



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105765461 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(21)申请号 201480064342.8

(22)申请日 2014.09.05

(30)优先权数据

61/885,977 2013.10.02 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.05.25

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2014/068932 2014.09.05

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/049087 EN 2015.04.09

(71)申请人 ASML荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72)发明人 A·伊普玛 J·门格尔

大卫·德克斯 大卫·汉

A·库普曼 I·里尤利纳

S·米德尔布鲁克斯

理查德·范哈伦 J·文登伯格

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 张启程

(51)Int.Cl.

G03F 7/20(2006.01)

G03F 9/00(2006.01)

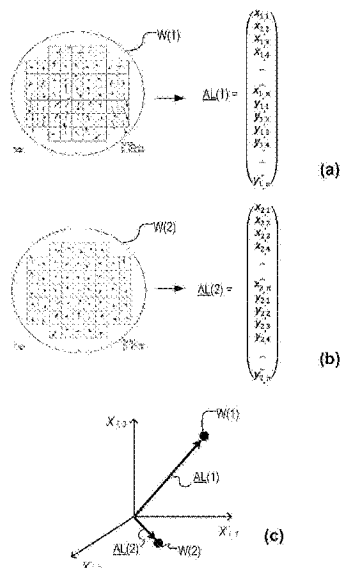
权利要求书4页 说明书31页 附图20页

(54)发明名称

用于获得与工业过程有关的诊断信息的方法和设备

(57)摘要

在光刻处理中,诸如半导体晶片的产品单元经历光刻图案化操作和化学和物理处理操作。在处理的执行过程中在各阶段形成对准数据或其它测量以获得对象数据,所述对象数据代表在跨每一个晶片空间分布的点处测量的位置偏差或其它参数。该对象数据被用于通过执行多变量分析以将代表在所述多维空间中的晶片的所述矢量组分解为一个或多个分量矢量而获得诊断信息。关于工业过程的诊断信息使用所述分量矢量被提取。对于后续产品单元的工业过程的性能可以基于所提取的诊断信息被控制。



1. 一种涉及工业过程使用的诊断设备,所述设备包括数据处理设备,所述数据处理设备被编程以执行如下步骤:

-接收用于产品单元组的对象数据,所述产品单元组名义上已经经历相同的工业过程,用于每一个产品单元的对象数据代表在产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的一个或多个参数;

-限定多维空间,在所述多维空间中用于所述产品单元中的每一个产品单元的对象数据能够被表示为矢量;

-执行对对象数据的多变量分析以在所述多维空间中获得一个或多个分量矢量;和

-使用所述分量矢量提取关于工业过程的诊断信息。

2. 根据权利要求1所述的设备,所述设备适于在所述工业过程包括在衬底形式的产品单元上执行的一个或多个光刻处理步骤的序列的情况下使用,并且所述设备被设置为使得在光刻图案化操作执行中自动进行的测量被捕获和表示在对象数据中。

3. 根据权利要求2所述的设备,其中所述测量包括在所述光刻图案化操作的执行中在跨每一个衬底空间分布的位置处自动测量的位置偏差。

4. 根据权利要求3所述的设备,其中在所述矢量中,所述位置偏差被相对于由用位置偏差计算的对准模型限定的修正的位置来表达。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,所述设备被设置为接收重叠、临界尺寸、侧壁角度、晶片品质、聚焦中的一个或多个的空间分布的测量值,用作所述对象数据。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,所述设备被设置为至少部分地通过基于当投影到所述分量矢量中的一个或多个上时某些产品单元的矢量的位置来指定该某些产品单元为感兴趣的产品单元来提取诊断信息。

7. 根据权利要求6所述的设备,所述设备被设置为将其矢量在投影到所述分量矢量中的选定的一个上时占据边远位置的那些产品单元指定为感兴趣的产品单元。

8. 根据权利要求6或7所述的设备,其中所述设备被设置为将其矢量占据由所述分量矢量的选定的两个或更多个限定的平面中的边远区域的那些产品单元指定为感兴趣的产品单元。

9. 根据权利要求6、7或8所述的设备,所述设备进一步被设置为接收代表针对每一个产品单元测量的一个或多个性能参数的性能数据,并且进一步被设置为将分量轴线中的一个或多个指定为感兴趣的,这基于根据它们的矢量在选定的一个轴线或多个轴线上的投影被指定为感兴趣的产品单元和根据所述性能数据被指定为感兴趣的产品单元之间观察到的相关性进行。

10. 根据权利要求9所述的设备,所述设备适于在所述工业过程包括在衬底形式的产品单元上执行的一个或多个光刻处理步骤的序列的情况下使用,其中所述性能参数包括重叠、临界尺寸、侧壁角度、晶片品质、聚焦中的一个或多个。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,所述设备进一步被设置为接收代表应用于每一个独立的产品单元的工业过程的一个或多个参数的背景数据,并且进一步被编程为使用所述背景数据提取诊断信息。

12. 根据权利要求11所述的设备,所述设备被编程为至少部分地通过辨别基于所述分量矢量作为感兴趣的产品单元的认定和背景数据中的一个或多个参数之间的相关性来提

取所述诊断信息。

13. 根据权利要求11或12所述的设备,所述设备被编程为通过使用来自所述背景数据的选定的参数显示产品单元的分布的一维或多维图来提取诊断信息,所述产品单元被呈现在所述图中,以使得被指定为感兴趣的产品单元能够与其它产品单元在视觉上区分。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,所述设备适于在所述工业过程包括在不同的独立的产品单元上通过不同的独立的处理设备执行一个或多个光刻、物理和/或化学操作的情况下使用,并且其中所述背景数据包括辨别用于给定操作的独立的处理设备的至少一个参数。

15. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,所述设备被编程为至少部分地通过比较代表在所述工业过程中在不同阶段的特定的产品单元的矢量来提取诊断信息。

16. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中提取诊断信息的步骤包括:

-接收用于已经名义上经历了与所述产品单元组相同的工业过程的一个或多个另外的产品单元的稀疏的对象数据,用于所述一个或多个另外的产品单元的稀疏的对象数据表示以比针对于所述产品单元组接收的测量更低的密度跨产品单元空间分布的点处在一个或多个产品单元上测量的所述一个或多个参数,

-至少参照由所述多变量分析辨别的分量矢量的子组来分析稀疏的对象数据;和

-根据所述分析步骤的结果将所述稀疏的对象数据和所述分量矢量组合,由此重构表示以比稀疏的对象数据更高的密度在所述一个或多个另外的产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的所述一个或多个参数的对象数据。

17. 根据权利要求16所述的设备,其中参照所述分量矢量的稀疏形式执行分析稀疏的对象数据的步骤,分量矢量的每一稀疏形式根据稀疏的对象数据的空间分布通过对分量矢量进行子采样产生。

18. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,所述设备进一步被编程为产生用于控制工业过程的修正数据。

19. 根据权利要求16所述的设备,所述设备进一步被编程为产生背景标准,所述背景标准用于通过比较所述背景标准与描述被应用于所述另外的产品单元的工业过程的参数的另外的背景数据确定修正应当应用于哪些产品单元。

20. 根据权利要求18或19所述的设备,所述设备适于在工业过程包括光刻图案化操作和物理和/或化学操作的混合的情况下使用,并且所述设备被编程为产生用于在光刻图案化操作中应用修正的所述修正数据。

21. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,还包括控制器,所述控制器被设置为通过基于提取的诊断信息应用修正来控制光刻设备。

22. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中在所述多变量分析之前的对象数据和由所述多变量分析获得的分量矢量都被表达为在同一多维空间中的矢量。

23. 一种获得关于工业过程的诊断信息的方法,所述方法包括:

-接收用于产品单元组的对象数据,所述产品单元组名义上已经经历相同的工业过程,用于每一个产品单元的对象数据代表在产品单元上在跨产品单元空间分布的点处测量的一个或多个参数;

-限定多维空间,在所述多维空间中用于所述产品单元中的每一个产品单元的对象数

据能够被表示为矢量；

- 执行对对象数据的多变量分析以在所述多维空间中获得一个或多个分量矢量；和
- 使用所述分量矢量提取关于工业过程的诊断信息。

24. 根据权利要求23所述的方法，所述工业过程包括在衬底形式的产品单元上执行的一个或多个光刻处理步骤的序列，每一个光刻处理步骤包括在一个或多个物理和/或化学处理操作之前的一个或多个光刻图案化操作。

25. 根据权利要求23或24所述的方法，在光刻图案化操作的执行中自动进行的测量被捕获和表示在对象数据中。

26. 根据权利要求25所述的方法，其中所述测量包括在所述光刻图案化操作的执行中使用跨每一个衬底空间分布的对准标记自动测量的位置偏差。

27. 根据权利要求26所述的方法，其中在所述矢量中，所述位置偏差被相对于由用位置偏差计算的对准模型限定的修正的位置表达。

28. 根据权利要求26或27所述的方法，其中所述光刻处理操作使用执行较低阶和较高阶修正的对准模型，并且其中在所述矢量中，所述位置偏差被相对于仅由较低阶修正限定的修正的位置表达。

29. 根据权利要求23-28中任一项所述的方法，还包括当在另外的产品单元上执行时产生用于控制工业过程的一个或多个修正数据组的步骤。

30. 根据权利要求23所述的方法，其中提取诊断信息的步骤包括：

-接收用于已经名义上经历了与所述产品单元组相同的工业过程的一个或多个另外的产品单元的稀疏的对象数据，用于所述一个或多个另外的产品单元的稀疏的对象数据表示以比针对于所述产品单元组接收的测量更低的密度在一个或多个产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的所述一个或多个参数，

-至少参照由所述多变量分析辨别的分量矢量的子组来分析稀疏的对象数据；和

-根据所述分析步骤的结果将所述稀疏的对象数据和所述分量矢量组合，由此重构表示以比稀疏的对象数据更高的密度在所述一个或多个另外的产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的所述一个或多个参数的对象数据。

31. 根据权利要求30所述的方法，其中参照所述分量矢量的稀疏形式执行分析稀疏的对象数据的步骤，分量矢量的所述稀疏形式根据稀疏的对象数据的空间分布通过对分量矢量进行子采样产生。

32. 根据前述权利要求中任一项所述的方法，其中在所述多变量分析之前的对象数据和由所述多变量分析获得的分量矢量都被表达为在同一多维空间中的矢量。

33. 一种控制光刻设备的方法，其中修正通过根据权利要求1-22中任一项所述的设备或根据权利要求23-32中任一项所述的方法基于从对象数据中提取的诊断信息被应用。

34. 一种控制工业过程的方法，其中产品单元经受一个或多个处理操作，所述方法包括如下步骤：

-测量已经经历一些或所有所述处理操作的多个产品单元，以获得对象数据，所述对象数据代表针对每一个产品单元在产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的一个或多个参数；

-使用所述对象数据以通过根据权利要求1-22中任一项所述的设备或根据权利要求

23-32中任一项所述的方法获得诊断信息;和

-基于所提取的诊断信息为后续的产品单元控制所述工业过程的性能。

35.根据权利要求34所述的方法,其中所述工业过程为用于半导体器件的制造的光刻过程,处理操作包括光刻图案化操作和一个或多个物理和/或化学的处理操作,所述产品单元包括衬底,其中所述对象数据包括在所述光刻图案化操作中的至少一个操作的过程中从所述衬底测量的对准数据。

36.根据权利要求34或35所述的方法,其中所述工业过程为用于半导体器件的制造的光刻过程,处理操作包括光刻图案化操作和一个或多个物理和/或化学的处理操作,所述产品单元包括衬底,其中控制工业过程的性能的步骤包括在所述光刻图案化操作中的至少一个操作中选择性地应用对准修正。

37.根据权利要求34、35或36所述的方法,其中所述工业过程为用于半导体器件的制造的光刻过程,处理操作包括光刻图案化操作和一个或多个物理和/或化学的处理操作,所述产品单元包括衬底,其中对象数据包括在所述光刻图案化操作中的至少一个操作的执行之后从所述衬底测量的至少一个性能参数。

38.根据权利要求37所述的方法,其中提取诊断信息的步骤包括:

-接收用于已经名义上经历了与所述产品单元组相同的工业过程的一个或多个另外的产品单元的稀疏的对象数据,用于所述一个或多个另外的产品单元的稀疏的对象数据表示以比针对于所述产品单元组接收的测量更低的密度在一个或多个产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的所述一个或多个参数,

-至少参照由所述多变量分析辨别的分量矢量的子组分析稀疏的对象数据;和

-根据所述分析步骤的结果将所述稀疏的对象数据和所述分量矢量组合,由此重构表示以比稀疏的对象数据更高的密度在一个或更多个所述另外的产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的所述一个或多个参数的对象数据。

39.根据权利要求38所述的方法,其中参照所述分量矢量的稀疏形式执行分解稀疏的对象数据的步骤,分量矢量的每一个稀疏形式根据稀疏的对象数据的空间分布通过对分量矢量进行子采样产生。

40.一种计算机程序产品,包括机器可读指令,所述机器可读指令用于使通用目的数据处理设备执行根据权利要求1-22中任一项所述的诊断设备或者执行根据权利要求23-39中任一项所述的方法的步骤。

41.根据权利要求40所述的计算机程序产品,还包括机器可读指令,所述机器可读指令用于使所述数据处理设备通过实施根据权利要求18-20中任一项所述的诊断设备或者执行根据权利要求31-32中任一项所述的方法的步骤来产生修正数据和修正标准。

42.一种计算机程序产品,包括机器可读指令,所述机器可读指令用于使通用目的数据处理设备执行根据权利要求34-39中任一项所述的方法的步骤。

用于获得与工业过程有关的诊断信息的方法和设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请与2013年10月2日递交的申请号为61/885,977的美国临时专利申请有关,其通过引用全文并入本文。

技术领域

[0003] 本申请涉及获得与工业过程有关的诊断信息的方法。该方法被发展所用于的工业过程的一个示例是光刻过程,所述光刻过程包括一个或多个使用光刻设备将图案从图案形成装置转移到衬底上的步骤。本发明还涉及诊断设备、装置的制造方法,涉及用于工业过程的控制器,并且涉及用于使数据处理设备执行所描述的方法和设备的计算机程序产品。

背景技术

[0004] 光刻过程是这样一种过程,即在该过程中光刻设备将所需图案应用到衬底上(通常应用到所述衬底的目标部分上),在此之后各种化学处理和/或物理处理步骤作用于图案以形成复杂产品的功能性特征。图案在衬底上的精确定位对于降低电子元件和可以通过光刻术生产的其它产品的尺寸来说是一项主要的挑战。特别地,已经被提出的精确地测量衬底上的特征的挑战在如下方面是一步关键步骤,即在能够足够精确地定位叠加的特征的连续层以高产率地生产工作器件方面。在如今的亚微米半导体器件中,所谓的重叠通常应当被实现为在几十纳米的范围内,在大多数临界层中低至几纳米。

[0005] 因此,现代的光刻设备在实际曝光或者以其他方式在目标位置图案化衬底的步骤之前包含广泛的测量或“绘图”操作。已经发展并且持续发展的所谓的高级对准模型以更精确地模拟和修正晶片‘网格’的非线性失真,晶片‘网格’的非线性失真由处理步骤和/或光刻设备本身导致。然而,不是所有失真都是可修正的,并且追踪并减小尽可能多的所述失真的诱因是重要的。

[0006] 现代的光刻过程和产品是非常复杂的以至于由于处理导致的问题很难追溯到根本原因。重叠和对准残差通常在(处理和/或光刻工具的)晶片上显示出图案。这可以被解释为关于预先限定的模型的不可修正量,而标志印记的视觉检查和详细分析可以给出原因和修正策略的指示。标志印记中的空间图案不用于量化标志印记,而多种原因可以同时示现在明显的标志印记中的观察结果也不用于量化标志印记。重叠测量通常对每一个单独的晶片是不可用的,并且与处理历史和情境的关系通常不是已知的或者不被使用。此外,对于手头的机器和过程列出所有可能的空间变化源是困难而且耗时的。

[0007] 除了确定处理误差的成因的问题之外,已经实施了过程性能监视系统,其允许根据被处理的产品进行性能参数的测量,所述性能参数然后被用于计算用在处理后续产品中的修正。对目前的性能监视系统的限制是在时间量和专用于性能监视的仪器以及修正可被执行的速度和精度之间存在折中。

[0008] 也将期望具有能够在早期阶段检测问题而不仅仅是当一些性能参数超过容许极限时检测它们的性能监视系统。

发明内容

[0009] 发明人已经意识到根本原因的发现、晶片完整性的监测以及合适的修正策略的设计因此是主观的和费力的工作。本发明旨在提供解决上面确定的已知技术的一个或多个问题的自动化的支持。

[0010] 在第一方面,本发明提供了一种涉及工业过程使用的诊断设备,所述设备包括数据处理设备,所述数据处理设备被编程以执行如下步骤:

[0011] -接收用于产品单元组的对象数据,所述产品单元组名义上已经经历相同的工业过程,用于每一个产品单元的对象数据代表在产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的一个或多个参数;

[0012] -限定多维空间,在所述多维空间中用于所述产品单元中的每一个产品单元的对象数据能够被表示为矢量;

[0013] -执行对对象数据的多变量分析以在所述多维空间中获得一个或多个分量矢量;
和

[0014] -使用所述分量矢量提取关于工业过程的诊断信息。

[0015] 在一些实施例中,所述多变量分析在对象数据的呈现上被执行,所述对象数据包括在所述多维空间中的矢量组,所述矢量中的每一个对应于所述产品单元(或一组产品单元)中的一个。该矢量可以具有代表在跨产品单元空间分布的所述点中的不同点处的测量的元素。在该实施方式中,先于所述多变量分析的对象数据和由所述多变量分析获得的分量矢量都被表达为在同一多维空间中的矢量。

[0016] 替代的实施方式是可行的,其中先于所述多变量分析的对象数据被表达为在与分量矢量被表达的空间不同的多维空间中的矢量。这些空间之间的转换可以在多变量分析期间或者在多变量分析之后被执行(明确地或隐含地)。例如,在一个替代实施方式中,对象数据被表达在如下矢量中,所述矢量中的每一个矢量对应于所述点中的一个并且具有代表在跨所述产品单元的不同产品单元上的所述点处的测量的元素。在另一个替代例中,多变量分析被在对象数据上执行,而没有将它表达为在任何特定多维空间中的矢量。

[0017] 本发明还提供一种获得关于工业过程的诊断信息的方法,所述方法包括:

[0018] -接收用于产品单元组的对象数据,所述产品单元组名义上已经经历相同的工业过程,用于每一个产品单元的对象数据代表在产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的一个或多个参数;

[0019] -限定多维空间,在所述多维空间中用于所述产品单元中的每一个产品单元的对象数据能够被表示为矢量;

[0020] -执行对对象数据的多变量分析以在所述多维空间中获得一个或多个分量矢量;
和

[0021] -使用所述分量矢量提取关于工业过程的诊断信息。

[0022] 在一实施例中,所述工业过程包括在衬底形式的产品单元上执行的一个或多个光刻处理步骤的序列,每一个光刻处理步骤包括在一个或多个物理和/或化学处理操作之前的一个或多个光刻图案化操作。在光刻术中的对准程序通常包含跨衬底的自动进行的测量。这些测量可以被捕获和呈现在对象数据中。以这种方式,本发明的方法可以以其最基本

的形式执行,而不需要特殊的测量数据的捕获或者处理背景的知识。然而,该方法不限于对准测量的使用,在操作中其也不限于光刻处理。

[0023] 多变量分析的结果可以以多种方式被用于提取诊断信息。提取的部分可以被自动化,其它部分可以是基于由设备产生的视觉化而被用户驱动的。提取诊断信息的步骤例如可以包括基于当投影到所述分量矢量中的一个或多个分量矢量上时它们的矢量的位置而将某些产品单元指定为感兴趣的产品单元。

[0024] 提取诊断信息的步骤还可以包括在根据它们的矢量在选定的一个或多个矢量上的投影被指定为感兴趣的产品单元和根据代表针对于每一个产品单元测量的一个或多个性能参数的性能数据被指定为感兴趣的产品单元之间观察到的相关性。

[0025] 提取诊断信息的步骤还可以包括接收和使用针对于产品单元中的每一个产品单元的背景数据,所述背景数据代表应用于每一个独立的产品单元的工业过程的一个或多个参数。提取诊断信息的步骤例如可以包括基于所述分量矢量作为感兴趣的产品单元的认定和背景数据中的一个或多个参数之间的相关性。

[0026] 在其它实施例中,提取诊断信息的步骤包括:

[0027] -接收用于已经名义上经历了与所述产品单元组相同的工业过程的一个或多个另外的产品单元的稀疏的对象数据,用于所述一个或多个另外的产品单元的稀疏的对象数据表示以比针对于所述产品单元组接收的测量更低的密度在一个或多个产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的所述一个或多个参数,

[0028] -至少参照由所述多变量分析辨别的分量矢量的子组来分析稀疏的对象数据;和

[0029] -根据所述分析步骤的结果将所述稀疏的对象数据和所述分量矢量组合,由此重构表示以比稀疏的对象数据更高的密度在一个或多个另外的产品单元上、在跨产品单元空间分布的点处测量的所述一个或多个参数的对象数据。

[0030] 刚刚提到的类型的一个实施例可以用在用于工业过程的性能监测系统中,其中稀疏的对象数据是关于工业过程的性能参数的监测数据。

[0031] 所述方法还可以包括产生当在另外的产品单元上执行时用于控制工业过程的一个或多个修正数据组的步骤。修正数据例如可以在未来的光刻步骤中被应用为对准修正,以修正由化学和物理处理步骤引入的产品的失真。可以选择性地基于背景标准应用该修正。可以应用该修正以便修正所辨别的分量矢量中的一些,而不修正其它的分量矢量。

[0032] 在光刻处理包括光刻图案化操作和物理和/或化学操作的混合的情况下,诊断设备可以被编程为产生用于将修正应用于光刻图案化操作的所述修正数据。

[0033] 设备还可以包括控制器,所述控制器被设置为通过基于所提取的诊断信息应用修正来控制光刻设备。

[0034] 本发明还提供了一种控制工业过程的方法,其中产品单元经历一个或多个处理操作,所述方法包括如下步骤:

[0035] -测量已经经历所述处理操作中的一些或所有处理操作的多个产品单元,以获得对象数据,所述对象数据代表针对于每一个产品单元在产品单元上、跨产品单元空间分布的点处测量的一个或多个参数;

[0036] -使用所述对象数据以通过根据前面提出的本发明的诊断设备或方法获得诊断信息;和

[0037] 基于所提取的诊断信息针对于后续的产品单元控制所述工业过程的性能。

[0038] 本发明还提供了一种计算机程序产品,包括机器可读指令,所述机器可读指令用于使通用目的数据处理设备执行根据前面提出的本发明的用于获取诊断信息的方法的步骤。计算机程序产品还可以包括机器可读指令,所述机器可读指令用于使所述数据处理设备产生修正数据和可选地产生修正标准。

[0039] 本发明还提供了一种计算机程序产品,包括机器可读指令,所述机器可读指令用于使通用目的数据处理设备执行前面提出的控制工业过程的方法的步骤。

[0040] 下面参照所附的附图详细描述本发明的进一步的特征和优点以及本发明的各个实施例的结构和操作。应当注意本发明不限于本文所描述的特定实施例。本文仅仅为了说明性的目的而呈现所述实施例。基于本文所包含的教导,附加的实施例对本领域技术人员来说将是显而易见的。

附图说明

[0041] 现在参照随附的示意性附图,仅以举例的方式,描述本发明的实施例,在附图中:

[0042] 图1描述根据本发明的实施例的光刻设备;

[0043] 图2示意性地示出了图1的光刻设备连同形成用于半导体器件的生产设施的其它设备的使用,所述设施包括根据本发明的实施例的第一和第二诊断设备;

[0044] 图3和4图示了应用于生产设施的光刻设备中的高级对准测量和晶片网格修正的原理;

[0045] 图5象征性地图示了在对准测量的观察到的示例中的各种“标志印记”的组合;

[0046] 图6示出了通过本发明的实施例中的第一诊断设备从对准数据中进行的对象数据的提取;

[0047] 图7(a)、(b)示出了本发明的一个实施例中的用于两个示例性的产品单元的对象数据的形式;和图7(c)示出了作为多维空间中的点或矢量的每一个产品单元的简化的示意图;

[0048] 图8(a)示出了包括用于一组产品单元的对象数据的测量数据矩阵的形成,和图8(b)示出了作为所述多维空间中的点的那些产品单元的示意图;

[0049] 图9(a)至(d)图示了在由第一诊断设备执行以将图8中呈现的对象数据的分布分解为多个分量矢量的多变量分析步骤中的步骤;

[0050] 图10(a)至(c)图示了使用在多变量分析中确定的分量矢量投影呈一维和二维分布的产品单元的分布;

[0051] 图11(a)图示了由在所述多变量分析中确定的分量向量呈现的示例性的“标志印记”,和图11(b)图示了对象数据在由成对的分量矢量限定的各个二维空间上的投影,例如可以被本发明的实施例中的所述的第一或第二诊断设备显示的;

[0052] 图12为概述在本发明的实施例中的第一和第二诊断设备的操作中的步骤的流程图;

[0053] 图13至17示意性地图示了在本发明的实施例中可以独立地或组合地用于执行根本原因分析的第二诊断设备的操作的各种模式;

[0054] 图18图示了在多变量分析的选择性的实施方式中的一组晶片的测量与矢量元素

之间的对应性；

[0055] 图19图示了在图2的生产设施中的性能监测功能的原理；

[0056] 图20图示了根据本发明的另一个实施例的、在所述多变量分析中识别的分量矢量用于从性能监测功能中的低分辨率测量重构高分辨率的对象数据的使用；

[0057] 图21示出了引入图20的实施例中的重构的性能监测功能的工作流程图；以及

[0058] 图22示意性地图示了可编程以实现根据本发明的实施例的第一和/或第二诊断设备的数据处理硬件。

具体实施方式

[0059] 图1示意性地示出根据本发明的一个实施例的光刻设备LA。所述设备包括：

[0060] -照射系统(照射器)IL,配置用于调节辐射束B(例如,紫外(UV)辐射或极紫外(EUV)辐射)；

[0061] -支撑结构(例如掩模台)MT,构造用于支撑图案形成装置(例如掩模)MA并与配置用于根据确定的参数精确地定位图案形成装置的第一定位装置PM相连；

[0062] -衬底台(例如晶片台)WTa或WTb,构造用于保持衬底(例如涂覆有抗蚀剂的晶片)W,并与配置用于根据确定的参数精确地定位衬底的第二定位装置PW相连；和

[0063] -投影系统(例如折射式投影透镜系统)PS,所述投影系统PS配置用于将由图案形成装置MA赋予辐射束B的图案投影到衬底W的目标部分C(例如包括一根或多根管芯)上。

[0064] 所述照射系统可以包括各种类型的光学部件,例如折射型、反射型、磁性型、电磁型、静电型或其它类型的光学部件、或其任意组合,以引导、成形、或控制辐射。

[0065] 所述支撑结构支撑所述图案形成装置,即承载所述图案形成装置的重量。支撑结构以依赖于图案形成装置的方向、光刻设备的设计以及诸如图案形成装置是否保持在真空环境中等其它条件的方式保持图案形成装置。所述支撑结构可以采用机械的、真空的、静电的或其它夹持技术来保持图案形成装置。所述支撑结构可以是框架或台,例如,其可以根据需要成为固定的或可移动的。所述支撑结构可以确保图案形成装置位于所需的位置上(例如相对于投影系统)。在这里任何使用的术语“掩模版”或“掩模”都可以认为与更上位的术语“图案形成装置”同义。

[0066] 这里所使用的术语“图案形成装置”应该被广义地理解为表示能够用于将图案在辐射束的横截面上赋予辐射束、以便在衬底的目标部分上形成图案的任何装置。应当注意,被赋予辐射束的图案可能不与在衬底的目标部分上的所需图案完全相符(例如如果该图案包括相移特征或所谓辅助特征)。通常,被赋予辐射束的图案将与在目标部分上形成的器件中的特定的功能层相对应,例如集成电路。

[0067] 图案形成装置可以是透射式的或反射式的。图案形成装置的示例包括掩模、可编程反射镜阵列以及可编程液晶显示(LCD)面板。掩模在光刻术中是公知的,并且包括诸如二元掩模类型、交替型相移掩模类型、衰减型相移掩模类型和各种混合掩模类型之类的掩模类型。可编程反射镜阵列的示例采用小反射镜的矩阵布置,每一个小反射镜可以独立地倾斜,以便沿不同方向反射入射的辐射束。所述已倾斜的反射镜将图案赋予由所述反射镜矩阵反射的辐射束。

[0068] 这里使用的术语“投影系统”应该广义地解释为包括任意类型的投影系统,包括折

射型、反射型、反射折射型、磁性型、电磁型和静电型光学系统、或其任意组合,如对于所使用的曝光辐射所适合的、或对于诸如使用浸没液或使用真空之类的其他因素所适合的。这里使用的术语“投影透镜”可以认为是与更上位的术语“投影系统”同义。

[0069] 如这里所示的,所述设备是透射型的(例如,采用透射式掩模)。替代地,所述设备可以是反射型的(例如,采用如上所述类型的可编程反射镜阵列,或采用反射式掩模)。

[0070] 所述光刻设备可以是具有两个(双台)或更多衬底台(和/或两个或更多的掩模台)的类型。在这种“多台”机器中,可以并行地使用附加的台,或可以在一个或更多个台上执行预备步骤的同时,将一个或更多个其它台用于曝光。此处公开的本发明可以以单机方式使用,但是尤其它可以在单平台或多平台设备的曝光前测量平台中提供额外的功能。

[0071] 光刻设备还可以是至少一部分衬底可以被折射率相对高的液体(例如水)覆盖、以便填充投影系统和衬底之间的空间的类型。浸没液体还可以被施加至光刻设备中的其它空间,例如在掩模和投影系统之间。在本领域中公知,浸没技术用于增加投影系统的数值孔径。如在此处所使用的术语“浸没”并不意味着诸如衬底等结构必须浸没在液体中,而是仅仅意味着在曝光期间液体位于投影系统和衬底之间。

[0072] 照射器IL接收从辐射源S0发出的辐射束。该源和所述光刻设备可以是分立的实体(例如当该源为准分子激光器时)。在这种情况下,不会将该源考虑成形成光刻设备的一部分,并且通过包括例如合适的定向反射镜和/或扩束器的束传递系统BD的帮助,将所述辐射束从所述源S0传到所述照射器IL。在其它情况下,所述源可以是所述光刻设备的组成部分(例如当所述源是汞灯时)。可以将所述源S0和所述照射器IL、以及如果需要时设置的所述束传递系统BD一起称作辐射系统。

[0073] 所述照射器IL可以包括用于调整所述辐射束的角强度分布的调整器AD。通常,可以对所述照射器的光瞳平面中的强度分布的至少所述外部和/或内部径向范围(一般分别称为 σ -外部和 σ -内部)进行调整。此外,所述照射器IL可以包括各种其它部件,例如积分器IN和聚光器CO。可以将所述照射器用于调节所述辐射束,以在其横截面中具有所需的均匀性和强度分布。

[0074] 所述辐射束B入射到保持在支撑结构(例如,掩模台MT)上的所述图案形成装置(例如,掩模MA)上,并且通过所述图案形成装置来形成图案。已经穿过掩模MA之后,所述辐射束B通过投影系统PS,所述投影系统PS将辐射束聚焦到所述衬底W的目标部分C上。通过第二定位装置PW和位置传感器IF(例如,干涉仪器件、线性编码器或电容传感器)的帮助,可以精确地移动所述衬底台WTa/WTb,例如以便将不同的目标部分C定位于所述辐射束B的路径中。类似地,例如在从掩模库的机械获取之后,或在扫描期间,可以将所述第一定位装置PM和另一个位置传感器(图1中未明确示出)用于相对于所述辐射束B的路径精确地定位掩模MA。通常,可以通过形成所述第一定位装置PM的一部分的长行程模块(粗定位)和短行程模块(精定位)的帮助来实现掩模台MT的移动。类似地,可以采用形成所述第二定位装置PW的一部分的长行程模块和短行程模块来实现所述衬底台WTa/WTb的移动。在步进机的情况下(与扫描器相反),所述掩模台MT可以仅与短行程致动器相连,或可以是固定的。可以使用掩模对准标记M1、M2和衬底对准标记P1、P2来对准图案形成装置MA和衬底W。尽管所示的衬底对准标记占据了专用目标部分,但是它们可以位于目标部分之间的空间(这些公知为划线对齐标记)中。类似地,在将多于一个的管芯设置在掩模MA上的情况下,所述掩模对准标记可以位

于所述管芯之间。

[0075] 可以将所述设备用于以下模式中的至少一种中：

[0076] 1. 在步进模式中,在将掩模台MT和衬底台WTa/WTb保持为基本静止的同时,将赋予所述辐射束的整个图案一次投影到目标部分C上(即,单一的静态曝光)。然后将所述衬底台WTa/WTb沿X和/或Y方向移动,使得可以对不同目标部分C曝光。在步进模式中,曝光场的最大尺寸限制了在单一的静态曝光中成像的所述目标部分C的尺寸。

[0077] 2. 在扫描模式中,在对掩模台MT和衬底台WTa/WTb同步地进行扫描的同时,将赋予所述辐射束的图案投影到目标部分C上(即,单一的动态曝光)。衬底台WTa/WTb相对于掩模台MT的速度和方向可以通过所述投影系统PS的(缩小)放大率和图像反转特征来确定。在扫描模式中,曝光场的最大尺寸限制了单一动态曝光中所述目标部分的宽度(沿非扫描方向),而所述扫描运动的长度确定了所述目标部分的高度(沿所述扫描方向)。

[0078] 3. 在另一种模式中,将用于保持可编程图案形成装置的掩模台MT保持为基本静止,并且在所述衬底台WTa/WTb进行移动或扫描的同时,将赋予所述辐射束的图案投影到目标部分C上。在这种模式中,通常采用脉冲辐射源,并且在所述衬底台WTa/WTb的每一次移动之后、或在扫描期间的连续辐射脉冲之间,根据需要更新所述可编程图案形成装置。这种操作模式可易于应用于利用可编程图案形成装置(例如,如上所述类型的可编程反射镜阵列)的无掩模光刻术中。

[0079] 也可以采用上述使用模式的组合和/或变体,或完全不同的使用模式。

[0080] 在本示例中的光刻设备LA具有所谓的双平台类型,其具有两个衬底台WTa和WTb以及两个工作站:曝光工作站和测量工作站,衬底台可以在它们之间交换。在一个衬底台上的一个衬底被在曝光工作站EXP曝光时,可以将另一衬底装载到测量工作站MEA的另一衬底台上使得执行各种预备步骤。预备步骤可以包括利用水平传感器LS绘制衬底的表面高度和利用对准传感器AS测量在衬底上的对准标识的位置。名义上以规则网格图案设置对准标记。然而,由于在形成标记方面的不精确性,并且也由于在衬底的处理过程中发生的衬底的变形,标记偏离理想的网格。因此,除了测量衬底的位置和定向,在实际中对准传感器必须详细测量衬底区域上的许多标记的位置,如果设备LA要以非常高的精度在正确的位置印刷产品特征的话。对准标记的测量因此非常耗时,并且两个衬底台的提供使得能够相当大地增加了设备的生产率。如果位置传感器IF不能够当其在测量工作站以及在曝光站时测量衬底台的位置,则可以设置第二位置传感器以使得衬底台的位置可以在两个工作站处被追踪。本发明可应用于仅具有一个衬底台或具有多于两个衬底台的设备。

[0081] 该设备还包括光刻设备控制单元LACU,其控制所述的各种致动器和传感器的所有移动和测量。LACU还包括信号处理和数据处理能力,以实施关于设备的操作的期望的计算。在实践中,控制单元LACU将被认为是许多子单元的系统,每个子单元操纵实时数据获取,处理和控制设备中的子系统或部件。例如,一个处理子系统可以专门用于对衬底定位装置PW的伺服控制。独立的单元甚至可以操纵粗和精致动器或不同的轴线。另一单元可以专门用于读取位置传感器IF。对设备的整体控制可以由中央处理单元来控制,与这些子系统处理单元通信、与操作器通信和与在光刻制造过程中涉及的其它设备通信。

[0082] 图2以标号200示出了以用于半导体产品的工业生产设施为背景的光刻设备LA。在光刻设备(或简称“光刻工具”)内,测量工作站MEA被以标号202示出,并且曝光工作站EXP被

以标号204示出。控制单元LACU被以标号206示出。在产品设施内,设备200形成“光刻单元”或“光刻集群”的一部分,其也包含涂覆设备208,用于将光敏抗蚀剂和其它涂层涂覆在衬底W上以通过设备200进行图案化。在设备200的输出侧,设置了烘烤设备210和显影设备212,用于将曝光的图案显影成物理抗蚀剂图案。

[0083] 一旦图案已被涂覆和显影,图案化的衬底200被转移给例如以222、224、225图示的其它处理设备。在通常的制造设施内通过各种设备执行宽范围的处理步骤。为了举例,在本实施例中的设备222为蚀刻工作站,并且设备224执行蚀刻后退火步骤。在进一步的设备226等中应用进一步的物理和/或化学处理步骤。可能需要许多类型的操作形成实际的装置,例如材料的沉积、表面材料特性的改性(氧化、掺杂、离子注入等)、化学机械抛光(CMP)等等。在实际中设备226可以表示在一个或多个设备中执行的一系列不同的处理步骤。

[0084] 正如众所周知的,半导体器件的制造包含许多重复的这样的处理,以在衬底上逐层地建造具有合适材料和图案的器件结构。因此,到达光刻集群的衬底230可以为新准备的衬底,或者它们可以为已在该集群中或在另一个设备中完全地被在先处理的衬底。相似地,根据所需的处理,离开设备226之后的衬底可以被返回用于在相同的光刻集群中的后续的模式化操作,它们可以被分派用于在不同的集群中的模式化操作,或者它们可以为待送去切割和包装的成品。

[0085] 产品结构中的每一层需要不同的处理步骤组,并且在每一层使用的设备226可以在类型上完全不同。进一步地,在大的设施中,即使在由设备226施加的处理步骤名义上相同的情况下,也可能存在并行作业的几个可能相同的机器以在不同的衬底上执行步骤226。在这些机器之间的装配或故障方面小的差异可能意味着它们以不同的方式影响不同的衬底。甚至是对每一层相对共用的步骤,例如蚀刻(设备222)可以通过名义上相同但是并行地作业以最大化生产率的几个蚀刻设备执行。而且,在实际中,根据待蚀刻的材料的细节和特殊要求(例如,各向异性蚀刻),不同的层需要不同的蚀刻处理,例如化学蚀刻、等离子蚀刻。

[0086] 可以在刚刚提到的其它光刻设备中执行在先的和/或后续的处理,并且甚至可以在不同类型的光刻设备中执行该在先的和/或后续的处理。例如,在器件制造过程中的在诸如分辨率和重叠等参数方面非常苛刻的一些层相比不那么苛刻的其它层可以在更高级的光刻工具中被执行。因此,一些层可以在浸没型光刻工具中被曝光,而其它层在“干式”工具中被曝光。一些层可以在DUV波长下作业的工具中被曝光,而其它层被使用EUV波长的辐射曝光。

[0087] 还在图2中示出的是量测设备240,其被设置用于在制造过程中测量在期望的台处产品的参数。在现代光刻生产设施中的量测工作站的一个常见示例是散射仪,例如角分辨散射仪或光谱散射仪,并且它可以被用于在设备222中的蚀刻之前测量在220处的显影的衬底的性质。使用量测设备240,例如可以确定在显影的抗蚀剂中诸如重叠或临界尺寸(CD)的重要的性能参数不满足规定的精度要求。在蚀刻步骤之前,存在机会剥除显影的抗蚀剂并通过光刻集群重新处理衬底220。同样正如众所周知的,来自设备240的量测结果可被用于品质控制。它们也可用于过程监测系统的输入。该系统可通过随时间进行微小的调整保持光刻集群中的模式化操作的精确性能,由此最小化产品超出规范和需要重新加工的风险。当然,可以应用量测设备240和/或其它量测设备(未示出)来测量处理过的衬底232、234和引入的衬底230的性质。

[0088] 为了提供用于分析光刻生产系统中恶劣性能的来源的工具,现在公开了诊断设备250和252的提供,如在图2的顶部所示。另一种形式的相似工具可被用于提高过程监测系统的性能,其也将被描述。

[0089] 通过计算机硬件和软件的组合实现每一个诊断设备250、252,计算机硬件和软件被连接以从刚刚描述的制造设施中接收数据。计算机硬件可以定位在与光刻工具和其它设备相同的设施中,或者它可以远程地定位,并且通过电信信道和/或可移除存储设备连接。如将解释的,设备250和252例如可以为辨别的误差产生辨别可能的原因的报告或者潜在的原因的列表。它可以产生现成的修正256,所述现成的修正可用于设备220-226中的一个或多个的控制系统,以提高在以后的处理产品单元中的系统的性能。修正可以根据产品单元的各自的处理历史与背景标准相关联,所述背景标准显示修正应当选择性地应用于产品单元。

[0090] 第一诊断设备250被设计用于执行多变量分析,例如主分量分析(PCA),以确认对从产品本身(在该实例中为衬底)测量的偏差作出贡献的多个分量矢量。可以使用不同形式的多变量分析,并且PCA分析在这里纯粹作为一个示例被提及。在具体的PCA的示例性实例中,辨别的分量矢量为测量数据的协方差矩阵的特征矢量(eigenvector)。分量矢量在多维空间中是正交的。在被称作独立分量分析(ICA)的另一方法中,测量数据在分量矢量上的投影是尽可能独立的。ICA技术保留所有的二阶和更高阶互相关为零,而PCA技术的正交性使二阶互相关为零,但是可以保留非零的更高阶互相关。为方便起见,下文中设备250将被称为PCA设备,而不意在作出任何限制。

[0091] 用于PCA设备250的输入为对象数据,即在产品单元本身上测量的数据。在本文图示和描述的具体实施例中,存储在数据库260中的对象数据具体地包括在测量工作站202中使用对准传感器AS通过光刻设备200常规地获得的对准数据。由于代表标记在衬底的X-Y平面中的位置的详细测量值的该数据内在地作为正常的图案化操作的一部分被获得,所以通过指示控制单元206将数据存储在对对象数据存储装置260中而导致较少的损失或没有损失。在其它实施例中,附加于或代替通过光刻工具200测量的对准数据,可以在系统中的任何其它地方测量对象数据。替代地或者附加于对准数据,对象数据可以包括使用水平传感器获得的高度数据、来自对准传感器AS的“晶片品质”信号等等。在存储装置260中的对象数据还可以从其它测量设备(例如量测设备240)中获得。以这种方式,对象数据可以包括诸如重叠、CD、侧壁角度、标记不对称性、水平度和聚焦等参数的直接或非直接的测量值。下面,将描述一个实施例,其中可以使用并分析这种对象数据以实现图2的制造设施中的改进的过程监测系统。还可能的是这些参数可以通过光刻工具200本身内的设备测量。各种在先的公开物描述了用于此的特殊标记和/或测量技术。例如可以使用在不同波长下通过对准传感器获得的信号来获得关于标记不对称性的信息。

[0092] 第二诊断设备252用于执行根本原因分析(RCA),用于建立由PCA设备辨别的分量矢量和与各个衬底关联的性能和/或背景数据之间的相关性。该RCA设备252被设置为从PCA设备250接收多变量分析的结果。然后,RCA设备252将单独地基于对象数据的观察到的分量矢量与我们将称作背景数据和性能数据的一个或多个项相关联,该背景数据也可以被称为“历史”数据,因为它不是从产品本身获得的数据,而是代表各个产品单元(衬底)或批量的产品单元的全部或部分处理历史。在图中的箭头262图示了背景数据可能如何来自任何设

备。背景数据也可以和新的衬底230一起到达。例如,背景数据可以记录已被应用了什么类型的处理步骤、在这些步骤的执行中已经使用了哪些独立的设备以及这些设备应用了什么参数(例如当在蚀刻设备222中时温度或压强情况的设定,或者在光刻工具200中的诸如照射模式、对准方案等参数)。背景数据被存储在存储装置264中,以被RCA设备252使用。

[0093] RCA设备252还可以访问性能数据,所述性能数据可以包括例如重叠或CD的测量值,并且所述性能数据存储在存储装置266中。虽然图2示出了用于对象数据、背景数据和性能数据中的每一个的单独的存储装置260、264、266,但是应当领会这些不同类型的数据可以存储在一个公共的存储单元中,或者可以分布在更大数量的存储单元中,当需要时特定的数据项可以从其中获取。进一步地,虽然背景数据262被示出为源自每一个独立的设备222、224等,但是可以通过整体控制制造工厂的运行的中央控制系统收集所述数据。

[0094] 对象数据存储装置中的每一项记录被标注有唯一的标识符。注意,在制造过程中,单个的晶片可能重复经过相同的光刻工具,或者可能经过均测量相同的标记的不同的工具,可能在制造过程的不同阶段收集同一产品单元的对象数据。在分析中可以作为独立的产品单元来处理测量的这些实例中的每一个。然而,在复杂的制造过程中存在在不同阶段被测量的同一晶片的多个实例的情况下,对象数据将包括不仅唯一标识单个的晶片而且唯一标识进行测量的处理阶段的标识符。通常在光刻过程中,同一晶片的不同实例将与器件结构的图案化的连续层关联。在对象数据中这些实例之间的关系的知识可被用于RCA设备252中的诊断目的的背景数据。

[0095] 由于可以独立于背景数据执行在第一诊断设备250中的多变量分析,所以该设备可以独立于背景数据的任何具体形式或完整性的有效性运行。然而,如果需要,背景数据也可被第一诊断设备使用,例如用于选定包含在用于多变量分析的数据中的某些子组的产品单元,而不是仅当多变量分析的结果被显示时在产品单元之间进行区分。作为示例,在光刻工具具有多于一个的“卡盘”或衬底台(图1中的WTa、WTb)的情况下,所谓的“卡盘对卡盘”的比较可能是重要的。当它可以访问这部分的背景数据时,PCA设备250可以单独地选定并分析已在不同的卡盘上处理的产品单元。可以执行多变量分析以在产品单元的子组之间进行区分,而不完全单独地处理它们。例如被称为“PCA的混合”的方法允许关于对象数据内的某些集群执行分析,而不明确地分开这些数据组。相反,每个集群的不同分析由某一矢量(对应于某一测量的产品单元)落入某一集群的可能性来进行加权。

[0096] 然后,通常以至少部分参照背景数据在矢量的子组之间进行区分的方式执行多变量分析。背景数据可以辨别在处理产品单元中涉及的特定设备或设备的一部分,如在卡盘至卡盘的比较中。背景数据可以为工业过程中的获得表现在矢量中的测量值的阶段(步骤),例如在层对层的比较中。

[0097] 存储装置268被设置用于库数据,所述库数据可被用于识别多变量分析的结果中的图案。具体地,已经提到了某些标志印记类型可以被熟悉该过程的专家识别,并且该识别为其带来了某些可能原因和影响的知识。库数据可以存储参考矢量的集合,所述参考矢量的集合可以与从对象数据辨别的矢量匹配。一旦已经匹配了参考矢量,与其关联地存储的进一步的信息可以从存储装置中被取回,并且用于引导PCA设备250和/或RCA设备252的进一步的操作。例如,与库中的“漩涡(swirl)”标志印记一起存储的数据可能包括名称标签“漩涡”,并且暗示在受影响的产品单元的背景数据中寻找该标志印记和退火操作之间的相

关性。

[0098] 对象数据的示例:光刻工具对准数据

[0099] 如上面解释的,本文公开的诊断方法和设备采用对象数据,所述对象数据为从在每个产品单元上空间分布的点测量的数据。在产品单元为半导体衬底(晶片)的光刻生产设施的示例中,广泛的对象数据的特别感兴趣的源为在光刻工具中执行以特征化每一个晶片和在先沉积在晶片上的图案的测量值的组。这些测量被用于获得用于对准模型的参数,所述参数用于新的图案化步骤中以精确控制关于已经存在的特征所施加的图案的定位。

[0100] 标准的对准模型具有六个参数(实际上每一个方向X和Y具有三个),并且此外,具有更高级的对准模型。另一方面,对于目前使用中和研发中的最苛刻的处理,为获得期望的重叠性能需要晶片网格的更详细的修正。虽然标准的模型可能使用少于10个参数,然而高级的对准模型通常使用多于15个参数,或者多于30个参数。高级的模型的示例为更高阶的晶片对准(HOWA)模型、区域对准(ZA)和基于径向基函数(RBF)的对准模型。HOWA为基于第二阶、第三阶和更高阶多项式函数的公开的技术。区域对准例如被Huang等人的“Overlay improvement by zone alignment strategy”,Proc.SPIE 6922,69221G(2008)描述。RBF模型在公开的专利申请US 2012/0218533中被描述。可以设计这些高级模型的不同版本和扩展。高级的模型产生在目标层的曝光过程中被修正的晶片网格的复杂描述。RBF和最新版的HOWA提供基于几十个参数的特别复杂的描述。这暗示着需要大量的测量以获得具有充分细节的晶片网格。图3和4图示了可用于修正晶片网格失真的对准信息的形式,所述失真通过在晶片(衬底)W上的前一层中的对准标记(目标)400上的对准传感器AL来测量。每一个目标具有标称位置,所述标称位置通常关于具有轴线X和Y的规则矩形网格402被定义。每一个目标的真实位置404的测量值揭示了与标称网格的偏差。对准标记可以设置在衬底的器件区域内,和/或它们可以设置在器件区域之间的所谓的“划线”区域内。

[0101] 如图4所示,所有目标的测量位置404可以被数值处理以为该特定的晶片建立失真的晶片网格406的模型。该对准模型被用于图案化操作中以控制施加在衬底上的图案的位置。在图示的示例中,标称网格的直线已变成曲线,显示更高阶(高级)的对准模型的使用。不言而喻,图示的失真相比真实的情形被放大了。对准是光刻过程中独特的部分,因为它是能够修正每一个被曝光的晶片中的偏差(失真)的修正机制。对准测量形成在前一个层中的对准目标的位置。发明人已经意识到对准数据(以及诸如水平传感器数据等相关数据)总是被收集并且总是有效的。通过找到一种方式利用该数据作为用于根本原因分析的资源,本文描述的方法和设备大大提高了所述分析的实用性。

[0102] 第一诊断设备-背景技术

[0103] 图5以标号500图示了对准数据的非常简单的图示,所述对准数据可以在光刻工具200的测量工作站202处在衬底上被测量。每一个小箭头表示衬底上的特定标记通过对准传感器AS测量的标记位置相对于标称位置的位置和幅值。在空间分布在晶片上的点处测量的位置偏差的集合为一个特定的产品单元的对象数据的示例。所有产品单元具有标记和测量的相同的空间分布,但是实际偏差对于每一个晶片通常是唯一的。在众多产品单元上的对象数据(晶片测量值)的分析可以被执行以揭示可能隐藏在数据中的各种“标志印记”。已知的是,在所处理的衬底的生产中的不同步骤中的任何步骤可以为在衬底上的位置误差的分布贡献其自己的标志印记。以标号510示出了四种示例性的贡献。第一种贡献称为写入误

差,来自图案形成装置(掩模版)MA的误差。写入误差还可以包括由掩模版导致的失真。误差的另一种贡献在光刻工具LA的操作中。在该示例中,偏差是小的,并且在交变场中交替,图显示了典型的“扫上、扫下”(SUSD)的误差分布。在光刻术中可以被称为“机器标志印记”的这些误差以相对高的空间频率分布在衬底上。

[0104] 对晶片测量的进一步的贡献是所谓的“过程标志印记”,其源自光刻工具之外执行的步骤。图3中图示的第三种贡献是由蚀刻设备222中的产品经受的典型的失真图案。误差通常被径向对准,并且朝向衬底的周边变大。这种类型的图案类似“宽边帽(sombrero)”图案。在图3中图示的第四种类型的标志印记为所谓的“双漩涡”图案,例如可能强加在热退火步骤中,例如在设备224中。当衬底已经经历了这些不同的步骤并且随后在光刻工具测量工作站202或者在任何量测设备中被重新装载和测量时,作为所有这些不同的标志印记的组合的位置误差的复杂图案可以被观察到,如以标号500示出的。应当记住真实产品可能已经经历了几十个处理步骤,包括在不同设备和不同类型的设备中的图案化和处理的许多循环,很难知道哪种类型的设备对出现在成品中的误差有贡献,更不要说哪些独立的设备了。这些附加的处理循环的贡献被示意性地以标号512、514等图示。而且,这些特有的标志印记中的一个显著地出现在对象数据中的事实并不必然显示显著的误差源。例如,如果使用相同的工具或具有相似的标志印记的工具来图案化后续的层的话,光刻工具的SUSD标志印记可能显著地出现,而没有对重叠误差作出任何贡献。

[0105] PCA设备250利用为许多独立的产品单元(晶片)存储的所述对象数据的有效性以便以自动化的方式提取有用信息。分量矢量被辨别,每一个分量矢量对应于出现在对象数据中的标志印记中的一个。OCA设备的操作不依赖于背景数据或者甚至性能数据的有效性。根据本公开,RCA设备252是可选的,但是可在背景数据有效的情况下使用,以分析背景数据连同PCA分析结果,以进一步辨别可疑的设备和过程改进的机会。RCA设备的操作可以通过自动化的和手动的步骤的混合进行。

[0106] 图6图示了在通过光刻工具200的图案化操作的执行过程中、图2的实施例中的对象数据的采集。如已经描述的,光刻工具200的测量工作站202使用对准传感器AS测量空间分布在衬底W上的独立的标记的位置偏差404。如上面参照图4和5提到的,使用在光刻术中的对准模型可以为低阶或更高阶(高级)的类型。在本示例中,更高阶的修正模块602根据上面提到的HOWA方法计算对准模型406。该对准模型用在曝光工作站204处以将图案应用在衬底上。为了PCA设备250的目的,我们提出使用残余数据,而不是由对准传感器测量的偏差404。这是因为,在现代的高性能光刻设备中,大多数测量偏差将被对准模型补偿。因此,性能改进和诊断方法集中于检测和消除仍未被模型修正的小偏差。因此,一个选择是用作对象数据,没有被HOWA模型修正的残余偏差。然而,在本示例中,设计者已经作出了不同的选择。

[0107] 在本实施例中,选择使用仅仅低阶修正的减去之后的残差,使得高阶偏差无论如何显示在对象数据中(即使高阶偏差中的一些可能被光刻工具的操作中的HOWA模型补偿)。在残差中保留更高阶偏差可以促进产生的分量矢量的诊断解释。HOWA模型同时修正低阶和高阶偏差。在本实施例中,为了使低阶偏差可用于残差的计算,传统的6参数(6PAR)模型402'被单元604单独地计算。6PAR计算单元604可能已经被提供作为光刻工具管理软件的一部分,或者它可以特别地被提供作为诊断设备的一部分。低阶模型402'被从测量偏差404中

减去以获得残余偏差404'。这些残余变化404'被采集作为对象数据用于PCA设备250。在使用不同的更高阶的模型或者根本不使用更高阶的模型的实施例中,6PAR计算单元604可能已经被提供,并且残差404'可能已经被计算。例如,在上面提到的现有技术中描述的RBF模型通常在低阶偏差已经被诸如6PAR模型等低阶模型修正之后被用于仅修正更高阶的偏差。

[0108] 例如,在其它实施例中,在水平传感器(LS)数据被使用的情况下,在根据哪些标志印记最感兴趣而减去一些修正模型后,偏差可以再次被用作对象数据。在光刻术之外的应用中,可以应用相似的考虑以确定分析构建基础的对象数据的最佳形式。

[0109] 标志印记分解

[0110] 图7-9图示了在示例性的实施例中由第一诊断设备执行的分析中的步骤。在图7(a)中,我们示出了在第一衬底 $W(1)$ 上作为矢量 $AL(1)$ 的残余偏差的表示。每一个测量的偏差具有 x 和 y 分量。假设每一个晶片具有 n 个待测量的对准标记(或者至少,为了该分析的目的,用于 n 个标记的残余偏差被收集在对象数据中)。晶片号1上的第一标记的 x 偏差被标注为 $x_{1,1}$,而第一衬底上的第 n 个标记的 x 偏差被标注为 $x_{1,n}$ 。矢量 $AL(1)$ 包括第一衬底上的标记的所有 x 和 y 值。相似地,如图7(b)所示,第二晶片 $W(2)$ 的残余偏差被存储为矢量 $AL(2)$ 。该矢量的分量为在第二晶片上测量的 n 个标记的残余偏差,标注为 $x_{2,1}$ 至 $x_{2,n}$ 和 $y_{2,1}$ 至 $y_{2,n}$ 。在替代实施方式中,数据可以被组织成每一个标记位置的矢量,也就是说,矢量 $X(1)$ 将包括所有晶片的第一 x 值,晶片 $X(2)$ 将包括所有晶片的第二 x 值,如此类推。将在后面在单独的部分解释该替代实施方式。

[0111] 图7(c)图示了可以如何在多维空间中绘制每一个产品单元(晶片) $W(1)$ 、 $W(2)$ 等的“位置”,所述多维空间具有与在矢量 $AL(1)$ 、 $AL(2)$ 等中的元素一样多的维度。考虑到在平面图中呈现多维空间的限制,图7(c)仅仅呈现了前三个维度,即在每一个衬底上的前三个标记在 x 方向上的残余偏差。

[0112] 现在参照图8(a),可以看出可以如何将包括完整组的 m 个晶片的残余偏差的矢量组合成单独的矩阵 $AL(1-m)$ 。可以领会该矩阵的维度可以为几百行和几百列,这取决于每个晶片所测量的标记的数量 n 和包括在分析中的晶片的数量 m 。

[0113] 图8(b),其再次示出了每一个产品单元 $W(i)$ 如何被由在多维空间中的其矢量 $AL(i)$ 限定的点表示。这是可能的,因为每一个晶片的矢量 $AL(i)$ 的对应的元素对应于在产品单元(晶片)上的测量点(对准标记)的空间分布中的相同的位置。在理想的生产的情况下,所有晶片会自然地定位在原点0,在任何标记处都具有零位置偏差。在实际情况下,虽然它们远离原点0分布,但是它们不是随机地分布在多维空间上。相反,如图8(b)示意性地示出的,在典型分布中,代表独立的矢量 $AL(i)$ 的终点的点将以一定的相关度分布,例如多个集群是可识别的,并且具有一个或多个“异常值(outlier)”。另一方面,虽然这些集群在图8(b)的示意性的、三维图中是可见的,但是当被埋没在上百或更多维的空间中时它们不是容易辨别的。

[0114] 图9示出了在步骤(a)至(b)中第一诊断设备(本公开的设备的PCA设备250)如何将多维分布的矢量分解为也被称作标志印记的分量矢量。为此目的,在多变量统计中的各种技术是已知的,它们可以无论独立地还是组合地被用于从呈现在对象数据中的大量数据中提取一组分量矢量。

[0115] 在图9(a)处图示的步骤中,计算了平均矢量 $AL(avg)$,所述平均矢量代表表现在对

象数据中的所有矢量AL(1)至AL(m)的平均值。在图9(b)处,多维空间的原点通过从表达在原始多维空间中的矢量的每一个中减去平均矢量而偏移。这可以通过用x'代替x重新标注图9(b)中的轴线而被看出。应当理解该从原点0到新的位置0'的偏移为数学步骤,所述数学步骤可以通过在实际上从各个矢量中减去平均矢量而实现(在它们被存储的情况下),或者通过在值被用于计算时应用偏移而实现。如果需要,该值可以被规一化为任意比例。

[0116] 步骤(b)后的结果为 $2n \times m$ 维的测量矩阵AL(1-m),其中列为相对于新的原点0'的独立的向量。PCA设备用该矩阵计算数据协方差矩阵。使用传统的符号,协方差矩阵被指定为 Σ ,并且具有 $2n \times 2n$ 的维度,并且具有条目:

$$[0117] \quad \Sigma_{i,j} = E[(a_i - \mu_i)(a_j - \mu_j)]$$

[0118] 其中 $\Sigma_{i,j}$ 为矩阵的i行、j列的条目, a_i 和 a_j 为测量矩阵中的第i和第j行的条目(例如, $a_1 = [x_{1,1} \cdots x_{1,m}]$, $a_{2n} = [y_{n,1} \cdots y_{n,m}]$), $E(a_i - \mu_i)$ 为 a_i 中的条目相对于这些条目的均值的期望,并且 $E(a_j - \mu_j)$ 为 a_j 中的条目相对于这些条目的均值的期望。(注意,如果在测量矩阵中的值已经被相对于均值调整,如图9所示,那么项目 $E(a_i - \mu_i)$ 和 $E(a_j - \mu_j)$ 可被简化为 $E(a_i)$ 和 $E(a_j)$ 。)。使用紧凑的矩阵符号,协方差矩阵可被表达为:

$$[0119] \quad \Sigma = E[AL(1-m) * AL(1-m)^T]$$

[0120] 其中上标T表示转置运算符。作为对协方差矩阵的替代,可以计算相关矩阵。差值简单地为相关值已被归一化为从0(不相关)到1(完全相关)的范围。

[0121] 然后PCA设备利用在不同的目标或标记中的对准误差的空间相关性,以将数据投影到协方差矩阵的特征矢量上。这些特征矢量为在引言和权利要求书部分中提到的分量矢量的示例。这些特征矢量可以被解释为代表晶片至晶片的标志印记,其对每一个晶片的整体标志印记作出贡献。主分量分析或PCA为一种已知的分解技术,通过它可以执行该成分量矢量的分解。一些其它形式的分解也可以是感兴趣以使用的,如将提到的。在本说明书中对主分量矢量和PCA分析的引用应当被广义地理解为包含这些各种替代的分解技术,除非文中另有规定。

[0122] 图9(c)图示了已由图8(a)中图示的协方差矩阵的PCA分析找到的第一分量矢量PC1。该矢量PC1来自于计算,并且可被定性地理解为单一的矢量,所述单一的矢量捕获在多维空间中的测量点的最大方差。换句话说,每一个所测量的矢量可以通过标量系数乘以第一分量矢量表示(非常接近)。在本实例中,由于大多数所测量的矢量落入两个集群900和904中,分量矢量PC1的方向被不出所料地对准以穿过这两个集群,同时也被更小的集群902和异常值906影响。下一个分量矢量PC2被限定,如图9(d)所示。每一个分量矢量PC1、PC2等被限定为在从每个点中减去代表已经辨别的单个矢量或多个矢量之后捕获在对象数据中的点的分布的最大方差的一个矢量。在PCA处理中的分量矢量是正交的,如标号908所示。该过程继续直至足够数量的分量矢量已被辨别为止,而无论被测量的何物被设备的设计者和操作者设定。注意,虽然这些分量矢量的发现已经被描述为迭代过程,依次找到并减去每一个分量矢量,但是对于实际实施方式,并行的和顺序的方法都是可行的。

[0123] 如果在多维空间中的点被完全随机地分布,那么以足够精度描述该分布所需要的分量矢量的数量将几乎不少于 $2n$,即在每一个所测量的矢量中的元素的数量。然而,在真实的数据组中,在偏差和分布在晶片上的其它测量中有高度的空间相干性。因此,期望条目之间的很大的相关性,并且发现贡献可以被很好地描述为较少的分量矢量的组合。对于该找

到分量矢量的过程的另一个术语因此是降低维度。而且,这些分量矢量可以被期望与制作过程中的物理效应具有相当直接的关系,并且由此提供找到问题的原因的关键。基于已被示意性地图示在图9中的分解,第一诊断设备250可以传递一组分量矢量,为了分析目的,每一个产品单元的所测量的矢量可以被投影在该组分量矢量上。

[0124] 应当注意,在多变量分析中用作对象数据的测量可以仅仅为采取的并且可用的测量的子组。具有各种原因来仅仅选择某些测量。一个原因是简单以便降低所需的数据处理的量。更具体地,如果有人想分析整个晶片上的图案,则它可以将分析限制为覆盖整个晶片的场间的标记子组,即每一个场一个标记(“场”为用于图1的目标部分C的术语)。相反地,为了分析内场图案,测量的子组可以为仅从几个场中选取的场,但是几个标记分布在每一个场上。另一个示例将是与一个产品类型中的一层明确相关的子组;其它子组与其它层和其它产品相关。可以在每一个子组上单独地完成多变量分析,使得数据库与每一个光刻步骤有关。

[0125] 应当注意,在减去平均矢量之后执行多变量分析仅仅是一个可能的实施方式。此外,使用协方差矩阵执行多变量分析仅仅是一个可能的实施方式。正如通常地在PCA技术和多变量分析的现有技术中已知的,其它选择也是可能的。

[0126] 进一步地,决定组合所有的x和y标记位置到一个矢量中仅仅是一种设计选择。如果愿意,则可以完全分开地处理不同的坐标x和y。

[0127] 图10图示了如何使用在分量矢量轴线中的不同轴线上的投影来辨别感兴趣的产品单元。图10(a)图示了在由第一分量矢量PC1表示的轴线上的投影。我们看到在多维空间中的每一个产品单元的矢量 $AL(i)$ 如何被降为单维的值,即系数 $c(PC1)$ 。与在图9中的三维中看到的分布粗略地比较,集群900至904以及异常值906是可识别的。应用统计阈值到该分布上允许诸如点906的异常值被辨别。例如,附图中的910表示已被拟合成数据的高斯分布曲线,它的均值以系数 $c(PC1)$ 的均值为中心。可以建立统计意义的阈值,如912、914所示。点906和点916位于这些阈值之外,并且被辨别为感兴趣的。

[0128] 在该附图中和后面的附图中,被辨别为感兴趣的点将以它们的黑色为特征,与用于其它点的空心圆形成对比。本文使用的空心和实心圆仅仅是为了呈现非常简单的示例,并且是为了与专利附图的要求一致。在实际实施例中的PCA设备250和RCA设备252的用户界面中,相似的标记以及还有标志、颜色编码、不同的形状等等可被用于区分晶片的许多不同子组。虽然为了本说明,我们假设每一个标出点代表单个的产品单元(例如半导体晶片),但是设备还可以允许来自多个产品单元的数据聚合并且绘制为单一点。作为示例,用于在每一批(产品批次)中的晶片的数据可以被平均并且绘制为表示该批的单一点。这可以便于在所有的独立的产品单元的绘制可能太杂乱的情况下进行批至批变化的可视化和分析。设备的用户界面可以为用户提供简单的控制以开启或关闭不同类型的聚合。原则上可以在执行多变量分析之前执行聚合,但是这将以“埋葬”与各个边远的产品单元有关的信息为代价。

[0129] 图10(b)相似地示出了当投影到由通过多变量分析辨别的第二分量矢量PC2限定的第二轴线上时的相同的众多点的分布。在该视图中,集群900-904以及异常值906都落在由拟合的高斯曲线924限定的阈值920、922内部的中间区域。点916落在阈值之外,并且因此被标记为感兴趣的点。然而,在该投影上,点906没有落在阈值之外。其可以手动地或者通过

从分析中的另一个步骤中转移“感兴趣”的指定而被标记为感兴趣的点,但是其将不会通过对图示在图10(b)中的分量矢量PC2进行统计分析而自动地被标记。应当理解该统计计算在PCA设备250和/或RCA设备252内可以是自动的,然而也可以提供一定程度的手动选择/去除选择。用于辨别感兴趣点的阈值和分布曲线可以是用户可配置的。例如,可以使用西格马(σ),3- σ ,6- σ 等值。

[0130] 在图10(c)中,可以通过针对两个或更多个被辨别的分量矢量绘制产品单元来获得附加的信息。在该图示中,用对应于图示在图10(a)和(b)中的分量矢量PC1和PC2的系数的轴线示出了二维图。可能对应于设备250的印刷或显示报告的该图示将在多维空间中的所有点有效地投影到由两个分量矢量PC1、PC2限定的平面上。相似地,对于3D显示的情况,可以将投影执行到由三个分量矢量限定的三维空间中。用户界面可以为此提供3D显示。无论维度的数量是二、三、四或更多,该投影都可以被视为投影到为多维空间中的许多维度的较小的子组的平面或超平面上。查看图10(c)中的2D图,设备使用自动统计技术,和/或便于使用人工的观察和选择,以限定阈值930,在该阈值之外的点将被视为对于调查而言感兴趣的点。与在(a)和(b)中看到的一维视图比较,可以看出异常值906和916比在1D图中更容易辨别。

[0131] 图11(a)图示了在真实分析示例中从半导体生产设施中辨别的分量矢量号1、2和9的示例。第一分量矢量PC1可识别为“船头形(bow)”标志印记,专家可以将其识别为潜在地与由取向附生处理步骤引起的失真有关。第二分量矢量PC2为已经提及类型的“漩涡”分量,并且以退火步骤为特征。第九分量矢量PC9为以光刻工具中的SUSD效应为特征的“机器”标志印记。这些标志印记可以被PCA设备显示为诊断的辅助。如图11(b)所示,可以产生其它的显示/报告,它们绘出了对象数据在对应于分量矢量中相应的分量矢量的选定对的轴线上的2D投影。因而,例如,左上图1002通过其针对PC1的系数相对针对PC2的系数(标注为“1vs 2”)示出了晶片的分布。其它图1004给出了图1vs 3、1vs 4,以此类推,如所标注的。它们可以被设备顺序地或并行地显示。在每一个图中,分布的原点不必在中心处。已经添加了十字轴线1008以示出原点。

[0132] 例如基于分量矢量之间的观察到的相关性,绘出的成对值可以被用户选定和/或可以被设备自动选定。根据识别出的在存储在268中的库数据中的参考标志印记,可以指定标记。绘出的成对值可以被库数据中的提示引导。例如,“当参考标志印记A被识别出时,寻找与参考标志印记B的相关性”。注意,在多变量分析完成后,矢量可以被投影到任何矢量上,而不仅仅是辨别的分量矢量。

[0133] 在附图中未示出但是在实际实施例中重要的是,采样使用辨别信息再次被绘制,例如通过颜色和/或符号,使得不同组或其它不同的感兴趣的晶片可以在其各种集群和/或异常值位置方面不同。在一个图中为异常值的晶片可以通过颜色或符号标记,以便揭示它们在另一个图中的分布。以这种方式,可以看出不同的分量矢量之间的相关性。

[0134] 在图11(b)的右下图中,显示了曲线1012,其绘出了呈现在各个分量矢量中的分布的贡献百分比。如衰变曲线1012所示,特征化分布的信息中的大部分集中于少数的第一分量矢量中,而来自每一个进一步的分量矢量的贡献一直下降。注意,所获得并显示的所有信息可以从测量的对象数据中获得,并且不需要依赖于背景数据(所呈现的晶片的辨别除外)。同时,如果可以,可以使用诸如卡盘和/或ID层的背景信息。而且,被选定为重要的分量

矢量从通过分析的数据中出现,而不是已经被作为分量矢量进入已被寻找的预定标志印记(漩涡形、船头形、宽边帽形等)。因此,调查将通过限制检索为期望的效果和源而不被“蒙蔽”。此外,该分析可以揭示在测量本身中标志印记不然将被更大的贡献隐藏。这些分量矢量可能不会对各个对准标记的位置偏差贡献那么多,但是它们可以为如下情况,它们在对准模型中不被修正,并且因此对诸如重叠或CD等产品性能参数不成比例地作出贡献。例如,参考图11的示例,由分量矢量PC9呈现的SUSD标志印记可以被揭示,仅仅因为多变量分析逐一地有效地减去出现的分量矢量,从而又揭示每一个下一个最重要的分量矢量。

[0135] 虽然PCA分析结果可以用作对如下所述的自动或半自动根本原因分析的输入,然而该结果可以以各种方式被使用,而不将原因归结于它们。例如,已经建立了众多的产品单元在通过例如图11(b)中的2D图呈现的低维空间中的分布,可以使用自动机制比较来自新的产品单元的对象数据与已知的分布,以便它们一被生产就辨别异常值。这将被称为“偏离检测(excursion detection)”。如果一个产品批次包含在统计阈值之外的晶片,则该产品批次可以被确认为异常值批次。因此可以辨识批次至批次的可修正误差。此外,产品批次有时可以分享某些处理历史,所述处理历史使其更容易追溯异常值的原点。但是也可以为每一个晶片完成分析,并且然后通过给出来自相同批次的晶片相同的符号来检验该批次的行为。在实际设备中可以使用诸如不同的颜色和符号的许多辅助,其不能以这里看见的尺度呈现在黑白的专利附图中。此外如所显示的,图可以被凸显(或者手动地或者自动地)而成为醒目的,便于说明。图1vs 2、2vs 3和1vs 9被凸显在图示的示例中。

[0136] 如上所述,已知的PCA技术不是唯一的可被用于将多变量分布分解为几个重要的或者“感兴趣的”分量矢量的技术。例如,代替寻找最好地描述分布的每一个第一个矢量,人们可以为设备编程以寻找矢量,使得当投影到由矢量限定的轴线上时点的分布最大程度地为非高斯的(ICA)。该方法可以被期望更强地用于分开不同集群,和凸显用于后续的分析贡献,所述后续的分析贡献对于工业过程的一个或多个部分(而不仅仅是噪声的变化)是系统的。最大化分类/集群的分离性的投影可以为分解的目标,例如通过执行费希尔(Fisher)绘制。费希尔绘制为使用一些存储在264中的背景数据(图2中的虚线箭头)的“受监督的”多变量分析。该背景数据例如可以为卡盘辨别(然后该分析被执行以最大化关于卡盘至卡盘变化的影响的信息),或者为辨别独立的蚀刻设备的数据。PCA和ICA可以被执行为“不受监督的”方法,其意味着不需要背景数据。

[0137] 图12以流程图的形式综述了由如上所述的PCA设备250和下面将更详细地描述的RCA设备252的操作。在步骤S1中,用于众多产品单元(在该示例中,半导体产品晶片)的对象数据被获得并且编译到步骤S2中的协方差矩阵中。在S3中协方差矩阵被多变量分析处理。如上所述,多变量分析的作用是将对象数据中的所有矢量的分布分解成一组分量矢量,例如分量矢量。在步骤S4中,该组分量矢量与不同产品单元的辨别一起被处理以便以期望的方式分析该分布。结果可以部分地通过自动操作和部分地通过人类操作员交互而被处理和选定用于显示。

[0138] 随着生产继续,分析结果在步骤S5中被用于提供自动偏离检测。来自产品单元中的每一个产品单元或每一批次(批)的产品单元的新的对象数据在S6中被接收并且与在分量矢量维度中的一个或多个矢量维度中的分布进行比较,以检测落在主分布之外的产品单元(异常值)。如图10所示,该比较可以在一个或多个维度中进行。可选地,新的对象数据可

以增加到协方差矩阵中,并且用于将形成分量矢量的分解更新。在异常值(偏离)的检测之后,在严重情况下制造过程可以被中断,或者可以发起警报。可以触发进一步的测量,例如以决定是否某些产品单元或某些批次的产品单元可以进行下一个处理步骤,或者需要重新加工,或者需要被丢弃。替代地,这些效果可以基于分量矢量分析被直接触发。

[0139] 第二诊断设备

[0140] 在图12中的步骤S7中,RCA设备252执行根本原因分析。该设备将形成分量矢量的分解的结果与步骤S8中获得的性能数据和/或步骤S9中获得的背景数据组合。在步骤S10中可以显示或报告根本原因分析的结果,或者在步骤S11中它们可被用于产生修正以处理控制设定。在步骤S12中,对于新的产品单元(例如半导体产品晶片),生产继续应用修正,以通过减小一个或多个被辨别的标志印记来改进生产的产品。

[0141] 不是所有被辨别的标志印记都能够或应当被修正。定义标志印记修正可以被视为对该分析所揭示的问题的永久的解决方案,或者它可以是需要有责任的设备的维修或更换。修正在暂时的测量时可能是有用的,直到有责任的处理设备可以被重新校准或修复。如果误差不能充分修正,讨论中的设备可以从处理中略去(或者被重新指定为更少的关键操作)。此外,应当注意,修正一些标志印记可能使诸如重叠等性能参数更糟,而不是更好。这是因为从层到层保持一致的标志印记根本没有引入重叠误差,而辨别该标志印记和在后续的层中尝试修正它会引入重叠。不应被修正的标志印记的辨别可能通过在计算每一个产品单元的修正时移除该分量矢量而被存储和利用。

[0142] 此外,应被修正的标志印记可能仅出现在一些产品单元中,在PCA设备250和/或RCA设备252已经被用于辨别引起某些标志印记的背景的情况下,修正可以用相关的背景标准根据这些特定的产品单元的处理历史产生,使得它们可以被选择性地应用于进一步的产品单元的处理。因而,修正可以仅在该单元的处理历史同与该修正相关联的背景标准匹配时被应用于产品单元。应当理解,在光刻处理中,修正将常常以批次或批为基础而被选定和应用,而不是用于每一个单个的晶片。此外,应当理解修正可以应用于如下光刻操作中,即该光刻操作被设计为修正由产品单元已经经历的物理和/或化学操作引起的标志印记。背景标准可以根据从多变量分析的结果中提取的信息而不是明确的背景数据被定义。

[0143] 无需提前知道什么参数将是感兴趣的,对准数据和/或其它对象数据的采集可以在正常的制造过程的背景中执行。如果可能,可以收集过程背景数据和其它辨别数据。这些数据中的一些可以以匿名的方式采集,使得处理的机密性得到重视,而将分析外包。在所描述的实施例的整体形式内,可以构思多个“使用案例”用于新的设备。对于商业上的实施例的示例性的功能包括:“一键推送”,用于示出标志印记(前10,例如)加上平均标志印记(“PC0”);用于分量矢量或分量矢量的集群的标记的自动建议(例如,使用数据散布);特定的分量矢量或分量矢量组的性能影响(例如在重叠的纳米尺度上)的自动估计。某一个对准分量矢量的重叠影响的定性评价可以用对准-重叠(性能数据)的修正分析进行,即使对于定性计算来说充分的详细模拟没有被采取也是如此。

[0144] 用户界面可以提供给操作员以索取“相关的标志印记”,并且将报告以下内容的简短的列表:异常值晶片和批次;与异常值共同出现的处理工具。用户界面1200和观察仪1202可以显现各种类型的对准增量(下面参照图16和17可见);(颜色-颜色、步骤-步骤(层-层))。其可以显现数据组的散布,允许每个集群的“平均晶片”(平均的晶片)的自动聚集和

显现。工具和标志印记的共同出现可以例如通过贝叶斯网络或通过推导代表频繁出现的处理工具组的共同出现的图案的组而自动地被利用。如果诸如重叠等性能数据也是可用的,那么该设备可以将其与在对象数据中观察到的分量矢量关联(下面的图15)。

[0145] 在另一个使用类别中,代替正常理解的产生修正的步骤S11,设备可以产生用于控制或建议后续处理的一些方面的其它数据(选配方案)。在特定示例中,可以安排“对准顾问”,其建议对准传感器本身的更好操作(参见下面图17的讨论)。标志印记“库”可以累积在存储装置268中,在观察到与那些此前观察到的标志印记类似的标志印记时可以获取适于特定情况的选配方案。

[0146] 进一步的变形和应用包括:作为对象数据的重叠的分析、对准数据的颜色至颜色的分析;内场标志印记而不是(仅仅)本文所图示的场间标志印记的观察;改进的“飞行物移除”。

[0147] 例如,关于颜色至颜色的分析,应当注意对准传感器AS将通常用一定范围的不同波长的辐射(颜色)照亮对准目标,以改进通过重叠层读取的良好位置的机会。通常,对准“选配方案”将简单地选定单一的“最佳”颜色以用于在给定情况下读取标记,并且舍弃其它数据。然而,使用不同颜色获取的信号之间的比较可以揭示令人感兴趣的诊断信息。具体地,在标记内的结构通过处理变得失真的情况下,颜色至颜色的差异可以显示标记非对称性的存在。根据是否判断出由标记变形和测量步骤导致的明显偏差而不是标记的实际位置偏差所呈现出的标志印记,然后可以不同地产生用于后续的处理步骤的修正。

[0148] 飞行物移除是指相对于在同一晶片上的其它标记为异常值的各个标记的辨别。该“飞行物”的出现可能是由于多种局部因素,所述多种局部因素可以使用所辨别的分量矢量更容易地识别。

[0149] 根本原因分析的示例

[0150] 现在详述RCA设备252和图12的流程图中的步骤S5,对系统的操作员来说多种技术可用于执行分析以辨别存在于分析后的产品单元中的标志印记(分量矢量)的根本原因。返回参照图5,将回想起来某些标志印记可识别地与某些处理步骤关联。因而,如果“漩涡”标志印记PC1作为在多个晶片(而在其它晶片)中的贡献出现,那么退火处理和设备变成标志印记的原因的嫌疑。这是图示在图13中的情形。类似地,如果“鳞片形”标志印记PC2被观察到在多个晶片中强,则可能怀疑位置偏差部分地为由蚀刻步骤引入的物理失真的结果。在每种情况下,如图所示,例如基于高斯分布和 σ (标准偏差)值的统计计算可以被采用以从“正常”晶片1102中区分出具有许多漩涡的“异常值”晶片1100,和从正常晶片1112中区分出具有强的鳞片形标志印记的异常值晶片1110。注意,虽然一些晶片具有强的正系数并且其它晶片具有强的负系数,但是它们都代表强烈表示的标志印记,仅仅是用不同的符号。在该示例中的设备将同等地将正异常值和负异常值一起进行分组。如果需要,该设备可以提供功能以独立地对正异常值和负异常值进行分组。

[0151] 如果讨论中的产品单元在它们的历史中已经达到了这样的阶段,即它们已经潜在地在不同的设备中经历了几个退火步骤和其它处理步骤,那么它们中的一些具有比其它的产品单元更强的标志印记的原因可能很难在没有自动的辅助的情况下确定。

[0152] 如图12所示,在一个实施例中RCA设备252使用所确定的分量矢量(标志印记)结合来自存储装置264的背景数据,以辨别在所辨别的标志印记的强度与呈现在对象数据中的

产品单元的历史中的某些事件、设备或参数之间的相关性。执行分析以辨别在(i)代表产品单元的历史的背景数据264和(ii)由已经从对象数据260的多变量分析中出现的分量矢量代表的多维空间中的这些产品单元的位置之间的相关性。有许多该分析可以采取的形式,使得在实践中RCA设备可以提供一套功能,以根据手头的任务使用。除了背景数据之外,还可以使用性能数据266来发现在从产品单元测量的某些性能参数(CD、重叠)和在多变量分析中辨别的分量矢量之间的相关性。

[0153] 在图示的示例中,共同出现的关系的网络1120建立在晶片的历史中的某些处理设备(工具)TL#1、TL#2和TL#3和对象数据中的标志印记PC1和PC2的出现之间。这三个设备名义上可以相同,并且应当相同地执行,但是调查将揭示它们中的一个或多个是否在实践中正在导致不想要的效果。原则上,可以“盲目地”执行分析以寻找在任何所辨别的标志印记与在产品单元的历史中并且用于背景数据的所有参数的任何或所有事件和设备之间的相关性。替代地,如图示的示例,可以使用一些人类的或机器的专门知识以辨别所观察到的标志印记为蚀刻和退火步骤的特征,并且以寻找标志印记的出现和可能已经被用于执行那些特定步骤的某些工具或工具集群的使用之间的相关性。在图示的示例中,该分析报告共同出现分析值,其代表在晶片的历史中具有每一个工具的晶片的强烈地显示标志印记的百分比。该报告揭示了在三个工具之间,在晶片的历史中在一些点已经使用工具TL#1被处理的40%(分数0.4)的晶片具有强标志印记PC1(大系数 $c(PC1)$),而工具TL#2和TL#3的对应的百分比仅仅为5%。

[0154] 因而,工具TL#1被强烈地牵涉为生产过程中不佳性能的原因。这可以进一步触发被牵涉的工具的调查和/或再校准。其还可以触发依赖于历史的修正的产生(图12中的步骤S11)。该修正是对对准模型的添加,其可被自动应用于后续的光刻图案化步骤,无论何时背景数据显示特定的一个工具或多个工具在正被处理的晶片的历史中使用。注意,几个工具与相同的标志印记PCX有关,还将领会实际上被牵涉的工具附加于每一个晶片的标志印记可以彼此略微不同。然而,标志印记PCX作为近似于那些单个的标志印记是有用的。通过其它的分量矢量的检索可以揭示微小的标志印记并且因此揭示可被指定给每一个具体的工具的更具体的修正(如果该精度被视为必要的)。在每一种实例中,每一个修正被与背景标准相关联地存储,使得用于后续步骤中的晶片的背景数据可被用于确定是否应当应用该修正。因此可以改进后续晶片的处理,而与那些晶片是否已被包含在分析中无关。

[0155] 另一方面,关于在分量矢量PC2的分布中为异常值的晶片,工具TL#1仅仅被弱牵涉(共同出现分析值10%),而工具TL#2和TL#3都具有更高的共同出现分析值(20%、20%)。应当理解这些结果对某一工具的故障不是决定性的。例如将通常需要进一步的调查,以辨别在背景数据中的什么其它因素可以解释为什么被工具TL#2处理的20%的晶片具有强标志印记PC2,而80%没有。然而,由RCA设备使用多变量分析的结果提供的自动化至少在集中精力于处理的正确部分方面是有用的。该发现可以触发产生修正,或者自动地或者使用用户交互,如上面参照图12中的步骤S11所述的。

[0156] 在图示的示例中,感兴趣的背景数据本质上是分类的,并且表示工具的某一处理设备(蚀刻器、沉积室等等)组是否包含在处理每一个晶片的历史中。借由“分类的”,我们意指给定的特征或事件或者出现在(一次或多次)产品单元的历史中,或者没有。其它背景数据,例如指示什么温度设定被用于特定的处理步骤或什么修正强度被用于光刻工具中的处

理修正的参数,本质上可以是连续的。当其是性能数据266时,其本质上也可以是分类的或连续的。如果需要,连续数据可以转化为分类数据。例如,重叠数据本质上可以是连续的,但是晶片可以例如根据哪些在重叠分布中是异常值和哪些不是而被分类,或者根据哪些晶片落在一些绝对性能规范之外而被分类。分量矢量PC1等也可以被处理为连续的变量,或者它们可以被分类,如在图示的示例中。

[0157] 在背景数据或性能数据是分类的情况下,共同出现关系可以以上述方式通过频繁地发现分类项(即,工具和异常值)的共同出现组而被找到。共同出现关系发现的一个特定实施方式涉及可用数据的特定的预处理和待发现的共同出现图案的特定的类型。

[0158] 在该场景下,单个的数据库 \mathcal{D} 可以被构造,其连接用于每一个产品单元的对象数据和背景数据(和/或性能数据)。假设每一个产品单元的对象数据的投影是连续的,那么它首先被离散化,以便其对于发现所考虑的共同出现的图案是有用的。

[0159] 在给定所有产品单元的投影的分布的情况下,离散化投影的可能的方法是确定每一个产品单元是否相对于一个或多个标志印记构成异常值。这带来投影的对象数据的二进制版本,说明在给定该潜在的分布情况下该产品单元是否为异常值。

[0160] 在产生的数据库 \mathcal{D} 中的每一行由对象数据投影和背景数据(和/或性能数据)的产品单元的异常值指示组成。共同出现的图案 c 可以被限定为 \mathcal{D} 中的可能的变量的子组和它们的特定的例示(例如,PCA_1=异常值,并且Tool_1(工具_1)=Etcher_A(蚀刻器_A))。

[0161] 每一个图案 c 可以被看作是描述 \mathcal{D} 的特定部分的局部模型。通过选定一组图案 c ,由 \mathcal{C} 表示,可以构建用于完整的数据库 \mathcal{D} 的模型。模型 \mathcal{C} 的选择取决于选择的优化标准。该标准的一个示例是考虑编码方案,所述编码方案为每一个编码器 c 指定特定的编码数据库长度。在该设定中,最好的编码器是优化的模型。

[0162] 优化的共同出现图案组 \mathcal{C} 包含在 \mathcal{D} 中的变量(离散的对象数据、背景数据和/或性能数据)之间的重要(在给定选择的优化标准的情况下)的关系。该组 \mathcal{C} 可被用于使工具和分量矢量之间的关系显而易见。

[0163] 例如使用贝叶斯网络的概率分析可被使用,无论背景数据是分类的或连续的或离散的。在该方法中,通过“网络参数” θ 表示联合概率的网络被构建,所述联合概率为当使用某一处理工具时出现分量矢量异常值的概率。用于联合概率的初始选择可以被熟练工程师或通过从历史数据集中研究工具标志印记出现而被指定。该初始化将关于工具标志印记共同出现的“先验概率”指定为关于网络参数 $p(\theta)$ 的“先验”。在贝叶斯网络中,对来自新的产品单元的标志印记的出现和/或处理工具的牵连的观察可以被登记为网络中的“证据”(数据) D 。在给定当前的网络参数的情况下,观察的可能性 $p(D|\theta)$ 被计算,并且与先验 $p(\theta)$ 组合到在给定数据情况下对于网络参数的后验概率 $p(\theta|D)$ 中。这可以使用贝叶斯推理规则完成:

$$[0164] \quad p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta) \cdot p(\theta)}{p(D)}$$

[0165] 变量之间的条件独立性的假定(某些工具和标志印记的出现)可被用于使后验参数概率(“贝叶斯推理”)的计算易于处理,或者可以依赖计算最大化后验概率的参数设定 θ^* ,

$$[0166] \quad \theta_{\text{MAP}}^* = \operatorname{argmax}_{\theta} p(\theta|D)$$

[0167] 在假定平坦的先验(flat prior)的情况下(即,没有关于联合的工具-标志印记出现的概率的先验知识),该最后的表达式降低至最大似然估计:

$$[0168] \hat{\theta}_{ML} = \operatorname{argmax}_{\theta} F(\theta | \mathcal{D})$$

[0169] 通过该机制,来自新引入的产品单元的空间测量数据和/或背景数据可被用于更新对于特定使用实例的共同出现的概率,并且当足够的数据来到时完全定制。注意,对于新产品单元的空间测量数据或背景数据(或二者)的观察被允许,因为关于任何错失的(未观察到的)变量的概率可以通过前述的贝叶斯推理规则推测。

[0170] 概率分析的结果可被用于进行关于原因和效果的推理。分析的类型和复杂度是设计选择的问题。上述方法仅仅是示例。例如,从本设备的实验性使用中,已经观察到如下情形,即所感兴趣的标志印记的出现不单独地与任一个设备或处理操作的出现最强烈地相关,而是与操作或设备的特定顺序的出现相关。RCA设备因此可以提供用于将这种顺序辨别为背景数据中的参数的功能。

[0171] 图14示意性地示出了RCA设备252的操作的另一种模式,其中图形视觉化被用于允许修正被人类操作员观察到。在图的顶部,示出了PCA设备250和RCA设备252如何共用通用用户接口1200和视觉化模块1202,它们可以通过传统的计算机输入装置和显示屏实施。在图14的底部,示出了由视觉化模块1202产生的显示1204的示例。该显示提供了被分解为分量矢量PC1、PC2等的分量矢量的对象数据的特定投影,它们与表示(在该示例中)处理历史中包含的某些工具的背景数据一起被绘出。

[0172] 在1210中,图示了“漩涡”分量矢量PCX,其已经被辨别为是在由PCA设备250辨别的分量矢量PC1等之间感兴趣的。在1212中,示出了从处理顺序中的提取,所述处理顺序可以在背景数据中被表示为矢量P(晶片)。矢量中的每一个元素表示晶片的历史中的步骤,不仅包括所执行的步骤的类型,而且包括用于执行该步骤的单个的工具或工具集群。背景数据例如图示了是否工具TL#Y被使用。在背景数据中提供的详细程度是任意的,并且将取决于在给定的情形下获得的东西。在多变量分析中的对象数据的使用允许标志印记独立于任何背景数据被辨别,并随后与可用的背景数据结合使用。

[0173] 显示1204代表在三维空间中的点处绘制的晶片,所述三维空间由处理历史中三个特定的工具的出现限定,它们为工具TL#1、TL#3和TL#4。这例如可以为根本原因分析过程中的下一个步骤,其紧跟通过图13中图示的共同出现分析将这些特定工具辨别为嫌疑工具的步骤。工具可以替代地通过推导代表频繁出现的处理工具组的共同出现图案的组而被辨别为嫌疑工具。在晶片的处理中,每一个晶片可以访问工具多于一次,并且晶片根据它们已经访问给定的工具多少次(0、1、2、3次等)而被绘制在三维空间中。具有强标志印记(大系数c(PCX))的晶片在图中被用实心点凸显,而不具有该标志印记的晶片为白色(空心)点。

[0174] 该图揭示了关于每一个工具对标志印记PCX的影响的大量的信息。不涉及任何嫌疑工具TL#1、TL#3、TL#4的晶片被绘制在1220处。如图所示,它们都被用白色点表示,并且不具有强标志印记PCX。在TL#1轴线上,可以看到很少的具有强标志印记的晶片(如果它们已经被工具TL#1(1222)处理过两次或更多次的话)。在TL#3轴线上,我们看到已经被工具TL#3处理一次或两次的任何晶片正示出强标志印记PCX(1224)。在TL#4轴线上(如绘制的竖直方向),一些晶片已经被工具TL#4处理了一次(也被或不被其它工具处理),并且它们都具有标志印记PCX(1226)。从该视觉化中,RCA设备揭示了工具TL#1(虽然其在示出强标志印记的一

些晶片的处理中使用)在大多数实例中不是标志印记的原因。而工具TL#3和TL#4更可能是原因。同时,标志印记确实似乎同样被工具TL#1的重复使用引入。

[0175] 虽然在刚刚描述的示例中,图形视觉化被用于允许修正被人类操作员观察到,但是如果需要,人类操作员在散布相关的图案和聚集中的动作可以被自动化。

[0176] 该发现可以触发产生修正,或者自动地或者使用用户交互,如上面参照图12和图13中的步骤S11所述的。

[0177] 图15图示了RCA设备252的操作的另一种模式,这次将性能参数264与通过PCA设备250在对象数据上执行的多变量分析的结果关联。可以采用相同的用户界面1200和视觉化模块1202。在图示的示例中的性能数据为在某些处理步骤之后在晶片上测量的重叠数据。测量例如可以使用图2的量测设备240进行。

[0178] 可以看出在该实例中,性能数据为连续值,而不是分类数据。显示1240呈现了图形1242、1244,它们相对于重叠轴线(OVL)(垂直轴线)和标志印记PC1(水平轴线,图形1242)和标志印记PC2(水平轴线,图形1244)的强度绘制了晶片(都通过实心点表示)。在图形1242中,通过视察可以看出在标志印记PC1的强度和重叠方面的性能之间具有强相关性,而图形1244没有示出相关性。这允许操作员立即辨别哪个分量矢量与观察到的性能问题有关。具体地,明显强的标志印记可能对性能没有不利影响,而相对较弱的标志印记有非常强的不利影响。这例如可能是因为较强的标志印记在对准模型中被可靠地修正(图6),或者在每一个层中平等地贡献,因此对重叠没有影响。使用提供该见解的RCA设备,根本原因分析变成容易得多的处理。

[0179] 该发现可以触发产生修正,或者自动地或者使用用户交互,如上面参照图12和图13中的步骤S11所述的。

[0180] 除了为人类操作员用于解释的视觉化,诸如线性回归(线性拟合)的统计分析可以被执行以量化性能数据和分量矢量(标志印记)之间的相关程度(相关系数)。该分析的结果通过最佳拟合线1246图示在图形1242上。由于相关性可以以这种方式被量化,所牵涉的标志印记的辨别可以被自动化。同样,视觉化因此是根本原因分析的可选的部分。注意,如果重叠、CD和其它“性能”参数在空间分布成跨每一个晶片的点处一致地被测量,则如果需要,它们也可被用作对象数据。

[0181] 图16图示了RCA设备的操作的另一个模式,用于辨别在各个晶片的处理中层至层的变化。如上所述,对象数据可以包括同一产品单元的多个实例,其中它在处理中的不同阶段被测量。背景数据264包括连接这些实例的信息,使得标志印记在同一产品单元中的发展可以被绘制为其通过处理的进程的函数。注意,层至层关系在实践中还可以已经被包含作为在对象数据中的每一个条目的辨别的标签的一部分。在根本原因分析中数据的使用使其被视为用于本公开的目的的背景数据。

[0182] 在图16中,视觉化模块1202提供显示1260,在显示1260中,晶片相对于两个所辨别的分量矢量PC1和PC2被绘制。这两个分量矢量可能已通过先前的步骤(例如图13中示出的共同出现分析)或通过如图15所示的与性能数据的相关性被辨别为特别感兴趣的。替代地,RCA设备可以依次显示或分析参数的许多组合。应当认识到显示1260示出了如图10(c)所示的相同的图。如关于图10(c)解释的,图和施加的阈值930揭示了两个晶片为异常值,由绘制点906表示。显示1260示出了在对应的待揭示的晶片中的标志印记的发展的历史。猜想观察

到在处理中在层号5正被处理的阶段点906代表晶片 $W(i)$ 。其可以被标注为 $W(i, L5)$ 。用户界面1200允许操作员请求在显示中待凸显的相同的晶片的在先的实例。如所见的,该凸显揭示了在绘制的几百个点之间的在先的实例 $W(i, L4)$ 和 $W(i, L3)$ 。而且,一旦它们已经被凸显,对操作员来说明显的是标志印记已经被特别地引入到一些处理步骤中,在晶片在层4的测量之后和在层5的测量之前,也就是说,在步骤1304中。这大大辅助了标志印记的根本原因的辨别。在用于每一个层的工具相同的情况下,例如可以发现步骤的特定组合和顺序是被引入到步骤中的失真的原因。

[0183] 虽然图16的显示的简单检查非常清楚地揭示了标志印记在实例 $W(i, L4)$ 和 $W(i, L5)$ 之间的阶跃变化,但是这假定相关对的分量矢量已经被辨别。在该实施例中的RCA设备252包括自动工具以“开采”数据并且揭示相关的分量矢量是期望的。实例之间标志印记系数的改变可以被称为“德耳塔(Δ)”(为图示在图16中标注为 Δ)。德耳塔可以为一维的,德耳塔的数量可选地达到在多变量分析中辨别的分量矢量的数量,或者如果需要它们可以为多维的。例如,查看图16的二维图,可以充分辨别在分量矢量PC1的强度上的阶跃,或者它可以优选地辨别为在由选定的分量矢量限定的二维空间中的德耳塔(欧几里德)距离。

[0184] 通过计算在过程中的每一个阶段的德耳塔,对于所有分量矢量(如果需要),大的阶跃改变(例如在图16中图示的)可以被自动地辨别和报告。这可以为在图13-15中图示的分析的其它模式的使用和/或对工具本身的调查的触发器。特别是在分量矢量仅仅随着每一个所牵涉的处理步骤逐渐改变的情况下,可能问题被或者自动地或者使用用户界面产生的修正(如上面参照图12和图13中的步骤S11所述的)解决。

[0185] 德耳塔和多变量分析之间的相互作用可以采取许多形式。辨别的分量矢量的系数之间的德耳塔可以被计算和分析,如刚刚所述的。替代地或者附加地,在测量数据之间的德耳塔可以被计算,并且然后那些经受多变量分析的德耳塔可以被计算。作为进一步的替代例,用于感兴趣的产品单元的测量数据之间的德耳塔可以被计算,并且然后在从众多作为整体的对象数据的分析中辨别的分量矢量方面被分析。总之,诊断方法可以包括观察在用于一个或多个相同的产品单元的工业过程中在不同阶段的产品单元的测量值之间的改变,并且将测量的变化投影到在多变量分析中所辨别的分量矢量中的一个或多个上。这对于验证在图16中图示的分析的结果可能是有用的。将参照图17描述了一个示例。

[0186] 在图17中,层L1、L2等之间的不同处理步骤被标注为1300-1306。对于给定的晶片的对象数据AL揭示了标志印记PC1(例如),所述标志印记PC1从处理的开始(AL0)到结束(AL4)变得更强。猜想图16中图示的分析建议分量矢量PC2以及尤其是PC1正在示出步骤1304中的阶跃改变。该结果可以通过计算和显示如图17底部所示的对准测量(或其它对象数据)之间的德耳塔而验证。可以直接地看到代表由处理步骤1302引起的改变的 $\Delta AL(1, 2)$ 几乎为零,而代表由处理步骤1304引起的改变的 $\Delta AL(2, 3)$ 具有占主导的双漩涡标志印记。如果该双漩涡标志印记是由分量矢量PC1代表的标志印记,那么显示趋于确认物理数据对应于由设备执行的数学分析的结果。

[0187] 应当理解有许多种方式,所述方式为使本文公开的分析的类型可以用于执行鲁棒性的根本原因分析。在另一个场景中,由图16中的分析辨别的德耳塔可能不是在测量值之间的德耳塔中占主导地位的标志印记。在该实例中,可能在分析中具有瑕疵,或者可能在图16中凸显的标志印记分量矢量PC1是微小的标志印记(在步骤1304的情况下),并且被在附

图中在AL(2,3)处看到的双漩涡标志印记遮盖。分量矢量的组可以被用作“探针”以通过将德耳塔 $\Delta AL(1,2)$ 和 $\Delta AL(2,3)$ 投影在已经辨别的分量矢量上来揭示在德耳塔 $\Delta AL(1,2)$ 和 $\Delta AL(2,3)$ 中掩藏的分量矢量。

[0188] 虽然刚刚描述的分析涉及单一的晶片(产品单元),但是在实践中基于统计上非常多的产品单元将执行更稳定的分析。例如,如果图17中观察到的大德耳塔仅发生在产品批次中的一个晶片中,则相比当在所有经历相同处理步骤1304的晶片中都观察到时,在实践中可以使RCA设备252的行为不同。如果发现大德耳塔发生在一些晶片(或者一些批次)中,而没有发生在其它晶片中,则该分析可以与图13和14中示出的模式组合以使德耳塔的观察与过程中涉及的特定工具关联。该过程与图13或14中图示的相同,标志印记强度中的德耳塔被用于代替标志印记强度本身。

[0189] 上面的示例是指工业过程中在不同阶段测量的同一产品单元的不同实例之间的德耳塔,其可以被称为“步骤至步骤”或“层至层”德耳塔,如果对象数据是可用的,则可以形成其它类型的德耳塔。作为特定的示例,对象数据可以包括由不同传感器或以不同参数操作的同一传感器进行的同一特性的不同测量。例如在商用光刻工具中的对准传感器通常使用不同颜色(波长)的辐射、不同偏振、照射分布等等提供多种不同操作模式。这将识别不同产品类型以及产品中的不同层包含宽范围的材料和标记类型。除了控制这些参数之外,“对准选配方案”通常将指定对准标记的什么子组将在晶片上被测量,以节省时间并提高生产率。没有单一的“选配方案”适用于测量每一个产品上的每一个层。该新的设备可以基于在实践中的选定的方案的观察和/或通过识别某些类型的标志印记(其又建议特定的选配方案将得到青睐)而揭示用于选定更好的选配方案的机会。

[0190] 作为后一个特征的简单的示例,在“鳞片形”标志印记已经被辨别的情况下,用于未来的步骤的对准选配方案可以被调整为在晶片的周边区域包括更多的标记。作为另一个示例,某些被辨别的标志印记可以被已知为代表标记变形,标记变形又意味着针对这些标记报告的位置将经受不精确。不同的标记或标记的测量的不同模式可以被选定为将更不倾向于该变形,以便提高位置测量的精度。除了选定或取消选定完全用于对准的标记,标记可以在对准模型的计算中使它们的权重增加或减小。

[0191] 更一般地说,然后,该新颖的设备可以提供一定范围的“对准顾问”的功能。该设备可以模拟残差,所述残差将发生在不同的对准模型被选择时并且通过这些残差投影到从初始的对象数据中确定的分量矢量上而估计它们的适应性。使用诸如重叠数据等性能数据,该设备可以根据对应的对准对象数据辅助辨别高重叠产品单元和分量矢量分值之间的相关性。因此,在新的产品单元中观察到相似的分值可能表示性能下降并且可被用于及时的修正动作。附加地,对象数据的测量位置可以被优化以更好地捕获根据某些分量矢量的图案(例如,晶片变形图案)和/或抑制由于其它分量矢量引起的图案(例如,标记变形图案)。而且,将某些分量矢量归于它们的起源(例如,处理工具蚀刻腔、退火腔或者也许是光刻工具的步进和扫描操作)可以通过使矢量与某些在前面已知为与某些处理功能一起出现的矢量图案关联而被辅助,并且可以导致用于进一步的处理优化的专用的选项(修正;诊断)。

[0192] 任何或所有这些功能可以与存储在268中的标志印记库联系。在新的晶片中发现的标志印记可以被映射到库中的那些标志印记,以获取解释和推荐的选配方案改变。

[0193] 替代的实施方式

[0194] 如上所述,在不偏离本公开的的原理的情况下替代的实施方式是可行的。回想起来,在上面描述的和图7-9中图示的实施方式中,对象数据被排成矢量以形成为PCA目的的协方差矩阵,以使得每一个矢量AL代表一个产品单元(例如,晶片)的测量值。矢量的元素为在空间分布在产品单元上的点处从对准标记测量的x、y偏差。因此,多维空间的不同维度是在晶片上的不同位置处测量的所感兴趣的参数的值。维数对应于每一个晶片所测量的偏差的数量,并且通过参照这些偏差被测量的标记,我们可以称该多维空间为“标记空间”。注意,在那些实施方式中,由测量获得的对象数据和由多变量分析获得的分量矢量被表达在同一多维空间中。正如现在将解释的,替代的实施方式是可行的,使得在多变量分析之前和过程中的对象数据不必表达在与最终获得的分量矢量相同的多维空间中。

[0195] 图18例如图示了第一替代的实施方式,其将对象数据表达为多维空间中的矢量,但是其是不同的多维空间rom,所产生的分量矢量将被表达在其中。每一个矢量代表在多个不同的产品单元(例如,晶片)上在一个空间位置测量的所感兴趣的参数。在该替代的实施方式中,每一个矢量将对应于测量点中的一个,并且矢量的每一个元素代表在产品单元中的不同的对应产品单元上在该点处该参数的测量值。因此,多维空间的不同维度将是在不同晶片上在该位置处测量的参数的值。

[0196] 在所感兴趣的参数为从对准标记测量的x和y位置偏差的示例中,然后相比在图7-9中图示的实施方式,晶片和标记的角色被互换。空间晶片测量值的组被呈现为多个空间观察值,所述多个空间观察值在由m个晶片组跨越的空间中限定2n个矢量X(j)。来自晶片组的测量值和矢量的元素之间的对应关系被图形图示在图18中。与用在前面的示例中的“标记空间”形成对比,对象数据被表达所在的多维空间可以称为“晶片空间”。在数学上,这意味着(晶片)协方差矩阵 Σ_w 可以被表达为

$$[0197] \quad \Sigma_w = E[X(1-2n) * X(1-2n)^T]$$

[0198] 其中X(1-2n)是将对象数据表达为2n个矢量组的矩阵,2n个矢量组的元素为在m个不同晶片上的x或y偏差的测量值。该晶片协方差矩阵 Σ_w 具有m x m维度,在前面的实施方式中,标记协方差矩阵 Σ 具有2n x 2n维度。

[0199] 应当理解,在这些不同的实施方式中,相同的对象数据仅仅以转置形式被呈现。实际上晶片协方差矩阵的另一种表达形式是简单的:

$$[0200] \quad \Sigma_w = E[AL(1-m)^T * AL(1-m)]$$

[0201] 使用与图8中的(标记)协方差矩阵相同的符号。换句话说,PCA的其它的多变量分析可以使用标记协方差矩阵 Σ 或晶片协方差矩阵 Σ_w 执行。而且,可以表明,假设在对象数据矩阵(AL(1-m)或X(1-2n))中的列的均值和行的均值也为零,则当表达为标记空间中的分量矢量时,分析的结果将是相同的。该条件应用于平均矢量被减去的实施例中,例如图9(b)中图示的。

[0202] 更具体地,考虑到维度m x m的晶片协方差矩阵 Σ_w 在PCA分析程序的过程中被对角化。当列的均值和行的均值被减去时,归一化的分量矢量(特征向量)以及因此数据在该基上的任何投影与使用第一实施方式(标记协方差矩阵被对角化)获得的相同。由该替代方法获得的分量矢量因而可被用于与上面描述的方式相同并且将在下面进一步描述的方式提取诊断信息。

[0203] 在又一个方法的实施例中,对象数据的奇异值分解(SVD)作为多变量分析的形式被执行。在SVD方法中,对象数据直接以矩阵形式被分析,并且没有明确表达为任何多维空间中的矢量。然而,使用结果的直接操作,可以再次获得表达在多维空间中的分量矢量,其中它们可被用于提取诊断信息,如上所述并且将在下面进一步描述。

[0204] 我们进一步注意到如在我们的示例性实施例中实施的平均晶片的减法对于在多个晶片或其它的产品单元上的空间测量的分量矢量分解不是严格必要的。当平均晶片没有被减去时,占主导的分量矢量可以与平均值对准。

[0205] 不言而喻,本文公开的所有实施方式可以应用于在任何类型的产品单元上空间分布的点处的任何参数的测量。术语“标记空间”和“晶片空间”纯粹用于图示,并且不暗示它们背后的概念被限于在半导体晶片上的对准标记的示例。

[0206] 基于多变量分析结果的低分辨率数据的高分辨率重构

[0207] 如上面详述的,与特定的标志印记相关的各种制造过程干扰可能影响制造过程。明显地,希望在“实时”制造过程中快速检测过程干扰/或对应的标志印记和/或修正或抵消系统的过程干扰。上述的过程监测系统用于该目的。也希望减少致力于用于过程干扰的检测和修正的方法和相关的设备的时间和量测资源。

[0208] 在该部分中公开的是用于改进制造过程干扰的检测、使用可用的制造资源(例如,存储的过程数据)进行制造过程干扰的系统修正的方法和相关的设备。该方法采用在历史的测量上执行的多变量分析(例如,这里公开的实施例中的PCA分析)的结果。

[0209] 密集测量(即,具有高空间分辨率)被规律地实施以监测过程性能和(如果必要)产生用于过程优化目的的相关的修正。然而,高空间分辨率的测量耗费时间和资源,因此它们趋于仅仅在少量的批次上进行。

[0210] 稀疏的测量(即,具有低空间分辨率)被在每一个晶片上实施以监测时间和稀疏的空间测量的变化。低分辨率测量值/数据(下面被称为稀疏的对象数据)可以使用一个或多个量测设备240在曝光之前被收集,例如在测量工作站MEA处被收集,和/或在曝光之后被收集。

[0211] 图19给出了在图2的生产设施中的性能监测功能的原理。该方法可以在图12的方法中的监视步骤S5的背景下被执行。该方法可以使用测量的对象数据的多变量分析的结果被应用,不论诸如根本原因分析等其它步骤是否也使用相同或不同的对象数据被执行。如图18所示,测量值被载出期望的过程性能指示器PI,以确定制造过程漂移是否在由上限(UL)和下限(LL)界定的控制限值CL的区域之外。就这一点来说,测量值可以被视为性能数据,但是在本示例中它们涉及与已经被收集并且经历多变量分析的对象数据相同的参数。水平轴线代表时间或者在用于半导体晶片的批量生产过程的情况下代表晶片数量或产品批次数量。如上所述,一些晶片或产品批次将以高空间分辨率被测量(下称密集测量),而主要的监测测量将以低空间分辨率执行(稀疏的测量),以节省时间。

[0212] 现在参考图20,我们给出了重构方法的原理,而诸如主分量分析(PCA)的多变量分析技术可以被用于在过程性能监测过程中增强稀疏的测量的有效的空间分辨率。这可以被称为稀疏的测量的超分辨率重构,其通过基于空间差值执行历史记录用于为每一个晶片改进估计的标志印记的精度。已经提出了例如通过如下方式重构给定的稀疏的测量,即通过线性组合从来自于与本晶片相似的晶片的历史的密集测量数据获得的存储的密集的分量

矢量。注意,在本部分中给出的超分辨率重构的示例是基于PCA的。多变量分析的其它形式也可以被用于重构过程。

[0213] 图20给出了基于PCA的重构方法的示例。假设对应于特定的层和产品设计,密集(高空间分辨率)的测量已经在多个过去的晶片上进行。例如在图12的方法的背景下,这些测量在步骤S1和S5中进行。该测量例如可以为CD测量、重叠或聚焦,这取决于哪个参数被期望作为用于过程监测的性能指示器PI。PCA设备250已经处理这些密集的测量以获得“标志印记”或分量矢量的组(测量的参数因此被看作用于该分析目的的对象数据,而对于RCA设备252其上面已经被用作“性能数据”的示例。在本示例的背景下,其也可以被称作“监测数据”)。这些分量矢量被存储在268处的库中。库潜在地也包括关于来自不同层和不同产品的数据的通过PCA获得的标志印记。背景数据(图20中未图示)辨别数据库中的哪些元素与哪些层和产品有关。

[0214] 随后(例如在图12的监视步骤S5的过程中),在步骤S20中,新图案化的晶片经历相同参数(例如CD)的稀疏的测量。由PCA设备250从高分辨率测量中计算的分量矢量 PC_n 在步骤S21中从库中获取,使用辨别产品和层的背景数据以保证相关的分量矢量被获取。

[0215] 在步骤S22中,密集的分量矢量($PC_1, PC_2 \dots PC_N$)的子组可以从存储在库中的那些分量矢量中被选定。例如,所选定的分量矢量可以仅对应于具有超过等价的纯粹的高斯随机性的系数的系数的那些分量矢量。否则,分析结果可能不期望地被仅仅为噪声的数据影响。可以应用其它选定标准,例如基于根本原因分析已经被RCA设备252执行的更详细的背景数据来应用其它选定标准。

[0216] 在步骤S23中,给定的稀疏的测量(稀疏的监测数据)和选定的高分辨率分量矢量被用于执行超分辨率重构,以产生稀疏的监视数据的密集版本。在步骤S16中其被传递用于过程监测和/或控制。总之,当稀疏的测量在晶片上被实现并且代表该晶片的稀疏的监测数据被获得时,可以执行超分辨率重构,以基于存储的、可用的例如代表密集测量(例如为每一个产品和层获得的测量)的相关数据(分量矢量)重构稀疏数据的高分辨率版本。

[0217] 例如可以从代表CD或其它监测数据的给定的稀疏测量的多维矢量 M 开始通过下面的步骤执行超分辨率重构步骤S23:

[0218] (a)二次采样选定的分量矢量(PC_n)以模仿所接收的监测数据 M 的稀疏的采样方案。 $(PC_n)_L$ 可以代表分量矢量 PC_n 的稀疏版本。

[0219] (b)基于最小二乘准则确定最佳拟合,以便找到最好描述稀疏的监测数据的分量矢量的线性组合。在数学术语中,该任务是通过将测量的矢量投影到对应的分量矢量 $(PC_n)_L$ 上找到加权因子 c_n 。

[0220] (c)将原始(高密度)的分量矢量(PC_n)与在步骤(b)中发现的辨别的加权因子 c_n 求和,以重构监测数据 M 的高分辨率版本 M_H 。

[0221] 这里应用的重构技术与已知为在与计算机视觉有关的领域中应用的基于PCA的图像重构技术相似。该已知的技术公开在‘PCA based Generalized Interpolation for Image Super-Resolution’,C.V.Jiji等人,ICVGIP 2004,Proceedings of the Fourth Indian Conference on Computer Vision,Graphics&Image Processing,Kolkata,India,(2004)。然而注意,Jiji的参考文献完全在低分辨率图像的情况下工作。没有高分辨率的对象数据和高分辨率的分量矢量的库。仅有低分辨率的“特征图像”的库,其已经通过历史脸

部图像的数据库的PCA分析获得。主要应用于图像采集和传输的其它上采样(即,分辨率增强)技术例如在US6184935、US20110081094、US6603804、US7019777、US20070031065中公开。用于存储在数据库中的图像的增强的方法和设备例如在US7123780中公开。脸部识别和重构方法例如在US7379611、US20110305404中公开。发明人已经意识到来自这些参考文献中的任何一个的教导都可以用于辅助如这里公开的用于增强量测的重构技术的执行。

[0222] 应当理解,术语“稀疏”和“密集”是相对的术语,并且任一个术语没有暗示空间分辨率的绝对水平。而且,在一种情况下为高空间分辨率可能对于另一种目的或另一种类型的数据是低空间分辨率。

[0223] 虽然这里已经参照图7-9使用对应于上述示例的PCA的实施方式描述了重构方法,但是该重构方法还可以适于使用上述的替代的实施方式。

[0224] 用于改进性能监视的重构的应用示例

[0225] 图21是工作流程图,其呈现出包括上面图示的类型的超分辨率方法的性能监测功能。性能监测功能可以在控制器中执行,例如用于实时过程修正和/或在诸如图2中示出的制造设施中预/后处理的数据。其可以例如为监测图12的步骤S5的实施方式,并且可以供给修正步骤S11或单独的修正步骤。

[0226] 在步骤S30中,形成监测数据的测量变得可用。监测数据的空间分辨率在步骤S31中被监测。如果数据通过密集测量获得,那么在步骤S32中它可以作为对象数据附加给存储在268中的库(图12中的S6)。PCA设备可以立即或在偶然的基础上被更新。在步骤S33中,所监测的晶片或产品批次的高分辨率的标志印记以与正常的性能监测过程相同的方式被估计。例如,空间和/或时间平滑可被用于减小测量中的噪声。在步骤S34中,传递对应的修正并且使对应的修正可用于控制器,以提高后续生产的性能(图2的步骤S12对应)。

[0227] 如果新的监视数据仅仅通过稀疏的测量获得,那么在步骤S35中预估稀疏的标志印记。再一次,这可能包含空间和/或时间平滑以减小测量中的随机噪声的影响。在步骤S36中,过程指示器PI相对于如图18中描述的控制限值被测试。如果性能指示器在控制限值CL之外,那么流程前进到失控的动作步骤S37。根据设计和误差的严重程度,生产过程可以被终止,或者可以至少发送警报给控制器。如果性能指示器在限值范围内,那么在步骤S38中,检查是否相关的PCA结果在268处的库中是可用的。如果合适的结果是可用的,那么在步骤S39中超分辨率重构被应用于稀疏的监测数据。这可以如上所述参照图18执行。在重构后,监测数据的高分辨率(密集)版本可以被传递给步骤S33,用于性能监测和修正。然而,在传到步骤S33之前,重构在步骤S40中被执行品质检查。如果步骤S39的数据重构过程因一些原因被判定为不成功,那么控制再次传到步骤S37,以触发失控动作。回到步骤S38中,在不充分的PCA结果在库中是可用的情况下,性能监测功能可选地可以在步骤S41中产生可被传递给控制器的低分辨率修正。

[0228] 假设充分大小和品质的库能实现性能监测功能,则刚刚描述的重构方法可以桥接在大容量制造过程中稀疏和密集测量之间的缺口。关于在步骤S40中的品质检查,例如可以为分量矢量的最小二乘拟合仅仅产生与接收的监测数据的差相关性。这显示在所监测的晶片中存在一些效果,所述效果在呈现在库中的PCA分析中使用的历史对象数据中没有被看到。以这种方式,当当前的测量明显相异于过去的观察时,监测过程能够发出警报,例如,如果分量矢量拟合残差的方差超过对于给定应用的特定阈值即是如此。注意,该品质检查可

以给出故障的早期指示,即使性能指示器本身仍然在控制限值的范围内也是如此。

[0229] 总之,超分辨率重构方法的输出可以产生几点好处:

[0230] -超分辨率(SR)重构方法提供可应用于每一产品批次的可靠的高分辨率修正,因而提高了用于临界层的产率。

[0231] -对于亚临界层的量测努力可以以较低的性能损失被减小,因而对于临界过程允许更广泛的更高分辨率的测量。

[0232] -性能变化可以在早期阶段被检测,因而节省了重复加工的花费,并且允许更好地规划密集测量。

[0233] 超分辨率重构(SR)方法的替代的和/或附加的应用示例例如是精细过程漂移(例如标志印记随时间的变化)的检测。标志印记变化目前通过性能指示器监测,所述性能指示器监测变化幅值,但是不监视变化的空间轮廓。因此,小的过程漂移可能不被检测,直到达到可能影响制造过程的“临界点”为止。SR方法可以被执行以检测标志印记空间轮廓的小的时间变化。

[0234] 替代地,SR方法可以与稀疏的测量并行地被用于“相对稳定的”亚临界层的监测,以减小执行高分辨率测量的频率。在这种情况下,高空间频率的渐变可能不被检测。

[0235] SR方法还可以辅助提高产率。例如,在临界层呈现随时间变化的高空间频率标志印记的情况下,优选的是密集地测量每一产品批次;然而,如上所述,广泛的测量在实践中并不可行。使用从稀疏的测量到密集测量的超分辨率重构允许对处理子选配方案进行更新,以减小的时间迟滞执行处理子方案,因为不必等到进行下一个高分辨率测量。

[0236] SR方法可以被应用于除了诸如CD和重叠等性能参数之外的测量。在光刻图案化步骤内的调平和/或对准程序还可以在它们的计算设备和相关的过程中从SR方法的实施方式中获益。例如,在调平和/或对准程序中,SR方法可以辅助增强空间分辨率和/或增大高度图和/或基于“历史”数据的水平测量的精度。减小实际测量的密度可以有助于增大生产率。

[0237] SR方法还可以辅助减小对扫描电子显微镜(SEM)测量的全芯片数值模拟的校准所需要的SEM测量的量。例如,SEM测量可以在较少的层上实施。然后SR方法可以被应用于稀疏的测量,以限制用于后续工作的量测花费。

[0238] 硬件实施方式

[0239] 上述方法的步骤可以在任何通用的数据处理硬件(计算机)内自动化,只要其能够访问对象数据,并且如果需要,能够访问性能数据和背景数据即可。设备可以与诸如图1所示的光刻设备控制单元LACU或整体过程控制系统等现有的处理器集成。硬件可以远离处理设备,甚至位于不同的国家。图22中示出了合适的处理设备(DPA)的部件。该设备可被设置用于装载包括计算机可执行代码的计算机程序产品。这可以使得计算机组件在计算机程序产品被下载时执行如上所述的PCA设备和/或RCA设备的功能。

[0240] 连接至处理器1227的存储器1229可以包括许多存储部件,例如硬盘1261、只读存储器(ROM)1262、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)1263以及随机存储器(RAM)1264。并不是需要设置所有上述的存储部件。此外,并不一定需要上述的存储部件在物理上非常靠近处理器1227或彼此靠近。它们可以定位成离开一距离。

[0241] 处理器1227还可以连接至一些类型的用户接口,例如键盘1265或鼠标1266。还可以使用本领域技术人员已知的触摸屏、轨迹球、语言转换器或其它接口。

[0242] 处理器1227可以连接至读取单元1267,其被布置成从数据载体(例如软盘1268或CDROM 1269)上读取例如成计算机可执行代码形式的数据,和在一些情形下将数据储存到上述数据载体。还可以使用本领域技术人员已知的DVD或其它数据载体。

[0243] 处理器1227还可以连接至打印机1270,以将输出数据打印在纸张上以及打印至显示器1271,例如监视器或LCD(液晶显示器),对本领域技术人员来说已知的任何其它类型的显示器。

[0244] 处理器1227可以通过负责输入/输出(I/O)的发送器/接收器1273的方式连接至通信网络1272,例如公共开关电话网络(PSTN)、局域网(LAN)、广域网(WAN)等。处理器1227可以布置成经由通信网路1272与另外的通信系统通信。在本发明的实施例中,外部计算机(未显示),例如操作者的个人计算机,可以经由通信网络1272登录到处理器1227中。

[0245] 处理器1227可以被实施作为独立的系统或并行地操作的多个处理单元,其中每个处理单元被布置成执行更大的程序的子任务。处理单元还可以被分成具有多个子处理单元的一个或更多的主处理单元。处理器1227的一些处理单元可以甚至定位成离开其它的处理单元一定距离且通过通信网络1272通信。可以以有线方式或者无线方式进行模块之间的连接。

[0246] 计算机系统可以是任何信号处理系统,其中模拟和/或数字和/或软件技术被布置成执行此处讨论的功能。

[0247] 尽管在本文中可以做出具体的参考,将所述光刻设备用于制造IC,但应当理解这里所述的光刻设备可以有其他的应用,例如,集成光学系统、磁畴存储器的引导和检测图案、平板显示器、液晶显示器(LCD)、薄膜磁头等制造。如上所述,本发明可以应用于与光刻术相隔很远的工业处理应用中。示例可以在光学部件、汽车制造、建筑物的生产中——对象数据以在产品上的某些空间分布进行测量的形式存在的许多应用中。作为光刻术的示例,经受多变量分析的测量组可以为针对不同产品单元进行的测量和/或测量相同的产品单元的不同实例。尽管以上已经做出了具体的参考,在光学光刻术的情形中使用本发明的实施例,但应该理解的是,本发明的实施例可以用于其他类型的光刻术中,例如压印光刻术,并且只要情况允许,不局限于光学光刻术。在压印光刻术中,图案形成装置中的拓扑限定了在衬底上产生的图案。可以将所述图案形成装置的拓扑印刷到提供给所述衬底的抗蚀剂层中,在其上通过施加电磁辐射、热、压力或其组合来使所述抗蚀剂固化。在所述抗蚀剂固化之后,所述图案形成装置从所述抗蚀剂上移走,并在抗蚀剂中留下图案。

[0248] 这里使用的术语“辐射”和“束”包含全部类型的电磁辐射,包括:紫外(UV)辐射(例如具有或具有约365、248、193、157或126nm的波长)和极紫外(EUV)辐射(例如具有在5-20nm范围内的波长)以及粒子束,诸如离子束或电子束。

[0249] 以上的描述是说明性的,而不是限制性的。因此,本领域的技术人员应当明白,在不背离所附的权利要求书的精神和保护范围的前提下,可以对所述的本发明进行修改。此外,应当领会,在本文中任一个实施例中示出或描述的结构特征或方法步骤可以同样用于其它实施例。

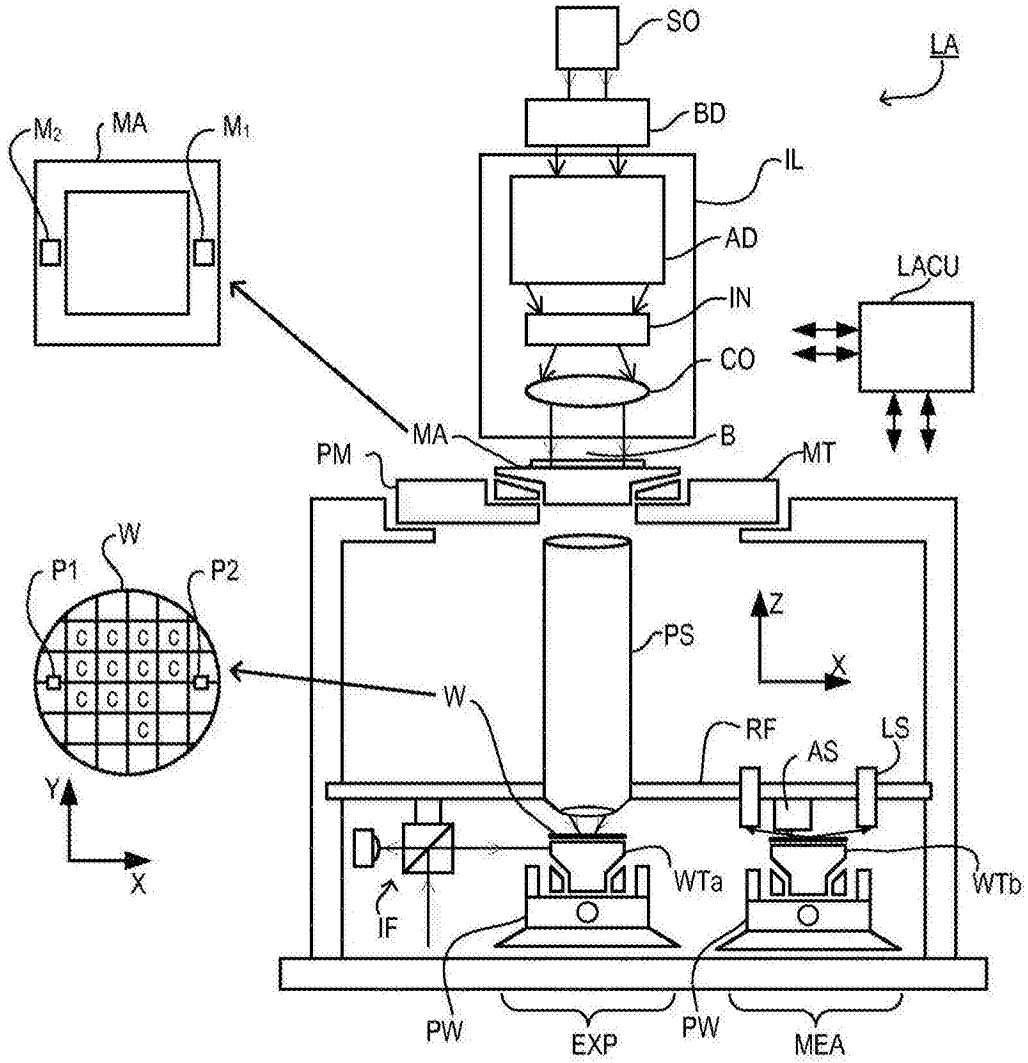


图1

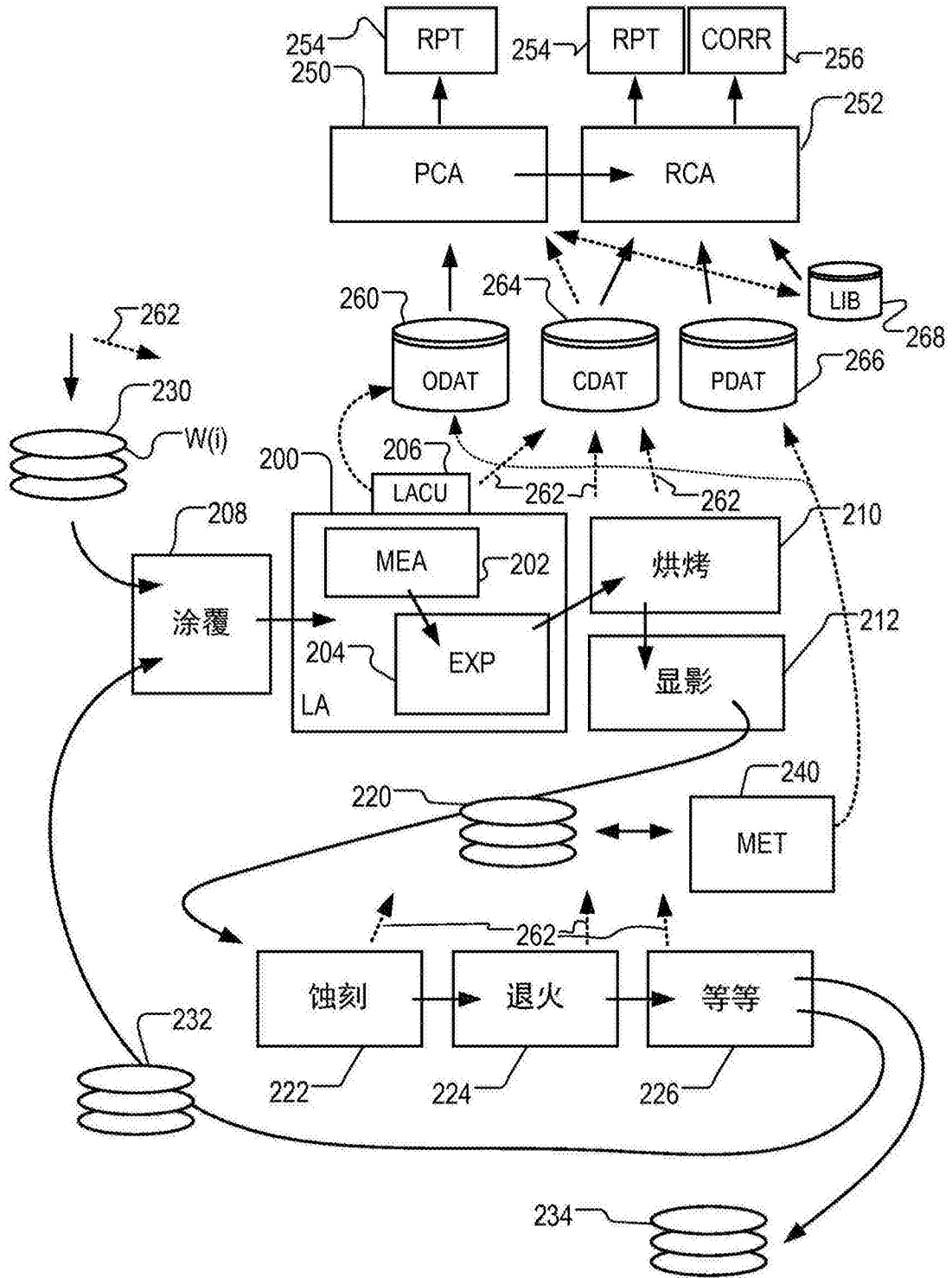


图2

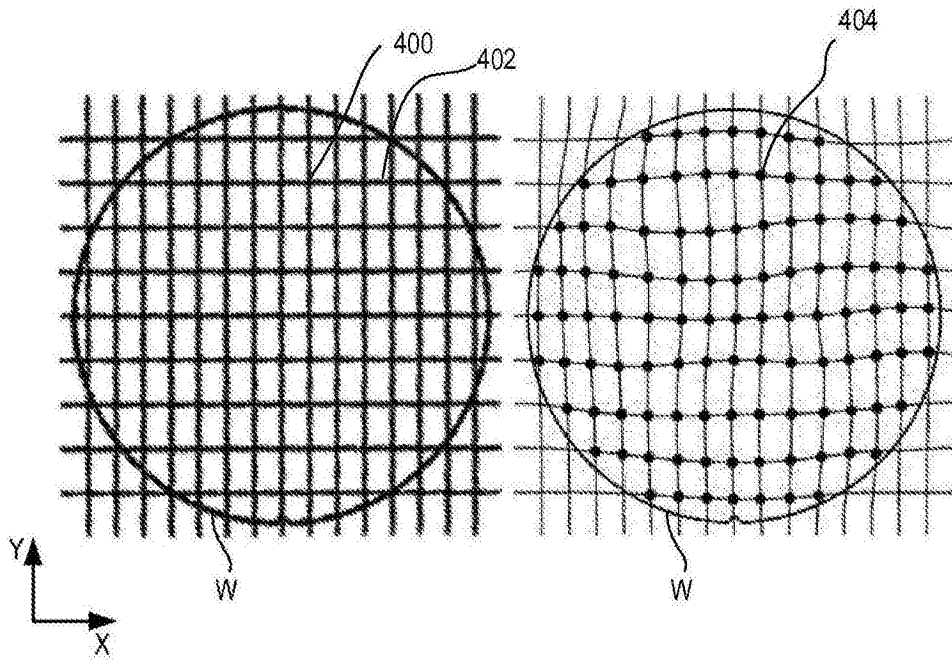


图3

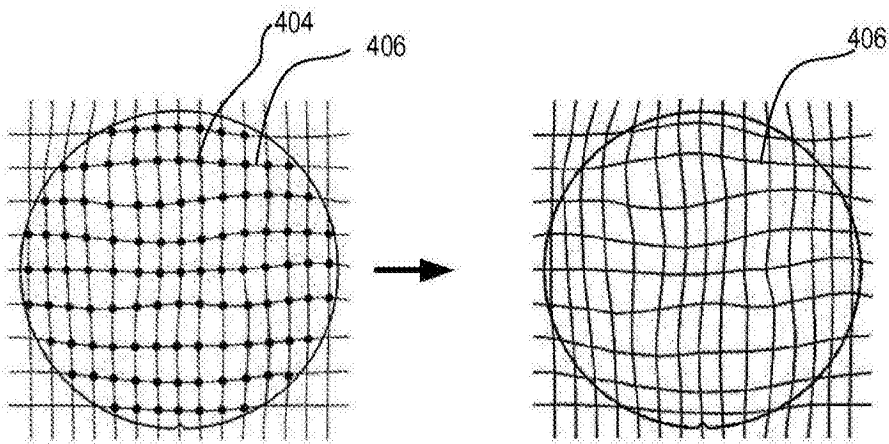


图4

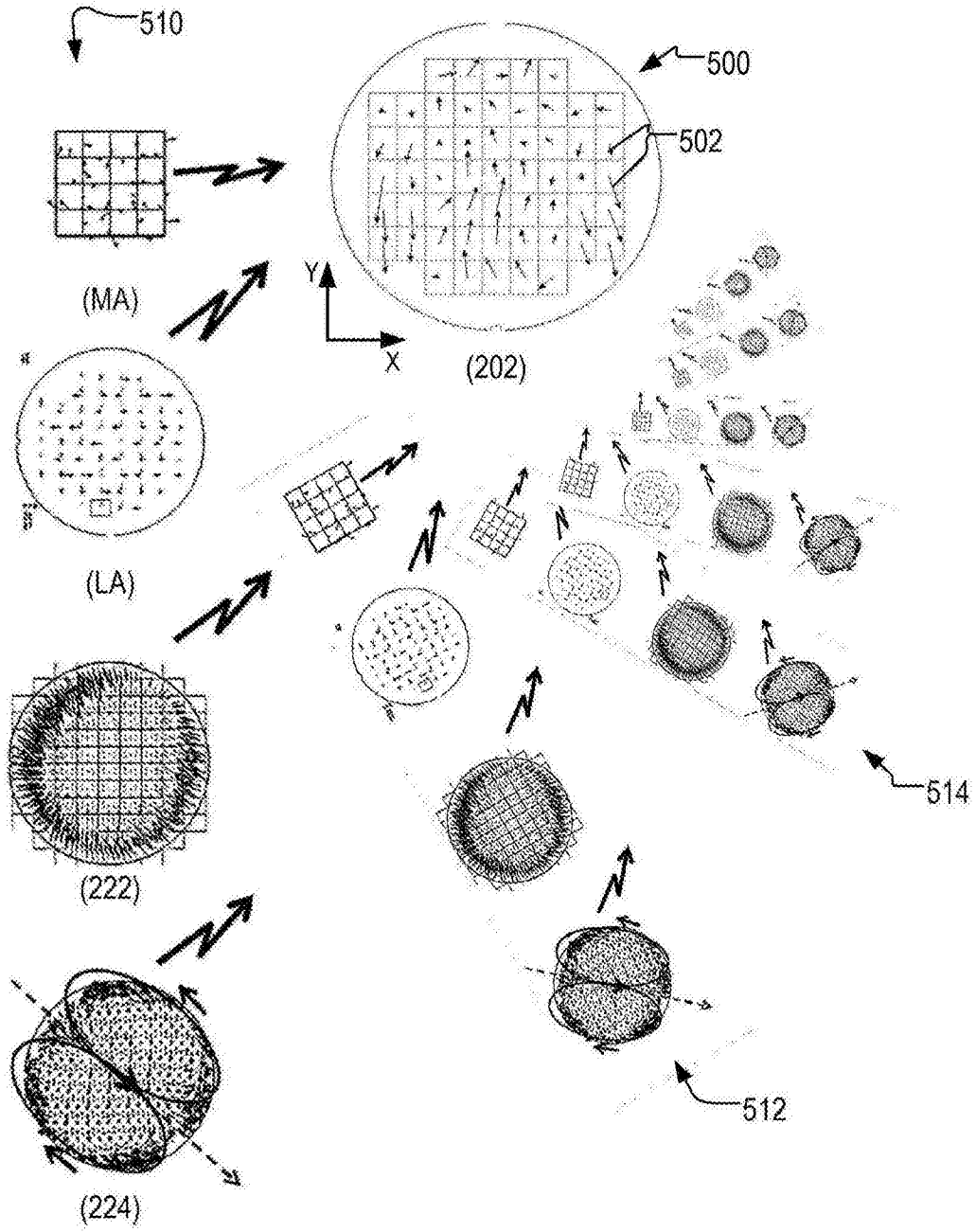


图5

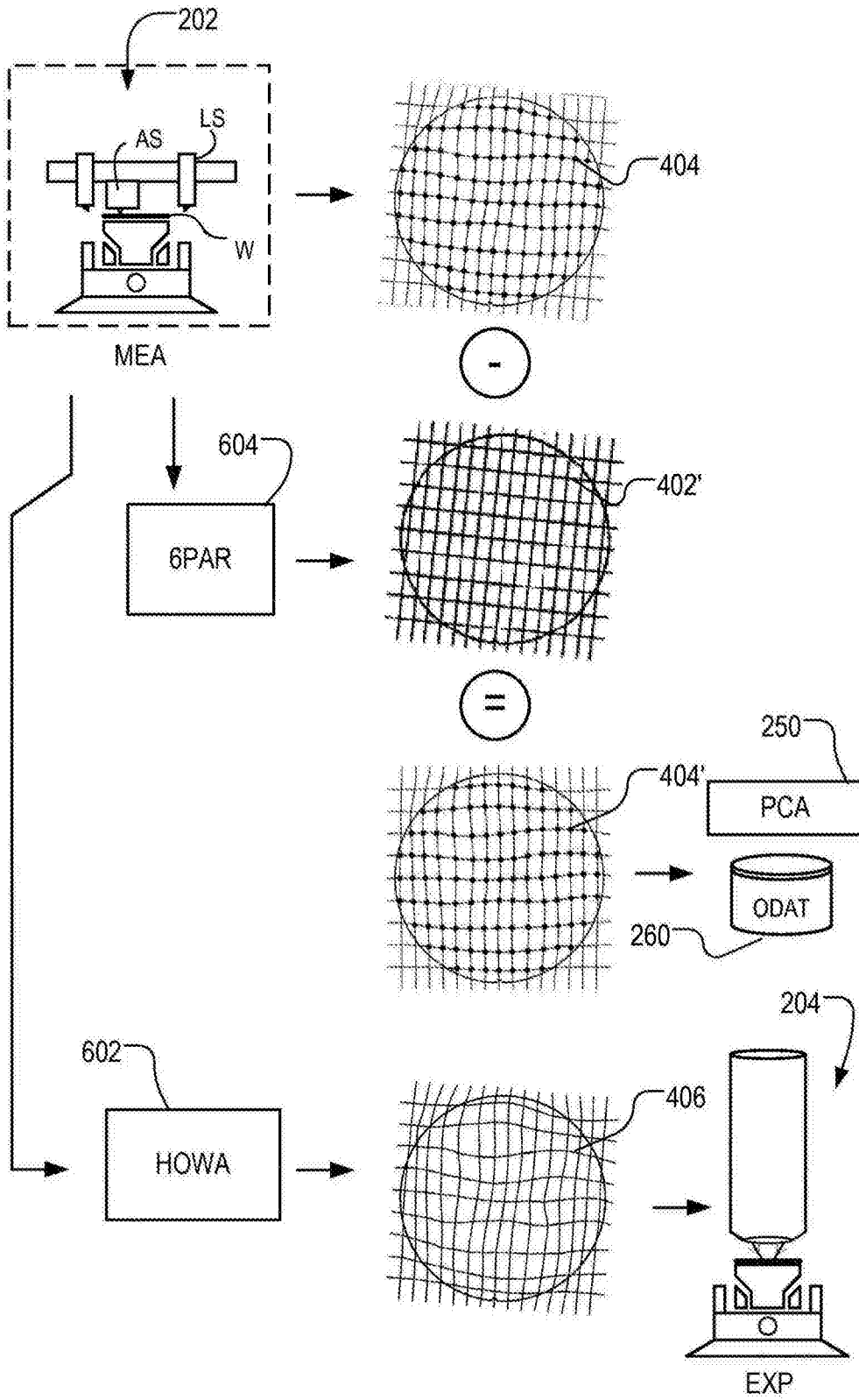


图6

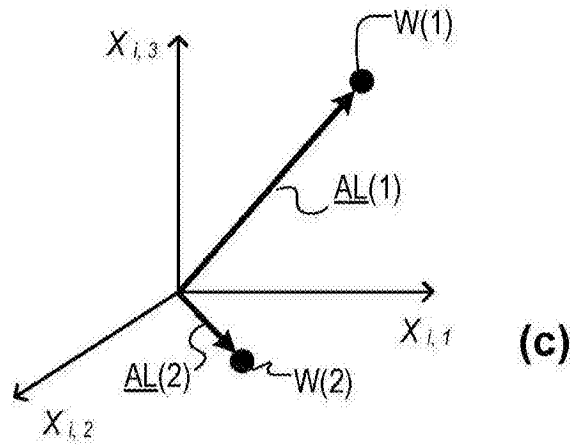
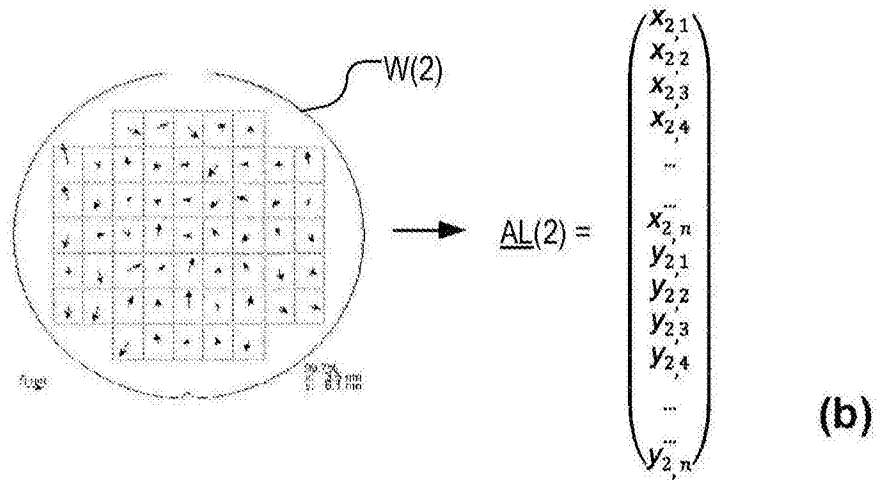
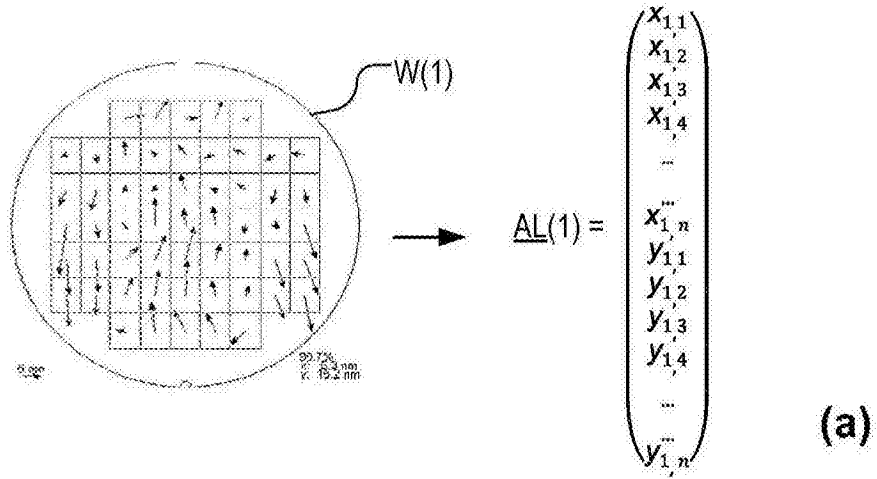


图7

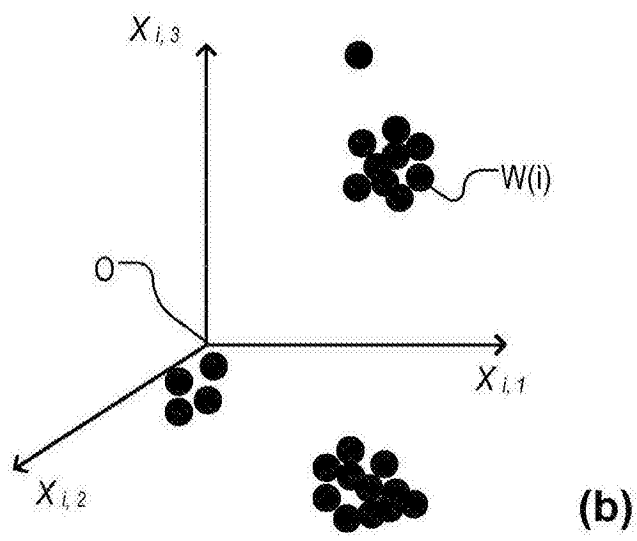
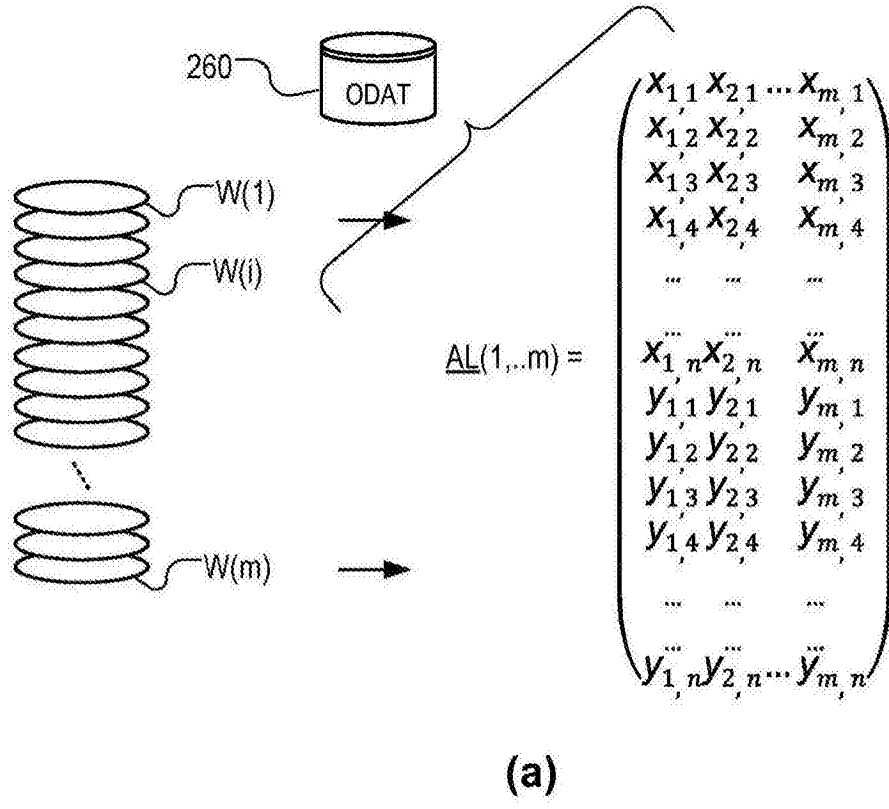
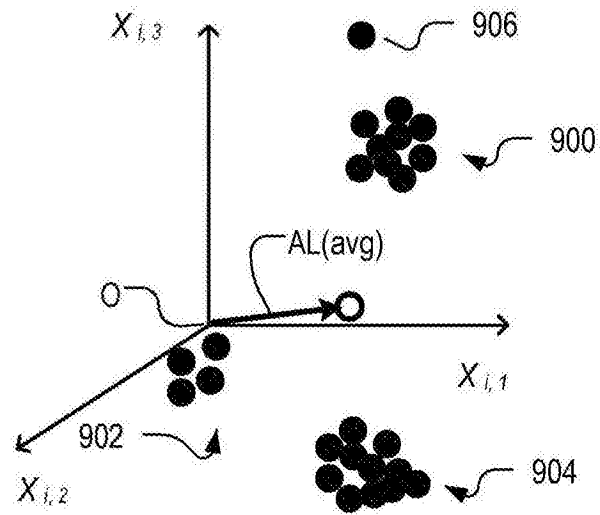
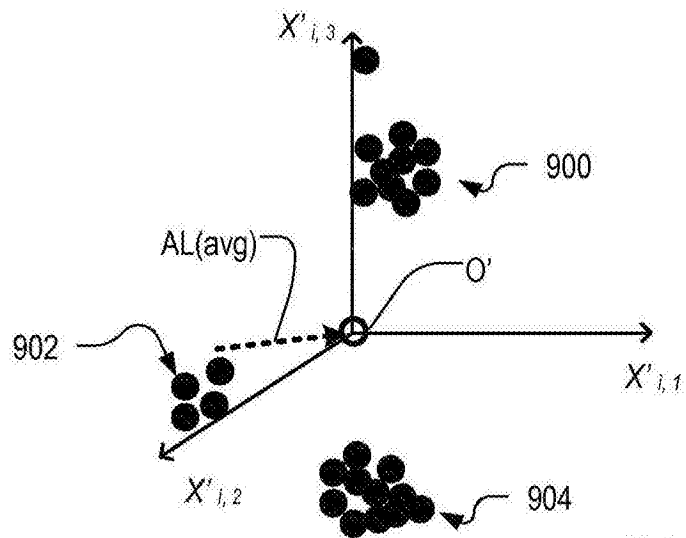


图8



(a)



(b)

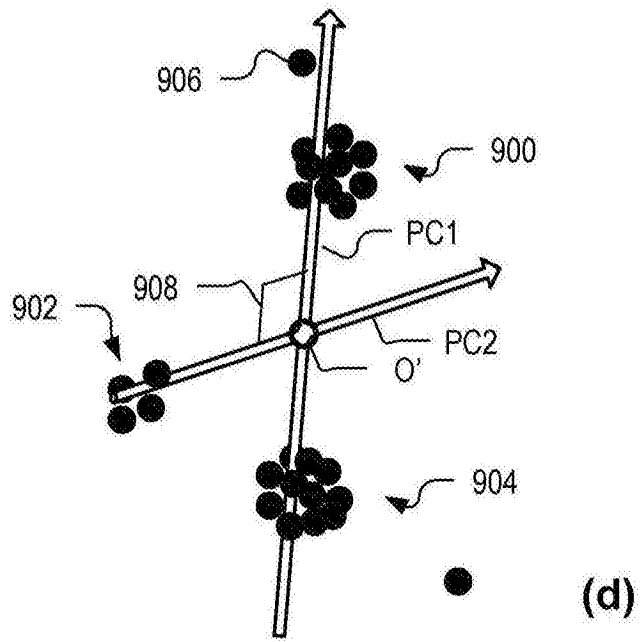
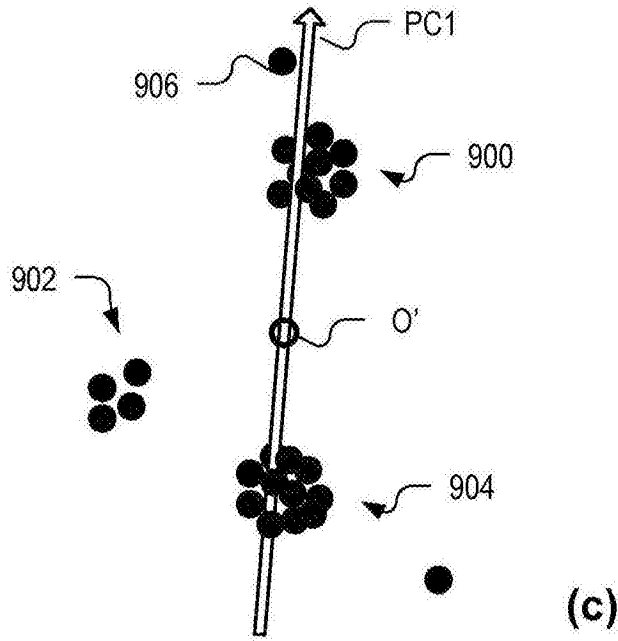


图9

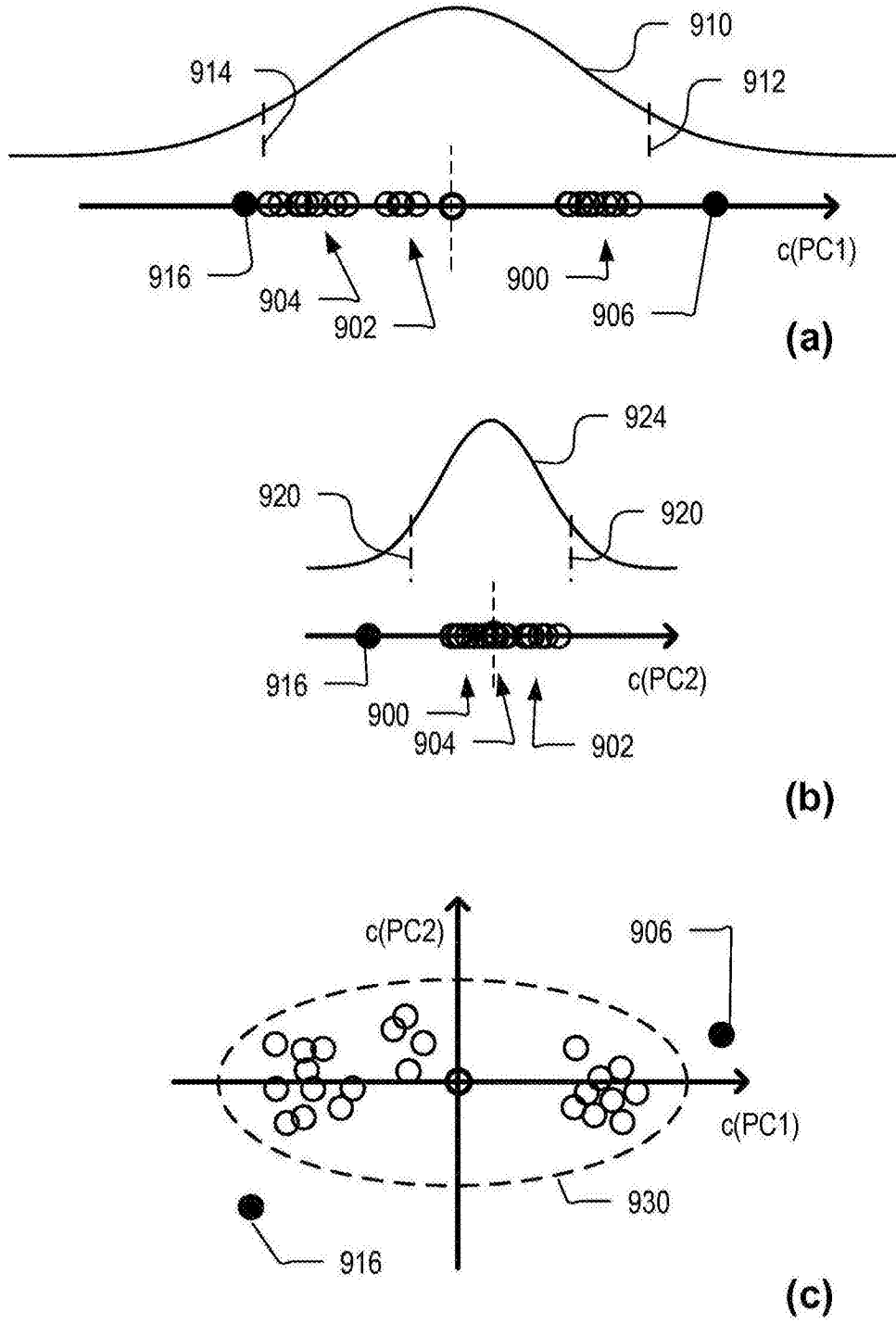
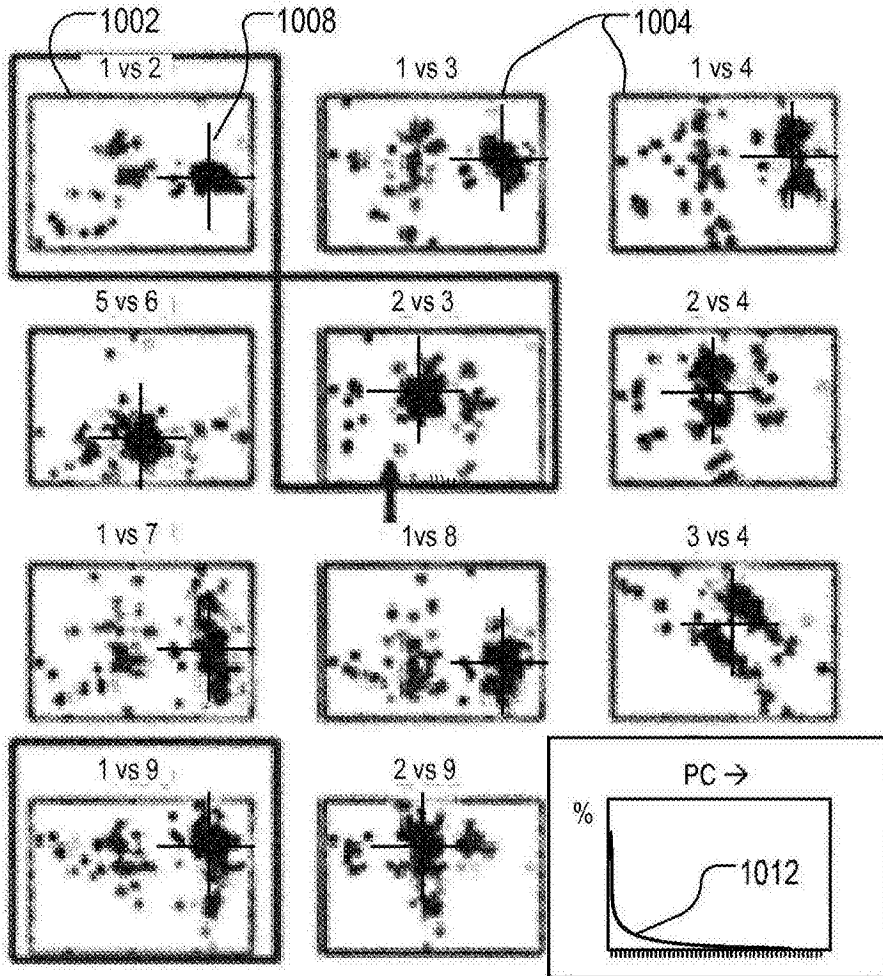
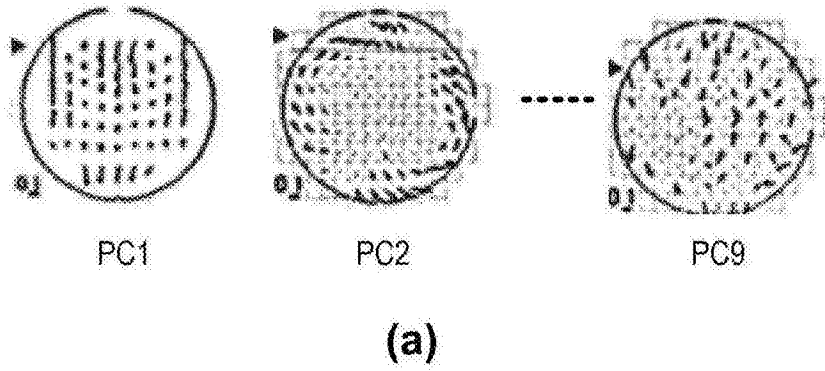


图10



(b)

图11

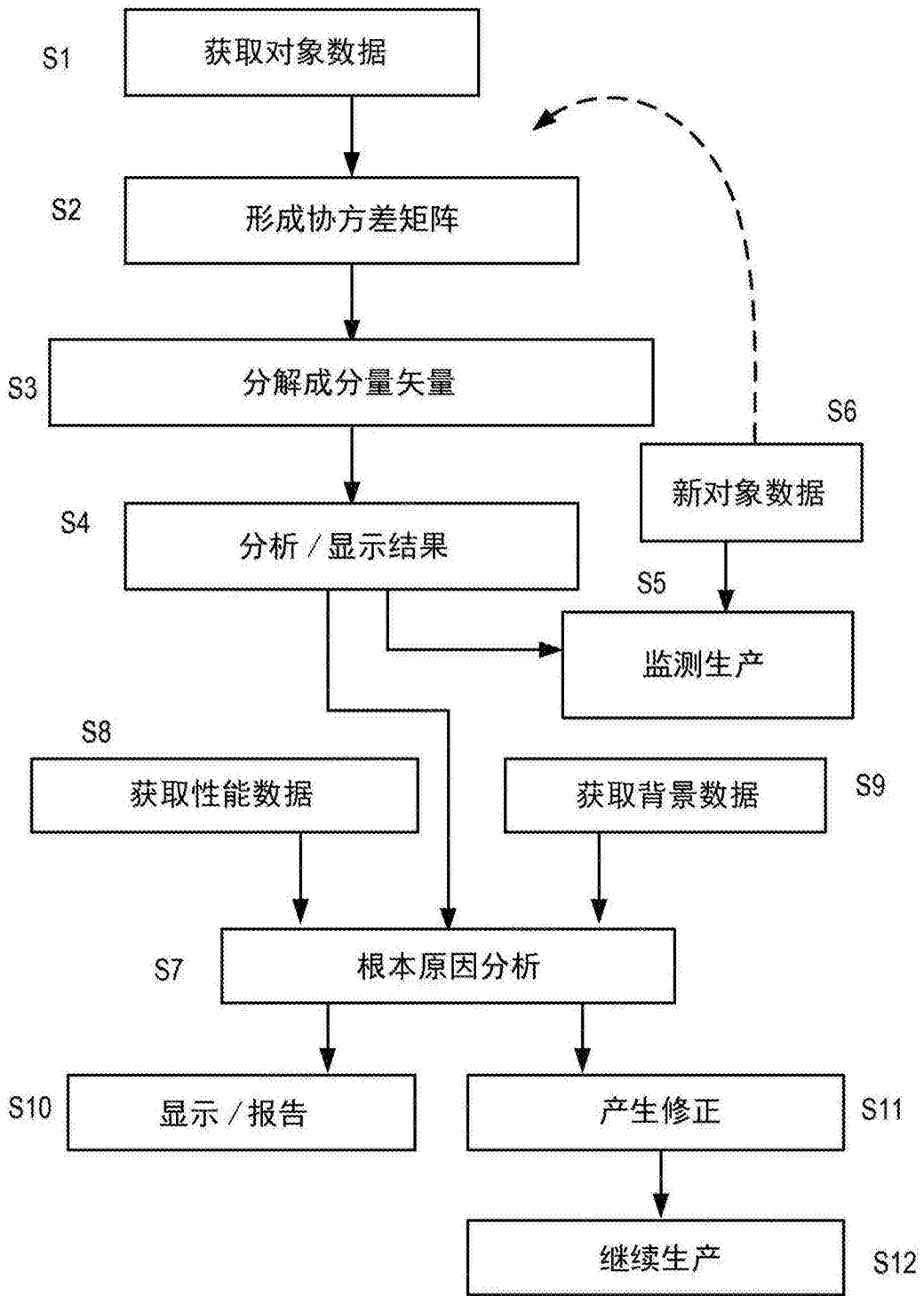


图12

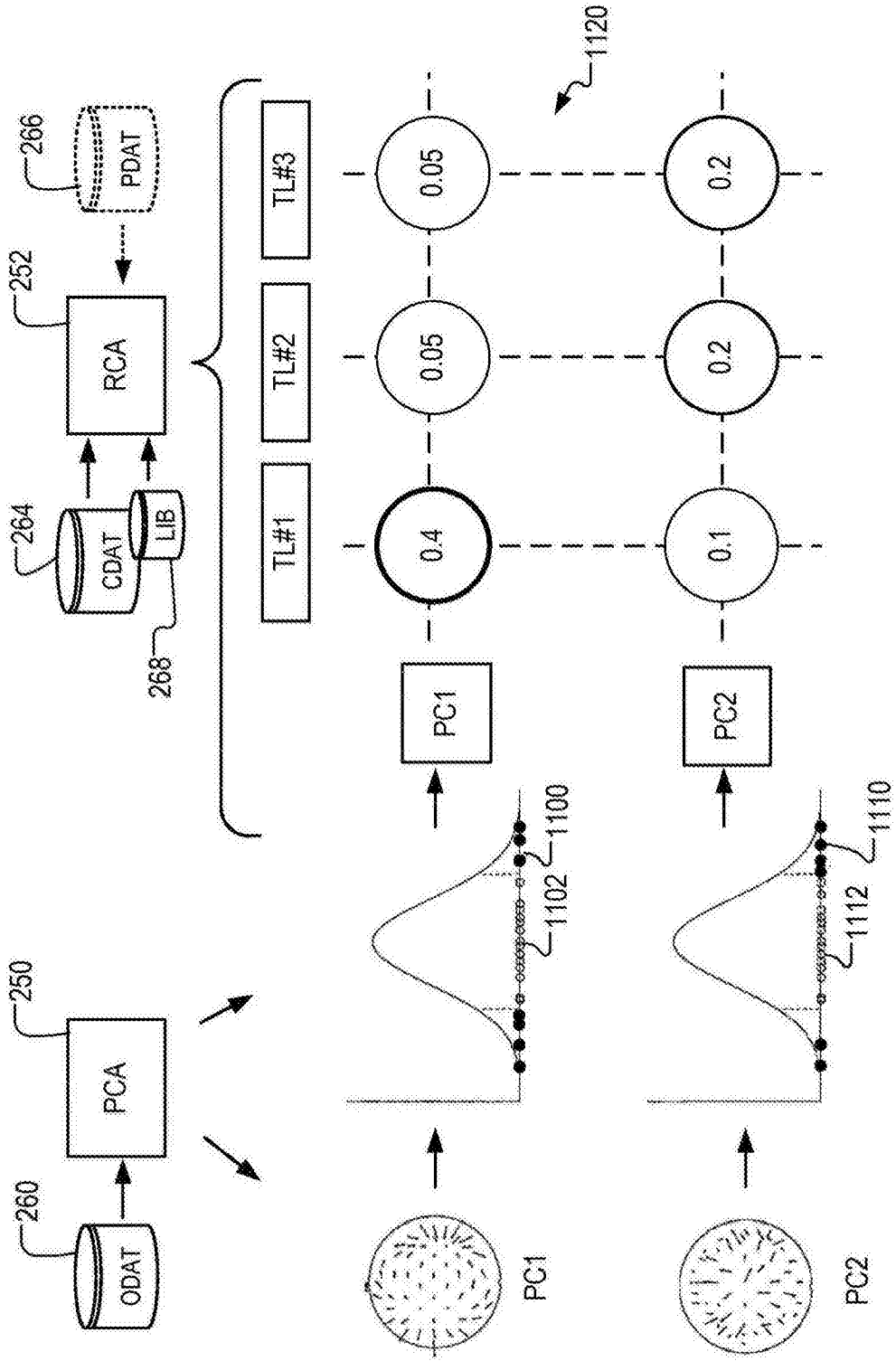


图13

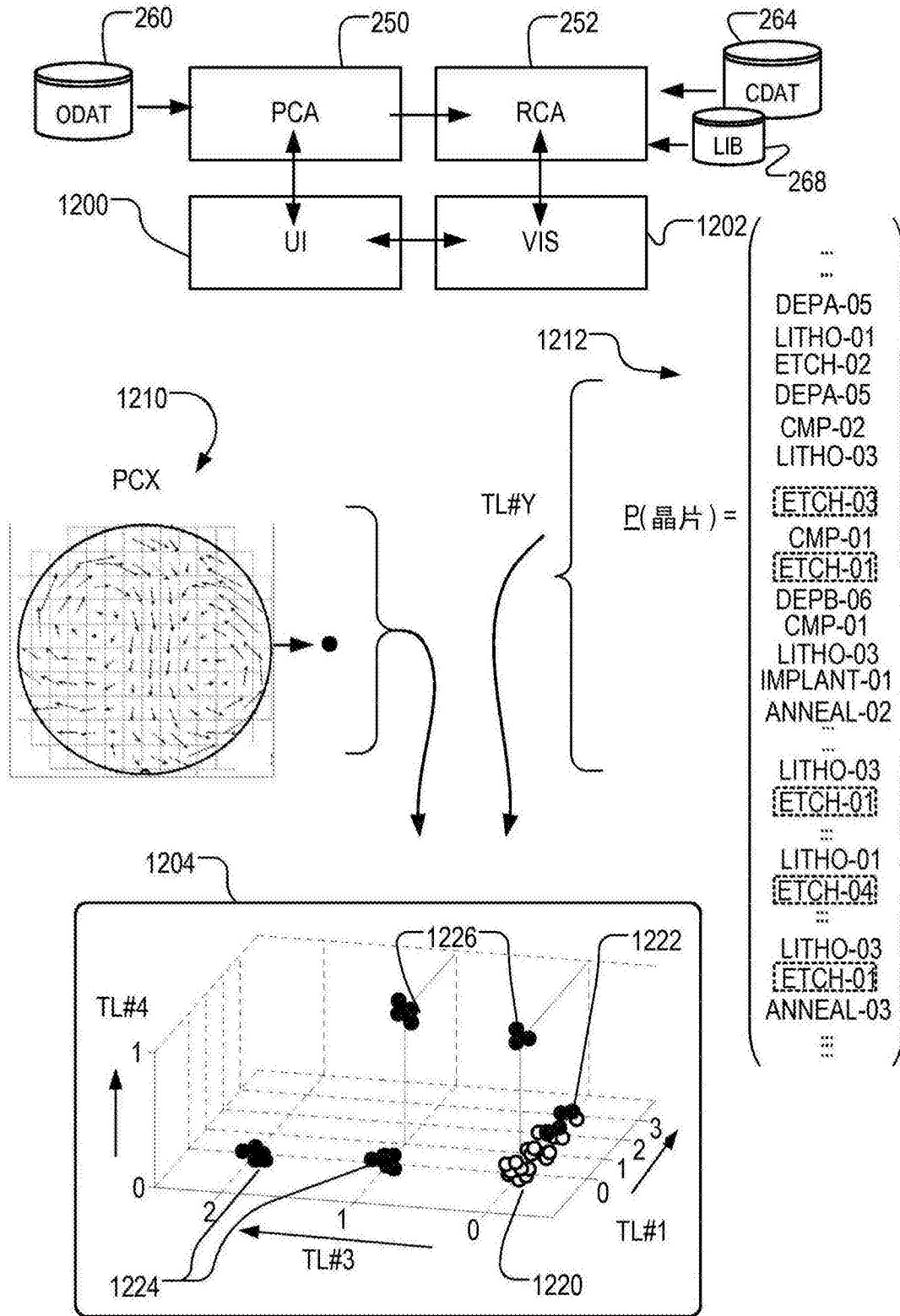


图14

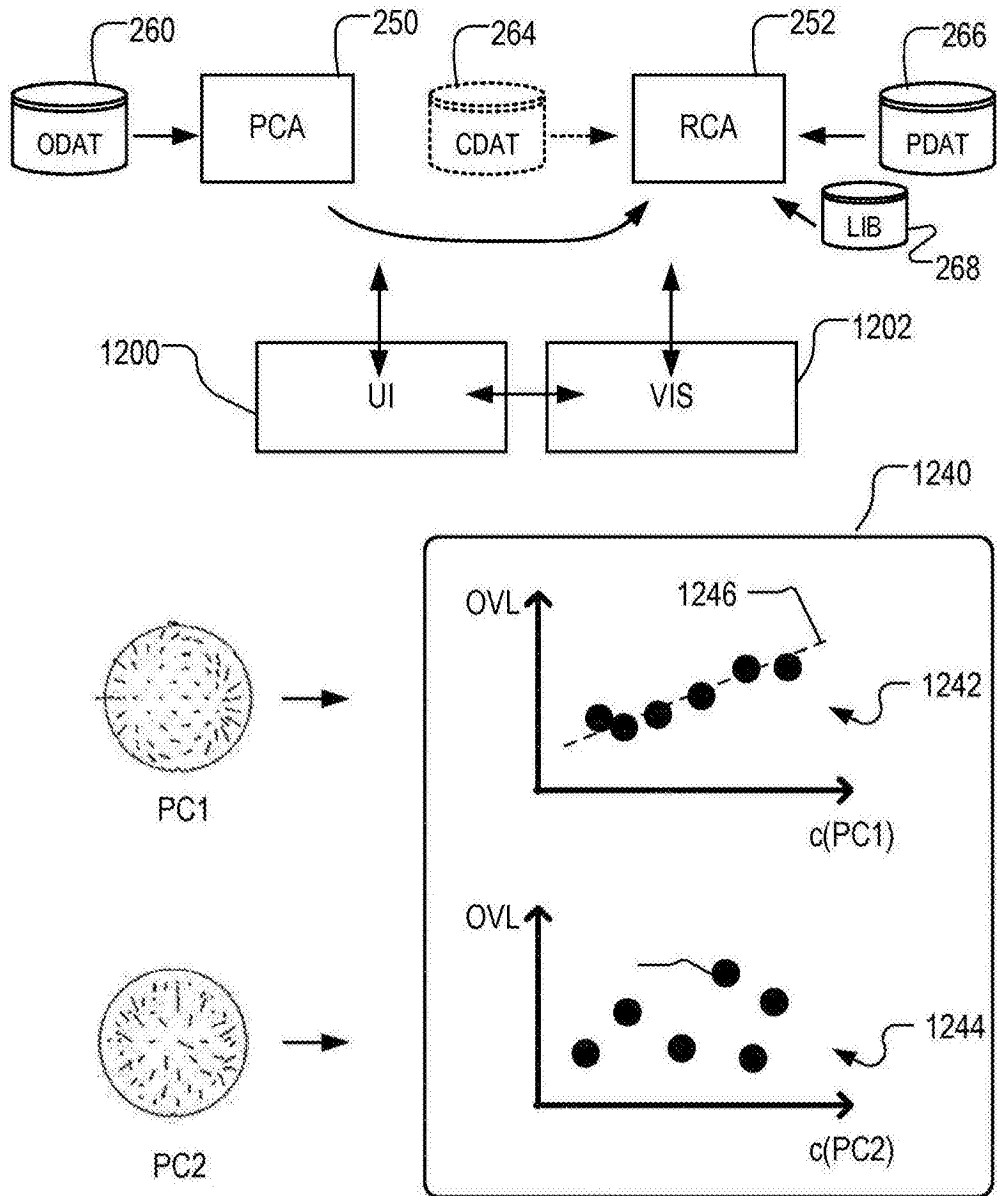


图15

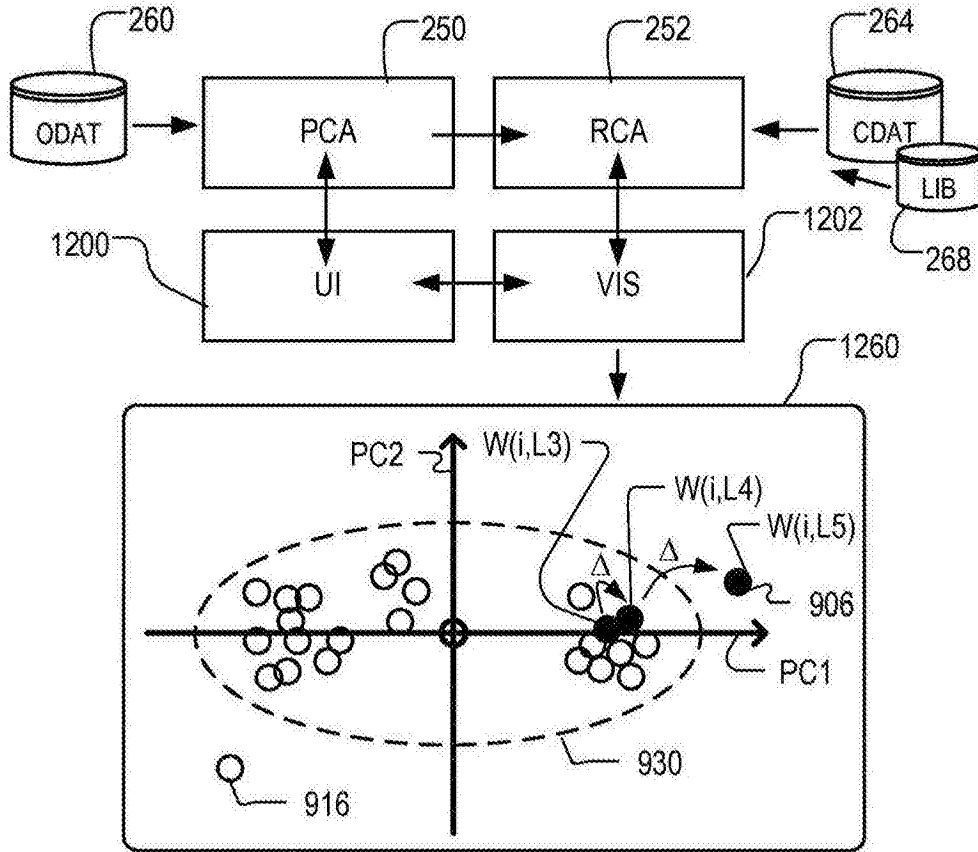


图16

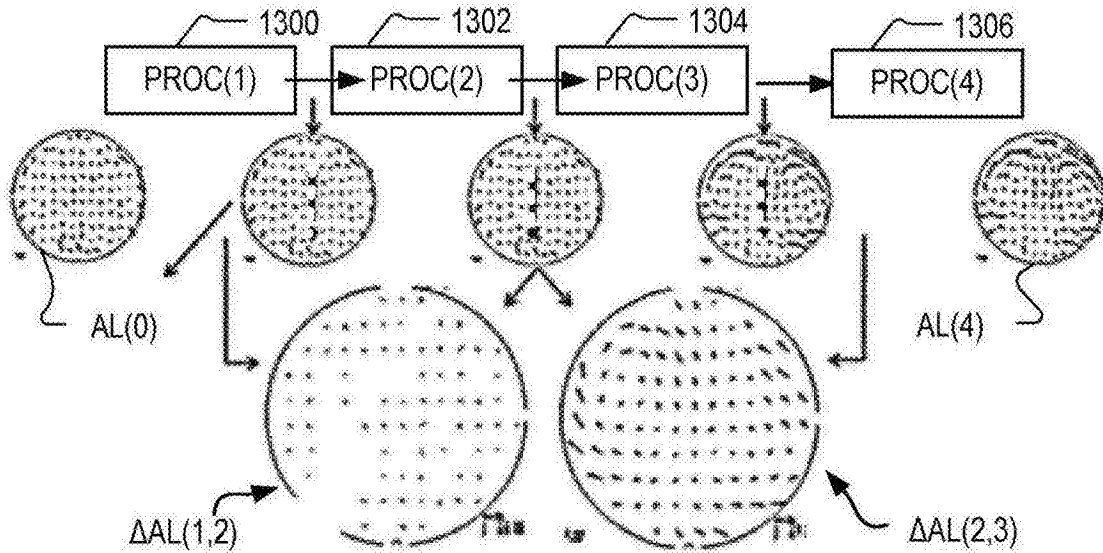


图17

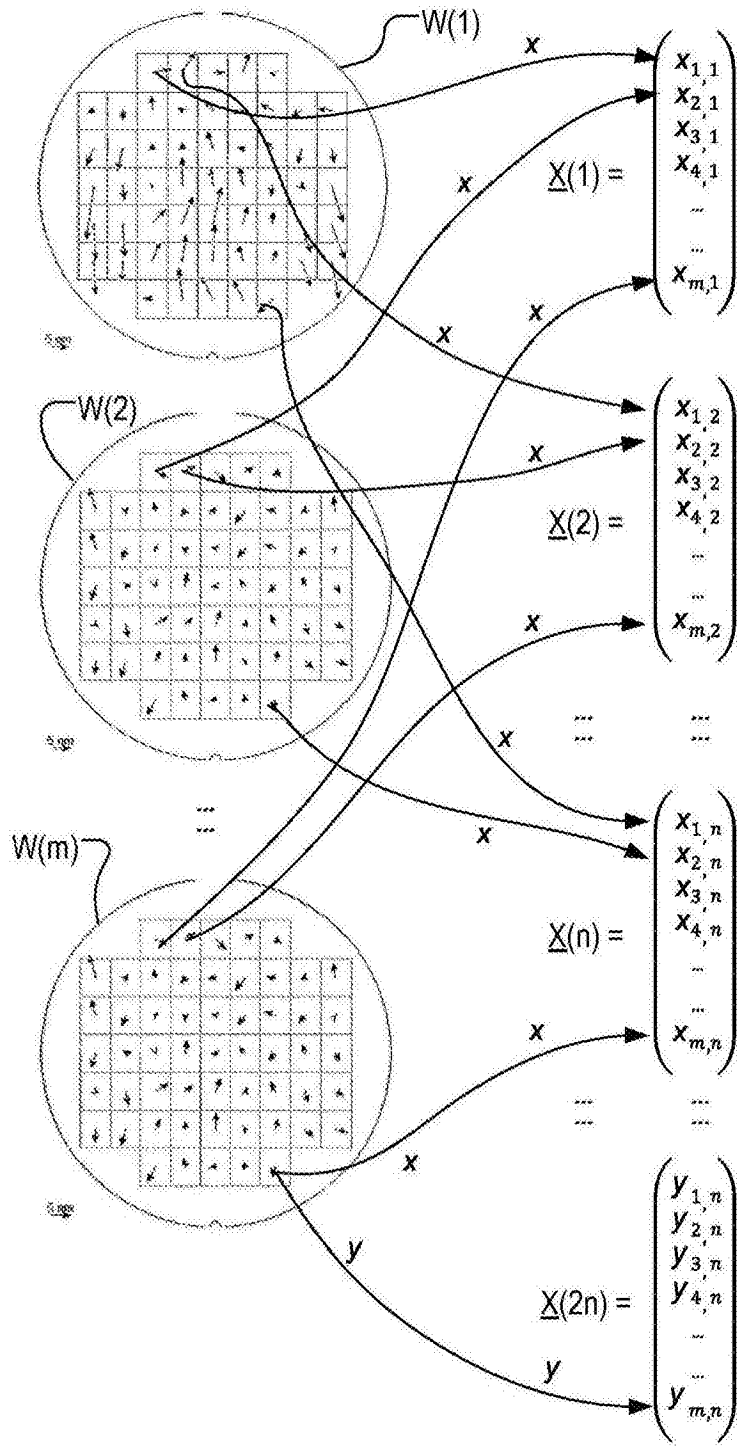


图18

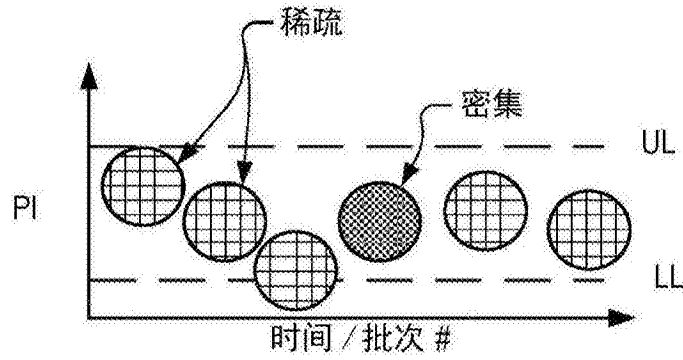


图19

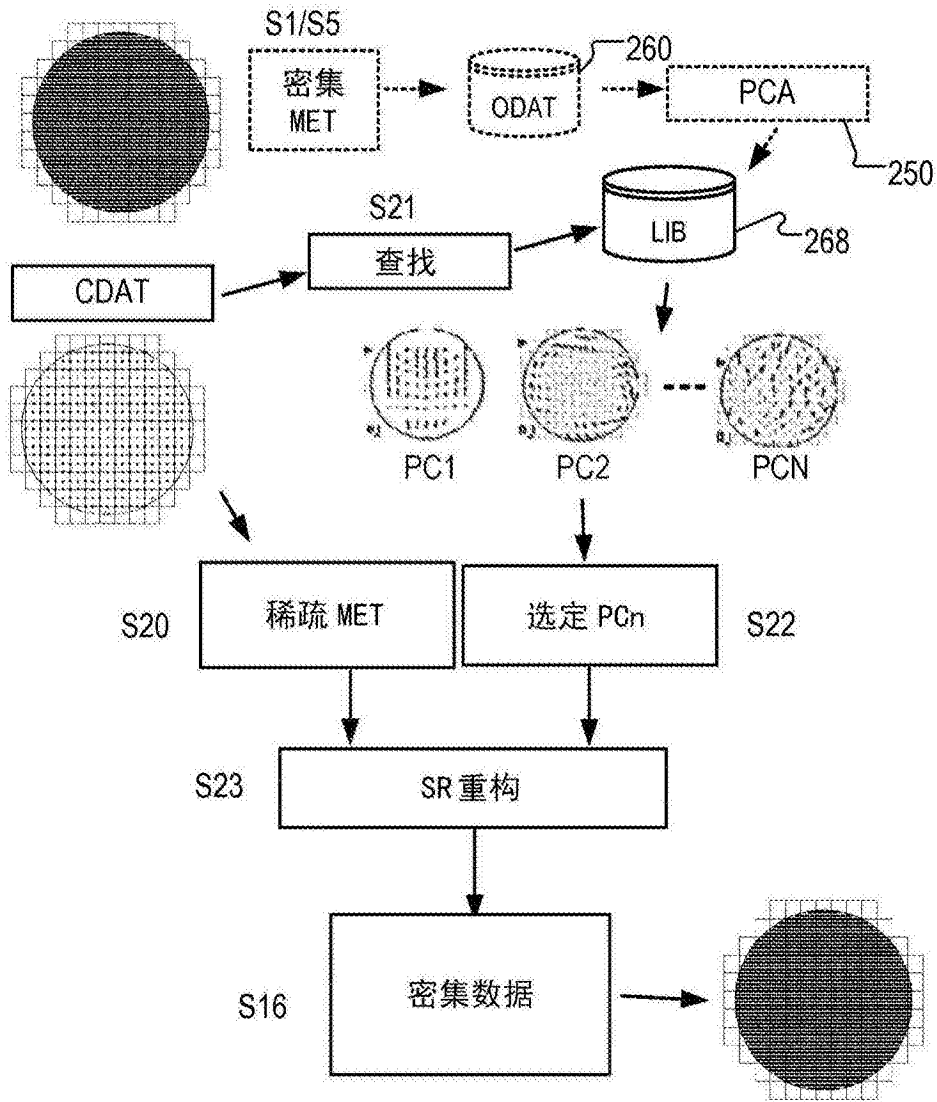


图20

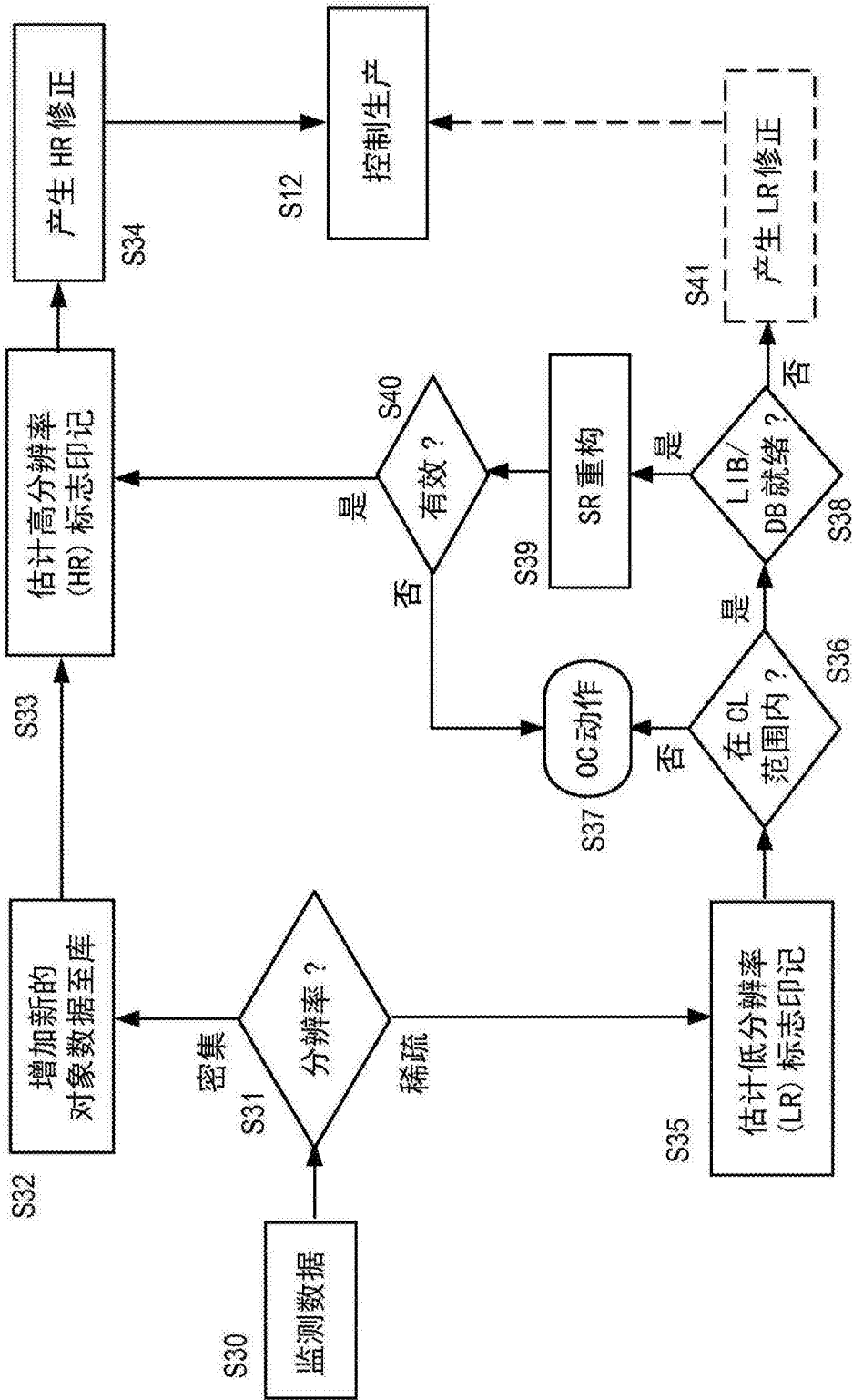


图21

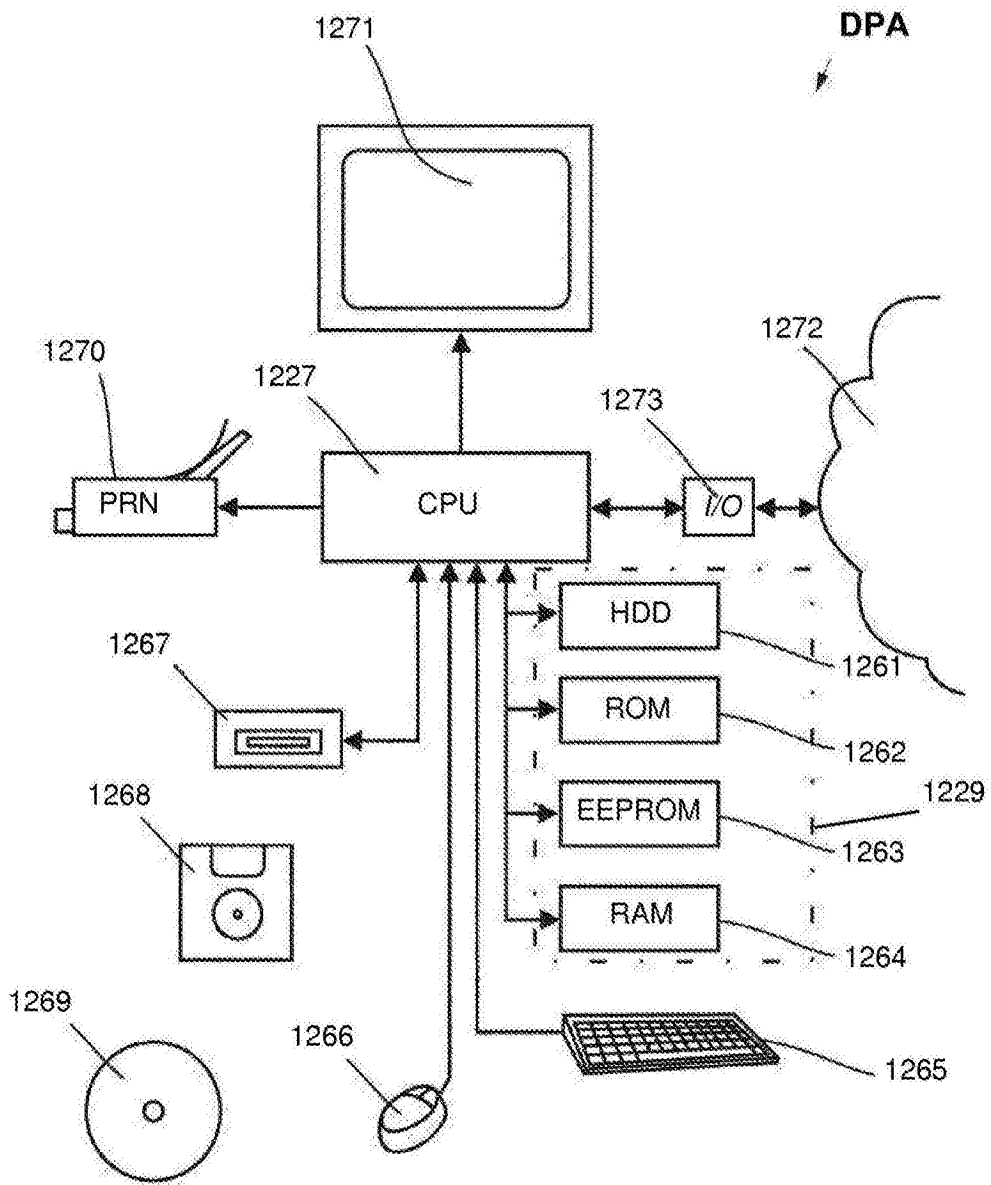


图22