



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107849704 A

(43)申请公布日 2018.03.27

(21)申请号 201780002518.0

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(22)申请日 2017.07.14

代理人 侯颖嫒 金红莲

(30)优先权数据

62/362,936 2016.07.15 US

15/646,602 2017.07.11 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.01.24

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/042110 2017.07.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/013909 EN 2018.01.18

(71)申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 D·芬威克 邬笑炜 J·Y·孙

(51)Int.Cl.

G23C 28/04(2006.01)

G23C 16/34(2006.01)

G23C 16/40(2006.01)

G23C 16/455(2006.01)

G23C 16/56(2006.01)

G23C 14/06(2006.01)

G23C 14/08(2006.01)

G23C 14/58(2006.01)

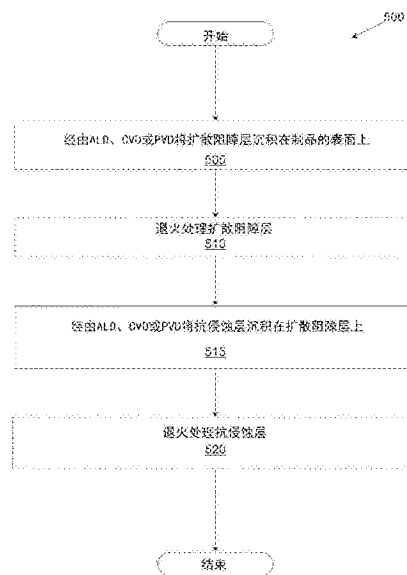
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

具扩散阻障层及抗侵蚀层的多层涂层

(57)摘要

一种用于制品的表面的多层涂层包含扩散阻障层和抗侵蚀层。扩散阻障层可以是氮化物膜,包括但不限于TiN_x、TaN_x、Zr₃N₄和TiZr_xN_y。抗侵蚀层可以是稀土氧化物膜,包括但不限于YF₃、Y₂O₃、Er₂O₃、Al₂O₃、ZrO₂、ErAl_xO_y、YO_xF_y、YAl_xO_y、YZr_xO_y和YZr_xAl_yO_z。扩散阻障层和抗侵蚀层可利用薄膜沉积技术沉积于制品的表面上,包括但不限于ALD、PVD和CVD。



1. 一种多层涂层, 包含:

扩散屏障层, 选自由 TiN_x 、 TaN_x 、 Zr_3N_4 和 $TiZr_xN_y$ 所组成的群组; 及

抗侵蚀层, 选自由 YF_3 、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $ErAl_xO_y$ 、 YO_xF_y 、 YAl_xO_y 、 YZr_xO_y 和 $YZr_xAl_yO_z$ 所组成的群组, 其中所述抗侵蚀层覆盖所述扩散屏障层。

2. 如权利要求1所述的多层涂层, 其中所述扩散屏障层具有范围从约10nm至约100nm的厚度, 其中所述抗侵蚀层具有至多约1微米的厚度。

3. 如权利要求1所述的多层涂层, 其中所述多层涂层能耐受从约20°C至约450°C的温度循环而不会破裂。

4. 一种用于形成多层涂层的方法, 包含:

将扩散屏障层沉积至制品的表面上, 其中所述扩散屏障层利用第一沉积工艺沉积, 所述第一沉积工艺选自原子层沉积(ALD)、物理气相沉积(PVD)和化学气相沉积(CVD)所组成的群组, 其中所述扩散屏障层选自由 TiN_x 、 TaN_x 、 Zr_3N_4 和 $TiZr_xN_y$ 所组成的群组; 及

将抗侵蚀层沉积至所述扩散屏障层上, 其中所述抗侵蚀层利用第二沉积工艺沉积, 所述第二沉积工艺选自ALD、PVD和CVD所组成的群组, 其中所述抗侵蚀层选自由 YF_3 、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $ErAl_xO_y$ 、 YO_xF_y 、 YAl_xO_y 、 YZr_xO_y 和 $YZr_xAl_yO_z$ 所组成的群组。

5. 如权利要求4所述的方法, 其中所述扩散屏障层是 TiN_x , 其中所述扩散屏障层经由ALD或CVD由至少一种Ti前驱物沉积, 所述Ti前驱物选自由双(二乙基氨基)双(二甲基氨基)钛(IV)、四(二乙基氨基)钛(IV)、四(二甲基氨基)钛(IV)、四(乙基甲基氨基)钛(IV)、溴化钛(IV)、氯化钛(IV)和叔丁醇钛(IV)所组成的群组。

6. 如权利要求4所述的方法, 其中所述扩散屏障层是 TaN_x , 其中所述扩散屏障层经由ALD或CVD由至少一种Ta前驱物沉积, 所述Ta前驱物选自由五(二甲基氨基)钽(V)、氯化钽(V)、乙醇钽(V)和三(二乙基氨基)(叔丁基亚胺基)钽(V)所组成的群组。

7. 如权利要求4所述的方法, 其中所述扩散屏障层是 $TiZr_xN_y$;

其中所述扩散屏障层经由ALD或CVD由至少一种Ti前驱物和至少一种Zr前驱物沉积;

其中所述至少一种Ti前驱物选自由双(二乙基氨基)双(二甲基氨基)钛(IV)、四(二乙基氨基)钛(IV)、四(二甲基氨基)钛(IV)、四(乙基甲基氨基)钛(IV)、溴化钛(IV)、氯化钛(IV)和叔丁醇钛(IV)所组成的群组; 及

其中所述至少一种Zr前驱物选自由溴化锆(IV)、氯化锆(IV)、叔丁醇锆(IV)、四(二乙基氨基)锆(IV)、四(二甲基氨基)锆(IV)和四(乙基甲基氨基)锆(IV)所组成的群组。

8. 如权利要求4所述的方法, 其中所述抗侵蚀层是 $ErAl_xO_y$;

其中所述抗侵蚀层经由ALD或CVD由至少一种Er前驱物和至少一种Al前驱物沉积;

其中所述至少一种Er前驱物选自由三(甲基环戊二烯基)铪(III) ($Er(MeCp)_3$)、硼烷酰胺铪($Er(BA)_3$)、 $Er(TMHD)_3$ 、三(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮酸)铪(III)和三(丁基环戊二烯基)铪(III)所组成的群组; 及

其中所述至少一种Al前驱物选自由二乙基乙醇铝、三(乙基甲基酰胺基)铝、仲丁醇铝、三溴化铝、三氯化铝、三乙基铝、三异丁基铝、三甲基铝和三(二乙基氨基)铝所组成的群组。

9. 如权利要求4所述的方法, 其中所述抗侵蚀层是 YAl_xO_y ;

其中所述抗侵蚀层经由ALD或CVD由至少一种Y前驱物和至少一种Al前驱物沉积;

其中所述至少一种Y前驱物选自由三(N,N-双(三甲基硅基)酰胺)钇(III)、丁醇钇

(III)、三(环戊二烯基)钇(III)和Y(thd)₃(thd=2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮酸根)所组成的群组;及

其中所述至少一种Al前驱物选自二乙基乙醇铝、三(乙基甲基酰胺基)铝、仲丁醇铝、三溴化铝、三氯化铝、三乙基铝、三异丁基铝、三甲基铝和三(二乙基氨基)铝所组成的群组。

10. 如权利要求4所述的方法,其中所述抗侵蚀层是Y₀xF_y;

其中所述抗侵蚀层经由ALD或CVD由至少一种Y前驱物沉积,所述Y前驱物选自三(N,N-双(三甲基硅基)酰胺)钇(III)、丁醇钇(III)、三(环戊二烯基)钇(III)和Y(thd)₃(thd=2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮酸根)所组成的群组。

11. 如权利要求4所述的方法,其中所述抗侵蚀层是YZr_xO_y;

其中所述抗侵蚀层经由ALD或CVD由至少一种Y前驱物和至少一种Zr前驱物沉积;

其中所述至少一种Y前驱物选自三(N,N-双(三甲基硅基)酰胺)钇(III)、丁醇钇(III)、三(环戊二烯基)钇(III)和Y(thd)₃(thd=2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮酸根)所组成的群组;及

其中所述至少一种Zr前驱物选自溴化锆(IV)、氯化锆(IV)、叔丁醇锆(IV)、四(二乙基氨基)锆(IV)、四(二甲基氨基)锆(IV)和四(乙基甲基氨基)锆(IV)所组成的群组。

12. 如权利要求4所述的方法,其中所述抗侵蚀层是YZr_xAl_yO_z;

其中所述抗侵蚀层经由ALD或CVD由至少一种Y前驱物、至少一种Zr前驱物和至少一种Al前驱物沉积;

其中所述至少一种Y前驱物选自三(N,N-双(三甲基硅基)酰胺)钇(III)、丁醇钇(III)、三(环戊二烯基)钇(III)和Y(thd)₃(thd=2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮酸根)所组成的群组;

其中所述至少一种Zr前驱物选自溴化锆(IV)、氯化锆(IV)、叔丁醇锆(IV)、四(二乙基氨基)锆(IV)、四(二甲基氨基)锆(IV)和四(乙基甲基氨基)锆(IV)所组成的群组;及

其中所述至少一种Al前驱物选自二乙基乙醇铝、三(乙基甲基酰胺基)铝、仲丁醇铝、三溴化铝、三氯化铝、三乙基铝、三异丁基铝、三甲基铝和三(二乙基氨基)铝所组成的群组。

13. 如权利要求4所述的方法,其中沉积所述扩散屏障层包含使用多个前驱物来沉积多个完整层,并且其中所述方法进一步包含退火处理所述多个完整层,以形成互相扩散的扩散屏障层。

14. 如权利要求4所述的方法,其中沉积所述抗侵蚀层包含使用多个前驱物来沉积多个完整层,并且其中所述方法进一步包含退火处理所述多个完整层,以形成互相扩散的抗侵蚀层。

15. 一种经涂覆的处理腔室部件,包含:

处理腔室部件,具有表面;及

多层涂层,包含:

扩散屏障层,选自TiN_x、TaN_x、Zr₃N₄和TiZr_xN_y所组成的群组;及

抗侵蚀层,选自YF₃、Y₂O₃、Er₂O₃、Al₂O₃、ZrO₂、ErAl_xO_y、Y₀xF_y、YAl_xO_y、YZr_xO_y和YZr_xAl_yO_z所组成的群组,其中所述抗侵蚀层覆盖所述扩散屏障层。

具扩散阻障层及抗侵蚀层的多层涂层

技术领域

[0001] 本公开的实施例涉及当作扩散阻障且作为抗侵蚀涂层的多层涂层、用于形成多层涂层的方法和涂覆有多层涂层的处理腔室部件。

背景技术

[0002] 各种制造工艺会使半导体处理腔室部件暴露于高温、高能等离子体、腐蚀性气体混合物、高应力和上述组合。这些极端条件可能侵蚀腔室部件、腐蚀腔室部件、导致腔室部件材料扩散到基板，及提高腔室部件对缺陷的易感性。在这种极端环境中，期望减少缺陷及改善部件的抗侵蚀、腐蚀与扩散性。用保护涂层涂覆半导体处理腔室部件是减少缺陷及延长耐久性的有效方法。

发明内容

[0003] 本发明的一些实施例涵盖多层涂层。多层涂层可包含选自由 TiN_x 、 TaN_x 、 Zr_3N_4 和 $TiZr_xN_y$ 所组成群组的扩散阻障层。多层涂层可进一步包含选自由 YF_3 、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $ErAl_xO_y$ 、 YO_xF_y 、 YAl_xO_y 、 YZr_xO_y 和 $YZr_xAl_yO_z$ 所组成群组的抗侵蚀层。抗侵蚀层可覆盖扩散阻障层。

[0004] 在一些实施例中，本文公开了一种用于形成多层涂层的方法。方法包括将扩散阻障层沉积至制品的表面上。扩散阻障层可利用第一沉积工艺沉积，第一沉积工艺选自由原子层沉积、物理气相沉积和化学气相沉积所组成的群组。扩散阻障层选自由 TiN_x 、 TaN_x 、 Zr_3N_4 和 $TiZr_xN_y$ 所组成的群组。方法进一步包括将抗侵蚀层沉积至扩散阻障层上。抗侵蚀层可利用第二沉积工艺沉积，第二沉积工艺选自由原子层沉积、物理气相沉积和化学气相沉积所组成的群组。抗侵蚀层选自由 YF_3 、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $ErAl_xO_y$ 、 YO_xF_y 、 YAl_xO_y 、 YZr_xO_y 和 $YZr_xAl_yO_z$ 所组成的群组。

[0005] 在一些实施例中，本发明涵盖经涂覆的处理腔室部件。经涂覆的处理腔室部件包含具有表面的处理腔室部件及涂覆于表面上的多层涂层。在某些实施例中，多层涂层可包含选自由 TiN_x 、 TaN_x 、 Zr_3N_4 和 $TiZr_xN_y$ 所组成群组的扩散阻障层。在某些实施例中，多层涂层可进一步包含选自由 YF_3 、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $ErAl_xO_y$ 、 YO_xF_y 、 YAl_xO_y 、 YZr_xO_y 和 $YZr_xAl_yO_z$ 所组成群组的抗侵蚀层。抗侵蚀层可覆盖扩散阻障层。

附图说明

[0006] 在所附附图中作为示例而非限制描绘了本公开，在各附图中以相同的附图标记代表相仿的元件。应注意本文提及的“一”或“一个”实施例不必然指称同一实施例，而是指至少一个。

[0007] 图1图示处理腔室的一个实施例的截面图。

[0008] 图2图示根据本发明的实施例的可应用到各种原子层沉积 (ALD) 技术的沉积机制。

[0009] 图3图示根据本发明的实施例的可应用到各种化学气相沉积 (CVD) 技术的沉积机

制。

[0010] 图4图示根据本发明的实施例的可应用到各种物理气相沉积 (PVD) 技术的沉积机制。

[0011] 图5示出根据实施例的用于在制品上形成多层涂层的方法。

[0012] 图6A示出根据本发明的实施例的经涂覆的腔室部件,具有具完整组分层的扩散屏障层和具完整组分层的抗侵蚀层。

[0013] 图6B示出根据本发明的实施例的经涂覆的腔室部件,具有具完整组分层的扩散屏障层和互相扩散的抗侵蚀层。

[0014] 图6C示出根据本发明的实施例的经涂覆的腔室部件,具有互相扩散的扩散屏障层和具完整组分层的抗侵蚀层。

[0015] 图6D示出根据本发明的实施例的经涂覆的腔室部件,具有互相扩散的扩散屏障层和互相扩散的抗侵蚀层。

具体实施方式

[0016] 本文关于多层涂层描述了实施例,多层涂层包括当作扩散屏障层的氮化物层和当作抗腐蚀和/或侵蚀层的稀土氧化物或氟化物层。层可利用薄膜沉积技术沉积,诸如ALD、CVD和PVD。氮化物层可由诸如TiN、TaN和Zr₃N₄等成分形成。扩散屏障层可防止腔室部件内的元素在基板处理期间扩散到基板表面。在一些实施例中,扩散屏障层可防止腔室部件内的金属(诸如铜)在基板处理期间扩散到基板表面。扩散屏障层有助于防止腔室部件的化学成分污染基板。抗侵蚀或腐蚀层可以是由诸如Al₂O₃、Y₂O₃、ZrO₂、YF₃和Er₂O₃等成分形成的多组分层。抗腐蚀和/或侵蚀层可沉积至扩散屏障层上,以防止扩散屏障层和下层腔室部件存在于处理腔室中的腐蚀性气体或等离子体环境中遭侵蚀或腐蚀。薄膜沉积技术有助于获得具有简单与复杂几何形状(具有孔和大深宽比)的腔室部件的基本均匀厚度的共形涂层。具底薄膜扩散屏障层与顶薄膜抗侵蚀或腐蚀层的多层堆叠可最小化处理晶片的基于扩散的污染及处理晶片的基于脱落粒子的污染。扩散屏障层可密封下层制品,制品经涂覆而免于污染扩散(例如金属污染,诸如铜),而抗侵蚀或腐蚀层可保护制品与扩散层免遭处理气体和/或等离子体环境侵蚀和/或腐蚀。

[0017] 图1是根据本发明的实施例的半导体处理腔室100的截面图,半导体处理腔室100具有涂覆有多层涂层的一或多个腔室部件。处理腔室100可用于其中提供具等离子体处理条件的腐蚀性等离子体环境的工艺。例如,处理腔室100可以是用于等离子体蚀刻器或等离子体蚀刻反应器、等离子体清洗器等的腔室。可包括多层涂层的腔室部件的示例包括具复杂形状与大深宽比孔的腔室部件。一些示例性腔室部件包括基板支撑组件148、静电卡盘(ESC) 150、环(例如处理套环或单环)、腔壁、基底、气体分配盘、喷淋头、气体管线、喷嘴、盖、衬垫、衬垫套组、防护板、等离子体屏幕、流量均衡器、冷却基底、腔室观察孔、腔室盖等。多层涂层可利用ALD工艺、CVD工艺、PVD工艺或上述组合施用,此将详述于后。ALD、CVD和PVD允许厚度相对均匀的共形薄膜涂层施用于所有类型的部件,包括具复杂形状与大深宽比孔的部件,此将参照图2至图4进一步详述于后。

[0018] 如图所示,根据一个实施例,基板支撑组件148具有多层涂层136。然而,应理解任何其他腔室部件也可涂覆有多层涂层,诸如喷淋头、气体管线、静电卡盘、喷嘴等。

[0019] 在一个实施例中,处理腔室100包括腔室主体102和喷淋头130,用以围住内部容积106。喷淋头130可包括喷淋头基底和喷淋头气体分配盘。或者,在一些实施例中,喷淋头130可用盖与喷嘴取代。腔室主体102可由铝、不锈钢或其他适合材料制成。腔室主体102通常包括侧壁108和底部110。任一喷淋头130(或盖和/或喷嘴)、侧壁108和/或底部110可包括多层涂层。

[0020] 外衬垫116可设置邻接侧壁108,以保护腔室主体102。外衬垫116可由多层涂层制成和/或涂覆有多层涂层。

[0021] 排气口126可定义于腔室主体102中,且可将内部容积106耦接至泵系统128。泵系统128可包括一或多个泵和节流阀,用以排空及调节处理腔室100的内部容积106内的压力。

[0022] 喷淋头130可支撑在腔室主体102的侧壁108上。喷淋头130(或盖)可打开以允许进出处理腔室100的内部容积106,并可于关闭时为处理腔室100提供密封。气体面板158可耦接至处理腔室100,以经由喷淋头130或盖与喷嘴提供处理和/或清洗气体至内部容积106。喷淋头130被用于针对电介质蚀刻(介电材料蚀刻)所使用的处理腔室。喷淋头130包括气体分配盘(GDP)133,其具有遍及GDP 133的多个气体输送孔132。喷淋头130可包括接合至铝基底或阳极化铝基底的GDP 133。GDP 133可由Si(硅)或SiC(碳化硅)制成,或可以是陶瓷,诸如 Y_2O_3 、 Al_2O_3 、YAG等。

[0023] 至于用于导体蚀刻(导电材料蚀刻)的处理腔室,可使用盖而非喷淋头。盖可包括中心喷嘴,中心喷嘴配合盖的中心孔。盖可以是陶瓷(诸如 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、YAG)或包含 $Y_4Al_2O_9$ 的陶瓷化合物和 Y_2O_3 - ZrO_2 固溶体。喷嘴也可以是陶瓷(诸如 Y_2O_3 、YAG)或包含 $Y_4Al_2O_9$ 的陶瓷化合物和 Y_2O_3 - ZrO_2 固溶体。根据实施例,盖、喷淋头基底104、GDP 133和/或喷嘴皆可涂覆有多层涂层。

[0024] 可用于在处理腔室100中处理基板的处理气体示例包括含卤素气体,诸如 C_2F_6 、 SF_6 、 $SiCl_4$ 、 HBr 、 NF_3 、 CF_4 、 CHF_3 、 CH_2F_3 、 F 、 NF_3 、 Cl_2 、 CCl_4 、 BCl_3 与 SiF_4 等和其他气体,诸如 O_2 或 N_2O 。载气的示例包括 N_2 (氮)、 He (氦)、 Ar (氩)和对处理气体惰性的其他气体(例如不反应气体)。基板支撑组件148设在处理腔室100的内部容积106中且在喷淋头130或盖下方。处理期间,基板支撑组件148固持基板144。环146(例如单环)可覆盖部分静电卡盘150,且可在处理期间保护覆盖部分免于暴露于等离子体。在一个实施例中,环146可为硅或石英。

[0025] 内衬垫118可涂覆于基板支撑组件148的周边上。内衬垫118可以是耐含卤素气体的材料,诸如参照外衬垫116所述的材料。在一个实施例中,内衬垫118可由和外衬垫116一样的材料制成。此外,内衬垫118也可涂覆有多层涂层。

[0026] 在一个实施例中,基板支撑组件148包括支撑基座152的安装板162和静电卡盘150。静电卡盘150进一步包括导热基底164和静电定位盘166,静电定位盘由黏着剂138接合至导热基底,在一个实施例中,黏着剂为硅酮黏着剂。在所示实施例中,静电定位盘166的上表面可被多层涂层136覆盖。多层涂层136可置于静电卡盘150的整个暴露表面,包括导热基底164与静电定位盘166的外围和侧缘,及任何其他复杂几何形状零件或静电卡盘中的大深宽比孔。安装板162耦接至腔室主体102的底部110,且包括通道供设施(例如流体、电线、传感器引线等)通往导热基底164和静电定位盘166。

[0027] 导热基底164和/或静电定位盘166可包括一或多个任选的嵌入式加热元件176、嵌入式隔热器174和/或导管168、170,以控制基板支撑组件148的侧向温度轮廓。导管168、170

可流体耦接至流体源172,使温度调节流体循环通过导管168、170。在一个实施例中,嵌入式隔热器174可设在导管168、170之间。加热器176由加热器电源178调节。导管168、170和加热器176可用于控制导热基底164的温度。导管和加热器加热和/或冷却静电定位盘166和待处理基板(例如晶片)144。静电定位盘166和导热基底164的温度可利用多个温度传感器190、192监测,温度传感器可由控制器195监控。

[0028] 静电定位盘166可进一步包括多个气体通道,诸如沟槽、台面和其他表面特征,这些特征可形成于定位盘166的上表面。根据实施例,表面特征皆可涂覆有多层涂层。气体通道可经由定位盘166中的钻孔流体耦接至热传(或背侧)气源,诸如He(氦)。操作时,可以控制压力提供背侧气体至气体通道,以加强静电定位盘166与基板144间的热传递。

[0029] 静电定位盘166包括至少一个夹持电极180,夹持电极受控于夹持电源182。电极180(或设在定位盘166或基底164中的其他电极)可经由匹配电路188进一步耦接至一或多个射频(RF)电源184、186,以维持在处理腔室100内由处理和/或其他气体形成的等离子体。源184、186通常能产生频率约50kHz至约3GHz、功率高达约10000瓦的RF信号。

[0030] 图2图示根据各种ALD技术的沉积工艺。存在各种类型的ALD工艺且可基于诸如待涂覆表面、涂层材料,表面与涂层材料间的化学互相作用等数个因子来选择特定类型。ALD工艺的一般原理包含通过反复使待涂覆表面暴露于气态化学前驱物的相继交替的脉冲,由此生长或沉积薄膜层,气态化学前驱物以自限方式一次一个地与表面产生化学反应。

[0031] 图2图示具有表面205的制品210。前驱物与表面间的每个单独的化学反应称作“半反应”。在各半反应期间,前驱物经脉冲到表面,持续足以允许前驱物与表面完全反应的时间段。反应是自限的,因为前驱物将与表面上的有限数量的可用反应位点反应,以于表面上形成均匀连续吸附层。任何已与前驱物反应的位点将不可再与相同前驱物反应,除非和/或直到反应位点经处理而在均匀连续涂层上形成新反应位点。示例性处理可以是等离子体处理、使均匀连续吸附层暴露于自由基的处理,或引入能与吸附于表面的最近均匀连续膜层反应的不同前驱物。

[0032] 在图2中,将具有表面205的制品210引至第一前驱物260,持续第一持续时间,直到第一前驱物260与表面205的第一半反应通过形成吸附层214而部分地形成膜层215。随后,将制品210引至第二前驱物265(也称作反应物),前驱物265与吸附层214反应,以完全形成层215。第一前驱物260例如可为钪或另一金属的前驱物。若层215为氧化物,则第二前驱物265为氧前驱物,若层215为氟化物,则为氟前驱物,若层为氮化物,则为氮前驱物。制品210可交替暴露于第一前驱物260和第二前驱物265多达n次,使层215达目标厚度。n例如可为1至100的整数。膜层215可以是均匀、连续且共形的。在实施例中,膜层215也可具有小于1%的极低孔隙度,在一些实施例中为小于0.1%,或在进一步实施例中为约0%。随后,可将具有表面205和膜层215的制品210引至第三前驱物270,第三前驱物270与层215反应以通过形成第二吸附层218而部分地形成第二膜层220。随后,可将制品210引至另一前驱物275(也称作反应物),与吸附层218反应的前驱物275导致第二半反应,以完全形成层220。制品210可交替暴露于第三前驱物270和第四前驱物275多达m次,使层220达目标厚度。m例如可为1至100的整数。第二膜层220可以是均匀、连续且共形的。在一些实施例中,第二膜层220也可具有小于1%的极低孔隙度,在一些实施例中为小于0.1%,或在进一步实施例中为约0%。然后,可重复将制品210引至前驱物260、265n次、接着引至前驱物270、275m次的程序,并进行x

次。 x 例如可为1至100的整数。此程序的结果可生长附加层225、230、235、245。各个层的数量和厚度可基于目标涂层厚度和性质独立地选择。各层可保持完整(即分离),或在一些实施例中为互相扩散。

[0033] 表面反应(例如半反应)相继完成。在引入新的前驱物前,可用惰性载气(诸如氮或空气)净化ALD工艺发生的腔室,以移除任何未反应前驱物和/或表面前驱物反应副产物。使用至少二个前驱物。在一些实施例中,使用超过两种前驱物来生长具相同组成的膜层(例如于彼此顶部上生长多层 Y_2O_3)。在其他实施例中,可使用不同前驱物来生长具不同组成的不同膜层。

[0034] ALD工艺可在不同温度下进行。特定ALD工艺的最佳温度范围称作“ALD温度窗口”。低于ALD温度窗口的温度可能造成较差生长速率和非ALD型沉积。高于ALD温度窗口的温度可能导致制品热分解或前驱物快速脱附。ALD温度窗口的范围可以是约200°C至约400°C。在一些实施例中,ALD温度窗口在约150°C至约350°C之间。

[0035] ALD工艺允许均匀膜厚的共形膜层形成于复杂几何形状的制品与表面、大深宽比孔和三维结构上。前驱物与表面的充足的暴露时间能让前驱物分散且与整个表面充分反应,包括所有三维复杂特征。用于在大深宽比结构中获得共形ALD的暴露时间与深宽比的平方成比例关系,且可利用建模技术预测。此外,ALD技术优于其他常用涂覆技术,因为ALD技术允许特定组成或配方的原位按需材料合成,而无需长时间且困难地制造源材料(诸如粉末原料和烧结靶材)。第一组层215、220、225、230可一起构成扩散屏障层,在一些实施例中,扩散屏障层选自自由 TiN_x 、 TaN_x 、 Zr_3N_4 和 $TiZr_xN_y$ 所组成的群组。扩散屏障层可由一对ALD前驱物或ALD前驱物的交替对沉积,以形成如 TiN 膜、 TaN 膜和 Zr_3N_4 膜。在一些实施例中,由交替前驱物形成的膜可保持为完整层。在其他实施例中,由交替前驱物形成的膜可经退火处理而形成互相扩散的扩散屏障层。在一些实施例中,各层215、220、225、230是相同材料的纳米层(例如 TiN_x 、 TaN_x 或 Zr_3N_4)并一起形成单一较厚扩散屏障层。

[0036] 在一些实施例中,第二组层235、245可一起形成抗侵蚀层,抗侵蚀层选自自由 YF_3 、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $ErAl_xO_y$ 、 YO_xF_y 、 YAl_xO_y 、 YZr_xO_y 和 $YZr_xAl_yO_z$ 所组成的群组。抗侵蚀层可由一对ALD前驱物或ALD前驱物的交替对沉积,以形成如 Al_2O_3 膜、 Y_2O_3 膜、 ZrO_2 膜、 YF_3 膜和/或 Er_2O_3 膜。在一些实施例中,由交替前驱物形成的膜可保持为完整层。在其他实施例中,由交替前驱物形成的膜可经退火处理而形成互相扩散的抗侵蚀层。在一些实施例中,各层235、245是相同材料的纳米层(例如 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、 ZrO_2 、 YF_3 或 Er_2O_3)并一起形成单一较厚抗侵蚀层。

[0037] 在一些实施例中,多层涂层可经由CVD沉积于制品表面上。示例性CVD系统绘示于图3。系统包含化学蒸汽前驱物供应系统305和CVD反应器310。蒸汽前驱物供应系统305是用于由起始材料315产生蒸汽前驱物320,起始材料315可以是固体、液体或气体形式。蒸汽接着输送到CVD反应器310并沉积至制品330上作为薄膜325,制品330定位于制品支架335上。

[0038] CVD反应器310利用加热器340加热制品330达沉积温度。在一些实施例中,加热器可加热CVD反应器壁(也称作“热壁反应器”),反应器壁可将热传送到制品。在其他实施例中,只加热制品,同时使CVD反应器壁维持冷却(也称作“冷壁反应器”)。应理解CVD系统构造不应限于此。各种装备可用于CVD系统,且装备经选择以获得最佳处理条件,从而可产生具均匀厚度、表面形态、结构和组成的涂层。

[0039] 各种CVD工艺包含下列过程:(1)由起始材料产生活性气态反应物物种(也称作“前

驱物”); (2) 将前驱物输送到反应腔室 (也称作“反应器”); (3) 使前驱物吸附于经加热制品; (4) 在气固界面处参与前驱物与制品间的化学反应, 以形成沉积物和气态副产物; 及 (5) 自反应腔室移除气态副产物和未反应的气态前驱物。

[0040] 适合的CVD前驱物可在室温下呈稳定、可具有低汽化温度、可产生低温稳定蒸汽、具有适当沉积速率(薄膜涂层为低沉积速率, 厚膜涂层为高沉积速率)、较低毒性、具成本效益且相对较纯。就一些CVD反应而言, 诸如热分解反应(也称作“热解”)或歧化反应, 仅化学前驱物就可足以完成沉积。至于其他CVD反应, 除化学前驱物外, 还可使用其他试剂(下表1所列)来完成沉积。

[0041] 表1: 用于各种CVD反应的化学前驱物和附加试剂

[0042]

CVD 反应	化学前驱物	附加试剂
热分解 (热解)	卤化物 氢化物 金属羰基 金属有机物	不适用
还原	卤化物	还原剂
氧化	卤化物 氢化物 金属有机物	氧化剂
水解	卤化物	水解剂
氮化	卤化物 氢化物 金属有机物	氮化剂
歧化	卤化物	不适用

[0043] CVD有许多优点, 包括其沉积高密度且纯的涂层的能力, 及其以适度高沉积速率制造具良好再现性与附着性的均匀膜的能力。在实施例中, 利用CVD沉积层可具有小于1%的孔隙度、小于0.1% (约0%) 的孔隙度。因此, 可用于均匀涂覆复杂形状部件及沉积具良好共形覆盖性的共形膜(例如具实质均匀厚度)。CVD也可用于沉积由多个组分组成的膜, 例如通过以预定比率馈送多个化学前驱物至混合腔室, 接着供应混合物至CVD反应系统。

[0044] 在实施例中, CVD反应器310可用于形成扩散屏障层和/或能耐等离子体环境侵蚀和/或腐蚀的抗侵蚀层。在实施例中, 层325可形成选自由TiN_x、TaN_x、Zr₃N₄和TiZr_xN_y所组成群组的扩散屏障层。在一些实施例中, 覆盖扩散屏障层325的层345可以是选自由YF₃、Y₂O₃、Er₂O₃、Al₂O₃、ZrO₂、ErAl_xO_y、YO_xF_y、YAl_xO_y、YZr_xO_y和YZr_xAl_yO_z所组成群组的抗侵蚀层。

[0045] 在一些实施例中, 多层涂层可经由PVD沉积于制品表面上。PVD工艺可用于沉积厚

度范围从几纳米至数微米的薄膜。各种PVD工艺共享三个基本共同特征：(1) 借助高温或气态等离子体，从固体源汽化材料；(2) 在真空中将汽化材料输送到制品表面；及(3) 使汽化材料冷凝于制品上，以产生薄膜层。示例性PVD反应器绘示于图4，并进一步详述于后。

[0046] 图4图示可应用到各种PVD技术与反应器的沉积机制。PVD反应腔室400可包含邻接制品420的板410和邻接靶材430的板415。可自反应腔室400移除空气，以产生真空。接着，将氩气引入反应腔室，施加电压至板，并且可生成包含电子与正氩离子440的等离子体。正氩离子440可被吸引到负性板415，在此它们可撞击靶材430且自靶材释出原子435。释出原子435可经输送且作为薄膜425沉积至制品420上。

[0047] 在实施例中，PVD反应腔室400可用于形成扩散屏障层和/或抗侵蚀层。在实施例中，层425可形成选自由 TiN_x 、 TaN_x 、 Zr_3N_4 和 $TiZr_xN_y$ 所组成群组的扩散屏障层。在一些实施例中，覆盖扩散屏障层425的层445可以是选自由 YF_3 、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $ErAl_xO_y$ 、 YO_xF_y 、 YAl_xO_y 、 YZr_xO_y 和 $YZr_xAl_yO_z$ 所组成群组的抗侵蚀层。

[0048] 图2的制品210、图3的制品330和图4的制品420可代表各种半导体处理腔室部件，包括、但不限于基板支撑组件、静电卡盘(ESC)、环(例如处理套环或单环)、腔壁、基底、气体分配盘、气体管线、喷淋头、喷嘴、盖、衬垫、衬垫套组、防护板、等离子体屏幕、流量均衡器、冷却基底、腔室观察孔、腔室盖等。制品和制品表面可由金属(诸如铝、不锈钢)、陶瓷、金属陶瓷复合物、聚合物、聚合物陶瓷复合物或其他适合材料制成，且可进一步包含诸如 AlN 、 Si 、 SiC 、 Al_2O_3 、 SiO_2 等材料。

[0049] 利用ALD、CVD和PVD技术，可形成扩散屏障膜(诸如 TiN_x 、 TaN_x 、 Zr_3N_4 与 $TiZr_xN_y$)和抗侵蚀膜(诸如 YF_3 、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $ErAl_xO_y$ 、 YO_xF_y 、 YAl_xO_y 、 YZr_xO_y 与 $YZr_xAl_yO_z$)。在一些实施例中，扩散屏障层和抗侵蚀层均利用相同技术沉积，即均可经由ALD沉积、均可经由CVD沉积或均可经由PVD沉积。在其他实施例中，扩散屏障层可由一种技术沉积，抗侵蚀层可由另一种技术沉积。若二层均经由例如ALD沉积，则扩散屏障层可通过适当安排用于吸附及沉积 TiN 、 TaN 和 Zr_3N_4 的前驱物顺序而吸附及沉积，抗侵蚀膜可通过适当安排用于吸附及沉积 Y_2O_3 、 Al_2O_3 、 YF_3 、 ZrO_2 和 Er_2O_3 的前驱物顺序而吸附及沉积，此将进一步详述于后。

[0050] 图5示出根据实施例的用于形成多层涂层至制品上的方法500。方法可选择性始于选择多层涂层的组成(图5未示出)。组成选择及形成方法可由同一实体或多个实体进行。依照框505，方法包含利用选自由ALD、CVD和PVD所组成群组的第二沉积工艺，沉积扩散屏障层至制品表面上。扩散屏障层可包含多个完整层。多个完整层可由多个前驱物组成，从而形成扩散屏障层。扩散屏障层可以具有约10纳米(nm)至约100nm的厚度，且可选自由 TiN_x 、 TaN_x 、 Zr_3N_4 和 $TiZr_xN_y$ 所组成的群组。

[0051] 依照框510，方法任选地进一步包含退火处理扩散屏障层。在一些实施例中，退火可导致扩散屏障层包含存在于多个完整层中的多个组分的互相扩散固态相。退火可在约 $800^{\circ}C$ 至约 $1800^{\circ}C$ 、约 $800^{\circ}C$ 至约 $1500^{\circ}C$ 或约 $800^{\circ}C$ 至约 $1000^{\circ}C$ 的温度下进行。退火温度可基于制品构成材料、表面和膜层来选择，以维持其完整性且抑制任何或所有组分变形、分解或熔化。

[0052] 依照框515，方法进一步包含利用选自由ALD、CVD和PVD所组成群组的第二沉积工艺，沉积抗侵蚀层至扩散屏障层上。抗侵蚀层可包含多个完整层。多个完整层可由多个前驱物组成，从而形成抗侵蚀层。抗侵蚀层可具有至多约1微米的厚度，例如约20nm至约1微米，

且可选自由 YF_3 、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $ErAl_xO_y$ 、 YO_xF_y 、 YAl_xO_y 、 YZr_xO_y 和 $YZr_xAl_yO_z$ 所组成的群组。

[0053] 在一些实施例中,依照框520,方法可任选地进一步包含退火处理抗侵蚀层。在一些实施例中,退火可导致抗侵蚀层包含存在于多个完整层中的多个组分的互相扩散固态相。退火温度类似上述扩散障碍层的退火温度。

[0054] 在一些实施例中,障碍层和抗侵蚀层均可经退火处理且互相扩散(图6D)。在一些实施例中,在沉积抗侵蚀层后,进行单一退火工艺,以退火处理且使扩散障碍层的纳米层与抗侵蚀层的纳米层互相扩散。在一些实施例中,障碍层和抗侵蚀层之一经退火处理且互相扩散,而另一层未退火(参见图6B及图6C)。在其他实施例中,障碍层和抗侵蚀层皆未退火或互相扩散(图6A)。不同实施例绘示于图6A至图6D,此将进一步详述于后。

[0055] 在一些实施例中,扩散障碍层的第一沉积工艺和抗侵蚀层的第二沉积工艺可以是一样的,例如工艺均可ALD,工艺均可CVD或工艺均可PVD。在其他实施例中,扩散障碍层的第一沉积工艺和抗侵蚀层的第二沉积工艺可以不同。无论沉积方法,最终多层涂层都可以能耐受约 $20^{\circ}C$ 至约 $450^{\circ}C$ 的温度循环,而不会破裂。

[0056] 当第一或第二沉积工艺为ALD或CVD时,适当前驱物或多个前驱物可选择以最终形成扩散障碍层、抗侵蚀层和多层涂层。

[0057] 例如, TiN_x 扩散障碍层可经由ALD或CVD由至少一种含Ti(钛)前驱物沉积,含Ti前驱物选自由双(二乙基氨基)双(二甲基氨基)钛(IV)、四(二乙基氨基)钛(IV)、四(二甲基氨基)钛(IV)、四(乙基甲基氨基)钛(IV)、溴化钛(IV)、氯化钛(IV)和叔丁醇钛(IV)所组成的群组。

[0058] TaN_x 扩散障碍层可经由ALD或CVD由至少一种Ta(钽)前驱物沉积,Ta前驱物选自由五(二甲基氨基)钽(V)、氯化钽(V)、乙醇钽(V)和三(二乙基氨基)(叔丁基亚胺基)钽(V)所组成的群组。

[0059] $TiZr_xN_y$ 扩散障碍层可经由ALD或CVD由至少一种Ti前驱物和至少一种Zr(锆)前驱物沉积。Ti前驱物可选自由双(二乙基氨基)双(二甲基氨基)钛(IV)、四(二乙基氨基)钛(IV)、四(二甲基氨基)钛(IV)、四(乙基甲基氨基)钛(IV)、溴化钛(IV)、氯化钛(IV)和叔丁醇钛(IV)所组成的群组。Zr前驱物可选自由溴化锆(IV)、氯化锆(IV)、叔丁醇锆(IV)、四(二乙基氨基)锆(IV)、四(二甲基氨基)锆(IV)和四(乙基甲基氨基)锆(IV)所组成的群组。在一些实施例中,不同组分的化学计量比形成 $Ti_{0.2}Zr_{0.2}N_{0.6}$ 扩散障碍层。

[0060] Zr_3N_4 扩散障碍层可经由ALD或CVD由至少一种Zr前驱物沉积,Zr前驱物选自由溴化锆(IV)、氯化锆(IV)、叔丁醇锆(IV)、四(二乙基氨基)锆(IV)、四(二甲基氨基)锆(IV)和四(乙基甲基氨基)锆(IV)所组成的群组。

[0061] $ErAl_xO_y$ 抗侵蚀层可透过ALD或CVD由至少一种Er(铒)前驱物和至少一种Al(铝)前驱物沉积。Er前驱物可选自由三(甲基环戊二烯基)铒(III)($Er(MeCp)_3$)、硼烷酰胺铒($Er(BA)_3$)、 $Er(TMHD)_3$ 、三(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮酸)铒(III)和三(丁基环戊二烯基)铒(III)所组成的群组。Al前驱物可选自由二乙基乙醇铝、三(乙基甲基酰胺基)铝、仲丁醇铝、三溴化铝、三氯化铝、三乙基铝、三异丁基铝、三甲基铝和三(二乙基氨基)铝所组成的群组。

[0062] YAl_xO_y 抗侵蚀层可经由ALD或CVD由至少一种Y(钇)前驱物和至少一种Al前驱物沉积。Y前驱物可选自由三(N,N-双(三甲基硅基)酰胺)钇(III)、丁醇钇(III)、三(环戊二烯

基) 钇 (III) 和 Y(thd) 3 (thd=2, 2, 6, 6-四甲基-3, 5-庚二酮酸根 (heptanedionato)) 所组成的群组。

[0063] YO_xF_y 抗侵蚀层可经由 ALD 或 CVD 由至少一种 Y 前驱物沉积, Y 前驱物选自自由三 (N, N-双 (三甲基硅基) 酰胺) 钇 (III)、丁醇钇 (III)、三 (环戊二烯基) 钇 (III) 和 Y(thd) 3 (thd=2, 2, 6, 6-四甲基-3, 5-庚二酮酸根) 所组成的群组。

[0064] YZr_xO_y 抗侵蚀层可经由 ALD 或 CVD 由至少一种 Y 前驱物和至少一种 Zr 前驱物沉积。Zr 前驱物可选自由溴化锆 (IV)、氯化锆 (IV)、叔丁醇锆 (IV)、四 (二乙基氨基) 锆 (IV)、四 (二甲基氨基) 锆 (IV) 和四 (乙基甲基氨基) 锆 (IV) 所组成的群组。

[0065] $YZr_xAl_yO_z$ 抗侵蚀层可经由 ALD 或 CVD 由至少一种 Y 前驱物、至少一种 Zr 前驱物和至少一种 Al 前驱物沉积。

[0066] Er_2O_3 抗侵蚀层可经由 ALD 或 CVD 由至少一种 Er 前驱物沉积, Er 前驱物选自自由三 (甲基环戊二烯基) 铪 (III) ($Er(MeCp)_3$)、硼烷酰胺铪 ($Er(BA)_3$)、Er(TMHD)₃、三 (2, 2, 6, 6-四甲基-3, 5-庚二酮酸) 铪 (III) 和三 (丁基环戊二烯基) 铪 (III) 所组成的群组。

[0067] Al_2O_3 抗侵蚀层可经由 ALD 或 CVD 由至少一种 Al 前驱物沉积, Al 前驱物选自自由二乙基乙醇铝、三 (乙基甲基酰胺基) 铝、仲丁醇铝、三溴化铝、三氯化铝、三乙基铝、三异丁基铝、三甲基铝和三 (二乙基氨基) 铝所组成的群组。

[0068] Y_2O_3 抗侵蚀层可经由 ALD 或 CVD 由至少一种 Y 前驱物沉积, Y 前驱物选自自由三 (N, N-双 (三甲基硅基) 酰胺) 钇 (III)、丁醇钇 (III)、三 (环戊二烯基) 钇 (III) 和 Y(thd) 3 (thd=2, 2, 6, 6-四甲基-3, 5-庚二酮酸根) 所组成的群组。

[0069] YF_3 抗侵蚀层可经由 ALD 或 CVD 由至少一种 Y 前驱物沉积。

[0070] ZrO_2 抗侵蚀层可经由 ALD 或 CVD 由至少一种 Zr 前驱物沉积, Zr 前驱物选自自由溴化锆 (IV)、氯化锆 (IV)、叔丁醇锆 (IV)、四 (二乙基氨基) 锆 (IV)、四 (二甲基氨基) 锆 (IV) 和四 (乙基甲基氨基) 锆 (IV) 所组成的群组。

[0071] 在一些实施例中, 提供氧源的前驱气体 (诸如臭氧、水蒸汽和出自等离子体的氧自由基) 可结合上述任何前驱物使用。在一些实施例中, 提供氮源的前驱气体 (诸如氨、氮和出自氮等离子体的自由基) 可结合上述任何前驱物使用。在一些实施例中, 提供氟源的前驱气体 (诸如氟、HF (氟化氢) 和出自氟等离子体的氟自由基) 可结合上述任何前驱物使用。应理解上述前驱物仅为举例说明, 而不应解释成限定。

[0072] 图 6A 至图 6D 图示根据不同实施例的多层涂层的变型。图 6A 示出用于制品 610 的多层涂层, 制品具有表面 605。例如, 制品 610 可包括各种半导体处理腔室部件, 包括、但不限于基板支撑组件、静电卡盘 (ESC)、环 (例如处理套环或单环)、腔壁、基底、气体分配盘、气体管线、喷淋头、喷嘴、盖、衬垫、衬垫套组、防护板、等离子体屏幕、流量均衡器、冷却基底、腔室观察孔、腔室盖等。半导体处理腔室部件可由金属 (诸如铝、不锈钢)、陶瓷、金属陶瓷复合物、聚合物、聚合物陶瓷复合物或其他适合材料制成, 且可进一步包含诸如 AlN 、 Si 、 SiC 、 Al_2O_3 、 SiO_2 等材料。

[0073] 在图 6A 至图 6D 中, 沉积于表面 605 的多层涂层包含选自自由 TiN_x 、 TaN_x 、 Zr_3N_4 和 $TiZr_xN_y$ 所组成群组的扩散屏障层 615 或 645 与选自自由 YF_3 、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 $ErAl_xO_y$ 、 YO_xF_y 、 YAl_xO_y 、 YZr_xO_y 和 $YZr_xAl_yO_z$ 所组成群组的抗侵蚀层 625 或 635。抗侵蚀层覆盖扩散屏障层。

[0074] 在图6A中,扩散阻挡层615和抗侵蚀层625分别包含多个完整层650、630。在图6B中,扩散阻挡层615包含多个完整层650,而抗侵蚀层635可为构成抗侵蚀层的多个组分的互相扩散固态相。在图6C中,扩散阻挡层645可为构成扩散阻挡层的多个组分的互相扩散固态相,而抗侵蚀层625包含多个完整层。在图6D中,扩散阻挡层645和抗侵蚀层635可为构成每一层的多个组分的互相扩散固态相。或者,扩散阻挡层645的组分可互相扩散以形成多个不同相,和/或抗侵蚀层635的组分可互相扩散以形成多个不同相。

[0075] 虽然图6A至图6D所示扩散阻挡层和抗侵蚀层看来具有类似厚度,但图式不应解释成限定。在一些实施例中,扩散阻挡层可具有小于抗侵蚀层的厚度。在一些实施例中,扩散阻挡层可具有大于抗侵蚀层的厚度。在一些实施例中,扩散阻挡层和抗侵蚀层的厚度可以相同。扩散阻挡层可以具有约10nm至约100nm的厚度。抗侵蚀层可具有至多约1微米的厚度,例如约20nm至约1微米。

[0076] 多层涂层的表面粗糙度可类似半导体处理腔室部件的粗糙度。在一些实施例中,多层涂层的表面粗糙度可在约20至约45微英寸的范围中。

[0077] ALD沉积氧化铝抗侵蚀层可具有下列性质:厚度约1微米时的击穿电压为约360伏特,基于10微米钻石笔尖刮擦附着力测试,厚度约1微米时的刮擦附着失效力为约140mN,维氏硬度为约12.9-13.5Gpa,基于气泡试验,1微米厚膜的失效时间为约1-28小时。ALD沉积氧化钽抗侵蚀层可具有下列性质:厚度约1微米时的击穿电压为约475伏特,基于10微米钻石笔尖刮擦附着力测试,厚度约100nm时的刮擦附着失效力为约34mN,维氏硬度为约11.5Gpa至约12.9Gpa,基于气泡试验,1微米厚膜的失效时间为约14分钟。

[0078] 以上说明记载了众多特定细节,诸如特定系统、部件、方法等的示例,以对本发明的数个实施例有更彻底的理解。然而,本领域技术人员将明白本发明的至少一些实施例可不按该等特定细节实践。在其他情况下,不详述已知部件或方法,或是以简易框图表示,以免让本发明变得晦涩难懂。因此,记载的特定细节仅为举例而已。特定实施方式可能从离示例性细节变化,但仍涵盖在本发明的范围内。

[0079] 说明书通篇引用“一个实施例”或“一实施例”意指结合该实施例描述的特定特征、结构或特性包括在至少一个实施例内。因此,说明书通篇出现的如“在一个实施例中”或“在一实施例中”等用语不必然指称同一实施例。此外,术语“或”意指包容性“或”、而非排除性“或”。本文所用术语“约”或“大约”意指所示标称值的精确度在±10%以内。

[0080] 本文所用术语“孔隙度”意在描述涂层内的空白空间量。例如,5%孔隙度意指涂层总体积的5%实际上为空白空间。

[0081] 本文所用术语“表面粗糙度”意在描述使用轮廓仪(指针跨表面拖动)测量表面粗糙度。

[0082] 本文所用术语“击穿电压”或“BDV”是指利用电压评估涂层。BDV值是涂层破坏性消弧时达到的电压。

[0083] 本文所用术语“附着力”是指涂层附着下层制品或下层涂层的强度。

[0084] 本文所用术语“硬度”是指膜可耐受而不损坏的压缩量。

[0085] 本文所用术语“气泡试验”是指测试,其中涂覆制品放入氢氯酸溶液,并测量直到在液体中形成气泡的时间。气泡形成表示制品本身已反应及涂层已渗透。

[0086] 耐受温度循环能力意指多层涂层可经由温度循环处理而不会经受破裂。

[0087] 虽然本文所示及所述方法操作呈特定顺序,但各方法操作顺序可改变成让某些操作按相反顺序进行,或使某些操作至少部分与其他操作同时进行。在另一实施例中,可以间歇和/或交替方式进行不同操作的指令或次操作。

[0088] 应理解以上叙述仅为举例说明,而无限定意图。本领域技术人员在阅读及理解本文后将能明白许多其他实施例。因此,本公开的保护范围应视后附权利要求书和权利要求书主张的全部均等物范围所界定者为准。

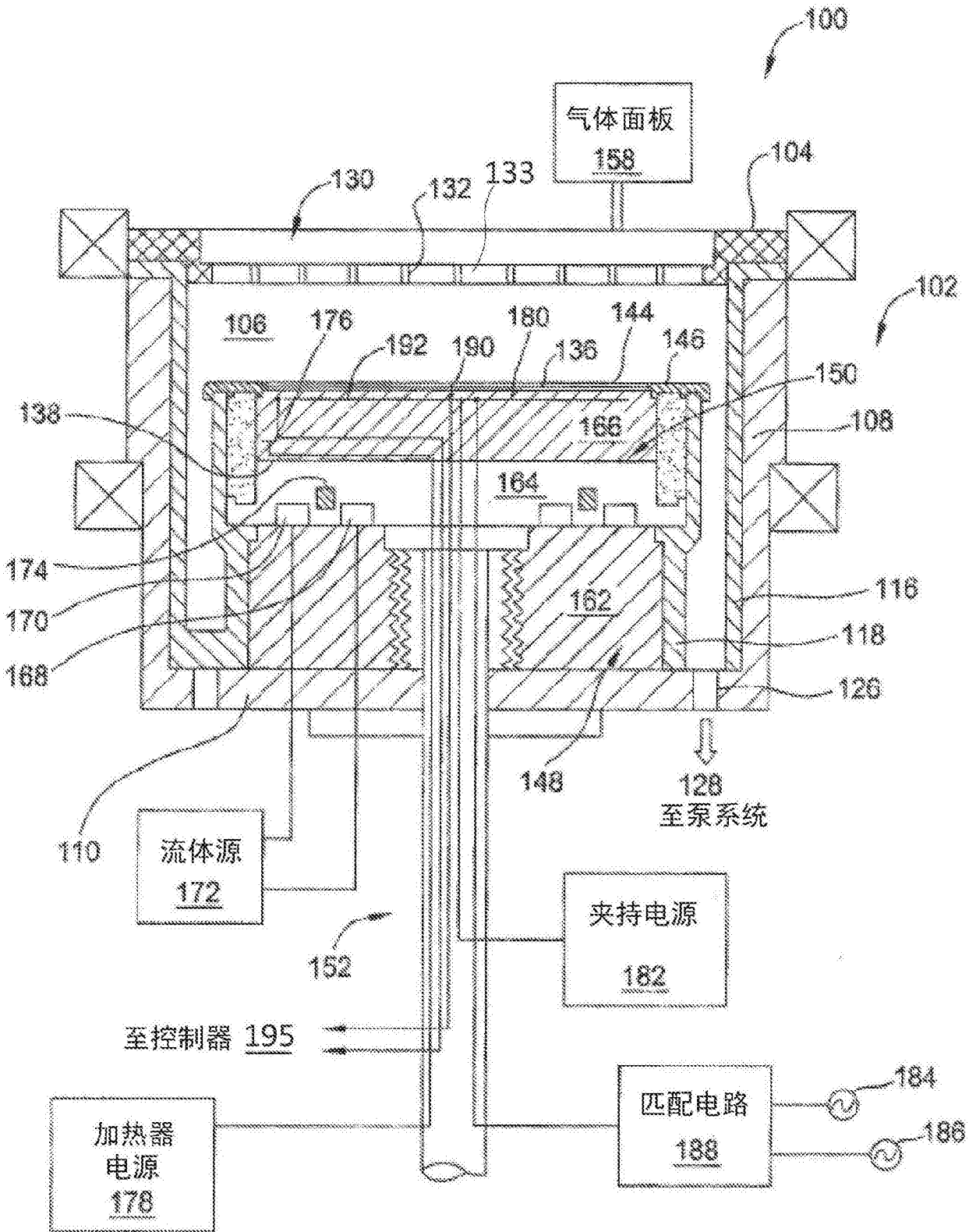


图1

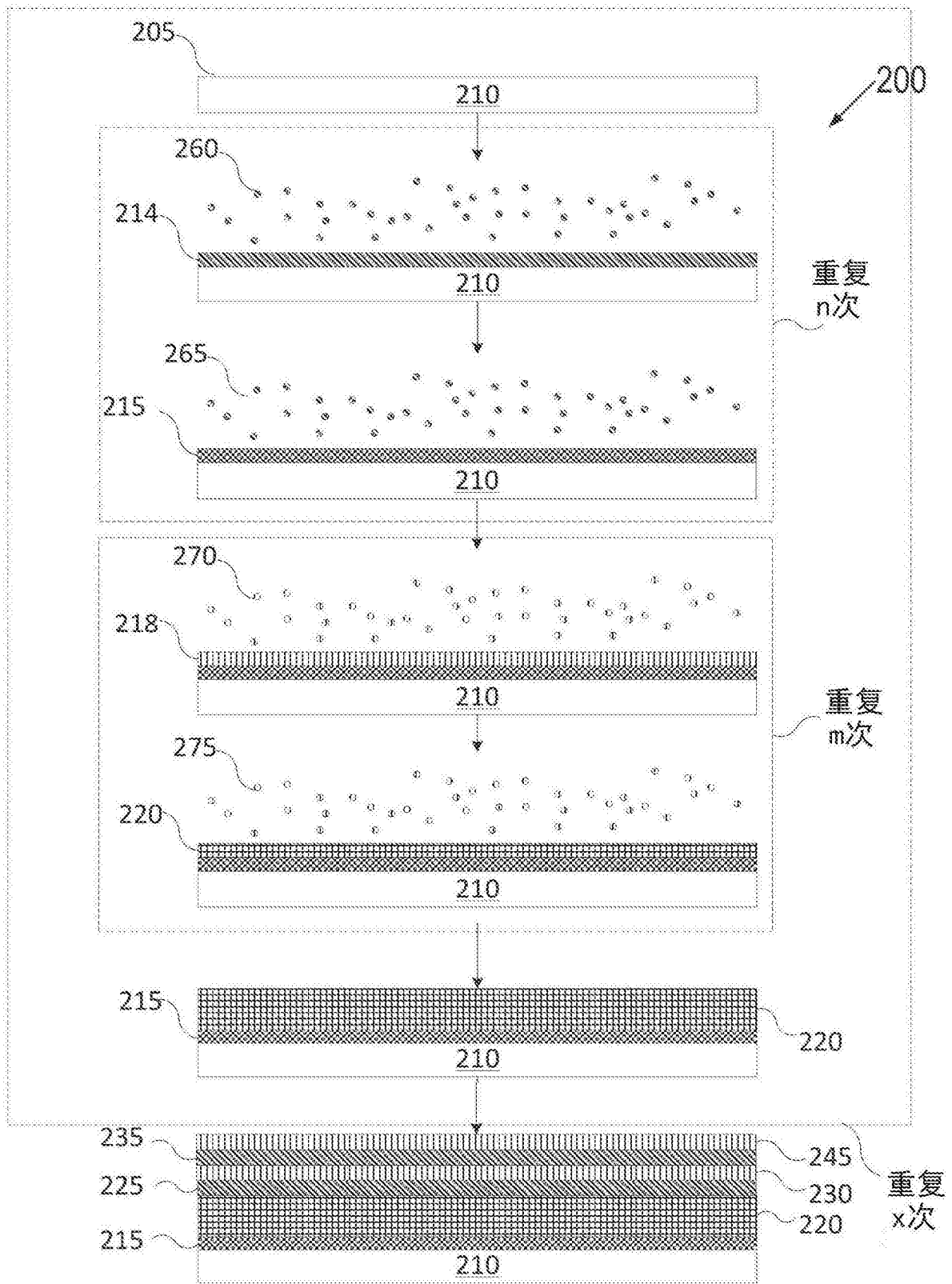


图2

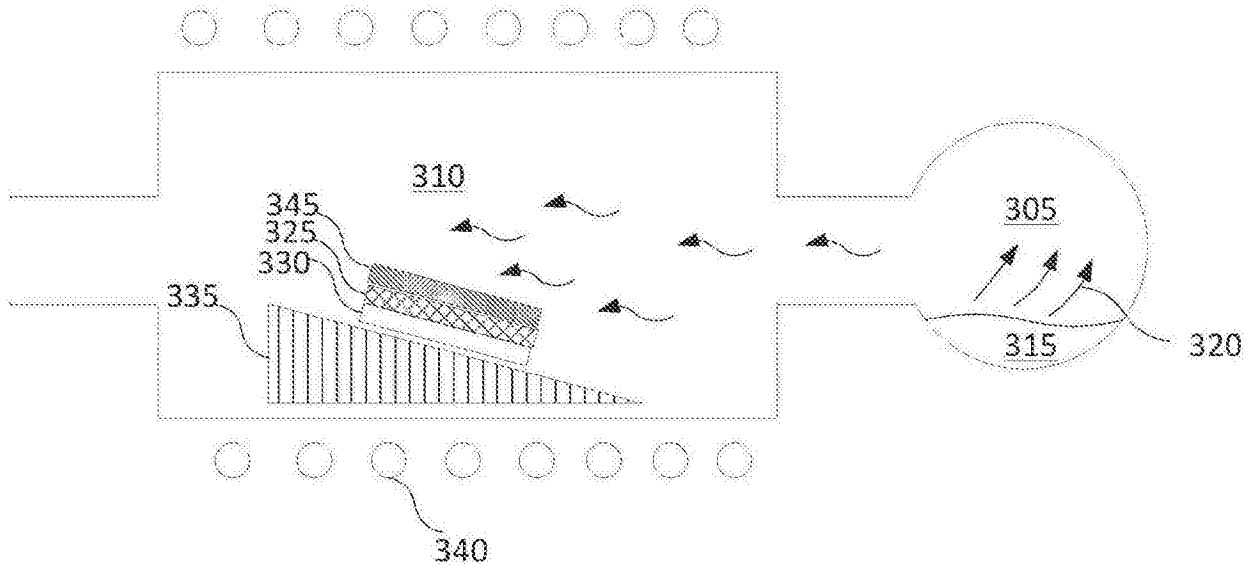


图3

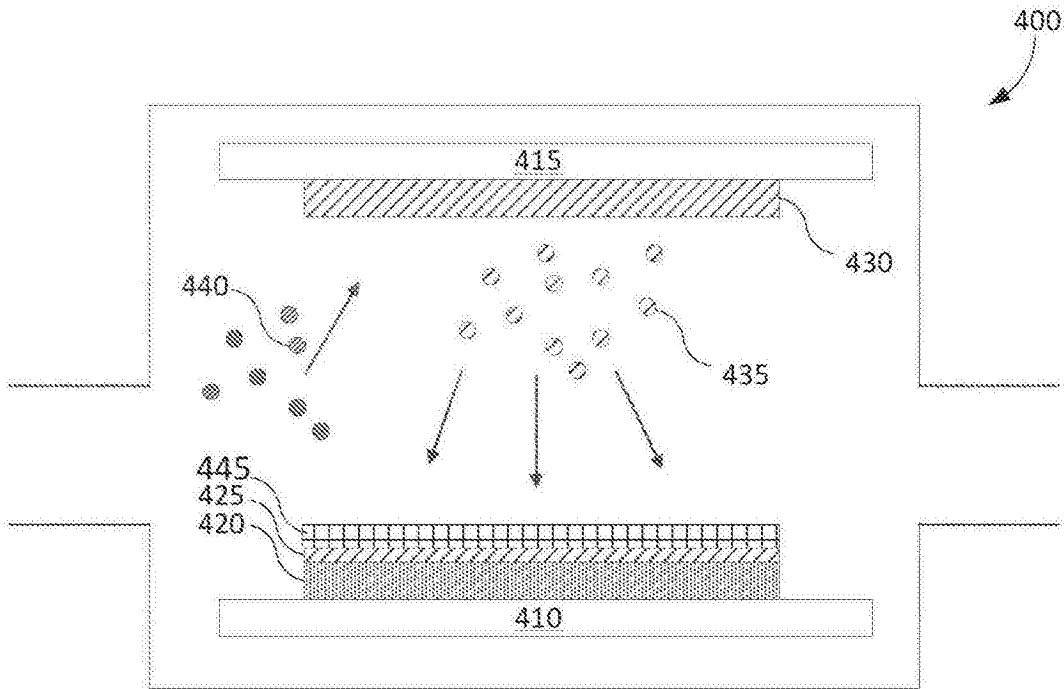


图4

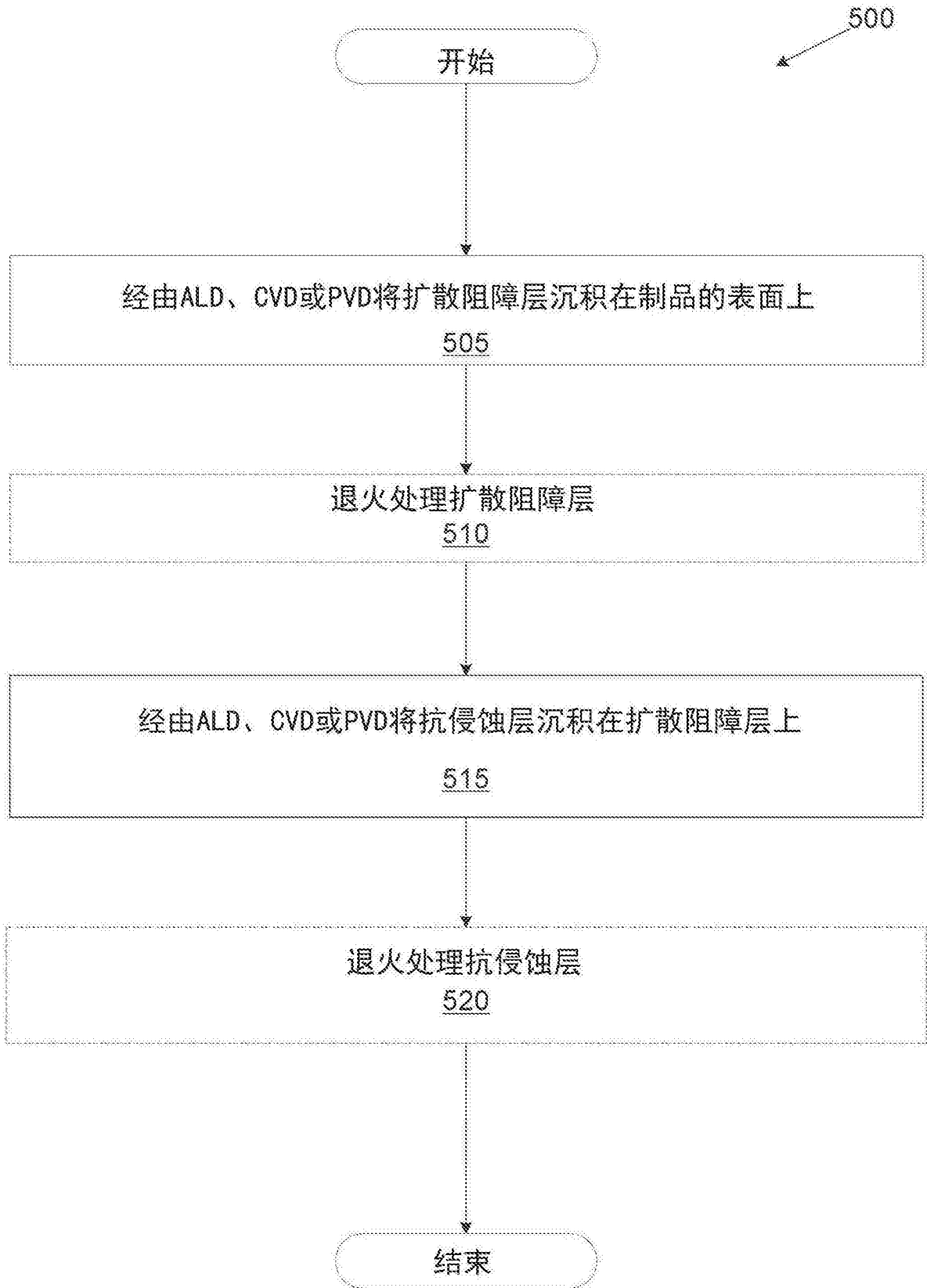


图5

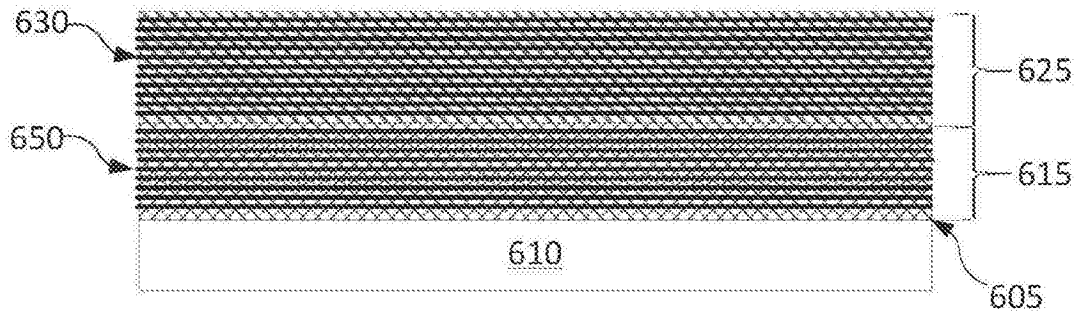


图6A

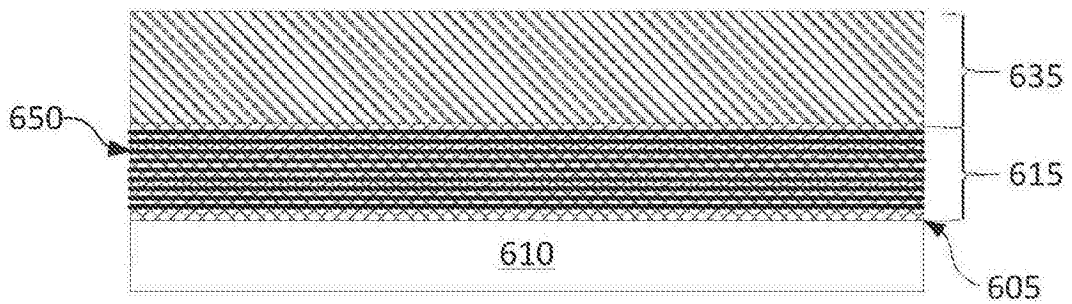


图6B

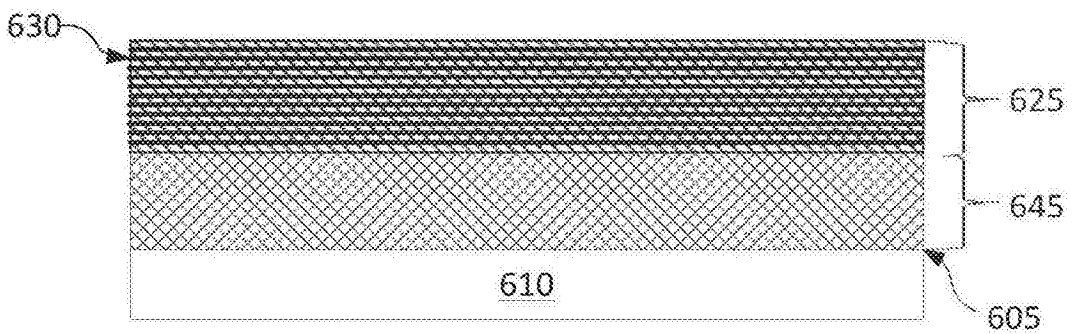


图6C

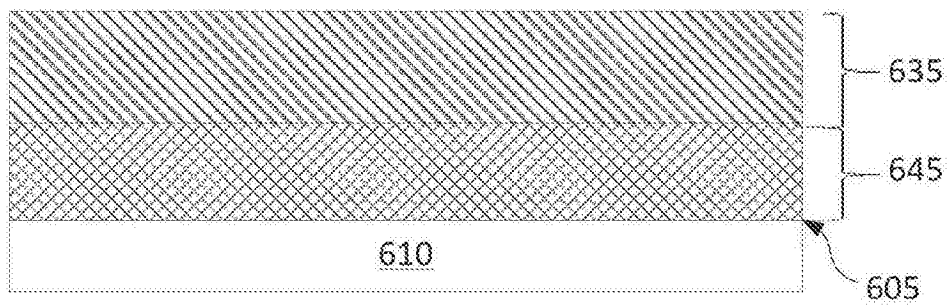


图6D