

光刻方法及光刻系统

5 技术领域

本发明涉及半导体微结构加工技术领域，具体涉及一种光刻方法及光刻系统。

背景技术

- 10 集成电路的飞速发展有赖于相关的制造工艺——光刻技术的发展，光刻技术是迄今所能达到的最高精度的加工技术。光刻技术是一种精密的微细加工技术。常规光刻技术是采用波长为 135-4500 Å 的紫外光作为图像信息载体，以光致抗蚀剂为中间或图像记录媒介，实现图形的变换、转移和处理，最终把图像信息传递到晶圆(主要指硅片)、或介质层上的一种工艺。
- 15 从原理上，光刻技术是指在光照作用下，借助光致抗蚀剂（又名光刻胶）将掩模版上的图形转移到基片上的技术。其主要过程为：首先，紫外光通过掩模版照射到附有一层光刻胶薄膜的基片表面，引起曝光区域的光刻胶发生化学反应；再通过显影技术溶解去除曝光区域或未曝光区域的光刻胶，使掩模版上的图形被复制到光刻胶薄膜上；最后，利用刻蚀技术或沉积技术将图形转移到
- 20 基片上。其中，光刻胶主要可以分为正性光刻胶和负性光刻胶。正性光刻胶具有如下特性：其曝光部分会发生光化学反应而溶于显影液，而未曝光部分不溶于显影液。负性光刻胶具有如下特性：其曝光部分会因交联固化或光化学反应而不溶于显影液，而未曝光部分溶于显影液。

光刻是集成电路最重要的加工工艺，它的作用，如同金工车间中车床的作

25 用。在整个芯片制造工艺中，几乎每个工艺的实施，都离不开光刻的技术。光刻也是制造芯片的最关键技术，它占芯片制造成本的 35%以上。

光刻技术按曝光源主要分为光学光刻，常见的光源包括紫外光源(UV)、深紫外光源(DUV)、极紫外光源(EUV)，以及粒子束光刻，常见的粒子束光刻主要

有 X 射线、电子束和离子束光刻等。

通常，在光学光刻中，UV 只能实现一微米左右的图案分辨率。而 DUV、EUV 等虽然能实现更高的分辨率，但其价格昂贵。此外，在粒子束光刻中，电子束光刻、聚焦离子束光刻虽然也能一定程度上提高分辨率，但需要耗时长、多次循环的书写制程，大大降低了工作效率。

发明内容

本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供一种方法简单、比传统技术具有更小的线宽、可广泛应用于半导体工艺并具有广泛研究和应用价值的光刻方法。

本发明是为了解决上述问题而完成的，其目的在于，提供一种光刻方法，利用正负性光刻胶即正胶和负胶对光源响应的不同和曝光中得到曝光能量的不同，利用相互匹配的正负性光刻胶实际显影后图案大小的差异，得到基于原掩膜图案特征的轮廓线型图案，该轮廓线型图案的线宽小于原掩膜图案特征的线宽，从而可实现线条密度倍增，之后可以通过结合针对基底材料的沉积工艺或者刻蚀工艺，将轮廓线型图案进一步转移至目标材料。

解决技术问题的技术方案

为了解决上述问题，本发明的第一方面所涉及的光刻方法中，包括以下步骤：

- (1) 在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，并利用正性光刻胶在所述负胶层上形成正胶层；
- (2) 对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；
- (3) 用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的正性光刻胶；以及
- (4) 用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关

的暴露区，以暴露所述基底材料。

此外，本发明的第二方面所涉及的光刻方法中，包括以下步骤：

(1) 在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，在所述负胶层上形成隔层，并利用正性光刻胶在所述隔层上形成正胶层；

5 (2) 对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

(3) 用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的正性光刻胶；

10 (4) 用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的正胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的正胶层的图案一致；以及

(5) 用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关

15 的暴露区，以暴露所述基底材料。

此外，本发明的第三方面所涉及的光刻方法中，包括以下步骤：

(1) 在基底材料上利用正性光刻胶形成正胶层，在所述正胶层上形成隔层，并利用负性光刻胶在所述隔层上形成负胶层；

20 (2) 对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

(3) 用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除所述负图形区以外的负性光刻胶；

25 (4) 用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的负胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的负胶层的图案一致；以及

(5) 用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区的边缘部分的正性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相

关的暴露区，以暴露所述基底材料。

进一步地，在所述步骤(2)中，在曝光源下，使用载有模板图案的光刻掩膜版或者通过聚焦直写，对所述正胶层和所述负胶层进行曝光，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区。

- 5 进一步地，在所述步骤(2)中，利用投影式曝光的方式，在曝光源下，透
过载有所述模板图案的光刻掩膜版，对所述正胶层和所述负胶层进行曝光；
或者利用遮蔽式曝光的方式，在曝光源下，透过头有所述模板图案的光刻掩
膜版，对所述正胶层和所述负胶层进行曝光；或者利用反射式曝光的方式，
在曝光源下，通过在载有所述模板图案的光刻掩膜版上进行反射，对所述
10 正胶层和所述负胶层进行曝光。

进一步地，所述聚焦直写包括紫外光直写、深紫外光直写、极紫外光
直写、离子束直写、电子束直写或X射线直写。

进一步地，所述曝光源的波长为1~500nm，曝光后烘干的温度为30~
300℃。

- 15 进一步地，所述正性光刻胶包括正性紫外光刻胶、正性深紫外光刻胶、
正性极紫外光刻胶、正性电子束光刻胶、正性离子束光刻胶或正性X射线
光刻胶；所述负性光刻胶包括负性紫外光刻胶、负性深紫外光刻胶、负显
影深紫外光刻胶、负性极紫外光刻胶、负性电子束光刻胶、负性离子束光刻
胶或负性X射线光刻胶。

- 20 进一步地，所述正胶显影液是与所述正性光刻胶相对应的显影液，所
述负胶显影液是与所述负性光刻胶相对应的显影液。

进一步地，所述光刻方法还包括：通过材料沉积技术或者刻蚀技术在
所述基底材料上形成图案的步骤。

- 进一步地，所述材料沉积技术包括电化学沉积、电镀、CVD沉积、激光
25 溅射、磁控溅射、热蒸发、电子束蒸发或原子沉积；所述刻蚀技术包括湿
法刻蚀或干法刻蚀，所述湿法刻蚀包括电化学刻蚀或选择性刻蚀液体刻蚀，
所述干法刻蚀包括离子刻蚀或化学反应离子刻蚀。

进一步地，所述基底材料包括半导体、金属、绝缘体、聚合物或复合材

料。

进一步地，所述隔层包括无机物、聚合物或复合材料。

本发明的第四方面还提供一种光刻系统，包括层形成部、图形化部、正胶显影部、负胶显影部，所述光刻系统用于执行以下步骤：

5 （1）使用所述层形成部，在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，并利用正性光刻胶在所述负胶层上形成正胶层；

 （2）使用所述图形化部，对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

10 （3）使用所述正胶显影部，用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的正性光刻胶；以及

 （4）使用所述负胶显影部，用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

15 本发明的第五方面还提供一种光刻系统，包括层形成部、图形化部、正胶显影部、隔层显影刻蚀部、负胶显影部，所述光刻系统用于执行以下步骤：

 （1）使用所述层形成部，在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，在所述负胶层上形成隔层，并利用正性光刻胶在所述隔层上形成正胶层；

20 （2）使用所述图形化部，对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

 （3）使用所述正胶显影部，用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的正性光刻胶；

25 （4）使用所述隔层显影刻蚀部，用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的正胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的正胶层的图案一致；以及

 （5）使用所述负胶显影部，用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所

述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

本发明的第六方面还提供一种光刻系统，包括层形成部、图形化部、负胶显影部、隔层显影刻蚀部、正胶显影部，所述光刻系统用于执行以下步骤：

- 5 (1) 使用所述层形成部，在基底材料上利用正性光刻胶形成正胶层，在所述正胶层上形成隔层，并利用负性光刻胶在所述隔层上形成负胶层；
 (2) 使用所述图形化部，对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；
- 10 (3) 使用所述负胶显影部，用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除所述负图形区以外的负性光刻胶；
 (4) 使用所述隔层显影刻蚀部，用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的负胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的负胶层的图案一致；以及
- 15 (5) 使用所述正胶显影部，用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区的边缘部分的正性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

本发明还提供一种光刻系统控制方法，用于控制上述第四方面至第六方面所述的光刻系统执行各个步骤。

- 20 本发明还提供一种计算机设备，包括：存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现上述的光刻系统控制方法。

本发明还提供一种计算机可读介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现上述的光刻系统控制方法。

- 25 发明效果

与现有技术相比，本发明具有以下优点：

(1) 本发明具有效率高、成本低、操作简单的特点，实现了针对原始掩模图案的尺寸微缩，通过图案轮廓化，可实现比传统技术更小的线宽；

(2) 本发明通过在两层光刻胶之间涂覆隔层薄膜，从而还能够避免或者减少两层光刻胶在涂覆过程中发生溶解的现象。

附图说明

5 图1A是示出本发明实施方式1的光刻方法中在基底上涂覆负胶的步骤1A的示意图。

图1B是示出本发明实施方式1的光刻方法中在负胶上涂覆正胶的步骤2A的示意图。

10 图1C是示出本发明实施方式1的光刻方法中对两层光刻胶进行曝光的步骤3A的示意图。

图1D是示出本发明实施方式1的光刻方法中对正胶进行显影的步骤4A的示意图。

图1E是示出本发明实施方式1的光刻方法中对负胶进行显影的步骤5A的示意图。

15 图1F是示出本发明实施方式1的光刻方法中通过沉积技术进行沉积的步骤6A的示意图。

图1G是示出本发明实施方式1的光刻方法中在沉积之后去除光刻胶的步骤7A的示意图。

20 图1F' 是示出本发明实施方式1的光刻方法中通过刻蚀技术进行刻蚀的步骤6A' 的示意图。

图1G' 是示出本发明实施方式1的光刻方法中在刻蚀之后去除光刻胶的步骤7A' 的示意图。

图2A是示出本发明实施方式2的光刻方法中在基底上涂覆负胶的步骤1B的示意图。

25 图2B是示出本发明实施方式2的光刻方法中在负胶上涂覆隔层的步骤2B的示意图。

图2C是示出本发明实施方式2的光刻方法中在隔层上涂覆正胶的步骤3B的示意图。

图2D是示出本发明实施方式2的光刻方法中对两层光刻胶进行曝光的步

骤4B的示意图。

图2E是示出本发明实施方式2的光刻方法中对正胶进行显影的步骤5B的示意图。

图2F是示出本发明实施方式2的光刻方法中对隔层进行图案化的步骤5 6B的示意图。

图2G是示出本发明实施方式2的光刻方法中对负胶进行显影的步骤7B的示意图。

图2H是示出本发明实施方式2的光刻方法中通过沉积技术进行沉积的步骤8B的示意图。

10 图2I是示出本发明实施方式2的光刻方法中在沉积之后去除光刻胶的步骤9B的示意图。

图2H'是示出本发明实施方式2的光刻方法中通过刻蚀技术进行刻蚀的步骤8B'的示意图。

15 图2I'是示出本发明实施方式2的光刻方法中在刻蚀之后去除光刻胶的步骤9B'的示意图。

图3A是示出本发明实施方式3的光刻方法中在基底上涂覆正胶的步骤1C的示意图。

图3B是示出本发明实施方式3的光刻方法中在正胶上涂覆隔层的步骤2C的示意图。

20 图3C是示出本发明实施方式3的光刻方法中在隔层上涂覆负胶的步骤3C的示意图。

图3D是示出本发明实施方式3的光刻方法中对两层光刻胶进行曝光的步骤4C的示意图。

25 图3E是示出本发明实施方式3的光刻方法中对负胶进行显影的步骤5C的示意图。

图3F是示出本发明实施方式3的光刻方法中对隔层进行图案化的步骤6C的示意图。

图3G是示出本发明实施方式3的光刻方法中对正胶进行显影的步骤7C的示意图。

图4是示出利用本发明实施方式的光刻方法基于掩膜图案得到的轮廓线型图案的示意图。

图5是示意性地示出本发明实施方式1的光刻方法所对应的光刻系统的框图。

5 图6是示意性地示出本发明实施方式2的光刻方法所对应的光刻系统的框图。

图7是示意性地示出本发明实施方式3的光刻方法所对应的光刻系统的框图。

标号说明

- 10
- 101A、101B、101C 基底
- 102A、102B、102C 负性光刻胶(负胶层)
- 103A、103B、103C 正性光刻胶(正胶层)
- 104A、104B、104C 负性光刻胶上的曝光图案(负图形区)
- 105A、105B、105C 负性光刻胶上的曝光图案(正图形区)
- 15
- 106A、106B 沉积层
- 107A、107B 凹槽
- 108A、108B、108C 光刻掩膜版
- 110B、110C 隔层
- 10A、10B、10C 光刻系统
- 20
- 1001A、1001B、1001C 层形成部
- 1002A、1002B、1002C 图形化部
- 1003A、1003B、1003C 正胶显影部
- 1004A、1004B、1004C 负胶显影部
- 1005B、1005C 隔层显影刻蚀部

25

具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。本实施方式在以本发明技术方案为前提下进行实施，给出了详细的实施方式和具体的操作过程，但本发明的保护范围不限于下述的实施方式。

为了描述的方便，可在此使用空间相对术语，例如“之下”、“下方”、“下”、“上方”、“上”等，来描述如图所示的一个元件或特性相对于另一元件或特性的关系。应理解，空间相对术语旨在包括除了在下图所示的指向之外的使用或操作的器件不同指向。例如，如果将图中的器件翻转，
5 描述为在其它元件或特性“之下”或“下”的元件将被定向为在其它元件或特性“之上”。

除非另外限定，在此使用的术语具有与本发明所属领域的普通技术人员所通常理解相同的含义。术语应理解为具有与相关技术的上下文中的含义一致的含义，并不应以理想化或过度形式化来理解，除非在此明显地这样
10 限定。

实施方式 1

<基于双层光刻胶的光刻方法>

本发明的实施方式 1 提供一种光刻方法，该方法包括以下步骤：

(1) 在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，并利用正性光刻胶在
15 所述负胶层上形成正胶层；

(2) 对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

(3) 用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的
20 正性光刻胶；以及

(4) 用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

下面，参照图 1A、图 1B、图 1C、图 1D、图 1E、图 1F、图 1G、图 1F’、
25 图 1G’，对上述基于双层光刻胶的光刻方法的实施方式 1 进行详细说明。在各附图中，对于相同或相当的部分，附加相同标号进行说明。

图1A是示出本发明实施方式1的光刻方法中在基底上涂覆负胶的步骤1A的示意图。图1B是示出本发明实施方式1的光刻方法中在负胶上涂覆正胶

的步骤2A的示意图。

首先，如图 1A 所示，在步骤 1A 中，在基底 101A 上旋涂一层负性光刻胶 102A(即负胶层)，并烘干；然后，如图 1B 所示，在步骤 2A 中，在负性光刻胶 102A 上旋涂一层正性光刻胶 103A(即正胶层)，并烘干(对应于在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，并利用正性光刻胶在所述负胶层上形成正胶层)。

所述负性光刻胶包括负性紫外光刻胶、负性深紫外光刻胶、负显影深紫外光刻胶、负性极紫外光刻胶、负性电子束光刻胶、负性离子束光刻胶或负性 X 射线光刻胶，包括但不限于 NANOTM SU-8 Series 系列，HSQ，AZ 系列光刻胶（例如 AZ N4000，AZ N6000），HNR 系列光刻胶，SC 系列光刻胶，ma-N 系列光刻胶（例如 ma-N 400，ma-N 1400），AZ[®] nLOF[®] 2000 Series，AZ[®] nLOF[®] 5500 Photoresist，NR7-PY Series，NR9-PY Series，JSR WPR Series，NR71 Series NR9 Series 等。

正性光刻胶包括正性紫外光刻胶、正性深紫外光刻胶、正性极紫外光刻胶、正性电子束光刻胶、正性离子束光刻胶或正性 X 射线光刻胶，包括但不限于 MICROPOSIT S1800 系列光刻胶，BCI-3511 光刻胶，AZ 系列光刻胶（例如 AZ111，AZ 1500，AZ 3300，AZ 4999，AZ 6600，AZ 8112，AZ 3000，AZ 1075，AZ 700，AZ 900），HNR 500 系列光刻胶，OiR 系列光刻胶，TDMR-AR80 HP 6CP，PR1 系列光刻胶，ma-P 1200 系列光刻胶，SPR 系列光刻胶（例如 SPR 220，SPR 660，SPR3000 等），PMMA 系列光刻胶等。

此外，不同型号的正负光刻胶需要预先确认匹配度，下面给出两个正负光刻胶配对组的示例。第一组：正性光刻胶型号为 HTI 751，负性光刻胶型号为 SUN 9i；第二组：正性光刻胶型号为 AZ 1500，负性光刻胶型号为 AZ nlof 2020。

作为一个示例，旋涂负性光刻胶（以 SUN 9i，AZ nlof 2020 为例）的过程为：先在 800-1000 转/分的转速下旋涂 5-10 秒（此步骤可以省去），再在 4000-8000 转/分的转速下旋涂 30-40 秒，以 95-100℃烘烤 60-90 秒。

作为一个示例，旋涂正性光刻胶（以 HTI 751，AZ 1500 为例）的过程为：先在 800-1000 转/分的转速下旋涂 5-10 秒（此步骤可以省去），再在 2000-5000 转/分的转速下旋涂 30-40 秒，以 90-100℃烘烤 30-50 秒。

此外，不同的转速决定光刻胶的膜厚大小；根据不同的膜厚，调整前烘的温度和时间、以及之后的曝光量、曝光时间、显影时间等。

此外，基底的材料包括半导体、金属、绝缘体、聚合物或复合材料。

图1C是示出本发明实施方式1的光刻方法中对两层光刻胶进行曝光的步骤3A的示意图。

步骤 2A 之后，如图 1C 所示，在步骤 3A 中，在曝光源下，使用载有模板图案的光刻掩膜版或者通过聚焦直写(图 1C 中示出了光刻掩膜版 108A 的示例)，对两层光刻胶 102A、103A 进行曝光。曝光后，在负性光刻胶 102A 和正性光刻胶 103A 上分别形成大小不同的曝光图案 104A、105A(即负图形区、正图形区)，
10 然后进行烘干(对应于对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区)。

其中，曝光源包括紫外光源、深紫外光源、极紫外光源、离子束、电子束或 X 射线。作为一个示例，所述曝光源的波长可为 1-500 nm，曝光后烘干的温度可为 30-300℃。进一步地，所述曝光源的波长可为 350-400 nm，曝光后烘干的温度可为 95-105℃。
15

聚焦直写包括紫外光直写、深紫外光直写、极紫外光直写、离子束直写、电子束直写或 X 射线直写。作为一个示例，所述模板图案的特征线宽或者特征尺寸可为 2 nm-1000 μm。进一步地，所述模板图案的特征线宽或者特征尺寸
20 可为 2 nm-1 μm。

作为一个示例，将前烘过的作为基底的硅片固定在掩膜版下，之后置于紫外光光源之下，打开紫外光光源进行光刻。曝光时间根据使用的正负光刻胶配对组调整。以上面提到的配对为例，350-400 nm 波长下 100-200 mJ/cm² 的曝光通量适用于 HTI 751 与 SUN 9i、或者 AZ 1500 与 AZ nlof 2020 的光刻胶配对组。UV 波长的使用和曝光通量应考虑不同厚度的正性光刻胶(例如 HTI 751，AZ 1500)对紫外光的吸收作用，以确保在下层的负性光刻胶(例如 SUN 9i，AZ nlof 2020)能获得足够的曝光通量。因为 HTI 751 与 SUN 9i，AZ 1500 与 AZ nlof 2020 的光刻胶配对组对特定波长下的曝光通量响应不同，可以得
25

到基于掩膜版图案的不同尺寸的图案（例如图 1C 中的 104A、105A）。

作为一个示例，所述曝光可采用单次曝光的方式。作为一个示例，所述曝光还可采用多次曝光的方式。即，也可以分解为多次更短时间或者更小剂量的多次曝光叠加实现。

- 5 图1D是示出本发明实施方式1的光刻方法中对正胶进行显影的步骤4A的示意图。图1E是示出本发明实施方式1的光刻方法中对负胶进行显影的步骤5A的示意图。

步骤 3A 之后，如图 1D 所示，在步骤 4A 中，用正胶显影液对正性光刻胶进行显影（对应于用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的正性光刻胶）；然后，如图 1E 所示，在步骤 5A 中，用负胶显影液对负性光刻胶进行可控显影，仅洗去负性光刻胶上曝光图案 104A 的边缘部分，并暴露基底材料，从而将模板图案转换成轮廓线型图案（对应于用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料）。

- 15 所述正胶显影液是与所述正性光刻胶相对应的显影液，所述负胶显影液是与所述负性光刻胶相对应的显影液。比如，正胶显影液可以是 TMAH 2.38%，MF-26A，负胶显影液可以是 TMAH 2.38%，SU-8 developer 等。

作为一个示例，将曝光后的硅片置于对应的正性光刻胶显影液中，例如 TMAH 显影液，使硅片上被曝光的正性光刻胶被清洗掉，从而产生与曝光图案相反的图形，之后将硅片进行清洗，除去显影液并进行干燥，除去残留液体。然后，将曝光后的硅片置于对应的负性光刻胶显影液中，例如 TMAH 显影液，通过调控显影时间，使硅片上未被曝光的负性光刻胶被部分（非全部）洗掉，之后将硅片进行清洗，除去显影液并进行干燥，除去残留液体，从而产生曝光图案的轮廓线型图案。

- 25 此外，如果正负胶的显影液相同，例如均为 TMAH，则两步显影的步骤 4A 和步骤 5A 可以合并，中间无需额外的清洗干燥步骤。此外，应当对正胶和负胶以及对应的显影液进行交叉实验，从而制定最合适的显影工序。

图1F是示出本发明实施方式1的光刻方法中通过沉积技术进行沉积的

步骤6A的示意图。图1G是示出本发明实施方式1的光刻方法中在沉积之后去除光刻胶的步骤7A的示意图。

步骤5A之后，如图1F所示，在步骤6A中，可通过材料沉积技术形成沉积层106A。然后，如图1G所示，在步骤7A中，去除光刻胶，留下轮廓线型图案。

5 材料沉积技术包括电化学沉积、电镀、CVD沉积、激光溅射、磁控溅射、热蒸发、电子束蒸发或原子沉积。

图1F'是示出本发明实施方式1的光刻方法中通过刻蚀技术进行刻蚀的步骤6A'的示意图。图1G'是示出本发明实施方式1的光刻方法中在刻蚀之后去除光刻胶的步骤7A'的示意图。

10 步骤5A之后，如图1F'所示，在步骤6A'中，可通过刻蚀技术形成凹槽107A。然后，如图1G'所示，在步骤7A'中，去除光刻胶，留下轮廓线型图案。

此外，图4是示出利用本发明实施方式的光刻方法基于掩膜图案得到的轮廓线型图案的示意图。

如图4所示，通过采用本发明的实施方式1，可得到基于掩膜图案的轮廓线型图案，该轮廓线型图案的线宽小于掩膜图案的线宽，从而可实现线条密度倍增，可实现针对原始掩膜图案的尺寸微缩。此外，图4中，从左往右分别示出了掩膜图案为第一长方形、第二长方形、正方形、圆形以及不规则图形的示例，但本发明并不局限于此，可根据需要采用任意形状的掩膜图案，从而可实现任意形状的轮廓线型图案。

20 下面，对本发明的基于双层光刻胶的光刻方法的具体实施例进行详细说明。

(实施例1a)

作为一个示例，本实施例1a具体包括以下步骤：

(1) 涂覆负性光刻胶

25 将硅片放置于匀胶系统并固定。使负性光刻胶SUN 9i或AZ nlof 2020在1000 rpm×5 s+4000 rpm×40 s的条件下，进行光刻胶的旋涂，然后以100 - 100℃烘烤60秒。

(2) 涂覆正性光刻胶

将冷却过后的硅片放置于匀胶系统并固定。使正性光刻胶HTI 751或AZ

1500在800 rpm×5 s+2500 rpm×30 s的条件下, 进行光刻胶的旋涂, 然后以95 - 100℃烘烤40秒。

(3) 曝光

将经过以上步骤的硅片基底紧密固定在掩膜版下, 抽真空并正置于紫外光光源之下, 打开光源进行光刻操作。根据光刻胶配对组的种类和光刻胶层的厚度调整曝光时间。曝光结束后, 取下掩膜版, 将曝光过的硅片移到加热台上, 以100℃烘烤45秒。其中, 曝光通量例如为100 mJ/cm², 曝光通量可以根据需求进行改变。

(4) 正性光刻胶显影

10 将曝光后的硅片置于对应的正性光刻胶显影液中, 例如TMAH显影液, 使硅片上被曝光的正性光刻胶被清洗掉, 从而产生与曝光图案相反的图形, 之后将硅片进行清洗, 除去显影液并进行干燥, 除去残留液体。

(5) 负性光刻胶显影

将曝光后的硅片置于对应的负性光刻胶显影液中, 例如TMAH显影液, 15 通过调控显影时间, 使硅片上未被曝光的负性光刻胶被部分(非全部)洗掉, 之后将硅片进行清洗, 除去显影液并进行干燥, 除去残留液体, 从而产生基于掩膜图案的轮廓线型图案。

注意, 如果正负胶的显影液相同, 例如均为TMAH, 两步显影(4)(5)可以合并, 中间无需额外的清洗干燥步骤。

20 本实施例1a中, 作为一个示例, 可在上述步骤(1)~(5)的基础上进一步实施如下的沉积工序:

(6) 材料沉积

将显影之后的硅片置于蒸发镀膜仪内, 分子泵抽真空到10⁻⁶ Pa, 用1 Å/s和0.5 Å/s的速率分别热蒸发2纳米的铬薄膜和50纳米的金薄膜。2纳米的铬 25 薄膜用作金薄膜的粘附层。

(7) 去除光刻胶

待腔体冷却后, 解除真空, 将镀膜之后的硅片取出。把硅片浸没在丙酮中, 超声清洗直到光刻胶被全部除去, 留下金的轮廓线型图案。

本实施例1a中, 作为一个示例, 还可在上述步骤(1)~(5)的基础上进

一步实施如下的刻蚀工序：

(6') 干法刻蚀

将作为光刻后的硅晶圆置于离子刻蚀机内，通过等离子体气体以光刻胶图案为掩模，刻蚀裸露的硅基底，即可在轮廓线型图案处，将图案刻蚀到硅晶圆上。

(7') 去除光刻胶

将硅晶圆浸没在丙酮中，超声清洗直到光刻胶被全部除去，从而在硅晶圆表面制备出轮廓线型图案。

(实施例1b)

10 关于曝光，在实施例 1a 中，使用了将硅片基底紧密固定在掩膜版下抽真空并正置于紫外光光源之下的曝光方式，但本发明并不局限于此。例如，本发明的正负双层光刻胶光刻技术也可使用投影式曝光的方式。以下，在本实施例 1b 中，以紫外光波长小于 400 nm 的投影式紫外光刻系统为例，对本发明的正负双层光刻胶光刻技术的曝光步骤进行说明（由于其余步骤与实施例 1a 相类似，
15 因此这里仅对曝光步骤（3）进行说明，而省略关于其余步骤的重复说明）。

(3) 投影式紫外曝光

将经过以上步骤的硅片基底紧密固定在投影式光刻机的样品台上，透过光刻掩膜版，进行投影式紫外曝光操作。根据光刻胶配对组的种类和光刻胶层的厚度调整曝光时间。曝光结束后，将曝光过的硅片移到加热台上，
20 以110℃烘烤90秒。其中，曝光通量例如为100 mJ/cm²，其可以根据需求进行改变。

(实施例1c)

关于曝光，在实施例1a中，使用了将硅片基底紧密固定在掩膜版下抽真空并正置于紫外光光源之下的曝光方式，在实施例1b中，使用了投影式
25 曝光的方式，但本发明并不局限于此。例如，本发明的正负双层光刻胶光刻技术也可使用紫外直写曝光的方式。以下，在本实施例1c中，对使用紫外直写曝光的本发明的正负双层光刻胶光刻技术的曝光步骤进行说明（由于其余步骤与实施例1a相类似，因此这里仅对曝光步骤（3）进行说明，而省略关于其余步骤的重复说明）。

(3) 紫外直写曝光

将经过以上步骤的硅片基底紧密固定在曝光源下，打开紫外直写系统进行直写曝光操作。根据光刻胶配对组的种类和光刻胶层的厚度调整曝光时间。曝光结束后，取下掩膜版，将曝光过的硅片移到加热台上，以110℃
5 烘烤60秒。其中，曝光通量例如为100 mJ/cm²，其可以根据需求进行改变。

(实施例1d)

关于曝光，在实施例1a中，使用了将硅片基底紧密固定在掩膜版下抽真空并正置于紫外光光源之下的曝光方式，在实施例1b中，使用了投影式曝光的方式，在实施例1c中，使用了紫外直写曝光的方式，但本发明并不
10 局限于此。例如，本发明的正负双层光刻胶光刻技术也可使用电子束直写曝光的方式。以下，在本实施例1d中，对使用电子束直写曝光的本发明的正负双层光刻胶光刻技术的主要步骤进行说明。

(1) 旋涂负性光刻胶

将清洗过后的硅片放置于旋涂仪，真空固定。滴涂负性电子束光刻胶
15 HSQ，进行光刻胶的旋涂，进行前烘。

(2) 旋涂正性光刻胶

将冷却过后的硅片放置于旋涂仪，真空固定。滴涂正性电子束光刻胶 PMMA，进行光刻胶的旋涂，进行前烘。

(3) 电子束直写曝光

20 将经过以上步骤的硅片基底放置于电子束直写系统内，进行电子束直写操作。根据光刻胶配对组的种类和光刻胶层的厚度调整电子束曝光剂量。电子束直写曝光结束后，将曝光过的硅片移到加热台上，进行后烘。其中，曝光通量例如为500 μC/cm²，其可以根据需求进行改变。

(4) 正性光刻胶显影

25 后烘结束，待硅片冷却到室温后，进行分别显影，过程为：将光刻后的硅片置于正性电子束光刻胶显影液（MIBK:IPA显影液）中，使硅片上被曝光的正性光刻胶被清洗掉；之后将硅片取出并用水清洗，用氮气流吹干。

(5) 负性光刻胶显影

再将硅片置于负性电子束光刻胶显影液（TMAH显影液）中，部分去除

未曝光过的正性光刻胶下面的未被曝光过的负性光刻胶PMMA；之后将硅片取出并用水清洗，用氮气流吹干。制备出基于模板图案的轮廓线型图案。

后续可进一步结合材料沉积或者干法/湿法刻蚀等步骤去实现凸起或者下凹的结构，由于与实施例1a中的步骤（6）（7）、步骤（6'）（7'）

5 相似，这里不再进行重复说明。

实施方式 2

<基于负胶+隔层薄膜+正胶的光刻方法>

本发明的实施方式 1 提供一种基于负胶+隔层薄膜+正胶的光刻方法，该
10 方法包括以下步骤：

（1）在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，在所述负胶层上形成隔层，并利用正性光刻胶在所述隔层上形成正胶层；

（2）对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述
15 负图形区；

（3）用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的正性光刻胶；

（4）用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的正胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的
20 正胶层的图案一致；以及

（5）用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

下面，参照图 2A、图 2B、图 2C、图 2D、图 2E、图 2F、图 2G、图 2H、
25 图 2I、图 2H'、图 2I'，对上述基于负胶+隔层薄膜+正胶的光刻方法的实施方式 2 进行详细说明。在各附图中，对于相同或相当的部分，附加相同标号进行说明。此外，对于本实施方式 2 中与上述实施方式 1 相类似的部分，省略重复说明。

图2A是示出本发明实施方式2的光刻方法中在基底上涂覆负胶的步骤1B的示意图。图2B是示出本发明实施方式2的光刻方法中在负胶上涂覆隔层的步骤2B的示意图。图2C是示出本发明实施方式2的光刻方法中在隔层上涂覆正胶的步骤3B的示意图。

- 5 首先，如图 2A 所示，在步骤 1B 中，在基底 101B 上旋涂一层负性光刻胶 102B(即负胶层)，并烘干；然后，如图 2B 所示，在步骤 2B 中，在负性光刻胶 102B 上涂覆隔层薄膜 110B；然后，如图 2C 所示，在步骤 2C 中，在隔层薄膜 110B 上旋涂一层与所述负性光刻胶 102B 相匹配的正性光刻胶 103B(即正胶层)，并烘干(对应于在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，在所述负胶层
- 10 上形成隔层，并利用正性光刻胶在所述隔层上形成正胶层)。

负性光刻胶包括负性紫外光刻胶、负性深紫外光刻胶、负性极紫外光刻胶、负性电子束光刻胶、负性离子束光刻胶或负性 X 射线光刻胶。正性光刻胶包括正性紫外光刻胶、正性深紫外光刻胶、正性极紫外光刻胶、正性电子束光刻胶、正性离子束光刻胶或正性 X 射线光刻胶。

- 15 此外，不同型号的正负光刻胶需要预先确认匹配度，下面给出两个正负光刻胶配对组的示例。第一组：正性光刻胶型号为 HTI 751，负性光刻胶型号为 SUN 9i；第二组：正性光刻胶型号为 AZ 1500，负性光刻胶型号为 AZ nlof 2020。

- 作为一个示例，旋涂负性光刻胶(以 SUN 9i，AZ nlof 2020 为例)的过程为：先在 800-1000 转/分的转速下旋涂 5-10 秒(此步骤可以省去)，再在
- 20 4000-8000 转/分的转速下旋涂 30-40 秒，以 95-100℃烘烤 60-90 秒。

作为一个示例，旋涂正性光刻胶(以 HTI 751，AZ 1500 为例)的过程为：先在 800-1000 转/分的转速下旋涂 5-10 秒(此步骤可以省去)，再在 2000-5000 转/分的转速下旋涂 30-40 秒，以 90-100℃烘烤 30-50 秒。

- 此外，不同的转速决定光刻胶的膜厚大小；根据不同的膜厚，调整前烘的
- 25 温度和时间、以及之后的曝光量、曝光时间、显影时间等。

此外，基底的材料包括半导体、金属、绝缘体、聚合物或复合材料。

图2D是示出本发明实施方式2的光刻方法中对两层光刻胶进行曝光的步骤4B的示意图。

步骤 3B 之后, 如图 2D 所示, 在步骤 4B 中, 在曝光源下, 使用载有模板图案的光刻掩膜版或者通过聚焦直写(图 2D 中示出了光刻掩膜版 108B 的示例), 对两层光刻胶 102B、103B 进行曝光。曝光后, 在负性光刻胶 102B 和正性光刻胶 103B 上分别形成大小不同的曝光图案 104B、105B(即负图形区、正图形区), 5 然后进行烘干(对应于对所述负胶层和所述正胶层进行图形化, 从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区, 其中, 所述正图形区大于所述负图形区)。

其中, 曝光源包括紫外光源、深紫外光源、极紫外光源、离子束、电子束或 X 射线。聚焦直写包括紫外光直写、深紫外光直写、极紫外光直写、离子束直写、电子束直写或 X 射线直写。模板图案的特征线宽或者特征尺寸为 2 10 nm-1000 μm 。

作为一个示例, 将前烘过的作为基底的硅片固定在掩膜版下, 之后置于紫外光光源之下, 打开紫外光光源进行光刻。曝光时间根据使用的正负光刻胶配对组调整。以上面提到的配对为例, 350-400 nm 波长下 100-200 mJ/cm^2 的曝光通量适用于 HTI 751 与 SUN 9i、或者 AZ 1500 与 AZ nlof 2020 的光刻胶配对组。UV 波长的使用和曝光通量应考虑不同厚度的正性光刻胶(例如 HTI 751, 15 AZ 1500)对紫外光的吸收作用, 以确保在下层的负性光刻胶(例如 SUN 9i, AZ nlof 2020)能获得足够的曝光通量。因为 HTI 751 与 SUN 9i, AZ 1500 与 AZ nlof 2020 的光刻胶配对组对特定波长下的曝光通量响应不同, 可以得到 20 基于掩膜版图案的不同尺寸的图案(例如图 2D 中的 104B、105B)。

作为一个示例, 所述曝光可采用单次曝光的方式。作为一个示例, 所述曝光还可采用多次曝光的方式。即, 也可以分解为多次更短时间或者更小剂量的多次曝光叠加实现。

图2E是示出本发明实施方式2的光刻方法中对正胶进行显影的步骤5B 25 的示意图。图2F是示出本发明实施方式2的光刻方法中对隔层进行图案化的步骤6B的示意图。图2G是示出本发明实施方式2的光刻方法中对负胶进行显影的步骤7B的示意图。

步骤 4B 之后, 如图 2E 所示, 在步骤 5B 中, 用正胶显影液对正性光刻胶进

行显影(对应于用正胶显影液对所述正胶层进行显影,以去除所述正图形区中的正性光刻胶);然后,如图2F所示,在步骤6B中,用隔层薄膜显影液对隔层薄膜进行显影,或者以显影后的正性光刻胶的图案为抗刻蚀掩膜对隔层薄膜进行刻蚀,以使得隔层薄膜的图案与显影后的正性光刻胶的图案一致

5 (对应于用隔层显影液对所述隔层进行显影,或者以显影后的正胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀,以使得所述隔层的图案与显影后的正胶层的图案一致);然后,如图2G所示,在步骤7B中,用负胶显影液对负性光刻胶进行可控显影,仅洗去负性光刻胶上曝光图案104B的边缘部分,并暴露基底材料,从而将模板图案转换成轮廓线型图案(对应于用负胶显影液对所述负胶层进行显影,以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶,进而提供与

10 所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区,以暴露所述基底材料)。

作为一个示例,将曝光后的硅片置于对应的正性光刻胶显影液中,例如TMAH显影液,使硅片上被曝光的正性光刻胶被清洗掉,从而产生与曝光图案相反的图形,之后将硅片进行清洗,除去显影液并进行干燥,除去残留

15 液体。然后,将曝光后的硅片置于对应的隔层薄膜显影液中,例如TMAH显影液,或者采用干法刻蚀等手段,以正胶图案为抗刻蚀掩膜,使正性光刻胶的图案转移至下方隔层薄膜上,之后根据情况将硅片进行清洗干燥,从而使得隔层薄膜获得与正胶图案一致或者接近的图案。然后,将曝光后的硅片置于对应的负性光刻胶显影液中,例如TMAH显影液,通过调控显影时

20 间,使硅片上未被曝光的负性光刻胶被部分(非全部)洗掉,之后将硅片进行清洗,除去显影液并进行干燥,除去残留液体,从而得到曝光图案的轮廓线型图案。

此外,如果正胶、负胶、隔层薄膜的显影液相同,或者其中两者的显影液相同,则对应的显影步骤可以根据实际情况进行合并,从而可减少清洗

25 干燥步骤。此外,应当对正胶、负胶和隔层薄膜以及对应的显影液进行交叉实验,从而制定最合适的显影工序。

图2H是示出本发明实施方式2的光刻方法中通过沉积技术进行沉积的步骤8B的示意图。图2I是示出本发明实施方式2的光刻方法中在沉积之后去

除光刻胶的步骤9B的示意图。

步骤7B之后，如图2H所示，在步骤8B中，可通过材料沉积技术形成沉积层106B。然后，如图2I所示，在步骤9B中，去除光刻胶，留下轮廓线型图案。

材料沉积技术包括电化学沉积、电镀、CVD沉积、激光溅射、磁控溅射、

5 热蒸发、电子束蒸发或原子沉积。

图2H' 是示出本发明实施方式2的光刻方法中通过刻蚀技术进行刻蚀的步骤8B' 的示意图。图2I' 是示出本发明实施方式2的光刻方法中在刻蚀之后去除光刻胶的步骤9B' 的示意图。

步骤7B之后，如图2H' 所示，在步骤8B' 中，可通过刻蚀技术形成凹槽107B。然后，如图2I' 所示，在步骤9B' 中，去除光刻胶，留下轮廓线型图案。

通过采用本发明的实施方式2，如图4所示，也可得到基于掩膜图案的轮廓线型图案，该轮廓线型图案的线宽小于掩膜图案的线宽，从而可实现线条密度倍增，可实现针对原始掩膜图案的尺寸微缩；并且，通过在两层光刻胶之间涂覆隔层薄膜，从而还能够避免或者减少两层光刻胶在涂覆过程中发生溶解的现象。

(实施例2a)

作为一个示例，本实施例2a具体包括以下步骤：

(1) 涂覆负性光刻胶

将硅片放置于匀胶系统并固定。使负性光刻胶SUN 9i或AZ nlof 2020在1000 rpm×5 s+4000 rpm×40 s的条件下，进行光刻胶的旋涂，然后以100 - 100℃烘烤60秒。

(2) 涂覆隔层薄膜

将硅片放置进隔层薄膜涂覆系统（气相镀膜、刮涂、喷涂或旋涂等方式），进行隔层薄膜涂覆。隔层薄膜包括无机物、聚合物或复合材料。隔层的作用是避免或者减少两层光刻胶在涂覆过程中产生溶解的现象。

(3) 涂覆正性光刻胶

将冷却过后的硅片放置于匀胶系统并固定。使正性光刻胶HTI 751或AZ 1500在800 rpm×5 s+2500 rpm×30 s的条件下，进行光刻胶的旋涂，然后以95 - 100℃烘烤40秒。

(4) 曝光

将经过以上步骤的硅片基底紧密固定在掩膜版下，抽真空并正置于紫外光光源之下，打开光源进行光刻操作。根据光刻胶配对组的种类和光刻胶层的厚度调整曝光时间。曝光结束后，取下掩膜版，将曝光过的硅片移到加热台上，以100℃烘烤45秒。其中，曝光通量例如为100 mJ/cm²，曝光通量可以根据需求进行改变。

(5) 正性光刻胶显影

将曝光后的硅片置于对应的正性光刻胶显影液中，例如TMAH显影液，使硅片上被曝光的正性光刻胶被清洗掉，从而产生与曝光图案相反的图形，之后将硅片进行清洗，除去显影液并进行干燥，除去残留液体。

(6) 隔层薄膜图案化

将曝光后的硅片置于对应的隔层薄膜显影液中，例如TMAH显影液，或者采用干法刻蚀等手段，以正胶图案为抗刻蚀掩膜，使正性光刻胶的图案转移至下方隔层薄膜上，之后根据情况将晶圆进行清洗干燥，从而使隔层薄膜获得与正胶图案一致或者接近的图案。

(7) 负性光刻胶显影

将曝光后的硅片置于对应的负性光刻胶显影液中，例如TMAH显影液，通过调控显影时间，使硅片上未被曝光的负性光刻胶被部分（非全部）洗掉，之后将硅片进行清洗，除去显影液并进行干燥，除去残留液体，从而产生基于掩膜图案的轮廓线型图案。

注意，如果正胶、负胶、隔层薄膜的显影液相同，或者其中两者的显影液相同，则对应的显影步骤可以根据实际情况进行合并，从而可减少清洗干燥步骤。

本实施例2a中，作为一个示例，可在上述步骤(1)～(7)的基础上进一步实施如下的沉积工序：

(8) 材料沉积

将显影之后的硅片置于蒸发镀膜仪内，分子泵抽真空到10⁻⁶ Pa，用1 Å/s和0.5 Å/s的速率分别热蒸发2纳米的铬薄膜和50纳米的金薄膜。2纳米的铬薄膜用作金薄膜的粘附层。

(9) 去除光刻胶

待腔体冷却后，解除真空，将镀膜之后的硅片取出。把硅片浸没在丙酮中，超声清洗直到光刻胶被全部除去，留下金的轮廓线图案。

本实施例2a中，作为一个示例，还可在上述步骤(1)~(7)的基础上进一步实施如下的刻蚀工序：

(8') 干法刻蚀

将作为光刻后的硅晶圆置于离子刻蚀机内，通过等离子体气体以光刻胶图案为掩模，刻蚀裸露的硅基底，即可在轮廓线型图案处，将图案刻蚀到硅晶圆上。

10 (9') 去除光刻胶

将硅晶圆浸没在丙酮中，超声清洗直到光刻胶被全部除去，从而在硅晶圆表面制备出轮廓线型图案。

此外，与上述的实施例1b的投影式曝光、实施例1c的紫外直写曝光、实施例1d的电子束直写曝光相类似地，本实施方式2中，也可对实施例2a进行
15 变形，从而得到采用了投影式曝光的实施例2b、采用了紫外直写曝光的实施例2c、采用了电子束直写曝光的实施例2d。在此，省略关于实施例2b的投影式曝光、实施例2c的紫外直写曝光、实施例2d的电子束直写曝光的重复说明。

实施方式 3

20 <基于正胶+隔层薄膜+负胶的光刻方法>

本发明的实施方式 3 提供一种基于正胶+隔层薄膜+负胶的光刻方法，该方法包括以下步骤：

(1) 在基底材料上利用正性光刻胶形成正胶层，在所述正胶层上形成隔层，并利用负性光刻胶在所述隔层上形成负胶层；

25 (2) 对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

(3) 用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除所述负图形区以外的负性光刻胶；

(4) 用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的负胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的负胶层的图案一致；以及

5 (5) 用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区的边缘部分的正性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

下面，参照图 3A、图 3B、图 3C、图 3D、图 3E、图 3F、图 3G，对上述基于正胶+隔层薄膜+负胶的光刻方法的实施方式 3 进行详细说明。在各附图中，对于相同或相当的部分，附加相同标号进行说明。此外，对于本实施方式 3 中与上述实施方式 2 相类似的部分，省略重复说明。

图3A是示出本发明实施方式3的光刻方法中在基底上涂覆正胶的步骤1C的示意图。图3B是示出本发明实施方式3的光刻方法中在正胶上涂覆隔层的步骤2C的示意图。图3C是示出本发明实施方式3的光刻方法中在隔层上涂覆负胶的步骤3C的示意图。

15 首先，如图 3A 所示，在步骤 1C 中，在基底 101C 上旋涂一层正性光刻胶 103C(即正胶层)，并烘干；然后，如图 3B 所示，在步骤 2C 中，在正性光刻胶 103C 上涂覆隔层薄膜 110C；然后，如图 3C 所示，在步骤 3C 中，在隔层薄膜 110C 上旋涂一层与所述正性光刻胶 103C 相匹配的负性光刻胶 102C(即负胶层)，并烘干(对应于在基底材料上利用正性光刻胶形成正胶层，在所述正胶层
20 上形成隔层，并利用负性光刻胶在所述隔层上形成负胶层)。

负性光刻胶包括负性紫外光刻胶、负性深紫外光刻胶、负性极紫外光刻胶、负性电子束光刻胶、负性离子束光刻胶或负性 X 射线光刻胶。正性光刻胶包括正性紫外光刻胶、正性深紫外光刻胶、正性极紫外光刻胶、正性电子束光刻胶、正性离子束光刻胶或正性 X 射线光刻胶。

25 此外，不同型号的正负光刻胶需要预先确认匹配度，下面给出两个正负光刻胶配对组的示例。第一组：正性光刻胶型号为 HTI 751，负性光刻胶型号为 SUN 9i；第二组：正性光刻胶型号为 AZ 1500，负性光刻胶型号为 AZ nlof 2020。

作为一个示例，旋涂负性光刻胶(以 SUN 9i，AZ nlof 2020 为例)的过程

为：先在 800-1000 转/分的转速下旋涂 5-10 秒（此步骤可以省去），再在 4000-8000 转/分的转速下旋涂 30-40 秒，以 95-100℃烘烤 60-90 秒。

作为一个示例，旋涂正性光刻胶（以 HTI 751，AZ 1500 为例）的过程为：先在 800-1000 转/分的转速下旋涂 5-10 秒（此步骤可以省去），再在 2000-5000 5 转/分的转速下旋涂 30-40 秒，以 90-100℃烘烤 30-50 秒。

此外，不同的转速决定光刻胶的膜厚大小；根据不同的膜厚，调整前烘的温度和时间、以及之后的曝光量、曝光时间、显影时间等。

此外，基底的材料包括半导体、金属、绝缘体、聚合物或复合材料。

图3D是示出本发明实施方式3的光刻方法中对两层光刻胶进行曝光的步骤4C的示意图。

步骤 3C 之后，如图 3D 所示，在步骤 4C 中，在曝光源下，使用载有模板图案的光刻掩模版或者通过聚焦直写（图 3D 中示出了光刻掩模版 108C 的示例），对两层光刻胶 102C、103C 进行曝光。曝光后，在负性光刻胶 102C 和正性光刻胶 103C 上分别形成大小不同的曝光图案 104C、105C（即负图形区、正图形区），15 然后进行烘干（对应于对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区）。

其中，曝光源包括紫外光源、深紫外光源、极紫外光源、离子束、电子束或 X 射线。聚焦直写包括紫外光直写、深紫外光直写、极紫外光直写、离子束20 直写、电子束直写或 X 射线直写。模板图案的特征线宽或者特征尺寸为 2 nm-1000 μm 。

作为一个示例，将前烘过的作为基底的硅片固定在掩模版下，之后置于紫外光光源之下，打开紫外光光源进行光刻。曝光时间根据使用的正负光刻胶配对组调整。以上面提到的配对为例，350-400 nm 波长下 100-200 mJ/cm^2 的曝光通量适用于 HTI 751 与 SUN 9i、或者 AZ 1500 与 AZ nlof 2020 的光刻胶配对组。UV 波长的使用和曝光通量应考虑不同厚度的负性光刻胶（例如 SUN 9i，AZ nlof 2020）对紫外光的吸收作用，以确保在下层的正性光刻胶（例如 HTI 751，AZ 1500）能获得足够的曝光通量。因为 HTI 751 与 SUN 9i，AZ 150025

与 AZ nlof 2020 的光刻胶配对组对特定波长下的曝光通量响应不同，可以得到基于掩膜版图案的不同尺寸的图案（例如图 3D 中的 104C、105C）。

作为一个示例，所述曝光可采用单次曝光的方式。作为一个示例，所述曝光还可采用多次曝光的方式。即，也可以分解为多次更短时间或者更小剂量的多次曝光叠加实现。

图3E是示出本发明实施方式3的光刻方法中对负胶进行显影的步骤5C的示意图。图3F是示出本发明实施方式3的光刻方法中对隔层进行图案化的步骤6C的示意图。图3G是示出本发明实施方式3的光刻方法中对正胶进行显影的步骤7C的示意图。

- 10 步骤 4C 之后，如图 3E 所示，在步骤 5C 中，用负胶显影液对负性光刻胶进行显影（对应于用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除所述负图形区以外的负性光刻胶）；然后，如图 3F 所示，在步骤 6C 中，用隔层薄膜显影液对隔层薄膜进行显影，或者以显影后的正性光刻胶的图案为抗刻蚀掩膜对隔层薄膜进行刻蚀，以使得隔层薄膜的图案与显影后的正性光刻胶的图案一致（对应于用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的负胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的负胶层的图案一致）；然后，如图 3G 所示，在步骤 7C 中，用正胶显影液对正性光刻胶进行可控显影，仅洗去正性光刻胶上曝光图案 105C 的边缘部分，并暴露基底材料，从而将模板图案转换成轮廓线型图案（对应于用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区的边缘部分的正性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料）。
- 15 20

- 作为一个示例，将曝光后的硅片置于对应的负性光刻胶显影液中，例如 TMAH 显影液，使硅片上未被曝光的负性光刻胶被清洗掉，从而产生曝光图案的图形，之后将硅片进行清洗，除去显影液，并进行干燥，除去残留液体。然后，将曝光后的硅片置于对应的隔层薄膜显影液中，例如 TMAH 显影液，或者采用干法刻蚀等手段，以负胶图案为抗刻蚀掩膜，使负性光刻胶的图案转移至下方隔层薄膜上，之后根据情况将硅片进行清洗干燥，从而
- 25

使得隔层薄膜获得与负胶图案一致或者接近的图案。然后，将曝光后的硅片置于对应的正性光刻胶显影液中，例如 TMAH 显影液，通过调控显影时间，使硅片上被曝光的正性光刻胶被部分（非全部）洗掉，之后将硅片进行清洗，除去显影液，并进行干燥，除去残留液体，从而得到曝光图案的轮廓线型图案。

此外，如果正胶、负胶、隔层薄膜的显影液相同，或者其中两者的显影液相同，则对应的显影步骤可以根据实际情况进行合并，从而可减少清洗干燥步骤。此外，应当对正胶、负胶和隔层薄膜以及对应的显影液进行交叉实验，从而制定最合适的显影工序。

10 (实施例3a)

作为一个示例，本实施例3a具体包括以下步骤：

(1) 涂覆正性光刻胶

将硅片放置进匀胶系统并固定，将正性光刻胶（例如HTI 751或者AZ 1500），在800 rpm×5 s+2500 rpm×30 s的条件下，进行光刻胶的旋涂，

15 然后以95 - 100℃烘烤40秒。

(2) 涂覆隔层薄膜

将硅片放置进隔层薄膜涂覆系统（气相镀膜、刮涂、喷涂或旋涂等方式），进行隔层薄膜涂覆。隔层薄膜包括无机物、聚合物或复合材料。隔层的作用是避免或者减少两层光刻胶在涂覆过程中产生溶解的现象。

20 (3) 涂覆负性光刻胶

将冷却过后的晶圆放置进匀胶系统并固定，将负性光刻胶（例如SUN 9i, AZ nlof 2020），在1000 rpm×5 s+4000 rpm×40 s的条件下，进行光刻胶的旋涂，然后以100 - 110℃烘烤60秒。

(4) 曝光

25 将经过以上步骤的硅片基底紧密固定在掩模版下，抽真空并正置于紫外光光源之下，打开光源进行光刻操作。根据光刻胶配对组的种类和光刻胶层的厚度调整曝光时间。曝光结束后，取下掩模版，将曝光过的硅片移到加热台上，以100℃烘烤45秒。其中，曝光通量例如为100 mJ/cm²，曝光通量可以根据需求进行改变。

(5) 负性光刻胶显影

将曝光后的硅片置于对应的负性光刻胶显影液中，例如TMAH显影液，使硅片上未被曝光的负性光刻胶被清洗掉，从而产生曝光图案的图形，之后将硅片进行清洗，除去显影液，并进行干燥，除去残留液体。

5 (6) 隔层薄膜图案化

将曝光后的硅片置于对应的隔层薄膜显影液中，例如TMAH显影液，或者采用干法刻蚀等手段，以负胶图案为抗刻蚀掩膜，使负性光刻胶的图案转移至下方隔层薄膜上，之后根据情况将硅片进行清洗干燥，从而使得隔层薄膜获得与负胶图案一致或者接近的图案。

10 (7) 正性光刻胶显影

将曝光后的硅片置于对应的正性光刻胶显影液中，例如TMAH显影液，通过调控显影时间，使硅片上被曝光的正性光刻胶被部分（非全部）洗掉，之后将硅片进行清洗，除去显影液，并进行干燥，除去残留液体，从而得到曝光图案的轮廓线型图案。

15 注意，如果正胶、负胶、隔层薄膜的显影液相同，或者其中两者的显影液相同，则对应的显影步骤可以根据实际情况进行合并，从而可减少清洗干燥步骤。

本实施例3a中，作为一个示例，可在上述步骤(1)～(7)的基础上进一步实施沉积工序或刻蚀工序，由于沉积工序、刻蚀工序的具体内容与上述
20 实施例2a中的沉积工序、刻蚀工序相类似，因此在这里省略重复说明。

此外，与上述的实施例1b的投影式曝光、实施例1c的紫外直写曝光、实施例1d的电子束直写曝光相类似地，本实施方式3中，也可对实施例3a进行变形，从而得到采用了投影式曝光的实施例3b、采用了紫外直写曝光的实施例3c、采用了电子束直写曝光的实施例3d。在此，省略关于实施例3b的投影
25 式曝光、实施例3c的紫外直写曝光、实施例3d的电子束直写曝光的重复说明。

通过采用本发明的实施方式3，如图4所示，也可得到基于掩膜图案的轮廓线型图案，该轮廓线型图案的线宽小于掩膜图案的线宽，从而可实现线条密度倍增，可实现针对原始掩膜图案的尺寸微缩；并且，通过在两层光刻胶之间涂覆隔层薄膜，从而还能够避免或者减少两层光刻胶在涂覆过程中发生

溶解的现象。

〈光刻系统〉

下面，对本发明实施方式的光刻方法所对应的光刻系统的结构进行详细说明。

图5是示意性地示出本发明实施方式1的光刻方法所对应的光刻系统的框图。

如图5所示，本发明实施方式1的光刻方法所对应的光刻系统10A包括层形成部1001A、图形化部1002A、正胶显影部1003A、负胶显影部1004A，
10 所述光刻系统用于执行以下步骤：

（1）使用所述层形成部1001A，在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，并利用正性光刻胶在所述负胶层上形成正胶层；

（2）使用所述图形化部1002A，对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其
15 中，所述正图形区大于所述负图形区；

（3）使用所述正胶显影部1003A，用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的正性光刻胶；以及

（4）使用所述负胶显影部1004A，用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形
20 区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

作为一个示例，层形成部1001A例如包括旋涂部、烘干部；图形化部1002A例如为曝光部。此外，根据需要，光刻系统10A例如还可包括沉积刻蚀部、光刻胶去除部等（图5中未示出）。

图6是示意性地示出本发明实施方式2的光刻方法所对应的光刻系统的框图。

如图6所示，本发明实施方式2的光刻方法所对应的光刻系统10B包括层形成部1001B、图形化部1002B、正胶显影部1003B、隔层显影刻蚀部1005B、负胶显影部1004B，所述光刻系统用于执行以下步骤：

（1）使用所述层形成部1001B，在基底材料上利用负性光刻胶形成负

胶层，在所述负胶层上形成隔层，并利用正性光刻胶在所述隔层上形成正胶层；

（2）使用所述图形化部 1002B，对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

（3）使用所述正胶显影部 1003B，用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的正性光刻胶；

（4）使用所述隔层显影刻蚀部 1005B，用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的正胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的正胶层的图案一致；以及

（5）使用所述负胶显影部 1004B，用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

作为一个示例，层形成部 1001B 例如包括旋涂部、烘干部；图形化部 1002B 例如为曝光部。此外，根据需要，光刻系统 10B 例如还可包括沉积刻蚀部、光刻胶去除部等（图 6 中未示出）。

图7是示意性地示出本发明实施方式3的光刻方法所对应的光刻系统的框图。

如图 7 所示，本发明实施方式 3 的光刻方法所对应的光刻系统 10C 包括层形成部 1001C、图形化部 1002C、负胶显影部 1004C、隔层显影刻蚀部 1005C、正胶显影部 1003C，所述光刻系统用于执行以下步骤：

（1）使用所述层形成部 1001C，在基底材料上利用正性光刻胶形成正胶层，在所述正胶层上形成隔层，并利用负性光刻胶在所述隔层上形成负胶层；

（2）使用所述图形化部 1002C，对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

（3）使用所述负胶显影部 1004C，用负胶显影液对所述负胶层进行显

影，以去除所述负图形区以外的负性光刻胶；

(4) 使用所述隔层显影刻蚀部 1005C，用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的负胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的负胶层的图案一致；以及

5 (5) 使用所述正胶显影部 1003C，用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区的边缘部分的正性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

作为一个示例，层形成部 1001C 例如包括旋涂部、烘干部；图形化部 1002C 例如为曝光部。此外，根据需要，光刻系统 10C 例如还可包括沉积
10 刻蚀部、光刻胶去除部等（图 7 中未示出）。

此外，本发明还提供一种光刻系统控制方法，用于控制上述的光刻系统执行各个步骤。

此外，本发明还提供一种计算机设备，包括：存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所
15 述处理器执行所述计算机程序时实现上述的光刻系统控制方法。

此外，本发明还提供一种计算机可读取介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现上述的光刻系统控制方法。

工业上的实用性

本发明的光刻方法及光刻系统可广泛应用于半导体工艺、芯片制造等领
20 域，其具有广泛的研究和应用价值。

权 利 要 求 书

1. 一种光刻方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

（1）在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，并利用正性光刻胶在
5 所述负胶层上形成正胶层；

（2）对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

（3）用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的
10 正性光刻胶；以及

（4）用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

2. 一种光刻方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

（1）在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，在所述负胶层上形成
15 隔层，并利用正性光刻胶在所述隔层上形成正胶层；

（2）对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

（3）用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区中的
20 正性光刻胶；

（4）用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的正胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的正胶层的图案一致；以及

（5）用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。
25

3. 一种光刻方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

(1) 在基底材料上利用正性光刻胶形成正胶层，在所述正胶层上形成隔层，并利用负性光刻胶在所述隔层上形成负胶层；

(2) 对所述负胶层和所述正胶层进行图形化，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述
5 负图形区；

(3) 用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除所述负图形区以外的负性光刻胶；

(4) 用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的负胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的
10 负胶层的图案一致；以及

(5) 用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区的边缘部分的正性光刻胶，进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的光刻方法，其特征在于，
15 在所述步骤(2)中，在曝光源下，使用载有模板图案的光刻掩膜版或者通过聚焦直写，对所述正胶层和所述负胶层进行曝光，从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区。

5. 根据权利要求 4 所述的光刻方法，其特征在于，
在所述步骤(2)中，
20 利用投影式曝光的方式，在曝光源下，透过载有所述模板图案的光刻掩膜版，对所述正胶层和所述负胶层进行曝光；或者

利用遮蔽式曝光的方式，在曝光源下，透过载有所述模板图案的光刻掩膜版，对所述正胶层和所述负胶层进行曝光；或者

利用反射式曝光的方式，在曝光源下，通过在载有所述模板图案的光刻
25 掩膜版上进行反射，对所述正胶层和所述负胶层进行曝光。

6. 根据权利要求 4 所述的光刻方法，其特征在于，
所述聚焦直写包括紫外光直写、深紫外光直写、极紫外光直写、离子束直写、电子束直写或 X 射线直写。

7. 根据权利要求 4 所述的光刻方法，其特征在于，
所述曝光源的波长为 1~500nm，曝光后烘干的温度为 30~300℃。
8. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的光刻方法，其特征在于，
所述正性光刻胶包括正性紫外光刻胶、正性深紫外光刻胶、正性极紫
5 外光刻胶、正性电子束光刻胶、正性离子束光刻胶或正性 X 射线光刻胶；
所述负性光刻胶包括负性紫外光刻胶、负性深紫外光刻胶、负显影深紫
外光刻胶、负性极紫外光刻胶、负性电子束光刻胶、负性离子束光刻胶或负
性 X 射线光刻胶。
9. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的光刻方法，其特征在于，
10 所述正胶显影液是与所述正性光刻胶相对应的显影液，
所述负胶显影液是与所述负性光刻胶相对应的显影液。
10. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的光刻方法，其特征在于，还
包括：
通过材料沉积技术或者刻蚀技术在所述基底材料上形成图案的步骤。
11. 根据权利要求 10 所述的光刻方法，其特征在于，
15 所述材料沉积技术包括电化学沉积、电镀、CVD 沉积、激光溅射、磁控
溅射、热蒸发、电子束蒸发或原子沉积；
所述刻蚀技术包括湿法刻蚀或干法刻蚀，所述湿法刻蚀包括电化学刻
蚀或选择性刻蚀液体刻蚀，所述干法刻蚀包括离子刻蚀或化学反应离子刻
20 蚀。
12. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的光刻方法，其特征在于，
所述基底材料包括半导体、金属、绝缘体、聚合物或复合材料。
13. 根据权利要求 2 或 3 所述的光刻方法，其特征在于，
所述隔层包括无机物、聚合物或复合材料。
14. 一种光刻系统，包括层形成部、图形化部、正胶显影部、负胶显影
25 部，所述光刻系统用于执行以下步骤：
(1) 使用所述层形成部，在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层，
并利用正性光刻胶在所述负胶层上形成正胶层；

(2) 使用所述图形化部, 对所述负胶层和所述正胶层进行图形化, 从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区, 其中, 所述正图形区大于所述负图形区;

(3) 使用所述正胶显影部, 用正胶显影液对所述正胶层进行显影, 以
5 去除所述正图形区中的正性光刻胶; 以及

(4) 使用所述负胶显影部, 用负胶显影液对所述负胶层进行显影, 以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶, 进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区, 以暴露所述基底材料。

15 15. 一种光刻系统, 包括层形成部、图形化部、正胶显影部、隔层显影刻蚀部、负胶显影部, 所述光刻系统用于执行以下步骤:

(1) 使用所述层形成部, 在基底材料上利用负性光刻胶形成负胶层, 在所述负胶层上形成隔层, 并利用正性光刻胶在所述隔层上形成正胶层;

(2) 使用所述图形化部, 对所述负胶层和所述正胶层进行图形化, 从而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区, 其中, 所
15 述正图形区大于所述负图形区;

(3) 使用所述正胶显影部, 用正胶显影液对所述正胶层进行显影, 以去除所述正图形区中的正性光刻胶;

(4) 使用所述隔层显影刻蚀部, 用隔层显影液对所述隔层进行显影, 或者以显影后的正胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀, 以使得
20 所述隔层的图案与显影后的正胶层的图案一致; 以及

(5) 使用所述负胶显影部, 用负胶显影液对所述负胶层进行显影, 以去除位于所述负图形区附近的负性光刻胶, 进而提供与所述正图形区、所述负图形区的尺寸相关的暴露区, 以暴露所述基底材料。

25 16. 一种光刻系统, 包括层形成部、图形化部、负胶显影部、隔层显影刻蚀部、正胶显影部, 所述光刻系统用于执行以下步骤:

(1) 使用所述层形成部, 在基底材料上利用正性光刻胶形成正胶层, 在所述正胶层上形成隔层, 并利用负性光刻胶在所述隔层上形成负胶层;

(2) 使用所述图形化部, 对所述负胶层和所述正胶层进行图形化, 从

而在所述正胶层和所述负胶层上分别形成正图形区和负图形区，其中，所述正图形区大于所述负图形区；

（3）使用所述负胶显影部，用负胶显影液对所述负胶层进行显影，以去除所述负图形区以外的负性光刻胶；

- 5 （4）使用所述隔层显影刻蚀部，用隔层显影液对所述隔层进行显影，或者以显影后的负胶层的图案为抗刻蚀掩膜对所述隔层进行刻蚀，以使得所述隔层的图案与显影后的负胶层的图案一致；以及

（5）使用所述正胶显影部，用正胶显影液对所述正胶层进行显影，以去除所述正图形区的边缘部分的正性光刻胶，进而提供与所述正图形区、

- 10 所述负图形区的尺寸相关的暴露区，以暴露所述基底材料。

17. 一种光刻系统控制方法，用于控制权利要求 14 至 16 中任一项所述的光刻系统执行各个步骤。

18. 一种计算机设备，包括：存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求 17 所述的光刻系统控制方法。

- 15

19. 一种计算机可读取介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现权利要求 17 所述的光刻系统控制方法。