



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111065887 A

(43)申请公布日 2020.04.24

(21)申请号 201880058932.8

(22)申请日 2018.09.04

(30)优先权数据

62/557,253 2017.09.12 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2020.03.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2018/073647 2018.09.04

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2019/052843 EN 2019.03.21

(71)申请人 ASML控股股份有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72)发明人 M·E·汉森 R·A·威尔克洛

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

代理人 傅远

(51)Int.Cl.

G01B 11/27(2006.01)

G03F 7/20(2006.01)

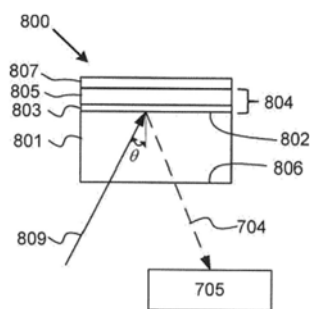
权利要求书3页 说明书22页 附图13页

(54)发明名称

光束指向监测和补偿系统

(57)摘要

提供了一种用于光束指向监测和补偿的光学系统。根据实施例，一种光束指向监测和补偿系统包括表面等离子共振 (SPR) 光学元件 (800)。SPR 光学元件包括具有第一表面 (806) 和第二表面 (802) 的光学元件 (801)。光学元件的第一表面和第二表面基本上彼此平行。SPR 光学元件还包括第一金属层 (803)，其设置在光学元件的第二表面上；电介质层 (805)，其设置在第一金属层上；以及第二金属层 (807)，其设置在电介质层上。



1. 一种光束指向监测和补偿系统,包括:  
表面等离子激元共振SPR光学元件,包括:  
光学元件,包括第一表面和第二表面,其中所述第一表面和所述第二表面基本上彼此平行;  
第一金属层,设置在所述光学元件的所述第二表面上;  
电介质层,设置在所述第一金属层上;以及  
第二金属层,设置在所述电介质层上。
2. 根据权利要求1所述的光束指向监测和补偿系统,其中所述光学元件包括透光材料。
3. 根据权利要求1所述的光束指向监测和补偿系统,其中所述SPR光学元件被配置为接收辐射束,并且提供SPR反射辐射束。
4. 根据权利要求3所述的光束指向监测和补偿系统,还包括:  
光学检测器,被配置为接收所述SPR反射辐射束,并且测量所接收的SPR反射辐射束的强度。
5. 根据权利要求3所述的光束指向监测和补偿系统,还包括:  
光束指向补偿器,被配置为控制所述辐射束在所述SPR光学元件上的入射角。
6. 根据权利要求5所述的光束指向监测和补偿系统,其中:  
所述光束指向补偿器被配置为接收控制信号,以控制所述辐射束在所述SPR光学元件上的所述入射角,以及  
所述控制信号基于所述入射角的测量而被确定。
7. 一种系统,包括:  
照射系统,被配置为提供辐射束;以及  
光束指向监测系统,包括:  
表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件,包括:  
光学元件,包括第一表面和第二表面,其中所述第一表面和所述第二表面基本上彼此平行;  
第一金属层,设置在所述光学元件的所述第二表面上;  
电介质层,设置在所述第一金属层上;以及  
第二金属层,设置在所述电介质层上;其中所述光束指向监测系统被配置为测量所述辐射束相对于所述光学元件的所述第二表面的法线的入射角。
8. 根据权利要求7所述的系统,其中:  
所述光学元件包括透光材料,以及  
所述SPR光学元件被配置为接收辐射束,并且提供SPR反射辐射束。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中所述光束指向监测系统还包括光学检测器,被配置为接收所述SPR反射辐射束,并且测量所接收的SPR反射辐射束的强度。
10. 根据权利要求8所述的系统,还包括:  
光束指向补偿器,被配置为控制所述辐射束在所述SPR光学元件上的所述入射角,  
其中所述光束指向补偿器被配置为接收控制信号以控制所述辐射束在所述SPR光学元件上的所述入射角,所述控制信号基于所述入射角的测量而被确定,并且所述入射角的所述测量基于所述接收的SPR反射辐射束的所述测量强度而被确定。

11. 一种方法,包括:

使用辐射束照射表面等离子共振 (SPR) 光学元件,其中所述辐射束以相对于所述 SPR 光学元件的法线的入射角入射在所述 SPR 光学元件上,并且所述 SPR 光学元件包括光学元件,所述光学元件包括第一表面和第二表面,所述第一表面和所述第二表面基本上彼此平行;

使用检测器检测从所述 SPR 光学元件反射的反射辐射束,其中所述 SPR 光学元件提供所述反射辐射束的 SPR;

测量所述反射辐射束的强度;以及

确定所述入射角。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,还包括:

将控制信号传输到被配置为调整所述入射角的光束指向补偿器。

13. 根据权利要求 11 所述的方法,还包括:

使用光束指向补偿器基于所述控制信号来调整所述入射角。

14. 一种对齐系统,包括:

照射系统,被配置为提供辐射束;

光束指向监测器,被配置为测量所述辐射束相对于所述光束指向监测器的表面的法线的入射角,并且确定光束指向变化;以及

光束指向补偿器,被配置为基于所确定的光束指向变化来接收控制信号,并且调整所述辐射束的所述入射角。

15. 根据权利要求 14 所述的对齐系统,其中所述光束指向监测器包括表面等离子共振 (SPR) 光学元件,所述 SPR 光学元件包括:

光学元件,包括第一表面和第二表面,其中所述第一表面和所述第二表面基本上彼此平行;

第一金属层,设置在所述光学元件的所述第二表面上;

电介质层,设置在所述第一金属层上;以及

第二金属层,设置在所述电介质层上。

16. 根据权利要求 15 所述的对齐系统,其中所述光学元件包括透光材料。

17. 根据权利要求 15 所述的对齐系统,其中所述 SPR 光学元件被配置为接收辐射束,并且提供表面等离子共振 (SPR) 反射辐射束。

18. 根据权利要求 17 所述的对齐系统,还包括:

光学检测器,被配置为接收所述 SPR 反射辐射束,并且测量所接收的 SPR 反射辐射束的强度。

19. 一种光刻装置,包括:

第一照射系统,被配置为照射图案形成装置的图案;

投影系统,被配置为将所述图案的图像投影到衬底的目标部分上;以及

系统,包括:

第二照射系统,被配置为提供辐射束;以及

光束指向监测和补偿系统,包括:

表面等离子共振 (SPR) 光学元件,包括:

光学元件,包括第一表面和第二表面;  
第一金属层,设置在所述光学元件的所述第二表面上;  
电介质层,设置在所述第一金属层上;以及  
第二金属层,设置在所述电介质层上,

其中所述光束指向监测和补偿系统被配置为测量所述辐射束相对于所述光学元件的所述第二表面的法线的入射角。

20.根据权利要求19所述的光刻装置,其中所述光学元件的所述第一表面和所述第二表面基本上彼此平行。

## 光束指向监测和补偿系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2017年9月12日提交的美国临时专利申请号62/557,253号的优先权,其全部内容通过引用并入本文。

### 技术领域

[0003] 本公开的实施例涉及适于用作光刻装置的一部分的监测和补偿系统以及用于监测光束的入射角并且补偿偏差的方法。

### 背景技术

[0004] 光刻装置是将期望图案施加到衬底上(通常,施加到衬底的目标部分上)的机器。光刻装置可以用于例如集成电路(IC)的制造中。在该实例中,图案形成装置(其可替代地称为掩模或掩模版)可以用于生成要形成在IC的单个层上的电路图案。该图案可以传递到衬底(例如,硅晶片)上的目标部分(例如,包括一个或几个管芯的一部分)上。图案通常经由成像传递到设置在衬底上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层上。一般而言,单个衬底包含连续图案化的相邻目标部分的网络。已知的光刻装置包括所谓的步进器,其中通过将整个图案一次曝光到目标部分上来辐射每个目标部分;以及所谓的扫描器,其中通过辐射束在给定方向(“扫描”方向)上扫描图案同时平行或反平行于该方向同步扫描衬底来辐射每个目标部分。通过将图案压印到衬底上,还可以将图案从图案形成装置传递到衬底上。

[0005] 在光刻操作期间,不同的处理步骤可能需要在衬底上依序形成不同的层。因而,可能需要相对于在其上形成的先前图案高精度地定位衬底。通常,可以包括衍射光栅的对齐标记放置在要对齐的衬底上并且相对于第二物体定位。光刻装置可以使用对齐系统来检测对齐标记的位置并且使用对齐标记来对齐衬底,以确保从掩模准确曝光。

[0006] 为了监测光刻过程,对图案化衬底的参数进行测量。参数可以包括例如图案化衬底中或上形成的连续层之间的重叠误差和显影光致抗蚀剂的临界线宽。可以对产品衬底和/或专用计量目标上执行该测量。存在各种测量光刻过程中形成的微观结构的技术,包括使用扫描电子显微镜和各种专用工具。一种快速且非侵入式形式的专用检查工具是一种将辐射束引导到衬底的表面上的目标上并且对散射束或反射束的特性进行测量的散射仪。通过比较光束在已经由衬底反射或散射之前和之后的特性,可以确定衬底的特性。例如,这可以通过比较反射束与存储在已知衬底特性相关联的已知测量库中的数据来完成。光谱散射仪将宽带辐射束引导到衬底上,并且测量散射到特定窄角度范围内的辐射的光谱(作为波长的函数的强度)。相比之下,角分辨散射仪使用单色辐射束,并且测量作为角度的函数的散射辐射的强度。

[0007] 在光刻装置、对齐系统和/或散射仪中使用的照射系统可以包括光束指向传感器。然而,大多数传感器设计无法以所需精度确定光束指向变化。

## 发明内容

[0008] 在本公开的一些实施例中,提供了波束指向监测方法和系统,用于更精确的波束指向测量。附加地,在本公开的一些实施例中,提供了波束指向补偿系统以补偿测量的波束指向变化。

[0009] 根据实施例,一种光束指向监测和补偿系统包括表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件。SPR光学元件包括具有第一表面和第二表面的光学元件。光学元件的第一表面和第二表面基本上彼此平行。SPR光学元件还包括第一金属层,其设置在光学元件的第二表面上;电介质层,其设置在第一金属层上;以及第二金属层,其设置在电介质层上。

[0010] 在另一实施例中,一种系统包括照射系统,其被配置为提供辐射束;以及光束指向监测系统。光束指向监测系统包括表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件。SPR光学元件包括具有第一表面和第二表面的光学元件。光学元件的第一表面和第二表面基本上彼此平行。SPR光学元件还包括第一金属层,其设置在光学元件的第二表面上;电介质层,其设置在第一金属层上;以及第二金属层,其设置在电介质层上。光束指向监测系统被配置为测量辐射束相对于光学元件第二表面的法线的入射角。

[0011] 在又一实施例中,一种方法包括:使用辐射束照射表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件。辐射束以相对于SPR光学元件的法线的入射角入射在SPR光学元件上。SPR光学元件包括具有第一表面和第二表面的光学元件,其中第一表面和第二表面基本上彼此平行。该方法还包括:使用检测器检测从SPR光学元件反射的反射辐射束。SPR光学元件提供反射辐射束的SPR。该方法还包括:测量反射辐射束的强度并且确定入射角。

[0012] 在另一实施例中,对齐系统包括照射系统,其被配置为提供辐射束;以及光束指向监测器,其被配置为测量辐射束相对于光束指向监测器的表面的法线的入射角并且被配置为确定光束指向变化。对齐系统还包括光束指向补偿器,其被配置为基于确定的光束指向变化来接收控制信号并且被配置为调整辐射束的入射角。

[0013] 在又一实施例中,一种光刻装置包括第一照射系统,其被配置为照射图案形成装置的图案。光刻装置还包括投影系统,其被配置为将图案的图像投影到衬底的目标部分上。光刻装置还包括系统,该系统包括第二照射系统,其被配置为提供辐射束;以及光束指向监测和补偿系统。光束指向监测和补偿系统包括表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件。SPR光学元件包括光学元件,该光学元件包括第一表面和第二表面;第一金属层,其设置在光学元件的第二表面上;电介质层,其设置在第一金属层上;以及第二金属层,其设置在电介质层上。光束指向监测和补偿系统被配置为测量辐射束相对于光学元件的第二表面的法线的入射角。

[0014] 下文参照附图对本公开的其他特征和优点以及本公开的各种实施例的结构和操作进行详细描述。应当指出,本公开不限于本文中所描述的特定实施例。本文中提出这种实施例仅出于说明性目的。基于本文中所包含的教导,其他实施例对于一个或多个相关领域的技术人员而言是显而易见的。

## 附图说明

[0015] 并入本文中并且构成说明书一部分的附图图示了本公开并且与说明书一起进一步用于解释本公开的原理并且使得一个或多个相关领域的技术人员能够制造并且使用本

发明。

[0016] 图1A是根据示例性实施例的反射式光刻装置的示意图。

[0017] 图1B是根据示例性实施例的透射式光刻装置的示意图。

[0018] 图2是根据示例性实施例的反射式光刻装置的更详细的示意图。

[0019] 图3是根据示例性实施例的光刻单元的示意图。

[0020] 图4和图5是根据各种示例性实施例的散射仪的示意图。

[0021] 图6是根据示例性实施例的对齐系统的示意图。

[0022] 图7是根据示例性实施例的示例性光束指向监测和补偿系统的示意图。

[0023] 图8A至图8C图示了根据各种示例性实施例的SPR光学元件的横截面。

[0024] 图9示意性地图示了根据示例性实施例的作为入射角函数的反射百分比的图。

[0025] 图10示意性地图示了根据一些实施例的对于入射辐射束的给定波长作为入射角的函数的反射百分比的图。

[0026] 图11A和图11B图示了根据各种示例性实施例的示例性SPR光学元件。

[0027] 图11C图示了根据另一示例性实施例的光束指向监测系统。

[0028] 图12A至图12C图示了根据各种示例性实施例的示例性光束指向补偿器。

[0029] 图13是描绘了根据示例性实施例的用于光束指向监测的方法的流程图。

[0030] 图14是描绘了根据示例性实施例的用于光束指向监测和补偿的方法的流程图。

[0031] 当结合附图来理解时,根据下文所记载的具体实施方式,本发明的其他特征和优点更加明显,附图中相似的标号始终标识对应的元件。在附图中,相似的附图标记通常指示相同、功能相似和/或结构相似的元件。元件首次出现的附图由对应的附图标记中一个或多个最左边的数字指示。

### 具体实施方式

[0032] 本说明书公开了并入本公开的特征的一个或多个实施例。一个或多个所公开的实施例仅例示了本公开。本公开的范围不限于一个或多个所公开的实施例。本公开由所附权利要求书限定。

[0033] 一个或多个所描述的实施例以及说明书中对“一个实施例”、“实施例”、“示例实施例”等的引用指示一个或多个所描述的实施例可以包括特定特征、结构或特点,但是每个实施例可能不一定包括特定特征、结构或特点。而且,这样的短语不一定是指相同的实施例。进一步地,当结合实施例对特定特征、结构或特点进行描述时,应当理解,该特定特征、结构或特点在本领域技术人员的知识范围内,以结合无论是否进行了明确描述的其他实施例来影响这种特征、结构或特点。

[0034] 为了便于描述,空间相对术语(诸如“在...下面(beneath)”、“在...下方(below)”、“在...下部(lower)”、“在...上方(above)”、“在...上(on)”、“在...上部(upper)”等)本文中可以用于如附图中所图示的一个元件或特征与另一个或多个元件或特征的关系。除了附图中所描述的方位之外,空间相对术语还旨在涵盖设备在使用或操作中的不同方位。该装置可以以其他方式进行定向(旋转90度或以其他方位),并且同样,本文中所使用的空间相对描述语可以进行相应地解释。

[0035] 如本文中所使用的,术语“约”表示可以基于特定技术而变化的给定数量的值。基

于特定技术,术语“约”可以指示给定数量的值,该值在例如该值的10%到30%之间变化(该值的±10%、±20%、或±30%)。

[0036] 本公开的实施例可以以硬件、固件、软件或其任何组合来实现。本公开的实施例还可以被实现为存储在机器可读介质上的指令,其可以由一个或多个处理器读取和执行。机器可读介质可以包括用于以机器(例如,计算设备)可读的形式存储或传输信息的任何机构。例如,机器可读介质可以包括只读存储器(ROM);随机存取存储器(RAM);磁盘存储介质;光学存储介质;闪存设备;电信号、光信号、声信号或其他形式的传播信号(例如,载波、红外信号、数字信号等)等等。进一步地,固件、软件、例程、指令可以在本文中描述为执行某些动作。然而,应当领会,这样的描述仅仅是为了方便,并且这样的动作实际上由执行固件、软件、例程、指令等的计算设备、处理器、控制器或其他设备产生。

[0037] 然而,在对这种实施例进行更详细的描述之前,提供可以在其中实现本公开的实施例的示例环境具有指导意义。

[0038] 示例性反射式光刻系统和透射式光刻系统

[0039] 图1A和图1B分别是其中可以实现本公开的实施例的光刻装置100和光刻装置100'的示意图。光刻装置100和光刻装置100'各自包括以下部件:照射系统(照射器)IL,其被配置为调节辐射束B(例如,深紫外辐射或极紫外辐射);支撑结构(例如,掩模台)MT,其被配置为支撑图案形成装置(例如,掩模、掩模版、或动态图案形成装置)MA并且连接到第一定位器PM,该第一定位器PM被配置为精确定位图案形成装置MA;以及衬底台(例如,晶片台)WT,其被配置为保持衬底(例如,涂覆有抗蚀剂的晶片)W并且连接到第二定位器PW,该第二定位器PW被配置为精确定位衬底W。光刻装置100和100'还具有投影系统PS,其被配置为将通过图案形成装置MA赋予到辐射束B的图案投影到衬底W的目标部分(例如,包括一个或多个管芯)C上。在光刻装置100中,图案形成装置MA和投影系统PS是反射式的。在光刻装置100'中,图案形成装置MA和投影系统PS是透射式的。

[0040] 照射系统IL可以包括各种类型的光学部件,诸如折射部件、反射部件、反射折射部件、磁性部件、电磁部件、静电部件、或其他类型的光学部件、或其任何组合,用于引导、整形或控制辐射束B。

[0041] 支撑结构MT以取决于图案形成装置MA相对于参考框架的方位、光刻装置100和100'中的至少一个光刻装置的设计以及其他条件(诸如,图案形成装置MA是否保持在真空环境中)的方式保持图案形成装置MA。支撑结构MT可以使用机械、真空、静电或其他夹紧技术来保持图案形成装置MA。支撑结构MT可以例如是框架或台,其可以根据需要是固定的或可移动的。通过使用传感器,支撑结构MT可以确保图案形成装置MA处于例如相对于投影系统PS的期望位置。

[0042] 术语“图案形成装置”MA应当被广义地解释为是指可以用于向辐射束B的横截面赋予图案以在衬底W的目标部分C中形成图案的任何设备。赋予到辐射束B的图案可能与目标部分C中产生以形成集成电路的设备的特定功能层相对应。

[0043] 图案形成装置MA可以是透射式图案形成装置(如在图1B的光刻装置100'中一样)或反射式图案形成装置(如在图1A的光刻装置100中一样)。图案形成装置MA的示例包括掩模版、掩模、可编程镜阵列和可编程LCD面板。掩模在光刻中是众所周知的,并且包括诸如二元、交替相移和衰减相移之类的掩模类型,以及各种混合掩模类型。可编程镜阵列的示例采



用小镜的矩阵布置,其中每个小镜可以单独倾斜,以便沿不同方向反射入射辐射束。倾斜镜在辐射束B中赋予图案,该图案由小镜矩阵反射。

[0044] 本文中所使用的术语“投影系统”PS可以涵盖任何类型的投影系统,其视正在使用的曝光辐射或其他因素(诸如在衬底W上使用浸没液体或使用真空)的情况而定包括折射系统、反射系统、折射反射系统、磁性系统、电磁系统、以及静电光学系统、或其任何组合。因为其他气体可以吸收过多的辐射或电子,所以真空环境可以用于EUV或电子束辐射。因此,借助于真空壁和真空泵,可以为整个光束路径提供真空环境。

[0045] 光刻装置100和/或光刻装置100'可以是具有两个(双级)或更多个衬底台WT(和/或两个或更多个掩模台)的类型的光刻装置。在这种“多级”机器中,可以并行使用附加衬底台WT,或者在一个或多个其他衬底台WT用于曝光的同时,可以在一个或多个台上执行准备步骤。在一些情况下,附加台可以不是衬底台WT。

[0046] 光刻装置还可以是以下类型的光刻装置,其中衬底的至少一部分可以由具有相对较高的折射率的液体(例如,水)覆盖,以填充投影系统和衬底之间的空间。还可以将浸没液体施加到光刻装置中的其他空间,例如,施加在掩模和投影系统之间。浸没技术在本领域中是众所周知的,用于增加投影系统的数值孔径。如本文中所使用的术语“浸没”并不意指诸如衬底之类的结构必须淹没在液体中,而是仅意指液体在曝光期间位于投影系统与衬底之间。

[0047] 参照图1A和1B,照射器IL从辐射源S0接收辐射束。光源S0和光刻装置100,100'可以是分开的物理实体,例如,当光源S0是准分子激光器时。在这种情况下,光源S0不被认为是形成光刻装置100或100'的一部分,并且借助于包括例如合适的定向镜和/或扩束器的光束传送系统BD,辐射束B从光源S0传递到照射器IL。在其他情况下,例如,当光源是水银灯时,光源可以是光刻装置100,100'的组成部分。光源S0和照射器IL以及(如果需要)与光束传送系统BD一起被称为辐射系统。

[0048] 照射器IL可以包括调整器AD(在图1B中),其用于调整辐射束的角强度分布。通常,可以调整照射器的光瞳平面中的强度分布的至少外部径向范围(radial extent)和/或内部径向范围(通常分别称为 $\sigma$ -外部和 $\sigma$ -内部)。另外,照射器IL可以包括各种其他部件(在图1B中),诸如积分器IN和聚光器C0。照射器IL可以用于调节辐射束B,以在其横截面中具有期望均匀性和强度分布。

[0049] 参照图1A,辐射束B入射在图案形成装置(例如,掩模)MA上,该图案形成装置(例如,掩模)MA保持在支撑结构(例如,掩模台)MT上,并且辐射束B通过图案形成装置进行图案化。在光刻装置100中,辐射束B从图案形成装置(例如,掩模)MA反射。在从图案形成装置(例如,掩模)MA反射之后,辐射束B穿过投影系统PS,该投影系统PS将辐射束B聚焦到衬底W的目标部分C上。借助于第二定位器PW和位置传感器IF2(例如,干涉仪设备、线性编码器、或电容传感器),可以精确移动衬底台WT(例如,以便将不同的目标部分C定位在辐射束B的路径中)。同样,第一定位器PM和另一位置传感器IF1可以用于相对于辐射束B的路径精确定位图案形成装置(例如,掩模)MA。可以使用掩模对齐标记M1,M2和衬底对齐标记P1,P2来对齐图案形成装置(例如,掩模)MA和衬底W。

[0050] 参照图1B,辐射束B入射在图案形成装置(例如,掩模MA)上,该图案形成装置保持在支撑结构(例如,掩模台MT)上,并且辐射束B由图案形成装置进行图案化。遍历掩模MA之

后,辐射束B穿过投影系统PS,该投影系统将光束聚焦到衬底W的目标部分C上。投影系统具有与照射系统光瞳IPU共轭的光瞳PPU。辐射的各个部分从照射系统光瞳IPU处的强度分布发出,并且遍历掩模图案而不受掩模图案处的衍射的影响,并且在照射系统光瞳IPU处生成强度分布的图像。

[0051] 借助于第二定位器PW和位置传感器IF(例如,干涉仪、线性编码器或电容传感器),可以精确移动衬底台WT(例如,以便定位辐射束B的路径中的不同目标部分C)。同样,第一定位器PM和另一位置传感器(图1B中未示出)可以用于相对于辐射束B的路径准确定位掩模MA(例如,在从掩模库中机械获取之后或在扫描期间)。

[0052] 一般而言,掩模台MT的移动可以借助于形成第一定位器PM的一部分的长行程模块(粗定位)和短行程模块(精细定位)来实现。同样,衬底台WT的移动可以使用形成第二定位器PW的一部分的长行程模块和短行程模块来实现。在步进器(与扫描器相反)的情况下,掩模台MT可以仅连接到短行程致动器,或可以固定。可以使用掩模对齐标记M1,M2和衬底对齐标记P1,P2来对齐掩模MA和衬底W。尽管(如所图示的)衬底对齐标记占据专用目标部分,但是它们可以位于目标部分(称为划道对齐标记)之间的空间中。同样,在掩模MA上提供多于一个管芯的情况下,掩模对齐标记可以位于管芯之间。

[0053] 掩模台MT和图案形成装置MA可以位于真空腔,其中真空内机械手IVR可以用于将诸如掩模之类的图案形成装置移入和移出真空腔。可替代地,当掩模台MT和图案形成装置MA位于真空腔的外部时,与真空机械手IVR类似,真空外机械手可以用于各种运输操作。真空内机械手和真空外机械手都需要进行校准,以将任何有效负载(例如,掩模)顺利传递到传递站的固定运动学支撑(fixed kinematic mount)上。

[0054] 光刻装置100和100'可以以下模式中的至少一个模式下使用:

[0055] 1. 在步进模式下,支撑结构(例如,掩模台)MT和衬底台WT基本上保持静止,而赋予到辐射束B的整个图案一次投影到目标部分C上(即,单次静态曝光)。然后,衬底台WT沿X方向和/或Y方向偏移,使得可以曝光不同的目标部分C。

[0056] 2. 在扫描模式下,同步扫描支撑结构(例如,掩模台)MT和衬底台WT,同时,赋予到辐射束B的图案被投影到目标部分C上(即,单次动态曝光)。衬底台WT相对于支撑结构(例如,掩模台)MT的速度和方向可以由投影系统PS的(缩小率)放大率和图像反转特点来确定。

[0057] 3. 在另一模式中,支撑结构(例如,掩模台)MT保持基本静止,从而保持可编程图案形成装置,并且移动或扫描衬底台WT,同时,赋予到辐射束B的图案被投影到目标部分C上。在每次移动衬底台WT之后或在扫描期间的连续辐射脉冲之间,根据需要可以采用脉冲辐射源并且更新可编程图案形成装置。这种操作模式可以容易地应用于利用可编程图案形成装置的无掩模光刻,诸如可编程镜阵列。

[0058] 还可以采用所描述的使用模式或完全不同的使用模式的组合和/或变型。

[0059] 在另一实施例中,光刻装置100包括极紫外(EUV)源,其被配置为生成用于EUV光刻的EUV辐射束。一般而言,EUV源被配置在辐射系统中,并且对应的照射系统被配置为调节EUV源的EUV辐射束。

[0060] 图2更详细地示出了光刻装置100,其包括光源收集器装置SO、照射系统IL和投影系统PS。光源收集器装置SO被构造和布置为使得可以在光源收集器装置SO的围合结构220中维持真空环境。可以通过放电产生的等离激元源来形成发射等离激元210的EUV辐射。EUV

辐射可以由气体或蒸气(例如,氙气、锂蒸气或锡蒸气)产生,其中产生非常热的等离激元210以发射电磁光谱的EUV范围内的辐射。非常热的等离激元210例如通过放电产生,该放电引起至少部分电离的等离激元。为了有效生成辐射,可能需要例如10Pa的氙气、锂蒸气或锡蒸气或任何其他合适的气体或蒸气的分压。在实施例中,提供激励的锡(Sn)的等离激元,以产生EUV辐射。

[0061] 由热等离激元210发射的辐射经由位于光源腔中的开口中或后的可选气体屏障或污染物阱230(在一些情况下,也称为污染物屏障或翼片阱)从光源腔211进入收集器腔212。污染物阱230可以包括通道结构。污染物阱230还可包括气体屏障或气体屏障与通道结构的组合。本文中所进一步指示的污染物阱或污染物屏障230至少包括通道结构。

[0062] 收集器腔212可以包括辐射收集器C0,其可以是所谓的掠入射收集器。辐射收集器C0具有上游辐射收集器侧251和下游辐射收集器侧252。遍历收集器C0的辐射可以从光栅光谱滤光片240反射出来,以聚焦在虚拟光源点IF中。虚拟源点IF通常被称为中间焦点,并且光源收集器装置被布置为使得中间焦点IF位于围合结构220中的开口219处或附近。虚拟光源点IF是发射等离激元210的辐射的图像。具体地,光栅光谱滤光片240用于抑制红外(IR)辐射。

[0063] 随后,辐射遍历照射系统IL,该照射系统可以包括琢面场镜设备222和琢面光瞳镜设备224,其被布置为在图案形成装置MA处提供辐射束221的所需角度分布以及在图案形成装置MA处提供辐射强度的所需均匀性。当辐射束221在由支撑结构MT保持的图案形成装置MA处被反射时,图案化束226被形成,并且图案化束226经由反射元件228,230通过投影系统PS成像到通过晶片级或衬底台WT所保持的衬底W上。

[0064] 照射光学元件单元IL和投影系统PS中通常可以存在比所示出的元件更多的元件。依据光刻装置的类型,可以可选地存在光栅光谱滤光片240。进一步地,可能存在比图2所示出的镜更多的镜,例如,投影系统PS中可以存在比图2所示出的反射元件更多的1至6个附加反射元件。

[0065] 如图2所图示的,收集器光学元件C0被描绘为具有掠入射反射器253,254和255的巢状收集器,仅作为收集器(或收集器镜)的示例。掠入射反射器253,254和255围绕光轴0轴向对称布置,并且这种类型的收集器光学元件C0优选与通常称为DPP光源的放电产生的等离激元源组合使用。

[0066] 示例光刻单元

[0067] 图3示出了光刻单元300(有时还称为光刻单元或簇)。光刻装置100或100'可以形成光刻单元300的一部分。光刻单元300还可以包括用于对衬底执行曝光前和曝光后过程的装置。传统上讲,这些包括沉积抗蚀剂层的旋涂机SC、使曝光的抗蚀剂显影的显影剂DE、激冷板CH和烘烤板BK。衬底处理器或机械手RO从输入/输出端口I/O1,I/O2拾取一个或多个衬底,在不同的过程装置之间移动它们,然后将它们传送到光刻装置的进料台LB。这些设备通常被统称为轨道,处于轨道控制单元TCU的控制下,该轨道控制单元TCU本身由管理控制系统SCS进行控制,该管理控制系统还经由光刻控制单元LACU控制光刻装置。因此,可以操作不同的装置以使吞吐量和处理效率最大。

[0068] 示例散射仪

[0069] 为了确保正确且一致地曝光由光刻装置(诸如光刻装置100和/或100')曝光的衬

底,需要检查曝光的衬底以测量诸如后续层之间的重叠误差、线厚度、临界尺寸(CD)等之类的特性。如果检测到误差,则可以对后续衬底的曝光进行调整,尤其是如果可以尽快且足够快速地进行检查以致仍要曝光同一批次的其他衬底。此外,可以剥离和重新加工(以提高产率)或丢弃已经曝光的衬底,从而避免对已知有缺陷的衬底执行曝光。在仅衬底的一些目标部分有缺陷的情况下,仅可以对那些良好的目标部分执行进一步的曝光。

[0070] 检查装置可以用于确定衬底的特性,具体地,确定不同衬底或同一衬底的不同层的特性如何随层变化。检查装置可以集成到光刻装置中,例如光刻装置100和/或100'或光刻单元300,或者可以是独立设备。为了能够进行最快速的测量,期望检查装置在曝光之后立即测量曝光的抗蚀剂层中的特性。然而,抗蚀剂中的潜像的对比度非常低(抗蚀剂中已暴露于辐射的部分与未暴露于辐射的部分之间的折射率只有很小的差异),并非所有检查装置的灵敏度都足以对潜像进行有用的测量。因此,可以在曝光后烘烤步骤(PEB)之后进行测量,该曝光后烘烤步骤通常是对曝光的衬底执行的第一步骤,并且增加抗蚀剂的曝光部分和未曝光部分之间的对比度。在这个阶段,抗蚀剂中的图像可以被称为半潜像。还可以对显影的抗蚀剂图像进行测量(此时,已经移除了抗蚀剂的曝光部分或未曝光部分),或者可以在图案传递步骤(诸如蚀刻)之后进行测量。后一可能性限制了重新加工有缺陷的衬底的可能性,但仍然可以提供有用的信息。

[0071] 图4描绘了可以用于本公开的散射仪SM1。散射仪SM1可以集成到光刻装置中,诸如光刻装置100和/或100'或光刻单元300,或者可以是独立设备。该散射仪SM1包括宽带(白光)辐射投影仪2,其将辐射投影到衬底W上。反射辐射被传递到光谱仪检测器4,该光谱仪检测器4测量镜面反射辐射的光谱10(作为波长的函数的强度)。根据该数据,可以由处理单元PU(例如,通过严格耦合波分析和非线性回归或者通过与模拟光谱库进行比较,如图4的底部所示)重构引起检测到的光谱的结构或轮廓。一般而言,对于重构,结构的一般形式已知,并且一些参数假设来自制造该结构的过程的知识,从而只剩下要从测量数据确定的结构的一些参数。这种散射仪可以被配置为正入射散射仪或斜入射散射仪。

[0072] 图5示出了可以与本公开一起使用的另一散射仪SM2。散射仪SM2可以集成到光刻装置(诸如光刻装置100和/或100'或光刻单元300)中,或可以是独立设备。散射仪SM2可以包括具有辐射源2的光学系统1、透镜系统12、滤光片13(例如,干涉滤光片)、反射设备14(例如,参考镜)、透镜系统15(例如,显微物镜透镜系统,本文中也称为物镜系统)、部分反射表面16(例如,分束器)、以及偏振器17。散射仪SM2还可包括检测器18和处理单元PU。

[0073] 在一个示例性操作中,由辐射源2发射的辐射使用透镜系统12进行准直,并且通过干涉滤光片13和偏振器17传输,由部分反射表面16反射,并且经由显微物镜系统15聚焦到衬底W上。然后,反射辐射通过部分反射表面16传输进入检测器18,以便检测到散射光谱。该检测器可以位于物镜系统15的焦距处的反向投影的光瞳平面11中,然而,该光瞳平面可以替代地使用辅助光学元件(未示出)重新成像到该检测器上。光瞳平面是其中辐射的径向位置定义入射角并且角位置定义辐射的方位角的平面。在一个示例中,检测器是二维检测器,使得可以测量衬底目标30的二维角散射光谱。检测器18可以是例如电荷耦合器件(CCD)或CMOS传感器的阵列,并且可以使用例如每帧40毫秒的积分时间。

[0074] 例如,参考光束可以用于测量入射辐射的强度。为此,当辐射束入射在分束器16上时,辐射束的一部分作为参考光束通过分束器朝向参考镜14传输。然后,参考光束被投影到

同一检测器18的不同部分上,或可替代地被投影到不同的检测器上(未示出)。

[0075] 干涉滤光片13可以包括干涉滤光片集合,该干涉滤光片集合可用于在405nm至790nm或更小范围(诸如200nm至300nm)内选择感兴趣波长。干涉滤光片可以是可调的,而非包括一个不同的滤光片集合。可以使用光栅代替干涉滤光片。

[0076] 检测器18可以测量单个波长(或窄波长范围)处的散射光的强度,分别测量多个波长处的强度或在一定波长范围内积分的强度。更进一步地,传感器18可以分别测量横向磁偏振光线和/或横向电偏振光线的强度和/或横向磁偏振光线和横向电偏振光线之间的相位差。

[0077] 使用辐射源2的宽带光源(即,具有宽泛范围的光线频率或波长的宽带光源,因此具有宽泛范围的颜色光源)可以给出大集光率,从而允许多个波长的混合。宽带中的多个波长优选地各自可以具有 $\Delta\lambda$ 的带宽和至少 $2\Delta\lambda$ 的间隔(即,带宽的两倍)。几个辐射“源”可以是扩展辐射源的不同部分,这些部分已使用纤维束进行了拆分。这样,可以在多个波长处并行测量角分辨散射光谱。可以测量3D光谱(波长和两个不同的角度),其比2D光谱包含更多的信息。这允许测量更多信息,从而增加了测量过程的鲁棒性。这在EP1,628,164A中进行了更详细的描述,其全部内容通过引用并入本文。

[0078] 衬底W上的目标30可以是1D光栅,其被印刷使得在显影之后,栅条由固体抗蚀剂线形成。目标30可以包括2D光栅,其被印刷使得在显影之后,光栅由抗蚀剂中的固体抗蚀剂柱或通孔形成。可替代地,栅条、柱或通孔可以蚀刻到衬底中。该图案对光刻投影装置(具体地,投影系统PS)中的光学像差敏感,并且照射对称性和这种像差的存在将在印刷光栅的变化中表现它们自己。因而,印刷光栅的散射测量数据用于重构光栅。1D光栅的参数(诸如线宽和/或形状)或2D光栅的参数(诸如柱或通孔的宽度或长度或形状)可以根据印刷步骤和/或其他散射测量过程的知识输入到由处理单元PU执行的重构过程。

[0079] 如上文所描述的,目标可以位于衬底的表面上。该目标通常采用光栅中的一系列线的形状或2-D阵列中的基本上矩形的结构。计量中的严格光学衍射理论的目的是有效地计算从目标反射的衍射光谱。换句话说,对于CD(临界尺寸)均匀性和重叠计量,获得目标形状信息。重叠计量是其中测量两个目标的重叠以便确定衬底上的两个层是否对齐的测量系统。CD均匀性只是测量光栅在光谱上的均匀性,以确定光刻装置的曝光系统如何运转。具体地,CD或临界尺寸是“写”在衬底上的物体的宽度,并且是光刻装置在物理上能够写在衬底上的极限。

[0080] 根据实施例的具有光束指向监测和补偿系统的对齐系统

[0081] 图6图示了根据实施例的对齐系统600的示意图,该对齐系统600可以实现为光刻装置100或100'的一部分和/或散射仪SM1和SM2的一部分。在该实施例的示例中,对齐系统600可以被配置为相对于图案形成装置(例如,图案形成装置MA)对齐衬底(例如,衬底W)。对齐系统600还可以被配置为检测对齐标记在衬底上的位置,并且使用对齐标记的检测的位置使衬底相对于图案形成装置或光刻装置100或100'的其他部件对齐。衬底的这种对齐可以确保衬底上的一个或多个图案的准确曝光。

[0082] 根据实施例,对齐系统600可以包括照射系统612、光学系统614、物镜系统616、图像旋转干涉仪626、检测器628、以及信号分析器630。照射系统612可以被配置为提供电磁窄带辐射束641。在示例中,窄带辐射束641可以在约500nm至约900nm之间的波长光谱内。在另

一示例中,窄带辐射束641包括在约500nm至约900nm之间的波长光谱内的离散窄通带。在又一示例中,辐射束641可以是单色的,例如,由单色光源(诸如照射系统612中的激光光源)提供。但是,诸如LED之类的多色光源还可以用在照射系统612中,以提供多色辐射束614。应当指出,辐射束614不限于这些示例,并且可以包括任何合适数目和范围的波长。

[0083] 根据一些实施例,对齐系统600还可以包括光束指向监测和补偿系统640,其被配置为以高精度确定辐射束的光束指向变化并且补偿光束指向变化。光束指向监测和补偿系统640可以被配置为接收辐射束641,使用辐射束641的一小部分进行光束指向监测和补偿,并且通过辐射束613。

[0084] 根据实施例,光学系统614可以包括分束器。根据实施例,光学系统614可以被配置为接收辐射束613并且将辐射束613分成至少两个辐射子束。在示例中,辐射束613可以被分成辐射子束615和617,如图6所示。光学系统614还可以被配置为将辐射子束615引导到放置在可沿着方向624移动的台622上的衬底620上。辐射子束615可以被配置为照射位于衬底620上的对齐标记或目标618。在该实施例的示例中,对齐标记或目标618可以涂覆有辐射敏感膜。在另一示例中,对齐标记或目标618可以具有一百八十度的对称性。也就是说,当对齐标记或目标618围绕垂直于对齐标记或目标618的平面的对称轴旋转180度时,旋转的对齐标记或目标418可以与未旋转的对齐标记或目标618基本上相同。

[0085] 如图6所图示的,根据实施例,物镜系统616可以被配置为朝向图像旋转干涉仪626引导衍射辐射束619。物镜系统616可以包括适合于引导衍射辐射束619的任何适当数目的光学元件。在示例实施例中,衍射辐射束619可以是来自对齐标记618衍射的辐射束615的至少一部分。进一步地,应当指出,尽管物镜系统616被示出为朝向图像旋转干涉仪626引导辐射束619,但是本公开不限于此。对于相关领域的技术人员而言,显而易见的是,其他光学布置可以用于获得检测来自对齐标记618的衍射信号的类似结果。

[0086] 如图6所图示的,图像旋转干涉仪626可以被配置为通过分束器614接收辐射子束617和衍射辐射束619。在该实施例的示例中,图像旋转干涉仪626可以包括任何适当的光学元件集合,例如,可以被配置为基于接收的衍射辐射束619来形成对齐标记618的两个图像的棱镜的组合。应当领会,不需要形成高质量的图像,但是应当对对齐标记618的特征进行解析。图像旋转干涉仪626还可以被配置为将两个图像中的一个图像相对于两个图像中的另一图像旋转180度,并且以干涉方式重新组合旋转的图像和未旋转的图像。

[0087] 在实施例中,检测器628可以被配置为:当对齐系统600的对齐轴621穿过对齐标记618的对称中心(未示出)时,接收重组图像并且检测由于重组图像而产生的干扰。根据示例实施例,这种干扰可能是由于对齐标记618是一百八十度对称的,并且重组图像相长或相消地干涉。基于所检测的干扰,检测器628还可以被配置为确定对齐标记618的对称中心的位置,因此检测衬底620的位置。根据示例,对齐轴621可以与光束对齐,该光束垂直于衬底620并且穿过图像旋转干涉仪626的中心。

[0088] 在另一实施例中,信号分析器630可以被配置为接收包括确定的对称中心的信息的信号629。信号分析器630还可以被配置为确定台622的位置,并且使台622的位置与对齐标记618的对称中心的位置相关。如此,参照台622可以准确得知对齐标记618的位置(因此,衬底620的位置)。可替代地,信号分析器630可以被配置为确定对齐系统600或任何其他参考元件的位置,使得对齐标记618的对称中心可以参考对齐系统600或任何其他参考元件得

知。

[0089] 根据一些示例,信号分析器630可以包括执行固件、软件、例程、指令等以实现本公开的一个或多个实施例的一个或多个处理单元、计算设备、处理器、控制器或其他设备。

[0090] 应当指出,即使示出了分束器614朝向对齐标记或目标618引导辐射束615并且朝向图像旋转干涉仪626引导反射辐射束619,但是本公开内容不限于此。对于相关领域的技术人员而言,显而易见的是,其他光学布置可以用于获得照亮衬底620上的对齐标记或目标618并且检测对齐标记或目标618的图像的类似结果。

[0091] 根据一些实施例,对齐系统600还可以包括光束指向监测和补偿系统640。应当指出,尽管根据对齐系统600对光束指向监测和补偿系统640进行了讨论,但是光束指向监测和补偿系统系统640可以是光刻装置100、光刻装置100'、散射仪SM1、散射仪SM2、或任何其他装置的一部分,以高精度确定辐射束的光束指向变化并且补偿光束指向变化。例如,光束指向监测和补偿系统640可以与用于装置100、光刻装置100'、散射仪SM1、散射仪SM2、对齐系统600或任何其他装置的照射系统一起使用。

[0092] 此外,应当指出,尽管图6图示了光束指向监测和补偿系统640要位于照射系统612和光学系统614之间,该光束指向监测和补偿系统640可以位于对齐系统600或其他系统内的光学路径上的其他位置。例如,光束指向监测和补偿系统640可以是照射系统612的一部分。作为另一示例,其他光学元件(诸如但不限于中继透镜、棱镜、视场光阑等)可以设置在照射系统612和光学系统614之间,并且光束指向监测和补偿系统640可以设置在这些光学元件内。此外,如下文所更详细地讨论的,光束指向监测和补偿系统640可以基于并且使用已经用于对齐系统600或其中正在使用光束指向监测和补偿系统640的其他系统内的光学元件。

[0093] 根据一些示例,光束指向监测和补偿系统640被配置为从照射系统612接收辐射束641。光束指向监测和补偿系统640可以使用辐射束641的一小部分来测量光束指向偏差并且补偿任何偏差。根据一些实施例,光束指向监测和补偿系统640可以与信号分析器630耦合。在该示例中,光束指向监测和补偿系统640可以向信号分析器630发送辐射束的测量的强度、辐射束的测量的入射角、和/或测量的光束指向偏差。信号分析器630可以分析辐射束的测量的强度、辐射束的测量的入射角和/或测量的光束指向偏差,并且向光束指向监测和补偿系统640发送控制信号以补偿任何偏差。

[0094] 例如,信号分析器630可以从光束指向监测和补偿系统640接收辐射束的测量的强度,确定辐射束的入射角,并且比较确定的入射角与参考光束角,确定光束指向偏差,并且基于确定的光束指向偏差来生成控制信号。信号分析器630可以向光束指向监测和补偿系统640发送控制信号以补偿测量的偏差。根据一些示例,光束指向监测和补偿系统640可以被配置为测量微微弧度范围内的入射角和/或入射角变化。

[0095] 图7图示了根据一些实施例的示例性光束指向监测和补偿系统640。在该示例中,光束指向监测和补偿系统640可以包括光束指向补偿器701和光束指向监测系统,该光束指向监测系统包括表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件703和光学检测器705。如上文所指出的,光束指向补偿器701、表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件703和/或光学检测器705可以是(和/或使用)已经用于对齐系统600或正在与光束指向监测和补偿系统640一起使用的任何其他系统的光学元件。



[0096] 根据一些实施例,光束指向补偿器701被配置为从例如图6的照射系统612接收辐射束641。光束指向补偿器701还可以被配置为从图6的信号分析器630接收控制信号708。依据控制信号708,光束指向补偿器701可以被配置为调整辐射束641以补偿任何测量的光束指向偏差。

[0097] 光束指向监测和补偿系统640可以使用表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件 (诸如 SPR 光学元件703) 将辐射束引导到光学检测器705。光束指向监测和补偿系统604可以利用 SPR 效应测量光束指向偏差,以进行校准和校正。SPR 的特征可能在于,由于表面等离子激元 (SP) 激励引起的光线共振吸收,导致表面反射强度的损失。SPR 光学元件703被配置为从光束指向补偿器701接收辐射束702,并且使用辐射束702的一小部分进行光束指向测量。大部分接收的辐射束702可以作为辐射束613传输。辐射束613可以例如在对齐系统600 (如上文所讨论的) 中用于对齐测量。然而,如上文所指出的,辐射束613还可以用于其他系统,诸如光刻装置100、光刻装置100'、散射仪SM1、散射仪SM2、或任何其他装置。

[0098] 根据一些实施例,SPR 光学元件703可以包括另一光学元件,该另一光学元件被配置为接收辐射束702并且拾取辐射束702的某个部分以用于光束指向监测和补偿。附加地或可替代地,用于拾取辐射束702的某个部分以进行光束指向监测和补偿的另一光学元件不是 SPR 光学元件703的一部分,而是可以位于光束指向补偿器701和 SPR 光学元件703之间。根据一些示例,用于拾取辐射束702的某个部分以进行光束指向监测和补偿的光学元件可以包括镜、棱镜、分束器或任何其他合适的光学元件。

[0099] 根据一些实施例,被拾取以进行光束指向监测和补偿的辐射束702的一部分可以包括未用于对齐系统600 (或其中正在使用光束指向监测和补偿系统600) 的辐射束702的一部分。在一个示例中,被拾取以进行光束指向监测和补偿的辐射束702的一部分可以包括具有 S 偏振方位的辐射束。

[0100] 根据一些实施例,SPR 光学元件703可以被配置为从 SPR 光学元件703已经接收到的辐射束702的一小部分反射辐射704。SPR 光学元件703可以将辐射束704引导到光学检测器705,用于测量辐射束704的强度,从而测量辐射束702的光束指向。根据一些示例,光学检测器705可以向例如图6的信号分析器630发送测量的强度和/或光束指向706,以用于进一步分析并且还用于生成用于光束指向补偿的控制信号708。

[0101] 根据一些示例,例如,SPR 光学元件703还可以由信号分析器630控制。例如,除了控制光束指向补偿器701之外或作为其备选,信号分析器630还可以向 SPR 光学元件703发送控制信号以基于测量的光束角和/或测量的光束指向变化来移动 SPR 光学元件703。

[0102] 下文关于图8A至图8C、图9、图10和图11A至图11C对示例性 SPR 光学元件703进行更详细的讨论。下文关于图12A至图12C对光束指向补偿器701的示例性实现方式进行更详细的讨论。

[0103] 示例性 SPR 光学元件

[0104] 如上文所讨论的,本公开的实施例的光束指向监测和补偿系统可以使用表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件来将辐射束引导到光学检测器。本公开的实施例的光束指向监测和补偿系统可以利用 SPR 效应来测量光束指向偏差,用于进行校准和校正。SPR 的特征可能在于,由于表面等离子激元 (SP) 激励引起的光线的共振吸收,导致表面反射强度的损失。本公开的实施例的光束指向监测和补偿系统可以使用 SPR 来高精度地确定辐射束的光束指向变



化。通过测量光束指向变化,本公开的实施例的光束指向监测和补偿系统可以校正和/或补偿光学系统内的变化。

[0105] 图8A图示了根据本公开的一些实施例的SPR光学元件800的横截面,并且还图示了光学检测器705。在一些示例中,SPR光学元件800与图7的SPR光学元件703类似。在一些实施例中,SPR光学元件800可以包括光学元件801。光学元件801可以包括平行平面光学元件或平板光学元件。例如,光学元件801可以包括表面802和806,根据一些实施例,该表面802和806是平行表面或基本平行表面。在一些示例中,表面802和806可以是盘形的或基本上盘形的。在一些示例中,表面802和806可以是矩形的或基本上矩形的。在一些示例中,表面802和806可以是方形的或基本方形的。然而,光学元件801可以包括其他配置。根据一些实施例,光学元件801是透光光学元件。例如,光学元件801可以由透光材料(诸如但不限于玻璃)制成。

[0106] SPR光学元件800可以包括在光学元件801上支持表面等离子激元共振 (SPR) 的SPR叠层804。SPR的特征可能在于由于表面等离子激元 (SP) 激励引起的光线的共振吸收,导致表面反射强度的损失。换句话说,与入射辐射束的强度相比较,反射辐射束的强度例如依据入射辐射束的入射角而改变。SPR叠层804可以设置在光学元件801的表面802上并且可以包括多个层。例如,SPR叠层804可以包括金属层803,其设置在光学元件801上;以及电介质层805,其设置在金属层803上。SPR光学元件801还可以包括第二金属层807,其设置在SPR叠层804的电介质层805上。根据一些实施例,金属层807、SPR叠层804和光学元件801可以反射入射在SPR光学元件800上的辐射束并且支持表面等离子激元共振 (SPR)。

[0107] 根据一些示例,金属层803和807可以包括银、铝或其他合适的金属。电介质层805可以包括二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>, 还称为二氧化硅) 或其他合适的电介质材料,诸如任何非吸收性电介质材料。根据一些示例,SPR叠层804的金属层803可以具有约5nm至约40nm的厚度。例如,金属层803可以具有约10nm至约30nm的厚度。在一些实施例中,金属层807可以具有约100nm至约300nm的厚度。例如,金属层807可以具有约150nm至约250nm的厚度。在另一示例中,金属层807可以具有毫米范围内的厚度。根据一些实施例,SPR叠层804的电介质层805可以具有约5 $\mu$ m至约200 $\mu$ m的厚度。例如,电介质层805可以具有约10 $\mu$ m至约100 $\mu$ m的厚度。在另一示例中,电介质层805可以具有毫米范围内的厚度。然而,本公开的实施例不限于这些示例,并且还可以使用其他材料和其他厚度值。

[0108] 根据一些示例,用于层803、805和807的材料,层803、805和807的厚度,以及入射在SPR光学元件800上的辐射束的波长会影响本公开的实施例的光束指向监测和补偿系统的灵敏度。因而,用于层803、805和807的材料,层803、805和807的厚度以及入射在SPR光学元件800上的辐射束的波长可以被优化,以实现所需灵敏度。

[0109] 如图8A所图示的,辐射束809相对于表面802上的法线以光学元件801的表面802上的角度 $\theta$ 入射在光学元件801上。在一些示例中,辐射束809可以是图7的辐射束702。在一些示例中,辐射束809可以是辐射束702的被拾取以进行光束指向监测和补偿的部分。辐射束704从光学元件801的表面802反射。光学检测器705接收辐射束704并且检测辐射束704的强度。根据一些实施例,光学检测器705可以被配置为测量其接收的辐射束704的强度,并且可以包括例如光电二极管。例如,光学检测器705可以包括PN二极管或PIN二极管(例如,在P型半导体区域和N型半导体区域之间具有未掺杂本征半导体区域的二极管。)然而,应当指出,

其他光学检测器可以用作光学检测器705,诸如但不限于CCD传感器、CMOS传感器等。

[0110] 根据一些示例,SPR光学元件800可以使用已经用于对齐系统600或正在与光束指向监测和补偿系统640一起使用的任何其他系统的一个或多个光学元件。例如,对齐系统600或正在与光束指向监测和补偿系统640一起使用的任何其他系统可以包括一个或多个平行平面光学元件或平板光学元件(例如,平面光学元件)。在该示例中,SPR叠层804和金属层807可以设置在对齐系统600或正在与光束指向监测和补偿系统640一起使用的任何其他系统中的一个或多个平行平面光学元件或平板光学元件的全部或一部分上。

[0111] 图9示意性地图示了根据一些实施例的对于给定入射辐射束波长作为入射角的函数的反射百分比的图。轴903图示了反射百分比,而轴905图示了入射角(例如,图8A的角 $\theta$ )。此外,如图9所图示的,907描绘了光学元件801的临界角。临界角可以是相对于表面802的法线的角度,使得入射角大于临界角的辐射束从表面802完全反射(例如,光学元件801和SPR叠层804之间的边界)。换句话说,对于入射角大于临界角的辐射束,发生全内反射。

[0112] 图900图示了作为角度的函数的反射百分比的共振。共振可以作为角度的函数以凹口的梳齿的形状发生。例如,图900图示了凹口901a、901b、901c、901d等。如图900所图示的,共振是可变共振。换句话说,当角度从0度变为90度时,凹口901a、901b、901c、901d等的宽度改变。此外,如图9所图示的,图900包括角度小于临界角907的凹口和角度大于临界角907的凹口。

[0113] 通过测量反射辐射束704的强度,光学检测器705(单独地或与信号分析器630组合地)可以被配置为确定辐射束809的入射角(例如,图8A的角 $\theta$ )。根据一些实施例,SPR光学元件800可以用于辐射束809的入射角的粗略测量。附加地或可替代地,SPR光学元件800可以用于辐射束809的入射角的精细测量。例如,通过了解反射辐射束704的测量强度在哪个凹口上,光学检测器705(单独地或与信号分析器630组合地)可以更准确确定辐射束809的入射角。

[0114] 根据一些实施例,本公开的光束指向监测和补偿系统被配置为测量光束指向变化并且补偿辐射束的任何入射角(例如,图8A的角度 $\theta$ )的变化。换句话说,根据一些实施例,本公开的光束指向监测和补偿系统不依赖于光束指向监测系统的全内反射(TIR)。因此,本公开的光束指向监测和补偿系统可以针对小于光束指向监测系统的临界角的辐射束的入射角来测量光束指向变化(并且补偿该变化)。

[0115] 本公开的实施例的光束指向测量系统的灵敏度可以由用于SPR叠层804和金属层807的各层的材料、SPR叠层804和金属层807的各层的厚度、和/或辐射束809的波长来确定。例如,凹口901a、901b、901c、901d等的数目、宽度和/或深度可以基于用于SPR叠层804和金属层807的各层的材料、SPR叠层804和金属层807的各层的厚度、和/或辐射束809的波长来控制。

[0116] 根据一个示例,金属层803的材料和/或厚度可以控制凹口901a、901b、901c、901d等的深度(例如,每个凹口上的最大点和最小点之间的沿着轴903的距离)。在该示例中,可以调整金属层803的材料和/或厚度以实现凹口901a、901b、901c、901d等的预先确定的深度。根据一个示例,电介质层805的材料和/或厚度可以控制凹口901a、901b、901c、901d等的宽度(例如,每个凹口的最大点和最小点之间的沿着轴905的距离)。在该示例中,可以调整电介质层805的材料和/或厚度以实现凹口901a、901b、901c、901d等的预先确定的宽度。例

如,通过选择厚的电介质层805,凹口901a、901b、901c、901d等的宽度可以被减小,从而实现更灵敏的光束指向监测系统。

[0117] 根据一些示例,凹口901a、901b、901c、901d等的宽度和/或深度可以取决于辐射束的波长。在一些示例中,辐射束809可以包括两个或更多个波长。SPR光学元件800和光学检测器705可以使用两个或更多个波长进行光束指向测量。例如,SPR光学元件800和光学检测器705可以使用辐射束809的一个波长(宽度较大的凹口901a、901b、901c、901d等的波长)进行粗略测量,并且使用辐射束809的另一波长(宽度较小的凹口901a、901b、901c、901d等的波长)进行精细测量。附加地或可替代地,SPR光学元件800和光学检测器705可以使用两个波长的检测的辐射的组合进行光束指向测量。

[0118] 图10示意性地图示了根据一些实施例的对于给定入射辐射束波长作为入射角的函数的反射百分比的图。轴1003图示了反射百分比,而轴1005图示了入射角。图1000图示了对于S偏振方位的辐射(图1007)、对于P偏振方位的辐射(图1009)以及S偏振方位和P偏振方位之间的差(图1011)作为角度的函数反射百分比的共振。如图1000所图示的,SPR光学元件800可以被设计为使得图1009的每个凹口(例如,点1013)处的最大值与图1007的对应凹口(例如,点1015)的最小值基本对齐,使得与图1007和1009相比,增加图1011的深度1017。因而,可以增加图1011的深度,因此,可以增加SPR光学元件800的灵敏度。

[0119] 根据一些示例,一个或多个SPR光学元件和一个或多个光学检测器可以用于接收具有S偏振方位和P偏振方位的辐射束。一个或多个SPR光学元件和一个或多个光学检测器可以被配置为测量具有S偏振方位和P偏振方位的辐射束的强度,并且可以被配置为使用(单独地或与信号分析器630一起)例如图10的图1000以确定具有S偏振方位的辐射束和/或具有P偏振方位的辐射束的入射角。

[0120] 根据一些示例,具有光学传感器705的SPR光学元件800可以是空间分布的光束指向监测系统。在该示例中,光学检测器705可以包括光电二极管阵列,从而检测跨越SPR光学元件800的表面802的各种空间分布的传感器响应。根据一些实施例,可以在SPR光学元件800和光学检测器705之间包括光学偏振元件(未示出)。光学检测器705的光电二极管阵列可以检测跨越SPR光学元件800的表面802的各种空间分布的传感器响应。在该示例中,SPR光学元件800的SPR叠层804可以包括空间分布的SPR叠层表面图案。可以以独特功能形成图案化区域的不同子部分。在该示例中,具有组合功能的空间分布的光束指向测量系统可以通过询问图案化区域表面的各个子部分来解决。作为一个示例,相邻子部分可以被设计为检测越来越大或越来越小的标称入射角。例如,SPR叠层804可以被配置为侧向限定或图案化的至少一个,使得SPR叠层804的子部分可以根据位置独立动作。因此,可以对入射束角的可选择范围进行分析。

[0121] 根据一些示例,具有光学传感器705的SPR光学元件800可以是电光可寻址光束指向监测系统。在该示例中,SPR光学元件800的SPR叠层804可以包括电光可寻址元件,其包括例如电光表面等离子共振(SPR)叠层。电光SPR叠层可以包括用于提供电介质层的图案化电光涂层或分段可寻址空间电光涂层中的至少一个电光涂层。在该示例中,光学检测器705可以包括光电二极管阵列,从而响应于在连接到SPR叠层804的端子(未示出)处的电压V的电子输入,检测跨越SPR光学元件800的各种空间分布的传感器响应。

[0122] 根据一些示例,电光SPR叠层可以是分段电光可寻址SPR叠层。在该示例中,SPR叠

层804可以具有空间分布的SPR叠层表面图案。图案化区域的不同子部分可以形成具有独特功能。在该示例中,光学检测器705可以包括光电二极管阵列,从而响应于连接到SPR叠层804的端子(未示出)处的电压V的电子输入,检测跨越SPR光学元件800的各种空间分布的传感器响应。在该示例中,电光SPR叠层的图案化区域的每个子部分可以具有其相应端子,并且可以独立于电光SPR叠层的图案化区域的其他子部分而被控制。

[0123] 图8B图示了根据本公开的一些实施例的SPR光学元件820和光学检测器705。在一些实施例中,SPR光学元件820可以包括光学元件801,其可以包括平行平面光学元件或平板光学元件。根据一些实施例,光学元件801是透光光学元件。SPR光学元件820可以包括在光学元件801上支持表面等离子激元共振(SPR)的步进式SPR叠层。例如,步进式SPR叠层可以包括第一SPR叠层804a和第二SPR叠层804b。

[0124] 例如,SPR叠层804a可以包括金属层803a,其设置在光学元件801上;以及电介质层805a,其设置在金属层803a上。第二金属层807a可以设置在电介质层805a上。SPR叠层804b可以包括金属层803b,其设置在光学元件801上;以及电介质层805b,其设置在金属层803b上。第二金属层807b可以设置在电介质层805b上。可以跨越步进式SPR叠层的不同厚度对入射辐射束809a(或809b)进行扫描,以检测入射辐射束的各种角度和角度范围。

[0125] 尽管仅图示了两个SPR叠层804a和804b,但步进式SPR叠层可以包括任意数目的部分。此外,图8B图示了金属层803a和803b具有不同的厚度,电介质层805a和805b具有不同的层,并且金属层807a和807b具有不同的厚度。然而,本公开的实施例不限于该示例。例如,金属层803a和803b可以具有相同或基本相同的厚度,但是层805a和805b可以具有不同的厚度和/或层807a和807b可以具有不同的厚度。例如,金属层803a和803b可以具有相同的厚度或基本相同的厚度,金属层807a和807b可以具有相同的厚度或基本相同的厚度,但是电介质层805a和805b可以具有不同的厚度。换句话说,层803a、805a和807a的厚度以及层803b、805b和807b的厚度可以被设计为使得SPR叠层804a和804b产生步进式SPR叠层。

[0126] 图8C图示了根据本公开的一些实施例的SPR光学元件840和光学检测器705。在一些实施例中,SPR光学元件840可以包括光学元件801,其可以包括平行平面光学元件或平板光学元件。根据一些实施例,光学元件801是透光光学元件。SPR光学元件840可以包括楔形SPR叠层,其在光学元件801上支持表面等离子激元共振(SPR)。

[0127] 例如,楔形SPR叠层可以包括金属层803,其设置在光学元件801上;以及电介质层805,其设置在金属层803上。第二金属层807可以设置在电介质层805上。可以跨越楔形SPR叠层的不同厚度对入射辐射束809进行扫描,以检测入射辐射束的各种角度和角度范围。扫描不同楔形厚度的区域可以允许单个光学检测器充当可变角度范围检测器。

[0128] 图8C图示了楔形SPR叠层,其中每个层803和805是楔形的。图8C图示了第二金属层807也是楔形的。然而,本公开的实施例不限于该示例。例如,楔形SPR叠层和/或第二金属层807的一个或多个层可以是基本平行平面的平板(例如,不是楔形的)。例如,在一些实施例中,电介质层805和第二金属层807可以是楔形的,而金属层803不是楔形的(例如,基本平行平面的平板)。作为另一示例,电介质层805可以是楔形的,而金属层803和805不是楔形的(例如,基本平行平面的平板)。

[0129] 图11A和图11B图示了根据一些实施例的示例性SPR光学元件。图11A图示了具有光栅1111的SPR光学元件1100。根据一些示例,光栅1111可以是X-Y衍射光栅。然而,本公开的

实施例不限于该示例,并且可以提供其他类型的光栅。根据一些实施例,光栅1111设置在SPR光学元件1100的光学元件1101的表面1110上并且被配置为接收辐射束1102。根据一些实施例,SPR光学元件1100包括光学元件1101、SPR叠层1104(其可以包括金属层和节点层)、以及金属层1107。SPR光学元件1100可以与图8A至图8C的SPR光学元件800、820和840类似。

[0130] 图11A还图示了四个光学检测器1105a-1105d,其被配置为从SPR光学元件1100接收反射辐射束。关于图11A和图11B,对具有光栅1111的SPR光学元件1100的示例性操作进行了讨论。入射辐射束1102入射在光栅1111上(图11B中未示出)。根据一些示例,光栅1111可以被配置为将辐射束1102衍射到另外两个衍射辐射束1112a-1112d。根据一些示例,衍射辐射束1112a和1112c沿着Y轴方向衍射。衍射辐射束1112b和1112d沿着X轴方向衍射。在一些示例中,衍射辐射束1112a-1112d的衍射角可以取决于光栅1111的结构,诸如光栅1111的间距。衍射辐射束1112a-1112d从SPR光学元件1100反射。反射辐射束1106a-1106d通过光学检测器1105a-1105d接收。光学检测器1105a-1105d(单独地或与信号分析器630组合地)被配置为确定衍射辐射束1112a-1112d的入射角,因此确定辐射束1102的入射角。

[0131] 根据一些示例,光学检测器1105a-1105d(单独地或与信号分析器630组合地)可以使用辐射束1106b和1106d的测量强度之间的差异和辐射束1106a和1106c的测量强度之间的差异来确定辐射束1102的入射角。

[0132] 图11C图示了根据一些实施例的另一光束指向监测和补偿系统。在该示例中,系统1140可以包括两个光束指向监测系统1145a和1145b。根据一些实施例,每个光束指向监测系统1145a和1145b可以包括SPR光学元件和光学检测器。在示例性系统1140中,光束指向监测系统1145a可以被配置为使用具有S偏振方位的辐射束来测量沿着例如X方向的光束指向。此外,光束指向监测系统1145b可以被配置为使用具有P偏振方位的辐射束来测量沿着例如Y方向的光束指向。

[0133] 在该示例中,辐射束1147入射在偏振分束器1141上。根据一些示例,辐射束1147可以是非偏振辐射束。附加地或可替代地,辐射束1147可以包括不同的偏振信息。辐射束1147被分成子光束1149和1151。根据一些示例,从偏振分束器1141反射的子光束1149可以具有S偏振方位。根据一些示例,穿过偏振分束器1141的子光束1151可以具有P偏振方位。子光束1151还可以进入分束器1143并且被反射为具有P偏振方位的辐射束1153。根据一些示例,分束器1143是偏振分束器。可替代地,分束器1143可以是非偏振分束器。

[0134] 根据一些示例,光束指向监测系统1145a可以被配置为接收辐射束1149,并且使用具有S偏振方位的辐射束1149来测量辐射束1149沿着例如X方向的光束指向。根据一些示例,光束指向监测系统1145b可以被配置为接收辐射束1153并且使用具有P偏振方位的辐射束1153来测量辐射束1153沿着例如Y方向的光束指向。附加地,光束指向监测系统1145a和1145b可以单独地或与例如信号分析器630组合地被配置为基于辐射束1149和1153的测量来测量辐射束1147沿着例如X和Y方向的光束指向。

[0135] 图12A至图12C图示了根据一些实施例的示例性光束指向补偿器。在一些实施例中,图12A至图12C的光束指向补偿器可以用作图7的光束指向补偿器701。

[0136] 图12A图示了可以用于光束指向补偿的输入光纤组件1200。根据一些示例,输入光纤组件1200可以包括第一部分1201,该第一部分1201可以耦合到光纤光学元件以接收辐射束。输入光纤组件1200还可以包括第二部分1203,其被配置为输出辐射束。根据一些实施

例,输入光纤组件1200可以包括致动器1205a-1205c,其用于控制从第二部分1203出来的辐射束的光束指向。尽管图示了三个致动器1205a-1205c,但是输入光纤组件1200可以包括任何数目(一个或更多)的执行器。根据一些示例,致动器1205a-1205c可以包括一个或多个致动器螺钉、一个或多个压电致动器、或被配置为控制输入光纤组件1200的任何其他致动器。致动器1205a-1205c可以基于测量的光束指向偏差来从信号分析器630接收例如图7的控制信号708,并且控制输入光纤组件1200,以补偿测量的偏差。

[0137] 用于本公开的实施例的光束指向补偿器还可以包括光学机械可调补偿器。例如,光束指向补偿器可以包括一个或多个棱镜、一个或多个镜、一个或多个楔形物、或被配置为校正/补偿测量的光束指向偏差的其他光学机械可调补偿器。例如,图12B图示了包括楔形棱镜1221和1222的示例性光学机械可调补偿器1220。根据一些示例,楔形棱镜1221和1222可以基于测量的光束指向偏差来从信号分析器630接收例如图7的控制信号708,并且控制光学机械可调补偿器1220来补偿测量的偏差。可以通过使楔形棱镜1221和1222沿着旋转轴1223彼此独立旋转来进行补偿。根据一些示例,一个楔形棱镜可以用于基于测量的光束指向偏差来改变入射角。

[0138] 用于本公开的实施例的光束指向补偿器还可以包括电光补偿器。例如,光束指向补偿器可以包括一个或多个电光单元、一个或多个声光束偏转器、或被配置为校正/补偿测量的光束指向偏差的其他电光补偿器。例如,图12C图示了示例性声光束偏转器1240,其包括换能器1241、介质1243、以及声吸收器1245。根据一些示例,换能器1241被配置为在介质1243内生成声波。声波可以从换能器1241朝向声吸收器1245行进。辐射束1247入射在介质1243上。介质1243和介质1243内的声波可以充当光栅,其将辐射束1247衍射成衍射辐射束1249和透射辐射束1251。介质1243内的声波的波波长可以控制衍射辐射束1249的角度。介质1243内的声波的波波长可以通过到换能器1241的信号来控制。附加地或可替代地,介质1243内的声波的波波长可以通过控制介质1243(例如,控制介质1243的长度、宽度等)控制。换能器1241可以基于测量的光束指向偏差从信号分析器630接收例如图7的控制信号708,并且控制声光束偏转器1240,以补偿测量的偏差。可以通过控制介质1243内声波的波波长来进行补偿。

[0139] 尽管一些示例性系统被示为用于光束指向补偿器701的示例性实施例,但是本公开的实施例不限于这些示例。在本公开的实施例中,其他合适的光束指向补偿器可以用于基于光束指向偏差来接收控制信号,并且补偿该偏差。

[0140] 图13是描绘了根据实施例的方法1300的流程图。例如,根据一些实施例,方法1300可以测量波束指向变化。在一个示例中,方法1300由波束指向监测和补偿系统640执行。应当领会,并非需要所有步骤,并且这些步骤可以不与图13所示的次序相同的次序执行。仅仅为了方便讨论,参考图6和图7的光束指向监测和补偿系统640和图8A的SPR光学元件800和光学检测器750。本领域技术人员应当理解,其他系统可以用于执行该方法。

[0141] 在1301处,向SPR光学元件800提供入射辐射束(诸如辐射束809)。在1303处,使用例如SPR叠层804提供表面等离子激元共振。在1305处,从SPR光学元件800反射辐射束704。根据一些示例,反射辐射束704是SPR反射辐射束。在1307处,光学检测器705接收反射辐射束704并且测量例如反射辐射束704的强度和/或反射辐射束704的反射率的百分比。在1309处,基于反射辐射束704的测量的强度和/或反射辐射束704的测量的反射率的百分比,光学

检测器705单独地或与信号分析器630组合地确定辐射束809的入射角(例如,光束指向)。信号分析器630单独地或与光学检测器705组合地通过例如比较测量的入射角和参考入射角来确定光束指向变化。根据一些实施例,参考入射角存储在信号分析器630可访问的存储器(未示出)中。

[0142] 图14是描绘了根据实施例的方法1400的流程图。例如,根据一些实施例,方法1400可以测量光束指向变化,并且补偿该变化。在一个示例中,方法1400由波束指向监测和补偿系统640执行。应当领会,并非需要所有步骤,并且这些步骤可以不与图14所示的次序相同次序执行。仅仅为了方便讨论,参考图6和图7的光束指向监测和补偿系统640和图8A的SPR光学元件800和光学检测器705。本领域技术人员应当理解,其他系统可以用于执行该方法。

[0143] 方法1400的步骤1401-1409与方法1300的步骤1301-1309类似。例如,在1401处,向SPR光学元件800提供入射辐射束(诸如辐射束809)。在1403处,使用例如SPR叠层804来提供表面等离激元共振。在1405处,从SPR光学元件800反射辐射束704。根据一些示例,反射辐射束704是SPR反射辐射束。在1407处,光学检测器705接收反射辐射束704,并且测量例如反射辐射束704的强度和/或反射辐射束704的反射率的百分比。在1409处,基于反射辐射束704的测量的强度和/或反射辐射束704的测量的反射率的百分比,光学检测器705单独地或与信号分析器630组合地确定辐射束809的入射角(例如,光束指向)。信号分析器630单独地或与光学检测器705组合地通过例如比较测量的入射角和参考入射角来确定光束指向变化。

[0144] 在1411处,作为一个示例,信号分析器630向光束指向补偿器701发送控制信号(例如,图7的控制信号708)。在1413处,光束指向补偿器701基于接收的控制信号来调整例如将被提供给SPR光学元件800的例如辐射束641的入射角(例如,光束指向)。方法1400可以继续进行步骤1403-1413,以基于调整后的光束指向来测量任何光束指向变化,并且如果需要,则进一步调整光束指向。

[0145] 可以使用以下条款对实施例进行进一步描述:

[0146] 1. 一种光束指向监测和补偿系统,包括:

[0147] 表面等离激元共振 (SPR) 光学元件,其包括:

[0148] 光学元件,其包括第一表面和第二表面,其中第一表面和第二表面基本上彼此平行;

[0149] 第一金属层,其设置在光学元件的第二表面上;

[0150] 电介质层,其设置在第一金属层上;以及

[0151] 第二金属层,其设置在电介质层上。

[0152] 2. 根据条款1所述的光束指向监测和补偿系统,其中光学元件包括透光材料。

[0153] 3. 根据条款1所述的光束指向监测和补偿系统,其中SPR光学元件被配置为接收辐射束并且提供SPR反射辐射束。

[0154] 4. 根据条款3所述的波束指向监测和补偿系统,还包括:

[0155] 光学检测器,其被配置为接收SPR反射辐射束并且测量接收的SPR反射辐射束的强度。

[0156] 5. 根据条款3所述的波束指向监测和补偿系统,还包括:

[0157] 光束指向补偿器,其被配置为控制辐射束在SPR光学元件上的入射角。

[0158] 6. 根据条款5所述的光束指向监测和补偿系统,其中:

- [0159] 光束指向补偿器被配置为接收控制信号,以控制辐射束在SPR光学元件上的入射角,以及
- [0160] 控制信号基于入射角的测量而被确定。
- [0161] 7.一种系统,包括:
- [0162] 照射系统,其被配置为提供辐射束;以及
- [0163] 光束指向监测系统,其包括:
- [0164] 表面等离激元共振 (SPR) 光学元件,包括:
- [0165] 光学元件,其包括第一表面和第二表面,其中第一表面和第二表面基本上彼此平行;
- [0166] 第一金属层,其设置在光学元件的第二表面上;
- [0167] 电介质层,其设置在第一金属层上;以及
- [0168] 第二金属层,其设置在电介质层上;
- [0169] 其中光束指向监测系统被配置为测量辐射束相对于光学元件的第二表面的法线的入射角。
- [0170] 8.根据条款7所述的系统,其中:
- [0171] 光学元件包括透光材料,以及
- [0172] SPR光学元件被配置为接收辐射束并且提供SPR反射辐射束。
- [0173] 9.根据条款8所述的系统,其中光束指向监测系统还包括光学检测器,其被配置为接收SPR反射辐射束并且测量接收的SPR反射辐射束的强度。
- [0174] 10.根据条款8所述的系统,还包括:
- [0175] 光束指向补偿器,其被配置为控制辐射束在SPR光学元件上的入射角,
- [0176] 其中光束指向补偿器被配置为接收控制信号以控制辐射束在SPR光学元件上的入射角,控制信号基于入射角的测量而被确定,并且入射角的测量基于接收的SPR反射辐射束的测量强度而被确定。
- [0177] 11.一种方法,包括:
- [0178] 使用辐射束照射表面等离激元共振 (SPR) 光学元件,其中辐射束以相对于SPR光学元件的法线的入射角入射在SPR光学元件上,并且SPR光学元件包括光学元件,该光学元件包括第一表面和第二表面,第一表面和第二表面基本上彼此平行;
- [0179] 使用检测器检测从SPR光学元件反射的反射辐射束,其中SPR光学元件提供反射辐射束的SPR;
- [0180] 测量反射辐射束的强度;以及
- [0181] 确定入射角。
- [0182] 12.根据条款11所述的方法,还包括:
- [0183] 将控制信号传输到被配置为调整入射角的光束指向补偿器。
- [0184] 13.根据条款11所述的方法,还包括:
- [0185] 使用光束指向补偿器基于控制信号来调整入射角。
- [0186] 14.一种对齐系统,包括:
- [0187] 照射系统,其被配置为提供辐射束;
- [0188] 光束指向监测器,其被配置为测量辐射束相对于光束指向监测器的表面的法线的



入射角并且确定光束指向变化;以及

[0189] 光束指向补偿器,其被配置为基于确定的光束指向变化来接收控制信号并且调整辐射束的入射角。

[0190] 15. 根据条款14所述的对齐系统,其中光束指向监测器包括表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件,该SPR光学元件包括:

[0191] 光学元件,其包括第一表面和第二表面,其中第一表面和第二表面基本上彼此平行;

[0192] 第一金属层,其设置在光学元件的第二表面上;

[0193] 电介质层,其设置在第一金属层上;以及

[0194] 第二金属层,其设置在电介质层上。

[0195] 16. 根据条款15所述的对齐系统,其中光学元件包括透光材料。

[0196] 17. 根据条款15所述的对齐系统,其中SPR光学元件被配置为接收辐射束并且提供表面等离子激元共振 (SPR) 反射辐射束。

[0197] 18. 根据条款17所述的对齐系统,还包括:

[0198] 光学检测器,其被配置为接收SPR反射辐射束并且测量接收的SPR反射辐射束的强度。

[0199] 19. 一种光刻装置,包括:

[0200] 第一照射系统,其被配置为照射图案形成装置的图案;

[0201] 投影系统,其被配置为将图案的图像投影到衬底的目标部分上;以及

[0202] 系统,其包括:

[0203] 第二照射系统,其被配置为提供辐射束;以及

[0204] 光束指向监测和补偿系统,其包括:

[0205] 表面等离子激元共振 (SPR) 光学元件,其包括:

[0206] 光学元件,包括第一表面和第二表面;

[0207] 第一金属层,其设置在光学元件的第二表面上;

[0208] 电介质层,其设置在第一金属层上;以及

[0209] 第二金属层,其设置在电介质层上,

[0210] 其中光束指向监测和补偿系统被配置为测量辐射束相对于光学元件的第二表面的法线的入射角。

[0211] 20. 根据条款19所述的光刻装置,其中光学元件的第一表面和第二表面基本上彼此平行。

[0212] 尽管上文可能已经在光刻的上下文中具体引用了本公开的实施例的使用,但是应当领会,本公开可以用于其他应用,例如,压印光刻,并且在上下文允许的情况下,不限于光刻。在压印光刻的情况下,图案形成装置中的形貌定义衬底上产生的图案。图案形成装置的形貌可以被压入供应到衬底的抗蚀剂层中,然后通过施加电磁辐射、热、压力或其组合来使抗蚀剂固化。图案形成装置移出抗蚀剂,从而在抗蚀剂固化之后,在该抗蚀剂中留下图案。

[0213] 本文中所使用的术语“辐射”和“光束”涵盖所有类型的电磁辐射,其包括紫外线 (UV) 辐射 (例如,具有或约为365nm、355nm、248nm、193nm、157nm或126nm的波长) 和极紫外线 (EUV) 辐射 (例如,具有范围介于5nm和20nm之间的波长) 以及粒子束 (诸如离子束或电子

束)。如上文所提及的,驱动系统的上下文中的术语辐射还可以涵盖微波辐射。

[0214] 在上下文允许的情况下,术语“透镜”可以是指各种类型的光学部件中的任一种或组合,这些光学部件包括折射部件、反射部件、磁性部件、电磁部件和静电光学部件。

[0215] 特定实施例的以上描述如此充分揭示了本公开的一般性质,使得其他人可以在不偏离本公开的一般概念的情况下通过应用本领域内的知识针对这种特定实施例的各种应用容易地进行修改和/或调整,而无需过度实验。因此,基于本文中所提出的教导和指导,这种调整和修改旨在在所公开的实施例的等同物的含义和范围内。应当理解,本文中的措词或术语是为了通过示例进行描述而非限制的目的,使得本说明书的术语或措辞要由技术人员根据教导和指导进行解释。

[0216] 本发明的广度和范围不应由任何上述示例性实施例限制,而应仅根据所附权利要求及其等同物来限定。

[0217] 应当领会,具体实施方式部分,而非发明内容部分和摘要部分,旨在用于解释权利要求。发明内容部分和摘要部分可以阐述如由一个或多个发明人所设想的本公开的一个或多个但不是全部示例性实施例,因此,不旨在以任何方式限制本公开和所附权利要求。

[0218] 借助于说明特定功能及其关系的实现方式的功能构建块,已经在上文对本公开进行了描述。为了描述的方便,本文中已经对这些功能构建块的边界进行了任意限定。只要适当执行指定功能及其关系,就可以定义其他边界。

[0219] 对特定实施例的前述描述如此充分地揭示本公开的一般性质,使得其他人可以在不偏离本公开的一般概念的情况下通过应用本领域内的知识针对这种特定实施例的各种应用容易地进行修改和/或调整,而无需过度实验。因此,基于本文中所提出的教导和指导,这种调整和修改旨在在所公开的实施例的等同物的含义和范围内。应当理解,本文中的措词或术语是为了通过示例进行描述而非限制的目的,使得本说明书的术语或措辞要由技术人员根据教导和指导进行解释。

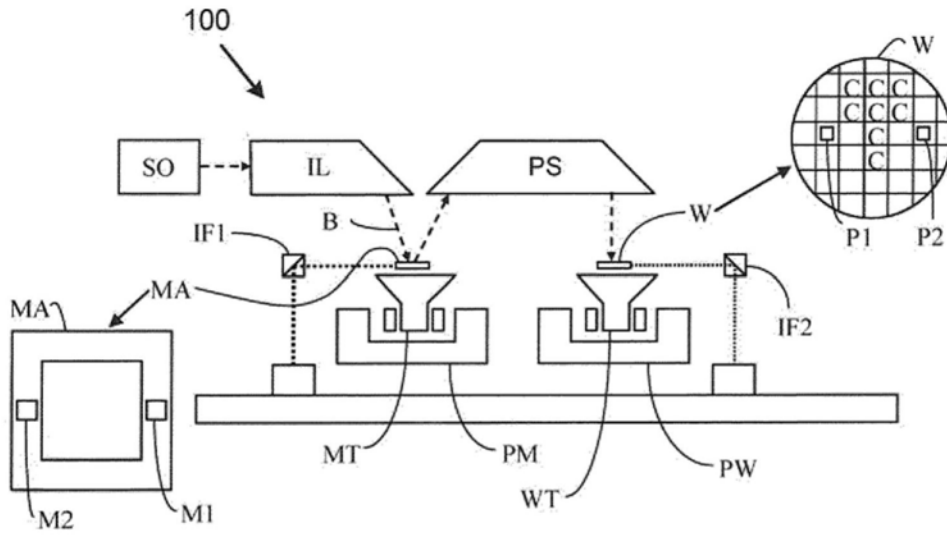


图1A

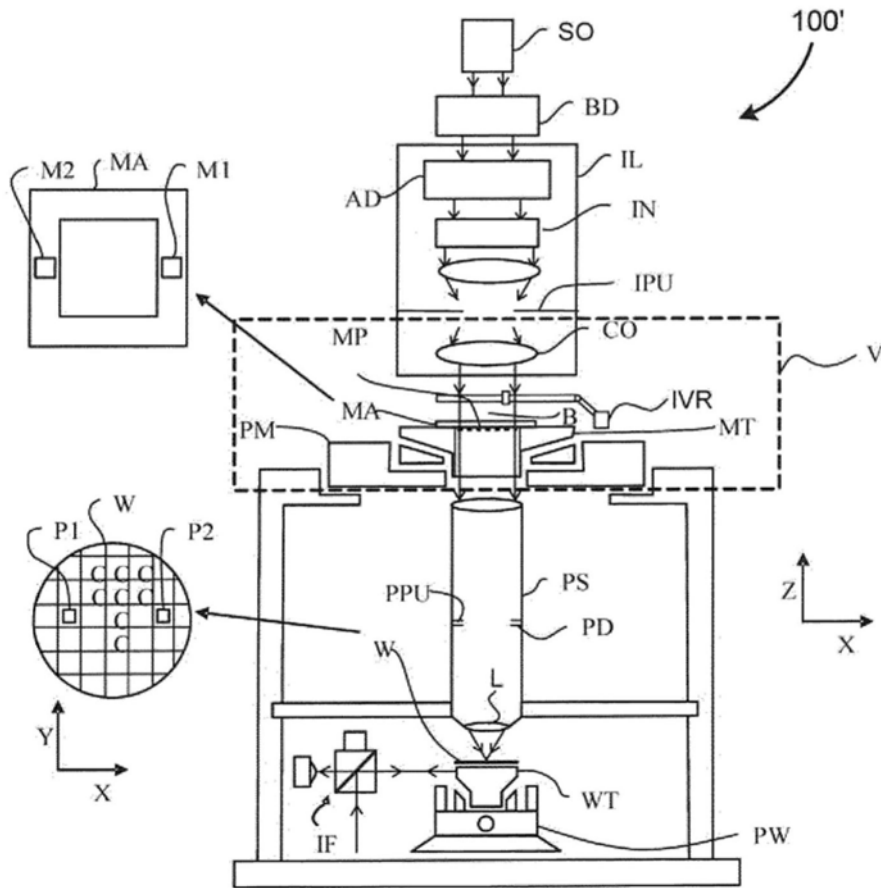


图1B

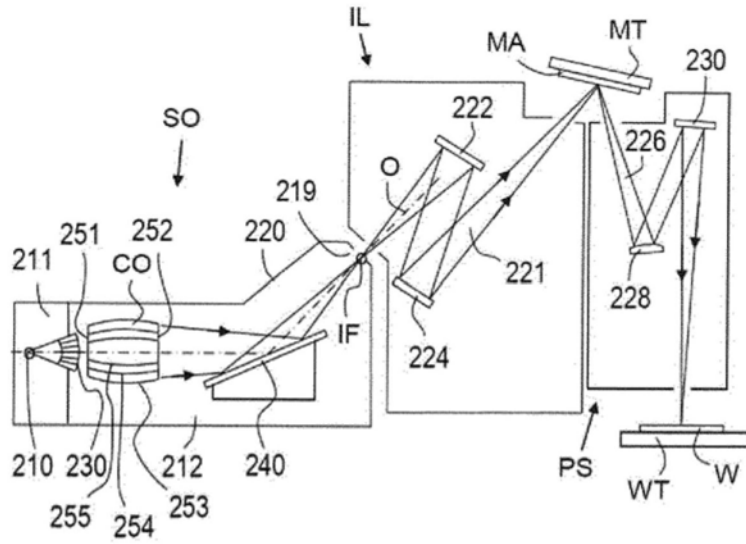


图2

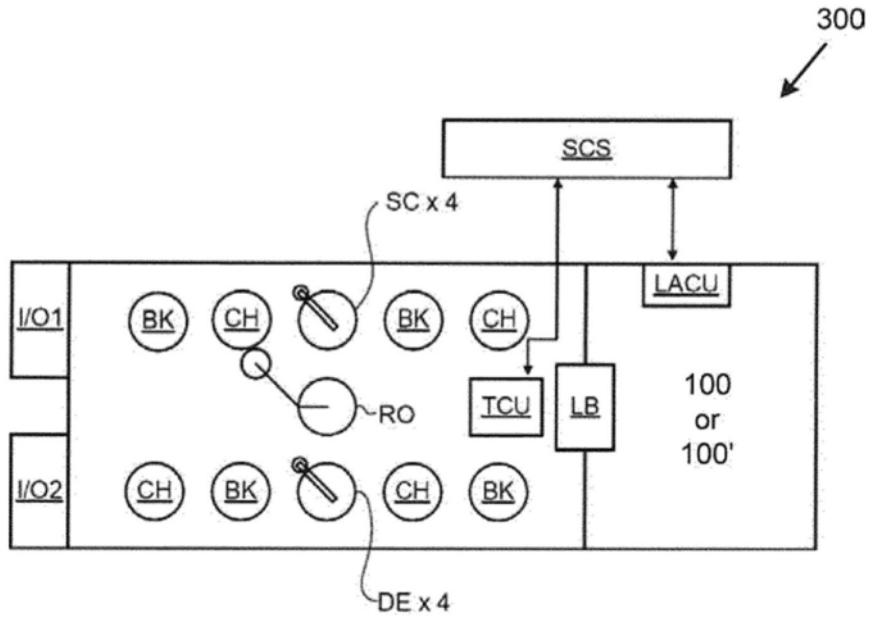


图3

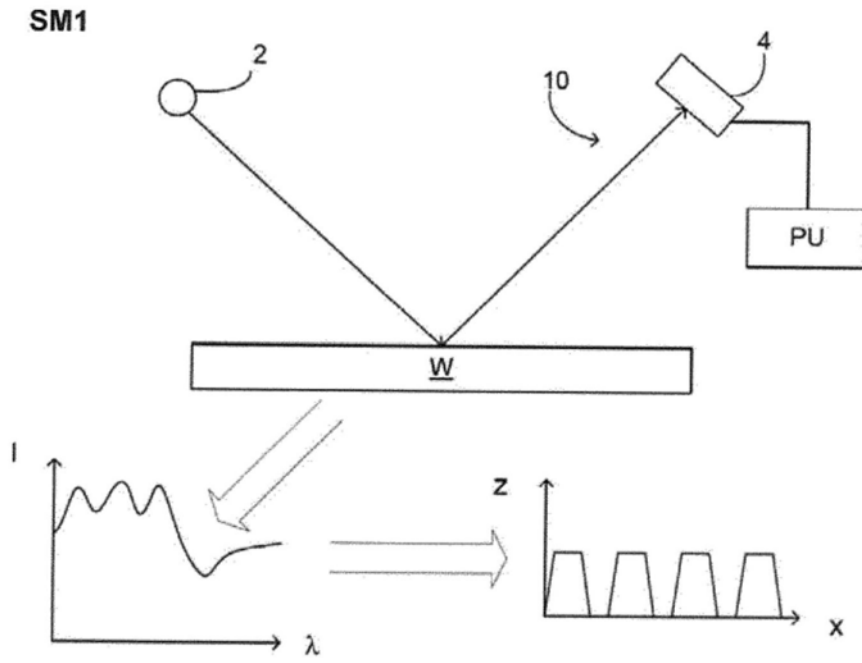


图4

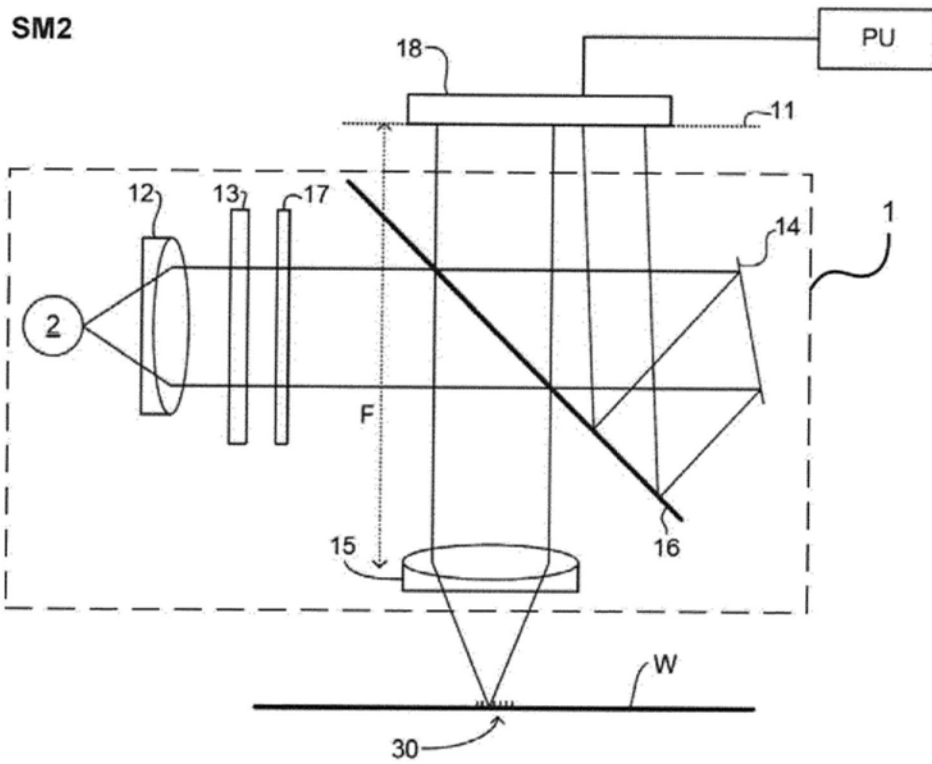


图5

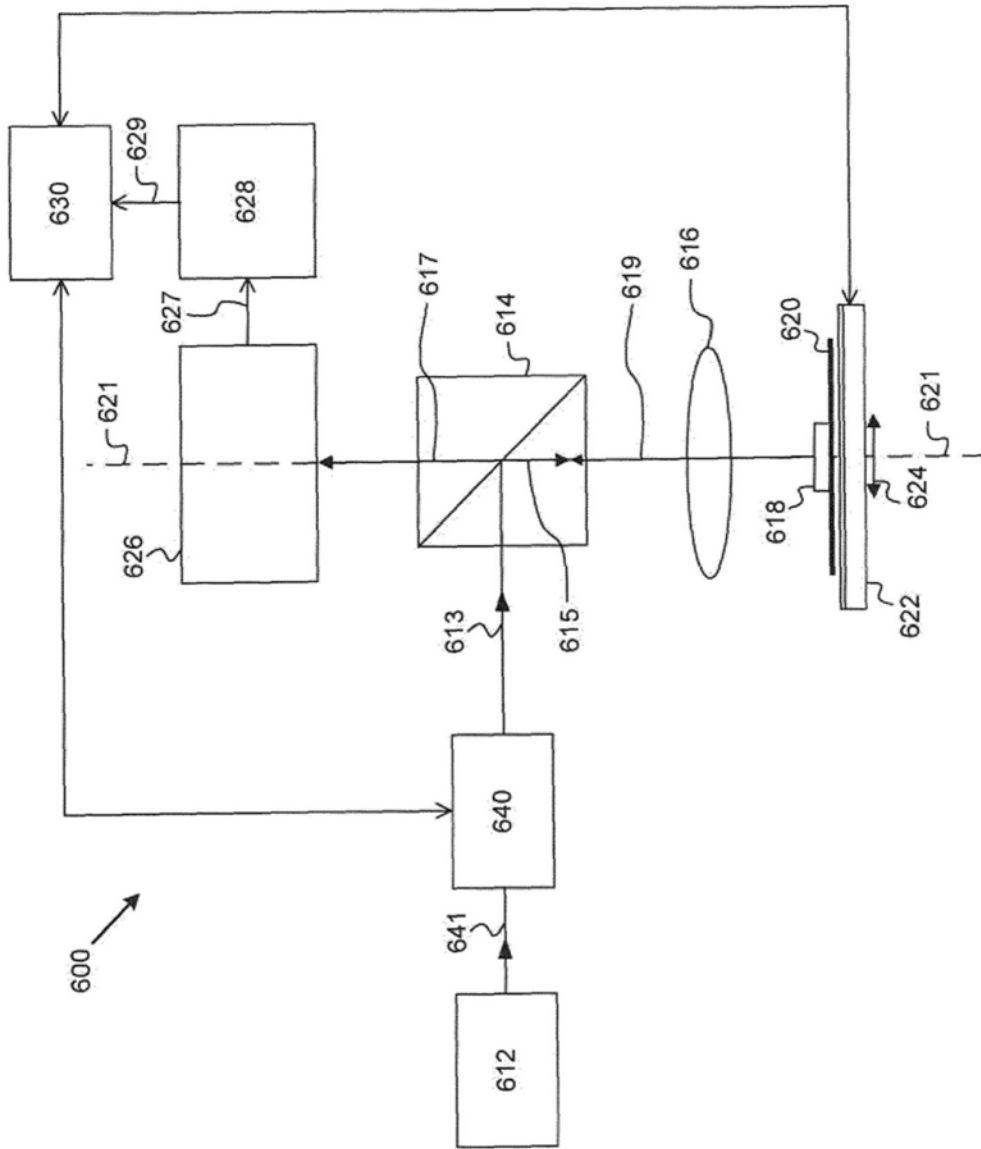


图6

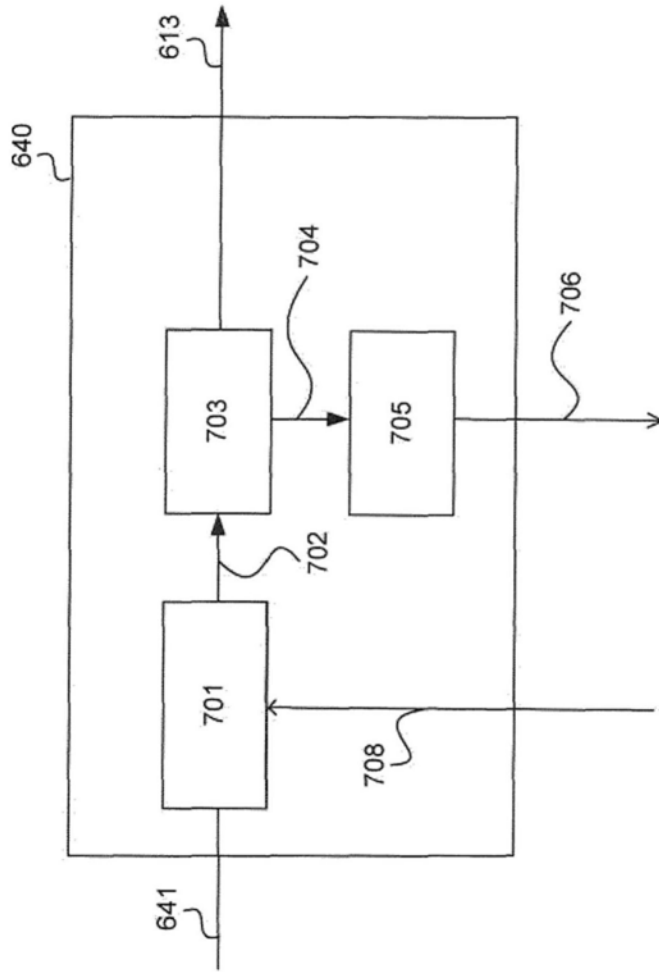


图7

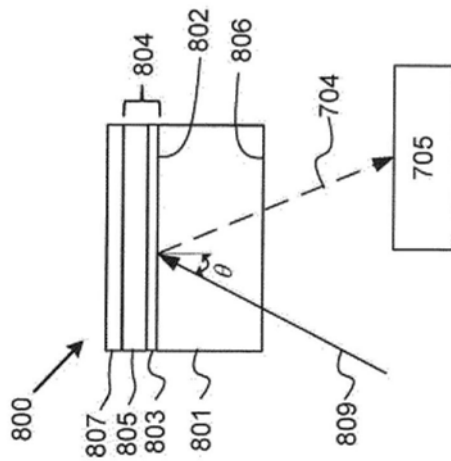


图8A

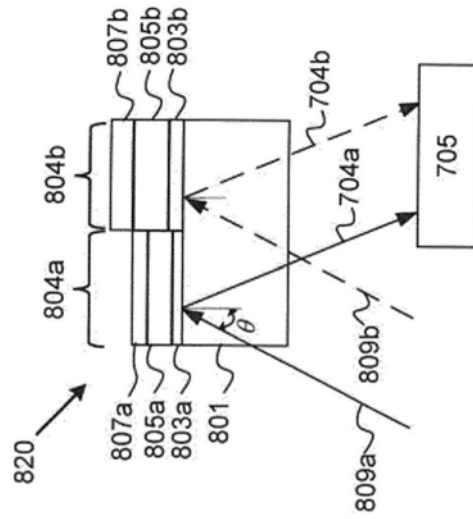


图8B

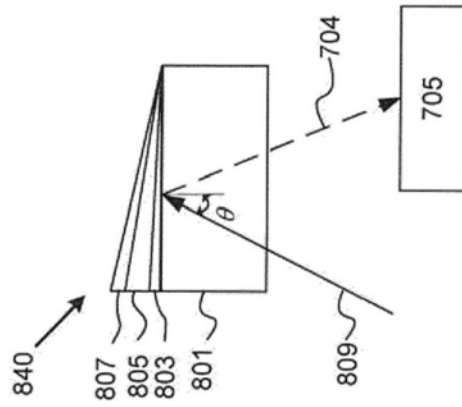


图8C



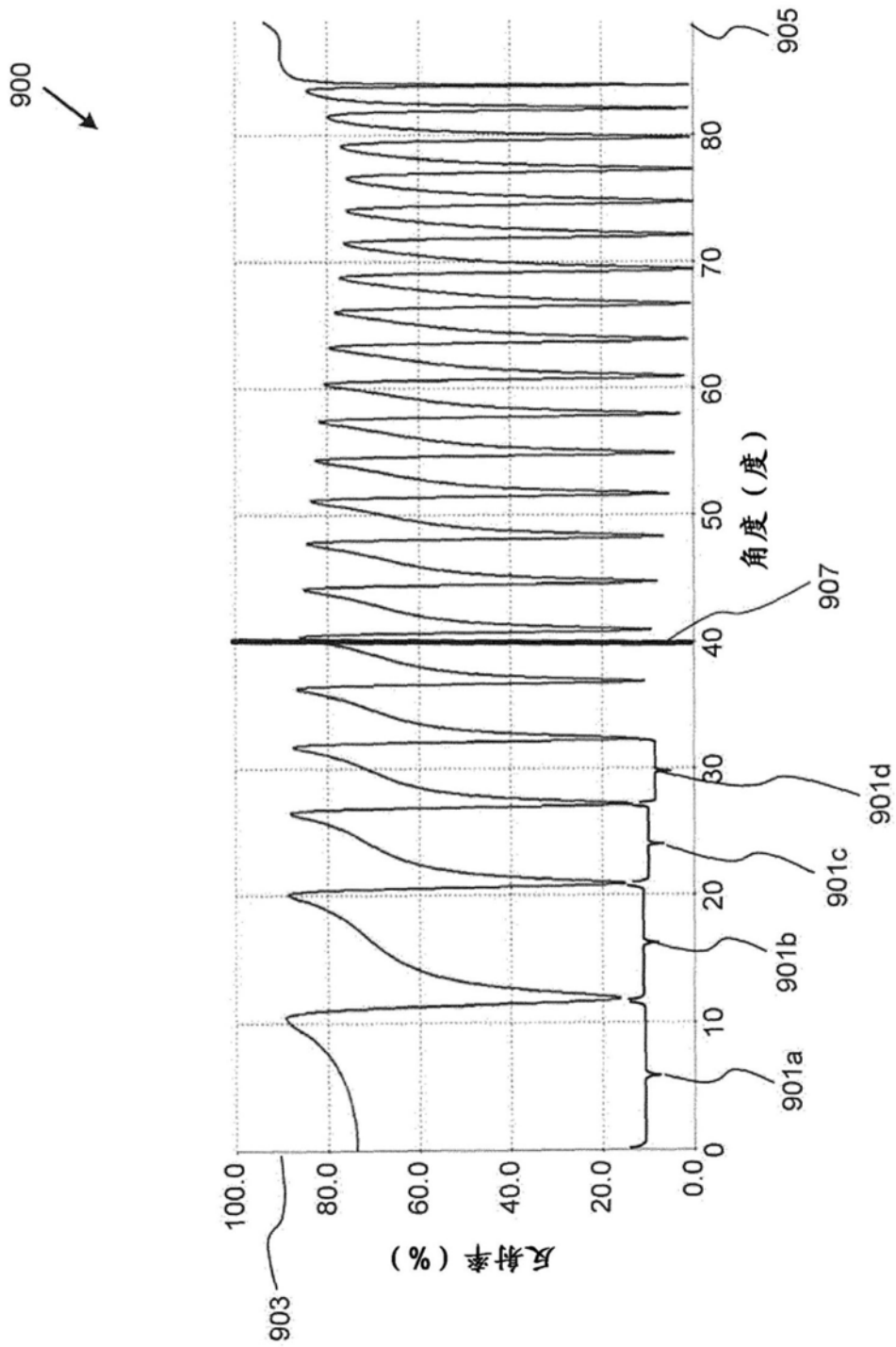


图9

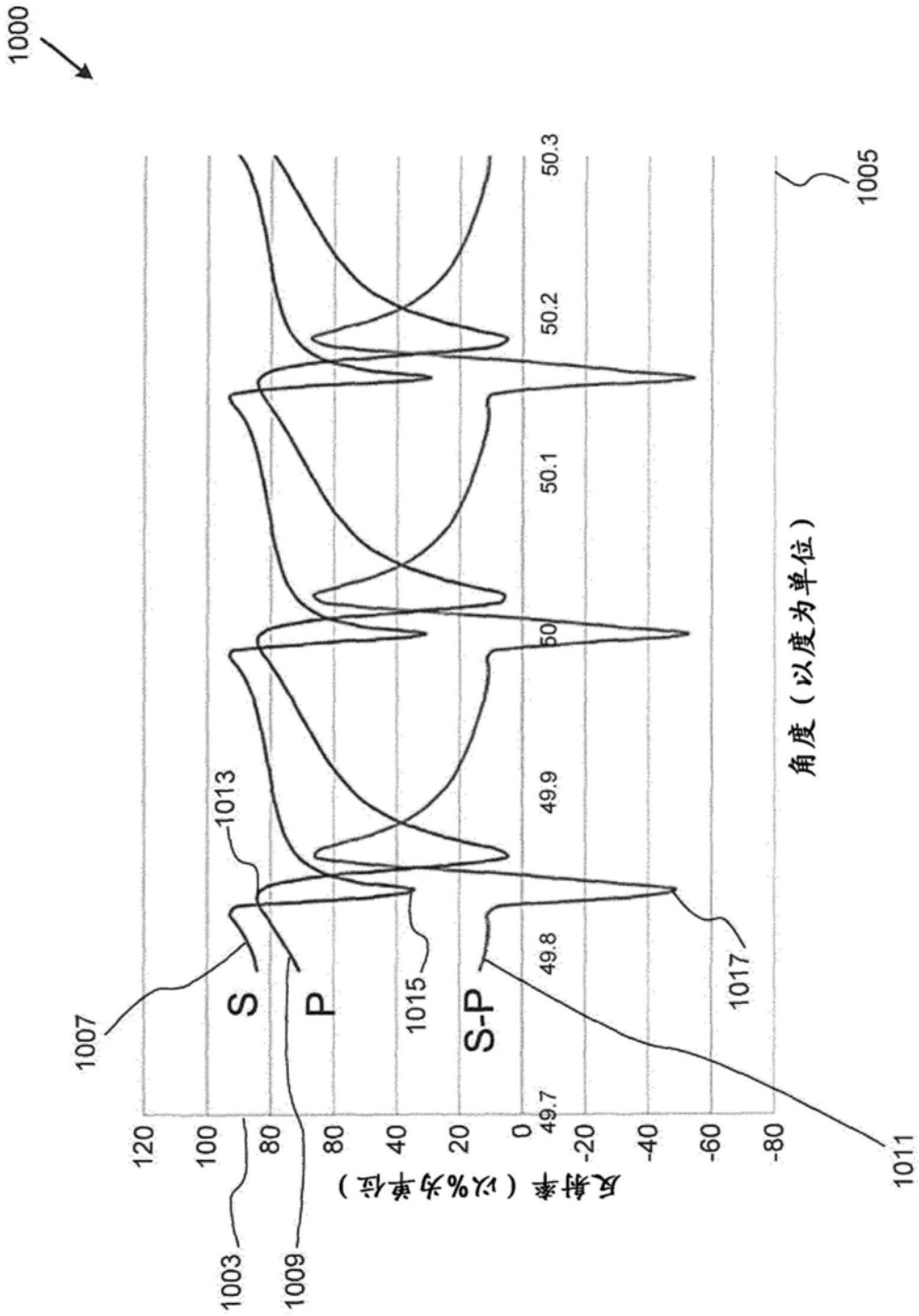


图10

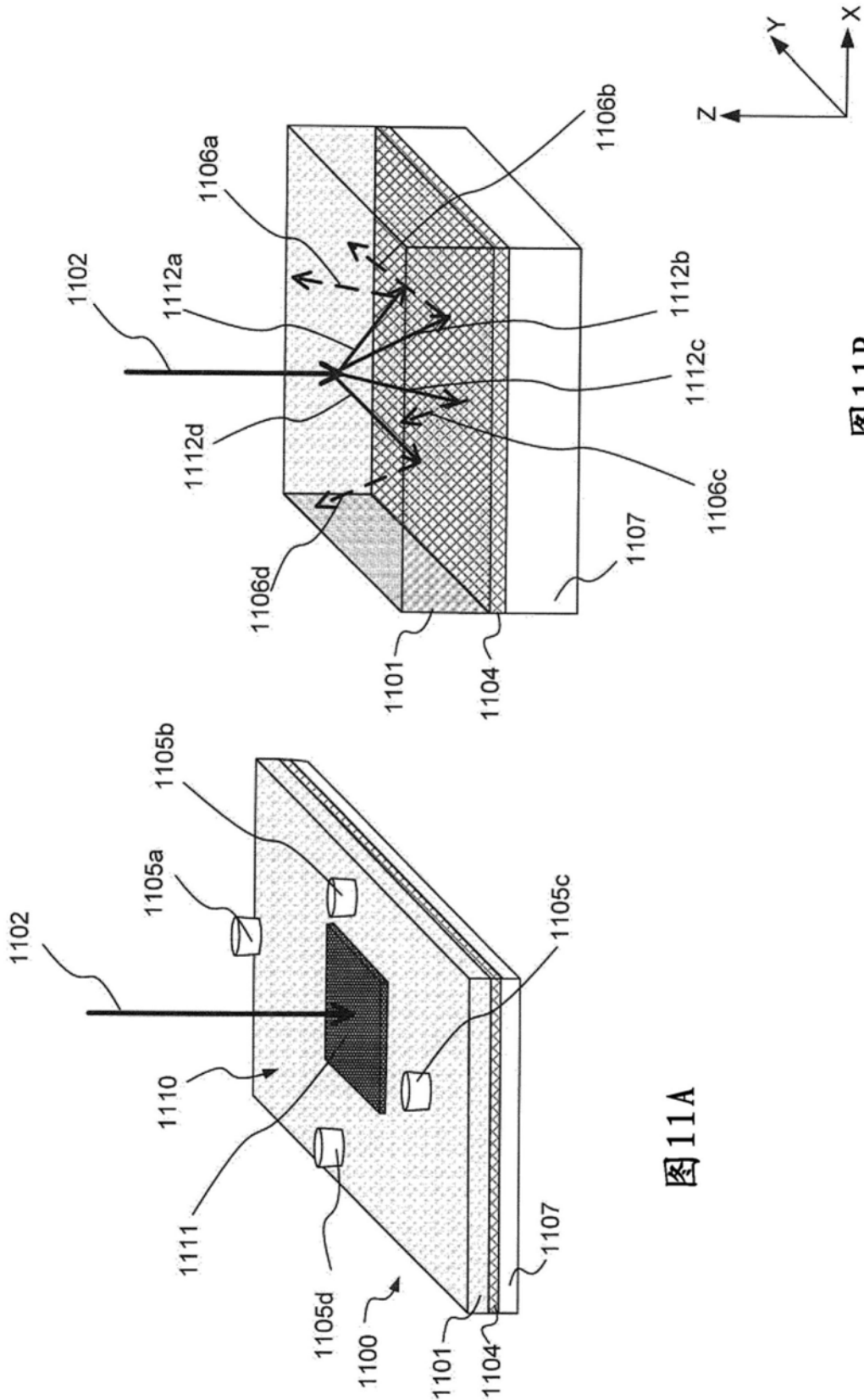


图11A

图11B

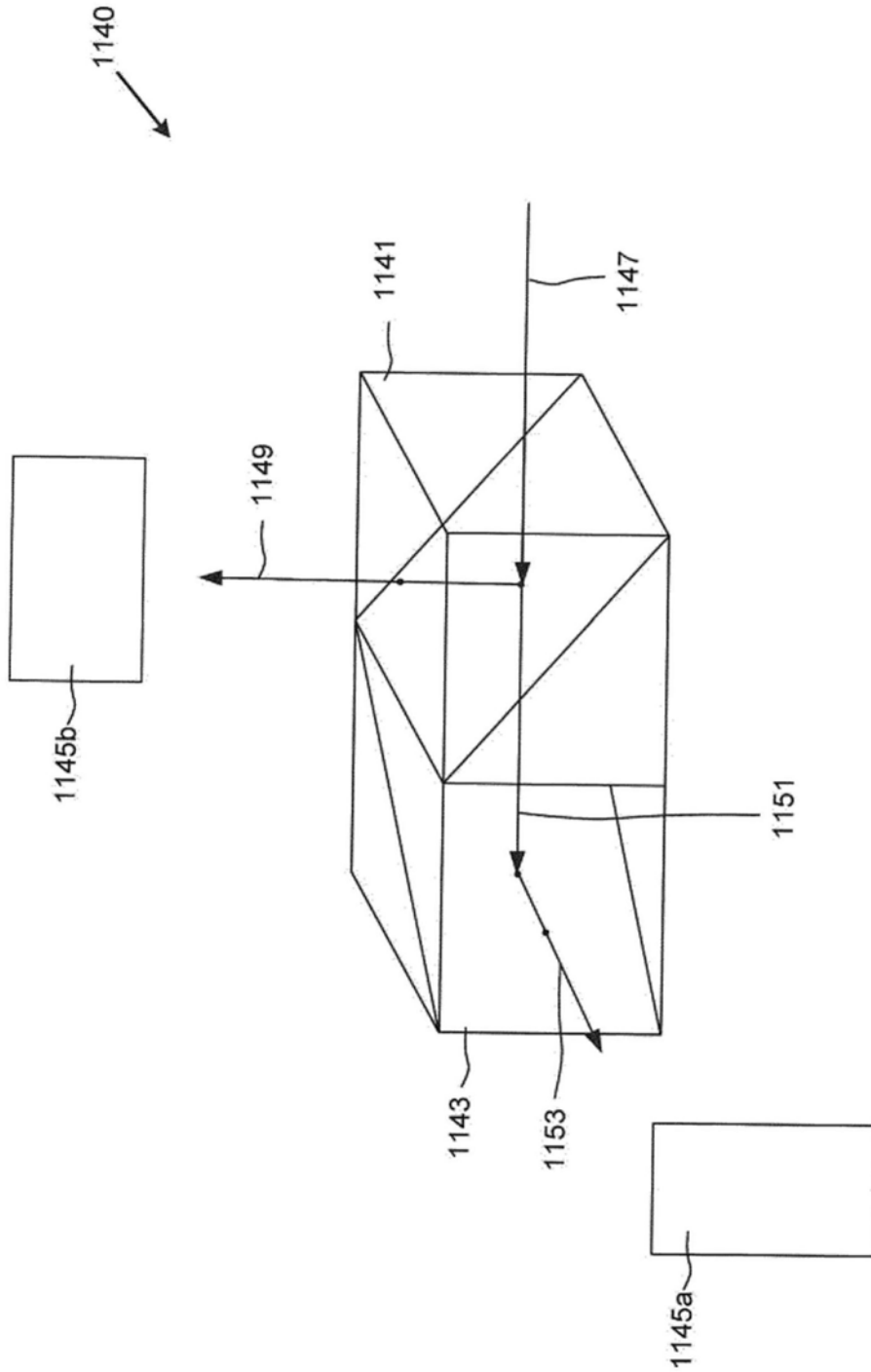


图11C

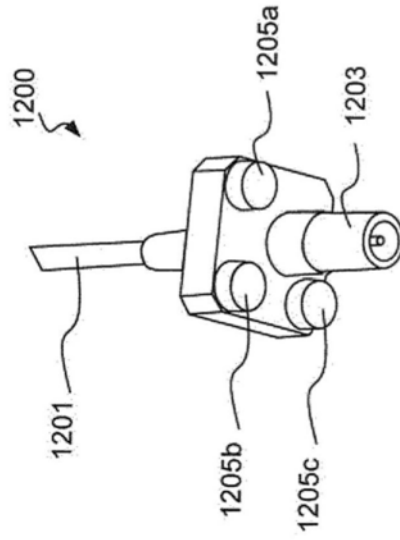


图12A

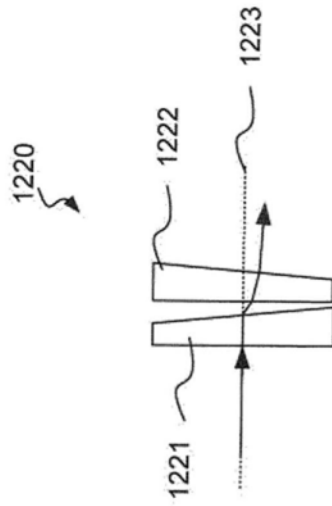


图12B

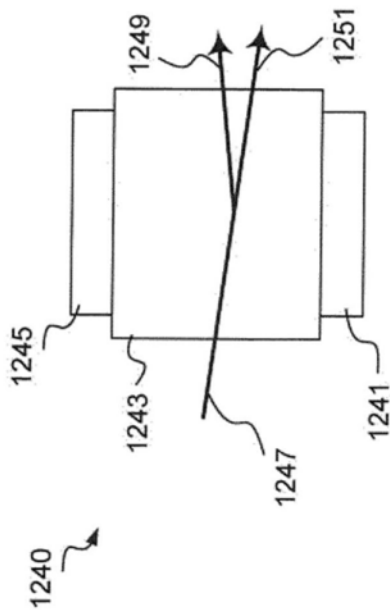


图12C

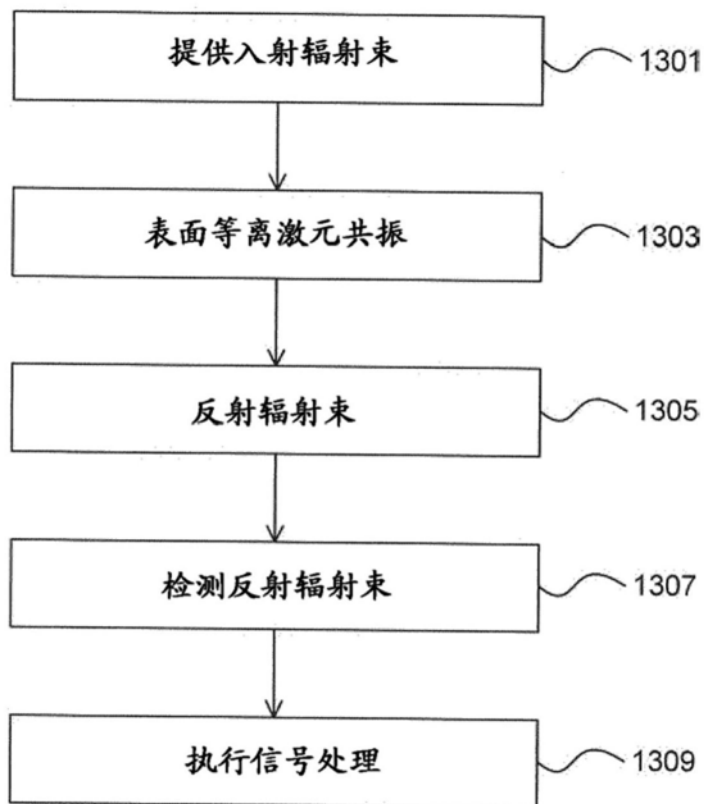


图13

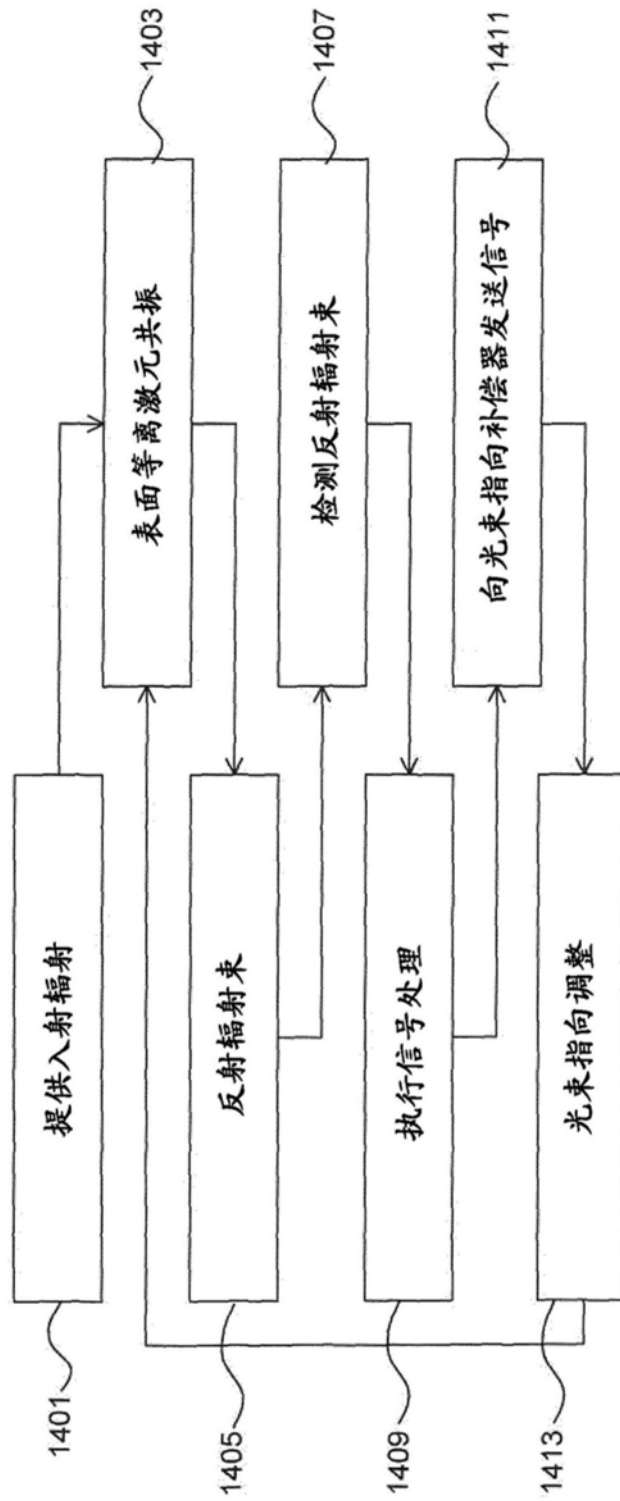


图14