



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104583712 B

(45)授权公告日 2017.12.01

(21)申请号 201380043900.8

(22)申请日 2013.08.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104583712 A

(43)申请公布日 2015.04.29

(30)优先权数据

61/683,215 2012.08.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.02.16

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IL2013/050697 2013.08.15

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/027354 EN 2014.02.20

(73)专利权人 诺威量测设备股份有限公司

地址 以色列雷霍沃特

(72)发明人 尹戈尔·蒂罗韦斯

科尔内尔·博兹多格

达里奥·埃利亚斯

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51)Int.Cl.

G01B 11/24(2006.01)

G01N 21/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 1056162 A, 1991.11.13,

CN 1377457 A, 2002.10.30,

CN 1487577 A, 2004.04.07,

US 2012008147 A1, 2012.01.12,

CN 1619769 A, 2005.05.25,

US 6764379 B2, 2004.07.20,

审查员 庞尔江

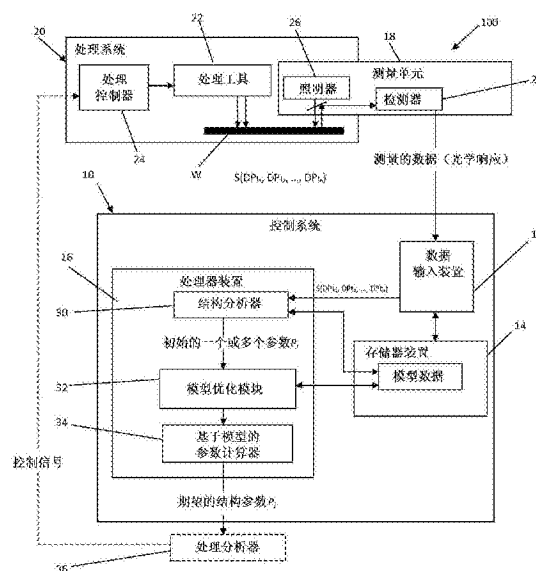
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

用于原位测量的光学计量

(57)摘要

提供了一种方法和系统,用于控制对具有不同的层状堆叠的区域的图案化结构施加的处理。该方法包括:顺次接收表示被处理的结构在预定的处理时间段期间的光学响应的测量数据,并且生成随着时间测量的数据块的对应序列;以及分析和处理数据块的序列并且确定结构的至少一个主要参数。分析和处理包括:处理数据块的所述序列的部分并且获得表示结构的一个或多个参数的数据;利用表示结构的所述一个或多个参数的所述数据,并且优化描述结构的光学响应与结构的一个或多个参数之间的关系的模型数据;利用优化的模型数据来处理所测量的数据块的序列的至少一部分,并且确定表征对结构施加的所述处理的结构的至少一个参数,并且生成表示结构的至少一个参数的数据。



1. 一种用于控制对具有不同的层状堆叠的区域的图案化的结构施加的处理的方法,所述方法包括:

(a) 顺次接收表示被处理的所述结构在预定的处理时间段期间的光学响应的测量数据,其中各光学响应由来自所述结构中的所述不同的层状堆叠的多个信号形成,并且生成随着时间测量的数据块的对应序列,其中各所述数据块对应于由来自所述不同的层状堆叠的所述多个信号形成的共同签名;

(b) 分析和处理所述数据块的所述序列并且确定所述结构的至少一个主要参数,其中,所述分析和处理包括:

i) 处理所述数据块的所述序列的部分并且获得表示所述结构的一个或多个参数的数据,

ii) 利用表示所述结构的一个或多个参数的所述数据,并且优化描述所述结构中的所述不同的层状堆叠的光学响应与所述结构的一个或多个参数之间的关系的模型数据;

iii) 利用优化的所述模型数据来处理所测量的数据块的序列的至少一部分,并且确定表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数,并且生成表示所述结构的至少一个参数的数据。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所获得的表示所述一个或多个参数的所述数据包括:关于所述结构的一个或多个次要参数的信息,所述一个或多个次要参数随着对所述结构施加的所述处理相对微弱且缓慢地变化。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所获得的表示所述一个或多个参数的所述数据包括:关于所述结构的一个或多个次要参数的信息,所述一个或多个次要参数基本上不受对所述结构施加的所述处理的影响。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所确定的表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数包括:随着对所述结构施加的所述处理相对强且快速变化的至少一个结构参数。

5. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,从中获得表示所述一个或多个参数的所述数据的所述数据块的序列的所述部分包括:与所述处理时间段的初始时间间隔对应的在前数据块,并且用于确定表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数而处理的所述序列的所述至少一部分包括:与所述处理时间段的后续时间间隔对应的所述数据块。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述在前数据块的所述处理包括:利用所述处理的施加期间关于所述结构的一个或多个参数的行为的数据,并且获得关于所述一个或多个参数中的每个在与一个或多个所述在前数据块对应的所述初始时间间隔内的一个或多个时间点的所述数据;并且生成模型优化数据。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述模型优化数据包括各个所述一个或多个参数的固定值。

8. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述模型优化数据包括各个所述一个或多个参数的值随时间变化的范围。

9. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,所确定的表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数包括:通过所述数据块的所述序列的部分的所述处理而

获得的所述数据所针对的所述结构的一个或多个参数中的至少一个参数。

10. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法, 其中, 表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数包括以下各项中的至少一个: 蚀刻深度、被沉积的材料的厚度以及在材料移除处理期间剩余材料的厚度。

11. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法, 其中, 通过所述数据块的所述序列的部分的所述处理而获得的所述数据所针对的所述一个或多个参数包括以下各项中的一个或多个: 侧壁角、凑整、堆叠中的至少一个层的厚度。

12. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法, 其中, 表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数的所述确定包括: 根据估计的所述光学响应的所述时间变化的线性度, 将所测量的数据块的序列的所述至少一部分分割成组。

13. 一种用于控制对具有不同的层状堆叠的区域的图案化的结构施加的所述处理的控制系统, 所述控制系统是计算机系统并且包括:

(a) 数据输入装置, 用于接收表示由所述处理在预定的处理时间段期间处理的所述结构的光学响应的测量数据, 其中各光学响应由来自所述结构中的所述不同的层状堆叠的多个信号形成, 并且生成随着时间测量的数据块的对应序列, 其中各所述数据块对应于由来自所述不同的层状堆叠的所述多个信号形成的共同签名;

(b) 处理装置, 被配置和操作用于分析和处理所述数据块的所述序列并且确定表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数, 其中, 所述处理装置包括:

i) 结构分析器, 被配置和操作用于处理所述数据块的所述序列的部分并且获得表示所述结构的一个或多个参数的数据,

ii) 模型优化模块, 被配置和操作用于利用表示所述结构的一个或多个参数的所述数据, 并且生成用于优化描述所述结构中的所述不同的层状堆叠的光学响应与所述结构的一个或多个参数之间的关系的模型的模型优化数据;

iii) 基于模型的参数计算器, 被配置和操作用于利用优化的模型数据来处理所测量的数据块的序列的至少一部分, 并且确定表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数, 并且生成表示所述结构的至少一个参数的数据。

14. 根据权利要求13所述的控制系统, 其中, 所获得的表示所述一个或多个参数的所述数据包括: 关于所述结构的一个或多个次要参数的信息, 所述一个或多个次要参数随着对所述结构施加的所述处理相对微弱且缓慢地变化。

15. 根据权利要求13所述的控制系统, 其中, 所获得的表示所述一个或多个参数的所述数据包括: 关于所述结构的一个或多个次要参数的信息, 所述一个或多个次要参数基本上不受对所述结构施加的所述处理的影响。

16. 根据权利要求13或14所述的控制系统, 其中, 所确定的表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数包括: 随着对所述结构施加的所述处理相对强且快速变化的至少一个结构参数。

17. 根据权利要求13至15中任一项所述的控制系统, 其中, 从中获得表示所述一个或多个参数的数据的所述数据块的序列的所述部分包括: 与所述处理时间段的初始时间间隔对应的在前数据块, 并且用于确定表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数而处理的所述序列的所述至少一部分包括: 与所述处理时间段的后续时间间隔对应的所

述数据块。

18. 根据权利要求17所述的控制系统, 其中, 所述结构分析器被配置和操作用于利用所述处理的施加期间关于所述结构的一个或多个参数的行为的数据, 并且获得关于所述一个或多个参数中的每个在与一个或多个所述在前数据块对应的所述初始时间间隔内的一个或多个时间点的所述数据; 并且生成模型优化数据。

19. 根据权利要求18所述的控制系统, 其中, 所述模型优化模块生成包括各个所述一个或多个参数的固定值的所述模型优化数据。

20. 根据权利要求18所述的控制系统, 其中, 所述模型优化模块生成包括各个所述一个或多个参数的值随时间变化的范围的所述模型优化数据。

21. 根据权利要求13至15中任一项所述的控制系统, 其中, 所述基于模型的参数计算器被配置和操作用于: 根据估计的所述光学响应的时间变化的线性度, 将所测量的数据块的序列的所述至少一部分分割成组, 并且确定表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数。

22. 根据权利要求13到15中任一项所述的控制系统, 其中, 所述基于模型的参数计算器被配置用于与处理分析器模块进行数据通信, 所述处理分析器模块用于分析表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数并且识别要修改的所述处理的一个或多个对应参数。

23. 一种用于原位监控对具有不同的层状堆叠的区域的图案化的结构施加的处理的测量系统, 所述测量系统包括:

光学测量单元, 被配置为和操作用于在某个处理时间段 $t$ 期间对被处理的结构执行光学测量, 所述光学测量单元包括: 照明组件, 用于照明被处理的所述结构上的测量点以引起所述结构的光学响应, 各光学响应由来自所述结构中的所述不同的层状堆叠的多个信号形成; 以及检测组件, 所述检测组件用于随着所述处理时间段 $t$ 检测所述光学响应并且随着时间生成与所检测的光学响应对应的测量数据,

根据权利要求13到22中任一项所述的控制系统, 所述控制系统用于接收所述测量数据, 生成随着时间测量的数据块的对应序列, 以及处理所述序列并且确定表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数。

## 用于原位测量的光学计量

### 技术领域

[0001] 本发明一般是在光学测量技术领域,涉及一种用于原位测量被处理/制造的结构的光学方法和系统。本发明在半导体工业中尤其有用,用于控制在制造图案化结构(半导体晶片)中的各种处理。

### 背景技术

[0002] 通常,在图案化结构的生产领域中,众所周知,通过一个或多个集成(integrated,综合)、原位以及独立的光学测量技术,控制图案创作的工序(process,处理)。

[0003] 例如,转让给本申请的受让人的美国专利号6,764,379描述了使用集成技术并也描述了集成和原位技术的组合,用于监控在生产线上前进的基本上相同的物品的流的处理。首先,应用原位技术以在检测结束点信号时识别和结束处理,此处的后者与被处理的物品的某个参数的预定值对应。在响应于由在物品的处理期间连续操作的结束点检测器所生成的结束点信号来完成处理时,集成监控被施加到经处理的物品,以测量所述参数的值。分析期望参数的测量值,以确定将用于调整结束点信号的校正值,从而用于适当地结束在流中的下一个物品的处理。

### 发明内容

[0004] 在本领域中需要一种新方法,用于原位监控制造在结构内具有不同的层状堆叠的类型的图案化结构的过程。

[0005] 通常,与集成和独立的技术相比,原位测量的优点在于随着处理的进展在相同的结构上进行测量的可能性。这能够实时控制产品和处理参数,而几乎不中断处理,并且能够实时监测处理结束点并且控制处理参数。解释原位测量的数据是一项复杂的任务,并且所指定类型的常规技术不足够精确,这主要是因为原位测量受到无规律的环境特征、结构在处理/测量之下的机械运动等的影响。另外,原位光学测量不可避免地具有较低的空间分辨率,这是因为原位光学测量需要相对较大尺寸的测量点(measurement spot)。在具有不同层堆叠(layer stack)的图案化结构的情况下,使用这种大的点,造成测量点包括不同的堆叠的部分,例如,不同的图案。更具体而言,通常利用远远大于专门设计的划线测试结构(50x50微米)的点,进行原位光学(例如,光谱)测量。通常,在晶片表面上的点尺寸的直径大约为几毫米并且更高,即,也就是相当/比芯片尺寸大一些。在这种“大”点的情况下测量信号可以从在测量点中的所有特征中反射的信号的组合。换言之,原位光学测量具有取决于晶片图案的强信号。

[0006] 本发明提供了一种新技术,用于原位光学测量中。这种新技术基于发明人的理解,随着应用于结构的处理的进展,原位光学测量提供具有随着时间测量的一系列数据块的形式的数据。这一系列数据块提供结构的轮廓的时间变化的图。这能够实时建模结构轮廓,即,优化描述在结构轮廓与结构的光学响应之间的关系的模型。因此,可以根据原位光学信号(签名)的时间序列(例如,光谱、角分辨的、椭圆偏振仪参数、光谱椭圆偏振仪(SE)参

数等),从动态优化的模型中提取结构的轮廓参数。

[0007] 应理解的是,本发明的实时轮廓建模方法与常规的散射仪(光学临界尺寸OCD)建模的不同之处在于用于数据解释的轮廓定义和算法。本发明的实时轮廓建模技术可以利用在相同的图案化结构(晶片)上的任何一个或多个相关特征的标准OCD和/或其他测量结果,来微调实时轮廓的预测的准确度和定时,(使用预先测量或者将实时数据集系列分成可以通过不同的算法分析的子系列)用于当前运行和(使用后处理测量)用于下次运行两者。还应注意的是,多个光学检测器(相同或不同的类型)可以用于在结构上的相同点和/或在结构上的多个不同点的原位测量。

[0008] 本发明提供了一种专用技术来提高利用本发明的实时轮廓建模的测量的稳定性和鲁棒性。根据本发明,通过不同的方式使用几个测量的时间序列以允许跟踪处理,并且使用以与处理和建模一致的方式来连接该序列的约束。

[0009] 在一些实施方式中,本发明利用组合的测量时间序列。不是与在散射仪测量中通常做的那样将观看到的每个签名(例如,光谱)用作表示特定结构,而是本发明的实时轮廓建模方法基于在任何时间点(在该处理期间,实时)分析整个测量集,测量集是随时间从处理开始到当前时刻测量的数据块的序列。换言之,本发明的技术使用处理的历史,其中,所有已经测量的帧/信号(在前测量的数据块)可用于进行分析,并且在前测量的光谱的解释的整个结果序列始终用于趋势分析和预测。根据可获得的先前解释结果的整个序列,在每个时间点,建立预测模型,并且该预测模型用于自动估计下一个解释的开始点并且用于自动估计解释范围。此外,预测模型可以在这时间帧序列中触发在不同的搜索算法之间的切换,以便在实现稳定的解决方案时,允许更快速的收敛,或者根据预测,通过打开/关闭参数,减少浮动参数的数量。

[0010] 在某些其他实施方式中,本发明提供了利用多个原始数据信号的测量数据处理技术。该技术允许与处理(例如,蚀刻)相关的参数的时间导数的直接拟合。软件产品或用户可以定义可用于该目的的可变参数,例如,主要蚀刻参数,例如,在不同材料中的蚀刻速率。对于这些参数,先验信息还可以用作s起始点或预测(例如,平均的、已知的或者预期的蚀刻速率)。数据分析技术首先测试在前的拟合结果是否限定足够干净的预测趋势和/或与预期的趋势是否匹配。如果是这种情况,那么后续的测量光谱被分组拟合,使拟合参数随时间的导数作为拟合参数本身。可以仅仅为在这组中的部分光谱进行实际计算,并且在光谱的剩余部分中,沿着时间轴将结果内插。根据光学响应(光谱变化)在时间上的变化的估计线性度,在测量之下自动将表示结构的光学响应(例如,光谱)的测量数据块的时间序列分割成组。

[0011] 在一些实施方式中,本发明利用置信因数计算和用途。这个特征的目的在于,在测量时间序列中,为某个测量数据(光谱)提供解释结果的可信度的某个数量测度。根据在结果之间的差异以及用于拟合参数值的变化趋势,在时间上限定拟合结果的低置信。能够通过非常基本的方式实现这个特征,例如,计算在当前点与在前时间点的估计趋势的偏差之间的比率,尤其用于处理子步骤,其中,已知预期的趋势/处理。与估计趋势的标准偏差相比,该偏差越大,当前点的置信限度就越低。这个信息可以与趋势的估计整合,使得趋势比估计变得不清楚的情况更稳健。在线工作时,这特别相关,其中,不能在时间上解释所有信号。置信限度可以用于从趋势估计或预测模型中过滤某些点,以使其更稳健。

[0012] 因此,根据本发明的一个广泛的方面,提供一种用于控制对具有不同的层状堆叠

的区域的图案化结构施加的处理的方法,所述方法包括:

[0013] (a) 顺次接收在预定的处理时间段期间表示被处理的结构的 optical 响应的测量数据,并且生成随着时间测量的数据块的对应序列;

[0014] (b) 分析和处理所述数据块的序列并且确定所述结构的至少一个主要参数,其中,所述分析和处理包括:

[0015] i) 处理所述数据块的序列的部分并且获得表示所述结构的一个或多个参数的数据,

[0016] ii) 利用表示所述结构的所述一个或多个参数的所述数据,并且优化描述所述结构的 optical 响应与所述结构的一个或多个参数之间的关系的数据;

[0017] iii) 利用优化的所述模型数据来处理所测量的数据块的序列的至少一部分,并且确定表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的至少一个参数,并且生成表示所述结构的所述至少一个参数的数据。

[0018] 在一些实施方式中,所获得的表示所述一个或多个参数的所述数据包括:关于所述结构的一个或多个次要参数的信息,所述一个或多个次要参数随着对所述结构施加的所述处理相对微弱且缓慢地变化;和/或所述一个或多个次要参数基本上不受对所述结构施加的所述处理的影响。表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的所述至少一个确定的参数包括:随着对所述结构施加的所述处理相对强且快速变化的至少一个结构参数。

[0019] 次要参数是基本上不受到对结构施加的处理的影响的或者随着处理比较微弱且缓慢变化的参数,而主要参数随着该处理比较强烈地且快速地变化。

[0020] 从中获得表示所述一个或多个参数的所述数据的所述数据块的序列的所述部分包括:与所述处理时间段的初始时间间隔对应的在前数据块。用于确定表征对所述结构施加的所述处理的所述结构的所述至少一个参数而处理的所述序列的所述至少部分包括:与所述处理时间段的后续时间间隔对应的所述数据块。

[0021] 在一些实施方式中,所述在前数据块的所述处理包括:利用所述处理的施加期间关于所述结构的所述一个或多个参数的行为的数据,并且获得在与一个或多个所述在前数据块对应的所述初始时间间隔内的一个或多个时间点的关于所述一个或多个参数中的每个的所述数据;并且生成模型优化数据。所述模型优化数据包括各个所述一个或多个参数的固定值或者各个所述一个或多个参数的值随时间变化的固定范围。

[0022] 表征应用于结构的处理的至少一个参数可以包括以下中的至少一个:蚀刻深度、被沉积的材料厚度、以及在材料移除处理期间剩余材料的厚度。在处理初始数据块时获得数据所用于的所述一个或多个参数可以包括以下中的至少一个:侧壁角、凑整、堆叠中的至少一个层(例如,底层)的厚度。

[0023] 在一些实施方式中,表征应用于结构的处理的结构的至少一个参数的所述确定包括:根据 optical 响应的随时间变化的估计线性度,将所测量的数据块的序列的至少一部分分割成组。

[0024] 根据本发明的另一个广泛的方面,提供了一种控制系统,用于控制应用于图案化结构的处理。该控制系统是计算机系统并且包括:

[0025] 数据输入装置(utility,设施),用于接收表示由所述处理在预定的处理时间段期间处理的结构的 optical 响应的测量数据,并且生成随着时间测量的数据块的对应序列;

[0026] 处理装置,被配置为和可操作于分析和处理数据块的序列并且确定表征应用于结构的处理的所述结构的至少一个主要参数,其中,所述处理装置包括:

[0027] 结构分析器,被配置为和可操作于处理数据块的所述序列的一部分并且获得表示所述结构的一个或多个参数的数据;

[0028] 模型优化模块,被配置为和可操作于利用表示所述结构的所述一个或多个参数的所述数据,并且生成模型优化数据,用于优化描述所述结构的光学响应与所述结构的参数之间的关系模型;

[0029] 基于模型的参数计算器,被配置为和可操作于利用优化的模型数据来处理所测量的数据块的序列的至少一部分,并且确定表征应用于所述结构中所述处理的结构的至少一个参数,并且生成表示所述参数的数据。

[0030] 在本发明的更进一步的方面,提供了一种用于原位监控对具有不同的层状堆叠的区域的图案化结构施加的处理的测量系统,其中,所述测量系统包括:光学测量单元,被配置为和可操作于在某个处理时间段 $t$ 期间对正处理的结构执行光学测量;以及上述控制系统,用于接收测量数据,生成随着时间测量的数据块的对应序列,处理所述序列,并且确定表征应用于结构中的处理的结构的至少一个参数。光学测量单元包括:照明组件,用于照明被处理的结构上的测量点以引起结构的光学响应;以及检测组件,用于在所述处理时间段 $t$ 检测光学响应并且生成与随着时间检测的光学响应对应的测量数据。

## 附图说明

[0031] 为了更好地理解在本文中公开的主题,并且举例说明如何在实践中实施,现在将参照附图,仅仅通过非限制性示例的方式来描述实施方式,其中:

[0032] 图1示出了用于控制图案化结构的制造过程的本发明的系统的主要功能部件的方框图;以及

[0033] 图2示出了在处理应用于图案化结构期间用于处理原位测量的数据的本发明的方法的实施例的流程图。

## 具体实施方式

[0034] 本发明提供了一种新颖的方法和系统,用于在具有不同的层状堆栈的区域的类型的图案化结构(例如,半导体晶片)的制造中进行处理控制。

[0035] 参照图1,通过方框图,示出了控制系统,该控制系统通常表示为10,根据本发明被配置为并且可操作于在处理(例如,蚀刻或抛光)之下处理从图案化结构中获得的光学测量数据。控制系统10通常是计算机系统,该系统尤其具有如数据输入装置12、存储器装置14以及数据处理和分析装置16等这种模块/装置(软件和/或硬件)。

[0036] 如图中所示,控制系统10是测量系统100的一部分,并且与光学测量单元18以及还可能与处理系统20相关联(通过有线或无线信号传输可与其连接)。这种测量单元和处理系统的构造和运行本身已知,并且不形成本发明的一部分,因此,除了要注意以下内容以外,不需要特别描述:结构 $W$ 通过处理工具22进行某些处理(例如,蚀刻),由处理控制器24控制处理工具的操作。测量单元18被配置为并且可操作于在图案化结构上进行原位光学测量,例如,在生产线上前进的半导体晶片 $W$ 。为此,测量单元18包括合适的照明和检测组件26



和28。这些组件可以具有任何合适的配置,可操作在黑暗和/或明视场检测模式。光学测量单元18将光学测量(例如,光谱测定测量)应用于在某个处理时间段 $t$ 中正被处理的结构 $W$ 。

[0037] 虽然未特别显示,但是应注意的是,测量单元18可以被配置为另外执行集成测量,可以使用相同或不同的照明和/或检测组件,来进行这些集成测量。集成测量的原理本身已知并且不需要进行详细说明。

[0038] 为了本发明的目的,集成测量可能另外用于提供关于结构的一个或多个参数的数据。例如,这些数据可以是基本上不受处理的影响的结构参数。

[0039] 如下面进一步更具体地所述,在本发明的一些实施方式中,次要参数可以在测量数据处理的初始阶段确定,然后,用于确定表征要被控制的一个或多个处理参数的结构的一个或多个期望的参数。这些结构参数另外称为主要参数,这些参数随着应用于结构中的处理比较强烈并且快速地变化。在一些实施方式中,一个或多个次要参数的确定可以使用由集成测量系统测量的一个或多个参数。虽然未特别显示,但是还应注意的是,原位测量单元的检测组件以及集成测量单元(如果有的话)可以使用不同类型的多个(至少两个)检测器。

[0040] 例如,对于基本的光刻处理,一个或多个主要的与处理相关的结构参数(通常是一个或极少的几个)包括蚀刻深度、沉积的层的厚度以及在材料去除处理中剩余层的厚度等,这些参数实际上描述了原位处理。关于次要与处理相关的结构参数,可以(例如)包括侧壁角、凑整等,这些参数随着处理比较微弱并且缓慢地变化,或者实际上具有基本上“恒定的”轮廓,即,不随着处理变化的参数或者在某个明确定义的范围变化的参数,例如,可以在结构之间变化但是对于(仅仅由前面的处理步骤确定)每个结构相同的某些层(通常是底层)的厚度。

[0041] 返回图1,因此,检测器28的输出(例如,适当地格式化以便传输到控制系统10)是与在处理时间段 $t$ 的至少一部分的连续点/段 $t_1, t_2, \dots, t_n$ 执行的后续测量会话对应的数据块DP的序列 $S(DP_{t1}, DP_{t2}, \dots, DP_{tn})$ 的形式。每个这种测量数据块表示在处理时间段的各个时间点/段(测量点)在其上的照明点内的结构的光学响应。

[0042] 在一些实施方式中,控制系统10可以利用在初始测量会话期间可以先验了解和/或获得的某个与处理相关的数据和/或与结构相关的数据,并且这些数据可以储存在存储器装置14内。某些模型数据也储存在存储器14内,包括一个或多个模型。这些模型描述了在结构的光学响应与结构的一个或多个参数之间的关系。模型数据用于解释测量数据,以便能够确定各种结构参数。在至少一部分处理时间段期间的一个或多个结构参数的变化/轮廓表示要控制的一个或多个处理参数。

[0043] 因此,随着时间与后续测量对应的测量数据依次由控制系统10的输入装置12接收,输入装置生成由处理装置16处理的数据块 $S(DP_{t1}, DP_{t2}, \dots, DP_{tn})$ 的对应序列。处理装置16包括结构分析器模块30,该模块被配置并且可操作用于分析所测量的数据块的序列,并且确定表示结构 $W$ 的一个或多个参数 $P_i$ 的数据。然后,处理装置16的用于优化模型数据的模型优化模块32使用所确定的数据。随着结构的加工以及其上的光学测量的进展,可以根据在前测量的数据块动态地优化模型数据,用于解释/分析后续测量的测量数据块。基于模型的参数计算器装置/模块34利用这样获得的优化的模型数据,来分析后续测量的数据块并且确定表征应用于结构中的处理的结构至少一个参数,并且生成表示这种至少一个期望的参数

的输出数据。

[0044] 期望的结构参数是表征应用于结构的处理的一个或多个可调/可控参数的参数,并且可以由处理分析器36用于生成处理工具的各个控制信号。处理分析器36可以是控制系统10的一部分,或者可以是处理系统的处理控制器的一部分,或者是在控制系统10与处理系统之间可互连的单独计算机系统;并且根据具体情况,处理分析器的软件应用程序可以适当地分布在控制系统与处理系统之间。

[0045] 在一些实施方式中,最初获得的关于结构的一个或多个参数 $P_i$ 的数据包括特定参数的初步估计(例如,值的范围),该数据用于优化模型,然后,使用优化的模型来分析后续的数据块从而确定相同参数的精确值 $P_j$ 。

[0046] 在一些其他实施方式中,初始参数 $P_i$ 是次要参数,与用于表征处理的主要结构相关的参数 $P_j$ 相比,这些次要参数是结构的恒定参数或者对应用于结构的处理不太敏感的参数。应理解的是,主要参数 $P_j$ 还可以包括一个或多个次要参数 $P_i$ 的值。

[0047] 参照图2,该图示例了用于监控应用于具有不同的层状堆叠的区域的这种图案化结构中的处理的本发明的方法的流程图200。首先,提供初始模型数据(步骤202),并且该数据储存在控制系统可访问的存储器装置内(例如,存储器装置是控制系统的一部分或者是通过通信网络可访问的单独存储设备的一部分)。如上所述,模型数据描述了在结构的光学响应(与所使用的光学测量的类型对应)与结构的参数之间的关系(函数),包括表征应用于结构的处理的那些参数。

[0048] 在处理时间段 $t$ 期间,当结构正被处理时,将测量连续地或定期地应用于结构。在处理时间段 $t$ 的至少一部分 $t_n$ 期间,在控制系统处依次接收测量数据,并且控制系统运算以动态生成测量数据块的序列 $S(DP_{t1}, DP_{t2}, \dots, DP_{tn})$ (步骤204)。通常,使用初始模型数据,分析测量的数据块的序列的一部分(初始部分),确定模型优化数据,并且生成优化模型(步骤206)。然后,优化模型用于分析后续数据块,并且确定结构的至少一个期望的参数(步骤208)。如上所述,模型优化可以包括“快速”确定(即,根据一个或几个初始数据块)结构的一个或多个参数,可以在该模型中固定这些参数的值。

[0049] 如在这个特定的而非限制性的实例中所示,模型数据优化阶段206也可以是动态过程,即,各个(或者定期采用)在前数据块的集/流用于确定一个或多个参数,用于优化模型数据(步骤206A),这样优化的模型数据用于从数据块的后续集/流中确定结构的一个或多个参数,并且这些参数能够进一步优化模型数据(步骤206B),诸如此类,如图中用虚线所示。模型数据的这种动态优化继续进行,直到获得最终优化的模型数据,允许足够精确地确定结构的至少一个期望的参数。

[0050] 更具体而言,数据块的序列的与初始/在前时间间隔 $t_k < t_n$ 对应的初始/在前部分 $S_k$ 的分析用于获得关于结构的一个或多个参数的初始/在前数据(例如,确定一个或多个次要参数),下面进一步进行描述。关于一个或多个参数的这种初始/在前数据(例如,次要参数的值或值的范围)用于优化模型数据(步骤206A,步骤206B)。例如,在模型中“固定”次要参数的值或值的范围。

[0051] 在后续测量会话期间,在控制系统继续接收测量的数据块,并且由控制系统使用优化的模型数据来分析,从而确定表征结构的处理的结构参数 $P_j$ (例如,主要参数)的值(步骤208)。如上所述,表征处理的这部分结构参数(例如,至少一个这种参数)可以进一步用于

动态优化模型,然后,优化的模型用于更精确地确定结构的其他参数或者确定相同参数的值。所确定的结构参数可以用于估计/分析影响这种主要结构参数(可选的步骤210)的一个或多个处理参数,并且为处理系统生成相应的控制信号。

[0052] 具有几种选择,用于分析数据块的初始序列并且将结果用于模型数据优化并且估计/确定表征结构的该结构的至少一个参数。在处理序列拟合期间,将这种参数属性用作次要和主要参数(或最初和后续确定的参数)与从处理的开始到允许系统优化的当前时刻执行的整个测量集一起起作用。

[0053] 对于所有“恒定的”次要参数,处理装置根据需要使用多个点来找出合适的值并且在测量序列中尽可能早地固定这个值。对于所有“非固定,而是弱变量”次要参数,处理算法可以在整个处理中有小幅的一致变化,或者甚至可能将局部(在时间上)处理序列步骤假定为常数。对于主要参数,处理算法可以根据“已知的”平均处理率(例如,蚀刻率、或材料去除率、或材料沉积率)假定随时间的预期行为,并且可以将局部(在时间上)处理序列步骤假定为相似的性能(具有相同功能的局部线性化或非线性化相关性)。

[0054] 为用于计算预期的返回信号(光学响应)的所有图案(堆叠),作出轮廓参数的类似定义。通过灵活的与处理相关的方式,连接不同堆叠的参数。从多个堆叠(stack)中计算的光学响应或签名(光谱)可以用于解释堆叠的相对重量以及在测量点中的堆叠的布置的精细几何定义。此外,在计算时考虑入射光(光学系统)的特征。

[0055] 测量单元可以利用标准的OCD和/或其他测量结果(包括相同/不同的原位检测器)。

[0056] 在一些实施方式中,本发明的控制系统利用初步测量的外部注入来确定结构的一个或多个参数。例如,如上所述,不随着处理变化的次要“恒定的”参数需要确定其值并且尽可能早地固定(在处理开始之前或者在该处理的第一初始部分期间)。为此,如上所述,可以由另一个原位传感器在相同的或另一个处理室内和/或使用集成计量和/或任何独立的工具在处理室外面,进行初步测量,以确定相关的结构和/或处理参数(所有或至少一些轮廓参数,包括沉积层的厚度),用于进行原位测量。这些值可以注入模型(“恒定”的轮廓参数)内,和/或用作解释的起始点(主要和次要处理参数)。可以在晶片上的所有相关的地点,进行测量,并且仅仅注入相关的信息。在转让给本申请的受让人的美国专利号6,764,379中,公开了可用于本发明的技术(例如,基于零阶垂直入射分光光度计)中的包括原位(结束点)和集成计量子系统的组合式系统的实例。因此,该文档的这些具体实例并入本文中,以作参考。

[0057] 在一些实施方式中,本发明的控制系统利用光谱信息的外部注入初步测量。更具体而言,从在测量点内的不同堆叠中返回(例如,反射)的信号组合成原位共同签名(例如,反射光谱)。在位于晶片上的精确位置处,提供10-50微米的较小光点的测量的集成和/或独立的系统(例如,从Nova Measuring Instruments公司可购买到)可以测量这些不同堆叠中的每个。通过从这个信号中去除来自晶片中的难以建模的非周期性结构/模式的反射,可以注入这些精确的初步测量,并且这些测量用于“修改”测量的原位信号。非周期性模式的影响的这种去除允许更好地聚合用于存储器芯片内阵列的结束点的测量的处理。

[0058] 在一些实施方式中,本发明的控制系统使用轮廓参数的后处理的外部注入。更具体而言,除了初步测量信息以外,如果需要的话,那么还可以使用后处理数据,来调整解决

方案的某些参数或者重新计算数据处理算法使用的某些默认因素和假设。这些值可以注入模型内(“恒定的”轮廓参数)和/或用作解释的起始点。

[0059] 在一些实施方式中,可以使用轮廓参数的内部注入。在大部分现代处理中,多个步骤用于在相同的腔室内生成所需要的结果。原位监控整个处理,可以包含所有这些步骤或者步骤的任何子集。可能的情况时,不是使用多个配方代替单个配方(recipe)的所有步骤,而是针对某个工序优化每个配方。在这种情况下,在该序列中的每个在前的配方可以将所有相关的参数注入下一个配方中。将这些值注入模型内(“恒定的”轮廓参数)和/或用作解释的起始点(主要和次要处理参数)。

[0060] 如上所述,测量单元可以使用多个照明/检测单元或与相同的照明组件相关联的多个检测器,从而允许并行(同时)处理多个检测器的信息。如果原位使用额外的检测器,那么这些检测器的信息可以实时用于提高预测结果,作为关于该处理的相关信息的注入,并且作为可以共同用于起作用的额外信号。如果在晶片上的不同位置上“查看”多个检测器,那么在晶片上,可以通过该处理确定和控制签名(光学响应)。这对于晶片位置在该处理期间相对于检测器改变的处理尤其重要。这种处理的一个实例是化学机械平坦化(CMP),其中,晶片在固定的检测器之上移动。关于晶片相对于检测器的位置以及多个检测器的信息的同时解释的信息一起允许控制CMP速率和晶片均匀性。

[0061] 不同检测器的信息和/或与处理相关的参数(例如,等离子体/气体/合成物/等的变化)可以并入数据处理算法内,以允许具有最佳收敛。一个特定的实例是有效环境(无论是等离子体气体还是产品蚀刻剂)的变化对所测量的光谱的影响,其中,对于一些处理步骤,如果不影响所报告的几何轮廓参数的精度,那么测量的有效环境就不能接近真空。在这种情况下,需要精确地(光学地)描述周围环境。这种周围环境可能取决于工具/处理/晶片堆/气体/等离子/等参数,并且从处理工具中接收这种详细的瞬时信息,可以帮助选择正确的环境模型,用于瞬时模型表示和精确的轮廓测量。

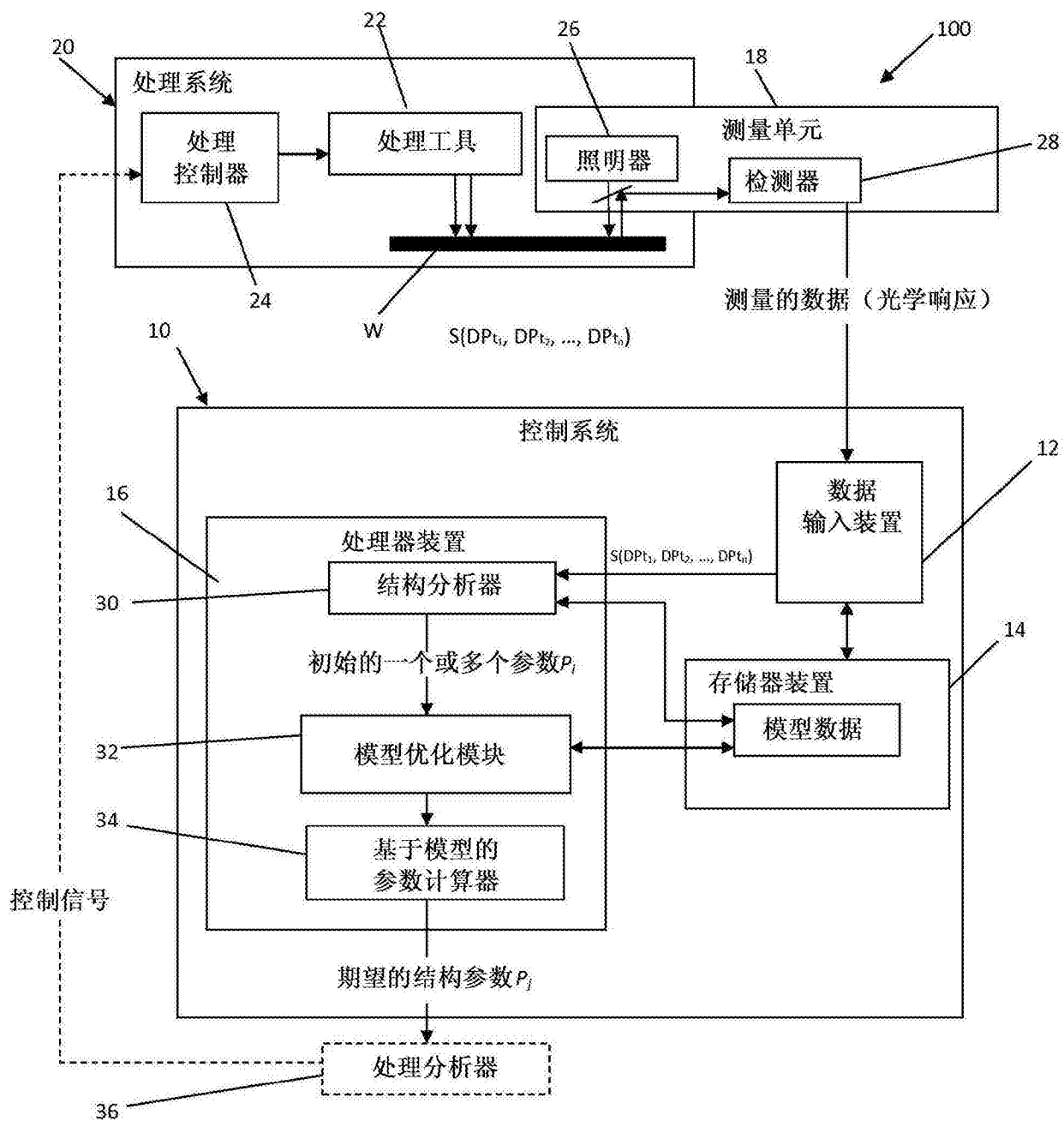


图1

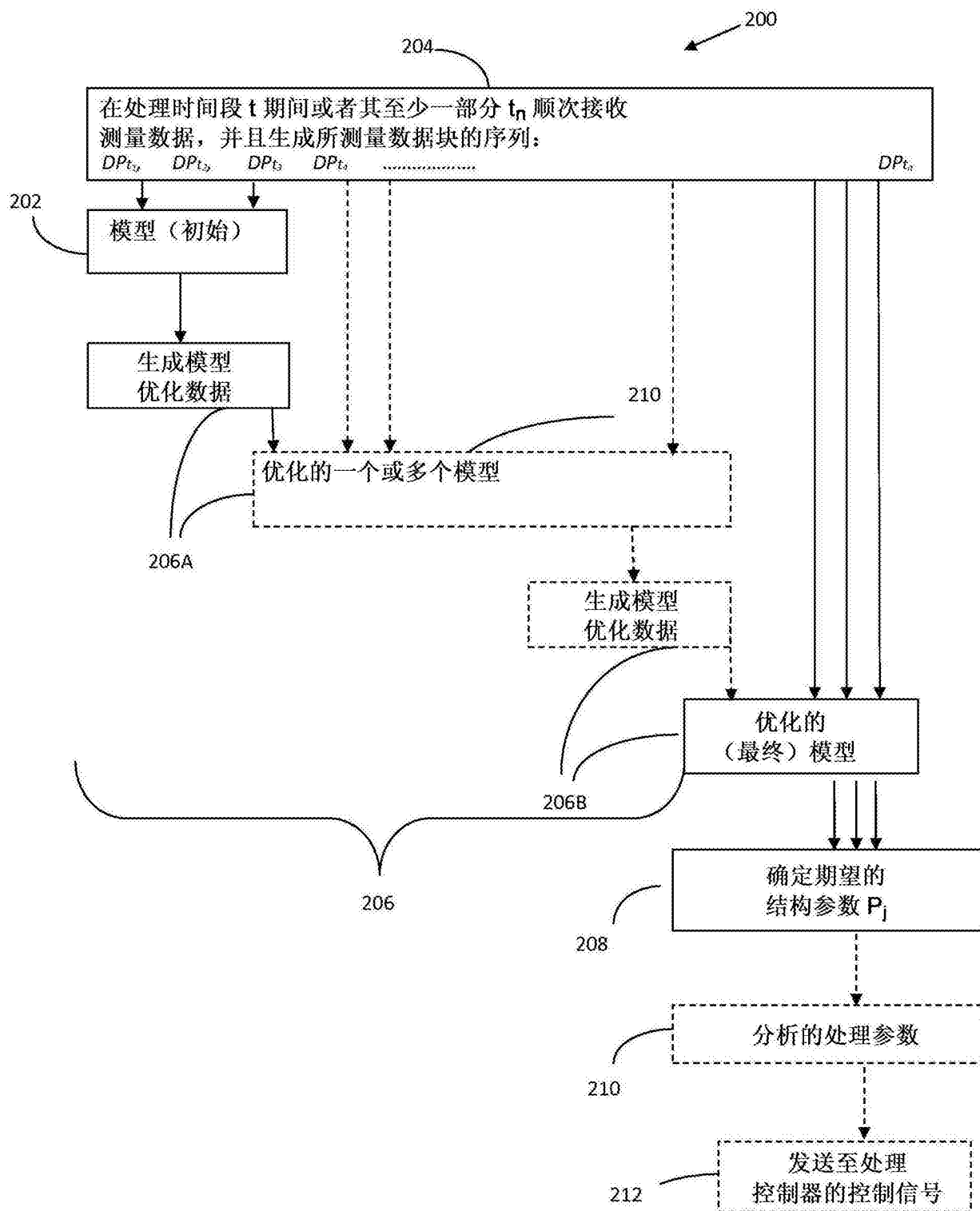


图2