



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116830243 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 29

(21) 申请号 202180090343.X

(22) 申请日 2021.11.11

(30) 优先权数据

17/097,921 2020.11.13 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.07.12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/058963 2021.11.11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/103949 EN 2022.05.19

(71) 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 韩蕴 彼得·文特泽克

阿洛科·兰詹

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 陈炜 姜婷

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

权利要求书2页 说明书10页 附图5页

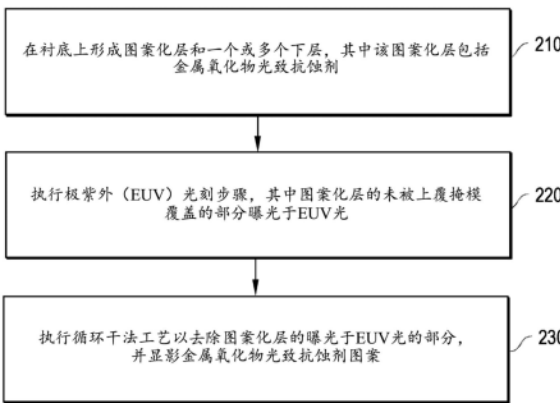
(54) 发明名称

用于极紫外 (EUV) 抗蚀剂图案化显影的方法

(57) 摘要

本文提供了用于图案化极紫外 (EUV) (或较低波长) 光致抗蚀剂, 此类金属氧化物光致抗蚀剂的方法。在衬底上设置的一个或多个下层上形成包括金属氧化物光致抗蚀剂的图案化层, 并且将该图案化层的未被上覆在该图案化层上的掩模覆盖的部分曝光于EUV或较低波长光。随后执行循环干法工艺以去除曝光于该图案化层的该EUV或较低波长光的这些部分 (即, 这些曝光部分) 并显影该金属氧化物光致抗蚀剂图案。该循环干法工艺通常包括多个沉积和刻蚀步骤, 其中该沉积步骤通过将该衬底曝光于第一等离子体来将保护层选择性地沉积到该图案化层的未曝光部分上, 并且该刻蚀步骤通过将该衬底曝光于第二等离子体来选择性地刻蚀该图案化层的这些曝光部分。

200



1. 一种用于图案化衬底的方法,该方法包括:

在该衬底上形成图案化层和一个或多个下层,其中该图案化层包括金属氧化物光致抗蚀剂;

执行极紫外 (EUV) 或较低波长光刻步骤,其中该图案化层的未被上覆掩模覆盖的部分曝光于EUV或较低波长光;以及

执行循环干法工艺,以去除该图案化层的曝光于该EUV或较低波长光的这些部分,并显影金属氧化物光致抗蚀剂图案。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,该循环干法工艺包括:

通过将该衬底曝光于第一等离子体来选择性地将保护层沉积到该图案化层的未曝光部分上,其中该图案化层的这些未曝光部分被该上覆掩模覆盖并且不曝光于该EUV或较低波长光;

通过将该衬底曝光于第二等离子体来选择性地刻蚀该图案化层的曝光部分,其中该图案化层的这些曝光部分不被该上覆掩模覆盖并且曝光于该EUV或较低波长光;以及

重复该选择性沉积和该选择性刻蚀,直到该图案化层的这些曝光部分被完全去除。

3. 如权利要求2所述的方法,其中,该第一等离子体包括基于烃或碳氟化合物的前体气体。

4. 如权利要求2所述的方法,其中,该第二等离子体包括含氢或卤素的前体气体和惰性气体。

5. 如权利要求4所述的方法,其中,每次执行该选择性刻蚀步骤时,该含氢或卤素的前体气体将该图案化层的这些曝光部分的表面转化为挥发性材料,并且该惰性气体的离子轰击该衬底的表面以从这些曝光部分去除该挥发性材料。

6. 如权利要求5所述的方法,其中,每次执行该选择性沉积步骤时,将新保护层沉积到该图案化层的这些未曝光部分上。

7. 一种用于图案化衬底的方法,该方法包括:

在该衬底上形成图案化层和一个或多个下层,其中该图案化层包括金属氧化物光致抗蚀剂;

将该图案化层的未被上覆在该图案化层上的掩模覆盖的部分曝光于极紫外 (EUV) 或较低波长光;

通过将该衬底曝光于第一等离子体来选择性地将保护层沉积到该图案化层的未曝光部分上,其中该图案化层的这些未曝光部分被该掩模覆盖并且不曝光于该EUV或较低波长光;

通过将该衬底曝光于第二等离子体来选择性地刻蚀该图案化层的曝光部分;以及

重复该选择性沉积和该选择性刻蚀,直到该图案化层的这些曝光部分被完全去除。

8. 如权利要求7所述的方法,其中,该图案化层包括金属氧化物材料,该金属氧化物材料包括具有化学结合的有机配体的金属氧化物结构的簇,并且其中将该图案化层的未被该图案化掩模层覆盖的这些部分曝光于EUV或较低波长光将这些有机配体与这些金属氧化物结构分离,同时使该图案化层的这些未曝光部分保持不变。

9. 如权利要求8所述的方法,其中,在将该图案化层的未被该图案化掩模层覆盖的这些部分曝光于EUV或较低波长光之后,并且在将该保护层选择性地沉积到该图案化层的这些

未曝光部分上之前,该方法还包括执行烘烤工艺以从该图案化层的这些曝光部分释放这些有机配体。

10.如权利要求7所述的方法,其中,该第一等离子体包括基于烃或碳氟化合物的前体气体。

11.如权利要求10所述的方法,其中,该第一等离子体包括 CH_4 、 C_4F_8 、 C_4F_6 或 CH_3F 。

12.如权利要求7所述的方法,其中,该第二等离子体包括含氢或卤素的前体气体。

13.如权利要求12所述的方法,其中,该第二等离子体包括 CH_4 、 CF_4 、 CHF_3 或 BCl_3 。

14.如权利要求12所述的方法,其中,该第二等离子体还包括惰性气体。

15.如权利要求8所述的方法,其中,该第二等离子体还包括氩(Ar)。

16.如权利要求12所述的方法,其中,该含氢或卤素的前体气体将该图案化层的这些曝光部分的表面转化为挥发性材料,并且其中惰性气体离子轰击这些曝光部分的该表面以去除该挥发性材料。

17.如权利要求7所述的方法,其中,使用相同的等离子体前体气体以生成该第一等离子体和该第二等离子体来在等离子体加工室内同时执行选择性地将保护层沉积到该图案化层的未曝光部分和选择性地刻蚀该图案化层的曝光部分。

18.如权利要求17所述的方法,其中,该第一等离子体和该第二等离子体各自包括烃前体和惰性气体。

19.如权利要求7所述的方法,其中,选择性地将保护层沉积到该图案化层的未曝光部分上和选择性地刻蚀该图案化层的曝光部分在等离子体加工室内隔离,使得使用不同的等离子体前体气体来生成该第一等离子体和该第二等离子体。

20.如权利要求19所述的方法,其中,该第一等离子体包括烃前体,并且其中该第二等离子体包括卤烃前体和惰性气体。

用于极紫外(EUV)抗蚀剂图案化显影的方法

[0001] 发明人:Peter Ventzek,Alok Ranjan,Yun Han

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本披露内容要求2020年11月13日提交的美国非临时申请号17/097,921的权益,该美国非临时申请的内容通过援引以其全文并入本文。

背景技术

[0004] 本披露内容涉及衬底加工。特别地,本披露内容提供了一种用于图案化EUV(或较低波长)光致抗蚀剂的新颖系统和方法。

[0005] 为了实现减小的特征尺寸,在加工系统中引入了使用极紫外(EUV)光刻的图案化。EUV光刻通常使用波长为6至16纳米(nm)或以下的光。例如,EUV图案化技术已经被引入到亚7nm节点的先进半导体器件制造下的生产中。尽管实现了减小的特征尺寸,但是在EUV图案化中出现了图案性能问题。

[0006] 化学放大抗蚀剂(CAR)已在EUV光刻中用于将图案转移到形成在衬底上的一个或多个下层上。尽管此类抗蚀剂具有良好的灵敏度,但CAR的分辨率受到图案塌陷的强烈影响,随着特征尺寸接近纳米尺度,这一点变得越来越重要。此外,降低CAR的纵横比(膜厚度/关键尺寸)是具有挑战性的,因为它们对膜中组分的不均匀分布具有高易感性。结果,通过CAR往往会获得低劣的成像性能。

[0007] 金属氧化物光致抗蚀剂也已用于负色调EUV光刻,以将图案转移到形成在衬底上的一个或多个下层上。与CAR相比,金属氧化物光致抗蚀剂具有膜厚度非常薄的优点,并将图案塌陷的风险最小化。尽管是CAR的很有前途的替代,但用于形成金属氧化物光致抗蚀剂的传统工艺利用湿法工艺用于图案显影。例如,可以在负色调光致抗蚀剂工艺中使用湿有机显影剂来显影金属氧化物光致抗蚀剂。尽管负色调光致抗蚀剂可能足以图案化线/空间特征和块,但负色调光致抗蚀剂对于图案化其它特征(诸如孔或过孔)并不令人满意。

[0008] 因此,需要一种用于图案化EUV(或较低波长)光刻中使用的金属氧化物光致抗蚀剂的改进的工艺和方法。

发明内容

[0009] 本文提供了用于图案化极紫外(EUV)或较低波长光致抗蚀剂的改进的工艺流程和方法。更具体地,本文提供了用于图案化金属氧化物光致抗蚀剂的改进的工艺流程和方法,这些工艺流程和方法可用于EUV(或较低波长)光刻以将图案转移到形成在衬底上的一个或多个下层上。在所披露的工艺流程和方法中,在衬底上设置的一个或多个下层上形成包括金属氧化物光致抗蚀剂的图案化层,并且将图案化层的未被上覆在该图案化层上的掩模覆盖的部分曝光于EUV或较低波长光。EUV或较低波长曝光将有机配体与金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分内的金属氧化物结构(例如,笼或链)分离,同时使金属氧化物光致抗蚀剂的未曝光部分保持不变。在EUV或较低波长曝光之后,执行烘烤工艺以释放从金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分释出的有机配体,并且使用等离子体工艺来去除(例如,刻蚀)曝光部分

以显影金属氧化物光致抗蚀剂图案。

[0010] 本文所描述的等离子体工艺可以使用多个沉积和刻蚀步骤来显影金属氧化物光致抗蚀剂图案。在一些实施例中,基于烃或碳氟化合物的等离子体可用于沉积步骤,以选择性地将保护层(或膜)沉积到金属氧化物光致抗蚀剂的未曝光部分上。在刻蚀步骤期间,基于氢或卤素的等离子体可用于选择性地将金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分的表面转化为挥发性材料(例如,金属氢化物、卤化物或氯化物),该挥发性材料可例如经由离子轰击去除。选择性地沉积到金属氧化物光致抗蚀剂的未曝光部分上的保护层保护未曝光部分免受侵蚀,同时在刻蚀步骤期间金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分被选择性地刻蚀。在一些实施例中,本文所描述的等离子体显影工艺可以以循环方式继续,重复选择性沉积和选择性刻蚀步骤,直到金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分被完全去除。

[0011] 根据一个实施例,提供了一种用于图案化衬底的方法。在该实施例中,该方法可以包括在该衬底上形成图案化层和一个或多个下层,其中该图案化层包括金属氧化物光致抗蚀剂,并执行极紫外(EUV)或较低波长光刻步骤,其中该图案化层的未被上覆掩模覆盖的部分曝光于EUV或较低波长光。此外,该方法可以包括执行循环干法工艺,以去除该图案化层的曝光于该EUV或较低波长光的这些部分,并显影金属氧化物光致抗蚀剂图案。

[0012] 在一些实施例中,该循环干法工艺可以包括:通过将该衬底曝光于第一等离子体来选择性地将保护层沉积到该图案化层的未曝光部分上,通过将该衬底暴露于第二等离子体来选择性地刻蚀该图案化层的曝光部分,并且重复该选择性沉积和该选择性刻蚀,直到该图案化层的这些曝光部分被完全去除。该图案化层的这些未曝光部分是被该上覆掩模覆盖并且不曝光于该EUV或较低波长光的部分。另一方面,该图案化层的这些曝光部分不被该上覆掩模覆盖并且曝光于该EUV或较低波长光。

[0013] 该第一等离子体和该第二等离子体可以利用多种前体气体。在一些实施例中,该第一等离子体可以包括基于烃或碳氟化合物的前体气体。在一些实施例中,该第二等离子体可以包括含氢或卤素的前体气体和惰性气体。

[0014] 每次执行该选择性刻蚀步骤时,该含氢或卤素的前体气体将该图案化层的这些曝光部分的表面转化为挥发性材料,并且该惰性气体的离子轰击该衬底的表面以从这些曝光部分去除该挥发性材料。每次执行该选择性沉积步骤时,将新保护层沉积到该图案化层的这些未曝光部分上。

[0015] 根据另一个实施例,提供了用于图案化衬底的另一种方法。在该实施例中,该方法可以包括在该衬底上形成图案化层和一个或多个下层,其中该图案化层包括金属氧化物光致抗蚀剂,并将该图案化层的未被上覆在该图案化层上的掩模覆盖的部分曝光于极紫外(EUV)或较低波长光。此外,该方法可以包括通过将该衬底曝光于第一等离子体来选择性地将保护层沉积到该图案化层的未曝光部分上,通过将该衬底曝光于第二等离子体来选择性地刻蚀该图案化层的这些曝光部分,并且重复该选择性沉积和该选择性刻蚀步骤,直到该图案化层的这些曝光部分被完全去除。

[0016] 在一些实施例中,该图案化层可以包括金属氧化物材料,该金属氧化物材料包括具有化学结合的有机配体的金属氧化物结构的簇。在此类实施例中,将该图案化层的未被该图案化掩模层覆盖的这些部分曝光于EUV或较低波长光将这些有机配体与这些金属氧化物结构分离,同时使该图案化层的这些未曝光部分保持不变。在将该图案化层的未被该图

案化掩模层覆盖的这些部分曝光于EUV或较低波长光之后,并且在将该保护层选择性地沉积到该图案化层的这些未曝光部分上之前,该方法可以进一步包括执行烘烤工艺以从该图案化层的这些曝光部分释放这些有机配体。

[0017] 如上所述,该第一等离子体和该第二等离子体可以利用多种前体气体。在一些实施例中,该第一等离子体可以包括基于烃或碳氟化合物的前体气体。例如,该第一等离子体可以包括 CH_4 、 C_4F_8 、 C_4F_6 或 CH_3F 。在一些实施例中,该第二等离子体可以包括含氢或卤素的前体气体。例如,该第二等离子体可以包括 CH_4 、 CF_4 、 CHF_3 或 BCl_3 。在一些实施例中,该第二等离子体可以进一步包括惰性气体。例如,该第二等离子体可以进一步包括氩(Ar)。当该第二等离子体包含含氢或卤素的前体气体和惰性气体时,该含氢或卤素的前体气体将该图案化层的这些曝光部分的表面转化为挥发性材料,并且该惰性气体离子轰击这些曝光部分的该表面以去除该挥发性材料。

[0018] 在一些实施例中,使用相同的等离子体前体气体以生成该第一等离子体和该第二等离子体来在等离子体加工室内同时执行选择性地保护沉积到该图案化层的未曝光部分和选择性地刻蚀该图案化层的这些曝光部分的步骤。在此类实施例中,例如,该第一等离子体和该第二等离子体可以各自包括烃前体和惰性气体。

[0019] 在其它实施例中,选择性地保护沉积到该图案化层的未曝光部分上和选择性地刻蚀该图案化层的这些曝光部分的步骤在等离子体加工室内隔离,使得使用不同的等离子体前体气体来生成该第一等离子体和该第二等离子体。在此类实施例中,例如,该第一等离子体可以包括烃前体,并且该第二等离子体可以包括卤代烃前体和惰性气体。

附图说明

[0020] 通过参考以下结合附图的描述,可以获取对本发明及其优点的更透彻的理解,其中,相似的附图标记指示相似的特征。然而,应注意,这些附图仅展示了所披露的构思的示例性实施例,并且因此不被认为限制了范围,因为所披露的构思可以承认其它同等有效的实施例。

[0021] 图1A至图1F示出了用于图案化衬底的改进的工艺流程,并且更具体地,用于图案化极紫外(EUV)光致抗蚀剂的改进的工艺流程。

[0022] 图2是示出了用于图案化衬底的方法的一个实施例的流程图。

[0023] 图3是示出了用于图案化衬底的方法的另一个实施例的流程图。

[0024] 图4是示出了等离子体加工系统的一个实施例的框图,该等离子体加工系统可用于使用本文所描述的技术来图案化衬底。

具体实施方式

[0025] 本文提供了用于图案化极紫外(EUV)(或较低波长)光致抗蚀剂的改进的工艺流程和方法。更具体地,本文提供了用于图案化金属氧化物光致抗蚀剂的改进的工艺流程和方法,该金属氧化物光致抗蚀剂可用于EUV或较低波长光刻以将图案转移到形成在衬底上的一个或多个下层上。本文披露的工艺流程和方法可以利用各种各样的金属氧化物材料,包括但不限于包括锡(Sn)、铪(Hf)和锆(Zr)的金属氧化物。尽管本文披露了包含Sn、Hf或Zr的金属氧化物材料作为示例,但本文披露的工艺流程和方法可扩展到其它金属氧化物材料和

包含金属的光致抗蚀剂。如本文所描述,讨论了利用EUV波长光的示例实施例。然而,本文所利用的技术不限于EUV波长。此外,这些技术对于EUV或较低波长光可以是特别有利的。因此,尽管在本文的一些示例中关于EUV波长进行了描述,但是所提供的技术也可以应用于EUV或较低波长光。

[0026] 在所披露的工艺流程和方法中,包括金属氧化物光致抗蚀剂的图案化层形成在衬底上设置的一个或多个下层上,并且图案化层的未被光源与图案化层之间的掩模保护的部分曝光于EUV光。EUV曝光将金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分内的有机配体与金属氧化物结构(例如,笼或链)分离,同时使金属氧化物光致抗蚀剂的未曝光部分保持不变。在EUV曝光之后,执行烘烤工艺以释放从金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分释出的有机配体,并且使用等离子体工艺来去除(例如,刻蚀)曝光部分以显影金属氧化物光致抗蚀剂图案。以这种方式,提供了金属氧化物光致抗蚀剂的干法等离子体显影。

[0027] 本文所描述的等离子体工艺可以使用多个沉积和刻蚀步骤来显影金属氧化物光致抗蚀剂图案。在一些实施例中,基于烃或碳氟化合物的等离子体可用于沉积步骤,以选择性地将保护层(或膜)沉积到金属氧化物光致抗蚀剂的未曝光部分上。在刻蚀步骤期间,基于氢或卤素的等离子体可用于选择性地将金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分的表面转化为挥发性材料(例如,金属氢化物、卤化物或氯化物),该挥发性材料可例如经由离子轰击去除。选择性地沉积到金属氧化物光致抗蚀剂的未曝光部分上的保护层保护未曝光部分免受侵蚀,同时在刻蚀步骤期间金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分被选择性地刻蚀。在一些实施例中,本文所描述的等离子体显影工艺可以以循环方式继续,重复选择性沉积和选择性刻蚀步骤,直到金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分被完全去除。

[0028] 因此,本文披露了一种用于金属氧化物光致抗蚀剂的新颖的等离子体显影工艺,用于先进EUV图案化。等离子体显影工艺允许通过精确的等离子体工艺控制在分子/原子水平上进行选择性沉积和选择性刻蚀。除了其它等离子体工艺参数之外,选择等离子体前体以在选择性刻蚀步骤中将EUV激活区域的表面(即,金属氧化物光致抗蚀剂的曝光部分)选择性地转化为更具挥发性的材料(例如,金属氢化物、卤化物或氯化物),以及在选择性沉积步骤中在未激活区域(即,金属氧化物光致抗蚀剂的未曝光部分)上选择性地沉积保护层。在一些实施例中,本文披露的等离子体加工步骤可以在等离子体加工室内使用用于沉积和刻蚀步骤两者的相同等离子体前体同时执行。在其它实施例中,等离子体加工步骤可以在等离子体加工室内隔离,使得不同的等离子体前体可以用于执行沉积和刻蚀步骤。

[0029] 图1A至图1F示出了根据本文披露的技术的用于图案化EUV金属氧化物光致抗蚀剂的改进的工艺流程的一个实施例。将认识到,图1A至图1F所示的实施例仅是示例性的,并且本文所描述的技术可以应用于其它工艺流程。

[0030] 如图1A所示,衬底100包括形成在一个或多个下层(诸如,例如,硬掩模层106、牺牲碳层104和基础衬底102)上的图案化层108。基础衬底102可以是期望使用图案化特征的任何衬底。例如,基础衬底102可以是其上形成有一个或多个半导体加工层的半导体衬底。在一个实施例中,基础衬底102可以是已经经受了多个半导体加工步骤的衬底,这些多个半导体加工步骤产生了各种各样的结构和层,所有这些结构和层都是在衬底加工领域中已知的。

[0031] 硬掩模层106和牺牲碳层104可以由本领域已知的多种材料中的任一种形成。在一

个实施例中,硬掩模层106可以是旋涂玻璃(SOG)层,并且牺牲碳层104可以是旋涂碳(SOC)层。然而,应当认识到,图中描述和示出的下层仅是示例性的,并且可以利用更多、更少或其它下层。

[0032] 图1A所示的图案化层108可以由通常在EUV光刻中使用的多种材料中的任一种形成。例如,图案化层108可以是金属氧化物光致抗蚀剂。在一些实施例中,图案化层108可以包括包含锡(Sn)、铪(Hf)或锆(Zr)的金属氧化物材料。也可以使用其它金属氧化物材料来实施图案化层108。在一些实施例中,可以使用含金属的非氧化物光致抗蚀剂材料来实施图案化层108。图案化层108通常可以使用多种沉积工艺中的任一种形成。在一些实施例中,例如,可以利用旋涂工艺来形成图案化层108。然而,本文所描述的技术不限于形成图案化层108的方法。

[0033] 在图1A所示的示例实施例中,图案化层108包括金属氧化物材料,该金属氧化物材料包括具有化学结合的有机配体(L)的金属氧化物结构(M-O)的簇。如下面更详细地描述的,图1B至图1C所示的工艺流程将图案化层108的部分曝光于极紫外(EUV)光以将有机配体(L)从金属氧化物结构(M-O)分离或释出,并且执行烘烤工艺以将释出的配体从图案化层108的EUV曝光部分释放。一旦有机配体被释出,就使用循环干法工艺来去除图案化层108的EUV曝光部分并显影金属氧化物光致抗蚀剂图案,如图1D至图1F所示。

[0034] 在图1A中形成图案化层108之后,在图案化层108上方设置掩模110,并且在图1B中执行EUV光刻步骤。在图1B所示的EUV光刻步骤期间,将图案化层108的曝光部分114(即,图案化层108的未被掩模110保护的部分)曝光于EUV光112。如图1B所示,EUV曝光仅在图案化层108的曝光部分114内将有机配体(L)与金属氧化物结构(M-O)分离,同时使图案化层108的未曝光部分116保持不变。

[0035] 在图1B中执行EUV光刻步骤之后,执行曝光后烘烤(PEB)工艺以从图案化层108的曝光部分114将释出的配体释放,在曝光部分114中仅留下致密的金属氧化物结构(M-O),如图1C所示。在执行PEB工艺之后,使用干法工艺(例如,等离子体显影工艺)来去除图案化层108的曝光部分114,以显影金属氧化物光致抗蚀剂图案。

[0036] 图1D至图1F示出了等离子体显影工艺的一个实施例,该等离子体显影工艺可用于根据本文所描述的技术来显影金属氧化物光致抗蚀剂图案。如下面更详细地描述的,所披露的等离子体显影工艺通常可以包括多个沉积和刻蚀步骤。在一些实施例中,等离子体显影工艺可通过将衬底100曝光于第一等离子体118以选择性地使保护层120沉积到图案化层108的未曝光部分116上来开始,如图1D所示。在未曝光部分116上形成保护层120之后,将衬底100曝光于第二等离子体122,以选择性地刻蚀或去除图案化层108的曝光部分114,如图1E所示。保护层120保护图案化层108的未曝光部分116免受侵蚀,同时在选择性刻蚀步骤期间图案化层108的曝光部分114被选择性地刻蚀或去除。在一些实施例中,图1D和图1E所示的等离子体显影工艺可以通过重复选择性沉积和选择性刻蚀步骤多次循环和/或直到图案化层108的曝光部分114被完全去除而以循环方式继续,如图1F所示。

[0037] 在图1D所示的选择性沉积步骤中可以使用各种等离子体化学物质。在一些实施例中,第一等离子体118可以使用基于烃或碳氟化合物的前体气体化学物质,来选择性地使保护层120沉积到图案化层108的未曝光部分116上。可在第一等离子体118内使用的基于烃和碳氟化合物的化学物质的示例包括但不限于 CH_4 、 C_4F_8 、 C_4F_6 或 CH_3F 。在图1D所示的选择性沉

积步骤中也可以使用其它基于烃或碳氟化合物的化学物质。

[0038] 在图1E所示的选择性刻蚀步骤中也可以使用各种等离子体化学物质。在一些实施例中,第二等离子体122可以使用含氢或卤素的前体气体化学物质将曝光部分114的表面转化为挥发性材料(例如,金属氢化物、卤化物或氯化物),并且可以使用惰性气体(诸如,例如,氩)经由离子轰击选择性地刻蚀或去除挥发面。可在第二等离子体122内使用的含氢或卤素的前体气体化学物质的示例包括但不限于在等离子体刻蚀中通常使用的烃(例如 CH_4)、卤烃(例如 CF_4 、 CHF_3)和其它基于卤素的化学物质(例如 BCl_3)。在一些实施例中,烃前体气体和惰性气体的组合可用于生成第二等离子体122。在其它实施例中,第二等离子体122可以包括卤烃、氢和惰性气体的组合。

[0039] 包括在第二等离子体122内的氢(或卤素)组分通过将曝光部分114内的金属氧化物材料的表面转化为挥发的金属氢化物、卤化物或氯化物来促进刻蚀,在一个实施例中经由离子轰击来去除这些金属氢化物、卤化物或氯化物。在一些实施例中,图1E所示的选择性刻蚀步骤可以通过将衬底100曝光于包含含氢(或卤素)的前体气体和惰性气体(诸如氩)的等离子体而作为单个步骤来执行。在其它实施例中,选择性刻蚀步骤可以是在将衬底100曝光于氩等离子体之前将衬底100曝光于基于氢(或卤素)的等离子体的循环工艺。

[0040] 尽管本文关于氩(Ar)描述了一个示例实施例,但是在图1D所示的选择性刻蚀步骤中,也可以使用其它惰性气体离子来轰击曝光部分114的表面。示例性惰性气体包括但不限于He、Ne、Kr和其它稀有气体。此外,其它气体可以与氩和/或稀有气体组合利用。例如,可以将其它气体添加到等离子体,因为等离子体不限于仅具有氩或稀有气体。例如,可以将其它惰性气体或非惰性气体的其它气体添加到该工艺。

[0041] 在一些实施例中,图1D和图1E所示的选择性沉积和选择性刻蚀步骤可以在等离子体加工室内同时执行,或者可替代地,可以隔离成两个等离子体加工步骤,并且例如通过一个或多个吹扫步骤分离。在一个实施例中,选择性沉积和刻蚀步骤可以在等离子体加工室内同时执行,使用相同的等离子体前体(例如, CH_4)用于沉积和刻蚀步骤两者。在其它实施例中,选择性沉积和刻蚀步骤可以在等离子体加工室内隔离,使得不同的等离子体前体可以用于沉积和刻蚀步骤。例如,选择性沉积和刻蚀步骤可以在等离子体加工室内隔离,使得烃前体(例如, CH_4)可以用于沉积步骤,而氢(H_2)、卤烃(例如, CF_4 或 CHF_3)和基于卤素的化学物质(例如, BCl_3)用于刻蚀步骤。

[0042] 图1D和图1E所示的选择性沉积和刻蚀步骤可以作为循环工艺来执行,该循环工艺重复多次循环,直到图案化层108的曝光部分114被完全去除,如图1F所示。每次执行刻蚀步骤时,形成在未曝光部分116上的保护层120中的一些或全部可以与曝光部分114的挥发面一起被去除。在一个实施例中,在每次循环之后可以保留非常薄的保护层。在每个后续沉积步骤,如图1F所示,在未曝光部分116的顶部和侧面上形成新的保护层120。为了避免刻蚀在图案化层108下方的硬掩模层106,本文所描述的选择性沉积和刻蚀步骤中使用的等离子体化学物质通常可以对硬掩模层106是选择性的。

[0043] 与使用湿法工艺来显影负色调金属氧化物光致抗蚀剂的传统图案显影工艺相比,图1D至图1F所示的等离子体显影工艺使用循环干法工艺来对正色调光致抗蚀剂进行图案显影。与负色调光致抗蚀剂不同,正色调光致抗蚀剂可用于窄几何工艺中的孔、块和线/空间图案化。通过利用循环干法工艺进行图案显影,本文所描述的等离子体显影工艺提供了

对表面反应的原子层控制,并且与传统湿法工艺图案显影相比改进了线边缘粗糙度(LER)和关键尺寸(CD)控制。本文所描述的等离子体显影工艺也比传统湿法工艺图案显影更清洁且更具成本效益。

[0044] 图2至图3示出了用于图案化衬底的示例性方法,这些示例性方法使用本文所描述的等离子体显影工艺。将认识到,图2至图3的实施例仅是示例性的,并且其它方法也可以利用本文所描述的技术。进一步地,可以将附加的加工步骤添加到图2至图3所示的方法中,因为所描述的步骤并非旨在是排他的。此外,步骤的顺序不限于图中所示的顺序,因为可能出现不同的顺序和/或可以组合地或同时地执行各种步骤。此外,尽管关于EUV光进行了描述,但将认识到,图2至图3的方法对于EUV或较低波长光可能是有利的。

[0045] 图2示出了方法200的一个实施例,该方法可以用于使用本文披露的技术图案化衬底。在一些实施例中,方法200可以通过在衬底上形成图案化层和一个或多个下层开始,其中该图案化层包括金属氧化物光致抗蚀剂(在步骤210中)。在形成图案化层之后,方法200执行极紫外(EUV)光刻步骤,其中图案化层的未被上覆掩模覆盖的部分曝光于EUV光(在步骤220中)。在步骤230中,方法200执行循环干法工艺以去除图案化层的曝光于EUV光的部分,并显影金属氧化物光致抗蚀剂图案。

[0046] 图3示出了方法300的另一个实施例,该方法可以用于使用本文披露的技术图案化衬底。在一些实施例中,方法300可以通过在衬底上形成图案化层和一个或多个下层开始,其中该图案化层包括金属氧化物光致抗蚀剂(在步骤310中)。在形成图案化层之后,方法300将图案化层的未被上覆在该图案化层上的掩模覆盖的部分曝光于极紫外(EUV)光(在步骤320中)。在步骤330中,方法300通过将衬底曝光于第一等离子体来选择性地将保护层沉积到图案化层的未曝光部分上。图案化层的未曝光部分被掩模覆盖并且不曝光于EUV光。在步骤340中,方法300通过将衬底曝光于第二等离子体来选择性地刻蚀图案化层的曝光部分。在步骤350中,方法300重复选择性沉积和选择性刻蚀,直到图案化层的曝光部分被完全去除。

[0047] 图4提供了等离子体加工系统400的一个示例实施例,该等离子体加工系统可以关于所披露的技术使用,并且仅出于说明性目的而提供。尽管图4所示的等离子体加工系统400是电容耦合等离子体(CCP)加工设备,但是本领域技术人员将认识到本文所描述的技术可以在以下设备中执行:电感耦合等离子体(ICP)加工设备、微波等离子体加工设备、径向线槽天线(RLSATM)微波等离子体加工设备、电子回旋共振(ECR)等离子体加工设备或其它类型的加工系统或系统的组合。因此,本领域技术人员将认识到,本文所描述的技术可以与各种各样的等离子体加工系统中的任一种一起使用。

[0048] 等离子体加工系统400可以用于各种各样的操作,包括但不限于刻蚀、沉积、清洁、等离子体聚合、等离子体增强化学气相沉积(PECVD)、原子层沉积(ALD)、原子层刻蚀(ALE)等。等离子体加工系统400的结构是公知的,并且本文所提供的特定结构仅是说明性的。将认识到,在仍利用本文所描述的技术的同时,可以实施不同和/或附加的等离子体加工系统。

[0049] 更详细地看向图4,等离子体加工系统400可以包括加工室405。如本领域中已知的,加工室405可以是受压力控制的室。衬底410(在一个示例中为半导体晶片)可以被固持在平台或吸盘415上。如所示的,可以设置上电极420和下电极425。上电极420可以通过第一

匹配网络455电耦合至第一射频(RF)源430。第一RF源430可以以较高频率(f_U)提供源电压435。下电极425可以通过第二匹配网络457电耦合至第二RF源440。第二RF源440可以以较低频率(f_L)提供偏置电压445。虽然未示出,但是本领域技术人员将知道,电压也可以施加到吸盘415。

[0050] 等离子体加工系统400的部件可以连接到控制单元470并由其控制,该控制单元进而可以连接至相应的存储器存储单元和用户界面(均未示出)。可以经由用户界面执行各种等离子体加工操作,并且可以将各种等离子体加工配方和操作存储在存储单元中。因此,可以利用各种微细加工技术在等离子体加工室内对给定的衬底进行加工。将认识到,控制单元470可以耦合到等离子体加工系统400的各种部件,以从这些部件接收输入和向这些部件提供输出。

[0051] 控制单元470可以以各种方式实施。例如,控制单元470可以是计算机。在另一个示例中,控制单元可以包括被编程为提供本文所描述的功能的一个或多个可编程集成电路。例如,一个或多个处理器(例如,微处理器、微控制器、中央处理单元等)、可编程逻辑器件(例如,复杂可编程逻辑器件(CPLD)、现场可编程门阵列(FPGA)等)和/或其它可编程集成电路可以使用软件或其它编程指令进行编程,以实施所禁止的等离子体工艺方案的功能。应进一步注意的是,可以将软件或其它编程指令存储在一个或多个非暂态计算机可读介质(例如存储器存储装置、闪存、动态随机存取(DRAM)存储器、可重编程存储装置、硬盘驱动器、软盘、DVD、CD-ROM等)中,并且软件或其它编程指令当由可编程集成电路执行时使可编程集成电路执行本文所描述的工艺、功能和/或能力。也可以实施其它变型。

[0052] 在操作中,当从第一RF源430和第二RF源440向系统施加功率时,等离子体加工系统400使用上电极和下电极在加工室405中生成等离子体460。施加功率导致在上电极420与下电极425之间生成高频电场。然后将输送到加工室405的(多种)加工气体离解并转化为等离子体460。所生成的等离子体460可用于在各种类型的处理,诸如但不限于等离子体沉积、刻蚀和/或离子轰击/溅射中加工目标衬底(诸如衬底410或任何待加工的材料)。

[0053] 在一些实施例中,可以使用相同的等离子体460同时执行本文披露的选择性沉积和刻蚀步骤。例如,基于烃(诸如, CH_4)的等离子体460可用于选择性地未曝光部分116上沉积保护层,并选择性地刻蚀图案化层108的曝光部分114。在其它实施例中,本文披露的选择性沉积和刻蚀步骤可以使用不同的等离子体460,这些等离子体例如通过一个或多个吹扫步骤在加工室405内隔离。

[0054] 如图4所示,本文所描述的示例性等离子体加工系统400利用两个RF源。在示例性实施例中,第一RF源430以相对高的频率提供源功率以将输送到加工室405中的(多种)加工气体转化成等离子体并控制等离子体密度,而第二RF源440以较低的频率提供偏置功率以控制离子轰击能量。

[0055] 在一个示例等离子体加工系统中,第一RF源430可以向上电极420提供在从约3MHz至150MHz(或以上)的高频(HF)范围内的约0至1400W的源功率,并且第二RF源440可以向下电极425提供在从约0.2MHz至60MHz的低频(LF)范围内的约0至1400W的偏置功率。取决于等离子体加工系统的类型和其中执行的处理(例如,刻蚀、沉积、溅射等)的类型,也可以使用不同的操作范围。

[0056] 在一个示例性实施例中,在图1D所示的沉积步骤中使用的第一等离子体118可以

在50W至1000W源功率、0W至200W偏置功率、10mT至200mT压力、0℃至150℃静电吸盘温度和50标准立方厘米 (SCCM) 的 CH_4 气流的工艺条件下执行。气流中也可以使用其它气体,诸如,例如 CH_3F 、 CH_2F_2 等。

[0057] 在一个示例性实施例中,在图1E所示的刻蚀步骤中使用的第二等离子体122可以在50W至1000W源功率、0W至200W偏置功率、10mT至200mT压力、10℃至150℃静电吸盘温度和20至100标准立方厘米 (SCCM) 的 CH_4 气流的工艺条件下执行。气流中也可以使用其它气体,诸如,例如 Cl_2 、 BCl_3 、惰性气体等。在一些实施例中,可调整或控制偏置功率以控制刻蚀步骤期间的离子轰击能量。在一些实施例中,单独的表面活化/离子轰击步骤可以在100W至500W源功率、0W至200W偏置功率、10mT至200mT压力、10℃至200℃静电吸盘温度和800标准立方厘米 (SCCM) 的Ar气流的工艺条件下执行。气流中也可以使用其它气体,诸如,例如He、Ne、Kr等。

[0058] 注意,本文所描述的技术可以在各种不同的等离子体加工系统内利用。尽管在图4中示出了特定的等离子体加工系统400,但是将认识到,本文所描述的技术可以在其它等离子体加工系统内利用。在一个示例系统中,可以切换图4所示的RF源(例如,可以向下电极425提供更高的频率,并且可以向上电极420提供更低的频率)。此外,在图4中仅作为示例系统示出了双源系统。将认识到,本文所描述的技术可与其它等离子体加工系统一起利用,其中调制RF电源被提供给一个或多个电极,利用直流(DC)偏置源,或利用其它系统部件。

[0059] 注意,可以使用各种沉积工艺来形成本文所示和所描述的材料层中的一种或多种。例如,可以使用化学气相沉积(CVD)、等离子体增强CVD(PECVD)、物理气相沉积(PVD)、原子层沉积(ALD)和/或其它沉积工艺来实施一种或多种沉积。在一种示例等离子体沉积工艺中,可以使用前体气体混合物,包括但不限于烃和碳氟化合物,可能与一种或多种稀释气体(例如,氩、氮等)在各种压力、功率、流量和温度条件下组合。

[0060] 进一步注意到,可以使用各种刻蚀工艺来刻蚀本文所示和所描述的材料层中的一个或多个。例如,可以使用等离子体刻蚀工艺、放电刻蚀工艺和/或其它所期望的刻蚀工艺来实施一种或多种刻蚀工艺。本文所描述的等离子体刻蚀工艺可以使用包含氢、卤烃和其它含卤素化学物质、氩和/或其它气体的等离子体来实施。如上所述,本文所描述的等离子体刻蚀工艺的一个或多个操作参数(例如,偏置功率)可以被调谐以控制刻蚀步骤期间的离子轰击能量。

[0061] 工艺步骤的其它操作变量也可以被调整以控制本文所描述的各种沉积和/或刻蚀工艺。操作变量可以包括例如室温度、室压力、气体的流速、气体的类型和/或用于加工步骤的其它操作变量。在仍然利用本文所描述的技术的同时,也可以实施变型。

[0062] 应注意,在整个本说明书中对“一个实施例”或“实施例”的提及意味着与实施例相结合描述的特定特征、结构、材料、或特性包括在本发明的至少一个实施例中,但是不表示它们存在于每个实施例中。因此,在整个本说明书中的各处出现的“在一个实施例中”或“在实施例中”的短语不一定指本发明的同一实施例。此外,在一个或多个实施例中,可以以任何合适的方式来组合特定特征、结构、材料或特性。在其它实施例中,可以包括各种附加的层和/或结构,和/或可以省略所描述的特征。

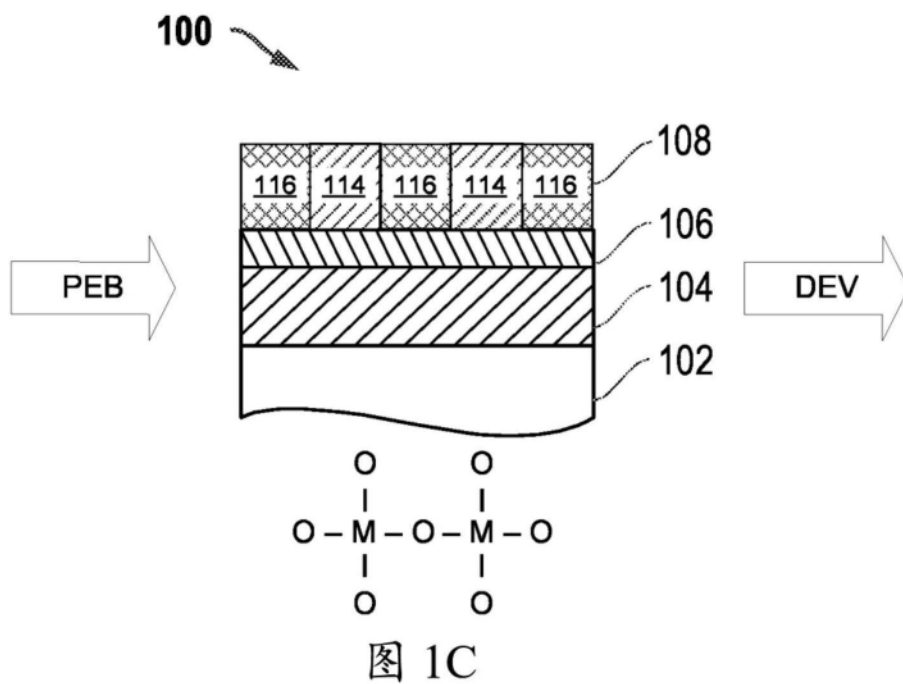
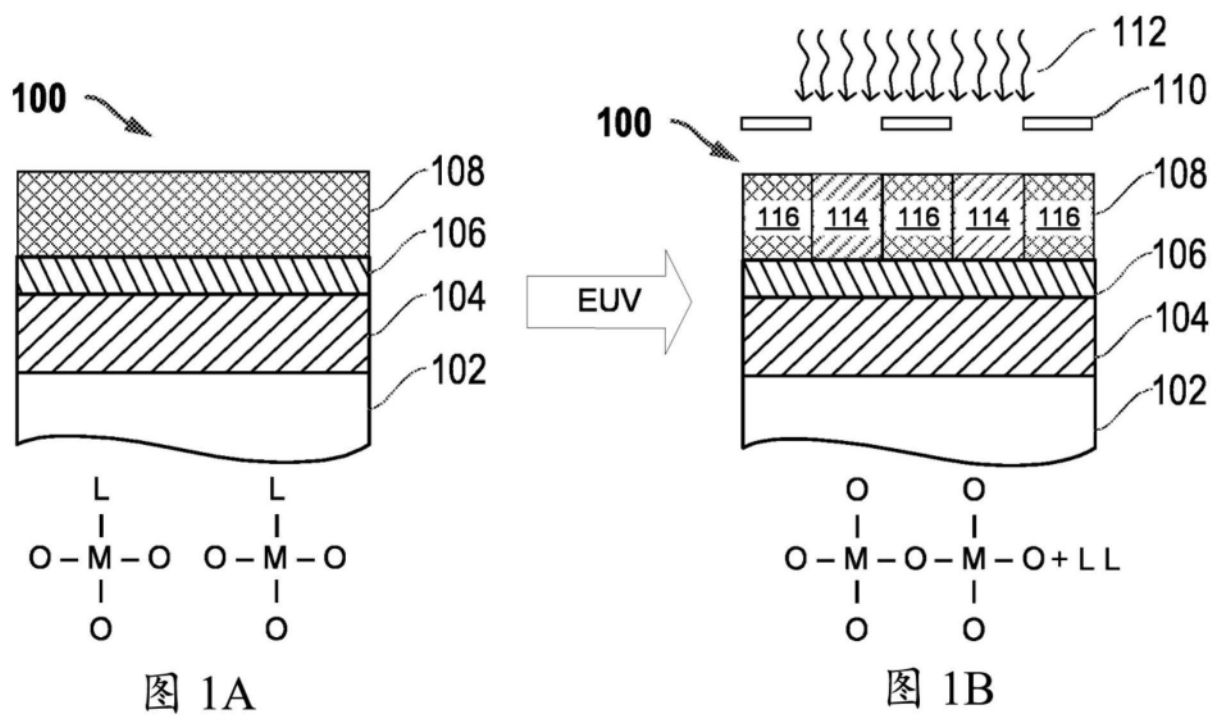
[0063] 如本文所使用的,术语“衬底”意指并且包括在其上形成材料的基础材料或构造。应该理解,衬底可以包括单一材料、不同材料的多个层、其中具有不同材料区域或不同结构

区域的一个或多个层等。这些材料可以包括半导体、绝缘体、导体或其组合。例如,衬底可以是半导体衬底,在支撑结构上的基础半导体层,在其上形成有一个或多个层、结构或区域的金属电极或半导体衬底。衬底可以是常规的硅衬底或包括半导体材料层的其它块状衬底。如本文所使用的,术语“块状衬底”是指硅晶圆,并且不仅包括硅晶圆,还包括绝缘体上硅(“SOI”)衬底(如蓝宝石上硅(“SOS”)衬底和玻璃上硅(“SOG”)衬底)、基础半导体基底上的硅外延层、以及其它半导体或光电材料(如硅锗、锗、砷化镓、氮化镓和磷化铟)。衬底可以是掺杂的或非掺杂的。

[0064] 在各个实施例中描述了用于加工衬底的系统和方法。衬底可以包括器件(特别是半导体或其它电子器件)的任何材料部分或结构,并且可以例如是基础衬底结构(诸如,半导体衬底)、或在基础衬底结构之上或上覆的层(诸如,薄膜)。因此,衬底不旨在限于图案化或未图案化的任何特定基础结构、下层或上覆层,而是设想为包括任何此类层或基础结构、以及层和/或基础结构的任何组合。

[0065] 相关领域的技术人员将认识到,可以在没有特定细节中的一个或多个的情况下或者利用其它替代和/或附加方法、材料或部件来实践各种实施例。在其它情况下,没有详细示出或描述众所周知的结构、材料、或操作,以避免模糊本发明的各种实施例的方面。类似地,出于解释的目的阐述了具体的数字、材料和配置,以便提供对本发明的透彻理解。然而,可以在没有具体细节的情况下实践本发明。此外,应该理解,附图中所示的各种实施例是说明性表示,并且不一定是按比例绘制的。

[0066] 鉴于该描述,所描述的系统和方法的进一步修改和替代性实施例对于本领域技术人员将是显而易见的。因此,将认识到,所描述的系统和方法不受这些示例布置的限制。应当理解的是,在本文示出和描述的系统和方法的形式将被视为示例实施例。可以在实施方式中进行各种改变。因此,尽管本文参考特定实施例描述了本发明,但是在不脱离本发明的范围的情况下可以进行各种修改和改变。因此,说明书和附图应被认为是说明性的而不具有限制性意义,并且这种修改旨在被包括在本发明的范围内。进一步地,本文中针对特定实施例描述的任何益处、优点或对问题的解决方案均不旨在被解释为任何或所有权利要求的关键、必需或必要特征或要素。



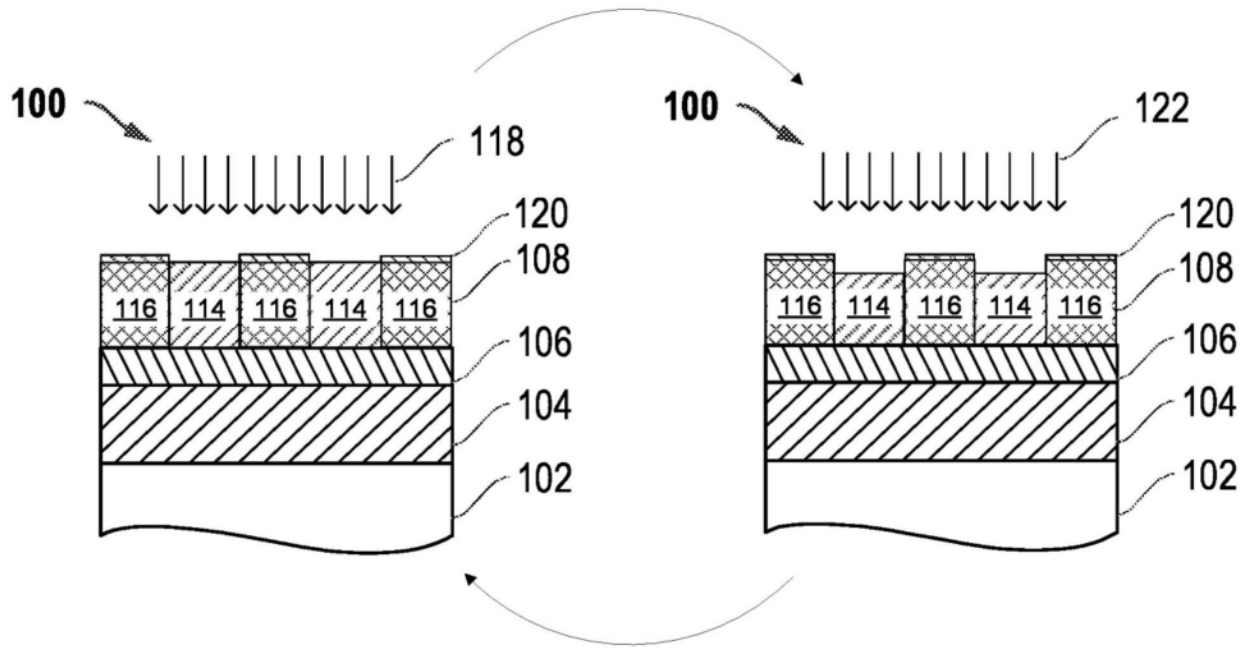


图 1D

图 1E

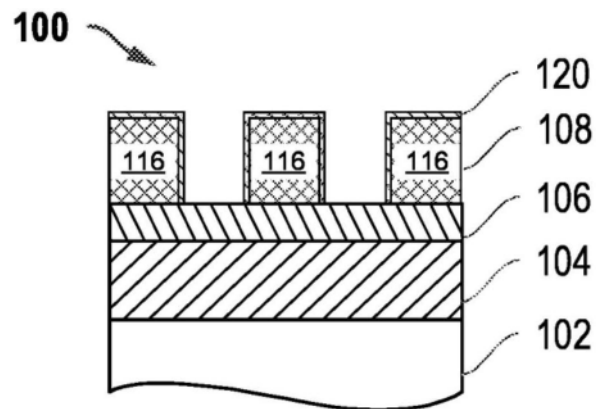


图1F

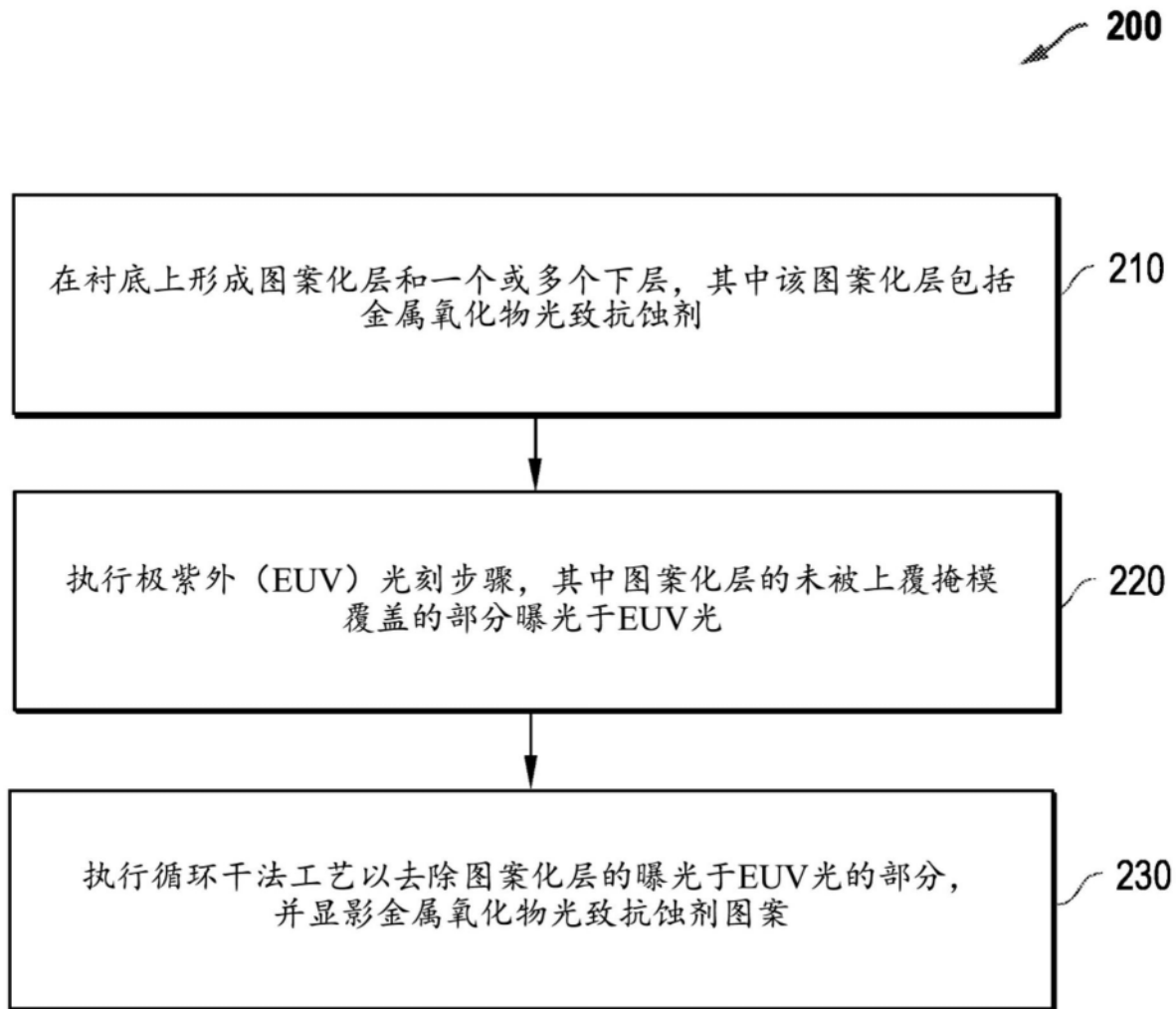


图2

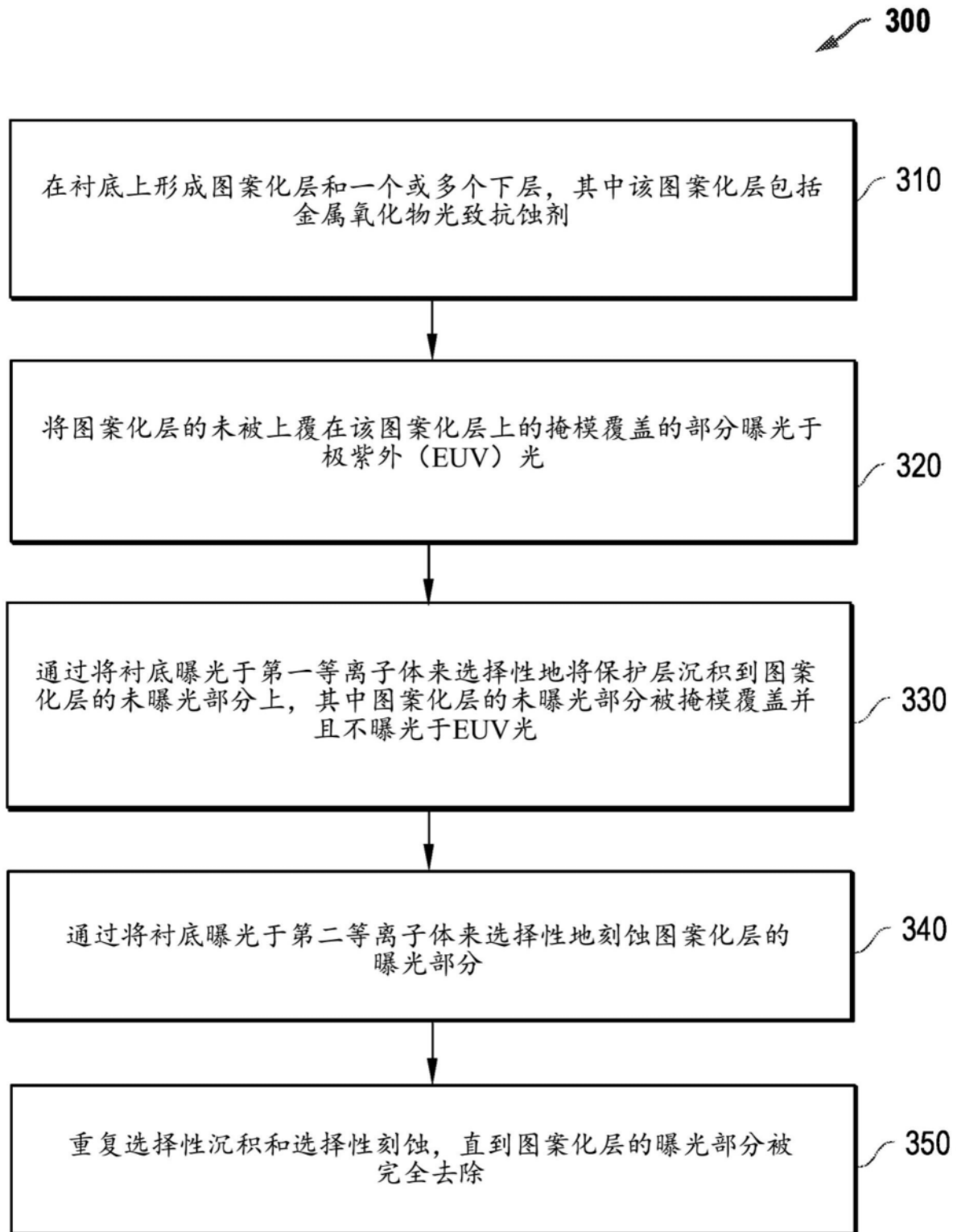


图3

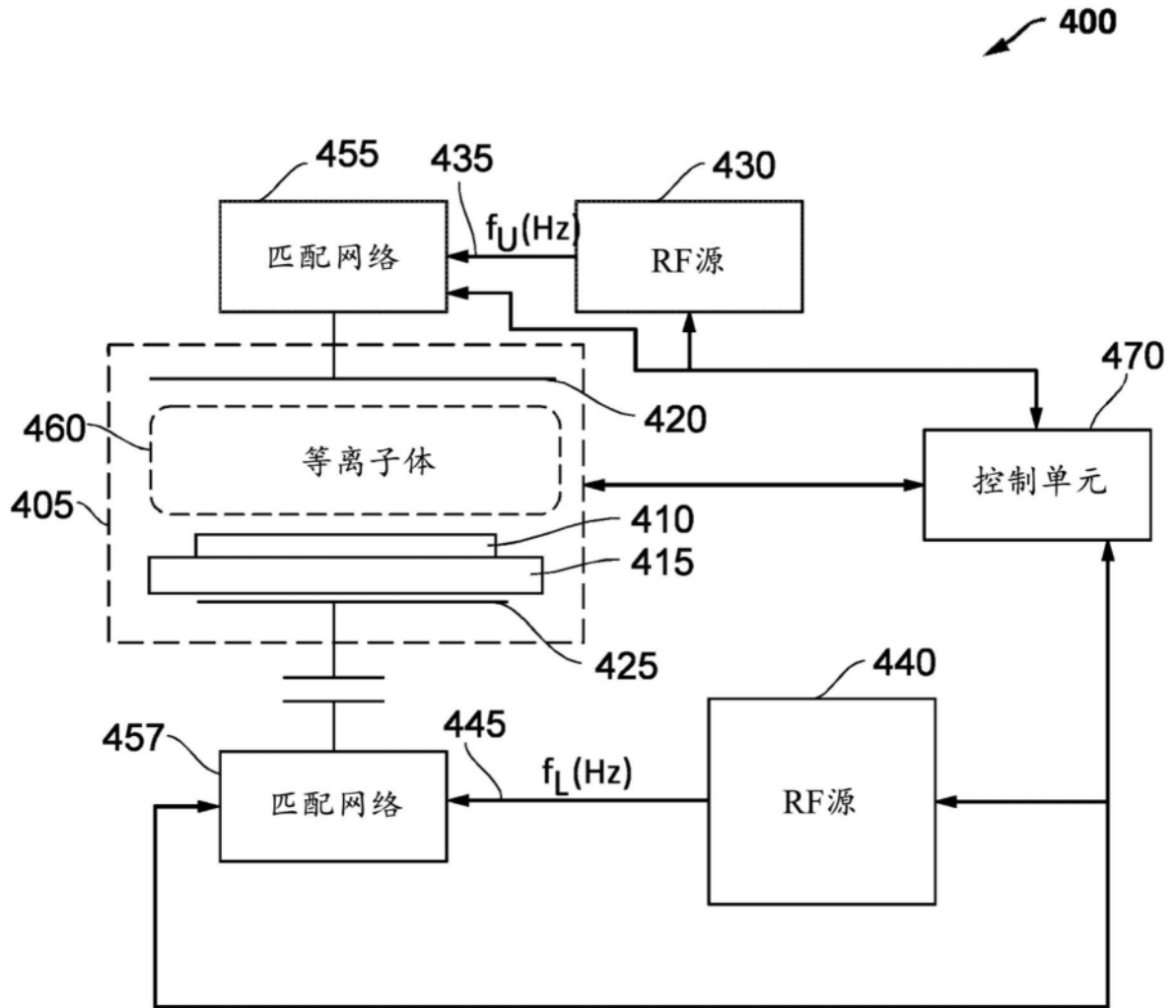


图4