中的压力为约0.5托至约600托,含氨或胺基的前驱物的流量为约0.1SLM至约25SLM,诸如约0.1SLM至约10SLM,工艺距离228为约0.25英寸至约5英寸,并且惰性气体是以约1SLM至约25SLM的流速提供,诸如约2SLM至5SLM。

[0028] 总结而论,提供了一种通过交联末端Si-OH基团形成具有共价Si-O-Si键的含硅和氧层的方法。利用热催化固化允许在UV固化无效的高深宽比处将末端的Si-OH基交联,而成为Si-O-Si,并且释放 H_2O 和氮。利用热催化固化也允许减少收缩、湿法蚀刻速率小于8Å/min、及漏电流密度小于 $1E-6MV/cm(A/cm_2)$ 。

[0029] 尽管前述内容针对本公开内容的示例,但是在不脱离本公开内容的基本范围的情况下,可以设计本公开内容的其他和进一步的示例,并且本公开内容的范围由所附的权利要求所决定。

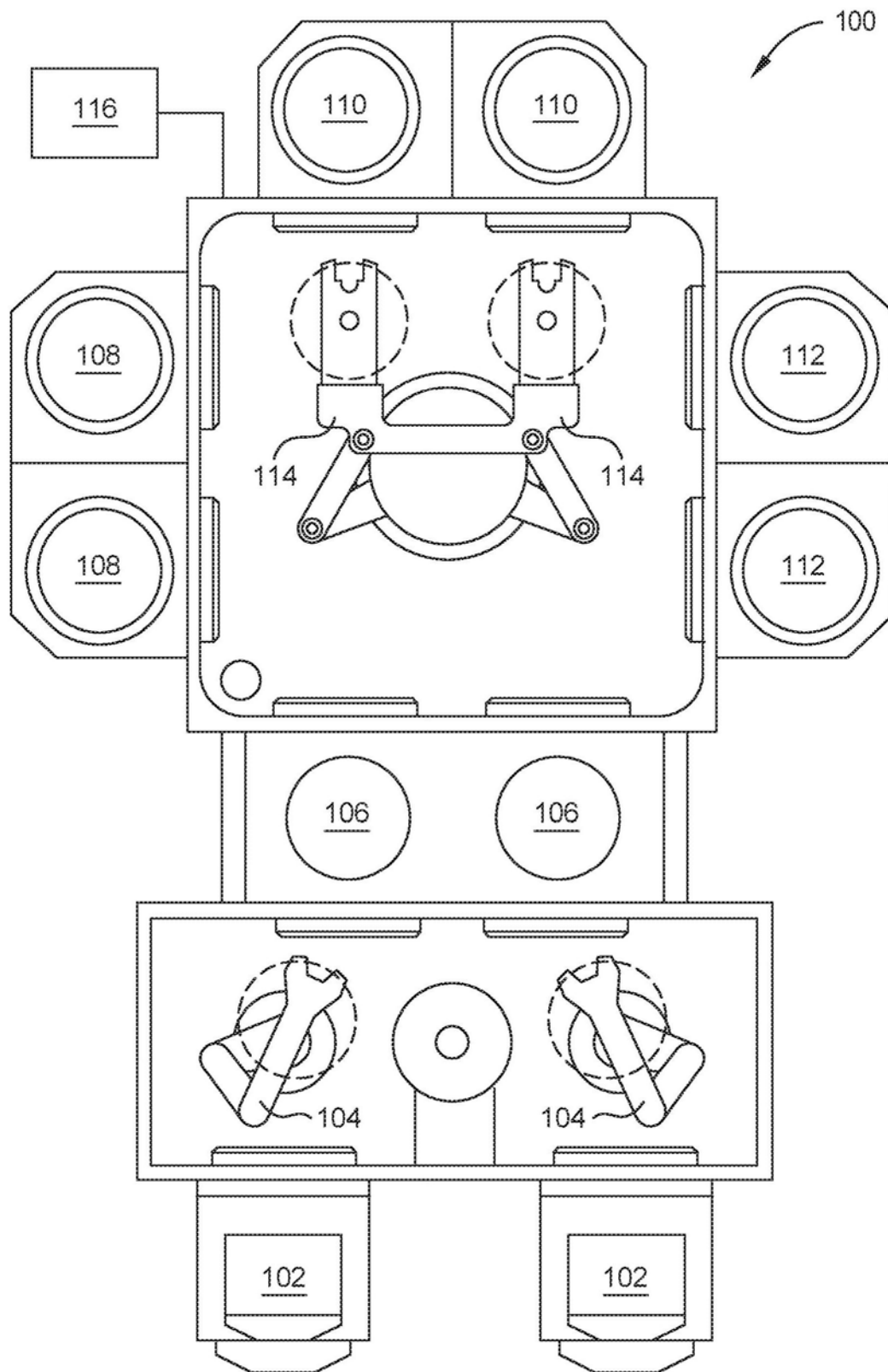


图1

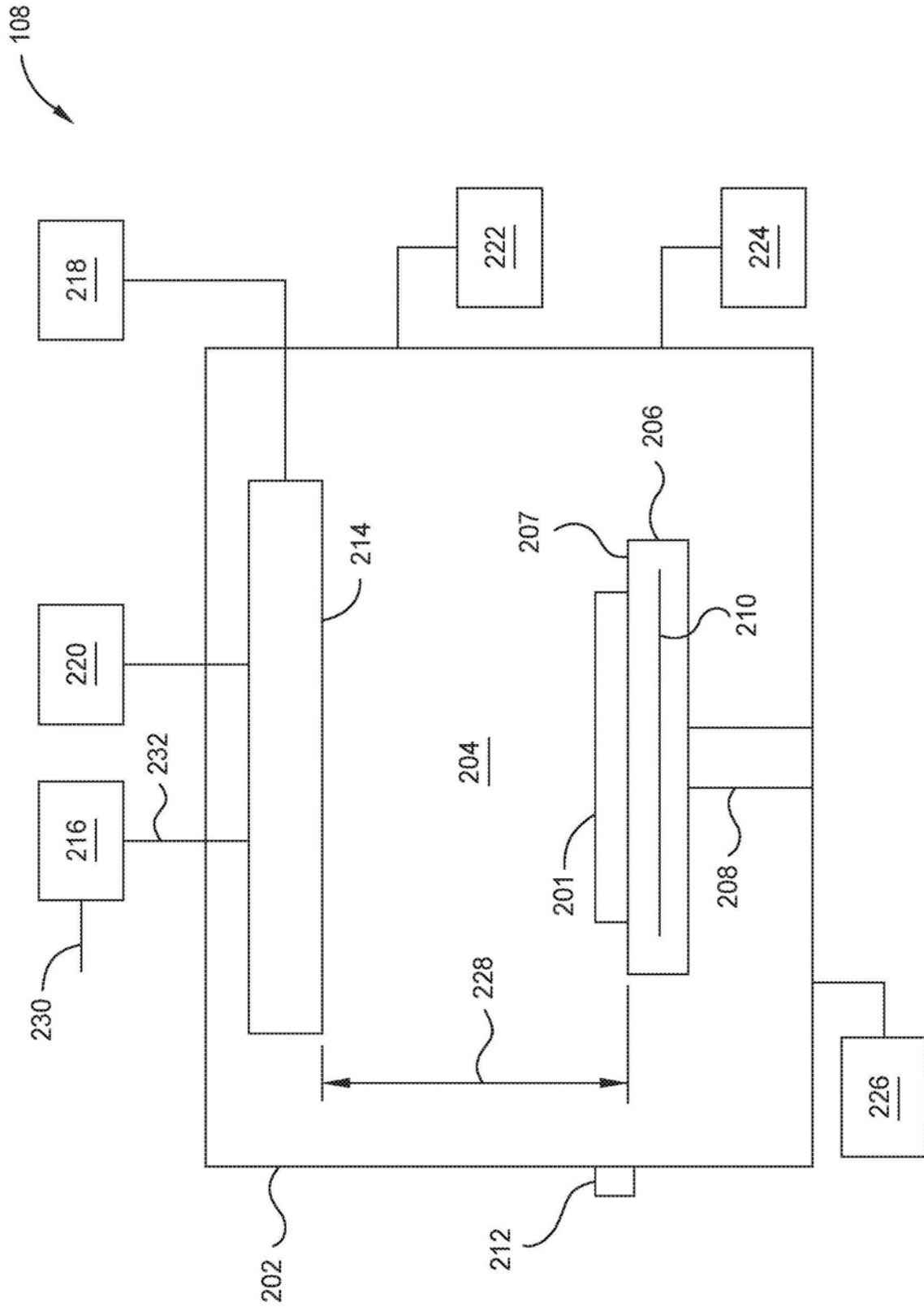


图2

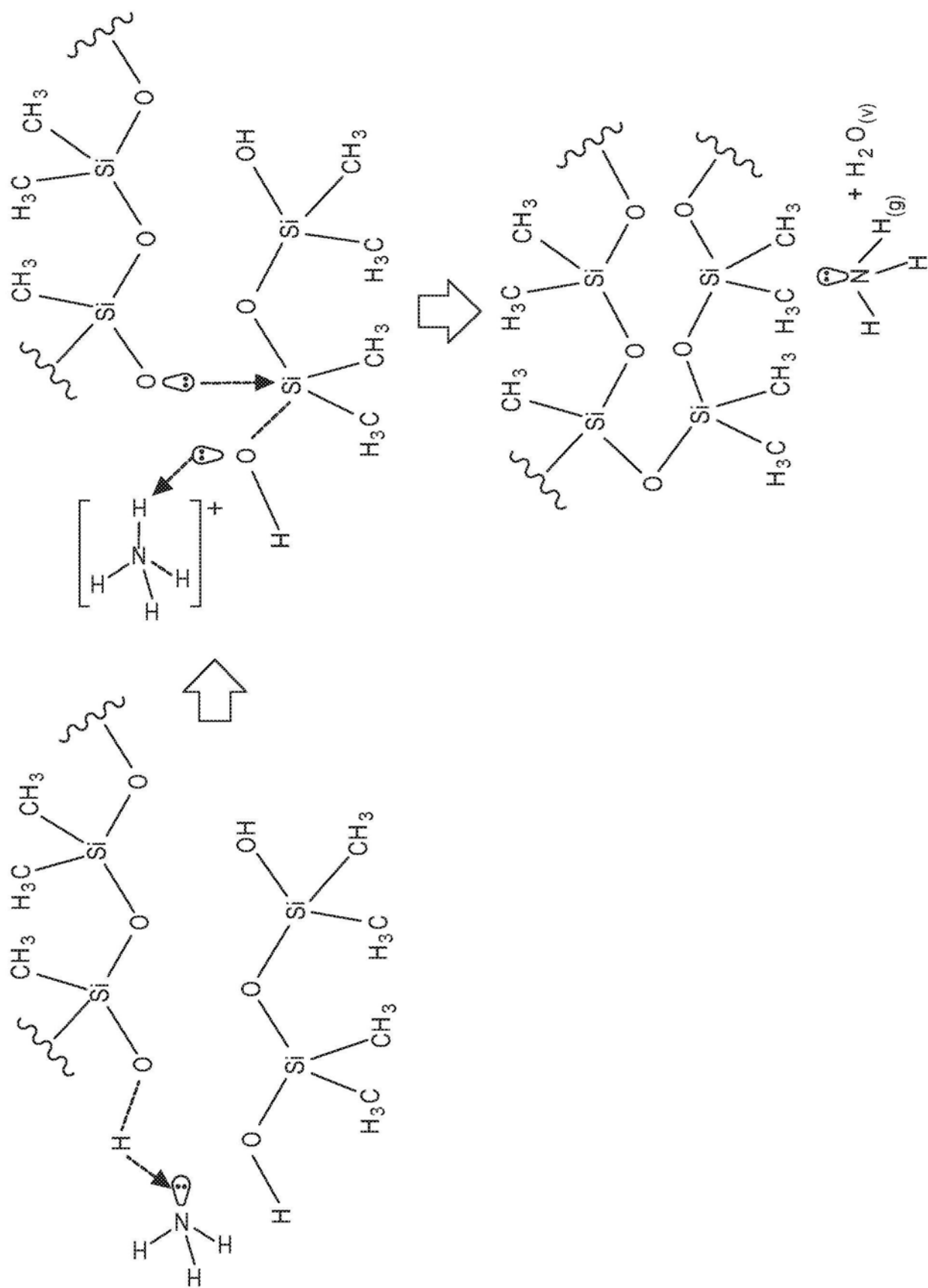


图3A

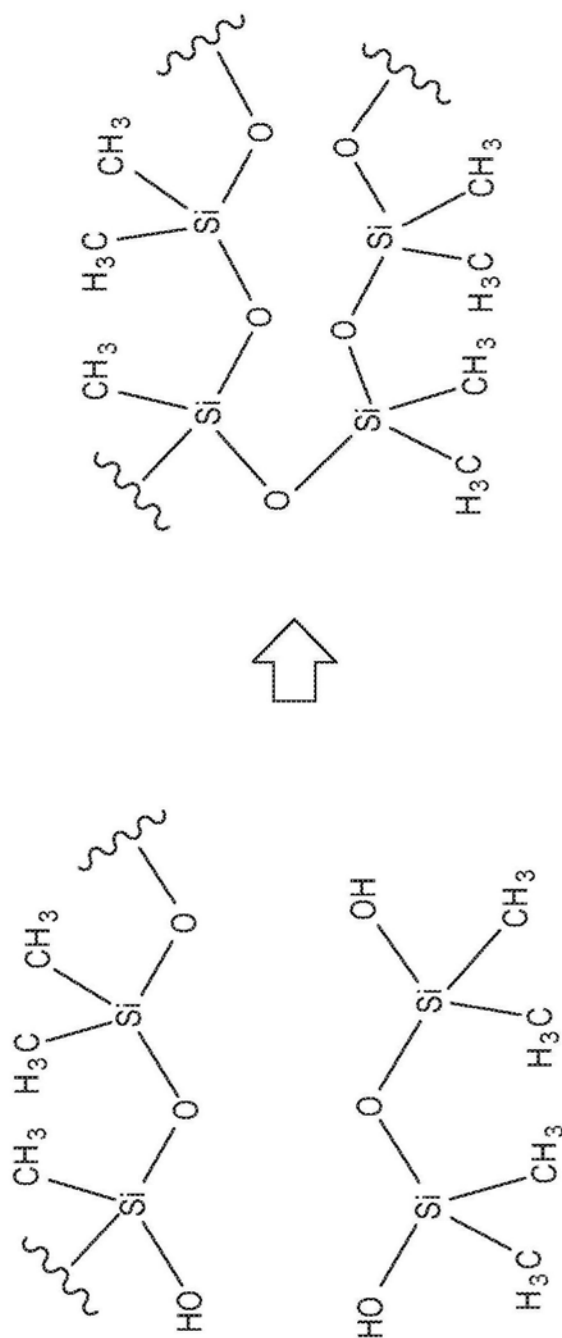


图3B



图4

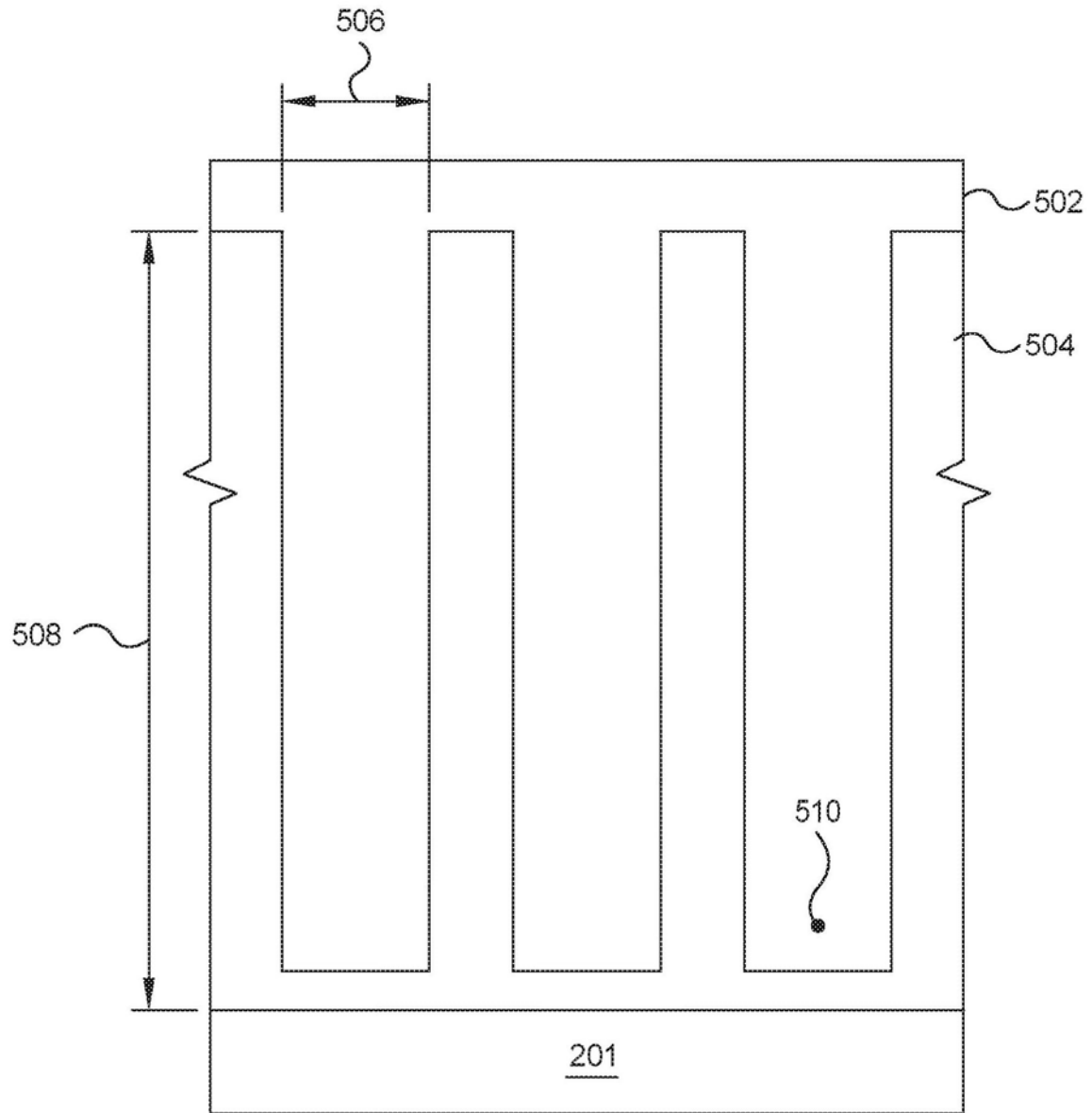


图5A

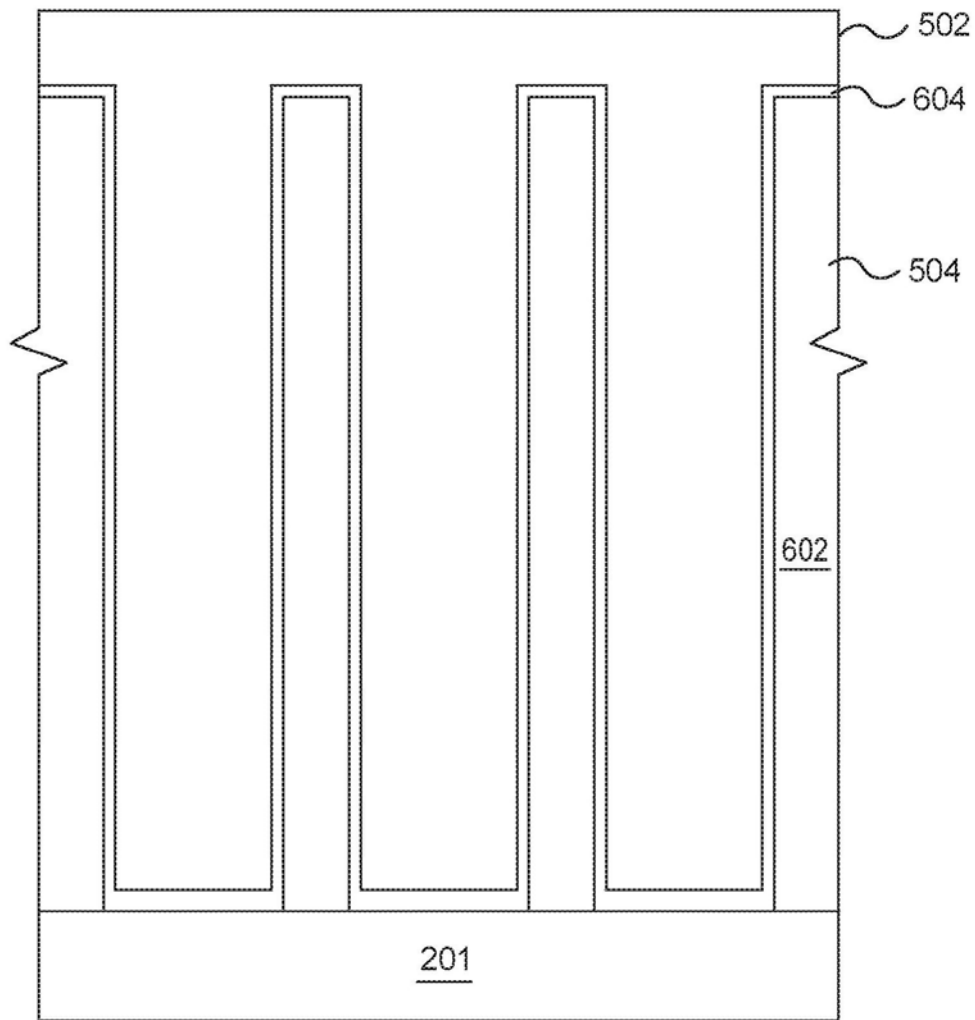


图5B