



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104049468 B

(45)授权公告日 2017.08.22

(21)申请号 201410072008.9

(22)申请日 2014.02.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104049468 A

(43)申请公布日 2014.09.17

(30)优先权数据
61/782,903 2013.03.14 US
13/900,192 2013.05.22 US

(73)专利权人 台湾积体电路制造股份有限公司
地址 中国台湾新竹

(72)发明人 吴瑞庆 陈政宏 陈家楨 张书豪
简上杰 简铭进 严涛南

(74)专利代理机构 北京德恒律治知识产权代理
有限公司 11409
代理人 章社泉 孙征

(51)Int.Cl.
G03F 7/20(2006.01)

(56)对比文件
US 5748323 A,1998.05.05,说明书第3-5
栏、附图1,5.
US 5748323 A,1998.05.05,说明书第3-5
栏、附图1,5.
US 2005/0128456 A1,2005.06.16,说明书
第57段.
US 2006/0160037 A1,2006.07.20,说明书
第43-49段、附图1.
CN 1918518 A,2007.02.21,全文.
CN 101408736 A,2009.04.15,全文.

审查员 安晶

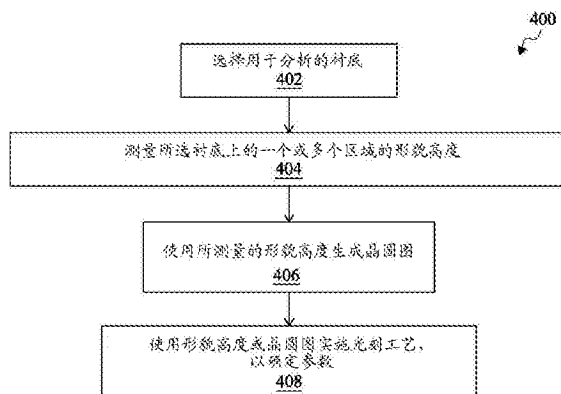
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54)发明名称

用于在半导体器件制造中实施光刻工艺的系统和方法

(57)摘要

本发明提供了用于在半导体器件制造中实施光刻工艺的系统和方法,系统和方法包括提供用于测量衬底上的第一坐标处的衬底的第一形貌高度并且测量衬底上的第二坐标处的衬底的第二形貌高度。所测量的第一和第二形貌高度可以被提供为晶圆图。然后,使用晶圆图对衬底实施曝光工艺。曝光工艺可以包括:当曝光衬底上的第一坐标时,使用第一焦点,并且当曝光衬底上的第二坐标时,使用第二焦平面。使用第一形貌高度确定第一焦点,并且使用第二形貌高度确定第二焦点。



1. 一种用于半导体器件制造的方法,包括:
测量衬底上的第一坐标点处的第一形貌高度;
测量所述衬底上的第二坐标点处的第二形貌高度;
提供所测量的所述第一形貌高度和所述第二形貌高度作为晶圆图;以及
使用所述晶圆图对所述衬底实施曝光工艺,其中,所述曝光工艺包括:
当曝光所述衬底上的第一坐标点时,使用第一焦点,使用所述第一形貌高度来确定所述第一坐标点处的所述第一焦点;以及
当曝光所述衬底上的第二坐标点时,使用第二焦点,使用所述第二形貌高度来确定所述第二坐标点处的所述第二焦点。
2. 根据权利要求1所述的用于半导体器件制造的方法,其中,使用多尖端原子力显微镜 (AFM) 工具来同时实施所述第一形貌高度和所述第二形貌高度的测量。
3. 根据权利要求1所述的用于半导体器件制造的方法,其中,在曝光所述第一坐标点的同时,实施测量所述第二形貌高度。
4. 根据权利要求1所述的用于半导体器件制造的方法,其中,通过确定所述第一形貌高度和与所述第一坐标点相关联的第三高度之间的偏移量值来生成所述晶圆图。
5. 根据权利要求4所述的用于半导体器件制造的方法,进一步包括:
确定所述第三高度包括:使用曝光工具实施光学高度测量。
6. 根据权利要求5所述的用于半导体器件制造的方法,其中,所述曝光工具是被用于曝光所述第一坐标点和所述第二坐标点的超紫外线 (EUV) 扫描仪。
7. 根据权利要求4所述的用于半导体器件制造的方法,进一步包括:
确定所述第三高度包括:使用设计数据和工艺数据中的至少一种。
8. 根据权利要求1所述的用于半导体器件制造的方法,进一步包括:
提供基于空气压力计的度量工具,其中,所述基于空气压力计的度量工具实施所述衬底上的所述第一形貌高度和所述第二形貌高度的测量;
提供与所述空气压力计度量工具分离的曝光工具,其中,所述曝光工具实施所述衬底上的所述第一坐标点和所述第二坐标点的曝光;以及
在曝光之前,将所述第一形貌高度和所述第二形貌高度从所述基于空气压力计的度量工具发送至所述曝光工具。
9. 根据权利要求8所述的用于半导体器件制造的方法,进一步包括:
在真空环境下,将所述衬底设置在所述曝光工具中。
10. 根据权利要求1所述的用于半导体器件制造的方法,其中,在真空环境中,原位实施测量所述第一形貌高度和所述第二形貌高度以及执行所述曝光工艺。
11. 一种用于半导体器件制造的系统,包括:
衬底工作台,可操作地保持晶圆;
扫描仪模块,在将所述晶圆设置在所述衬底工作台的同时,可操作地曝光所述晶圆上的图案;以及
多尖端原子力显微镜 (AFM) 工具,其中,在将所述晶圆设置在所述衬底工作台上的同时,所述多尖端原子力显微镜工具的每个尖端都可操作地测量所述晶圆的高度,使用所述晶圆的高度修改衬底的相应坐标点处的光刻工艺参数。

12. 根据权利要求11所述的用于半导体器件制造的系统,其中,所述衬底工作台设置在真空环境中。

13. 根据权利要求11所述的用于半导体器件制造的系统,其中,所述扫描仪模块包括超紫外线(UV)辐射源。

14. 根据权利要求11所述的用于半导体器件制造的系统,进一步包括:

参数控制模块,所述参数控制模块连接至所述多尖端原子力显微镜工具和所述扫描仪模块。

15. 根据权利要求14所述的用于半导体器件制造的系统,其中,所述参数控制模块包括:

处理器;以及

非暂时性计算机可读存储器,可通信地连接至所述处理器并且包括由所述处理器执行的指令,所述指令包括:

从所述多尖端原子力显微镜工具接收第一测量值的指令;

使用所述第一测量值确定第一光刻工艺参数的指令;以及

将所述第一光刻工艺参数发送至所述扫描仪模块的指令。

16. 根据权利要求15所述的用于半导体器件制造的系统,其中,所述第一光刻工艺参数是焦深。

17. 一种用于半导体器件制造的系统,包括:

度量工具,可操作地确定多个坐标点处的多个形貌高度,其中,所述度量工具使用原子力显微镜器件和释放到目标表面的空气的检测器中的至少一种;

工艺参数控制模块,可操作地使用所述多个形貌高度生成晶圆图;以及

光刻工具,可操作地接收所述晶圆图,所述光刻工具通过使用所述晶圆图确定每个坐标点处的焦深,并且根据所述晶圆图实施曝光工艺。

18. 根据权利要求17所述的用于半导体器件制造的系统,其中,所述度量工具被嵌入所述光刻工具中。

19. 根据权利要求17所述的用于半导体器件制造的系统,其中,所述晶圆图包括所述多个形貌高度中的每个形貌高度和由所述光刻工具所确定的光学测量高度之间的偏移量值。

用于在半导体器件制造中实施光刻工艺的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请要求于2013年3月14日提交的并且标题为“System And Message For Performing Lithography Process In Semiconductor Device Fabrication”的美国临时专利申请第61/782,903号的优先权,其全部内容结合于此作为参考。

技术领域

[0003] 本发明一般地涉及半导体技术领域,更具体地,涉及实施光刻工艺的系统和方法。

背景技术

[0004] 半导体集成电路(IC)工业经历了快速发展。在IC演进的过程中,在几何尺寸(即,可以使用制造工艺创建的最小组件(或线))减小的同时,功能密度(即,单位芯片面积上的互连器件的数量)通常会增加。该按比例缩小工艺通过增加生产效率并且降低相关成本提供益处。然而,还增加了处理和制造IC的复杂性,并且对于要实现的这些进步,需要IC制造过程中的类似发展。

[0005] 通过创建限定半导体器件特征的图案化层的序列来制造半导体器件。光刻技术对于提供这些特征进而对于一般的半导体制造来说至关重要。在典型光刻工艺中,光敏层(抗蚀剂)被施加至半导体衬底的表面,并且通过使该层曝光为辐射图案,在该层上提供限定半导体器件的部件的特征图像。随着半导体工艺发展以提供用于更小的关键尺寸,并且器件的尺寸减小以及包括层数的复杂性增加,准确地图案化特征对于器件的质量、可靠性和产量越来越重要。然而,该图案化工艺对于正被曝光的目标层的形貌高度敏感。具体地,光刻系统的焦深必然会引起这些差异,否则图像可能会大幅劣化。该问题随着较高数值孔径(NA)工艺的使用而变得越来越严重。而且,当光刻系统要求用于目标衬底的精确环境(例如,浸入流体、真空等)时,这也增加了理解目标衬底的形貌的挑战。

[0006] 这样,虽然典型制造工艺可以提供用于目标为在其上产生图像的衬底的形貌的水平的一些理解,但是可能期望这些度量和光刻工艺及系统的改进。

发明内容

[0007] 为了解决现有技术中存在的缺陷,根据本发明的一方面,提供了一种方法,包括:测量衬底上的第一坐标处的第一形貌高度;测量所述衬底上的第二坐标处的第二形貌高度;提供所测量的所述第一形貌高度和所述第二形貌高度作为晶圆图;以及使用所述晶圆图对所述衬底实施曝光工艺,其中,所述曝光工艺包括:当曝光所述衬底上的第一坐标时,使用第一焦点,使用所述第一形貌高度来确定所述第一焦点;以及当曝光所述衬底上的第二坐标时,使用第二焦点,使用所述第二形貌高度来确定所述第二焦点。

[0008] 在该方法中,使用多尖端原子力显微镜(AFM)工具来同时实施所述第一形貌高度和所述第二形貌高度的测量。

[0009] 在该方法中,基本在曝光所述第一坐标的同时,实施测量所述第二形貌高度。

[0010] 在该方法中,通过确定所述第一形貌高度和与所述第一坐标相关联的第三高度之间的偏移量值来生成所述晶圆图。

[0011] 该方法进一步包括:确定所述第三高度包括:使用曝光工具实施光学高度测量。

[0012] 在该方法中,所述曝光工具是被用于曝光所述第一坐标和所述第二坐标的超紫外线(EUV)扫描仪。

[0013] 该方法进一步包括:确定所述第三高度包括:使用设计数据和工艺数据中的至少一种。

[0014] 该方法进一步包括:提供基于空气压力计的度量工具,其中,所述基于空气压力计的度量工具实施所述衬底上的所述第一形貌高度和所述第二形貌高度的测量;提供与所述空气压力计度量工具分离的曝光工具,其中,所述曝光工具实施所述衬底上的所述第一坐标和所述第二坐标的曝光;以及在曝光之前,将所述第一形貌高度和所述第二形貌高度从所述基于空气压力计的度量工具发送至所述曝光工具。

[0015] 该方法进一步包括:在真空环境下,将所述衬底设置在所述曝光工具中。

[0016] 在该方法中,在真空环境中,原位实施测量所述第一形貌高度和所述第二形貌高度以及执行所述曝光工艺。

[0017] 根据本发明的又一方面,提供了一种系统,包括:衬底工作台,可操作地保持晶圆;扫描仪模块,在将所述晶圆设置在所述衬底工作台的同时,可操作地曝光所述晶圆上的图案;以及多尖端原子力显微镜(AFM)工具,其中,在将所述晶圆设置在所述衬底工作台的同时,所述多尖端AFM工具的每个尖端都可操作地测量所述晶圆的高度。

[0018] 在该系统中,所述衬底工作台设置在真空环境中。

[0019] 在该系统中,所述扫描仪模块包括超紫外线(UV)辐射源。

[0020] 该系统进一步包括:参数控制模块,所述参数控制模块连接至所述多尖端AFM工具和所述扫描仪模块。

[0021] 在该系统中,所述参数控制模块包括:处理器;以及非暂时性计算机可读存储器,可通信地连接至所述处理器并且包括由所述处理器执行的指令,所述指令包括:从所述多尖端AFM工具接收第一测量值的指令;使用所述第一测量值确定第一光刻工艺参数的指令;以及将所述第一光刻工艺参数发送至所述扫描仪模块的指令。

[0022] 在该系统中,所述第一光刻工艺参数是焦深。

[0023] 根据本发明的又一方面,提供了一种用于半导体器件制造的系统,包括:度量工具,可操作地确定多个形貌高度,其中,所述度量工具使用原子力显微镜器件和释放到目标表面的空气的检测器中的至少一种;工艺参数控制模块,可操作地使用所述多个形貌高度生成晶圆图;以及光刻工具,可操作地接收所述晶圆图并且根据所述晶圆图实施曝光工艺。

[0024] 在该系统中,所述光刻工具通过使用所述晶圆图确定焦深,根据所述晶圆图实施所述曝光工艺。

[0025] 在该系统中,所述度量工具被嵌入所述光刻工具中。

[0026] 在该系统中,所述晶圆图包括所述多个形貌高度中的每个形貌高度和由所述光刻工具所确定的光学测量高度之间的偏移量值。

附图说明

[0027] 当结合附图进行读取时,从以下详细说明可以最好地理解本发明的多个方面。应该强调的是,根据工业中的标准实践,各个部件不按比例绘制。实际上,为了论述的清楚起见,各个部件的尺寸可以任意增加或减小。

[0028] 图1是用于在光刻工艺期间测量目标衬底的表面的形貌高度的系统的实施例的示意图。

[0029] 图2是根据本发明的一个或多个方面示出图案化器件的方法的实施例的流程图。

[0030] 图3是根据本发明的一个或多个方面的光刻工具的实施例的简化示意图。

[0031] 图4是根据本发明的一个或多个方面的采用光刻工艺和系统的前馈控制的系统的实施例的示意图。

[0032] 图5是根据本发明的一个或多个方面示出实施光刻工艺的方法的实施例的流程图。

[0033] 图6是用于测量目标衬底的形貌高度的系统的实施例的侧视图。

[0034] 图7是根据本发明的一个或多个方面的衬底和多尖端形貌测量装置的示意图。

[0035] 图8是可操作地实施本发明的一个或多个方面的信息处理和分析系统的框图。

[0036] 图9是晶圆图的示例性实施例。

具体实施方式

[0037] 应该理解,以下公开内容提供了许多用于实施本发明的不同特征的不同实施例或实例。以下描述组件和配置的具体实例以简化本发明。当然,这仅仅是实例,并不是用于限制本发明。而且,在以下描述中,第一部件形成在第二部件上方或者上可以包括以直接接触的方式形成第一部件和第二部件的实施例,还可以包括在第一部件和第二部件之间形成附加部件,使得第一部件和第二部件不直接接触的实施例。为了简化和清晰的目的,各个部件可以以不同比例任意绘制。

[0038] 图1所示的是用于在光刻工艺期间测量目标衬底的表面的形貌高度的系统100。图2示出了用于实施包括测量形貌高度的光刻工艺的方法200。图3示出了用于实施光刻工艺并且测量形貌高度的工具300。可以共同地或单独使用系统100、方法200、和/或工具300,以在半导体制造期间在目标衬底的层上产生图案。同样地,以下参考图1、图2和图3中的一幅所进行的任何说明还可以应用于图1、图2和图3中的其他图。系统100、方法200和/或工具300可以用于制造半导体器件,例如半导体器件包括在处理集成电路或者其部分期间所形成的中间器件,其可以包括静态随机存取存储器(SRAM)和/或其他逻辑电路、诸如电阻器、电容器和电感器的无源组件、以及诸如P沟道场效应晶体管(PFET)、N沟道FET(NFET)、金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)、互补金属氧化物半导体(CMOS)晶体管、双极晶体管、高压晶体管、高频晶体管、其他存储单元、以及它们的组合的有源组件。

[0039] 衬底的层的形貌高度包括:识别衬底上的该层的表面的平面。通常,形貌高度是设置在衬底上的顶层的顶面。重要的是,理解层或其部分的形貌高度,其目标在于在其上产生图像。如果光刻工具的焦深(DOF)不被设置成在合适形貌高度曝光目标层,则图像可能劣化。根据工艺变化(例如,在沉积层时)、下面的特征形貌、设计要求、和/或半导体器件制造的其他方面,衬底的层或区域的形貌高度在衬底上的点与点之间改变。

[0040] 系统100包括衬底102。在实施例中,衬底是半导体衬底,诸如,半导体晶圆。虽然为

了容易理解,示出一个晶圆,但是在系统100中可以使用任何数量的衬底。衬底102可以是硅衬底。可选地,衬底102可以包括:另一种元素半导体,诸如,锗;化合物半导体,包括碳化硅、砷化镓、磷化镓、磷化铟、砷化铟、和/或锑化铟;合金半导体,包括SiGe、GaAsP、AlInAs、AlGaAs、GaInAs、GaInP、和/或GaInAsP;或它们的组合。一层或多层和/或图案化部件可以设置在包括期望被图案化的目标层的衬底上。

[0041] 衬底102被提供至工具106。工具106可操作以实施度量测量,并且提供衬底102上的图案。例如,可以使用诸如紫外线(UV)源、深UV(DUV)源、超UV(EUV)源、以及X射线源的多种辐射来实施衬底的图案化。在实施例,辐射源是具有波长为约13.5纳米(nm)或者更小的EUV源。可以使用本领域中已知的光刻技术来实施图案化。在实施例,参考下文图6的描述,工具106通过诸如度量工具600的嵌入式原子力显微镜来提供度量测量。工具106可以将目标衬底保持在受控环境中,诸如,真空环境中,同时实施图案化和测量。

[0042] 因此,例如,工具106通过诸如度量工具600的多尖端AFM工具,可操作地产生度量数据108。通过工具106依次使用该度量数据108,以修改衬底102的曝光工艺的参数。例如,度量数据可以用于修改焦深或用于衬底102的曝光的其他配方参数。在实施例,从衬底102上的第一点获取度量数据;然后,基于从由该第一点所获取的度量数据108而确定的参数,实施第一点的成像。该工艺可以继续用于衬底102上的任何数量的点。

[0043] 在实施例,以晶圆图的形式提供度量数据108。图9中示出了晶圆图的示例性实施例。晶圆图包括具有在晶圆的示图上的多个坐标处所指示的度量数据点的晶圆或其部分的示图。在实施例,度量数据点与要被成像的目标层的高度相关联。在一个实施例,如由工具106所测量的点的实际高度被存储为晶圆图。

[0044] 在另一个实施例,晶圆图的度量数据点包括偏移量值。偏移量值可以是通过(1)由诸如工具106(例如,嵌入式AFM)的测量工具所实施的衬底102上的给定点处的实际测量值与(2)假定高度进行比较所确定的值。假定高度可以基于设计数据、制造工艺数据、仿真数据、工艺数据或产品数据(例如,在其他晶圆上所收集的)。该偏移量值图可以用于在曝光工艺期间修改诸如焦平面的工艺参数的设定或值。在实施例,在给定点处测量的高度和期望高度之间的偏差被存储为晶圆图。在又一个实施例,在给定点处测量的高度与平均值或平均高度之间的差被存储为晶圆图。

[0045] 如上所述,工具106可以是具有嵌入式度量工具的曝光工具。在图3中提供这样的工具(具有嵌入式度量单元)的一个示例性实施例。嵌入式度量工具允许通过衬底102的成像,来原位测量衬底102的形貌高度。原位测量允许在衬底的曝光工艺期间生成度量数据。然后,测量数据可以被前馈至扫描仪(例如,实时地),以修改曝光工艺。在实施例,该所生成的度量数据(例如,高度值或晶圆图)用于通过控制焦平面来修改曝光工艺。在收集度量数据期间,不需要从扫描仪移除衬底。在实施例,在真空环境中实施原位测量和曝光工艺。在又一实施例,在真空环境中,通过多尖端原子力显微镜实施测量。

[0046] 更详细地描述该原位度量测量并且参考图2,示出的是在目标衬底的图案化工艺期间实施原位形貌高度测量的方法200。使用系统100和/或工具300实施方法200,以下文中参考图3进行描述。

[0047] 方法200开始于框202,其中,提供衬底。衬底可以是半导体衬底,诸如,半导体晶圆。衬底可以是硅衬底。可选地,衬底可以包括:另一种元素半导体,诸如,锗;化合物半导

体,包括碳化硅、砷化镓、磷化镓、磷化铟、砷化铟、和/或锑化铟;合金半导体,包括SiGe、GaAsP、AlInAs、AlGaAs、GaInAs、GaInP、和/或GaInAsP;或它们的组合。一层或多层和/或图案化特征可以设置在包括期望被图案化的目标层的衬底上。在实施例中,目标层是抗蚀剂。衬底可以基本类似于上述衬底102。

[0048] 然后,方法200进行至框204,其中,提供光刻工具。光刻工具是嵌入式度量工具。在实施例中,嵌入式度量工具包括多尖端AFM工具。光刻工具可以基本类似于以下参考图3所描述的工具300。

[0049] 具体地,所提供的光刻工具具有成像模块和度量模块。成像模块和度量模块被嵌入同一工具(例如,壳体)中。成像模块和度量模块可操作地基本同时作用于同一目标衬底,并且不要求转移衬底。换句话说,在可存取成像模块和度量模块的单个室中提供衬底。成像模块可以是扫描仪;度量模块(例如,形貌高度测量器件)可以是诸如下文参考图6所描述的多尖端AFM工具。在实施例中,光刻工具的成像模块使用真空环境进行操作。度量模块可以包括也可以在该真空环境(例如,在同一室内)中操作的测量器件(例如,AFM)。

[0050] 然后,方法200进行至框206,其中,在衬底的第一区域或坐标处测量在所选衬底上的目标层的形貌高度。形貌高度测量在衬底上的给定区域处测量目标层的相对或绝对高度。该测量高度可以提供曝光工艺的期望焦平面。形貌高度测量的第一区域可以包括晶圆上的多个坐标。例如,在实施例中,形貌高度测量器件包括多个尖端(例如,诸如下文参考图6所描述的多尖端AFM工具)。每个尖端都可以提供在该区域中的坐标处的高度测量。

[0051] 然后,方法200进行至框208,其中,在第一区域处对衬底实施光刻工艺。光刻工艺可以是曝光工艺。在衬底的第一区域处实施曝光工艺;换句话说,在框206中采用形貌高度测量的衬底的区域。使用衬底上的相关区域的形貌高度信息来实施曝光工艺。形貌高度信息可以用于确定和/或修改用于衬底的给定坐标的光刻工艺的一个或多个参数。在实施例中,修改后的参数包括DOF。

[0052] 然后,方法200进行至框210,其中,在衬底的第二区域或坐标处,测量所选衬底上的目标层的形貌高度。采用形貌高度测量的第二区域可以包括晶圆上的多个坐标。例如,在实施例中,形貌高度测量器件包括多个尖端(例如,诸如下文参考图6所描述的多尖端AFM工具)。每个尖端都可以提供一坐标处的高度测量。第二区域可以不同于以上参考框206所论述的第一区域进行定位。图7示出可以实施形貌高度测量的晶圆的多个区域和坐标。

[0053] 在框206之后,可能会发生框210;框210可以与框208基本同时发生。例如,可以生成衬底的第一区域(例如,坐标)的形貌高度信息和/或晶圆图,然后,使用第一区域的数据,对衬底的第一区域进行成像。在对第一区域进行成像的同时,可以生成衬底的第二区域(例如,坐标)的形貌高度信息和/或晶圆图。该信息随后用于对衬底的第二区域等成像,直到衬底图案化完成。

[0054] 然后,方法200进行至框212,其中,在第二区域处对衬底实施光刻工艺。光刻工艺可以是在衬底的第二区域处所实施的曝光工艺;换句话说,在框210中采用形貌高度测量的衬底的区域。使用衬底上的相关区域的形貌高度信息来实施曝光工艺。形貌高度信息可以被用于确定和/或修改衬底的给定坐标的光刻工艺的一个或多个参数。在实施例中,修改后的参数包括DOF。可以与测量衬底的第三区域的形貌高度同时地实施框212。

[0055] 框206、208、210和/或212可以被重复任何次数。具体地,可以在所选晶圆上的任何

数量的坐标处测量形貌高度。参考图7的实例,示出了晶圆102和多尖端AFM工具600。工具600可以以路径702横穿晶圆102,以提供在晶圆102上的多个坐标处的测量值。

[0056] 现在参考图3,示出了包括被设计成对衬底上的辐射敏感材料层(例如,光敏层或抗蚀剂)实施光刻曝光工艺的曝光模块302的光刻系统300。曝光模块302包括辐射源304、可移除光掩模306、多个投射光学元件308和衬底102,诸如衬底工作台310上的半导体晶圆。然而,其他结构和包括或省略元件是可能的。

[0057] 辐射源304可以包括选自由紫外线(UV)源、深UV(DUV)源、超UV(EUV)源和X射线源所构成的组的辐射源。在实例中,辐射源304是波长为约13.5nm或者更小的EUV源。可选地,辐射源304可以是波长为436nm(G-线)或365nm(I线)的汞灯;波长为248nm的氟化氪(KrF)准分子激光器;波长为193nm的氟化氩(ArF)准分子激光器;波长为157nm的氟化物(F2)准分子激光器;或具有期望波长(例如,约100nm以下)的其他光源。

[0058] 光掩模306可以包括透明区域和/或反射区域。光掩模可以包括透明衬底和图案化的吸收(不透明)层。当辐射束入射在不透明区域上时,辐射束可以被部分或完全阻挡。不透明层可以被图案化为具有辐射束可以穿过的一个或多个透明区域或开口,从而图案化光束。存在多种其他光掩模技术并且该多种其他光掩模技术在本发明的范围内。掩模306可以结合其他分辨率增强技术,诸如,相移掩模(PSM)和/或光学邻近校正(OPC)。

[0059] 投射光学元件308可以具有折射光学元件或反射光学元件。投射光学元件308朝向衬底102(例如,半导体晶圆)引导图案化辐射。该系统还可以包括折射光学元件,诸如,单个透镜或具有多个透镜的透镜系统、以及诸如平面镜的反射光学元件。例如,照射系统包括微透镜阵列、遮光板、和/或被设计成帮助将来自辐射源302的光引导至光掩模306和/或衬底102的其他结构。

[0060] 衬底102包括对辐射敏感的光敏层(抗蚀剂)。衬底102可以由目标衬底工作台310保持。目标衬底工作台310提供目标衬底位置的控制,使得中间掩模的图像以重复方式被扫描至目标衬底(尽管其他光刻方法是可能的)。目标衬底工作台310提供目标衬底位置的控制,使得可以以重复方式在目标衬底上获得形貌高度测量(通过其他光刻方法是可能的)。

[0061] 曝光模块302可以包括受控环境,例如,包括目标衬底102和/或曝光模块302的其他组件的真空环境。在该受控环境中,还设置形貌测量模块312或其部分。

[0062] 形貌测量模块312包括多尖端原子力显微镜(AFM)工具314。多尖端AFM工具314可以包括在受控(例如,真空)环境中。多尖端AFM工具314可以基本类似于上文参考图1和图2论述的AFM工具,和/或可以基本类似于下文参考图6详细描述AFM工具600。多尖端AFM工具314可以确定衬底102上的目标层的相对和/或绝对高度。然后,将该测量值提供给参数控制模块316。参数控制模块316分析该高度,并且确定曝光模块302的参数。

[0063] 参数控制模块可以基本类似于下文参考图8所描述的信息处理和分析系统。参数控制模块316包括用于存储和执行软件并且实施一种或多种调节工艺的处理单元、存储器和接口电路。在一个实施例中,参数控制模块316可以利用来自形貌测量模块312的形貌高度数据,以实施修改和/或确定曝光模块302的参数(例如,中间掩模)。在一个实施例中,曝光模块302所确定的参数是焦平面,诸如,确定焦深。

[0064] 光刻系统300可以进一步包括其他组件,和/或图3所表示的组件可以在它们的数量、位置或结构方面进行改变。示例性附加组件包括诸如扫描仪的光刻工具特有的对准模

块和/或其他器件。

[0065] 从而,系统100、方法200和/或工具300可操作地提供通过对目标层实施诸如曝光工艺的光刻工艺而确定用于原位形成在衬底上的目标层的形貌高度信息。实时地前馈该形貌高度信息,以调节诸如焦平面(或DOF)的光刻工艺的参数。

[0066] 现在参考图4,示出根据本发明的一个或多个方面实施光刻工艺的方法的另一个实施例,包括获得并且使用形貌高度信息。图4的方法400开始于框402,其中,选择用于分析的衬底。衬底可以是半导体衬底,诸如,半导体晶圆。衬底可以表示多个晶圆、在典型生产线中所提供的晶圆的产品类型和/或其他划分(demarcation)。衬底可以是硅衬底。可选地,衬底可以包括:另一种元素半导体,诸如,锗;化合物半导体,包括碳化硅、砷化镓、磷化镓、磷化铟、砷化铟、和/或锑化铟;合金半导体,包括SiGe、GaAsP、AlInAs、AlGaAs、GaInP、和/或GaInAsP;或它们的组合。一层或多层和/或图案化特征可以设置在包括期望要被图案化的目标层的衬底上。在实施例中,要被图案化的目标层是光敏(抗蚀剂)层。

[0067] 然后,方法400进行至框404,其中,测量所选衬底上的目标层的形貌高度。形貌高度测量提供在衬底的给定坐标处的目标层的相对或绝对高度。该高度可以确定目标层(例如,抗蚀剂)的上表面的平面。

[0068] 在实施例中,使用诸如下文参考图6所示的工具的多尖端AFM工具,来测量形貌高度。在实施例中,基于排放到晶圆表面上空气压力的检测,使用测量器件来测量形貌高度。在 Lithographic Performance of a Dual Stage, 0.93NA ArF Step&Scan System (Proc. of SPIE Vol. 5754, p. 681 (2005)) 中描述了这样的器件的实施例,其全部内容结合于此作为参考。其他示例性测量器件包括关于诸如外表面下降的原理、光学调平原理的运行的器件和/或其他合适形貌测量器件。

[0069] 可以在所选晶圆上的任何数量的坐标处测量形貌高度。参考图7的实例,示出晶圆102和多尖端AFM工具600。工具600可以以路径702横穿晶圆102,以提供在晶圆102上的多个坐标处的测量值。

[0070] 然后,方法400进行至框406,其中,生成晶圆图。在框404中所获得的形貌高度值用于形成晶圆图。晶圆图可以包括具有在晶圆示图上的多个坐标处所指示的度量数据点的晶圆图形或数据表示。可以使用值、颜色、灰度值、和/或其他划分,在晶圆示图上表示数据。可以通过诸如下文参考图8所描述的信息处理和分析系统800的系统来实施框406。还参考图5的系统500提供进一步说明。

[0071] 在实施例中,晶圆图包括在衬底上的多个坐标中的每个坐标处的偏移量值。偏移量值可以通过(1)由诸如离线测量工具的测量工具所实施在衬底102上的给定点处的实际测量值与(2)在晶圆上的相同点处的光学检测高度测量值进行比较而确定的值。在实施例中,可以通过光刻工具(例如,在真空环境中)实施该光学检测高度测量。该光学检测高度测量不如离线测量工具准确,和/或在晶圆上的点的子集处进行测量。例如,在又一实施例中,在框404中,在晶圆上的多个坐标处实施实际测量,并且在曝光工艺(例如,框408)期间可以在点的子集处实施在线测量。该偏移量值图可以被用于在曝光工艺期间修改诸如焦平面的工艺参数的设定或值。图9示出晶圆图的实施例。(注意,在其他实施例中,结构可能包括表示晶圆形状的圆形图。)

[0072] 可选地,偏移量值可以通过(1)由测量工具实施的衬底上的给定点处的实际测

量值与(2)在该点处的预测或期望形貌高度进行比较而确定的值。可以通过设计数据、工艺数据、仿真、和/或其他合适方法来确定预测或期望形貌高度。诸如工艺数据的数据可以通过其他衬底的分析所收集的数据。在又一实施例中,在给定点处的测量高度和平均值或平均高度之间的差被存储为晶圆图。

[0073] 在实施例中,偏移量晶圆图可以包括用于晶圆图上的多个点中的每个点的偏移量校正。偏移量校正可以与要在光刻工艺(例如,对DOF的修改)中使用的参数的修改相关联。

[0074] 在另一个实施例中,晶圆图包括在晶圆上的多个坐标中的每个坐标处的实际形貌高度测量值。在方法400的又一个实施例中,省略框406,并且将形貌高度直接传送到光刻工艺,而不存储在示“图”中。

[0075] 然后,方法400进行至框408,其中,使用形貌高度信息实施光刻工艺。在实施例中,光刻工艺是诸如由扫描仪所实施的曝光工艺。使用所测量的形貌高度和/或晶圆图来实施光刻工艺。形貌高度信息和/或偏移量校正图被用于确定和/或修改用于衬底的给定坐标的光刻工艺的一个或多个参数。在实施例中,修改后的参数涉及曝光工具(例如,DOF)的焦平面。可以对在框402中所选择的衬底和/或其他衬底实施具有由形貌高度和/或晶圆图所确定的参数的光刻工艺。具体地,对应于衬底上的坐标的测量值被用于确定用于对该坐标成像的光刻工艺参数。可以对衬底上的任何数量的坐标实施该光刻工艺。

[0076] 现在参考图5,示出了用于对衬底实施光刻工艺的系统500。系统500可以用于实现上文参考图4描述的方法400。

[0077] 在系统500中,将衬底102提供给度量工具502。衬底102可以基本类似于上文参考图1、图2、图3和/或图4描述的衬底。在实施例中,衬底是半导体晶圆。度量工具502可操作地在衬底上的一个或多个点处确定衬底102上的目标层的形貌高度。形貌高度测量可以确定衬底102上的给定坐标处的抗蚀剂层的表面高度。

[0078] 在实施例中,度量工具502包括下文参考图6描述的多尖端AFM工具。在实施例中,度量工具502包括基于排放到目标表面上的空气压力的检测来测量高度的器件。在 Lithographic Performance of a Dual Stage, 0.93NA ArF Step&Scan System (Proc. of SPIE Vol. 5754, p. 681 (2005)) 中描述这样的器件的实施例,其全部内容结合于此作为参考。其他示例性测量器件包括关于诸如外表面下降的原理、光学调平原理的运行器件和/或其他合适的形貌测量器件。

[0079] 度量工具502生成度量数据504。度量数据504可以包括在一个或多个位置处的衬底102上的目标层的高度的测量值。度量数据504可以被传输到工艺参数控制模块506。工艺参数控制模块506可以是基本类似于以下参考图8论述的信息处理和分析系统。工艺参数控制模块506可以生成晶圆图508。在框404中所获得的形貌高度值被用于形成晶圆图508。

[0080] 具体地,晶圆图508可以包括具有在晶圆的示图上的多个坐标处所指示的度量数据点的晶圆图或数据表示。在实施例中,晶圆图508包括在衬底上的多个坐标中的每个坐标处的偏移量值。偏移量值可以通过(1)由度量数据504所限定的衬底上的给定点处的实际测量值与(2)在该点处的预测或期望形貌高度或相同位置处的光学测量值进行比较所确定的值。可以通过设计数据、工艺数据、仿真、和/或其他合适方法来确定预测或期望形貌高度。

[0081] 在另一个实施例中,晶圆图的偏移量值可以通过(1)由度量工具502所实施的衬

底102上的给定点处的实际测量值与(2)在晶圆上的相同点处通过光刻工具510的光学检测高度测量值进行比较所确定的值。在实施例中,可以通过光刻工具(例如,在真空环境中)实施该光学检测高度测量。该光学检测高度测量不如离线测量工具准确和/或在晶圆上的点的子集处来测量该光学检测高度测量。

[0082] 在又一实施例中,晶圆图508可以包括用于晶圆的示图上的多个点中的每个点的偏移量校正。偏移量校正可以限定用于光刻工艺中的参数(例如,用于DOF的值)的修改。在另一个实施例中,晶圆图508包括在晶圆上的多个坐标中的每个坐标处的实际形貌高度测量值,由光刻工具114使用该实际形貌高度测量值以生成工艺参数。工艺参数控制模块506可以是光刻工具114和/或度量工具502的一部分。

[0083] 将晶圆图508提供给光刻工具510。在一些实施例中,在光刻工具510中可以包括工艺参数控制模块506。光刻工具510使用晶圆图508确定用于要实施的光刻工艺的至少一个参数。在实施例中,晶圆图508被用于确定由光刻工具510所实施的曝光工艺的焦平面(例如,用于衬底102)。

[0084] 光刻工具510可以是可操作地图案化衬底102上的光敏层的扫描仪。例如,可以使用多种辐射实施衬底的图案化,诸如,紫外线(UV)源、深UV(DUV)源、超UV(EUV)源以及X射线源。在实施例中,辐射源是波长为约13.5nm或更小的EUV源。可以使用本领域中已知的光刻技术来实施图案化。在实施例中,光刻工具510包括基本类似于图3的曝光模块302的功能和/或器件。

[0085] 诸如衬底104的附加衬底还可以被提供给光刻工具510。除了未对衬底实施实际形貌测量之外,附加衬底104可以基本类似于衬底102。衬底104可以包括相同产品类型的半导体器件,具有相同处理批次(processing lot),在相同处理步骤(例如,层)中被部分制造,和/或具有有助于将衬底102的形貌数据应用于衬底104的其他推论因素。

[0086] 从而,方法400和/或系统500可操作地提供用于确定关于形成在衬底上的目标层的形貌高度信息。所确定的形貌高度信息(例如,被离线收集)被前馈至光刻系统。在实施例中,通过基于AFM或气压校准的装置来生成形貌高度信息。在实施例中,晶圆图通过所测量的形貌高度信息生成并且被提供给光刻工具。

[0087] 现在参考图6,示出了多尖端原子力显微镜工具600的示例性实施例。尖端还可以被称为探针。如图所示的AFM工具600包括下文进一步详细描述的第一尖端602和第二尖端604。然而,可以包括任何数量的尖端。

[0088] AFM工具600提供发射光606。发射光606可以由水平传感器608生成。在实施例中,水平传感器608的激光器件提供发射光606。发射光入射到AFM工具600的臂(例如,悬臂)610。臂610具有反射表面612。该发射光606从表面612反射,由此提供反射光616。反射光616返回到水平传感器608。当尖端602或604与衬底102的表面(诸如,目标层614的表面)接触(或以其他方式感测)时,对臂610施加力。力转移臂610,从而改变反射光616的偏转角。诸如多个光电二极管的水平传感器608中的传感器检测反射光616。由于检测到的反射光616指示臂610的偏转,并且从而,可以确定尖端602/604的位置或层614(例如,抗蚀剂)的高度。

[0089] 在AFM工具600中可以采用其他实施例和原理,以感测层614的形貌高度,包括例如使电流通过尖端、非接触式AFM、轻敲模式AFM和/或其他合适技术。

[0090] 现在参考图8,示出了信息处理和分析系统800。系统800可操作地实施在此描述的

方法的一个或多个步骤和/或系统的功能。系统800是信息处理系统,诸如,计算机、服务器、工作站、或其他合适设备。系统800包括可通信地连接至系统存储器806、大容量存储设备802、以及通信模块808的处理器804。系统存储器806提供具有非暂时性计算机可读存储器的处理器804,以便于由处理器执行计算机指令。系统存储器806的实例可以包括诸如动态RAM (DRAM)、同步DRAM (SDRAM)、固态存储设备的随机存取存储器 (RAM) 设备、和/或本领域中已知的多种其他存储设备。系统存储器806可以存储晶圆图、形貌高度测量值、衬底的坐标、和/或上述其他信息。计算机程序、指令和数据被存储在大容量存储设备802上。程序可以生成晶圆图,确定偏移量值,和/或上述其他步骤。大容量存储设备802的实例可以包括硬盘、光盘、磁光盘、固态存储设备和/或本领域中已知的多种其他大容量存储设备。通信模块808可操作地与IC制造系统中的其他组件传输信息,诸如,晶圆图、光刻参数、度量值、晶圆识别数据和/或其他合适信息。通信模块808还可操作地接收到系统800的用户输入。

[0091] 总之,在此公开的方法和和设备提供光刻方法,其允许基于要被成像的层的被测量形貌高度,补偿在光刻工艺期间所使用的参数。在实施例中,光刻工具包括嵌入式度量器件,以提供衬底高度的实时测量。嵌入式度量器件可以是多尖端AFM工具。在另一个实施例中,在光刻工艺之前,离线实施形貌高度测量。然后,形貌高度信息被前馈到光刻工具,以选择诸如DOF的合适光刻参数。在这种情况下,本发明提供优于之前的技术器件的多个优点。例如,嵌入式多尖端AFM工具允许在真空环境下在曝光工艺期间获取测量值。而且,在一些实施例中,当可以与曝光同时地实现测量时,可以有效地实施原位形貌高度测量。在其他实施例中,当独立于扫描仪工具完成工艺时,可以实施形貌高度测量附加详情信息的离线测量(例如,在晶圆上的附加坐标处的测量),其可能经历生产量问题。应该理解,在此公开的不同实施例提供不同公开内容,并且在不脱离本发明的精神和范围的情况下,在此可以对它们作出多种改变、替换和更改。

[0092] 因此,应该认识到,在本文中描述的更广泛的实施例之一中,提供一种方法。该方法包括:衬底上的第一坐标处测量衬底的第一形貌高度,并且衬底上的第二坐标处测量衬底的第二形貌高度。所测量的第一和第二形貌高度被存储(例如,图8)为晶圆图。然后,使用晶圆图,对衬底实施曝光工艺。曝光工艺包括:当曝光衬底上的第一坐标时,使用第一焦点,并且当曝光衬底上的第二坐标时,使用第二焦平面。使用第一形貌高度确定第一焦点,并且使用第二形貌高度确定第二焦点。

[0093] 在又一实施例中,使用多尖端原子力显微镜 (AFM) 工具,同时实施测量第一和第二形貌高度。可以与第一坐标的曝光基本同时地实施第二形貌高度测量。

[0094] 在实施例中,通过确定第一形貌高度和与第一坐标相关联的第三高度之间的偏移量值来生成晶圆图。在实施例中,确定第三高度包括:使用曝光工具,实施光学高度测量。在另一个实施例中,确定第三高度包括使用设计数据和工艺数据中的至少一个。曝光工具可以是用于第一和第二坐标的曝光的超紫外线 (EUV) 扫描仪。

[0095] 该方法可以包括提供基于气压计的度量工具,以测量衬底上的第一和第二形貌高度。曝光工具(实施曝光衬底上的第一和第二坐标)可以独立于气压计度量工具。然后,在曝光之前,可以将第一和第二形貌高度从基于气压计的度量工具发送至曝光工具。在又一个实施例中,在真空环境下,将衬底设置在曝光工具中。在实施例中,在真空环境中,原位实施测量第一和第二形貌高度和实施曝光工艺中的每个。

[0096] 在本文中公开的另一个实施例中,描述一种系统。该系统包括可操作地保持晶圆的衬底工作台、扫描仪模块和多尖端AFM工具。参见图3,在晶圆被设置在衬底工作台上的同时,扫描仪模块可以曝光晶圆上的图案。同样地,在晶圆被设置在衬底工作台上的同时,多尖端AFM工具(多尖端AFM工具的每个尖端)可操作地测量晶圆的高度。

[0097] 在又一实施例中,衬底工作台被设置在真空环境中。一种类型的扫描仪模块在于,包括超紫外线(UV)辐射源。在实施例中,该系统进一步包括:参数控制模块,连接至多尖端AFM工具和扫描仪模块。参数控制模块可以包括:处理器;以及非暂时性计算机可读存储器,可通信地连接至处理器,并且包括可由处理器执行的指令。指令包括以下步骤:从多尖端AFM工具接收第一测量值;使用第一测量值确定第一光刻工艺参数;以及发送第一光刻工艺参数到扫描仪模块。在一个实施例中,第一光刻工艺参数是焦深(DOF)。

[0098] 在本文中公开的又一更广泛形式的系统中,提供一种用于半导体器件制造的系统,包括度量工具、工艺参数控制模块、以及光刻工具。度量工具可操作地例如使用AFM工具确定多个形貌高度,或者传感器可操作地感测排放到目标表面的空气。工艺参数控制模块可操作地使用多个形貌高度生成晶圆图。光刻工具可操作地接收晶圆图,并且根据晶圆图实施曝光工艺。

[0099] 在实施例中,光刻工具根据晶圆图通过使用晶圆图确定焦深来实施光刻工艺。度量工具可以被嵌入光刻工具中(图3)。在实施例中,晶圆图包括在多个形貌高度中的每个与通过光刻工具(例如,通过EUV扫描仪)所确定的光学测量高度之间的偏移量值。

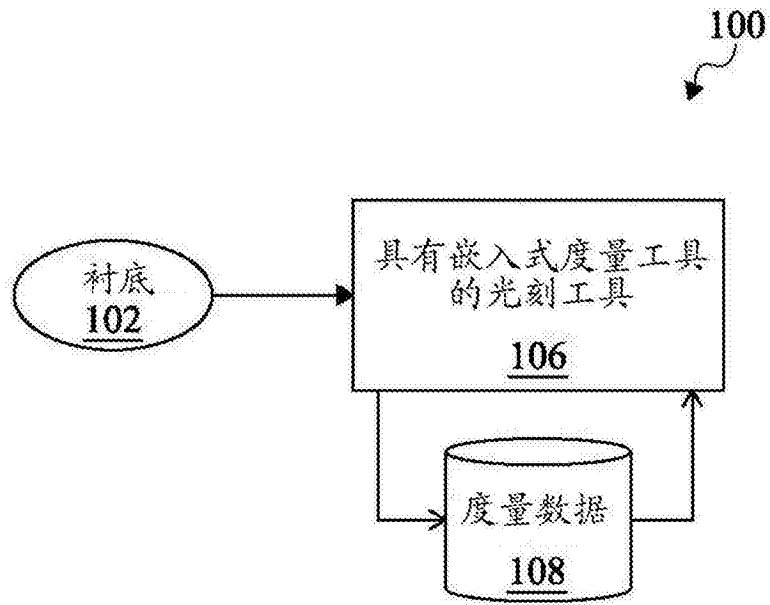


图1

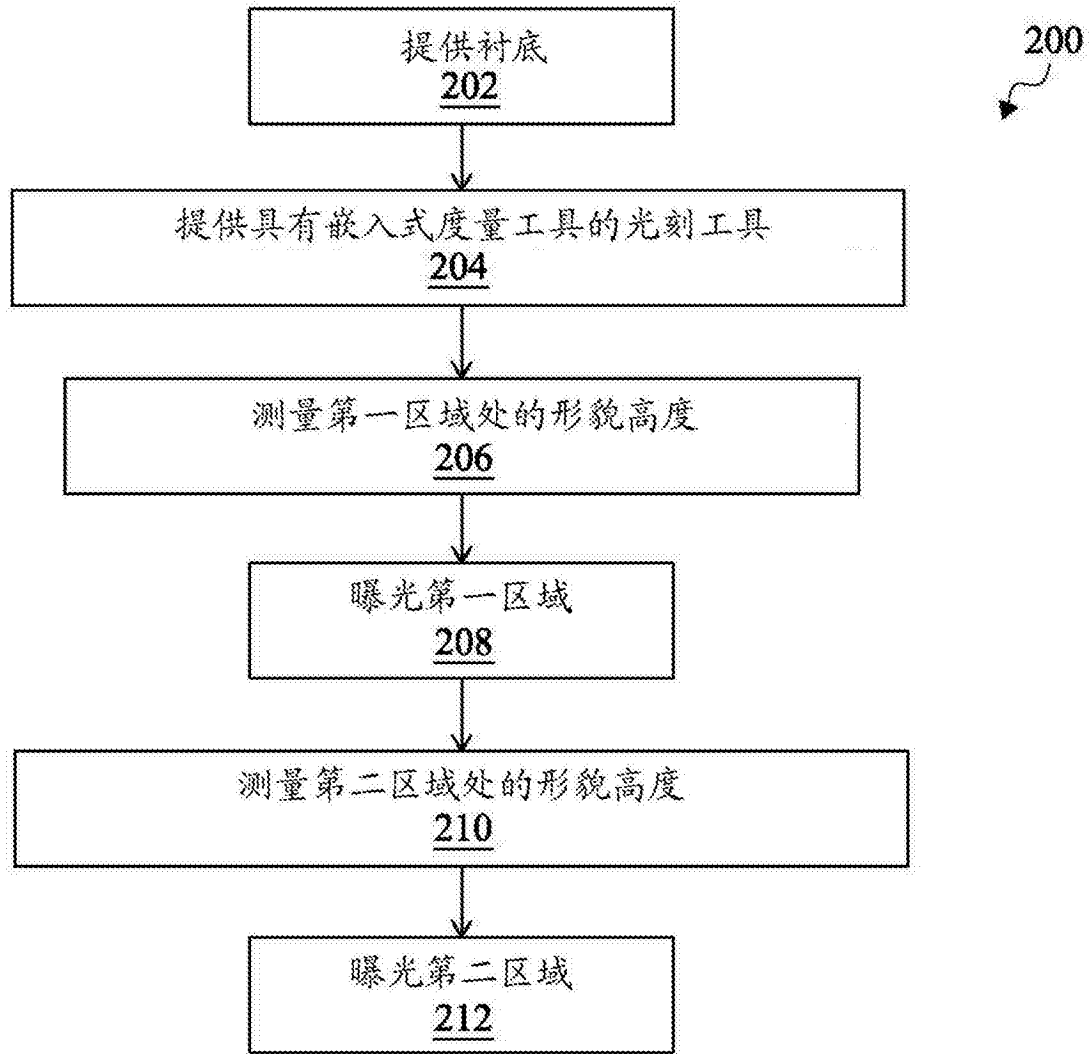


图2

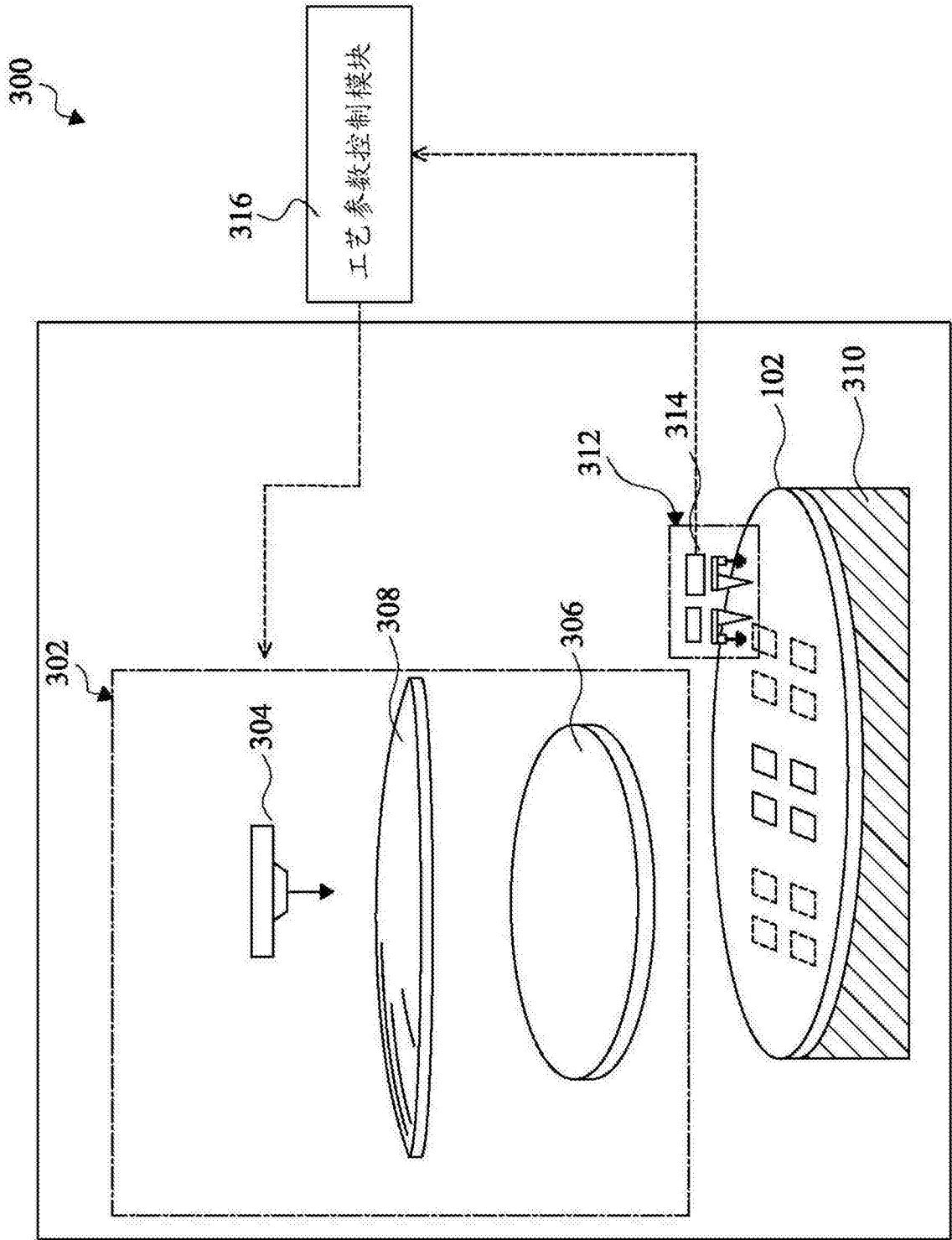


图3

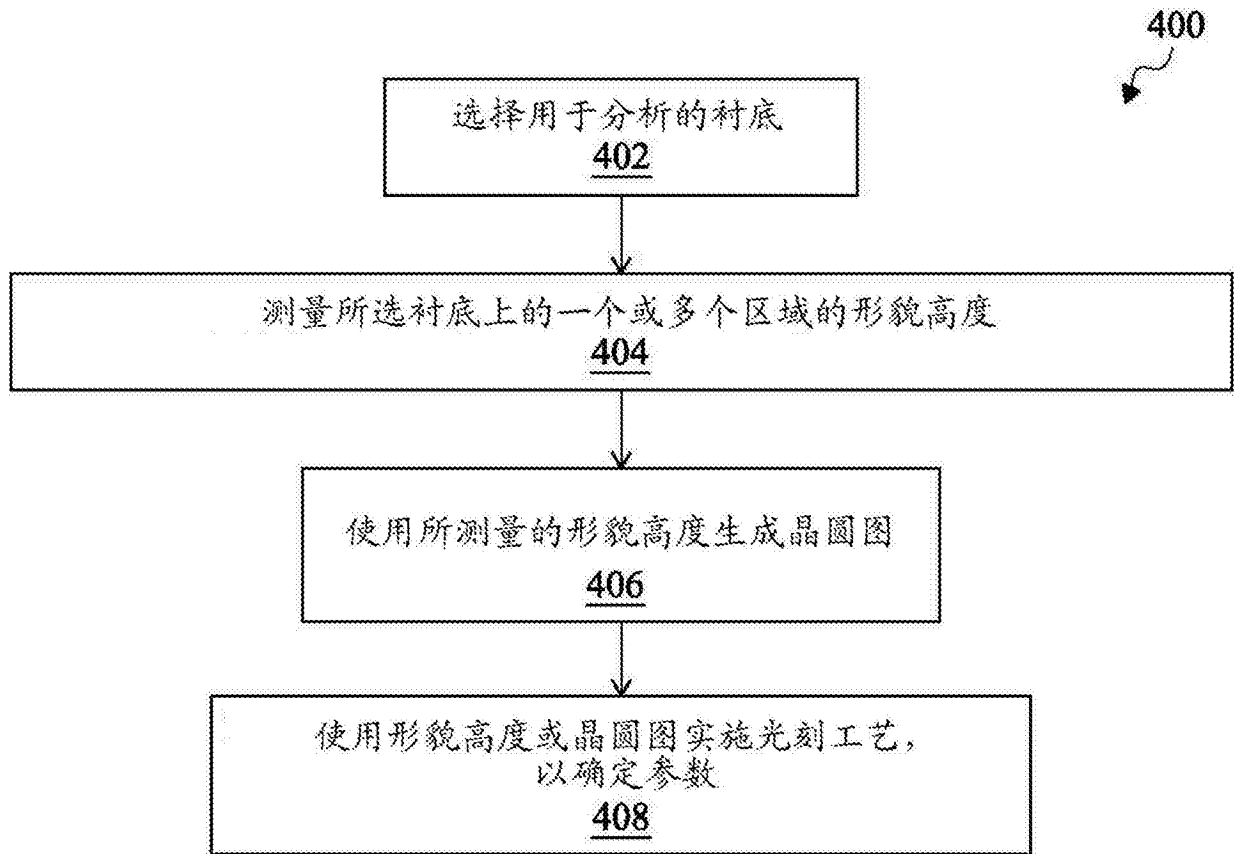


图4

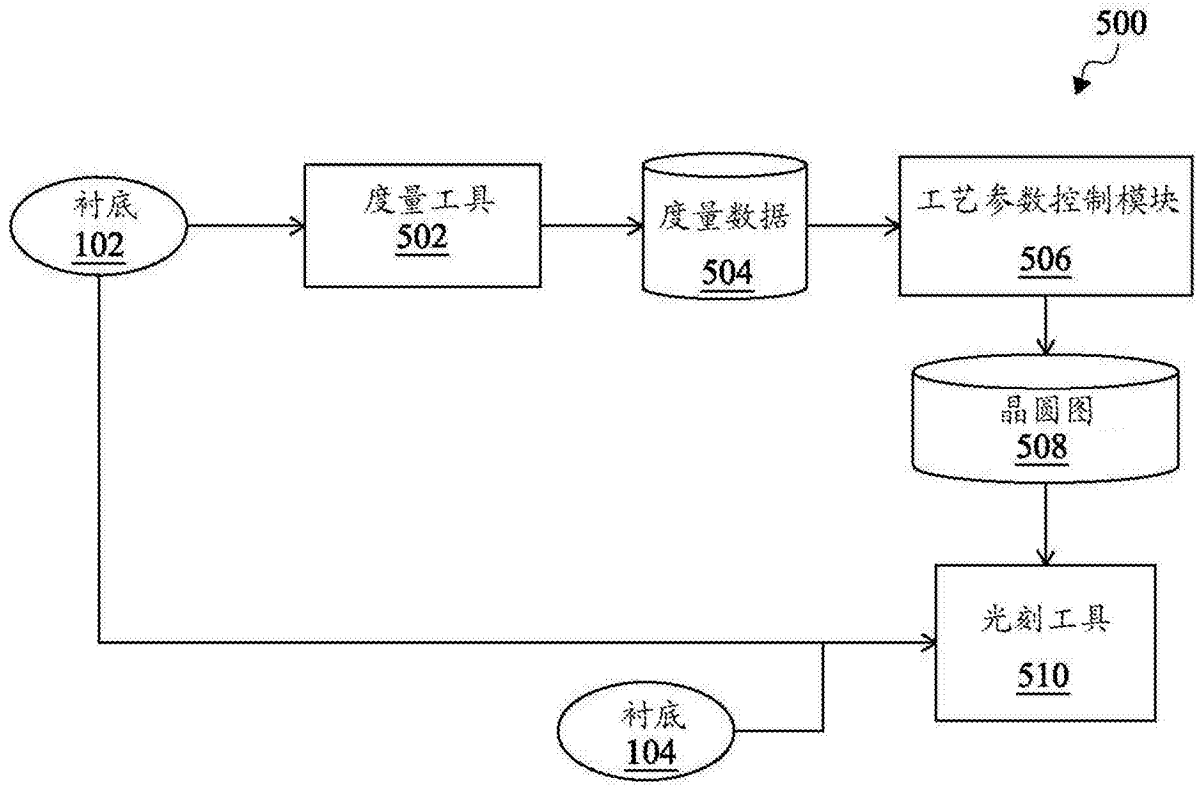


图5

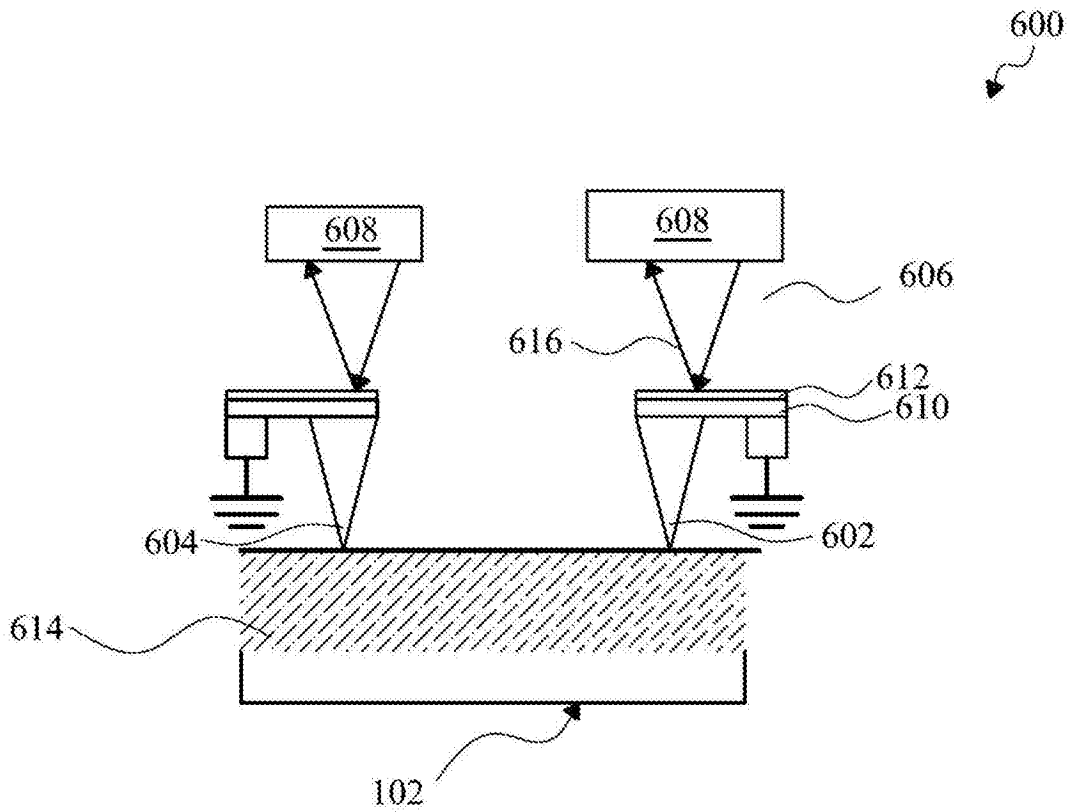


图6

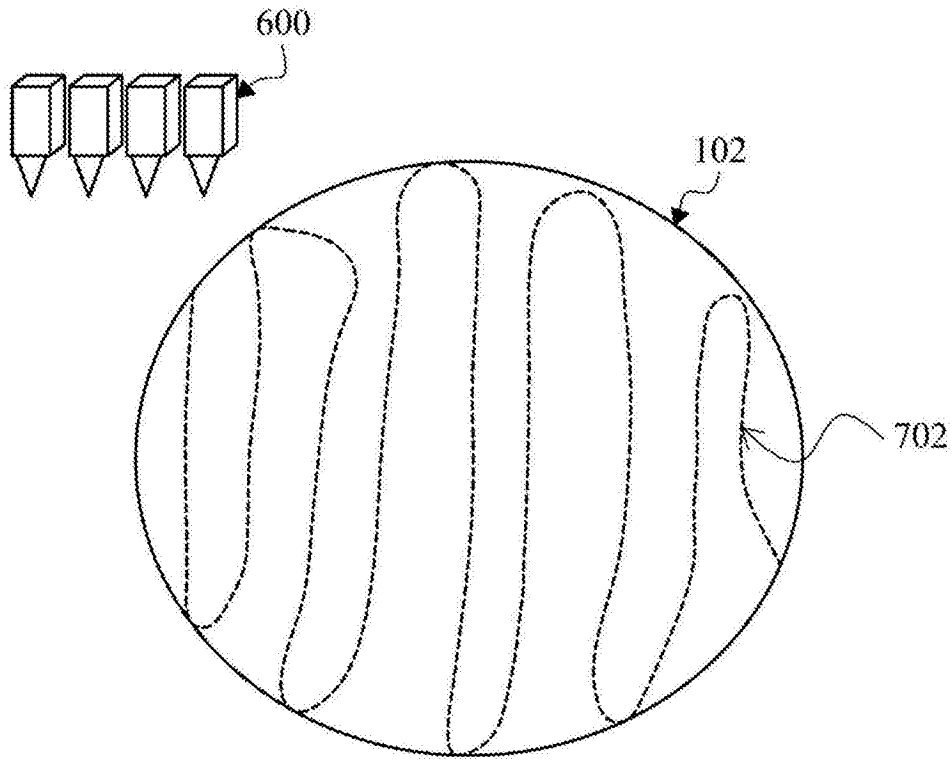


图7

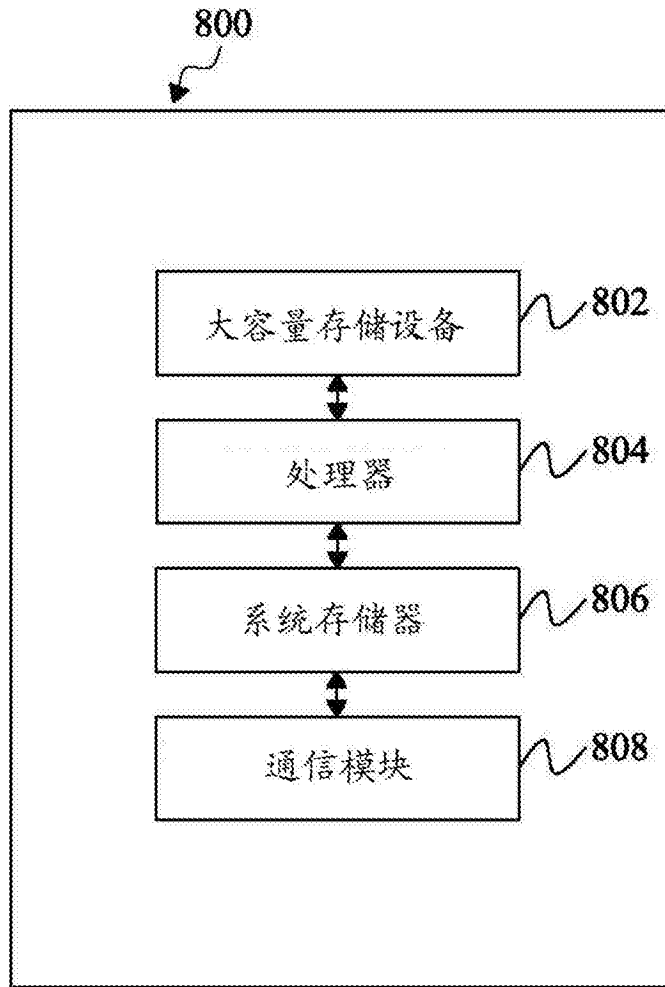


图8

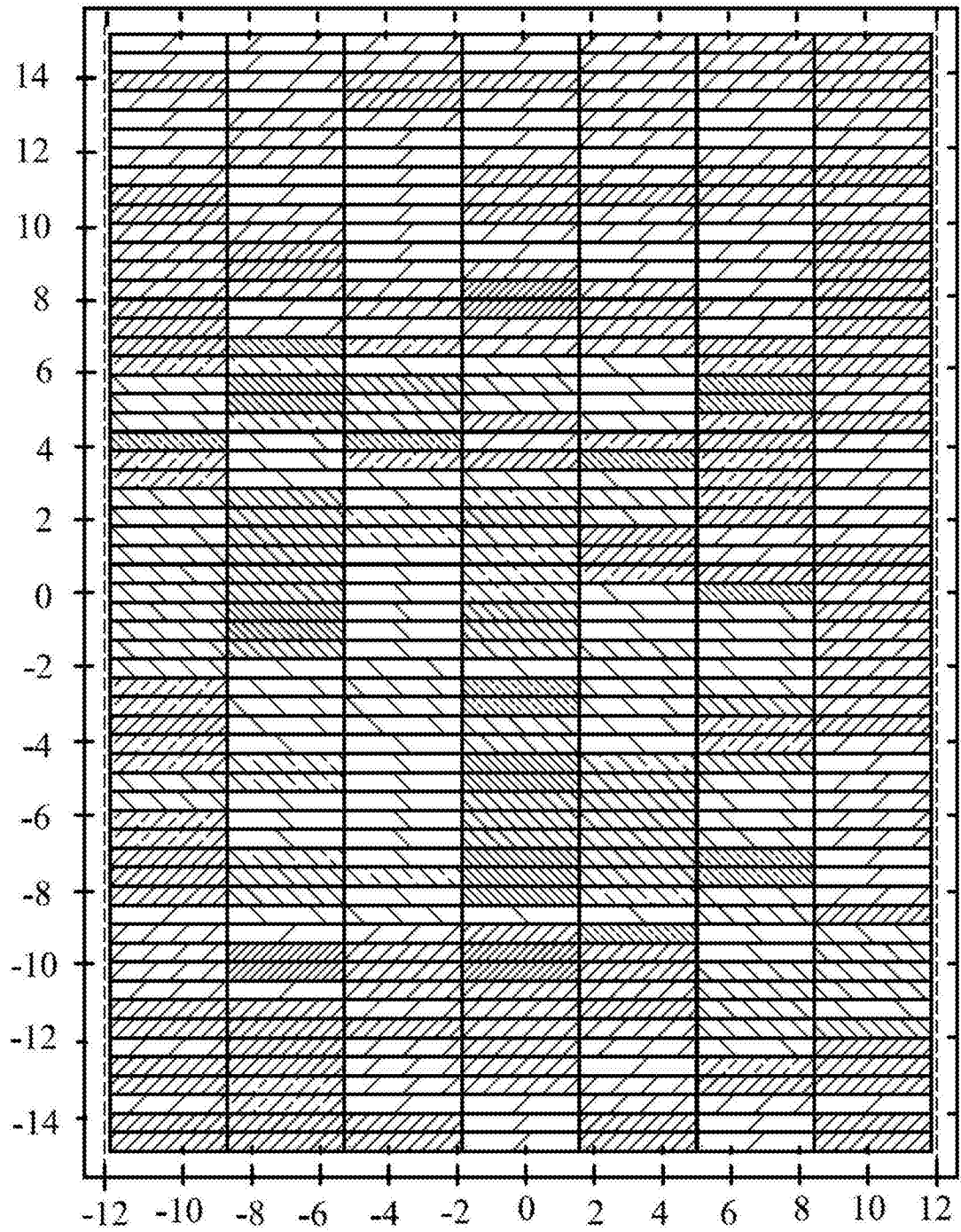


图9