



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109642875 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201780052601.9

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

(22)申请日 2017.08.29

代理人 刘丽楠

(30)优先权数据

62/380,748 2016.08.29 US

15/688,751 2017.08.28 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.02.26

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/049138 2017.08.29

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/044904 EN 2018.03.08

(71)申请人 科磊股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 P·贾殷 D·瓦克 K·彼得林茨

A·舒杰葛洛夫 S·克里许南

(51)Int.Cl.

G01N 21/95(2006.01)

G01N 21/55(2014.01)

G01N 21/25(2006.01)

G01N 21/88(2006.01)

G01N 21/956(2006.01)

H01L 21/66(2006.01)

H01L 21/67(2006.01)

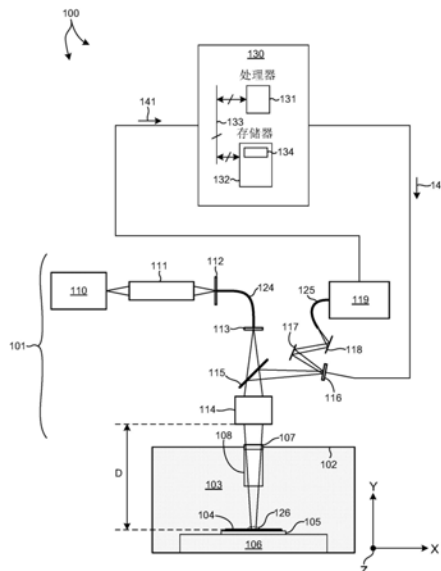
权利要求书3页 说明书14页 附图8页

(54)发明名称

用于原位工艺监测和控制的光谱反射测量法

(57)摘要

在本文中展现用于对安置在晶片上的半导体结构执行原位选择性光谱反射测量法SSR测量的方法和系统。空间地成像从晶片表面反射的照明光。收集且光谱分析来自图像的经选择区的信号，而舍弃所述图像的其他部分。在一些实施例中，SSR包含安置于光学路径中的动态镜面阵列DMA，所述DMA在与被测量的半导体晶片的表面共轭的场平面处或附近。所述DMA选择性地阻挡晶片图像的非期望部分。在其它实施例中，SSR包含超光谱成像系统，所述超光谱成像系统包含多个光谱仪，所述光谱仪各自经配置以从与所述晶片表面共轭的场图像的空间上不同的区域收集光。选择与所述晶片图像的期望区相关联的经选择光谱信号以用于分析。



1. 一种半导体晶片处理系统,其包括:

半导体制造工艺腔室,其包括制造工艺环境;

半导体晶片,其安置于所述制造工艺腔室内部,且暴露于所述制造工艺环境;

原位选择性光谱反射计,其包括:

照明源,其经配置以提供一定量的宽频带照明光;

光学子系统,其经配置以从所述照明源将所述量的照明光引导到被测量的所述半导体晶片的表面上的测量点,且将从所述半导体晶片的所述表面上的所述测量点反射的一定量的光朝向与所述半导体晶片的所述表面共轭的场平面引导;以及

光谱仪阵列,其各自经配置以在与所述半导体晶片的所述表面共轭的所述场平面处或附近,在跨越所述场平面的不同空间位置处收集一定量的反射光,并且在所述不同空间位置中的每一个处检测所述半导体晶片对于波长范围内的所述量的宽频带照明光的光谱响应。

2. 根据权利要求1所述的半导体晶片处理系统,其进一步包括:

计算系统,其经配置以选择多个检测到的光谱响应的子集,并且基于检测到的光谱响应的所述子集,产生指示被测量结构的反射性的光谱信号。

3. 根据权利要求2所述的半导体晶片处理系统,其中所述计算系统进一步经配置以估计所关注的一或多个参数的值,所述所关注的一或多个参数至少部分地基于所述光谱信号表征所述被测量结构。

4. 根据权利要求2所述的半导体晶片处理系统,其进一步包括:

摄像机,其位于与所述半导体晶片的所述表面共轭的第二场平面处或附近,且其中所述检测到的光谱响应的所述子集的所述选择是基于通过所述摄像机检测到的晶片的图像。

5. 根据权利要求2所述的半导体晶片处理系统,其中所述检测到的光谱响应的所述子集的所述选择是基于所述检测到的光谱响应中的每一个与参考光谱之间的差。

6. 根据权利要求1所述的半导体晶片处理系统,其进一步包括:

斩波器,其在所述照明源与所述测量点之间的光学路径中,所述斩波器经配置以周期性地阻挡所述照明源与所述测量点之间的所述光学路径且阻止所述量的照明光到达所述测量点,其中在每个不同光谱位置处检测所述光谱响应涉及所述光学路径未被所述斩波器阻挡时收集的光量与所述光学路径被所述斩波器阻挡时收集的光量之间的差。

7. 根据权利要求1所述的半导体晶片处理系统,其中所述光谱仪阵列中的每一个包含在与所述半导体晶片的所述表面共轭的所述场平面处或附近的光纤,且其中每个光纤经配置以将收集的一定量的光发射到所述光谱仪阵列中的每一个的检测器。

8. 根据权利要求1所述的半导体晶片处理系统,所述光学子系统包括:

一或多个光学元件,其经配置以将所述量的照明光塑形为投射到所述测量点上的一维照明光线;以及

一或多个可移动光学元件,其经配置以跨越所述测量点扫描所述一维照明光线。

9. 根据权利要求1所述的半导体晶片处理系统,其中所述光谱仪阵列为一维阵列,所述光学子系统包括:

一或多个光学元件,其经配置以跨越所述一维光谱仪阵列在所述共轭场平面处扫描所述半导体晶片的所述表面的所述图像。

10. 根据权利要求1所述的半导体晶片处理系统,所述光学子系统包括:  
一或多个可移动光学元件,其经配置以按二维形式跨越所述测量点扫描所述量的照明光。
11. 一种半导体晶片处理系统,其包括:  
半导体制造工艺腔室,其包括制造工艺环境;  
半导体晶片,其安置于所述制造工艺腔室内部,且暴露于所述制造工艺环境;  
原位选择性光谱反射计,其包括:  
照明源,其经配置以将一定量的宽频带照明光提供到被测量的所述半导体晶片的表面上的测量点;  
一或多个光谱仪,其经配置以收集从所述半导体晶片反射的一定量的光,且检测所述半导体晶片对于波长范围内的所述量的宽频带照明光的光谱响应;以及  
动态镜面阵列,其包含多个可移动镜面元件,所述动态镜面阵列安置在与所述半导体晶片的所述表面共轭的场平面处或附近,在所述照明源与所述半导体晶片之间的照明光学路径中,或在所述半导体晶片与所述一或多个光谱仪之间的收集光学路径中,所述动态镜面阵列经配置以基于所述多个可移动镜面元件中的每一个的位置选择性地阻挡入射光的一部分。
12. 根据权利要求11所述的半导体晶片处理系统,其中所述照明源、所述一或多个光谱仪和所述动态镜面阵列位于所述工艺腔室外部。
13. 根据权利要求11所述的半导体晶片处理系统,其进一步包括:  
计算系统,其经配置以将命令信号传达到所述动态镜面阵列,所述命令信号导致所述动态镜面阵列选择性地阻挡入射到所述多个可移动镜面元件上的光的第一部分,同时所述一或多个光谱仪产生指示被测量结构的反射性的光谱信号。
14. 根据权利要求13所述的半导体晶片处理系统,其中所述计算系统进一步经配置以估计所关注的一或多个参数的值,所述所关注的一或多个参数至少部分地基于测量到的光谱信号表征所述被测量结构。
15. 根据权利要求11所述的半导体晶片处理系统,其进一步包括:  
摄像机,其位于与所述半导体晶片的所述表面共轭的第二场平面处或附近,且其中由动态镜面阵列阻挡的入射光的所述部分的所述选择是基于通过所述摄像机检测到的晶片的图像。
16. 根据权利要求13所述的半导体晶片处理系统,其中所述一或多个光谱仪包含光谱仪阵列,其各自经配置以在与所述半导体晶片的所述表面共轭的场平面上或附近,在跨越所述场平面的不同空间位置处收集一定量的反射光,并且在所述不同空间位置中的每一个处检测所述半导体晶片对于波长范围内的所述量的宽频带照明光的光谱响应,其中所述计算系统进一步经配置以基于检测到的光谱响应的多个不同子集产生跨越所述场平面的所述反射光的图像,每个子集与所述动态镜面阵列所阻挡的入射光的不同图案相关联,且其中由动态镜面阵列阻挡的入射光的所述部分的所述选择是基于所述产生的图像。
17. 根据权利要求11所述的半导体晶片处理系统,其进一步包括:  
斩波器,其在所述照明源与所述测量点之间的光学路径中,所述斩波器经配置以周期性地阻挡所述照明源与所述测量点之间的所述光学路径且阻止所述量的照明光到达所述

测量点,其中检测所述光谱响应涉及所述光学路径未被所述斩波器阻挡时收集的光量与所述光学路径被所述斩波器阻挡时收集的光量之间的差。

18.一种方法,其包括:

将一定量的宽频带照明光提供到安置在被测量半导体晶片的表面上的结构的测量点;

对所述测量点成像;

从所述经成像测量点的一部分选择光,以用于光谱分析;以及

基于所述经选择的光,产生复合光谱反射性信号。

19.根据权利要求18所述的方法,其中所述光的所述选择涉及在与所述半导体晶片的所述表面共轭的一或多个场平面处选择性地阻挡照明光、经收集光或这两者的一部分。

20.根据权利要求21所述的方法,其中所述复合光谱反射性信号的所述产生涉及选择多个光谱信号的子集,所述多个光谱信号中的每一个与所述经成像测量点的不同部分相关联。

## 用于原位工艺监测和控制的光谱反射测量法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利申请案根据35 U.S.C. §119主张2016年8月29日递交的美国临时专利申请序列号62/380,748,标题为“用于原位监测和制造工艺控制的光谱反射计配置(Spectral Reflectometer Configurations for In-Situ Monitoring and Control of the Fabrication Process)”的优先权,其标的物以全文引用的方式并入本文中。

### 技术领域

[0003] 所描述的实施例涉及度量衡系统和方法,且更具体地说,涉及用于改进经受制造工艺步骤的半导体结构的测量的方法和系统。

### 背景技术

[0004] 半导体装置,例如逻辑和存储器装置,通常是通过应用到样本的一系列工艺步骤来制造的。半导体装置的各种特征和多个结构性层级通过这些工艺步骤形成。举例来说,光刻技术等是一种涉及在半导体晶片上产生图案的半导体制造工艺。半导体制造工艺的额外实例包含但不限于化学机械抛光、蚀刻、沉积和离子植入。多个半导体装置可制造在单个半导体晶片上并且随后分成单独的半导体装置。

[0005] 在半导体制造工艺期间在各个步骤处使用度量衡方法来检测晶片上的缺陷以促成更高良品率。光学度量衡技术提供在摆脱样品毁坏风险的情况下实现高产量的潜力。多种基于度量衡的包含散射术和反射检查实施方案的技术和相关联的分析算法常用来表征纳米级结构的关键尺寸、膜厚度、组成物、重叠层和其它参数。

[0006] 在大部分实例中,由一或多个单独度量衡工具执行半导体制造工艺的精密监测。然而,在一些实例中,度量衡工具与执行被测量的制造步骤的工艺工具集成。这通常被称为原位监测。

[0007] 在一个实例中,经受反应性离子蚀刻工艺的结构被原位监测。在一些制造步骤中,需要蚀刻工艺完全贯穿暴露层蚀刻,并且随后在较低层的实质性蚀刻发生之前终止。通常,这些工艺步骤是通过使用发光光谱分析技术监测存在于腔室中的等离子体的光谱特征来控制。当暴露层被蚀刻贯穿,且蚀刻工艺开始与较低层反应时,发生等离子体光谱特征的不同改变。通过发光光谱分析技术测量光谱特征的改变,且基于测得的光谱特征改变中断蚀刻工艺。

[0008] 在其它制造步骤中,需要蚀刻工艺部分贯穿暴露层蚀刻到指定蚀刻深度,且在完全蚀刻贯穿暴露层之前终止。这一类型的蚀刻工艺通常被称为“盲蚀刻”。当前,贯穿部分经蚀刻层的蚀刻深度测量是基于近正交入射光谱反射测量法。

[0009] 在一些实例中,被测量的晶片包含周期性图案。这些图案表现出可建模的独特反射性特征。因此,基于模型的光谱反射测量法测量技术适合于估计经图案化晶片的临界尺寸。不利的是,当前可用的基于光谱反射测量法的原位监控工具不具有符合未来的制造工艺要求所必需的精确度。

[0010] 在许多实用的实例中,被测量的半导体晶片包含均匀的周期性图案区,以及包含支援电路、划痕线等的不均匀区。举例来说,在存储器晶片上,均匀区的典型大小为约50平方微米,由围绕均匀区的几微米不均匀区包围。当前可用的原位监控工具以准直光束照射晶片,其照射晶片的大面积圆形区域,包含均匀和不均匀区。典型照明光点大小为直径十毫米,或更大。通过光谱仪混合和分析遍及这一大面积收集的反射光。混合来自晶片的均匀和不均匀区的反射性信号根本上地限制了度量衡系统的性能(亦即,测量准确度受到限制)。

[0011] 混合来自晶片的均匀和不均匀区的反射性信号的问题难以通过光学方式解决,这是因为不可能将照明和收集光学件放置在反应等离子室内的晶片附近。这限制可达成的最大数值孔径(numerical aperture;NA)和可达成的最低照明光点大小。无法光学地聚焦于晶片的小均匀区上且对于围绕的不均匀区的溢出最低,则似乎无法解决反射信号混合对测量准确度的限制。

[0012] 综上所述,特征尺寸的持续降低对集成蚀刻和离子植入工艺工具的原位光谱反射测量法系统强加了困难的要求。光学度量衡系统必须符合高精度和准确度的要求来允许适当的工艺控制。在此上下文中,来自被测量晶片的不同区的反射测量法信号的混合已成为用于控制蚀刻和离子植入工艺的原位光谱反射测量法系统设计中的关键、性能限制问题。因此,期望解决这些限制的改进的度量衡系统和方法。

## 发明内容

[0013] 在本文中展现用于对安置在晶片上的半导体结构执行原位选择性光谱反射测量法测量的方法和系统。空间地成像从晶片表面反射的照明光。收集且光谱分析来自所述图像的经选择区的信号。选择特定区,来通过舍弃与不正确地建模或另外扭曲所关注的一或多个参数的测量的区相关联的反射光部分,改进测量准确度。以此方式,原位监测允许基于与被测量晶片的不同区相关联的反射性信号的辨别和光谱分析的下一代半导体结构工艺控制。

[0014] 在一个态样中,选择性光谱反射计(selective spectral reflectometer;SSR)包含安置于所述SSR的光学路径中的动态镜面阵列(dynamic mirror array;DMA),其处于与被测量的所述半导体晶片的所述表面共轭的场平面处或附近。DMA包含多个可移动镜面元件。传达到DMA的控制命令确定每一个可移动镜面元件的位置。基于每一个可移动镜面元件的位置,DMA选择性地阻挡入射到DMA的活跃表面上的光的一部分。DMA可位于照明光学路径、收集光学路径或这两者中。

[0015] 在另一方面,计算系统经配置以从收集的图像减去背景图像,来移除从SSR照明源以外的源收集的杂散光的影响。

[0016] 在进一步方面中,SSR经配置以识别存在于晶片图像中的晶片图案,并且选择与图像的期望部分相关联的信号。在一些实施例中,SSR采用基于成像技术的压缩感应,来重构晶片图像。在一些实施例中,SSR采用2D摄像机,来直接收集被测量晶片的图像。计算系统进一步经配置以选择经重构图像的期望区,以用于光谱分析。在一些实施例中,期望区的选择是基于晶片参考图像的匹配,其中参考图像的期望和非期望区域先前已知。

[0017] 另一方面,选择性光谱反射计(SSR)包含位于SSR的收集路径中的超光谱成像系统。超光谱成像系统包含多个光谱仪,其各自经配置以从与晶片表面共轭的场图像的空间

上不同的区域收集光。基于测量到的光谱的分析,计算系统确定与测量点的期望区相关联的经收集光谱信号的子集。在一些实施例中,计算系统将每个光谱信号与一或多个参考信号比较,来确定光谱信号是否与被测量晶片的期望区相关联。与期望区相关联的光谱信号被整合到与测量到的点相关联的复合光谱反射测量法信号中。

[0018] 在另一进一步方面中,SSR经配置以将照明光投射到半导体晶片表面上,遍及在期望的测量区域上以一维扫描的线形区域。

[0019] 在另一进一步方面中,SSR经配置以将照明光投射到半导体晶片表面上,遍及以二维形式遍及期望的测量区域扫描的较小区域(亦即,点照明)。

[0020] 在另一进一步方面中,SSR包含一维线形光谱仪阵列,且SSR的一或多个光学元件被配置成跨越与晶片表面共轭的场平面处的半导体晶片表面的二维图像,扫描光谱仪的一维阵列。

[0021] 在另一进一步方面中,SSR经配置以限制由光学路径遮蔽引入的衍射效应。在一些实施例中,通过“断开”经选择像素来控制入射到DMA上的衍射光。在一些其它实施例中,通过忽略晶片图像的与混杂了衍射光的像素相关联的光谱信号信道,控制入射到超光谱成像系统上的衍射光。在一些其它实施例中,变迹器元件位于光学路径中与遮蔽共轭的位置。变迹器元件经配置以阻挡由遮蔽引发的衍射光。

[0022] 在另一方面,SSR系统经配置以在制造工艺(例如,蚀刻工艺或离子植入工艺)期间使用与晶片的期望区相关联的光谱信号执行一系列反射性测量,同时忽略与非期望区相关联的光谱信号。

[0023] 在另一进一步方面中,计算系统进一步经配置以估计所关注的一或多个参数的值,所述参数至少部分地基于测量到的光谱信号表征所述被测量结构。

[0024] 在另一进一步方面中,所关注的参数的估计值被用于向工艺工具(例如,光刻工具、蚀刻工具、沉积工具等)提供作用反馈。

[0025] 在另一进一步方面中,可在单个晶片制造工艺工具上实施超过一个SSR系统,来同时在工艺期间测量整个晶片的结构。

[0026] 前文是概述且因此必然地包含细节的简化、概括和省略;因此,所属领域的技术人员将了解所述概述仅是说明性的且并不意图以任何方式进行限制。本文所描述的装置和/或方法的其它方面、发明特征和优点将在本文阐述的非限制性详细描述中变得显而易见。

## 附图说明

[0027] 图1描绘晶片处理系统100的实施例,其基于在至少一个新颖方面中安置在晶片上的半导体结构的选择性光谱反射测量法测量,执行蚀刻工艺的原位监测。

[0028] 图2描绘晶片处理系统100的另一实施例,其基于在至少一个新颖方面中安置在晶片上的半导体结构的选择性光谱反射测量法测量,执行蚀刻工艺的原位监测。

[0029] 图3描绘晶片处理系统100的又一个实施例,其基于在至少一个新颖方面中安置在晶片上的半导体结构的选择性光谱反射测量法测量,执行蚀刻工艺的原位监测。

[0030] 图4描绘晶片处理系统100的又一个实施例,其基于在至少一个新颖方面中安置在晶片上的半导体结构的选择性光谱反射测量法测量,执行蚀刻工艺的原位监测。

[0031] 图5描绘由圆形测量点照明的晶片的一部分的图像的说明。

- [0032] 图6描绘由选择性光谱反射计测量到的晶片的一部分的图像的说明,其中所有光被选择用于动态镜面阵列的测量。
- [0033] 图7描绘了图6中描绘的如由选择性光谱反射计测量的晶片的一部分的图像的说明,其中仅选择可用光的子集以测量动态镜面阵列。
- [0034] 图8在一个实施例中描绘一个聚焦光学件114的说明。
- [0035] 图9在一个实施例中描绘适合于实施照明线扫描SSR系统的光学系统的说明。
- [0036] 图10描绘由线形照明区域180照明的晶片104的一部分的图像的说明。
- [0037] 图11描绘由点形照明区域181照明的晶片104的一部分的图像的说明。
- [0038] 图12说明以至少一个新颖方面执行选择性光谱反射测量法测量的一种方法500。

### 具体实施方式

- [0039] 现将详细参考本发明的背景实例和一些实施例,在附图中说明所述实施例的实例。
- [0040] 在本文中展现用于对安置在晶片上的半导体结构执行原位选择性光谱反射测量法测量的方法和系统。空间地成像从晶片表面反射的照明光。收集且光谱分析来自所述图像的经选择区的信号。选择特定区,来通过舍弃与不正确地建模或另外扭曲所关注的一或多个参数的测量的区相关联的反射光部分,改进测量准确度。以此方式,原位监测允许基于与被测量晶片的不同区相关联的反射性信号的辨别和光谱分析的下一代半导体结构工艺控制。
- [0041] 在一些实施例中,本文所述的用于经受蚀刻工艺的半导体装置的原位光谱反射测量法度量衡的方法和系统被应用于存储器结构的测量。这些实施例允许对周期性和平面结构进行光学临界尺寸(critical dimension;CD)、薄膜和组成度量衡。
- [0042] 在一个态样中,选择性光谱反射计(SSR)包含安置于SSR的光学路径中的动态镜面阵列(DMA)。DMA包含多个可移动镜面元件。传达到DMA的控制命令确定每一个可移动镜面元件的位置。基于每一个可移动镜面元件的位置,DMA选择性地阻挡入射到DMA的活跃表面上的光的一部分。DMA位于SSR的光学路径中,处于与半导体晶片表面共轭的场平面处或附近。在一些实施例中,DMA位于照明源与半导体晶片之间的照明光学路径中。在一些实施例中,DMA位于半导体晶片与一或多个光谱仪之间的收集光学路径中。在一些实施例中,DMA位于照明光学路径中,另一DMA位于收集光学路径中。通过位于与晶片平面共轭的场平面处的SSR的光学路径中的DMA,DMA的反射镜被选择性地定位成允许从晶片的指定部分进行信号测量,而不是从晶片的其它部分。
- [0043] 图1描绘示范性晶片处理系统100,其用于基于安置在晶片上的半导体结构的选择性光谱反射测量法测量,执行蚀刻工艺的原位监测。
- [0044] 晶片处理系统100包含处理腔室102,其含有工艺环境103和选择性光谱反射计(SSR)101。半导体晶片104位于处理腔室102内。晶片104附接到晶片夹盘105上,且由晶片载物台106参照处理腔室102定位。在一些实施例中,晶片载物台106将旋转移动与平移移动组合(例如,X方向的平移移动和围绕Y轴的旋转移动),来参照SSR 101提供的照明定位晶片104。在一些其它实施例中,晶片载物台106组合两个正交平移移动(例如,沿X和Z方向的移动)来参照SSR 101提供的照明定位晶片104。在一些实施例中,晶片处理系统100不包含晶



片载物台106。在这些实施例中,晶片搬运用机器人(未展示)在处理腔室102内部将晶片104定位在晶片夹盘105上。晶片104从晶片搬运用机器人输送到兼容真空工艺环境103的静电晶片夹盘105上。在这些实施例中,由SSR 101执行的测量受限于将晶片104夹持在晶片夹盘105上之后,SSR 101的视场内的晶片104部分。在此意义上,晶片载物台106是可选的。为解决这一限制,晶片处理系统100可能包含多个SSR系统,每个系统测量晶片104的不同区域。

[0045] 在一个实施例中,处理腔室102是反应性离子蚀刻系统的元件。在此实施例中,工艺环境103包含射频引发等离子体,其蚀刻掉晶片104表面上的暴露材料。

[0046] 如图1中所描绘,SSR 101的光学元件位于处理腔室102的外部。在一些实施例中,SSR 101的全部光学元件位于至少远离晶片104距离D处。在这些实施例中的一些中,D为至少300毫米。在一些其它实施例中,D为至少600毫米。电离颗粒存在于蚀刻和沉积工艺的处理腔室中。光学元件必须位于距离晶片足够远处,以避免干扰由工艺引发的磁场。此外,电离颗粒可能在位于处理腔室中的光学元件上累积,且由此,在处理腔室中包含光学元件并不实用。

[0047] SSR 101包含照明源110,所述照明源产生入射到晶片104表面上的测量点上的照明光光束。照明源110为宽频带照明源。在一些实施例中,照明源110以紫外、可见和红外光谱发射照明光。在一个实施例中,照明源110为激光驱动光源(laser driven light source;LDLS)(也称为激光驱动等离子体源或激光维持等离子体光源)。LDLS 110的泵浦激光可能是连续波或脉冲的。在150纳米到2000纳米的整个波长范围内,LDLS能够生产比氙气灯多得多的光子。一般来说,照明源110可以是单个光源或多个宽频带或离散波长光源的组合。照明源110产生的光包含连续谱或连续谱的部分,从紫外到红外(例如,真空紫外到中红外)。一般来说,照明光源110可能包含超连续激光源、红外氦-氖激光源、弧光灯或任何其它合适的光源。

[0048] 在另一方面中,提供到晶片104的宽频带照明光是包含跨越至少500纳米波长范围的宽频带照明光。在一个实例中,宽频带照明光包含低于250纳米的波长和高于750纳米的波长。一般来说,宽频带照明光包含120纳米与3,000纳米之间的波长。在一些实施例中,可能采用包含超过3,000纳米波长的宽频带照明光。

[0049] 如图1中所描绘,SSR 101包含经配置以将照明光引导到晶片104和从所述晶片收集反射光的光学元件。光学子系统示出为包含光导管111、斩波器112、光纤124、照明场光阑113、聚焦光学件114、光束分光器115、中继光学件117和118,以及光纤125。在一些实施例中,SSR 101包含用于控制来自照明源的光层级、光谱输出或两者的一或多个光滤波器(未展示)。

[0050] 如图1中所描绘,从照明源110发出的光被耦合到光导管111。在一些实施例中,光导管111为锥形光导管,其有效地充当照明场光阑来匹配照明光学件的NA。来自光导管111的光穿过斩波器112。来自连续源的光由位于照明光纤124入口处的焦点处或附近的斩波器112斩波。在一些实施例中,斩波器112为共振压电驱动音叉。共振音叉装置被电气地驱动,且调谐力装置的振荡频率容易地被调节我与工艺频率(例如,等离子体频率)匹配,来确保测量在工艺活跃时执行。在一些其它实施例中,采用回转斩波器机构。在这些实施例中,调节斩波器机构的旋转速度来与工艺频率匹配。

[0051] 斩波器112与SSR 101的数据收集同步,来交替地允许和阻挡照明光到达晶片104。

在照明光被斩波器112阻挡的时段期间,由SSR 101收集背景图像(例如,“暗”图像)。当照明光未被斩波器112阻挡时,由SSR 101收集晶片104的图像(例如,“明”图像)。

[0052] 在另一方面中,计算系统(例如,计算系统130或光谱仪119的计算系统)经配置以从“明”图像减去背景图像来从光谱仪119获取的光谱结果中移除来自除照明源110外的源收集的杂散光的影响。在一个实例中,沿光学路径收集的等离子体发光是存在于“明”图像中的显著背景噪声源,且在“暗”图像中有效地隔开。在一个实例中,计算系统确定在光学路径未被斩波器阻挡时光谱仪处收集的光量与光学路径被斩波器阻挡时光谱仪处收集的光量之间的差。这一差被光谱分析,来产生传达到计算系统130的输出信号141。在另一实例中,计算系统130接收与“暗”和“明”图像相关联的光谱信号,且确定两个信号之间的光谱差。

[0053] 在一些其它实施例中,照明源110为经脉冲光源。在这些实施例中的一些中,经脉冲光源的频率被调谐以与工艺频率匹配。在这些实施例中,不必使用斩波器。在此意义上,斩波器112为可选的。

[0054] 如图1中所描绘,照明光穿过照明光纤124且贯穿位于照明光纤124的出口处的焦点处或附近的照明场光阑113。照明源110被成像到照明光纤124中,来允许光学系统的物理布局的设计自由。在一些其它实施例中,照明源直接耦合到聚焦光学件114上。照明场光阑113控制照明子系统的视场(FOV),且可能包含任何合适的可商购场光阑。来自照明源110的光被聚焦光学件114聚焦到安置在晶片104上的表示SSR系统的视场的测量点126的一或多个结构(例如,裸片)上。在一些实施例中,测量点126为圆形,直径大致为三毫米。在一些实施例中,测量点126为圆形,直径小于四毫米。一般来说,测量点126可能以任何合适方式成形。

[0055] 照明和收集光通过处理腔室102的一或多个窗口元件107气体注入器系统108。在一些实施例中,窗口元件107由蓝宝石构成。然而,一般来说,可采用任何合适的光学材料。气体注入器系统108从窗口元件107延伸到处理腔室102中。在一个实施例中,距离窗口元件107和晶片104的距离为大致300毫米,且气体注入器系统108从窗口元件107朝向晶片104延伸大致150毫米。气体注入器系统108沿光学路径引入气流,来阻止离子化气体颗粒冲击和污染窗口元件107。示范性气体注入器系统由加利福尼亚州弗里蒙特(美国)的LAM研究公司制造。

[0056] 响应于照明源110提供的照明,光从晶片104反射。光学子系统从测量点126收集反射光。反射光穿过窗口元件107、聚焦光学件114,且通过光束分离元件115朝向DMA116引导。

[0057] 如图1中所描绘,SSR 101包含DMA 116。被测量晶片表面被成像到DMA的活跃表面,且从经选择DMA像素反射的光被耦合到大型核心光纤,其连接到耦合光纤的光谱仪来收集光谱分析信息。

[0058] 在一些实施例中DMA 116是由德克萨斯州达拉斯市德州仪器公司(美国)制造的DLP®芯片。DLP®芯片包含可选择地定位在两个定位之一处的镜面元件阵列。在一个位置中,光反射(亦即,朝向光源引导),且在另一位置,光被有效地阻挡或另外地从SSR 101的光学路径移除(亦即,反射离开光源)。可能预期其它DMA实施方案,例如基于其它DMA架构,如Fraunhofer Institute(Germany)研发的实施方案。

[0059] 如图1中所描绘,指示DMA 116的每一个镜面元件的期望状态的命令信号140从计

算系统130被传达到DMA 116。作为响应,DMA 116调节镜面元件的一或多个阵列来达成DMA 116的期望状态。在一些实施例中,镜面元件阵列的间距为大致10微米。利用设计用于1:1成像的光学系统,DMA 116具有足够分辨率来选择晶片上的较小大小的区,所述晶片由待控制图案主导,具有较小的大小(例如,大小为50微米乘50微米,或甚至更小的感兴趣区域)。

[0060] 在图1中所描绘的实施例中,经选择的收集光量通过中继光学件117和119被引导到收集光纤125。收集光纤125耦合到光谱仪119上。光谱仪119响应于从由照明源照明的一或多个结构收集的经选择光量,产生输出信号141。在所描绘的实例中,输出信号141指示经选择光量的光谱响应。

[0061] 在一些实施例中(未展示),光学子系统包含收集场光阑来控制收集子系统的FOV。在一些实施例中,收集场光阑被用作光谱仪119的光谱仪狭缝。然而,收集场光阑可能位于光谱仪119光谱仪狭缝处或附近。

[0062] 一般来说,光学子系统可能包含光谱分析反射测量法所属领域中已知的滤光器、场光阑、孔径光阑、光纤等的任何类型和排列。举例来说,因为光可能直接耦合到光谱仪119和聚焦光学件114上,所以光纤124和124是可选的。光纤的使用可能有利于空间被其它工艺工具硬件高度约束的原位SSR系统的设计。

[0063] 图5描绘由圆形测量点126照明的晶片104的一部分的图像的说明。如图5中所描绘,晶片104由SSR 101照明的区域包含许多均匀的结构性区域151(白色框),其由不均匀的结构性区域(黑色线)包围。均匀的结构性区域具有尺寸A和B。在一个实施例中,尺寸A为40微米,尺寸B为60微米。

[0064] 图6描绘由SSR 101测量的晶片104的一部分的图像152的说明,其中所有光被选择用于DMA 116的测量。如图6中所描绘,晶片104由SSR 101照明的区域包含许多均匀的结构性区域153(浅着色区域),其由不均匀的结构性区域154(黑色线形区域)包围。

[0065] 图7描绘SSR 101测量的晶片104的相同部分的图像155的说明,其中仅选择可用光的子集以用于DMA 116的测量。如图7中所描绘,由SSR 101测量的晶片104的区域仅包含均匀的结构性区域。以此方式,所得的光谱仪119基于DMA 116所经选择的光产生的光谱信号预计为高纯度信号(亦即,指示光谱结果与均匀的结构性区域相关联,仅具有不均匀的结构性区域的极少影响)。

[0066] 图8在一个实施例中描绘聚焦光学件114。如图8中所描绘,照明场光阑113位于与晶片104表面共轭的场平面处或附近。穿过照明场光阑113的光从镜面162反射。镜面162准直照明光,且将光引导到镜面161。从镜面161反射的光被引导到聚焦镜面160,其将照明光聚焦到晶片104的表面上。从晶片104表面反射的光从镜面160、161和162反射。光束分光器115拾取反射光的一部分,且将所述光引导到位于与晶片104表面共轭的场平面处或附近的DMA 116。

[0067] 入射到晶片104表面上的照明光正交入射。在晶片104的表面处,光学系统为远心的;入射到晶片104上的光束的中心正交于晶片104的表面。这可通过将镜面162放置在镜面160的聚焦平面处来实现。光学系统在镜面162与镜面160之间几乎对称。镜面161充当折叠镜面以避免干扰处理腔室102。在一些实施例中,反射镜160和162具有相同的规定,且镜面161为平面镜。在这些实施例中,将反射镜160和162规定为离轴抛物线(off axis parabola;OAP)光学元件可能是有利的。

[0068] 图3在另一个实施例中描绘晶片处理系统300。使用相同参考标号指示图3中展示的和图1中所描绘的度量衡系统100类似地配置的元件。如图3中所描绘,SSR 301在照明光束路径中,而不是在如图1所示的收集光束路径中,包含DMA 116。在此实施例中,中继光学件122将照明光投射到DMA 116上,其位于与晶片104表面共轭的场图像平面处或附近。类似于SSR 101,图3中所描绘的DMA 116的镜面阵列由计算系统130控制,来选择性地照明测量点126内的晶片104的期望区,且不照明非期望区。以此方式,光谱仪119响应于DMA 116确定的特定照明图案产生的光谱信号将包含与晶片104的期望区相关联的信号信息,不包含非期望区。

[0069] 一般来说,SSR可能包含位于照明路径中的DMA、位于收集路径中的DMA,或位于照明路径中的DMA和位于收集路径中的另一DMA。

[0070] 如本文中所述,SSR经配置以从半导体晶片的测量到的图像的期望区选择信号,且忽略来自相同图像的非期望区的信号。在进一步方面中,SSR经配置以定义期望和非期望区以用于选择。

[0071] 一般来说,半导体晶片104放置在晶片夹盘105上,位置和定向上有一些变化。因此,在多个实施例中,半导体晶片的哪个区域处于测量点126并不是先前已知的,且因此,期望分析测量点126的哪些部分和应忽略哪些部分不是先前已知的。为解析这一问题,SSR经配置以识别存在于测量点126的图像中的晶片图案,且选择与图像的期望部分相关联的信号。

[0072] 在一些实施例中,SSR采用基于压缩感应的成像技术来重构测量点126的图像。由此图像,计算系统130经配置以选择期望区用于光谱分析。在图1中所描绘的实施例中,计算系统130将一系列命令信号140传达到DMA 116。响应于每个命令信号,DMA 116实施镜面位置的不同模式(亦即,镜面阵列中的开/关状态的不同布置)。对于每个不同DMA图案,光谱仪119收集光谱,且将一系列信号141传达到计算系统130,每个信号指示与不同DMA图案相关联的光谱。计算系统130实施压缩感应算法来基于测量到的光谱和与测量到的光谱相关联的已知DMA图案重构存在于DMA 116活跃表面处的测量点126的图像。以此方式,光谱仪119和DMA 116,结合计算系统130,有效地作为单个像素摄像机操作。

[0073] 计算系统130进一步经配置以选择经重构图像的期望区,以用于光谱分析。在一些实施例中,期望区的选择是基于晶片参考图像的匹配,其中参考图像的期望和非期望区域先前已知。以此方式,将当前测量的晶片的空间图像与在测量工作程序的训练期间产生的图进行比较。所述图对于当前测量的晶片的晶片布局是唯一的。此外,计算系统130经配置以将命令信号140传达到DMA 116,来“接通”与经重构图像的期望区相关联的镜面,且“断开”与非期望区相关联的像素。

[0074] 在一些实施例中,SSR采用2D摄像机,来直接收集入射到DMA 116上的反射光的图像。由此图像,计算系统130经配置以选择期望区用于光谱分析。

[0075] 图2在另一个实施例中描绘晶片处理系统200。使用相同参考标号指示图2中展示的和图1中所描绘的度量衡系统100类似地配置的元件。如图2中所描绘,SSR 201包含选择性地地位于光束路径中的摄像机121。摄像机121位于与晶片104表面共轭的场平面处,且由此收集与投射到DMA 116的活性区域上的晶片104图像相同的图像。摄像机121将指示测量到的图像的信号142传达到计算系统130。计算系统130进一步经配置以选择捕获的图像的期

望区,以用于光谱分析。在一些实施例中,期望区的选择是基于晶片参考图像的匹配,其中参考图像的期望和非期望区域先前已知。此外,计算系统130经配置以将命令信号140传达到DMA 116,来“接通”与经重构图像的期望区相关联的镜面,且“断开”与非期望区相关联的像素。

[0076] 可移动镜面120包含由计算系统130控制的致动器,所述计算系统导致可移动镜面120选择性地移动到DMA 116之前的光学路径中,且将所收集的光重新引导到摄像机121的表面。在图像收集之后,可移动镜面120被移动到光学路径外部,允许所收集的光传递到DMA 116。以此方式,计算系统130控制可移动镜面120的定位,且由此控制摄像机121收集的图像。可移动镜面120通常被称为“倒装”镜面。一般来说,可使用合适的机构来将光引导到摄像机121。在一些实施例中,光束分光器,而不是可移动镜面,可能位于光学路径中。在这些实施例中,光可能同时被传输到摄像机121和DMA 116。然而,这一方法的不足之处在于存在于DMA 116的光损失减弱光谱仪119产生的光谱信号。

[0077] 在采用DMA的实施例中,计算系统130收集测量到的光的图像、执行与参考图像的图案匹配,且将命令信号传达到一或多个DMA,来在蚀刻开始之前或在起始蚀刻时间间隔期间选择用于光谱分析的期望的光。

[0078] 另一方面,选择性光谱反射计(SSR)包含位于SSR的收集路径中的超光谱成像系统。超光谱成像系统包含多个光谱仪,其各自经配置以从与晶片表面共轭的场图像的空间上不同的区域收集光。以此方式,每个光谱仪执行从测量点的空间上不同的区域收集的光的光谱分析。基于测量到的光谱的分析,计算系统130确定与测量点的期望区相关联的经收集光谱信号的子集。与期望区相关联的光谱信号被整合到与测量到的点相关联的复合光谱反射测量法信号中。

[0079] 图4描绘示范性晶片处理系统400,其用于基于安置在晶片上的半导体结构的选择性光谱反射测量法测量,执行蚀刻工艺的原位监测。使用相同参考标号指示图4中展示的与图1中所描绘的度量衡系统100类似地配置的元件。如图4中所描绘,SSR 401包含位于收集光束路径中的超光谱成像系统123。

[0080] 在图4中所描绘的实施例中,超光谱成像系统123包含光纤阵列127和光谱仪阵列128。光纤阵列127的每个光纤和光谱仪128阵列的相关联光谱仪为超光谱成像系统123的测量信道。光纤阵列127的入口位于与被测量晶片104表面共轭的场平面处或附近。在入口处,光纤阵列127包含单独的光纤的二维布置,每个光纤定位为从场图像的空间上不同的区域收集光。以此方式,每个光纤收集与测量点126的空间上不同的区域相关联的光。光纤阵列127的每个光纤光学连接到光谱仪128的阵列的不同光谱仪。在一个实施例中,光纤束127扁平化为光纤线,其沿光谱仪的长狭缝对准。由每个光纤收集的光被光谱仪128阵列的每个光谱仪分别地检测和光谱分析。以此方式,每个光谱仪执行从测量点的空间上不同的区域收集的光的光谱分析。与每个测量信道测量到的每个独特光谱相关联的信号(例如,信号142A到D)从超光谱成像系统123被传达到计算系统130。

[0081] 在进一步方面中,采用超光谱成像系统的SSR经配置以定义期望和非期望区,以用于光谱信号选择。如上文所描述,半导体晶片的哪个区域处于测量点126内基本上并不是先前已知的,且因此,期望分析测量点126的哪些部分和应忽略哪些部分基本上不是先前已知的。为解析这一问题,采用超光谱成像系统的SSR经配置以识别和选择与测量到的晶片的期

望区相关联的光谱信号。

[0082] 在图4中所描绘的实施例中,计算系统130从超光谱成像系统123接收光谱信号142A到D。如上文所描述,每个光谱信号与从测量点126的不同区域收集的光相关联。计算系统130将每个光谱信号与一或多个参考信号进行比较,来确定光谱信号是否与被测量晶片的期望区相关联。在一些实施例中,参考信号是先前已知的光谱信号,与被测量晶片的期望区相关联。举例来说,可能在测量工作程序建立期间定义参考信号集。在一些实施例中,计算系统130确定测量到的光谱与参考光谱之间的差。如果测量到的光谱与参考光谱之间的差超出预定阈值,那么测量光谱被视为来自晶片的非期望区,且出于进一步分析的目的被舍弃。如果测量到的光谱与参考光谱之间的差不超出预定阈值,那么测量光谱被视为来自晶片的期望区。在一些实施例中,计算系统130将与晶片的期望区相关联的测量到的光谱集成到测量点内,来产生指示测量到的晶片的期望区的光谱反射性的复合光谱信号。

[0083] 此外,计算系统130经配置以在制造工艺(例如,蚀刻工艺或离子植入工艺)期间使用与晶片的期望区相关联的光谱信号执行一系列反射性测量,同时忽略与非期望区相关联的光谱信号。

[0084] 在另一进一步方面中,SSR经配置以将照明光投射到半导体晶片表面上,遍及在期望的测量区域上扫描的线形区域。

[0085] 图10描绘由线形照明区域180照明的晶片104的一部分的图像的说明。如图10中所描绘,SSR的光学系统经配置以按速度 $V_{scan}$ 遍及期望测量区域扫描线形区域180。

[0086] 图9描绘适合于照明线扫描SSR系统的实施的光学系统的一个实施例。使用相同参考标号指示图9中展示的与图1中所描绘的度量衡系统100类似地配置的元件。如图9中所描绘,光学子系统包含镜面170到173。在描绘的实施例中,使用光导管111来将照明源产生的光再成形为线形,以及确定照明NA。照明场光阑113位于与晶片104表面共轭的场平面处的照明光纤124的出口处。使用照明场光阑113来微调照明视场。照明光从镜面170、172和173反射。在描绘的实施例中,镜面170为离轴抛物线镜面元件。镜面170同样为半反射镜,其充当将反射光朝向光谱仪129发射的光束分光器。返回图像与源相同,但光瞳倒置。在返回时,光束经过镜面170到达镜面173,其将返回光束聚焦到光谱仪129的线狭缝或光谱仪129的线形光纤束中。半反射镜经定位为使得光瞳被水平地切割。这保持对称性且减少畸变。

[0087] 镜面170为致动镜面元件。在一个实例中,镜面170被安装到基于电流计的致动系统上,其旋转镜面170以使得投射到晶片104上的线形照明以期望的速度沿期望方向跨越晶片的表面进行扫描。在此实施例中,因为跨越晶片表面扫描照明仅需要一个自由度,所以致动系统是一维的。如图9中所描绘,源狭缝的长轴与附图页面垂直对准。类似地,电流计的旋转轴线同样与附图页面垂直对准。

[0088] 因为停止表面(亦即,镜面170)位于曲面镜171聚焦平面处,所以图9中描绘的光学系统在晶片空间是远心的。镜面172定位为基于晶片处理系统的其它元件引入的物理约束来根据需要折叠光学路径。远心设计确保返回图像不随扫描位置移动。从而,静止光谱仪狭缝或光纤束可定位在返回路径中。

[0089] 在一些实施例中,光谱仪129为具有沿输入线形返回图像的长度解析的像素的摄谱仪。镜面170的扫描沿与线形返回图像垂直的扫描方向解析。在这些实施例中,如上文参照图4所描述,跨越光谱仪狭缝或与光纤束的每个光纤相关联的每个光谱仪被分别地光谱

分析。

[0090] 在另一进一步方面中,SSR经配置以将照明光投射到半导体晶片表面上,遍及以二维形式遍及期望的测量区域扫描的较小区域(亦即,点照明)。

[0091] 图11描绘由点形照明区域181照明的晶片104的一部分的图像的说明。如图11中所描绘,SSR的光学系统经配置以按二维形式,在一个方向上以速度 $V_{scan-x}$ ,和在另一方向上以速度 $V_{scan-y}$ ,遍及期望测量区域扫描线形区域181。

[0092] 在另一个实施例中,使用图9中描绘的光导管111来将照明源产生的光再成形为小点形。在一个实例中,镜面170被安装到基于电流计的致动系统上,其围绕两个正交轴旋转镜面170以使得投射到晶片104上的点形照明以期望的速度沿期望方向跨越晶片的表面进行扫描。在此实施例中,因为穿过晶片表面扫描照明需要两个自由度,所以致动系统是二维的。

[0093] 在一些实施例中,光谱仪129简单地在光谱仪狭缝或单个光纤上连续光谱分析入射光。每个光谱信号与晶片上的不同位置相关联。每个光谱信号被与参考信号比较,来确定是否应监测与每个光谱信号相关联的目标区域。在一些实施例中,将整个测量区域上的收集信号单独地与参考信号比较,且选择最佳地与参考信号匹配的与光谱信号相关联的目标区域,来在制造工艺期间进一步监测。

[0094] 在另一进一步方面中,SSR包含一维线形光谱仪阵列,且SSR的一或多个光学元件被配置成跨越与晶片表面共轭的场平面处的半导体晶片表面的二维图像,扫描光谱仪的一维阵列。类似于将照明光线扫描到被测量晶片上,还预期光学系统可经配置以在线形光谱仪狭缝上扫描从晶片上的测量点反射的光的二维图像,或反之亦然。

[0095] 在另一进一步方面中,SSR经配置以限制由光学路径遮蔽引入的衍射效应。在一些实施例中,通过“断开”经选择像素来控制入射到DMA 116上的衍射光。在一些其它实施例中,通过忽略晶片图像的与混杂了衍射光的像素相关联的光谱信号信道,控制入射到超光谱成像系统123上的衍射光。在一些其它实施例中变迹器元件(亦即,具有复杂传输图案的孔口)定位于光学路径中与遮蔽共轭的位置。变迹器元件经配置以阻挡由遮蔽引发的衍射光。在一个实例中,气体注入器系统108引入的气流在光学路径中引入遮蔽,其导致显著衍射。在一些实施例中,由气体注入器系统108的遮蔽引发的衍射光被映射到DMA 116的特定像素。这些像素被“断开”,来从SSR系统执行的光谱测量移除衍射光。在一些其它实施例中,由气体注入器系统108的遮蔽引发的衍射光被映射到超光谱成像系统123的特定信道。从这些信道收集的光被忽略,来从SSR系统执行的光谱测量移除衍射光。在一些其它实施例中变迹器元件(亦即,具有复杂传输图案的孔口)定位于光学路径中与气体注入器系统108共轭的位置。变迹器元件经配置以阻挡由气体注入器系统108的遮蔽引发的衍射光,且由此从SSR系统执行的光谱测量移除衍射光。

[0096] 在另一方面中,计算系统130进一步经配置以估计所关注的一或多个参数的值,所述参数至少部分地基于测量到的光谱信号表征所述被测量结构。在一些实施例中,这在底层制造工艺正在进行时发生。举例来说,在蚀刻工艺期间,复合光谱分析信号的连续监测允许更好地追踪或预测蚀刻速率、沟槽深度,预测期望的蚀刻停止时间等。可能使用多种计算方法达成光谱信号到晶片参数和蚀刻工艺参数估计的转换,包含基于模型的最小二乘拟合或最大似然估计,以及使用单个或多个腔室测量在工作程序创建期间训练的机器学习算



法,且通过覆盖更大工艺窗口和更宽范围的系统光学可变性的合成光谱补充。

[0097] 在一些实例中,测量模型作为Spectrashape®光学临界尺寸度量衡系统的一个元件实施,所述系统可从美国加利福尼亚州米比塔的美商科磊公司获得。以此方式,在系统收集光谱之后立即产生模型并且准备使用。

[0098] 在一些其它实例中,测量模型例如通过实施可从美国加利福尼亚州米比塔的美商科磊公司获得的AcuShape®软件的计算系统离线实施。所得训练模型可以作为AcuShape®函数库中的一个元素,可以由执行测量的度量衡系统访问。

[0099] 在另一进一步方面中,本文描述的测量结果可用于向工艺工具(例如,光刻工具、蚀刻工具、沉积工具等)提供活跃反馈。举例来说,可以将基于本文描述的测量方法确定的经测量参数值传达到光刻工具,来调整光刻系统以达成期望的输出。以类似方式,蚀刻参数(例如,蚀刻时间、扩散率等)或沉积参数(例如,时间、浓度等)可能包含在测量模型中,来各别地将活跃反馈提供到蚀刻工具或沉积工具。在某一实例中,可以将基于测量到的装置参数值和被训练后的测量模型确定的工艺参数的校正传达到光刻工具、蚀刻工具或沉积工具。

[0100] 在另一进一步方面中,可在单个晶片制造工艺工具上实施一或多个SSR系统,来同时在工艺期间测量整个晶片的结构。

[0101] 尽管在一些实施例中,忽略与不均匀区相关联的光谱信号,但在一些实施例中,可能需要分别地监测来自均匀区和不均匀区的光谱信号。在一些实施例中,可基于来自均匀区和不均匀区的光谱信号产生复合光谱信号。

[0102] 图12说明以至少一个新颖方面执行SSR测量的一种方法500。方法500适合于通过诸如在本发明的图1到4中各别地说明的度量衡系统100、200、300和400的度量衡系统实施。在一个态样中,应认识到,方法500的数据处理框可凭借被计算系统130的一或多个处理器或任何其它通用计算系统执行的预编程算法来实行。在此认识到,度量衡系统100、200、300和400的特定结构性方面不表示限制,并且应该仅被解释为说明性的。

[0103] 在框501中,将一定量的宽频带照明光提供到安置在被测量半导体晶片表面上的测量点。

[0104] 在框502中,成像测量点。

[0105] 在框503中,从经成像测量点的一部分中选择光用于光谱分析。

[0106] 在框504中,基于经选择的光产生复合光谱反射性信号。

[0107] 在另一实施例中,系统100、200、300和400包含一或多个计算系统130,其用于基于根据本文所描述的方法收集的光谱分析测量数据执行半导体结构的测量。一或多个计算系统130可能通信地连接到一或多个光谱仪、动态镜面阵列、活跃光学元件等。在一个态样中,一或多个计算系统130被配置成接收与晶片104的结构的光谱测量相关联的测量数据。

[0108] 应认识到,贯穿本公开描述的一或多个步骤可通过单个计算机系统130,或替代地,多个计算机系统130来实行。此外,系统100、200、300和400的不同子系统可能包含适合于实现本文描述的步骤的至少一部分的计算机系统。因此,前述描述不应解释为本发明的限制,而是仅为说明。

[0109] 此外,计算机系统130可能以所属领域中已知的任何方式通信地连接到光谱仪。举例来说,一或多个计算系统130可能耦合到与光谱仪相关联的计算系统上。在另一实例中,



可通过耦合到计算机系统130的单个计算机系统直接控制光谱仪。

[0110] 度量衡系统100、200、300和400的计算机系统130可经配置以通过可包含电缆和/或无线部分的发射媒体从系统的子系统(例如光谱仪等等)中接收和/或获取数据或信息。以此方式,发射媒体可能充当系统100、200、300和400的计算机系统130与其它子系统之间的数据链路。

[0111] 度量衡系统100、200、300和400的计算机系统130可经配置以通过可能包含电缆和/或无线部分的发射媒体从其它系统接收和/或获取数据或信息(例如,测量结果、建模输入、建模结果、参考测量结果等)。以此方式,发射媒体可能充当计算机系统130与其它系统(例如,存储器机载度量衡系统100、200、300和400、外部存储器或其它外部系统)之间的数据链路。举例来说,计算系统130可经配置以凭借数据链路从存储媒体(亦即,存储器132或外部存储器)接收测量数据。举例来说,使用本文描述的光谱仪获取的光谱结果可能存储在永久或半永久存储器装置上(例如,存储器132或外部存储器)。就此而言,可从机载存储器中或从外部存储器系统中导入光谱结果。此外,计算机系统130可能凭借发射媒体将数据发送到其它系统。举例来说,计算机系统130确定的测量模型或估计参数值可能传达到且存储在外部存储器中。就此而言,可将测量结果导出到另一系统。

[0112] 计算系统130可包含(但不限于)个人计算机系统、主计算机系统、工作站、图像计算机、平行处理器或所属领域中已知的任何其它装置。一般来说,术语“计算系统”可大致定义来涵盖具有一或多个处理器的任何装置,所述处理器执行来自存储媒体的指令。

[0113] 可经由发射媒体,例如电线、电缆或无线传输链路发射执行例如本文中所描述的那些的方法的程序指令134。举例来说,如图1中所说明,经由总线133将存储在存储器132中的程序指令134发射到处理器131。程序指令134被存储在计算机可读媒体(例如,存储器132)中。示范性计算机可读媒体包含只读存储器、随机存取存储器、磁碟或光碟或磁带。

[0114] 如本文所描述,术语“临界尺寸”包含结构的任何临界尺寸(例如底部临界尺寸、中部临界尺寸、顶部临界尺寸、侧壁角、光栅高度等),任何两种或超过两种结构之间的临界尺寸(例如两个结构之间的距离),以及两种或超过两种结构之间的移位(例如重叠光栅结构之间的重叠移位等)。结构可包含三维结构、图案化结构、重叠结构等。

[0115] 如本文所描述,术语“临界尺寸应用”或“临界尺寸测量应用”包含任何临界尺寸测量。

[0116] 如本文中所描述,术语“度量衡系统”包含至少部分用于在任何方面表征样本的任何系统,包含诸如临界尺寸度量衡、重叠度量衡、聚焦/剂量度量衡和组成度量衡的测量应用。然而,技术的此类术语并不限制如本文所描述的术语“度量衡系统”的范围。此外,度量衡系统100可经配置以用于测量经图案化晶片和/或未经图案化晶片。度量衡系统可能配置为LED检测工具、边缘检测工具、背面检测工具、巨型检测工具或多模式检测工具(包含同时来自一或多个平台的数据),以及受益于基于临界尺寸数据的系统参数校准的任何其它度量衡或检测工具。

[0117] 本文中描述了用于半导体测量系统的各种实施例,其可以用于测量任何半导体处理工具(例如,检测系统或光刻系统)内的样本。术语“样本”在本文中用以指晶片、光罩或可能通过所属领域中已知的部件处理(例如,印刷或检测缺陷)的任何其它样品。

[0118] 如本文所使用,术语“晶片”通常是指由半导体或非半导体材料形成的衬底。实例

包含但不限于单晶硅、砷化镓及磷化铟。此类衬底可通常发现和/或处理于半导体制造设备中。在一些情况下,晶片可仅包含衬底(即,裸晶片)。可替代地,晶片可包含形成在衬底上的不同材料的一或多个层。形成于晶片上的一或多个层可以是“图案化的”或“未图案化的”。举例来说,晶片可包含多个具有可复验图案特征的裸片。

[0119] “光罩”可以是处于光罩制造工艺的任意阶段的光罩或完成的光罩,所述完成的光罩可以或不释放用于半导体制造设备。光罩或“掩模”通常定义为大体上透明的衬底,所述衬底具有形成于其上的大体上不透光区且配置呈图案形式。衬底可以包含例如玻璃材料,例如非晶形SiO<sub>2</sub>。光罩可在光刻工艺的暴露步骤期间安置于抗蚀剂覆盖晶片上方使得可将光罩上的图案转印到抗蚀剂。

[0120] 形成于晶片上的一或多个层可以是图案化的或未图案化的。举例来说,晶片可包含多个各自具有可复验图案特征的裸片。此类材料层的形成和处理可最终产生完成的装置。多种不同类型装置可形成于晶片上,且如本文中所使用的术语晶片希望涵盖其上制造有所属领域中已知的任何类型的装置的晶片。

[0121] 在一或多个示范性实施例中,所描述的功能可实施在硬件、软件、固件或其任何组合中。如果以软件实施,那么可将功能作为一或多个指令或代码存储在计算机可读媒体上或经由计算机可读媒体传输。计算机可读媒体包含计算机存储媒体与通信媒体两者,通信媒体包含便于将计算机程序从一处传递到另一处的任何媒体。存储媒体可以是可由通用或专用计算机接入的任何可用媒体。借助于实例而非限制,此类计算机可读媒体可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其它光盘存储装置、磁盘存储装置或其它磁性存储装置,或可用于承载或存储呈指令或数据结构形式的所期望的程序代码装置且可由通用或专用计算机或通用或专用处理器接入的任何其它媒体。并且,适当地将任何连接称作计算机可读媒体。举例来说,如果使用同轴缆线、光纤缆线、双绞线、数字订户线(digital subscriber line;DSL)或例如红外线、无线电和微波等无线技术从网站、服务器或其它远程源发射软件,那么所述同轴缆线、光纤缆线、双绞线、DSL或例如红外线、无线电和微波等无线技术包含在媒体的定义中。如本文所使用的磁盘及光盘包含压缩光盘(compact disc;CD)、激光光盘、光学光盘、数字多功能光盘(digital versatile disc;DVD)、软磁盘及蓝光光盘,其中磁盘通常是以磁性方式再现数据,而光盘是用激光以光学方式再现数据。以上各项的组合也应包含于计算机可读媒体的范围内。

[0122] 尽管某些具体实施例上文描述是用于指导性目的,但这一专利文献的教示具有一般适用性且不限于上文所描述的具体实施例。因此,所描述实施例的各个特征的各种修改、调适及组合可在不脱离本发明的范围的情况下如权利要求中所阐述来实践。

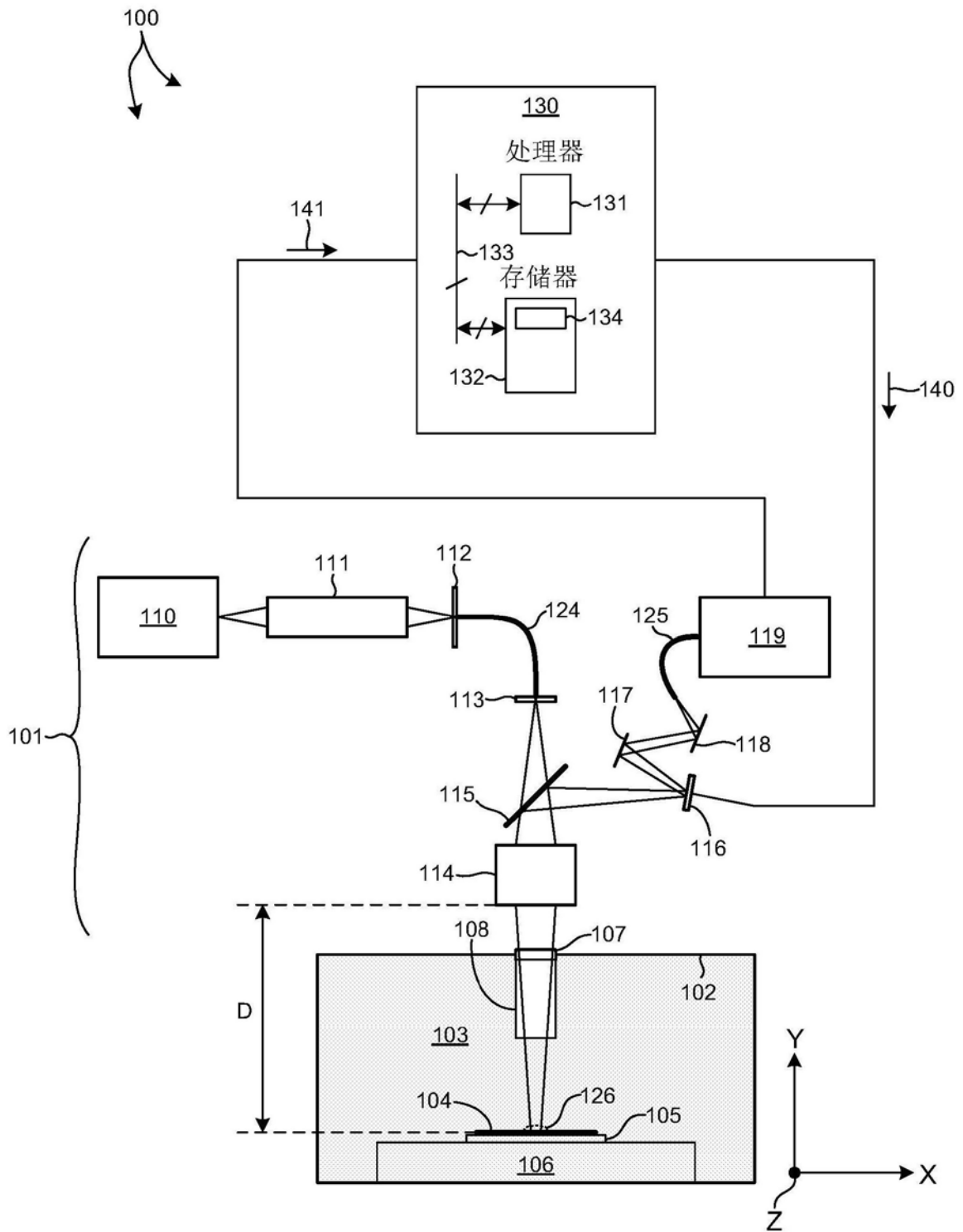


图1

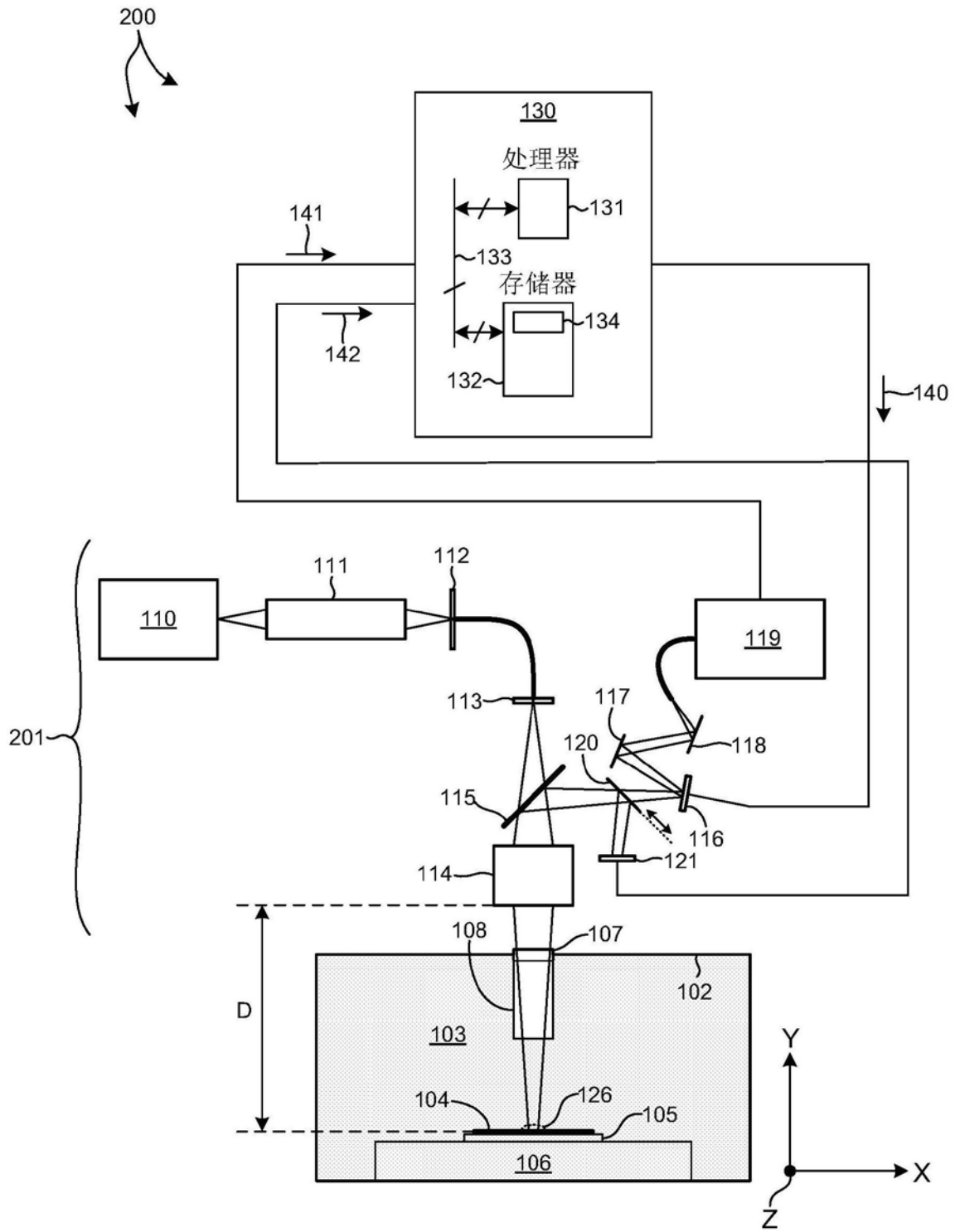


图2

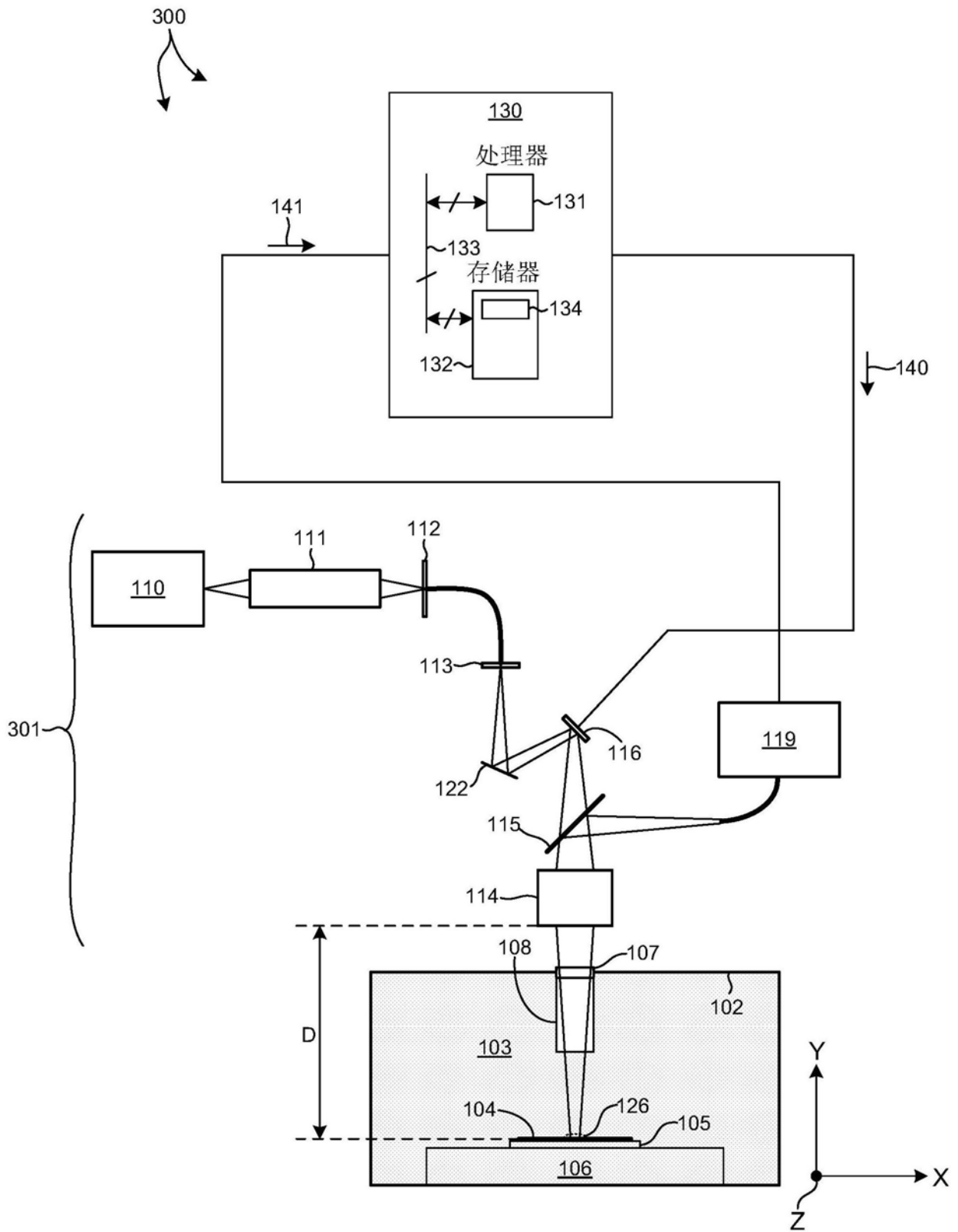


图3

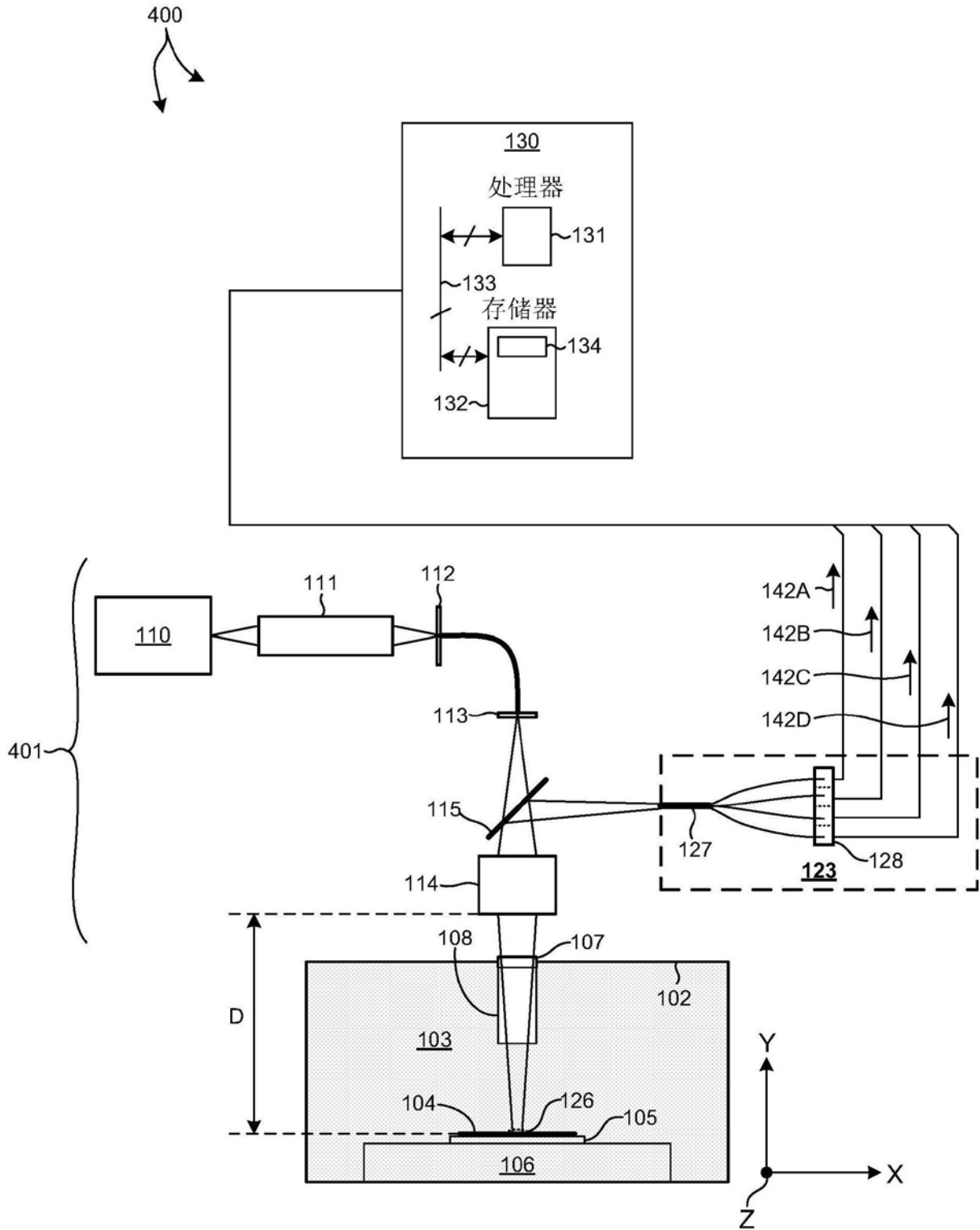


图4

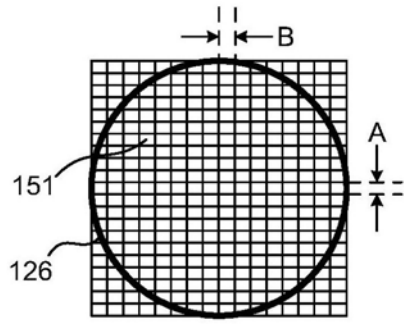


图5

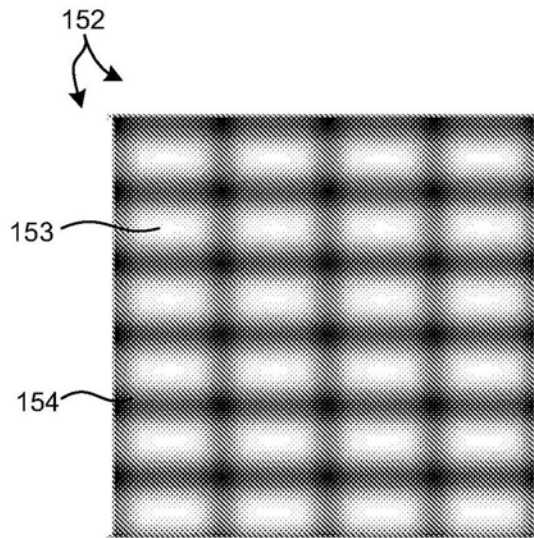


图6

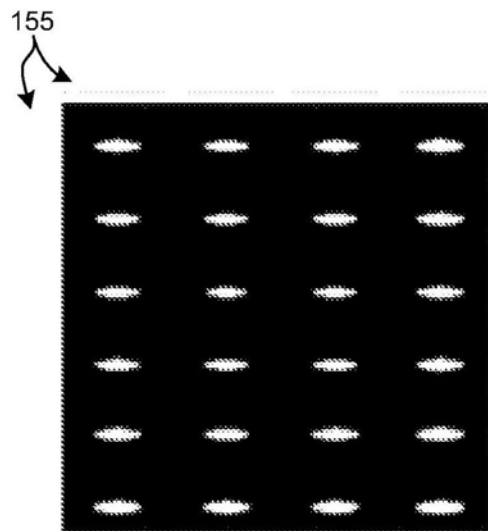


图7

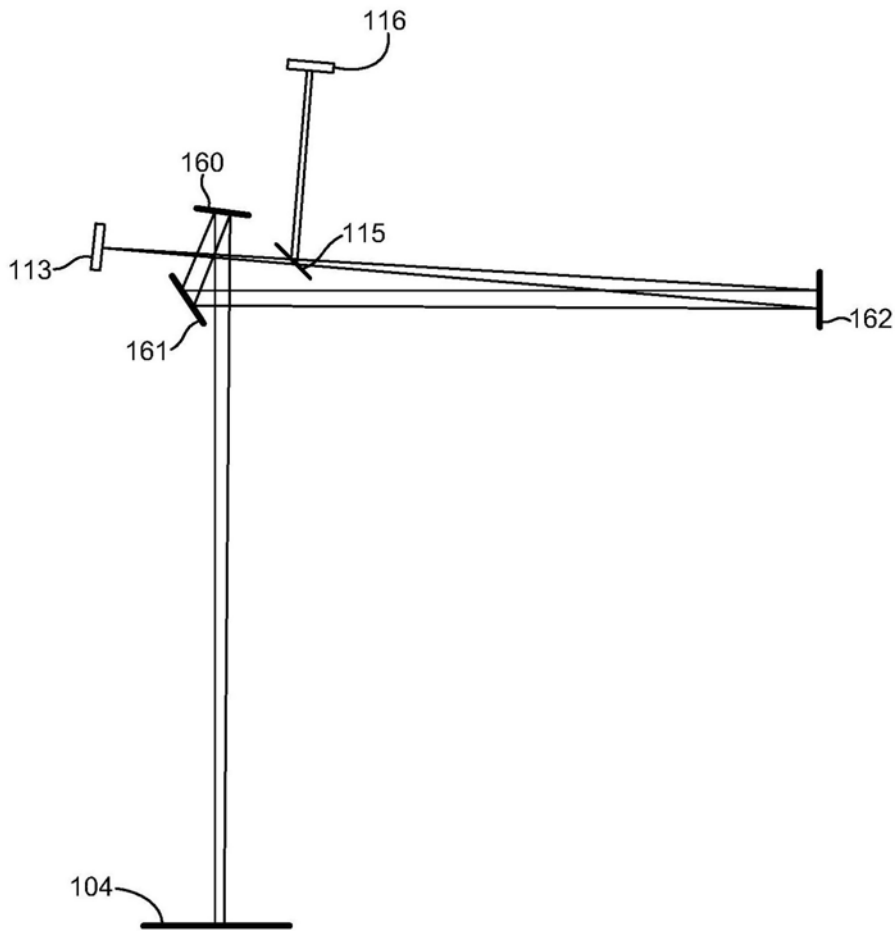


图8



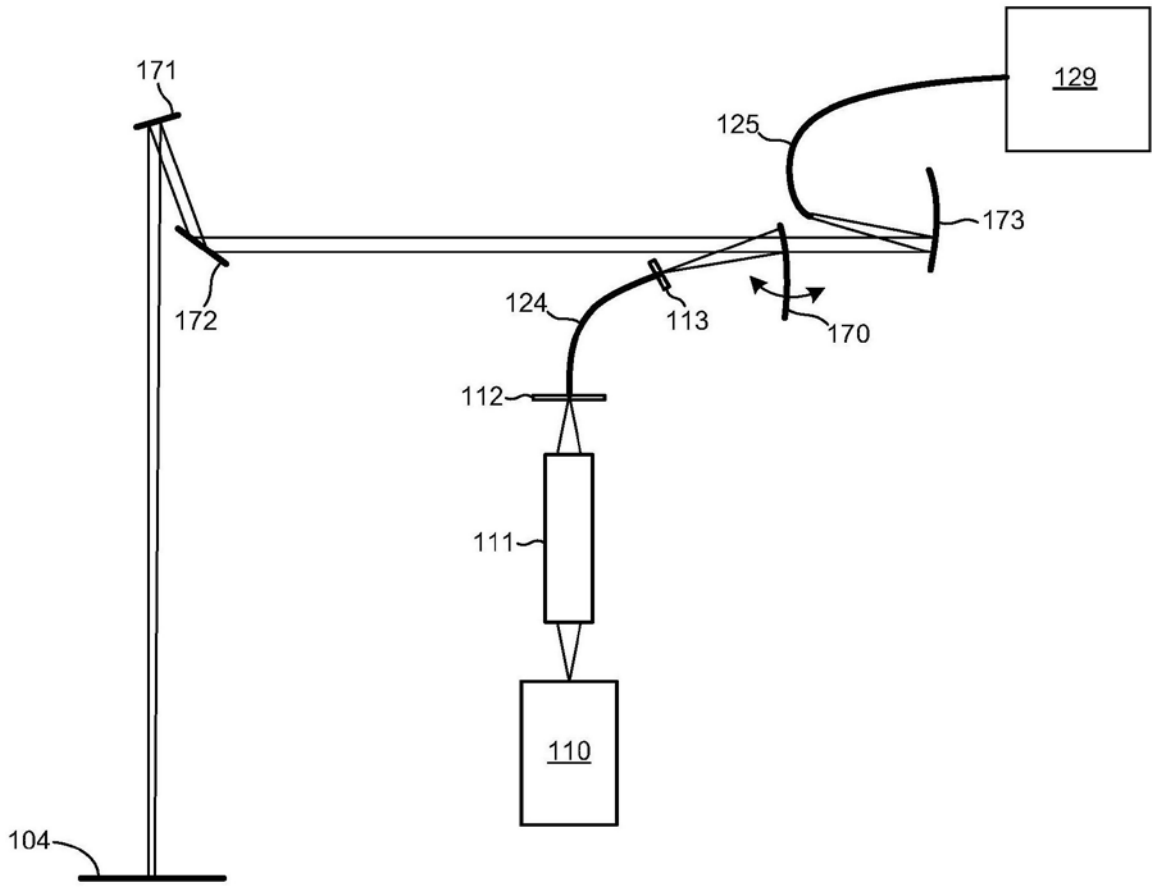


图9

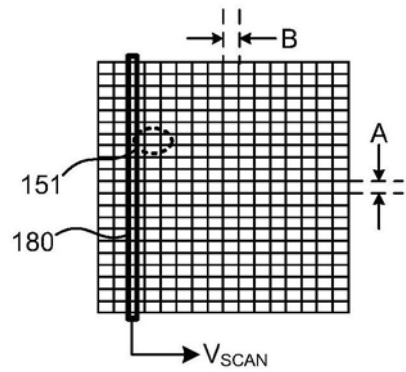


图10

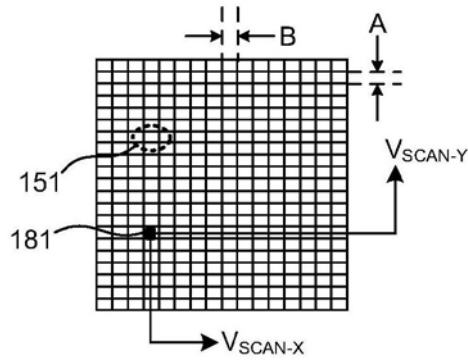


图11

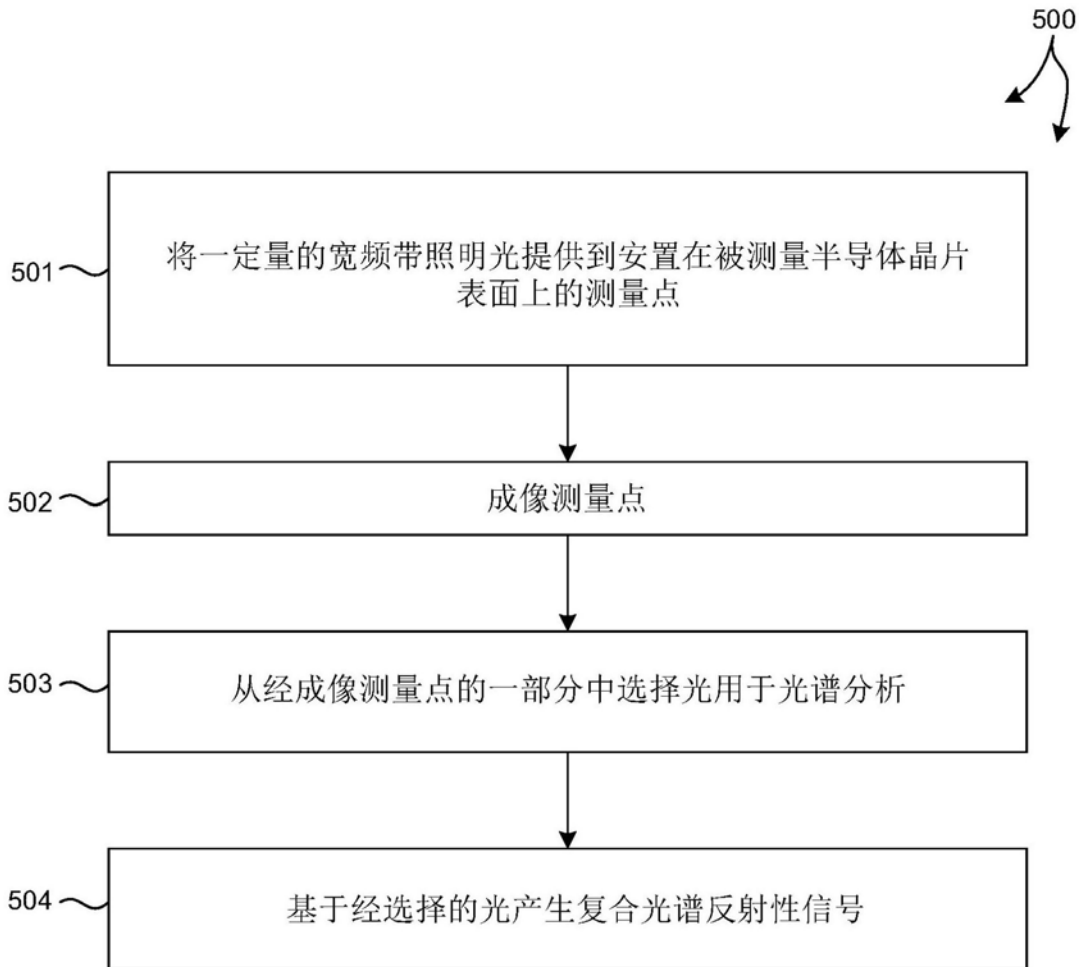


图12