



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116194843 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 30

(21) 申请号 202180059233.7

潘阳

(22) 申请日 2021.07.23

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

(30) 优先权数据

专利代理师 樊英如 张静

62/706,035 2020.07.28 US

(51) Int.Cl.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G03F 7/105 (2006.01)

2023.01.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/042978 2021.07.23

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/026323 EN 2022.02.03

(71) 申请人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 史蒂芬·M·施瑞德

格雷戈里·布拉楚特

拉莎娜·莉玛丽 戴安·海姆斯

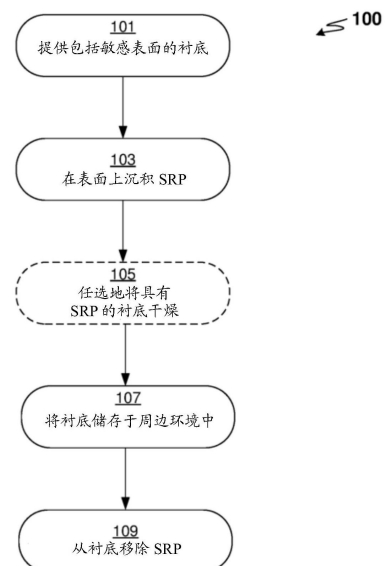
权利要求书4页 说明书32页 附图7页

(54) 发明名称

针对环境敏感衬底作为牺牲保护层的低上
限温度同聚物

(57) 摘要

本公开涉及包括同聚物的刺激响应聚合物
(SRP)。本文还描述了采用SRP的方法、膜和制剂。



1. 一种方法,其包括:

在衬底上沉积刺激响应聚合物 (SRP),从而在所述衬底的表面上形成膜,其中所述SRP包括同聚物,且其中所述同聚物包括从约250g/mol至约1500kg/mol的分子量,以及低于约300℃的上限温度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述沉积包括:沉积包含所述SRP的配方,且其中所述配方包含溶剂、塑化剂、pKa大于或等于1的有机酸、光酸产生剂、热酸产生剂和/或染料。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述同聚物的所述分子量为从约500g/mol至1000kg/mol的重量平均分子量。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述上限温度小于约60℃、小于约50℃、小于约40℃、小于约30℃或更低。

5. 根据权利要求1所述的方法,其还包括在所述沉积之后:

将所述膜储存在周边环境,其中所述膜在储存期间对所述衬底的所述表面提供保护;以及

将所述膜从所述衬底的所述表面移除。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述移除包括将所述膜暴露于热。

7. 根据权利要求5所述的方法,其中所述移除包括将所述膜暴露于从约1℃/分钟至约200℃/秒的温度升降。

8. 根据权利要求5所述的方法,其中所述移除包括将所述膜暴露于从约0.1mW/cm²至约15W/cm²的剂量的紫外光或真空紫外光。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述移除还包括在从约30℃至约700℃的温度下将所述膜暴露。

10. 根据权利要求5所述的方法,其中所述移除包括将所述膜暴露于来自惰性气体等离子体的亚稳态中性物。

11. 根据权利要求5所述的方法,其中所述移除包括在从约20℃至约200℃的温度下将所述膜暴露于酸性或碱性蒸气。

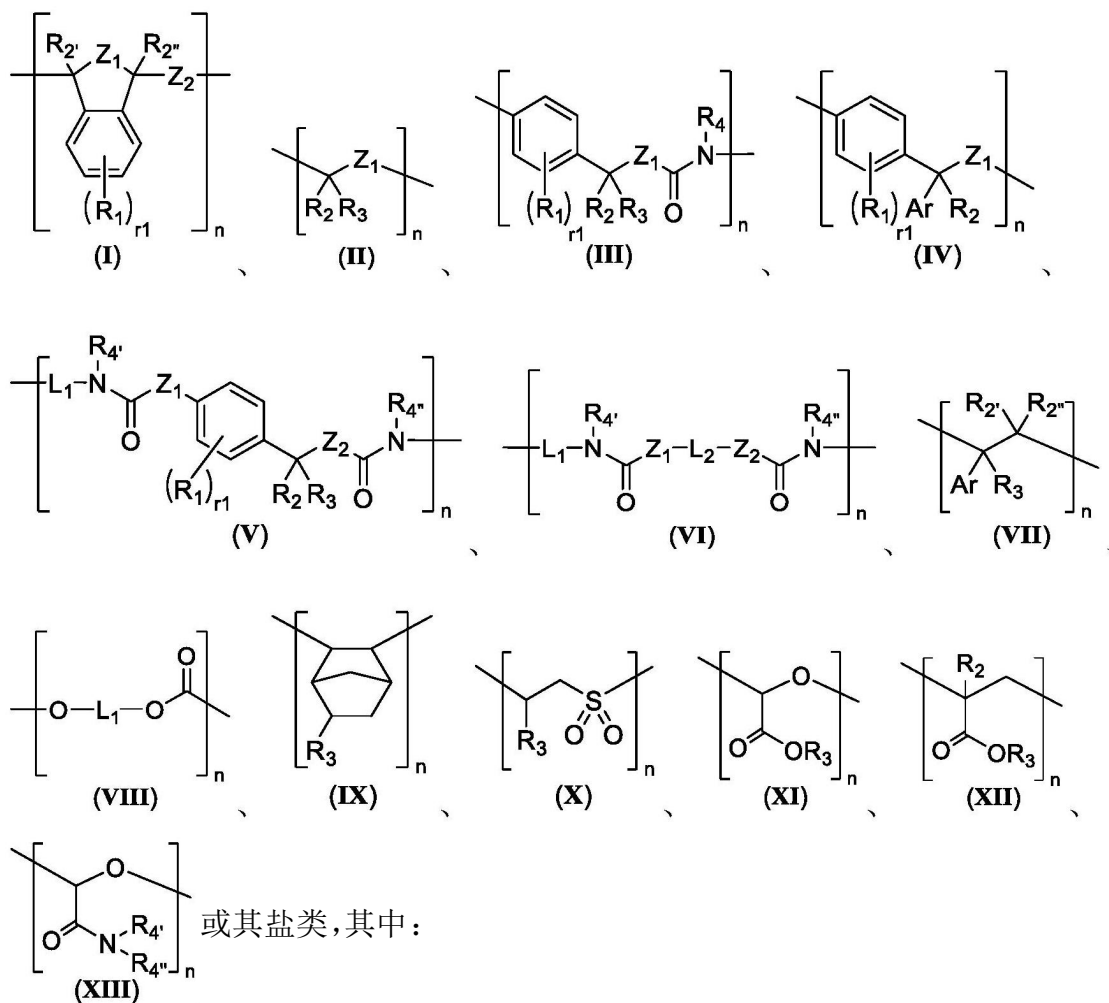
12. 根据权利要求1所述的方法,其中所述衬底包括沟槽或间隙。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中所述沉积包括以所述SRP填充所述沟槽或所述间隙。

14. 根据权利要求1所述的方法,其中所述衬底包括具有第一溶剂的多个高深宽比结构。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述沉积还包括用包含所述SRP的溶液替代所述第一溶剂。

16. 根据权利要求1至15中任一项所述的方法,其中所述同聚物包括化学式(I) - (XIII)中的一者的结构:



R_1 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的烷氧基、任选经取代的烯基、任选经取代的芳基或卤素;

R_2 、 R_2' 、 R_2'' 和 R_3 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基;

R_4 、 R_4' 和 R_4'' 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的氨基烷基、任选经取代的杂烷基,或者 R_4' 和 R_4'' 与其各自附接的氮原子一起形成本文所限定的杂环基;

Ar为任选经取代的芳基、任选经取代的烷基或任选经取代的芳烷基;

L_1 和 L_2 各自独立地为共价键、任选经取代的亚烷基、任选经取代的杂亚烷基、任选经取代的亚芳基或任选经取代的环亚烷基;

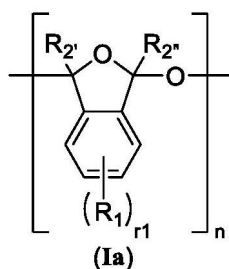
Z_1 和 Z_2 各自独立地为 $-O-$ 、 $-S-$ 、 $-CR_2R_3O-$ 、 $-OCR_2R_3O-$ 、 $-OCR_2R_3-$ 、 $-CR_2R_3S-$ 、 $-SCR_2R_3S-$ 或 $-SCR_2R_3-$;

r_1 为1至4的整数;以及

n 是从约3至约100,000;以及

其中所述同聚物包括线性聚合物或环状聚合物。

17. 根据权利要求1所述的方法,其中所述同聚物包括化学式(Ia)的结构:



或其盐类,其中:

R_1 各自独立为H、任选经取代的烷基、任选经取代的烷氧基、任选经取代的烯基、任选经取代的芳基或卤素;

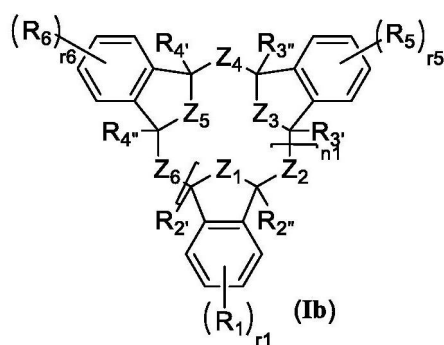
R_2' 和 R_2'' 各自独立为H、任选经取代的烷基或任选经取代的芳基;

r_1 为1至4的整数;以及

n 是从4至100,000;以及

其中所述同聚物包括线性聚合物或环状聚合物。

18. 根据权利要求1所述的方法,其中所述同聚物包括化学式(Ib)的结构:



或其盐类,其中:

R_1 、 R_5 和 R_6 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的烷氧基、任选经取代的烯基、任选经取代的芳基或卤素;

R_2' 、 R_2'' 、 R_3' 、 R_3'' 、 R_4' 和 R_4'' 各自独立地为H、任选经取代的烷基或任选经取代的芳基;

Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 和 Z_6 各自独立地为-O-、-S-、- CR_2R_3O -、- OCR_2R_3O -、- OCR_2R_3 -、- CR_2R_3S -、- SCR_2R_3S -或- SCR_2R_3 - ,其中 R_2 和 R_3 各自独立地为H、任选经取代的烷基或任选经取代的芳基;

r_1 、 r_5 和 r_6 各自独立为1至4的整数;以及

n_1 是从1至100。

19. 根据权利要求1所述的方法,其中所述膜包括位于所述衬底的顶表面或底表面上的保护膜。

20. 根据权利要求13所述的方法,其还包括在所述沉积后:

将间隙填充物从所述衬底的所述表面移除。

21. 根据权利要求15所述的方法,其还包括在所述沉积后:

将所述衬底干燥以形成包含所述SRP的膜;以及

将所述膜从所述衬底移除。

22. 根据权利要求1、20和21中任一项所述的方法,其中所述移除包括将所述衬底暴露于刺激以移除所述SRP。

23. 根据权利要求22所述的方法, 其中所述刺激包括热、紫外光、亚稳态中性物、酸性/碱性化学品和/或等离子体。

24. 根据权利要求19-21中任一项所述的方法, 其中所述同聚物包括化学式(I)-(XIII)、(Ia)、(Ib)或其盐类中的一者的结构。

25. 根据权利要求1所述的方法, 其还包括在所述沉积之前:

在试剂的存在下使单体进行反应; 以及

终止所述单体的聚合以提供所述SRP。

26. 一种结构, 其包括:

半导体衬底, 其具有顶表面和底表面; 以及

刺激响应聚合物 (SRP) 层, 其中所述SRP包括同聚物, 其中所述层被设置在所述半导体衬底的所述顶表面和/或所述底表面上, 且其中所述同聚物包括从约250g/mol至约1500kg/mol的分子量, 以及低于约300°C的上限温度。

27. 根据权利要求26所述的结构, 其中所述同聚物的所述分子量是从约500g/mol至1000kg/mol。

28. 根据权利要求26所述的结构, 其中所述层被配置成减少一种或更多种反应性空气中悬浮分子渗透至所述衬底的表面, 和/或阻挡位于所述衬底的表面上的一个或多个反应位置。

29. 根据权利要求26所述的结构, 其还包括:

多个高深宽比 (HAR) 结构, 其设置于所述衬底的所述顶表面上, 其中在所述HAR结构中的至少两者之间存在间隙, 其中所述层基本上将所述间隙填充。

30. 根据权利要求29所述的结构, 其中所述间隙具有从约0.5:1至约300:1的深宽比。

31. 一种配方, 其包括:

约0.1重量%至约50重量%的刺激响应聚合物 (SRP), 所述SRP包含同聚物, 其中所述同聚物包括从约250g/mol至约1500kg/mol的分子量, 以及低于约300°C的上限温度; 以及溶剂。

32. 根据权利要求31所述的配方, 其还包括:

约0.001重量%至约25重量%的添加剂, 所述添加剂选自塑化剂、pKa大于或等于1的有机酸、光酸产生剂、热酸产生剂和/或染料。

针对环境敏感衬底作为牺牲保护层的低上限温度同聚物

通过引用并入

[0001] PCT申请表作为本申请的一部分与说明书同时提交。如在同时提交的PCT申请表中所标识的本申请要求享有其权益或优先权的每个申请均通过引用全文并入本文且用于所有目的。本申请要求于2020年7月28日申请的美国临时专利申请No.62/706,035的利益,其全部公开内容都通过引用合并于此

技术领域

[0002] 本公开涉及包括同聚物的刺激响应聚合物(SRP)。本文中描述应用SRP的方法、膜及配方。

背景技术

[0003] 在半导体制造期间,许多表面对周围环境中的空气悬浮分子污染物(AMC)敏感。等候时间(queue time)可能导致暴露于AMC以及不期望的相互作用(例如氧化、腐蚀和卤化)。解决方案包括在氮气(N₂)填充的贮存盒或室中贮存部分制造的半导体衬底,以及使用支持多个处理且没有破坏衬底上的真空的集成式工具。这些解决方案实施起来困难且昂贵,并造成安全性与可靠性的顾虑。

[0004] 这里提供的背景描述是为了总体呈现本技术的背景的目的。当前指定的发明人的工作在其在此背景技术部分以及在提交申请时不能确定为现有技术的说明书的各方面中描述的范围内既不明确也不暗示地承认是针对本技术的现有技术。

发明内容

[0005] 本公开涉及包括或属于同聚物的刺激响应聚合物。在特定实施方案中,可设计和调整SRP的化学特性,以例如提供特定特征尺寸内的优化沉积、无残留物的移除和/或较不具侵蚀性的解聚合。在非限制性实例中,该SRP具有特性分子量(MW),其中该特性分子量允许对具有最小化尺寸的间隙、沟槽或特征进行填充,而这是难以用常规半导体处理来解决的。在另一实例中,该SRP允许在不使敏感衬底和表面受损的条件下进行无残留物的移除。

[0006] 因此,在第一方面,本公开的特征在于一种方法,其包括:在衬底上沉积SRP。在特定实施方案中,该SRP包括同聚物。在其他实施方案中,该同聚物包括从约250g/mol至约1500kg/mol的MW(例如,重量平均MW),和/或低于约300℃的上限温度。在还有的其他实施方案中,所述沉积从而在该衬底的表面上形成膜或层。可将该膜或层提供于衬底的顶表面和/或底表面和其部分上。在其他实施方案中,将该膜或层提供于衬底的特征(例如,沟槽、间隙、结构等)内或附近。

[0007] 在一些实施方案中,所述沉积包括沉积包含该SRP的配方。在其他实施方案中,该配方包括一种或更多种添加剂。在特定实施方案中,一种或更多种添加剂可各自以约0.001重量%至约25重量%的含量存在。在其他实施方案中,多种添加剂的组合以约0.001重量%至约25重量%的含量存在。非限制性添加剂包括溶剂、塑化剂、pKa大于或等于1的有机酸、

光酸产生剂、热酸产生剂和/或染料中的一或更多者。

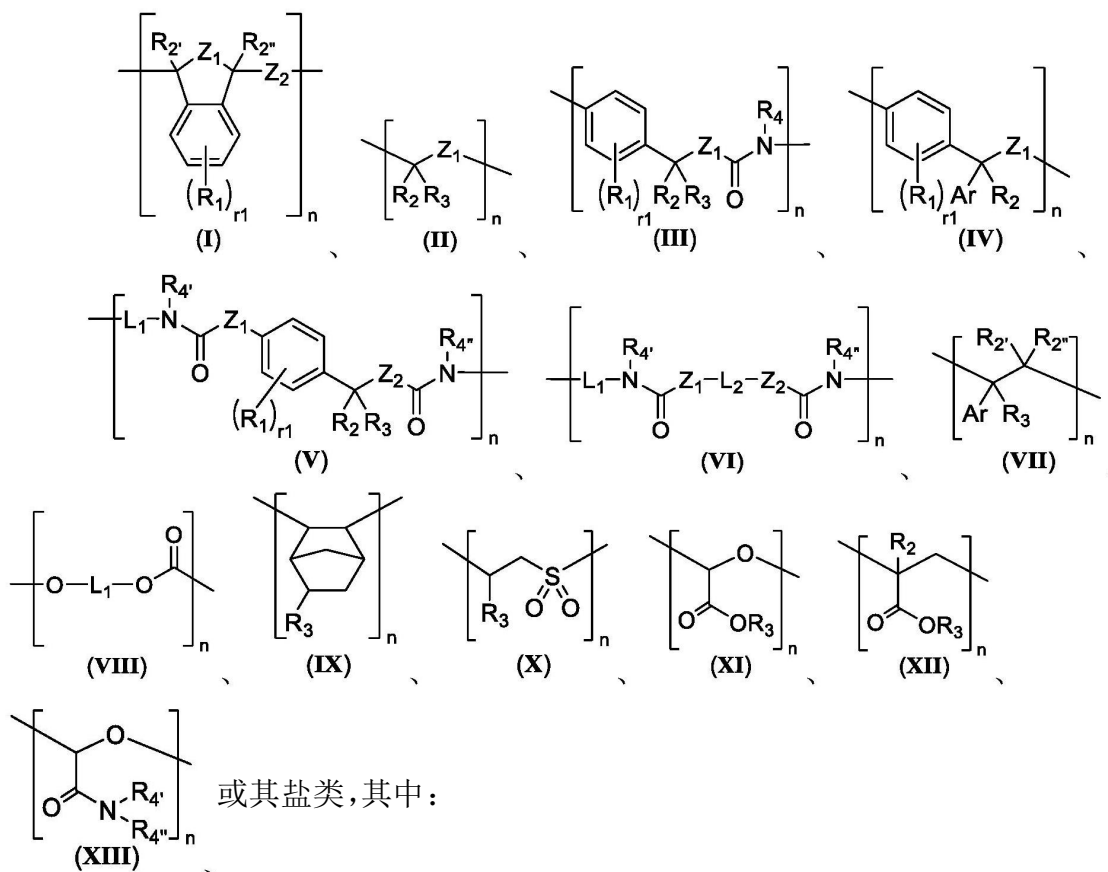
[0008] 在一些实施方案中,该方法还包括(例如,在所述沉积之后):将该膜储存在周边环境,其中该膜在储存期间对该衬底的表面提供保护。

[0009] 在其他实施方案中,该方法还包括(例如,在所述储存之后):将该膜从衬底的表面移除。非限制性的移除操作可包括将膜暴露于一种或更多种刺激,例如暴露于热(例如,连续热)、温度升降(例如,从约1°C/分钟至约200°C/秒的温度升降,其中所述升降可包括使温度降低或升高)、紫外光(例如,具有或不具有真空;任选地在从约30°C至约700°C的温度下;和/或任选地从约0.1mW/cm²至约15W/cm²的剂量)、亚稳态中性物(例如,来自惰性气体等离子体的原子)、酸性或碱性蒸气(例如,在从约20°C至约200°C的温度下)和/或等离子体。

[0010] 在一些实施方案中,该衬底包括沟槽、间隙或另一特征。在特定实施方案中,所述沉积包括以SRP填充沟槽或间隙。

[0011] 在其他实施方案中,该衬底包括具有第一溶剂的多个高深宽比结构。在特定实施方案中,所述沉积还包括以包括SRP的溶液替代该第一溶剂。

[0012] 在一些实施方案中,该同聚物包括化学式(I) - (XIII)的其中一者的结构:



R₁各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的烷氧基、任选经取代的烯基、任选经取代的芳基或卤素;

R₂、R_{2'}、R_{2''}和R₃各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基;

R₄、R_{4'}和R_{4''}各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的氨基烷基、任选经取代的杂烷基,或者R₄和R_{4'}与其各自附接的氮原子一起形成本文所限定的杂环基;

Ar为任选经取代的芳基、任选经取代的烷基或任选经取代的芳烷基；

L_1 和 L_2 各自独立地为共价键、任选经取代的亚烷基、任选经取代的杂亚烷基、任选经取代的亚芳基或任选经取代的环亚烷基；

Z_1 和 Z_2 各自独立地为 $-O-$ 、 $-S-$ 、 $-CR_2R_3O-$ 、 $-OCR_2R_3O-$ 、 $-OCR_2R_3-$ 、 $-CR_2R_3S-$ 、 $-SCR_2R_3S-$ 或 $-SCR_2R_3-$ ；

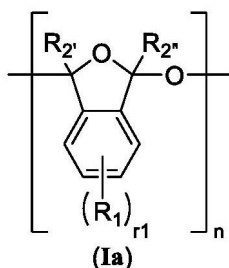
r_1 为1至4的整数；以及

n 是从约1至约100,000(例如,2至100,000、3至100,000或4至100,000)；

以及

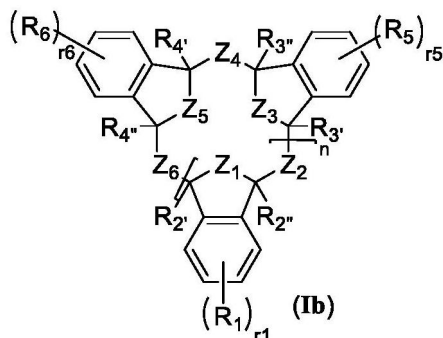
其中该同聚物包括线性聚合物或环状聚合物。

[0013] 在一些实施方案中,该同聚物包括化学式(Ia)的结构:



或其盐类,其中 R_1 、 R_2 、 R_2' 、 r_1 和 n 可为本文所述的任何一者(例如,针对化学式(I)所述的)。在特定实施方案中,该同聚物包括线性聚合物或环状聚合物。

[0014] 在其他实施方案中,该同聚物包括化学式(Ib)的结构:



或其盐类,其中:

R_1 、 R_5 和 R_6 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的烷氧基、任选经取代的烯基、任选经取代的芳基或卤素；

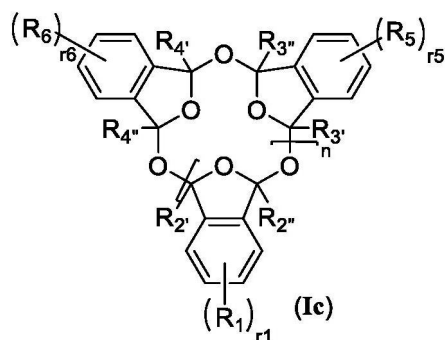
R_2' 、 R_2'' 、 R_3' 、 R_3'' 、 R_4' 和 R_4'' 各自独立地为H、任选经取代的烷基或任选经取代的芳基；

Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 和 Z_6 各自独立地为 $-O-$ 、 $-S-$ 、 $-CR_2R_3O-$ 、 $-OCR_2R_3O-$ 、 $-OCR_2R_3-$ 、 $-CR_2R_3S-$ 、 $-SCR_2R_3S-$ 或 $-SCR_2R_3-$,其中 R_2 和 R_3 各自独立地为H、任选经取代的烷基或任选经取代的芳基；

r_1 、 r_5 和 r_6 各自独立为1至4的整数；以及

n 是从2至100。

[0015] 在还有的其他实施方案中,该同聚物包括化学式(Ic)的结构:



或其盐类,其中 R_1 、 R_2 、 R_2' 、 R_3 、 R_3' 、 R_4 、 R_4' 、 R_5 、 R_6 、 r_1 、 r_5 、 r_6 和 n 可为本文所述的任何一者(例如,针对化学式(Ib)所述的)。

[0016] 在一些实施方案中,该膜包括位于该衬底的顶表面或底表面上的保护膜。可将该保护膜提供在顶表面上,从而保护该衬底或该衬底上设置的任何特征的敏感表面(例如,不受反应性物质(如空气中悬浮物质)或其他污染物的影响)。同样,可将该保护膜提供在底表面上,从而作为背侧涂层以保护衬底背侧(例如,不受颗粒或机械性刮伤的影响)。在特定实施方案中,该方法还包括(例如,在所述沉积之后):将该保护膜和该衬底储存在周边环境。在其他实施方案中,该方法还包括(例如,在所述储存之后):将该保护膜从该衬底的表面移除。

[0017] 在一些实施方案中,该衬底包括间隙。在特定实施方案中所述沉积包括:沉积SRP以填充衬底表面上的间隙,从而在间隙内形成间隙填充物。在其他实施方案中,该方法还包括(在所述沉积后):将间隙填充物从衬底的表面移除。

[0018] 在特定实施方案中,衬底包括设置在衬底上的多个高深宽比(HAR)结构。任选地,可在多个HAR结构之间存在的间隙中提供溶剂。在一些实施方案中,所述沉积包括:沉积SRP以从衬底上设置的多个HAR结构替代第一溶剂。在其他实施方案中,方法还包括(例如,在所述沉积之后):将衬底干燥以形成包括SRP的膜。在还有的其他实施方案中,方法还包括(例如,在所述干燥之后):将膜从衬底移除。

[0019] 在第二方面,本公开包括(例如,制造SRP的)一种方法,其包括:在试剂的存在下使单体进行反应;以及终止单体的聚合以提供(例如,本文所述的任何)SRP。在特定实施方案中,单体包括化学式(I)-(XV)、(Ia)、(Ib)、(Ic)或其盐类(例如,其中 n 为1)中的一者的结构。在其他实施方案中,方法还包括(例如,在所述终止之后):在衬底或(例如,本文所述的任何)特征上沉积SRP。

[0020] 在第三方面,本公开的特征在于一种结构,其包括:半导体衬底,其具有顶表面和底表面;以及SRP层,其设置在该半导体衬底的顶表面和/或底表面上。在特定实施方案中,将所述层进一步设置在衬底所提供的特征上。非限制性特征包括沟槽、间隙、柱体、设备、高深宽比(HAR)结构等。

[0021] 在一些实施方案中,所述层被配置成以减少一种或更多污染物或反应性空气中悬浮分子渗透(例如,吸附和/或扩散)至衬底的表面,和/或阻挡在衬底的表面上设置的一个或更多反应位置。非限制性污染物包括氧、水和卤素(例如,氟)。

[0022] 在其他实施方案中,所述结构还包括:多个HAR结构,其设置于衬底的顶表面上。在特定实施方案中,在HAR结构中的至少两者之间存在间隙,且该层基本上将间隙填充。在一

些实施方案中,间隙具有从约0.5:1至约300:1的深宽比。

[0023] 在第四方面,本公开的特征在于一种配方,其包括:约0.1重量%至约50重量%的(例如,本文中的任何)SRP;以及溶剂。在一些实施方案中,该配方还包括:约0.001重量%至约25重量%的添加剂,其中添加剂选自塑化剂、pKa大于或等于1的有机酸、光酸产生剂、热酸产生剂和/或染料。

[0024] 在本文的任何实施方案中,SRP具有从约250g/mol至约1500kg/mol(例如,从约250g/mol至500g/mol、250g/mol至1000g/mol、250g/mol至2kg/mol、250g/mol至10kg/mol、250g/mol至50kg/mol、250g/mol至100kg/mol、250g/mol至250kg/mol、250g/mol至500kg/mol、250g/mol至750kg/mol、250g/mol至1000kg/mol、500g/mol至1000g/mol、500g/mol至2kg/mol、500g/mol至10kg/mol、500g/mol至50kg/mol、500g/mol至100kg/mol、500g/mol至250kg/mol、500g/mol至500kg/mol、500g/mol至750kg/mol、500g/mol至1000kg/mol、500g/mol至1500kg/mol、1kg/mol至2kg/mol、1kg/mol至10kg/mol、1kg/mol至50kg/mol、1kg/mol至100kg/mol、1kg/mol至250kg/mol、1kg/mol至500kg/mol、1kg/mol至750kg/mol、1kg/mol至1000kg/mol、以及1kg/mol至1500kg/mol)的MW(例如,重量平均MW)。

[0025] 在本文的任何实施方案中,SRP具有低于约300℃的上限温度。在特定实施方案中,上限温度低于约300℃、250℃、200℃、150℃、100℃、90℃、80℃、75℃、60℃、50℃、40℃、30℃、25℃、20℃、15℃、10℃、5℃、0℃、-10℃、-20℃、-30℃、-40℃、-50℃或更低。

[0026] 在本文的任何实施方案中,SRP具有从约-50℃至约300℃的上限温度。在特定实施方案中,上限温度是从约-50℃至250℃、-50℃至200℃、-50℃至150℃、-50℃至100℃、-50℃至50℃、-50℃至30℃、-50℃至10℃、-50℃至0℃、-50℃至-10℃、-50℃至-20℃、-50℃至-30℃、-50℃至-40℃、-40℃至250℃、-40℃至200℃、-40℃至150℃、-40℃至100℃、-40℃至50℃、-40℃至30℃、-40℃至10℃、-40℃至0℃、-40℃至-10℃、-40℃至-20℃、-40℃至-30℃、-30℃至250℃、-30℃至200℃、-30℃至150℃、-30℃至100℃、-30℃至50℃、-30℃至30℃、-30℃至10℃、-30℃至0℃、-30℃至-10℃、-30℃至-20℃、-20℃至250℃、-20℃至200℃、-20℃至150℃、-20℃至100℃、-20℃至50℃、-20℃至30℃、-20℃至10℃、-20℃至0℃、-20℃至-10℃、-10℃至250℃、-10℃至200℃、-10℃至150℃、-10℃至100℃、-10℃至50℃、-10℃至30℃、-10℃至10℃和-10℃至0℃。

[0027] 在本文的任何实施方案中,SRP包括化学式(I) - (XIII)、(Ia)、(Ib)、(Ic)或其盐类中的一者的结构的同聚物。

[0028] 在本文的任何实施方案中,SRP包括化学式(I) - (XV)、(Ia)、(Ib)、(Ic)或其盐类中的一者的结构的共聚合物。

[0029] 在本文的任何实施方案中,可通过将SRP、SRP层或SRP膜暴露于一种或更多种刺激而将其移除。非限制性刺激可包括暴露于热、温度升降(例如,从约1℃/分钟至约200℃/秒的温度升降,其中所述升降可包括使温度降低或升高)、紫外(UV)光(例如,具有或不具有真空;任选地在从约30℃至约700℃的温度下;和/或任选地从约0.1mW/cm²至约15W/cm²的剂量)、亚稳态中性物(例如,来自惰性气体等离子体的原子)、酸性或碱性化学品(例如,作为蒸气,且任选地在从约20℃至约200℃的温度下)和/或等离子体。在特定实施方案中,暴露于热可包括恒定温度。在其他实施方案中,暴露于热可包括任何实用的温度轮廓,伴随任何实用的温度升降速率(例如,提升或降低温度)以及任何实用的温度保持。暴露于UV光可任

选地包括真空,并可包括任何实用温度(例如,从约20℃至约700℃,例如约20℃至100℃、20℃至200℃、20℃至300℃、20℃至400℃、20℃至500℃、20℃至600℃、30℃至100℃、30℃至200℃、30℃至300℃、30℃至400℃、30℃至500℃、30℃至600℃、30℃至700℃、40℃至100℃、40℃至200℃、40℃至300℃、40℃至400℃、40℃至500℃、40℃至600℃、40℃至700℃、50℃至100℃、50℃至200℃、50℃至300℃、50℃至400℃、50℃至500℃、50℃至600℃或50℃至700℃)。

[0030] 在本文的任何实施方案中,SRP、SRP层或SRP膜被配置成使渗透至特征或衬底的表面的一种或更多反应性空气中悬浮分子减少。

[0031] 在本文的任何实施方案中,SRP、SRP层或SRP膜被配置成阻挡在特征或衬底的表面上设置的一个或更多反应位置。额外的实施方案在本文中描述。

定义

[0032] “烯基”是指具有一个或更多双键的任选经取代的 C_{2-24} 烷基。烯基可以是环状(例如, C_{3-24} 环烯基)或非环状。烯基也可以是经取代或未经取代的。例如,烯基可经一个或更多取代基取代,如本文对烷基所述的。

[0033] “烷氧基”是指-OR,其中R为任选经取代的烷基,如本文所述的。示例性烷氧基包括甲氧基、乙氧基、丁氧基、三卤代烷氧基,例如三氟甲氧基等。烷氧基可以是经取代或未经取代的。例如,烷氧基可经一个或更多取代基取代,如本文对烷基所述的。示例性的未经取代的烷氧基包括 C_{1-3} 、 C_{1-6} 、 C_{1-12} 、 C_{1-16} 、 C_{1-18} 、 C_{1-20} 或 C_{1-24} 烷氧基。

[0034] “烷基”和前缀“烷(alk)”是指1至24个碳原子的支链或无支链的饱和的烃基,例如甲基、乙基、正丙基、异丙基、正丁基、异丁基、仲丁基、叔丁基、正戊基、异戊基、仲戊基、新戊基、己基、庚基、辛基、壬基、癸基、十二基、十四基、十六基、二十基、二十四基等等。烷基可以是环状(例如 C_{3-24} 环烷基)或非环状。烷基可以是支链或无支链的。烷基也可以是经取代或未经取代的。举例而言,烷基可以被一个、两个、三个、或四个取代基(在两个碳或以上的烷基的情况下)所取代,该取代基独立地选自于由以下所组成的群组:(1) C_{1-6} 烷氧基(例如-O-Ak,其中Ak为任选经取代的 C_{1-6} 烷基);(2) C_{1-6} 烷基亚磺酰基(例如-S(O)-Ak,其中Ak为任选经取代的 C_{1-6} 烷基);(3) C_{1-6} 烷基磺酰基(例如-SO₂-Ak,其中Ak为任选经取代的 C_{1-6} 烷基);(4) 氨基(amino)(例如-NR^{N1}R^{N2},其中R^{N1}与R^{N2}中的每一者独立地为H或任选经取代的烷基,或R^{N1}与R^{N2}利用连接至每一者的氮原子一起形成杂环基);(5) 芳基;(6) 芳基烷氧基(例如-O-L-Ar,其中L为任选经取代的烷基的二价形式,且Ar为任选经取代的芳基);(7) 芳酰基(例如-C(O)-Ar,其中Ar为任选经取代的芳基);(8) 叠氮基(例如-N₃);(9) 氰基(例如-CN);(10) 羧醛(例如-C(O)H);(11) C_{3-8} 环烷基(例如单价饱和或不饱和非芳香环状 C_{3-8} 烃基);(12) 卤(例如F、Cl、Br、或I);(13) 杂环基(例如5-、6-或7元环,除非另外注明,含有一个、两个、三个、或四个非碳杂原子,例如氮、氧、磷、硫、或卤);(14) 杂环基氧基(例如-O-Het,其中“Het”为在此所述的杂环基);(15) 杂环基酰基(例如-C(O)-Het,其中“Het”为在此所述的杂环基);(16) 羟基(例如-OH);(17) N保护的氨基;(18) 硝基(nitro)(例如-NO₂);(19) 氧基(oxo)(例如=O);(20) C_{3-8} 螺环基(spirocyclyl)(例如亚烷基或杂亚烷基二自由基,其两端键合至母基团的相同碳原子);(21) C_{1-6} 硫烷氧基(例如-S-Ak,其中Ak为任选经取代的 C_{1-6} 烷基);(22) 巯基(例如-SH);(23) -CO₂R^A,其中R^A为选自于由(a) 氢、(b) C_{1-6} 烷基、(c) C_{4-18} 芳基、与(d) (C_{4-18} 芳基) C_{1-6} 烷基(例如-L-Ar,其中L为任选经取代的烷基的二价形式,且Ar为任选经

取代的芳基)所组成的群组;(24) $-C(O)NR^B R^C$, 其中 R^B 与 R^C 中的每一者独立地选自于由(a)氢、(b) C_{1-6} 烷基、(c) C_{4-18} 芳基、与(c) $(C_{4-18} \text{芳基})C_{1-6}$ 烷基(例如-L-Ar, 其中L为任选经取代的烷基的二价形式, 且Ar为任选经取代的芳基)所组成的群组;(25) $-SO_2 R^D$, 其中 R^D 选自于由(a) C_{1-6} 烷基、(b) C_{4-18} 芳基、与(c) $(C_{4-18} \text{芳基})C_{1-6}$ 烷基(例如-L-Ar, 其中L为任选经取代的烷基的二价形式, 且Ar为任选经取代的芳基)所组成的群组;(26) $-SO_2 NR^E R^F$, 其中 R^E 与 R^F 中的每一者独立地为选自于由(a)氢、(b) C_{1-6} 烷基、(c) C_{4-18} 芳基、与(c) $(C_{4-18} \text{芳基})C_{1-6}$ 烷基(例如-L-Ar, 其中L为任选经取代的烷基的二价形式, 且Ar为任选经取代的芳基)所组成的群组;以及(27) $-NR^G R^H$, 其中 R^G 与 R^H 中的每一者独立地为选自于由(a)氢、(b)N-保护基、(c) C_{1-6} 烷基、(d) C_{2-6} 烯基(例如具有一或更多双键的任选经取代的烷基)、(e) C_{2-6} 炔基(例如具有一或更多三键的任选经取代的烷基)、(f) C_{4-18} 芳基、(g) $(C_{4-18} \text{芳基})C_{1-6}$ 烷基(例如L-Ar, 其中L为任选经取代的烷基的二价形式, 且Ar为任选经取代的芳基)、(h) C_{3-8} 环烷基、与(i) $(C_{3-8} \text{环烷基})C_{1-6}$ 烷基(例如-L-Cy, 其中L为任选经取代的烷基的二价形式, 且Cy为在此所述的任选经取代的环烷基)所组成的群组, 其中在一实施方案中, 没有两个基团通过羰基或磺酰基基团键合至氮原子。烷基可以是被一或更多取代基(例如一或更多卤或烷氧基)取代的伯烷基、仲烷基或叔烷基。在一些实施方案中, 未取代的烷基为 C_{1-3} 、 C_{1-6} 、 C_{1-12} 、 C_{1-16} 、 C_{1-18} 、 C_{1-20} 、或 C_{1-24} 烷基。

[0035] “亚烷基”是指烷基的多价(例如, 二价)形式, 如本文所述。示例性亚烷基包括亚甲基、亚乙基、亚丙基、亚丁基等。在一些实施方案中, 亚烷基为 C_{1-3} 、 C_{1-6} 、 C_{1-12} 、 C_{1-16} 、 C_{1-18} 、 C_{1-20} 、 C_{1-24} 、 C_{2-3} 、 C_{2-6} 、 C_{2-12} 、 C_{2-16} 、 C_{2-18} 、 C_{2-20} 或 C_{2-24} 亚烷基。亚烷基可以是支链或非支链。亚烷基也可以是经取代或未经取代的。例如, 亚烷基可经一或更多取代基取代, 如本文对烷基所述的。

[0036] “炔基”是指具有一个或更多三键的任选经取代的 C_{2-24} 烷基。炔基可以是环状或非环状的, 例如乙炔基、1-丙炔基和类似物。炔基也可以是经取代或未经取代的。例如, 炔基可经一个或更多取代基取代, 如本文对烷基所述的。

[0037] “氨基”是指 $-NR^{N1}R^{N2}$, 其中 R^{N1} 和 R^{N2} 各自独立为H、任选经取代的烷基或任选经取代的芳基, 或 R^{N1} 与 R^{N2} 连同各自连接的氮原子一起形成如本文所定义的杂环基。

[0038] “氨基烷基”是指由本文所定义的氨基取代的本文定义的烷基。

[0039] “芳烷基”或“芳基烷基”是指本文所定义的芳基, 其通过本文所定义的亚烷基而与母分子基团附接。在一些实施方案中, 芳烷基为-Ak-Ar, 其中Ak为本文所定义的任选经取代的亚烷基, 而Ar为本文所定义的任选经取代的芳基。芳烷基可以是经取代或未经取代的。举例来说, 可利用本文中对芳基和/或烷基所描述的一个或更多个取代基以对芳烷基进行取代。示例性未经取代的芳烷基是从7至16个碳(C_{7-16} 芳烷基), 以及具有4至18个碳的芳基和1至6个碳的亚烷基的芳烷基(即, $(C_{4-18} \text{芳基})C_{1-6}$ 烷基)。

[0040] “芳基”是指含有任何基于碳的芳香族基的基团, 其包括, 但不限于, 苯基(phenyl)、苄基(benzyl)、蒽基(anthracenyl)、蒽基(anthryl)、苯并环丁烯基(benzocyclobutenyl)、苯并环辛烯基(benzocyclooctenyl)、联苯基(biphenyl)、蒽基(chrysenyl)、二氢茛基(dihydroindenyl)、丙[二]烯合茛基(fluoranthenyl)、二环戊二烯并苯基(indacenyl)、茛基(indenyl)、萘基(naphthyl)、菲基(phenanthryl)、苯氧基苄基(phenoxybenzyl)、苈基(picenyl)、芘基(pyrenyl)、三联苯基(terphenyl)和类似物, 包括

稠合苯并-C₄₋₈环烷基基团(例如,如本文所定义的),举例如二氢茚基(indanyl)、四氢化萘基(tetrahydronaphthyl)、茱基(fluorenyl)和类似物。术语芳基还包括杂芳基,其定义为含有芳香族基的基团,且芳香族基具有至少一杂原子并入芳香族基的环内。杂原子的示例包括,但不限于,氮、氧、硫和磷。类似地,术语“非杂芳基”(其还包含于术语“芳基”内)定义含有不含杂原子的芳香族基的基团。芳基可以是经取代或未经取代的。芳基可经一、两、三、四或五个取代基取代,例如本文中任何对烷基所述的。在特定实施方案中,未经取代芳基为C₄₋₁₈、C₄₋₁₄、C₄₋₁₂、C₄₋₁₀、C₆₋₁₈、C₆₋₁₄、C₆₋₁₂或C₆₋₁₀芳基。

[0041] “亚芳基”是指本文中所述的芳基团的多价(例如二价)形式。示例性的亚芳基包含亚苯基、亚萘基、亚联苯基、三亚苯基、二苯醚、茱烯(acenaphthenylene)、蒽烯基(anthrylene)、或亚菲基(phenanthrylene)。在一些实施方案中,亚芳基为C₄₋₁₈、C₄₋₁₄、C₄₋₁₂、C₄₋₁₀、C₆₋₁₈、C₆₋₁₄、C₆₋₁₂、或C₆₋₁₀亚芳基。亚芳基可为有支链或无支链的。亚芳基也可以是经取代或未经取代的。例如,亚芳基可以是经一或多个取代基取代的,取代基如本文中针对芳基所述的。

[0042] “亚(芳基)(烷基)”是指包括本文所述的亚芳基的一种二价形式,其中亚芳基被附接至本文所述的亚烷基或杂亚烷基。在一些实施方案中,亚(芳基)(烷基)是-L-Ar-、或-L-Ar-L-、或-Ar-L-,其中Ar是亚芳基而各个L是各自为任选经取代的亚烷基、或是任选经取代的杂亚烷基。

[0043] “叠氮基(azido)”是指-N₃基团。

[0044] “叠氮基烷基”是指通过本文所定义的烷基连接到母分子基团的叠氮基。

[0045] “羧醛”是指-C(O)H基团。

[0046] “羧烷基”是指由本文所定义的羧基所取代的本文所定义的烷基。

[0047] “羧基”是指-CO₂H基团。

[0048] “氰基”是指-CN基团。

[0049] “环烯基”是指由三到十个碳原子组成且含有至少一个双键(即C=C)的非芳香的基于碳的环。环烯基的示例包括但不限于环丙烯基、环丁烯基、环戊烯基、环戊二烯基、环己烯基、环己二烯基等。

[0050] 除非另外指明,否则“环烷基”是指三到八个碳(例如C₃₋₈或C₃₋₁₀)的单价饱和的或不饱和的非芳香环状烃基,且示例为环丙基、环丁基、环戊基、环己基、环庚基、双环[2.2.1.]庚基等。环烷基也可以是经取代或未经取代的。举例而言,环烷基可以被一或更多包括本文所述的烷基在内的基团取代。

[0051] “环亚烷基”是指本文所述的环烷基的多价(例如,二价)形式。示例性环亚烷基包括环亚丙基、环亚丁基、环亚戊基、环亚己基、环亚己烯基、环亚己二烯基等。在一些实施方案中,环亚烷基为C₃₋₆、C₃₋₁₂、C₃₋₁₆、C₃₋₁₈、C₃₋₂₀或C₃₋₂₄环亚烷基。环亚烷基可以是支链或非支链的。环亚烷基还可以是经取代或未经取代的。举例来说,可利用本文中对烷基所描述的一个或更多个取代基以对环亚烷基进行取代。

[0052] “氟代酸”是指A¹CO₂H,其中A¹被一或更多氟(F)取代的任选经取代的烷基或任选经取代的芳基。

[0053] 本文所使用的“酯”是指-OC(O)A¹或-C(O)OA¹,其中A¹可以是本文所述的烷基、烯基、炔基、芳基、杂芳基、环烷基、环烯基、杂环烷基或杂环烯基。

[0054] 本文所使用的“醚”是指 A^1OA^2 ,其中 A^1 和 A^2 可独立为本文所述的烷基、烯基、炔基、芳基、杂芳基、环烷基、环烯基、杂环烷基或杂环烯基。

[0055] “卤素”是指F、Cl、Br或I。

[0056] “卤代烷基”是指经一个或更多卤素取代的本文所定义的烷基。

[0057] “杂烷基”是指包含一、二、三、或四个非碳杂原子(例如,独立地选自于由氮、氧、磷、硫、硒、或卤素所构成的群组)的烷基团(如本文中定义的)。

[0058] “杂亚烷基”是指包含一、二、三、四个或更多非碳杂原子(例如独立地选自由氮、氧、磷、硫、硒、或卤素所构成的群组)的本文中所定义的亚烷基团。在一些实施方案中,杂亚烷基为 $-Ak-X-$ 、 $-X-Ak-$ 、 $-(Ak-X)_{h1}-Ak-$ 或 $-X-(Ak-X)_{h1}-$,其中Ak为本文所定义的任选经取代的亚烷基,X为或包括非碳杂原子(例如, $-O-$ 、 $-S-$ 或 $-NR^{N1}-$,其中 R^{N1} 为H、任选经取代的烷基或任选经取代的芳基),而 $h1$ 为1至5的整数。杂亚烷基可以是经取代或未经取代的。举例来说,可利用本文中对烷基所描述的一个或更多取代基以对杂亚烷基进行取代。杂亚烷基可以是线性或环状的,例如从本文所述的杂环基移除氢而形成的杂环基的二价形式。示例性杂亚烷基包括亚哌啶基(piperdylidene)、喹啉二基等。

[0059] 术语“杂环烯基”是本文所定义的环境基中的一种类型,其中环的至少一个碳原子被O、S、N或NH所取代。环烯基和杂环烯基可以是经取代或未经取代的。环烯基和杂环烯基可被一或更多基团所取代,所述基团包括但不限于本文所述的烷基、烷氧基、烯基、炔基、芳基、杂芳基、甲醛基、氨基、羧基、磺酸、亚磺酸、氟代酸、膦酸、酯、醚、卤素、羟基、酮、硝基、氰基、叠氮基、甲硅烷基、磺酰基、亚磺酰基或硫醇。

[0060] 术语“杂环烷基”为本文所定义的环境基中的一种类型,其中至少一个碳原子和其附接氢原子(如果有的话)被O、S、N或NH所取代。杂环烷基和杂环烯基可以是经取代或未经取代的。环烷基和杂环烷基可被一个或更多个基团所取代,所述基团包括但不限于本文所述的烷基、烷氧基、烯基、炔基、芳基、杂芳基、甲醛基、氨基、羧基、磺酸、亚磺酸、氟代酸、膦酸、酯、醚、卤、羟基、酮、硝基、氰基、叠氮基、甲硅烷基、磺酰基、亚磺酰基或硫醇。

[0061] “杂环基”是指含有一、两、三或四个非碳杂原子(例如,独立选自由氮、氧、磷、硫、硒或卤素所组成的群组)的3-、4-、5-、6-或7-元环(例如,5-、6-或7-元环),除非另有说明。3-元环具有零至一个双键,4-和5-元环具有零至两个双键,而6-和7-元环具有零至三个双键。术语“杂环基”还包括双环、三环和四环基,其中上述杂环状环中的任一者稠合至独立选自由芳环、环己烷环、环己烯环、环戊烷环、环戊烯环和另一单环杂环状环所组成的群组中的一、两或三个环,例如吲哚基(indolyl)、喹啉基(quinolyl)、异喹啉基(isoquinolyl)、四氢喹啉基(tetrahydroquinolyl)、苯并呋喃基(benzofuryl)、苯并噻吩基(benzothienyl)和类似物。杂环包括吡啶基(acridinyl)、腺嘌呤基(adenyl)、咯嗪基(alloxazinyl)、氮杂金刚烷基(azaadamantanyl)、氮杂苯并咪唑基(azabenzimidazolyl)、氮杂双环壬基(azabicyclononyl)、氮杂环庚基(azacycloheptyl)、氮杂环辛基(azacyclooctyl)、氮杂环壬基(azacyclononyl)、氮杂次黄嘌呤基(azahypoxanthinyl)、氮杂吲唑基(azaindazolyl)、氮杂吲哚基(azaindolyl)、氮杂癸因基(azecinyl)、氮杂环庚烷基(azepanyl)、氮杂庚因基(azepinyl)、吡丁啶基(azetidiny)、氮杂环丁二烯基(azetyl)、吡丙啶基(aziridinyl)、吡丙啶基(azirinyl)、氮杂环辛烷基(azocanyl)、吡辛因基(azocinyl)、氮杂环壬烷基(azonanyl)、苯并咪唑基(benzimidazolyl)、苯并异噻唑基

(benzisothiazolyl)、苯并异噁唑基(benzisoxazolyl)、苯并二氮杂庚因基(benzodiazepinyl)、苯并二吡辛因基(benzodiazocinyl)、苯并二氢呋喃基(benzodihydrofuryl)、苯并二氧庚因基(benzodioxepinyl)、苯并二氧杂环己烯基(benzodioxinyl)、苯并二氧杂环己基(benzodioxanyl)、苯并二氧辛因基(benzodioxocinyl)、苯并二氧杂环戊烯基(benzodioxolyl)、苯并二噻庚因基(benzodithiepinyl)、苯并二硫杂环己二烯基(benzodithiinyl)、苯并二氧辛因基(benzodioxocinyl)、苯并呋喃基(benzofuranyl)、苯并吩嗪基(benzophenazinyl)、苯并吡喃酮基(benzopyranonyl)、苯并吡喃基(benzopyranyl)、苯并芘基(benzopyrenyl)、苯并吡喃酮基(benzopyronyl)、苯并喹啉基(benzoquinolinyl)、苯并喹啉基(benzoquinolizinyll)、苯并硫二氮杂庚因基(benzothiadiazepinyl)、苯并噻二唑基(benzothiadiaazolyl)、苯并硫氮杂庚因基(benzothiazepinyl)、苯并硫吡辛因基(benzothiazocinyl)、苯并噻唑基(benzothiazolyl)、苯并噻吩基(benzothienyl)、苯并苯硫基(benzothiophenyl)、苯并噻嗪酮基(benzothiazinonyl)、苯并噻嗪基(benzothiazinyl)、苯并噻喃基(benzothiopyranyl)、苯并噻喃酮基(benzothiopyronyl)、苯并三氮杂庚因基(benzotriazepinyl)、苯并三嗪酮基(benzotriazinonyl)、苯并三嗪基(benzotriazinyl)、苯并三唑基(benzotriazolyl)、苯并氧硫杂环己二烯基(benzoxathiinyl)、苯并三氧杂庚因基(benzotrioxepinyl)、苯并氧二氮杂庚因基(benzoxadiazepinyl)、苯并氧硫氮杂庚因基(benzoxathiazepinyl)、苯并氧硫庚因基(benzoxathiepinyl)、苯并氧硫辛因基(benzoxathiocinyl)、苯并氧氮杂庚因基(benzoxazepinyl)、苯并噁嗪基(benzoxazinyl)、苯并氧吡辛因基(benzoxazocinyl)、苯并噁唑啉酮基(benzoxazolinonyl)、苯并噁唑啉基(benzoxazolinyl)、苯并噁唑基(benzoxazolyl)、苄基磺内酰胺基(benzylsultamyl)、苄基亚磺内酰胺基(benzylsultimyl)、苄基亚磺内酰胺基(benzylsultimyl)、双吡嗪基(bipyrazinyl)、双吡啶基(bipyridinyl)、咔唑基(carbazolyl)(例如,4H-咔唑基)、咔啉基(carbolinyl)(例如,β-咔啉基)、色满酮基(chromanonyl)、苯并二氢吡喃基(chromanyl)、苯并吡喃基(chromenyl)、噌啉基(cinnolinyl)、香豆素基(coumarinyl)、胞苷基(cytdinyl)、胞嘧啶基(cytosinyl)、十氢异喹啉基(decahydroisoquinolinyl)、十氢喹啉基(decahydroquinolinyl)、二氮杂二环辛烷基(diazabicyclooctyl)、二氮杂环丁二稀基(diazetyl)、二氮丙啶亚硫酸基(diaziridinethionyl)、二氮丙啶酮基(diaziridinonyl)、二吡丙啶基(diaziridinyl)、二吡丙啶基(diazirinyll)、二苯异喹啉基(dibenzisoquinolinyl)、二苯并吡啶基(dibenzoacridinyl)、二苯并咔唑基(dibenzocarbazolyl)、二苯并呋喃基(dibenzofuranyl)、二苯并吩嗪基(dibenzophenazinyl)、二苯并吡喃酮基(dibenzopyranonyl)、二苯并吡喃酮基(dibenzopyronyl)(咕吨酮基/xanthonyll)、二苯并喹噁啉(dibenzoquinoxalinyl)、二苯并硫氮杂庚因基(dibenzothiazepinyl)、二苯并硫庚因基(dibenzothiepinyl)、二苯并苯硫基(dibenzothiophenyl)、二苯并氧庚因基(dibenzoxepinyl)、二氢氮杂庚因基(dihydroazepinyl)、二氢氮杂环丁二烯基(dihydroazetyl)、二氢呋喃基(dihydrofuranyl)、二氢呋喃基(dihydrofuryll)、二氢异喹啉基(dihydroisoquinolinyl)、二氢吡喃基(dihdropyranyl)、二氢吡啶基(dihdropyridinyl)、二氢吡啶基

(dihydropyridyl)、二氢喹啉基(dihydroquinoliny)、二氢噻吩基(dihydrothienyl)、二氢吲哚基(dihydroindolyl)、二氧杂环己基(dioxanyl)、二噁嗪基(dioxazinyl)、二氧吲哚基(dioxindolyl)、二环氧乙烷基(dioxiranyl)、二环氧乙烯基(dioxenyl)、二氧杂环己烯基(dioxinyl)、二氧苯并呋喃基(dioxobenzofuranyl)、二氧杂环戊烯基(dioxolyl)、二氧四氢呋喃基(dioxotetrahydrofuranyl)、二氧硫代吗啉基(dioxothiomorpholiny)、二噻环己基(dithianyl)、二噻唑基(dithiazolyl)、二噻吩基(dithienyl)、硫杂环己二烯基(dithiinyl)、呋喃基(furanyl)、呋吡基(furazanyl)、呋喃甲酰基(furoyl)、呋喃基(furyl)、鸟嘌呤基(guaniny)、均哌嗪基(homopiperazinyl)、均哌啉基(homopiperidinyl)、次黄嘌呤基(hypoxanthinyl)、乙内酰脲基(hydantoinyl)、咪唑啉啉基(imidazolidinyl)、咪唑啉基(imidazolinyl)、咪唑基(imidazolyl)、吲唑基(indazolyl) (例如, 1H-吲唑基)、吲哚烯基(indolenyl)、吲哚啉基(indoliny)、吲哚嗪基(indoliziny)、吲哚基(indolyl) (例如, 1H-吲哚基或3H-吲哚基)、靛红基(isatinyl)、靛红基(isatyl)、异苯并呋喃基(isobenzofuranyl)、异苯并二氢吡喃基(isochromanyl)、异苯并吡喃基(isochromenyl)、异吲唑基(isoindazolyl)、异吲哚啉基(isoindoliny)、异吲哚基(isoindolyl)、异吡唑酰基(isopyrazolonyl)、异吡唑基(isopyrazolyl)、异噁唑啉基(isoxazolidinyl)、异噁唑基(isoxazolyl)、异喹啉基(isoquinoliny)、异喹啉基(isoquinoliny)、异噻唑啉基(isothiazolidinyl)、异噻唑基(isothiazolyl)、吗啉基(morpholiny)、萘并吲唑基(naphthindazolyl)、萘并吲哚基(naphthindolyl)、二氮杂萘基(naphthiridinyl)、萘并吡喃基(naphthopyranyl)、萘并噻唑基(naphthothiazolyl)、萘并硫酮基(naphthothioxolyl)、萘并三唑基(naphthotriazolyl)、萘并氧代吲哚基(naphthoxindolyl)、**喹啉基**(naphthyridinyl)、八氢异喹啉基(octahydroisoquinoliny)、氧杂双环庚烷基(oxabicycloheptyl)、氧杂脲嘧啶(oxauracil)、噁二唑基(oxadiazolyl)、噁嗪基(oxazinyl)、噁吡丙啉基(oxaziridinyl)、噁唑啉基(oxazolidinyl)、噁唑啉酮基(oxazolidonyl)、噁唑啉基(oxazolinyl)、噁唑酮基(oxazolonyl)、噁唑基(oxazolyl)、氧杂环庚烷基(oxepanyl)、氧杂环丁烷酮基(oxetanonyl)、氧杂环丁烷基(oxetanyl)、氧杂环丁二烯基(oxetyl)、氧杂环丁烷基(oxtenayl)、氧吲哚基(oxindolyl)、环氧乙烷基(oxiranyl)、氧代苯并异噻唑基(oxobenzoisothiazolyl)、氧代苯并吡喃基(oxochromenyl)、氧代异喹啉基(oxoisoquinoliny)、氧代喹啉基(oxoquinoliny)、氧代硫杂环戊基(oxothiolanyl)、啡啉基(phenanthridinyl)、啡啉基(phenanthroliny)、啡嗪基(phenazinyl)、啡噻嗪基(phenothiazinyl)、啡噻吩基(phenothienyl) (苯并硫代呋喃基/benzothiofuranyl)、啡噁噻基(phenoxathiinyl)、啡噁嗪基(phenoxazinyl)、酞嗪基(phthalazinyl)、酞嗪酮基(phthalazonyl)、酞基(phthalidyl)、苯并吡咯烷酮基(phthalimidyl)、哌嗪基(piperazinyl)、哌啉基(piperidinyl)、哌啉酮基(piperidonyl) (例如, 4-哌啉酮基)、喋啉基(pteridinyl)、嘌呤基(puriny)、哌喃基(pyranyl)、吡嗪基(pyrazinyl)、吡唑啉基(pyrazolidinyl)、吡唑啉基(pyrazolinyl)、吡唑并嘧啶基(pyrazolopyrimidinyl)、吡唑基(pyrazolyl)、吡嗪基(pyridazinyl)、吡啉基(pyridinyl)、吡啉并吡嗪基(pyridopyrazinyl)、吡啉并嘧啶基(pyridopyrimidinyl)、吡啉基(pyridyl)、嘧啶基(pyrimidinyl)、嘧啶基(pyrimidyl)、吡喃酮基(pyronyl)、吡咯烷基(pyrrolidinyl)、吡咯

烷酮基 (pyrrolidonyl) (例如, 2-吡咯烷酮基)、吡咯啉基 (pyrrolinyl)、吡咯嗉烷基 (pyrrolizidinyl)、吡咯基 (pyrrolyl) (例如, 2H-吡咯基)、吡喃鎓 (pyrylium)、喹啉基 (quinazolinyl)、喹啉基 (quinolinyl)、喹嗉基 (quinoliziny) (例如, 4H-喹嗉基)、喹噁啉基 (quinoxalinyl)、喹啉环基 (quinuclidinyl)、硒杂吡嗉基 (selenazinyl)、硒杂唑基 (selenazolyl)、硒吩基 (selenophenyl)、琥珀酰亚胺基 (succinimidyl)、环丁砜基 (sulfolanyl)、四氢呋喃基 (tetrahydrofuranyl)、四氢呋喃基 (tetrahydrofuryl)、四氢异喹啉基 (tetrahydroisoquinolinyl)、四氢异喹啉基 (tetrahydroisoquinolyl)、四氢吡啶基 (tetrahydropyridinyl)、四氢吡啶基 (tetrahydropyridyl)、哌啶基 (piperidyl)、四氢哌喃基 (tetrahydropyranyl)、四氢吡喃酮基 (tetrahydropyronyl)、四氢喹啉基 (tetrahydroquinolinyl)、四氢喹啉基 (tetrahydroquinolyl)、四氢噻吩基 (tetrahydrothienyl)、四氢苯硫基 (tetrahydrothiophenyl)、四嗉基 (tetrazinyl)、四唑基 (tetrazolyl)、噻二嗉基 (thiadiazinyl) (例如, 6H-1,2,5-噻二嗉基或 2H,6H-1,5,2-二噻二嗉基)、噻二唑基 (thiadiazolyl)、噻噁基 (thianthrenyl)、噻环己基 (thianyl)、硫茛基 (thianaphthenyl)、硫氮庚因基 (thiazepinyl)、噻嗉基 (thiazinyl)、噻唑烷二酮基 (thiazolidinedionyl)、噻唑啉基 (thiazolidinyl)、噻唑基 (thiazolyl)、噻吩基 (thienyl)、硫杂环庚烷基 (thiepanyl)、硫杂庚因基 (thiepinyl)、氧杂环丁烷基 (thietanyl)、硫杂杂环丁烯基 (thietyl)、硫杂环丙基 (thiiranyl)、硫杂环辛烷基 (thiocanyl)、硫代色满酮基 (thiochromanonyl)、硫代苯并二氢吡喃基 (thiochromanyl)、硫代苯并吡喃基 (thiochromenyl)、硫代二嗉基 (thiodiazinyl)、噻二唑基 (thiodiazolyl)、噻茛酚基 (thioindoxyl)、硫代吗啉基 (thiomorpholinyl)、苯硫基 (thiophenyl)、噻喃基 (thiopyranyl)、硫代吡喃酮基 (thiopyronyl)、硫代三唑基 (thiotriazolyl)、硫代脲唑基 (thiourazolyl)、硫氧杂环己基 (thioxanyl)、硫氧杂环戊烯基 (thioxolyl)、胸嘧啶基 (thymidinyl)、胸苷基 (thyminyl)、三嗉基 (triazinyl)、三唑基 (triazolyl)、三噻环己基 (trithianyl)、脲嗉基 (urazinyl)、脲唑基 (urazolyl)、脲丁啉基 (uretidinyl)、脲啉基 (uretinyl)、脲嘧啶基 (uricyl)、脲苷基 (uridinyl)、咕吨基 (xanthenyl)、黄嘌呤基 (xanthinyl)、咕吨硫酮基 (xanthionyl) 和类似物, 以及其修饰形式 (例如, 包括一个或更多氧代基和/或氨基) 和其盐类。杂环基可以是经取代或未经取代的。例如, 杂环基可经一个或更多取代基取代, 如本文对芳基所述的。

[0062] “羟基”是指-OH。

[0063] “羟烷基”是指由一至三个羟基取代的本文所定义的烷基, 前提是不多于一个羟基可连接到烷基的单一碳原子上, 且示例为羟甲基、二羟丙基等。

[0064] “酮”是指 $A^1C(O)A^2$, 其中 A^1 和 A^2 可独立为本文所述的烷基、卤烷基、烯基、炔基、芳基、杂芳基、环烷基、环烯基、杂环烷基或杂环烯基团。

[0065] “硝基”是指-NO₂基团。

[0066] “氧基”是指-O-。

[0067] “膦酸”是指-P(O)(OH)₂。

[0068] “甲硅烷基”是指-SiA¹A²A³, 其中 A^1 、 A^2 和 A^3 可各自独立为本文所述的烷基、卤烷基、烯基、炔基、芳基、杂芳基、环烷基、环烯基、杂环烷基或杂环烯基团。

[0069] “亚磺酸”是指-S(O)OH。

[0070] “亚磺酰基”是指-S(O)A₁,其中A₁可以是本文所述的氢、烷基、卤烷基、烯基、炔基、芳基、杂芳基、环烷基、环烯基、杂环烷基或杂环烯基团。

[0071] “磺酸”是指-S(O)₂OH。

[0072] “磺酰基”是指-S(O)₂A¹,其中A¹可以是本文所述的氢、烷基、卤化烷基、烯基、炔基、芳基、杂芳基、环烷基、环烯基、杂环烷基或杂环烯基团。

[0073] “硫基”是指-S-基团。

[0074] “硫醇基”是指-SH基团。

[0075] 如本文所使用的,术语“约”意指与任何所述值相差+/-10%。如本文所使用的,该术语修饰任何所述值、值的范围或一或更多范围的端点。

[0076] 如本文所使用,术语“顶部”、“底部”、“上部”、“下部”、“上方”和“下方”用于提供结构之间的相对关系。这些术语的使用并不表示或要求特定结构必须放置在装置中的特定位置。

[0077] 将详细参照本公开内容的具体实施方案。具体实施方案的示例描绘于附图中。虽然本公开内容将结合这些具体实施方案进行描述,但应理解,不应将本公开内容限制于这些具体实施方案。相反,其应包含落在本公开内容的精神和范围内的置换、变更和等同方案。在以下说明中,提出了许多特定细节以提供对本公开内容的彻底理解。本公开内容可以在没有这些特定细节中的一些或全部的情况下实施。在其它实例中,公知的工艺操作并未详加描述,以免不必要地使本公开内容难以理解。

[0078] 本发明的其他特征和优点将根据以下描述和权利要求而变得显而易见。

附图说明

[0079] 图1A-1C显示了流程图,其显示在使用刺激响应聚合物(SRP)的示例性半导体制造工艺中的某些操作。所提供的是(A)敏感表面上的沉积方法100、(B)填充沟槽或间隙的沉积方法120以及(C)高深宽比(HAR)结构上的沉积方法140。

[0080] 图2A-2C显示了各种结构的侧向横截面图。所提供的是(A)包括SRP膜203的结构200;(B)具有经填充沟槽222的另一结构220;以及(C)具有设置在多个高深宽比(HAR)结构242之间的SRP膜243的又一结构240。

[0081] 图3A-3B显示了非限制性SRP移除方法的工艺流程图。

[0082] 图4为根据本公开的衬底处理系统的示例的功能性框图,其中衬底处理系统包括多个衬底处理工具和储存暂存区。

具体实施方式

[0083] 刺激响应聚合物(SRP)可以在半导体制造工艺中被使用作为牺牲层,其中牺牲层可以在后续被移除。当暴露于例如温和升温或酸性蒸气的刺激时,低上限温度SRP可自发地移除,从而避免使用可能损害衬底表面的具有侵蚀性湿式或干式移除化学品。本文中描述了用于移除SRP的其他工艺。相对地,其他涂层(例如,硅氮化物)可提供密封性封装但是需要具有侵蚀性化学品而移除。

[0084] 在半导体制造期间,许多表面对于周边环境是敏感的,而这可造成非期望交互作用,并且迫使队列时间管理方案的需求。这些交互作用包括非所期望的氧化、腐蚀和卤化。

SRP层可以保护环境敏感表面和衬底免受化学改性。举例而言,SRP可保护表面不受空气中悬浮的分子污染物(AMC)的影响,并阻挡在衬底上设置的反应位置。敏感表面包括半导体处理(例如,集成电路(IC)制造)期间的衬底。

[0085] 这样的牺牲膜可提供队列时间的延长。在一实例中,SRP膜可以是薄牺牲聚合物,其被配置成当材料易受到外部威胁的影响时保护敏感薄膜一段延长期间。牺牲表面保护层最终可通过在保护层的上限温度之上利用合适刺激(例如,热和/或电磁)触发其自发性解聚合和汽化,而使对于敏感表面的影响最小化的方式移除。对于环境队列时间效应可以是敏感的表面示例包括但不限于硅、硅/锗(Si/Ge)、铜、钨、钴和钛氮化物(TiN)。

[0086] 此外,SRP可用于在处理期间支撑HAR结构,而最小化该特征的塌陷。将低上限温度同聚物沉积至HAR结构上可同时保护表面不被改性,以及通过机械性地支撑特征而防止在溶剂干燥期间因毛细力而塌陷。如果将同聚物适当地移除,其还能在无塌陷的情况下使高深宽比结构干燥。

[0087] 尤其是,SRP可以是低上限温度(T_c)同聚物,其在室温下是热力学不稳定的。 T_c 是聚合物和其单体平衡存在的温度。在 T_c 下其为聚合物,而在 T_c 上其为单体。由于聚合物在远高于 T_c 的温度下具有优异的储存寿命,故该低 T_c 聚合物是可被动力学捕捉的。举例而言,聚(苯二甲醛)(PPHA)具有 -40°C 的 T_c 但在室温下可稳定2.5年。通过将解聚合的机制进行动力学抑制而达到该稳定性。在一些非限制实施方案中,将同聚物使用作为SRP的优势包括使形成膜的聚合简化和/或成本较低,以及因较少变量而使合成简化。

[0088] SRP能以任何实用方法沉积。举例来说,同聚物保护层的湿式沉积可包括旋转涂布,其中旋转涂布溶液和最终保护层的配方对于其性能会是重要的。用于旋转涂布配方的溶剂选择可影响残留在同聚物薄膜中的残留溶剂量。残留溶剂可将同聚物塑化而降低其玻璃转化温度。通过将同聚物塑化,可优选地填充HAR特征,并减轻旋转涂布工艺在低于同聚物的降解温度的温度下的应力。

[0089] 此外,可将同聚物配制弱有机酸(例如, $\text{pKa} \geq 1$)。这些弱有机酸可催化SRP的降解而不影响膜稳定性。通过催化同聚物的降解,可降低起始降解温度并提高降解速率。

[0090] 涉及使用牺牲性SRP的工艺示例参照图1A-1C而描述于下,移除工艺的进一步细节参照图3A-3B提供。参照图1A,其显示了用于保护敏感表面的方法100的示例。最初,在操作101处提供包括敏感表面的衬底。

[0091] 接着,在操作103中,在表面上沉积SRP,其中SRP可作为配方而沉积。任选地,在操作105中接着将衬底干燥。SRP随着将液体部分移除而固体化,从而形成膜。在操作107中,可将具有SRP的衬底进行储存。图2A中提供非限制性结构200,其具有配置在衬底201上方的膜203。

[0092] 接着,在操作109中将衬底暴露于刺激以使SRP的全部或仅一部份降解,从而将SRP从衬底移除。可将来自经降解聚合物的挥发性单体或片段移除。如进一步在下文中描述的,操作109可涉及对于环境、化合物或进行反应以形成使SRP降解的化合物的两种反应物的受控制暴露。所述刺激可以是将SRP的键切断以使其降解的任何刺激。在一些实施方案中,所述刺激包括热或辐射。在其他实施方案中,化合物为相对强酸或碱。

[0093] 在图1B中,显示了填充沟槽或间隙的方法120的示例。首先,在操作121处提供包括沟槽或间隙的衬底。接着,在操作123中,在表面上沉积SRP以填充沟槽或间隙。任选地,在操

作125中接着将衬底干燥。SRP固体化而形成膜,而在图2B中提供非限制性结构220,其具有设置在衬底221上的沟槽222内的膜223。接着,在操作127中可将膜进行储存,并在操作129中进行移除。

[0094] 在操作129中将衬底暴露于刺激以使SRP的全部或仅一部份降解,从而将SRP从衬底移除。可将来自经降解聚合物的挥发性单体或片段移除。SRP从衬底移除可包括SRP膜整体或其部分的受控制降解。

[0095] 如进一步在下文描述的,操作129可涉及对于环境、化合物或进行反应而形成使SRP降解的化合物的两种反应物的受控制暴露。所述刺激可以是将SRP的键切断以使其降解的任何刺激。在一些实施方案中,所述刺激包括热或辐射。在其他实施方案中,化合物为相对强酸或碱。

[0096] 参照图1C,其显示了将SRP用于支撑HAR结构的方法140的示例。首先,在操作141处,提供包括HAR结构且伴随溶剂的衬底。HAR结构具有例如至少8、10、20、30、40或80的高深宽比(AR)的结构。举例来说,可在湿式蚀刻或清洁操作后提供衬底,且衬底具有与先前操作相关的溶剂。在一些实施方案中,如果先前溶剂与SRP溶液并非化学兼容的,则操作141中的溶剂可以是过渡溶剂。

[0097] 接着,在操作143中,以包括SRP的溶液取代溶剂。接着,在任选操作145中将衬底进行干燥。SRP随着液体部分溶液移除而固体化,且SRP填充HAR结构。在HAR结构中形成机械性支撑物,以防止所述结构由于溶剂干燥期间所产生的毛细力而倒塌。图2C中提供了非限制性结构240,其具有位于衬底241上所设置的多个HAR结构242上和之间的膜243。

[0098] 在操作147中,可将具有SRP的衬底进行储存。接着,在操作149中将衬底暴露于刺激以使SRP的全部或仅一部分降解,从而将SRP从衬底移除。

[0099] 已研发数种方法以在不使敏感衬底改性的情况下实现无残留的SRP移除。用于将材料解聚合的一种方法包括在真空条件下将聚合物暴露于升高的温度。该方法可使聚合物快速挥发,然而经常会在表面上残留由炭和残留单体所构成的埃级(angstrom-level)残留物。

[0100] 可使用侵蚀性较低的触发物(例如,光或温和温度)将SRP移除。这些牺牲性聚合物可允许保护敏感表面,以及后续在不使所述表面暴露于侵蚀性等离子体或湿式化学溶液的情况下移除阻挡物膜。对于某些具有挑战性的应用而言,可能存在对于可暴露衬底的温度、或极端严重的污染物或者生产量需求的限制。SRP和其膜可被设计成满足这些应用。在一些非限制性实例中,将同聚物使用作为SRP的优势可包括与共聚合物相比的较强解聚合驱动力和/或在解聚合期间产生副反应的较低可能性。

[0101] 替代性同聚物移除工艺可提供较低的污染水平。在一些实例中,SRP移除工艺提供较低的污染水平,其中移除条件比硅氮化物移除的移除条件较为温和。在一种这样的工艺中,在真空下于升高的温度将同聚物暴露于来自惰性气体等离子体的长寿命亚稳态物质。在另一工艺中,在真空下于升高的温度将同聚物暴露于红外线(IR)或紫外(UV)辐射。其他工艺包括在真空条件(例如,<760托)进行一段限制暴露时间的高温暴露(例如,约50℃至约800℃)。另一工艺可包括在真空下同时进行高温暴露和通过UV或IR任一者的辐射暴露。又一工艺可以包括在真空下同时进行高温暴露和惰性气体亚稳态暴露。在特定实施方案中,这些移除工艺还显示低污染而不使敏感衬底的表面改性增加。

[0102] 图3A-3B显示了工艺流程图,其中显示了控制对于刺激的暴露使SRP降解的进一步的方法300的示例。参照图3A,在操作301中,提供具有SRP膜的衬底。操作302-306提供对于各种刺激类型的暴露,其中操作302-306可单独或组合使用。可被提供衬底的装置示例参照图4而描述于下文。在一些实施方案中,操作301涉及将衬底提供至处理室。在其他实施方案中,衬底在先前处理操作时就位于室内。SRP可以以各种形式提供-例如,位于结构的多个特征之间的间隙中或是作为衬底的全部或一部分上的毯覆膜。

[0103] 在室内,在操作302中可将衬底暴露于热。可将热提供作为恒定温度保持。替代地,可将热提供为渐变式温度,其中可在温度保持之间使用增加或减少的温度渐变。通过在高于 T_c 的温度下提供热,该热能可提供充足能量以使SRP解聚合。对于 T_c 低于400°C的SRP,该条件可以包括暴露于高达400°C的温度,其中SRP被动力学约束在低于 T_c 。在其他实施方案中,热暴露可包括从约50°C至约800°C(例如,约50°C至150°C、50°C至300°C、50°C至500°C、150°C至300°C、150°C至400°C、150°C至500°C、200°C至400°C、200°C至500°C、200°C至600°C、250°C至500°C、250°C至600°C、300°C至500°C、300°C至550°C、300°C至600°C等)的温度。在特定实施方案中,热暴露包括从约300°C至约500°C(例如,用于移除包括纯SRP的膜)。在其他实施方案中,热暴露包括暴露于具有快速升降速率和较短时间的升高温度(例如,高达800°C)。当使用添加物(例如,光酸产生剂(PAG)或本文中的任何一者)时,除了暴露于可有助于活化添加物的其他刺激(例如,UV暴露以活化PAG)之外,移除温度可介于约50°C与约125°C之间。

[0104] 对于表面保护膜的基本热移除(例如,将衬底提供于加热板上),暴露时间可从约20秒至约400秒(例如,约30至300秒)。与较薄的膜相比,较厚的膜可能需要暴露于热较长时间以移除SRP。所需的膜厚度将取决于应用。举例来说,一些移除热工艺(例如,使用快速热处理器(RTP))可以包括在较高温度(例如,高于约400°C)持续非常短的时间(例如,对于RTP,暴露1至2秒,以及对于闪光灯类型的工艺为毫秒的暴露时间)。对于热预算敏感的应用来说可以使用RTP-类型的条件,而其他工艺可以在真空下使用加热板。

[0105] 替代地,在操作303中,可在真空或非真空下通过暴露于辐射(例如,UV辐射或IR辐射)而移除SRP。在一些实例中,工艺条件包括在真空下,在约2.5W/cm²的UV剂量率下暴露于约400°C。在其他实例中,工艺条件(例如,对于与光酸产生剂一起使用的SRP)包括在真空下,在约0.05W/cm²的UV剂量率下暴露于约110°C。在这些工艺条件的任何一者中,暴露可包括从约100秒至约400秒(例如,约300秒)。

[0106] 对于表面保护膜(例如,纯SRP)的辐射移除,暴露时间可从约20秒至约400秒(例如,约30至300秒)。与较薄的膜相比,较厚的膜可能需要暴露于辐射(例如,UV)较长时间以移除SRP。所需的膜厚度将取决于应用。对于具有酸产生添加物(例如,PAG)的膜而言,暴露时间的范围可以从2分钟至10分钟。暴露时间可取决于许多条件,包括添加物的装料、晶片温度、UV剂量率和膜厚度。因此,这些需求将取决于应用(例如,取决于特征尺寸、深宽比、图案密度等)。

[0107] 对于UV,辐射剂量可例如从约0.1mW/cm²至约15W/cm²。对于需要控制降解速率的支撑性应用而言,可使用较低的剂量率,例如从约0.01至约0.07mW/cm²。对于从毯覆表面移除纯SRP膜,可使用较高剂量率,例如约2.5W/cm²。通常,剂量率越高移除地越干净。当然,辐射暴露还可取决于应用,并且可以避免过量辐射以减少衬底损伤。

[0108] 在辐射暴露期间,可将衬底保持在升高温度(例如,从约300℃至约500℃,其包括约400℃)。当配方包括酸产生添加物(例如,PAG)时,则可将较低温度与UV暴露结合以提供受控制的降解速率(例如,温度范围为约50℃至约125℃,或者从约100℃至约110℃)。

[0109] 在另一操作304中使用亚稳态原子。亚稳态原子可以从惰性气体等离子体产生以从衬底移除残留物,惰性气体为氦(He)、氖(Ne)、氩(Ar)、氪(Kr)和氙(Xe)中的一者或更多者。在一些实施方案中,亚稳态物质不具有化学反应性而不会显著影响下伏表面。来自惰性气体等离子体的亚稳态物质可有效移除在暴露于例如热之类的其他刺激后留存的残留物。

[0110] 在本文所述的方法中,移除SRP包括在升高温度下暴露于在惰性气体等离子体中产生的高能亚稳态物质。亚稳态物质具有足够能量和寿命以切断聚合物或其他残留物上的键。在大于上限温度的温度下,在发生键切断后存在着恢复成挥发性单体的强烈热力学驱动力。亚稳态物质不具化学反应性,不会显著影响下伏表面。亚稳态物质可有效移除在暴露于例如热之类的其他刺激后留存的残留物。此残留物可以是由椭圆偏光术可检测的残留经聚合或经交联和/或经碳化碎片的一些SRP。虽然大部分的SRP可通过上述刺激而移除,但该残留物可能是难以用这些方法来完全移除。不受限于特定理论,亚稳态物可通过将可能因副产物形成而过早停止的链切断重新进行引发、通过使可能在解聚合工艺期间形成的炭崩解、以及通过协助单体脱附而移除残留物。

[0111] 在一些实施方案中,大部分的SRP是在将衬底暴露于亚稳态原子之前被移除。在一些实施方案中,在移除大部分的SRP之前将衬底暴露于亚稳态原子。在一些实施方案中,等离子体压强介于约10毫托至10托之间。在一些实施方案中,等离子体压强介于约100毫托至1托之间。在一些实施方案中,SRP被提供于多个HAR结构之间。在一些实施方案中,SRP被提供作为衬底上的保护层。在一些实施方案中,等离子体是在感应耦合等离子体(ICP)源中产生。在一些这样的实施方案中,通过喷头或其他过滤器将ICP源与衬底隔开。在一些实施方案中,等离子体是在电容耦合等离子体(CCP)源中产生。可使用任何其他类型的等离子体源。在一些实施方案中,将衬底暴露于刺激以及将衬底暴露于亚稳态原子是在同一室中执行。

[0112] 处理和等离子体源室压力可用于控制基于等离子体的移除。压力对于控制亚稳态原子的密度是重要的。若压力过低,则亚稳态原子的密度可能会不够高而无法有效清洁表面。如果压力过高,则亚稳态物质可能会失控而碰撞。示例性压力的范围可从10毫托至10托,100毫托至1托,100毫托至700毫托,200毫托至1托或200毫托至2托。

[0113] 衬底温度和等离子体功率也可用于控制移除。温度是足够高的,使其高于聚合物的上限温度。较高温度有助于以设备或衬底上的其他材料的热预算所限制的最大温度进行移除。示例性温度的范围可从150℃至1000℃或从150℃至400℃。等离子体功率是足够高的以产生亚稳态原子。示例性功率的范围可以从500W至5000W或从800W至5000W,例如对于300mm的晶片为2500W,并随着衬底面积而呈线性比例。示例性暴露时间的范围可以从10秒至300秒或从10秒至180秒。

[0114] 如图3A中所示的,还有的其他条件包括在操作305中暴露于酸性或碱性蒸气,或者在操作306中暴露于等离子体。该蒸气可由反应物提供,其中反应物例如为酸(例如,pKa小于7,而在一些实施方案中小于4或小于2)或者碱(例如,pKb小于7,而在一些实施方案中小于4或小于2)。非限制反应物包括亚硫酸、硝酸、碳酸或氢氧化铵。

[0115] 催化剂可以与酸、碱、或形成酸或碱的反应物一起使用。非限制催化剂包括溴化氢 (HBr)、氯化氢 (HCl)、氟化氢 (HF)、碘化氢 (HI)、硝酸 (HNO_3)、甲酸 (CH_2O_2)、乙酸 (CH_3COOH)、甲腈 (HCN)、亚硫酸 (H_2SO_3)、碳酸 (H_2CO_3)、亚硝酸 (HNO_2) 或氨 (NH_3)，并且可以使用甲基或乙基胺气体或蒸气。在一些示例中，当使用HBr蒸气时，将衬底保持在从750毫托至1500毫托的范围中的压强，以及从35°C至70°C的范围中的温度。在一些示例中，将衬底保持在从1毫托至5000毫托 (例如，从5毫托至5000毫托) 的范围中的压强，以及从0°C至200°C (例如，从0°C至100°C) 的范围中的温度。在一些示例中，将衬底保持在1000毫托的压强和60°C的温度。酸性蒸气或其他化合物的蒸气的量是受到控制的，以限制扩散。暴露时间可以取决于酸或碱的强度，以及膜厚度和暴露温度 (例如，从约20°C至约125°C，或者从约100°C至约125°C)。非限制性暴露时间可包括小于约60秒，或者以分钟为单位。

[0116] 移除可以在单一步骤或多个步骤中进行。如图3B中所示的，方法320可以包括在操作321中提供具有SRP膜的衬底。接着，在操作323中，在室中将使SRP降解的刺激进行脉冲。该刺激可以包括暴露于化合物 (例如，酸、碱、形成酸或碱的化合物、等离子体、亚稳态化合物等) 或者反应环境 (例如，UV辐射、IR辐射、热等)。在一些实施方案中，移除包括暴露于热和/或辐射，因此，消除等离子体和/或苛刻湿式化学品的需求，其中，等离子体和/或苛刻湿式化学品将会对需受到保护的敏感表面造成改性。

[0117] 当使用化合物时，可控制蒸气的分压和/或脉冲时间，以控制对于蒸气的整体暴露和扩散深度。在操作325中可对室进行清扫。清扫可涉及将室抽空和/或将待扫除的惰性气体流过室。举例而言，可使该气体连续流入 (包括操作323期间) 室，或者可使该气体自身脉冲式进入室中。在操作325期间，可将经挥发的单体或SRP片段抽吸或吹扫而离开室。在操作327中重复进行操作323和325直到移除SRP。如上所述，在一些实施方案中，在各循环中将SRP按顺序暴露于反应物。这可提供对于工艺的额外控制并且以各种方式实施。

[0118] 在其他实施方案中，移除可以包括暴露于进行反应以形成可触发SRP的降解的酸或碱的两种反应物。暴露是序列式进行，以提供较精确的从顶至下的控制。在一些实施方案中，方法涉及将化合物或反应形成化合物的反应物仅扩散至SRP的顶部部分。接着将顶部部分降解并移除，留下未受损伤的剩余SRP。暴露和移除循环可重复进行。任选地，清扫操作可接着在暴露操作后，以将化合物或反应物从室移除。

[0119] 非限制性反应物 (例如，以形成酸或碱) 可包括水蒸气伴随氨 (NH_3) 或气体氧化物中的一者，其中气体氧化物是与水蒸气反应而成为酸性或碱性物质。举例来说， NH_3 与水可反应以形成氢氧化铵 (NH_4OH)。气体氧化物的示例包括二氧化氮 (NO_2 ，其可以与水反应形成硝酸， HNO_3)、二氧化硫 (SO_2 ，其可以与水反应形成亚硫酸， H_2SO_3)，以及二氧化碳 (CO_2 ，其可以与水反应形成碳酸， H_2CO_3)。其他氧化物可以与水或另一反应物反应以形成酸或碱。

[0120] 根据各种实施方案，反应可以是经催化或未经催化的。在一些实施方案中，催化剂 (例如，热活化催化剂) 可以提供在SRP中，利用反应物而输送，或者作为单独的脉冲引进。然而，在许多实施方案中，反应是未经催化的，以提供无催化剂的SRP。这有利于SRP的移除。在一些实施方案中，反应是无副产物的。

[0121] SRP和使用SRP的方法的额外示例被描述于美国专利No. 9,466,511、No. 9,666,427、No. 10,008,396和No. 10,068,781中，其各自的整体内容通过引用并入本文。

SRP

[0122] 在许多实施方案中,SRP是低上限温度(T_c)的聚合物。 T_c 是聚合物与其单体之间的平衡温度。如本文中所使用的,术语“低 T_c ”是指 T_c 值在移除温度之下。在一些实施方案中, T_c 低于室温,使得聚合物在室温下是热力学不稳定的。作为替代,将低 T_c 聚合物进行动力学捕捉,而允许延长在室温下的保存。在一些示例中,稳定保存期是数月或数年。如果末端基或主链键断裂时,低 T_c 聚合物将会迅速地解聚合成其单体成分。因此,聚合物响应于例如紫外(UV)光、热、热催化剂、光催化剂、或酸性/碱性催化剂的刺激而解聚合。单体产物是挥发性的并且离开表面和室,或可轻易地从表面和室移除。

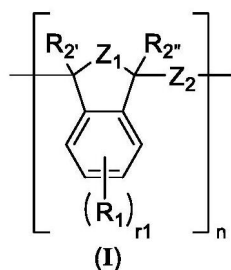
[0123] 虽然在一些实施方案中, T_c 低于室温,但在半导体处理的背景中,低 T_c 还可代表高于室温的上限温度。举例来说,可使用高达400℃的移除温度,意指上限温度低于400℃。

[0124] SRP的示例被提供于下。然而,本文所述的方法可用于任何SRP。在一些实施方案中,SRP包括聚醛的同聚物。在特定实施方案中,同聚物可以是2018年6月7日所公开的美国专利公开No.2018/0155483中所描述的自消耗聚合物(self-immolative polymer),且专利的整体内容通过引用并入本文中。

[0125] SRP可以是线性或环状形式的任何合适同聚物。非限制性的SRP包括聚(苯二醛)、聚(醛)、聚(氨基甲酸苄酯)、聚(苄醚)、聚(α -甲基苯乙烯)、聚(碳酸酯)、聚(降冰片烯)、聚(烯炔)、聚(乙醛酸酯)、聚(乙醛酰胺)、聚(酯)或聚(甲基丙烯酸甲酯),以及其衍生物。这样的衍生物可包括以本文所定义的任选经取代的杂亚烷基取代氧基(-O-),以及以本文中对烷基所述的一个或多个取代基进行取代。

[0126] 还有的其他SRP可以包括结构为化学式(I)-(XV)、(Ia)、(Ib)或(Ic)中的一者的SRP。该SRP可以是线性聚合物或环状聚合物。如果为线性,则聚合物可包括使分子终结的任何有用的端基。这样的端基可取决于合成聚合物所使用的单体上存在的反应性端基。在特定实施方案中,端基可包括从使用阴离子起始剂所形成的片段(举例来说,例如存在于n-BuLi、s-BuLi等中的如烷基阴离子之类的片段),从使用酰基化或烷基化试剂所形成的片段(举例来说,例如酰基或任选经取代的烷酰基的片段,如甲酰基、乙酰基、苯甲酰基、甲基、乙基等),从使用共轭亚烷基单体所形成的片段(例如,酞甲基化物单体),从使用醇终止剂所形成的片段(举例来说,例如任选经取代的烷氧基的片段)。端基可包括任何有用的接合基或反应性基团(例如,包括任选经取代的三烷基硅氧基、任选经取代的烯基、任选经取代的芳基等的基团)。

[0127] SRP可包括聚苯二醛或其衍生物,其中SRP可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP为或包括化学式(I)的结构:



或其盐类,其中

R_1 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的烷氧基、任选经取代的烯基、任选经取代的芳基或卤素;

R_2 和 R_2 各自独立地为 H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基；

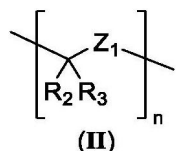
Z_1 和 Z_2 各自独立地为 -O-、-S- 或任选经取代的杂亚烷基；

r_1 为 1 至 4 的整数；以及

n 是从约 2 至约 100,000。

[0128] 在(例如,化学式(I)的)特定实施方案中, R_2 和 R_2 各自独立地为 H 或任选经取代的烷基。在一些实施方案中, Z_1 和 Z_2 各自为 -O-。

[0129] SRP 可包括聚醛或其衍生物,其中 SRP 可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP 为或包括化学式(II)的结构:



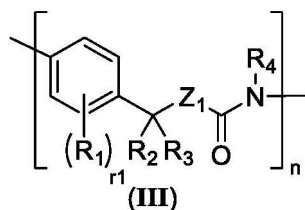
或其盐类,其中:

R_2 和 R_3 各自独立地为 H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基；

Z_1 为 -O-、-S- 或任选经取代的杂亚烷基；以及

n 是从约 2 至约 100,000。

[0130] SRP 可包括聚(氨基甲酸苄酯)或其衍生物,其中 SRP 可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP 为或包括化学式(III)的结构:



或其盐类,其中:

R_1 各自独立地为 H、任选经取代的烷基、任选经取代的烷氧基、任选经取代的烯基、任选经取代的芳基或卤素；

R_2 和 R_3 各自独立地为 H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基；

R_4 为 H 或任选经取代的烷基；

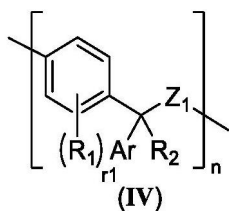
Z_1 为 -O-、-S- 或任选经取代的杂亚烷基；

r_1 为 1 至 4 的整数；以及

n 是从约 2 至约 100,000。

[0131] 在(例如,化学式(III)的)特定实施方案中, R_1 为任选经取代的烷氧基。在其他实施方案中, n 是从约 2 至约 100(例如,从约 2 至 10、2 至 15、2 至 20、2 至 25、2 至 30、2 至 40、2 至 50、2 至 75、4 至 10、4 至 15、4 至 20、4 至 25、4 至 30、4 至 40、4 至 50、4 至 75 以及 4 至 100)。

[0132] SRP 可以包括聚(苄醚)或其衍生物,其中 SRP 可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP 为或包括化学式(IV)的结构:



或其盐类,其中:

R_1 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的烷氧基、任选经取代的烯基、任选经取代的芳基或卤素;

R_2 为H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基;

Ar为任选经取代的芳基、任选经取代的烷基或任选经取代的芳烷基;

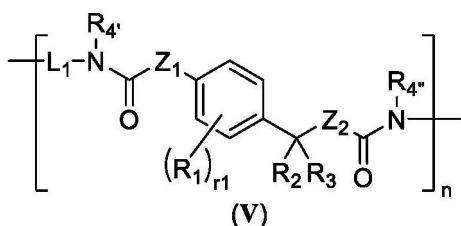
Z_1 为-O-、-S-或任选经取代的杂亚烷基;

r_1 为1至4的整数;以及

n 为约2至约100,000。

[0133] 在(例如,化学式(IV)的)特定实施方案中, R_1 为任选经取代的烷基。在其他实施方案中,Ar为任选经取代的苯基。在其他实施方案中, n 为约2至约5000。

[0134] SRP可包括聚(二氨基甲酸苄酯)或其衍生物,其中SRP可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP为或包括化学式(V)的结构:



或其盐类,其中:

R_1 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的烷氧基、任选经取代的烯基、任选经取代的芳基或卤素;

R_2 和 R_3 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基;

R_4 和 $R_{4'}$ 各自独立地为H或任选经取代的烷基;

L_1 为任选经取代的亚烷基、任选经取代的杂亚烷基、任选经取代的亚芳基或任选经取代的环亚烷基;

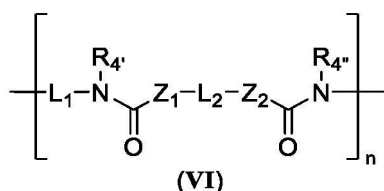
Z_1 和 Z_2 各自独立地为-O-、-S-或任选经取代的杂亚烷基;

r_1 为1至4的整数;以及

n 为约2至约100,000。

[0135] 在(例如,化学式(V)的)特定实施方案中, R_1 为任选经取代的烷基。在其他实施方案中,Ar为任选经取代的苯基。在其他实施方案中, n 为约2至约5000。在(例如,化学式(V)的)其他实施方案中, R_4 和 $R_{4'}$ 各自独立地为任选经取代的烷基。在一些实施方案中, L_1 为任选经取代的亚烷基。在其他实施方案中, Z_1 和 Z_2 为-O-。

[0136] SRP可包括聚(二氨基甲酸酯)或其衍生物,SRP可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP为或包括化学式(VI)的结构:



或其盐类,其中:

$\text{R}_{4'}$ 和 $\text{R}_{4''}$ 各自独立地为H或任选经取代的烷基;

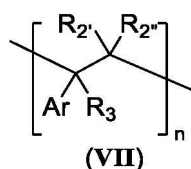
L_1 和 L_2 各自独立地为任选经取代的亚烷基、任选经取代的杂亚烷基、任选经取代的亚芳基或任选经取代的环亚烷基,其中 L_2 可任选地为共价键;

Z_1 和 Z_2 各自独立地为-O-、-S-或任选经取代的杂亚烷基;以及

n 为约2至约100,000。

[0137] 在(例如,化学式(VI)的)特定实施方案中, $\text{R}_{4'}$ 和 $\text{R}_{4''}$ 各自独立地为任选经取代的烷基。在其他实施方案中, L_1 和 L_2 各自独立地为任选经取代的亚烷基。在其他实施方案中, Z_1 和 Z_2 各自独立地为-O-或-S-。

[0138] SRP可包括聚(α -甲基苯乙烯)或其衍生物,其中SRP可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP为或包括化学式(VII)的结构:



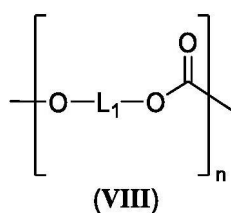
或其盐类,其中:

R_2' 、 R_2'' 和 R_3 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基;

Ar为任选经取代的芳基、任选经取代的烷基或任选经取代的芳烷基;以及

n 为约2至约100,000。

[0139] SRP可包括聚(碳酸酯)或其衍生物,其中SRP可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP为或包括化学式(VIII)的结构:



或其盐类,其中:

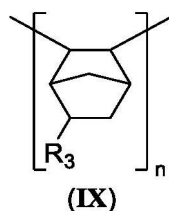
L_1 为任选经取代的亚烷基、任选经取代的杂亚烷基、任选经取代的亚芳基或任选经取代的环亚烷基;以及

n 为约2至约100,000。

[0140] 在(例如,化学式(VIII)的)特定实施方案中, L_1 为任选经取代的亚烷基、任选经取代的杂亚烷基或任选经取代的环亚烷基。在一些实施方案中,任选经取代的杂亚烷基为-X-Ak-X-,其中X为氧基,而Ak为任选经取代的亚烷基。非限制性SRP可包括聚(碳酸乙烯酯)、聚(碳酸丙烯酯)(PPC)、聚(碳酸丁烯酯)(PBC)、聚(碳酸环己烯酯)(PCHC)、聚(降冰片烯碳酸

酯) (PNC) 和聚(碳酸环己烯丙烯酸酯) (PCPC)。

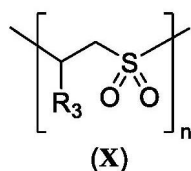
[0141] SRP可包括聚(降冰片烯)或其衍生物,其中SRP可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP为或包括化学式(IX)的结构:



或其盐类,其中:

R_3 为H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基;以及
n为约2至约100,000。

[0142] SRP可包括聚(烯烴砜)或其衍生物,SRP可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP为或包括化学式(X)的结构:

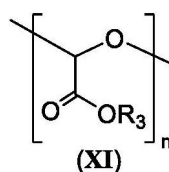


或其盐类,其中:

R_3 为H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基;以及
n为约2至约100,000。

[0143] 在(例如,化学式(X)的)特定实施方案中, R_3 为任选经取代的杂烷基,如-OC(O)- R^{01} 、-NR^{N1}-C(O)- R^{01} 、-OC(O)NR^{N1}R^{N2}、-(Ak-O)_{h1} R^{01} 或-Ak-NR^{N1}R^{N2},其中Ak为任选经取代的亚烷基,h1为从1至5,而 R^{01} 、 R^{N1} 和 R^{N2} 各自独立地为H或任选经取代的烷基(例如,羟烷基、羧基烷基、氨基烷基或叠氮基烷基)。

[0144] SRP可以包括聚(乙醛酸酯)或其衍生物,SRP可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP为或包括化学式(XI)的结构:

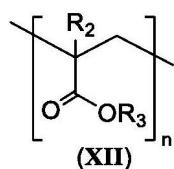


或其盐类,其中:

R_3 为H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基;以及
n为约2至约100,000。

[0145] 在(例如,化学式(XI)的)特定实施方案中, R_3 为任选经取代的杂烷基或任选经取代的杂烷基,如-(Ak-O)_{h1} R^{01} 或-Ak-NR^{N1}R^{N2},其中Ak为任选经取代的亚烷基,h1是从1至5,而 R^{01} 、 R^{N1} 和 R^{N2} 各自独立地为H或任选经取代的烷基。

[0146] SRP可包括聚(甲基丙烯酸甲酯)或其衍生物,其中SRP可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP为或包括化学式(X)的结构:



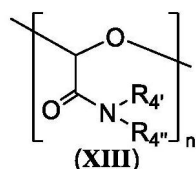
或其盐类,其中:

R_2 和 R_3 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的芳基;以及

n 为约2至约100,000。

[0147] 在(例如,化学式(XII)的)特定实施方案中, R_2 为任选经取代的烷基。在(例如,化学式(XII)的)其他实施方案中, R_3 为任选经取代的杂烷基或任选经取代的杂烷基,如 $-(Ak-O)_{h1}R^{01}$ 或 $-Ak-NR^{N1}R^{N2}$,其中Ak为任选经取代的亚烷基, $h1$ 是从1至5,而 R^{01} 、 R^{N1} 和 R^{N2} 各自独立地为H或任选经取代的烷基。

[0148] SRP可包括聚(乙醛酰胺)或其衍生物,SRP可以是线性或环状的同聚物。在一实施方案中,SRP为或包括化学式(XIII)的结构:



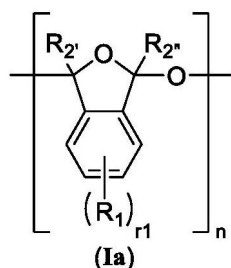
或其盐类,其中:

R_4 和 $R_{4''}$ 各自独立地为H、任选经取代的烷基、任选经取代的氨基烷基、任选经取代的杂烷基,或者 R_4 和 $R_{4''}$ 与其各自附接的氮原子一起形成本文所限定的杂环基;以及

n 为约2至约100,000。

[0149] 在(例如,化学式(XIII)的)特定实施方案中, R_4 和/或 $R_{4''}$ 各自为任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的氨基烷基,例如 $-(Ak-O)_{h1}R^{01}$ 或 $-Ak-NR^{N1}R^{N2}$,其中Ak为任选经取代的亚烷基, $h1$ 是从1至5,而 R^{01} 、 R^{N1} 和 R^{N2} 各自独立地为H或任选经取代的烷基。在其他实施方案中, R_4 为H或烷基,而 $R_{4''}$ 为任选经取代的烷基、任选经取代的杂烷基或任选经取代的氨基烷基(例如上述)。在还有的其他实施方案中, R_4 和 $R_{4''}$ 与其各自附接的氮原子一起形成本文所限定的杂环基。非限制性杂环基包括吡咯烷基,哌啶基,吗啉基,噁唑基,异噁唑基,吡咯基,吡唑基等。

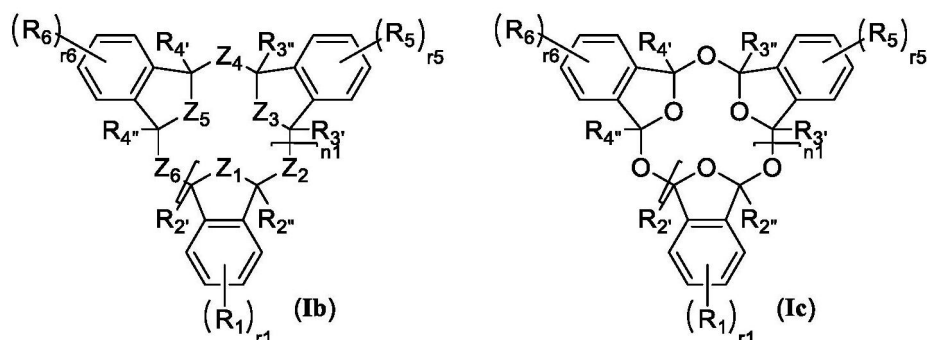
[0150] 如化学式(I)和(II)可见,SRP可以是聚醛,包括聚(苯二醛),或者具有由交替碳和氧所构成的主链的一般性聚醛,包括聚(氧亚甲基)。这样的SRP可以是线性或环状的同聚物。SRP可以是聚(苯二醛)或其衍生物,例如包括化学式(Ia)的结构的聚合物:



或其盐类,其中 R_1 、 R_2 、 R_2' 、 $r1$ 和 n 为本文所述的任何者。在一些实例中, n 是从4至

100,000的整数。

[0151] 在其他实施方案中,聚(苯二醛)为环状的。在一些实例中,聚合物具有化学式(Ib)或(Ic)的结构:



或其盐类,或是本文所述的任何 R_1 、 R_5 、 R_6 、 R_2 、 R_2' 、 R_3 、 R_3' 、 R_4 、 R_4' 、 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 、 Z_6 、 r_1 、 r_5 、 r_6 和 n_1 。在一些实例中, n_1 是从1至100的整数。

[0152] 在本文所述的任何实施方案(例如,化学式(I)-(VI)和(Ib))中, Z_1 至 Z_6 、 L_1 和 L_2 (如果存在)各自独立地为选自于 $-\text{CR}_2\text{R}_3\text{O}-$ 、 $-\text{OCR}_2\text{R}_3-$ 、 $-\text{OCR}_2\text{R}_3\text{O}-$ 、 $-(\text{CR}_2\text{R}_3\text{S})_{h1}\text{CR}_2\text{R}_3-$ 、 $-\text{S}(\text{CR}_2\text{R}_3\text{S})_{h1}-$ 、 $-\text{CR}_2\text{R}_3\text{S}-$ 、 $-\text{SCR}_2\text{R}_3-$ 、 $-\text{SCR}_2\text{R}_3\text{S}-$ 、 $-(\text{CR}_2\text{R}_3\text{S})_{h1}\text{CR}_2\text{R}_3-$ 、和 $-\text{S}(\text{CR}_2\text{R}_3\text{S})_{h1}-$ 的任选经取代的杂亚烷基,其中 R_2 和 R_3 各自独立地为H、任选经取代的烷基或任选经取代的芳基,而 h_1 为从1至5的整数。在其他实施方案中, Z_1 至 Z_6 、 L_1 和 L_2 (如果存在)各自独立地为 $-\text{O}-$ 或任选经取代的杂亚烷基。

[0153] 在本文所述的任何实施方案(例如,化学式(I)-(V)、(VII)和(XII))中, R_2 、 R_2' 和 R_2'' (如果存在)各自独立地为H或任选经取代的烷基(例如, C_{1-6} 烷基)。

[0154] 在本文所述的任何实施方案(例如,化学式(II)、(III)、(V)、(VII)、(IX)、(X)、(XI)和(XII))中, R_3 为任选经取代的芳基。

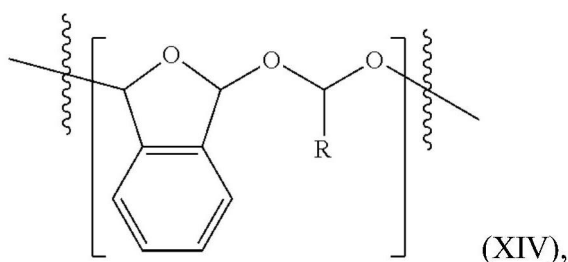
[0155] 在本文所述的任何实施方案(例如,化学式(II)、(III)、(V)、(VII)、(IX)、(X)、(XI)和(XII))中, R_3 为任选经取代的杂烷基,如 $-\text{OC}(\text{O})-\text{R}^{01}$ 、 $-\text{NR}^{N1}-\text{C}(\text{O})-\text{R}^{01}$ 、 $-\text{OC}(\text{O})\text{NR}^{N1}\text{R}^{N2}$ 、 $-(\text{Ak}-\text{O})_{h1}\text{R}^{01}$ 或 $-\text{Ak}-\text{NR}^{N1}\text{R}^{N2}$,其中Ak为任选经取代的亚烷基, h_1 是从1至5,而 R^{01} 、 R^{N1} 和 R^{N2} 各自独立地为H或任选经取代的烷基(例如,羟烷基、羧基烷基、氨基烷基或叠氮基烷基)。

[0156] 在本文的任何实施方案中,聚合物为同聚物。所述聚合物可具有实用单体的数量,例如 n 是从约2至约100,000(例如,约2至50、2至100、2至200、2至300、2至400、2至500、2至1,000、2至2,000、2至5,000、2至10,000、2至20,000、2至50,000、2至100,000、3至50、3至100、3至200、3至300、3至400、3至500、3至1,000、3至2,000、3至5,000、3至10,000、3至20,000、3至50,000、3至100,000、4至50、4至100、4至200、4至300、4至400、4至500、4至1,000、4至2,000、4至5,000、4至10,000、4至20,000、4至50,000、4至100,000、5至50、5至100、5至200、5至300、5至400、5至500、5至1,000、5至2,000、5至5,000、5至10,000、5至20,000、5至50,000、5至100,000、10至50、10至100、10至200、10至300、10至400、10至500、10至1,000、10至2,000、10至5,000、10至10,000、10至20,000、10至50,000、10至100,000、50至100、50至200、50至300、50至400、50至500、50至1,000、50至2,000、50至5,000、50至10,000、50至20,000、50至50,000、50至100,000、100至200、100至300、100至400、100至500、100至1,000、100至2,000、100至5,000、100至10,000、100至20,000、100至50,000、以及100至100,000)。在其他实施方案

中,聚合物是环状的,其中n是从约3至约100。在其他实施方案中,环状聚合物包括任何实用的单体数量 $n+2$,例如n1是从约1至约100。

[0157] 在特定实施方案中,SRP也可以任何合适的线性或环状共聚合物,其包含纯苯二醛同聚物、聚(苯二醛)衍生物(例如聚(4,5-二氯苯二醛)之类的同聚物、或聚(醛)衍生物之类的同聚物。SRP可包括同聚物,其包括化学式(I)-(XIII)、(Ia)、(Ib)、(Ic)或其盐类中的一者的结构,以及本文所述的任何共聚合物(例如,化学式(XIV)或(XV)中的一者)。

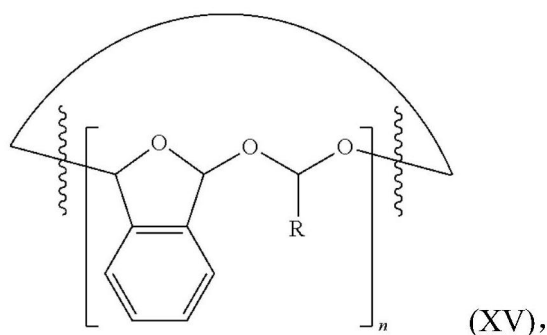
[0158] SRP的进一步示例被提供于下。在一些实施方案中,SRP为包含聚(醛类)的共聚合物。在特定实施方案中,其可以是如在美国专利公开No.2018/0155483中所述的自牺牲(self-immolative)聚合物,该美国专利于2018年6月7日公开,且其整体内容通过引用合并于此。参考文献中的同聚物的示例包含具有式(XIV)的那些:



其中:

R为经取代或未经取代的 C_{1-20} 烷基、 C_{1-20} 烷氧基、 C_{2-20} 烯基、 C_{2-20} 炔基、 C_{6-10} 杂芳基、 C_{3-10} 环烷基、 C_{3-10} 环烯基、 C_{3-10} 杂环烷基、或 C_{3-10} 杂环烯基;以及当经取代时,R被 C_{1-20} 烷基、 C_{1-20} 烷氧基、 C_{2-20} 烯基、 C_{2-20} 炔基、 C_{6-10} 芳基、 C_{6-10} 杂芳基、甲醛基、氨基、磺酸、亚磺酸、氟代酸(fluoroacid)、膦酸、醚、卤素、羟基、酮、氨基、氰基、叠氮基、甲硅烷基、磺酰基、亚磺酰基、或硫醇基所取代。

[0159] 在特定实施方案中,SRP为苯二醛单体与第二醛(例如乙醛、丙醛、或丁醛)的环状同聚物。这种同聚物的示例在美国专利公开No.2018/0155483中作为式(XV)给出:



其中n为从1到100,000的整数,且R可以是(例如对于式(XIV)而言)本文所述的任何一项。

[0160] 美国专利公开No.2018/0155483中的具体示例包含苯二醛与以下一或多者的共聚合物:乙醛、丙醛、丁醛、戊醛、己醛、庚醛、辛醛、壬醛、癸醛、十一醛、丙烯醛、丁烯醛、戊烯醛、己烯醛、庚烯醛、辛烯醛、壬烯醛、癸烯醛、十一烯醛、及其任何组合。

[0161] SRP也可以任何合适的线性或环状同聚物,其包含纯苯二醛同聚物。其也可以是聚(苯二醛)衍生物(例如聚(4,5-二氯苯二醛))的同聚物。

[0162] 在其他实施方案中,SRP是具有低MW的同聚物,以提供低粘度的聚合物而填充间

隙。

[0163] 在本文的任何实施方案中,SRP包括单体,该单体为或具有化学式(I)-(XV)、(Ia)或其盐类中的任何一者的结构,其中n为1,其中单体接着通过链接剂而与另一单体链接。非限制性链接剂包括任选经取代的亚烷基、任选经取代的杂亚烷基、任选经取代的亚(芳基)(烷基)、任选经取代的亚芳基、任选经取代的环亚烷基、氧基或硫基。在其他实施方案中,链接剂可以是-Ak-、-Ak-X-、-X-Ak-、-(Ak-X)_{h1}-Ak-、-X-(Ak-X)_{h1}-、-Ak-Ar-、-Ak-Ar-Ak-、-Ar-Ak-、-(Ak-X)_{h1}-Ar-、-(Ak-X)_{h1}-Ar-(Ak-X)_{h1}-、-Ar-(Ak-X)_{h1}-、-X-(Ak-X)_{h1}-Ar-、-X-(Ak-X)_{h1}-Ar-X-(Ak-X)_{h1}-、以及-Ar-X-(Ak-X)_{h1}- ,其中Ak为任选经取代的亚烷基,Ar为任选经取代的亚芳基,X为或包括非碳杂原子(例如,-O-、-S-或-NRN1-,其中RN1为H、任选烷基或任选经取代的芳基),而h1为从1至5的整数。

[0164] 在本文的任何实施方案中,SRP可以是保持可溶于溶剂的非晶聚合物。

[0165] 可使用任何相应单体合成SRP。举例来说,单体可以是或具有化学式(I)-(XV)、(Ia)或其盐类中的任何一者的结构,其中n为1。单体可具有设置在所述结构中的任一端部的任何有用的端基。在其他实施方案中,单体可具有挥发性,并具有20℃以下的熔点。

[0166] 在特定实施方案中,形成SRP而没有不想要的副产物。以此方式,因为不必移除副产物,所以可实现聚合物的无残留物气化。对于移除,SRP内的一个(或几个)化学键的分离使聚合物的解聚反应完全、迅速地传播开。由于所有的键都相同(无非预期性的杂质),所以预期极少或者没有残留物。

[0167] SRP或其制剂能以任何有用的方式沉积。例如,SRP可被旋转涂布或气相沉积。

配方,包括溶剂和添加剂

[0168] 可将SRP提供为具有溶剂或溶剂组合的配方。在一实施方案中,配方包括约0.1重量%至约50重量%的一种或更多种SRP(例如,约5重量%至20重量%),其余为溶剂。示例性溶剂包括二甘二甲醚、四氢呋喃、N-甲基吡咯烷酮、二甲基甲酰胺、碳酸丙烯酯、环戊酮、苯甲醚、二氯苯和丙二醇甲醚乙酸酯。

[0169] 配方可包括一种或更多种另外的添加剂,其是选自塑化剂、pKa大于或等于1的有机酸、光催化剂(例如,光酸产生剂或光碱产生剂)、热催化剂(例如,热酸产生剂或热碱产生剂)和/或染料。添加剂的量可包括约0.001重量%至约25重量%的单一添加剂,以及含量约0.001重量%至约25重量%的添加物组合。

[0170] 在一些实施方案中,可将SRP和添加剂(例如,本文中的任何一者)作为单独溶液而配置和储存,但在晶片上进行沉积之时、或者在相对较早之前而被混合在一起。在一些实施方案中,可将SRP和添加剂提供作为在进行旋转涂布之前被混合于溶剂中的粉末。可将SRP和添加剂(单独或共同地)以SRP:添加剂为至少5:1、至少10:1或20:1的相对重量%来提供。

[0171] 可将塑化剂用于增进膜中的可塑性或可挠性。非限制性塑化剂可包括己二酸盐、烷二醇二苯甲酸酯、酞酸二烷基酯、偏苯三酸三烷基酯、叔胺、季铵化合物、壬二酸盐、柠檬酸盐、醚-酯、聚醚、戊二酸盐、二元醇、异丁酸盐、顺丁烯二酸盐、磷酸盐、磷化合物、有机磷酸盐、癸二酸盐、磺酰胺、铈化合物、以及离子性液体、界面活性剂和酸增幅剂,或其组合。

[0172] 可将低T_g同聚物与弱酸一起配制,其产生在周边环境下稳定的膜,以及显现出与溶剂中纯净且无配制的同聚物相比的加速降解特性。具有此行为的特定酸示例包括弱有机酸(例如,pKa大于或等于1)。还有的其他酸包括酒石酸、草酸和乙酸。

[0173] 其他示例包含线性烷基羧酸, $C_XH_{2X}O_2$, 其中X为整数; 以及对应的二羧酸变体。特定示例包含甲酸(X=1)以及乙酸(X=2)。二羧酸的特定示例包含乙二酸以及丙二酸。有机弱酸也可以是任何这些具有额外醇取代基和/或不饱和键的变异体。例如, 可使用氧代乙酸、2-羟基乙酸、丙-2-烯酸、2-丙炔酸、2-羟基丙二酸、氧代丙二酸、2,2-二羟基丙二酸、2-氧代丙酸、2-羟基丙酸、3-羟基丙酸、2,3-二羟基丙酸等等。

[0174] 还有的其他有机酸可呈现类似性能。可以在工具安装前将低 T_g 同聚物与合适的酸预先配制, 接着将其旋转涂布至衬底上以用于牺牲性支撑或表面保护应用。或者, 可将低 T_g 聚合物与酸刚好在进行旋转涂布前的使用时点进行混合。此方法可用于延长同聚物配方的储存寿命, 原因在于虽然同聚物配方在膜形式(固态)中是稳定的, 但其在与酸接触后可能在溶液中是不稳定的。在一些实施方案中, 将配方提供为约5-20重量%的SRP和<1重量%有机弱酸, 余量为溶剂。

[0175] 该制剂、以及因此所产生的膜, 可包含光酸产生剂(PAG), 其中, SRP对电磁辐射的暴露会产生酸。以此方式, 高能光(例如UV光、IR光、或X光)暴露会产生酸, 以促进膜的原位降解。非限制性的光酸产生剂包含鎇盐(例如, 具有全氟阴离子的碘鎇盐与铊盐(例如, 二芳基碘鎇盐和三芳基铊盐))、二磺酰基重氮甲烷化合物、N-磺酰氧基二甲酰亚胺化合物和O-芳基磺酰肼(O-arylsulfonyloxime)化合物。光酸产生剂可选择地包含光敏剂(其例如具有改性的多环芳香碳氢化合物或融合芳香环)。

[0176] 可使用其他的酸产生剂, 例如热酸产生剂, 其在暴露于热时释放出酸性部分(moieties)。在此方式中, SRP的解聚合可包括热和酸性处理两者。非限制性热酸产生剂包括铵盐、磺酰基酯和酸增幅剂。

衬底和特征

[0177] 本文中的SRP和方法可与HAR特征和相关工艺一起使用。举例而言, 由于在干燥期间产生的毛细力, 因此例如蚀刻和清洁之类的湿式工艺对于HAR特征可能是特别具挑战性的, 而其中湿式处理可能占据超过25%的整体工艺流程。这些毛细力的强度可取决于被进行干燥的蚀刻流体、清洁流体或冲洗流体的表面张力和接触角, 以及特征间距和深宽比。如果在干燥期间产生的作用力过高时, 则HAR特征将会倒塌在彼此之上, 并可能会产生粘附(stiction)。特征倒塌和粘附将会使设备良率严重劣化。因此, 在一方面, 本文中的SRP可用于减少所述结构的倒塌。

[0178] 在一示例中, 将SRP用于支撑HAR结构的方法包括提供具有溶剂的HAR结构。举例来说, 可在湿式蚀刻或清洁操作后提供衬底, 且衬底具有与先前操作相关的溶剂。在一些实施方案中, 如果先前溶剂与SRP溶液并非化学兼容的, 则溶剂(即, 待被SRP处理的溶剂)可以是过渡溶剂。

[0179] 可将SRP设置在任何实用衬底或表面上。表面可以是平坦表面、或者包括一个或更多个柱体、孔洞和沟槽, 其包括HAR结构。还有的其他表面可包括设备上的表面, 其中所述设备例如为电子部件、印刷电路板、包装等。衬底表面示例包括硅、硅锗、和锗结构(例如, 鳍或纳米线)、包含但不限于铜、钴、钛、钛氮化物、钨或钼的金属表面、和/或其他结构和材料。

装置

[0180] 上述移除工艺可以在可以是衬底处理系统的一部分的室中实施。衬底处理系统可进一步包括用于处理衬底的一个或多个附加衬底处理工具, 包括沉积SRP以及上游和下游

处理。现在参考图4,衬底处理系统400包括一个或多个衬底处理工具402(为了说明目的示出了衬底处理工具402a和402b)和衬底暂存区430或其他衬底存储装置。衬底处理工具402a和402b中的每一个包括多个处理室404a、404b、404c等(统称为处理室404)。仅举例而言,处理室404中的每一个可配置成执行衬底处理。在一些示例中,衬底可被装载至处理室404中的一个中、进行处理、并接着被移动至处理室404中的其他一或多个中和/或从衬底处理系统400中移除(例如,如果全部都执行相同处理的话)。

[0181] 经由大气至真空(ATV)传送模块408的装载站的端口而将待处理的衬底装载至衬底处理工具402a和402b中。在一些示例中,ATV传送模块408包含设备前端模块(EFEM)。接着,将衬底传送至处理室404的一或多个中。例如,传送机械手412被设置成将衬底从装载站416传送至装载锁420。真空传送模块428的真空传送机械手424被设置成将衬底从装载锁420传送至各个处理室404中。

[0182] 在衬底处理工具402a和402b中的一或多个者中进行处理之后,可将衬底输送至真空环境的外部。例如,可以将衬底移动至用于保存的位置(例如衬底暂存区430)。在其他示例中,可将衬底从衬底处理工具直接移动至另一衬底处理工具以进行进一步处理、或从衬底暂存区430直接移动至另一衬底处理工具以进行进一步处理。

[0183] 使衬底暴露于环境条件可能导致缺陷或对下游处理造成不利影响。根据本公开内容的系统和方法用于在暴露于环境条件之前将牺牲保护层添加至衬底。在一些示例中,在将衬底传送至衬底暂存区以进行保存、或传送至另一衬底处理工具之前,在该衬底处理工具中涂布牺牲保护层。在其他示例中,在另一衬底处理室(与该衬底处理工具无关)中涂布牺牲保护层。

[0184] 如本文所述的,在衬底上进行另一处理之前,将牺牲保护层移除。例如,在储存暂存区430中保存一段时间之后或在衬底处理工具402a中进行处理之后,衬底可被传送至衬底处理工具402b。可将在衬底处理工具402b中的处理室中的一个、另一处理室(与衬底处理工具402b无关)的牺牲保护层移除。在一些实施方案中,在加载锁420中移除牺牲保护层。

[0185] 在一些示例中,在暴露于环境条件之前,通过(执行衬底处理的)相同衬底处理工具中的处理室来涂布牺牲保护层。由于衬底处理工具在真空下操作,因此可避免使衬底暴露于环境条件。在一些示例中,在湿式清洁工艺之后沉积牺牲层。在该情况下,氧化物及残留物可通过湿式清洁工艺移除,并且在使晶片干燥之前或者在使晶片干燥之后立即按顺序沉积牺牲层。在一些示例中,该工艺并非在真空下进行,而是在干燥的原始表面完全没有暴露于周围环境的情况下进行。在其他示例中,将衬底从衬底处理工具输送至位于该衬底处理工具外部的另一处理室,该处理室添加牺牲保护层。使用该方法限制或减少了衬底暴露于环境条件的时段。暴露过程被限制于从衬底处理工具至涂布牺牲保护层的处理室的短暂输送时段。可进行较长时间的衬底保存,而不会额外地暴露于环境条件。随后,可以在进行进一步处理之前将牺牲保护层移除。在一些示例中,在相同衬底处理工具的处理室中进行衬底处理之前,在真空条件下于另一衬底处理工具中将牺牲保护层移除。在其他示例中,衬底被输送至将牺牲保护层移除的处理室,并接着被输送至衬底处理室以进行进一步处理。该方法还限制了暴露于处理室与衬底处理工具或其他环境之间的环境条件的状况。在一示例中,紧接在蚀刻、沉积、或其他工艺之后,通过将衬底暴露于小分子蒸气且小分子蒸气凝结于表面上以形成膜,因而形成牺牲保护层。这可以直接在其中发生蚀刻或沉积的工具(例

如衬底处理工具402a)的内部进行,且可以在其中发生蚀刻或沉积的相同的处理室内发生。接着将衬底带到下一个用于处理的工具(例如衬底处理工具402b)。一旦衬底不再暴露于环境条件(例如通过在真空下或用惰性气体清扫的大气中携带衬底),则施加真空和化合物以及在某些情况下,如上所述的其他刺激物以诱导膜的降解并从衬底移除。这可以发生在如上所述的处理室(例如,处理室404a或衬底处理室402b)内部。

[0186] 在多种实施方案中,在处理期间(包含在SRP移除期间),使用系统控制器来控制处理条件。该控制器一般将包含一或更多内存组件以及一或更多处理器。处理器可包含CPU或计算机、模拟和/或数字输入/输出连接部、步进式马达控制器板等等。

[0187] 该控制器可控制移除装置的所有活动。该系统控制器执行系统控制软件,其包含用于控制特定处理的时序、气体混合物、室压力、室温度、晶片温度、晶片卡盘或基座定位、等离子体功率、以及其他参数的指令组。可以在一些实施方案中采用储存在与控制器相关联的存储器设备上的其他计算机程序。

[0188] 一般而言,将存在与该控制器相关的用户接口。该用户接口可包含显示屏幕、该装置和/或工艺条件的图形软件显像、以及用户输入设备(例如指向设备、键盘、触控屏幕、麦克风等等)。

[0189] 可以任何合适的方式来建构系统控制逻辑。一般来说,该逻辑可以硬件和/或软件方式进行设计或建构。用于控制驱动电路的指令可被硬编码或被提供作为软件。这些指令可通过“程序化”来提供。此种程序化被理解为包含任何形式的逻辑,其包含在数字信号处理器、专用集成电路、以及具有实施为硬件的特定算法的其他设备中的硬编码逻辑。程序化还应被理解为包含软件或固件指令,其可在通用处理器上被执行。可以任何合适的计算机可读程序化语言来对系统控制软件进行编码。

[0190] 用于控制反应物脉冲与清扫气体流以及工艺顺序中的其他工艺的计算机程序码可以下列任何常规计算机可读程序化语言加以编写:例如汇编语言、C、C++、Pascal、Fortran、或其他语言。通过处理器来执行经编译的目标代码或脚本(script),以执行程序中所识别的工作。又如本文所述,程序代码可被硬编码。

[0191] 控制器参数与工艺条件有关,例如工艺气体组成与流率、温度、压力、衬底温度、以及等离子体功率。这些参数以配方的形式提供给用户,并且可利用用户界面输入。

[0192] 可通过该系统控制器的模拟和/或数字输入连接部来提供用于监视该工艺的信号。在该系统的模拟与数字输出连接部上输出用于控制该工艺的信号。

[0193] 可以许多方式来设计或配置系统软件。

[0194] 例如,可编写各种室部件子程序或控制对象,以控制实现根据所公开的实施方案的沉积工艺所需的室部件的操作。用于该目的的程序或程序片段的示例包含衬底定位代码、工艺气体控制代码、压力控制代码和加热器控制代码。

[0195] 在一些实现方案中,控制器是系统的一部分,该系统可以是上述示例的一部分。这样的系统可以包括半导体处理设备,半导体处理设备包括一个或多个处理工具、一个或多个室、用于处理的一个或多个平台、和/或特定处理部件(晶片基座、气体流系统等)。这些系统可以与用于在半导体晶片或衬底的处理之前、期间和之后控制它们的操作的电子器件集成。电子器件可以被称为“控制器”,其可以控制一个或多个系统的各种部件或子部件。根据处理要求和/或系统类型,控制器可以被编程以控制本文公开的任何工艺,包括处理气体的

输送、温度设置(例如加热和/或冷却)、压力设置、真空设置、功率设置、流率设置、流体输送设置、位置和操作设置、晶片转移进出工具和其他转移工具和/或与具体系统连接或通过接口连接的装载锁。

[0196] 从广义上讲,控制器可以定义为电子器件,电子器件具有接收指令、发出指令、控制操作、启用清洁操作、启用端点测量等的各种集成电路、逻辑、存储器和/或软件。集成电路可以包括存储程序指令的固件形式的芯片、数字信号处理器(DSP)、定义为专用集成电路(ASIC)的芯片、和/或执行程序指令(例如,软件)的一个或多个微处理器或微控制器。程序指令可以是以各种单独设置(或程序文件)的形式发送到控制器的指令,单独设置(或程序文件)定义用于在半导体晶片或系统上或针对半导体晶片或系统执行特定工艺的操作参数。在一些实施方案中,操作参数可以是由工艺工程师定义的配方的一部分,以在一或多个(种)层、材料、金属、氧化物、硅、二氧化硅、表面、电路和/或晶片的管芯的制造期间完成一个或多个处理步骤。

[0197] 在一些实现方案中,控制器可以是与系统集成、耦合到系统、以其它方式联网到系统或其组合的计算机的一部分或耦合到该计算机。例如,控制器可以在“云”中或是晶片厂(fab)主机系统的全部或一部分,其可以允许对晶片处理的远程访问。计算机可以实现对系统的远程访问以监视制造操作的当前进展、检查过去制造操作的历史、检查多个制造操作的趋势或性能标准,改变当前处理的参数、设置处理步骤以跟随当前的处理、或者开始新的工艺。在一些示例中,远程计算机(例如服务器)可以通过网络(其可以包括本地网络或因特网)向系统提供工艺配方。远程计算机可以包括使得能够输入或编程参数和/或设置的用户界面,然后将该参数和/或设置从远程计算机发送到系统。在一些示例中,控制器接收数据形式的指令,其指定在一个或多个操作期间要执行的每个处理步骤的参数。应当理解,参数可以特定于要执行的工艺的类型和工具的类型,控制器被配置为与该工具接口或控制该工具。因此,如上所述,控制器可以是例如通过包括联网在一起并朝着共同目的(例如本文所述的工艺和控制)工作的一个或多个分立的控制器而呈分布式。用于这种目的的分布式控制器的示例是在与远程(例如在平台级或作为远程计算机的一部分)的一个或多个集成电路通信的室上的一个或多个集成电路,其组合以控制在室上的工艺。

[0198] 示例系统可以包括但不限于等离子体蚀刻室或模块、沉积室或模块、旋转漂洗室或模块、金属电镀室或模块、清洁室或模块、倒角边缘蚀刻室或模块、物理气相沉积(PVD)室或模块、化学气相沉积(CVD)室或模块、ALD室或模块、原子层蚀刻(ALE)室或模块、离子注入室或模块、轨道室或模块、以及可以与半导体晶片的制造和/或制备相关联或用于半导体晶片的制造和/或制备的任何其它半导体处理系统。

[0199] 如上所述,根据将由工具执行的一个或多个处理步骤,控制器可以与一个或多个其他工具电路或模块、其它工具部件、群集工具、其他工具接口、相邻工具、邻近工具、位于整个工厂中的工具、主计算机、另一控制器、或在将晶片容器往返半导体制造工厂中的工具位置和/或装载口运输的材料运输中使用的工具通信。

[0200] 控制器可以包括不同的程序。衬底定位程序可包括用于控制室组件的程序代码,所述室组件用于将衬底加载到基座或卡盘上并控制衬底和室的其他部件例如气体入口和/或靶之间的间隔。工艺气体控制程序可包括用于控制气体组成、流率、脉冲时间以及任选地用于使气体流入室的代码。压力控制程序可包括用于通过调节例如室中的排气系统中的节

流阀而控制室中的压力的代码。加热器控制程序可包括用于控制用于加热衬底的加热单元的电流的代码。替代地,所述加热器控制程序可控制传热气体例如氦气向晶片卡盘的输送。等离子体功率程序可以控制等离子体功率。

[0201] 可在移除过程中被监控的室传感器的示例包括质量流量控制器、压力传感器例如压力计和位于基座或卡盘中的热电偶。经适当编程的反馈和控制算法可与来自这些传感器的数据一起用于维持所需的工艺条件。

[0202] 上述内容描述了在单室或多室半导体加工工具中实施的本发明的实施方案。本文描述的装置和工艺可以与光刻图案化工具或处理结合使用,例如,用于制备或制造半导体器件、显示器、LED、光伏电池板等。通常,虽然不是必要地,这些工具/工艺将在共同的制造设施中一起使用或操作。膜的光刻图案化通常包括以下步骤中的一些或所有,每个步骤启用多个可行的工具:(1)使用旋涂或喷涂工具在工件,即,衬底上涂覆光致抗蚀剂;(2)使用热板或加热炉或紫外线固化工具固化光致抗蚀剂;(3)使用例如晶片步进曝光机之类的工具使光致抗蚀剂暴露于可见光或紫外线或X射线;(4)使抗蚀剂显影以便选择性地移除抗蚀剂并且从而使用例如湿式清洗台之类的工具将其图案化;(5)通过使用干式或等离子体辅助蚀刻工具将抗蚀剂图案转印到下方的膜或工件上;并且(6)使用例如射频或微波等离子体抗蚀剂剥离器之类的工具移除抗蚀剂。

结论

[0203] 尽管为了清楚理解的目的已经对前述实施方案进行了一些详细的描述,但显然可以在所附权利要求的范围内实践某些改变和修改方案。可以在没有这些具体细节中的一些或全部的情况下实践本文公开的实施方案。在其他情况下,没有详细描述众所周知的工艺操作,以免不必要地使所公开的实施方案难以理解。此外,虽然将结合具体实施方案来描述所公开的实施方案,但应当理解,具体实施方案并不旨在限制所公开的实施方案。应该注意,有许多替代方式来实现所呈现的实施方案的工艺、系统和装置。因此,所呈现的实施方案被认为是说明性的而非限制性的,并且实施方案不受限于本文给出的细节。

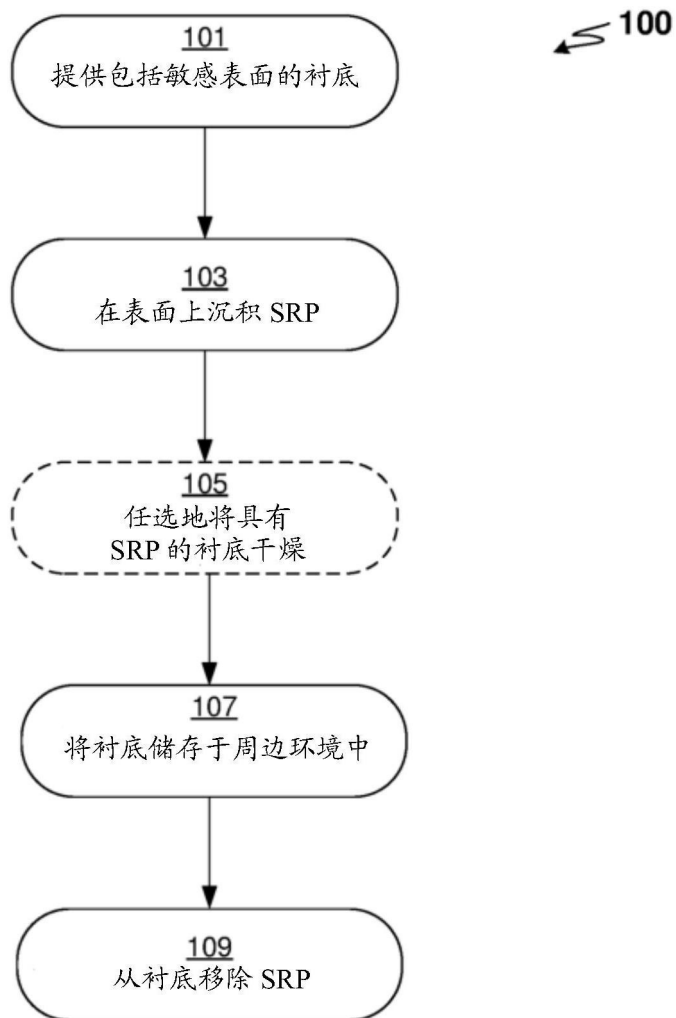


图1A

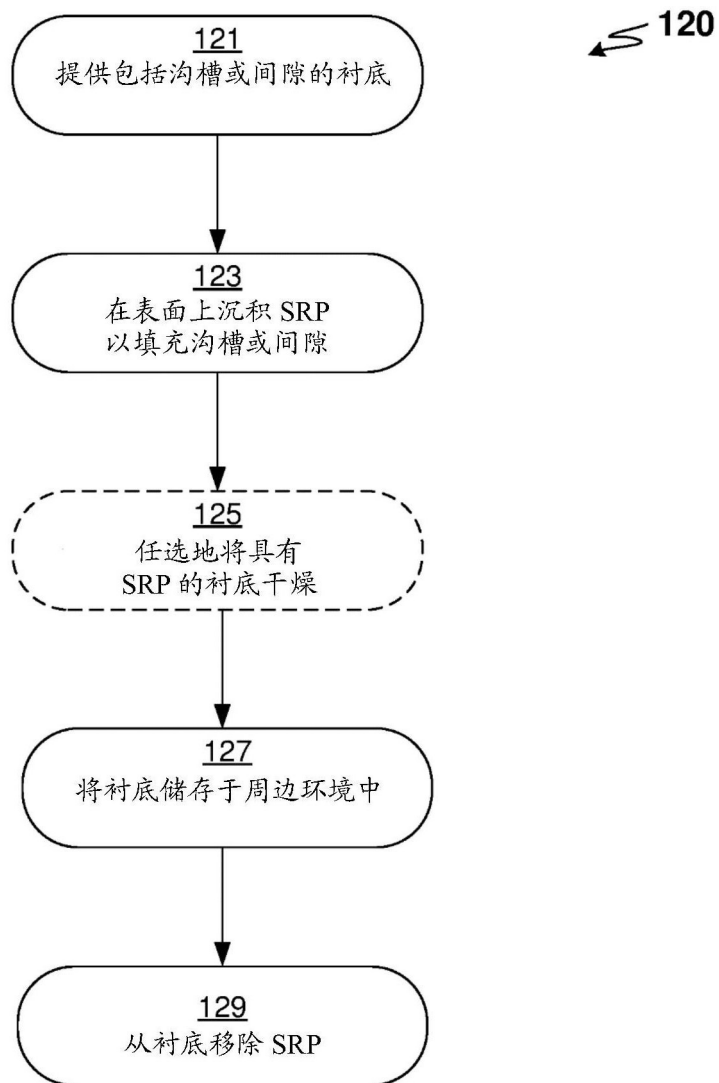


图1B

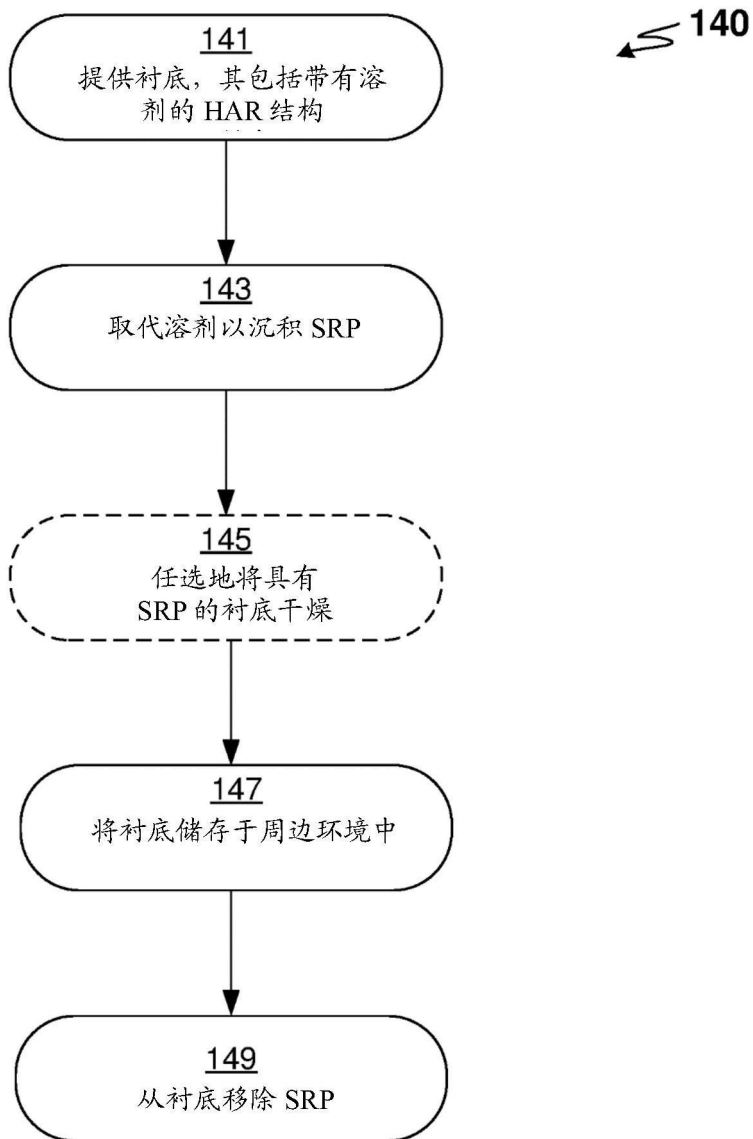


图1C

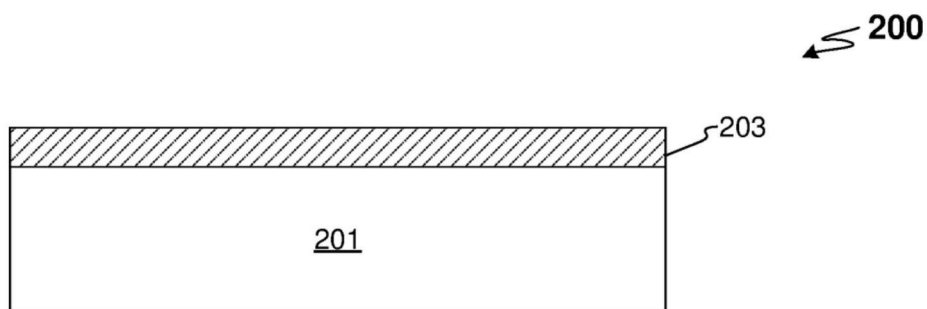


图2A

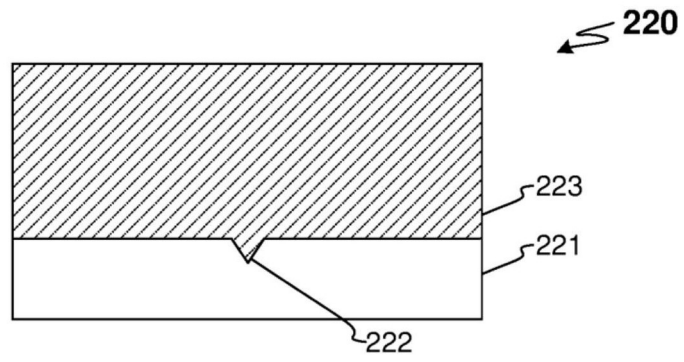


图2B

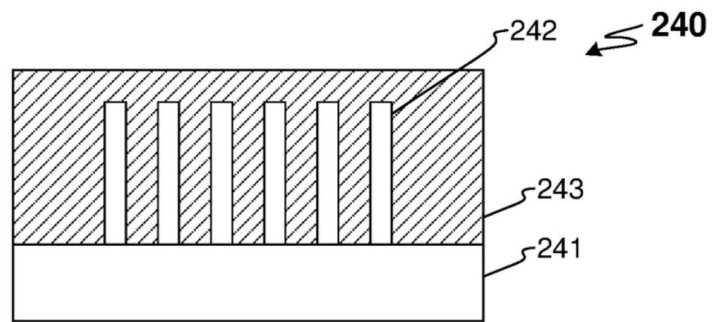


图2C

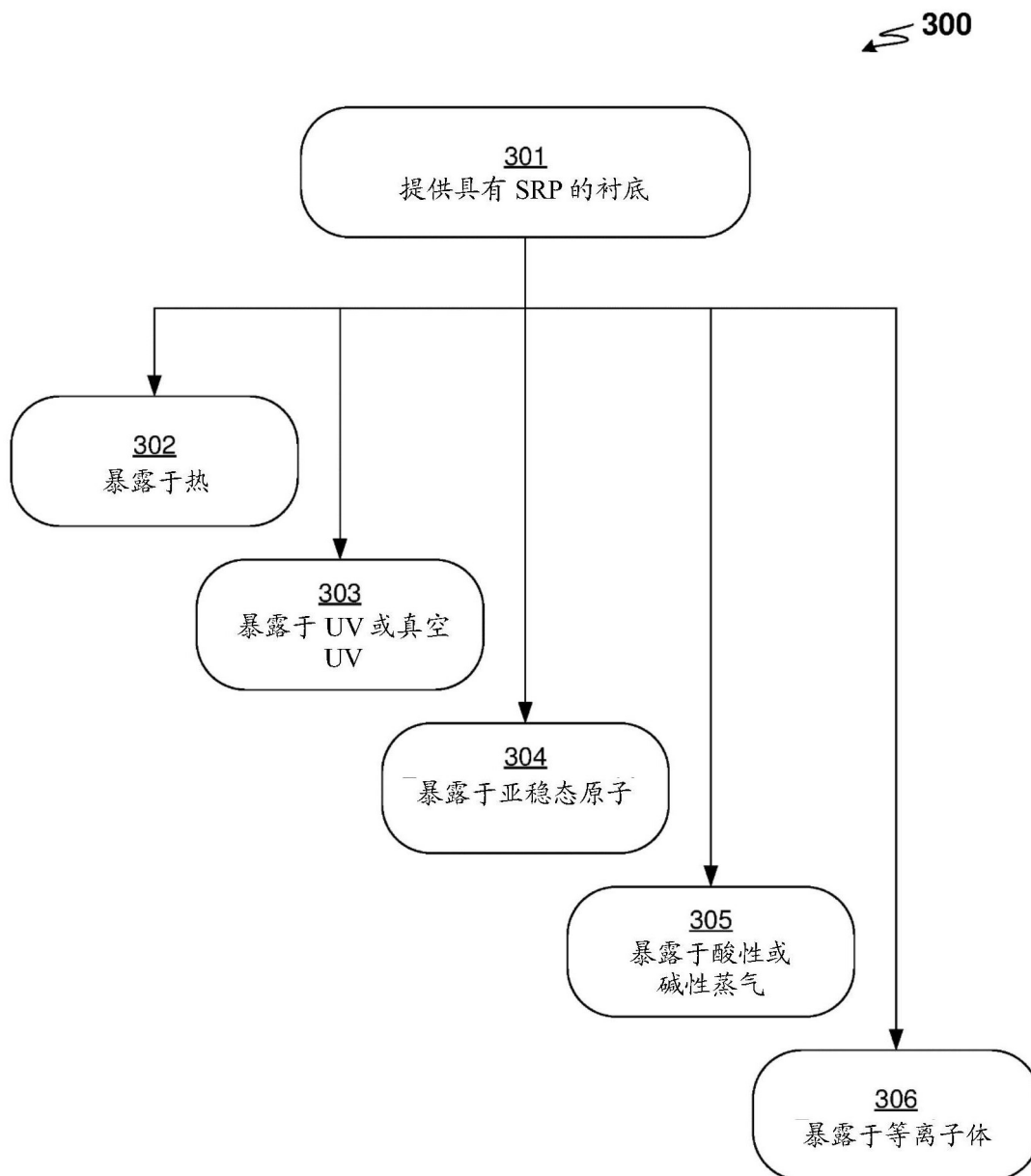


图3A

320

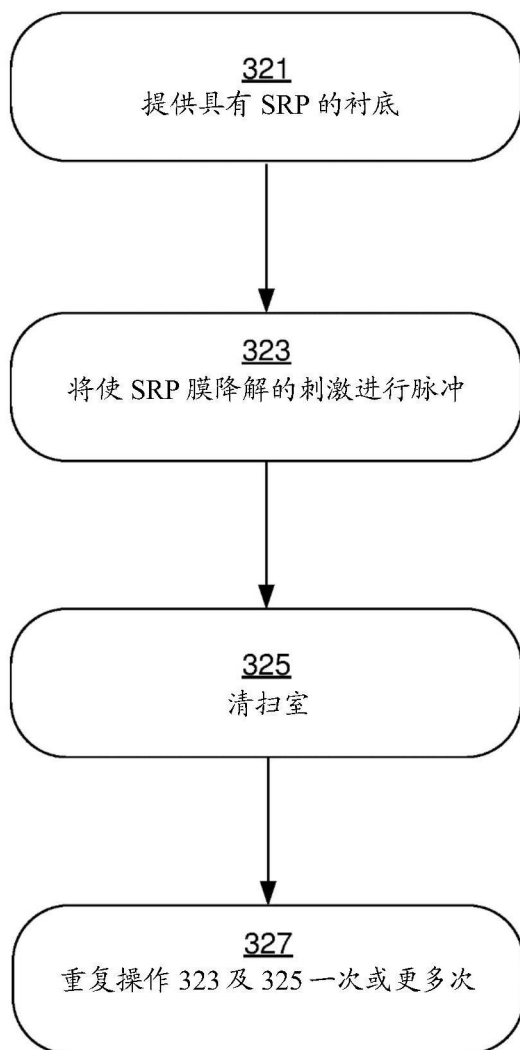


图3B

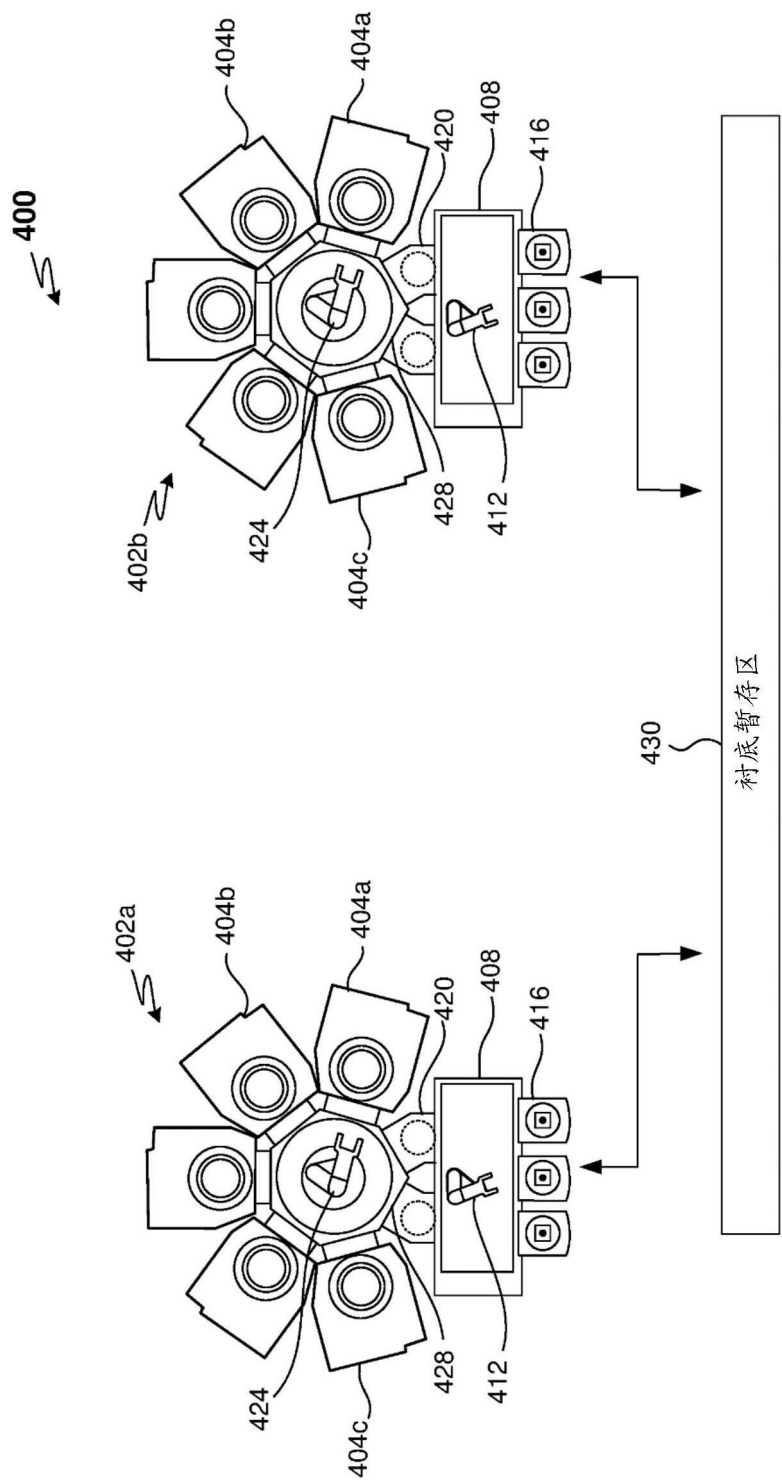


图4