



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03814153.1

[43] 公开日 2005 年 8 月 31 日

[11] 公开号 CN 1662789A

[22] 申请日 2003.6.9 [21] 申请号 03814153.1

[30] 优先权

[32] 2002. 6. 18 [33] US [31] 10/175,207

[86] 国际申请 PCT/US2003/018186 2003. 6. 9

[87] 国际公布 WO2003/106916 英 2003. 12. 24

[85] 进入国家阶段日期 2004. 12. 17

[71] 申请人 音质技术公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 乔尔格·比肖夫 牛新辉 鲍君威

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商  
标事务所

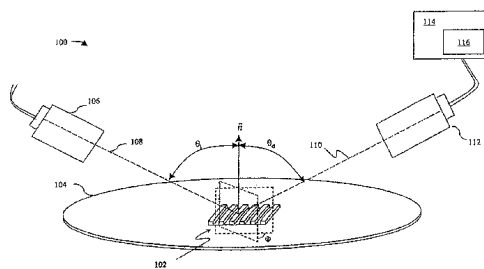
代理人 秦 晨

权利要求书9页 说明书11页 附图7页

[54] 发明名称 对单一特征的光学度量

[57] 摘要

形成在晶片(104)之上的单一特征(102)的分布, 可以用这样的方法确定: 利用一个光束(108)形成一个聚焦在特征(102)上的光源(106), 以及一个用来检测从该特征(102)衍射出的光(110)的检测器(112), 来得到该特征的光学识别标志。然后可以由一个处理器(114)将获得的光学识别标志与储存在程序库(116)中的一组模拟光学特征进行对比, 其中每个模拟光学识别标志对应于该单一特征的一个假定分布, 并且根据该假定分布而建模。



1. 一种确定形成于晶片之上的单一特征的分布的方法，该方法包括：

聚焦一光束在该单一特征上；

检测从该单一特征衍射出的光束；

获取来自该衍射的光束的光学识别标志；和

根据所获得的光学识别标志与一组模拟光学识别标志的对比来选择一模拟光学识别标志，

其中每个模拟光学识别标志对应于该单一特征的一个假定分布，并且

其中每个模拟光学识别标志根据该假定分布而建模。

2. 如权利要求 1 中的方法，其中所述光束是采用一个具有数值孔径的镜头来聚焦的，该数值孔径大于所采用的光的波长除以该单一特征与相邻特征之间距离的二倍。

3. 如权利要求 2 中的方法，其中该单一特征是周期光栅上的一个栅，而相邻特征则是周期光栅上的相邻栅。

4. 如权利要求 2 中的方法，其中该单一特征是一个线条，而相邻特征是一个相邻的线条。

5. 如权利要求 1 中的方法，其中所述衍射光束是使用聚焦镜头和一个单一光检测器被检测的。

6. 如权利要求 5 中的方法，进一步包括：  
使用滤波器产生衍射光束的一个加权总和。

7. 如权利要求 5 中的方法，其中获取光学识别标志包括：  
将聚焦光束横越扫描该单一特征。

8. 如权利要求 1 中的方法，其中衍射光束是采用聚焦镜头和检测阵列被检测的，所述检测阵列具有多个检测单元，这些检测单元被配置以从不同的角度接收衍射光束。

9. 如权利要求 8 中的方法，其中获取光学识别标志包括：  
分析从检测阵列得到的角度的信息。

10. 如权利要求 9 中的方法，进一步包括：  
获取光谱信息。

11. 如权利要求 1 中的方法，其中光束聚焦在单一特征之上，并且衍射光束是采用单个聚焦镜头以及一个光束分离器来检测的。

12. 如权利要求 11 中的方法，其中光束是采用一个具有光瞳光阑的光源聚焦在单一特征之上的，该光瞳光阑被配置为用来产生倾斜的入射；并且其中衍射的光束是采用一个具有光瞳光阑的检测器来获取的。

13. 如权利要求 12 中的方法，包括：  
同步地切换光源和检测器的光瞳光阑，从一个最初的入射角至一个最终的入射角。

14. 如权利要求 12 中的方法，其中光源的光瞳光阑和检测器的光瞳光阑具有同样的形状。

15. 如权利要求 12 中的方法，其中光源的光瞳光阑和检测器的

光瞳光阑具有不同的形状。

16. 如权利要求 11 中的方法，其中衍射光束是采用一个单个光检测器被检测的。

17. 如权利要求 11 中的方法，其中衍射光束是采用一个具有多个检测单元的检测阵列被检测的。

18. 一种确定形成于晶片之上的单一特征的分布的方法，该方法包括：

使用聚焦在该单一特征上的光束来获取该单一特征的光学识别标志；和

将所获得的光学识别标志与一组模拟光学识别标志对比，其中每个模拟光学识别标志对应于该单一特征的一个假定分布，并且

其中每个模拟光学识别标志根据该假定分布而建模。

19. 如权利要求 18 中的方法，其中所述光束是采用一个具有数值孔径的镜头来聚焦的，该数值孔径大于所采用的光的波长除以该单一特征与相邻特征之间距离的二倍。

20. 如权利要求 18 中的方法，其中所述光学识别标志是采用一个聚焦镜头和一个单一光检测器来获取的。

21. 如权利要求 18 中的方法，其中所述光学识别标志是采用一个聚焦镜头和一个具有多个检测单元的检测器阵列来获取的。

22. 如权利要求 21 中的方法，其中获取光学识别标志包括：分析从检测阵列获得的角度信息。

23. 如权利要求 18 中的方法，其中光束聚焦在单一特征之上，并且衍射光束是采用单个聚焦镜头以及一个光束分离器来检测的。

24. 如权利要求 23 中的方法，其中光束是采用一个具有光瞳光阑的光源聚焦在单一特征之上的，该光瞳光阑被配置为用来产生倾斜的入射；并且其中衍射的光束是采用一个具有光瞳光阑的检测器来获取的。

25. 如权利要求 24 中的方法，包括：

同步地切换光源的光瞳光阑和检测器的光瞳光阑，从一个最初的入射角至一个最终的入射角。

26. 如权利要求 18 中的方法，其中获得光学识别标志包括：  
将聚焦光束横越扫描该单一特征。

27. 一种确定形成于晶片之上的单一特征的分布的方法，该方法包括：

将光束聚焦在该单一特征上，

其中所述光束是采用一个具有数值孔径的镜头来聚焦的，该数值孔径大于所采用的光的波长除以该单一特征与相邻特征之间距离的二倍；

检测从该单一特征衍射出的光束；

获取来自该衍射的光束的光学识别标志；和

根据所获得的光学识别标志与一组模拟光学识别标志的对比来选择模拟光学识别标志，

28. 一种确定形成于晶片之上的单一特征的分布的方法，该系统包括：

产生一组模拟光学识别标志，  
其中每个模拟光学识别标志对应于该单一特征的一个假定分布，  
并且  
其中每个模拟光学识别标志表征聚焦在该单一特征上的光束的衍射的特性模；和  
在计算机可读的介质上提供该组模拟光学识别标志，  
其中该组模拟光学识别标志将被用于将从实际单一特征获得的光学识别标志与该组模拟光学特征进行对比。

29. 如权利要求 28 中的方法，其中该组模拟光学识别标志是运用严格的耦合波分析而产生的。

30. 如权利要求 28 中的方法，其中该组模拟光学识别标志是在假定数值孔径大于所采用的光的波长除以该单一特征与相邻特征之间距离的二倍的情况下产生的。

31. 如权利要求 28 中的方法，其中该组模拟光学识别标志是在假定聚焦在单一特征上的光束被横越扫描该单一特征的情况下产生的。

32. 一种确定形成于晶片之上的单一特征的分布的系统，该系统包括：

一个被配置为聚焦光束到该单一特征的源；  
一个被配置为检测从该单一特征衍射出的光束的检测器；和  
一个处理器，被配置为：  
从衍射的光束中获取光学识别标志，和  
将获得的光学识别标志与一组模拟光学特征进行对比，  
其中每个模拟光学识别标志对应于该单一特征的一个假定分布，  
并且

其中每个模拟光学识别标志根据该假定分布而建模。

33. 如权利要求 32 中的系统，其中该源包括一个具有数值孔径的聚焦镜头，该数值孔径大于所采用的光的波长除以该单一特征与相邻特征之间距离的二倍。

34. 如权利要求 32 中的系统，其中该检测器包括一个聚焦镜头和一个单一光检测器。

35. 如权利要求 34 中的系统，其中该检测器包括一个滤波器，该滤波器被配置为产生衍射光束的一个加权总合。

36. 如权利要求 32 中的系统，其中该检测器包括一个聚焦镜头和一个具有多个检测单元的检测器阵列，这些检测单元被配置为从不同的角度接收衍射光束。

37. 如权利要求 32 中的系统，进一步包括：

一个光束分离器；和

一个聚焦镜头，

其中光束被聚焦在单一特征之上，并且衍射的光束是通过该聚焦镜头和光束分离器被检测的。

38. 如权利要求 37 中的系统，其中该源包括一个光瞳光阑，该光瞳光阑被配置为用来产生倾斜的入射；并且该检测器包括一个光瞳光阑。

39. 如权利要求 38 中的系统，其中源的光瞳光阑以及检测器的光瞳光阑被配置为同步地从一个最初的入射角切换至一个最终的入射角。

40. 如权利要求 38 中的系统，其中源的光瞳光阑和检测器的光瞳光阑具有同样的形状。

41. 如权利要求 38 中的系统，其中源的光瞳光阑和检测器的光瞳光阑具有不同的形状。

42. 如权利要求 38 中的系统，其中检测器包括一个单一光检测器。

43. 如权利要求 38 中的系统，其中检测器包括一个具有多个检测单元的检测器阵列。

44. 一种计算机可读的存储介质，包含可由计算机执行的指令，以确定形成于晶片之上的单一特征的分布，包括的指令用于：

使用聚焦在该单一特征上的光束获取该单一特征的光学识别标志；和

将所获得的光学识别标志与一组模拟光学识别标志对比，其中每个模拟光学识别标志对应于该单一特征的一个假定分布，并且

其中每个模拟光学识别标志根据该假定分布而建模。

45. 如权利要求 44 中的计算机可读的存储介质，其中所述光束是采用一个具有数值孔径的镜头来聚焦的，该数值孔径大于所采用的光的波长除以该单一特征与相邻特征之间距离的二倍。

46. 如权利要求 44 中的计算机可读的存储介质，其中光学识别标志是采用一个聚焦镜头和一个单一光检测器被获取的。



47. 如权利要求 44 中的计算机可读的存储介质，其中光学识别标志是采用一个聚焦镜头和具有多个检测单元的检测器阵列被获取的。

48. 如权利要求 44 中的计算机可读的存储介质，其中光束被聚焦在单一特征之上，并且衍射的光束是采用一个聚焦镜头和一个光束分离器从该单一特征被检测的。

49. 如权利要求 48 中的计算机可读的存储介质，其中光束是采用一个光源被聚焦在单一特征之上，该光源包括一个光瞳光阑，该光瞳光阑被配置为用来产生倾斜的入射；并且其中该衍射光束是采用一个具有光瞳光阑的检测器被检测的。

50. 如权利要求 49 中的计算机可读的存储介质，进一步包括一些指令，用于：

同步地将光源的光瞳光阑以及检测器的光瞳光阑从一个最初的入射角切换至一个最终的入射角。

51. 如权利要求 44 中的计算机可读的存储介质，其中获取光学识别标志包括：

横越扫描单一特征上聚焦的光束。

52. 一种用于确定形成在晶片之上的单一特征的分布的计算机可读的存储介质，包括：

一组模拟光学识别标志，

其中每个模拟光学识别标志对应于该单一特征的一个假定分布，

其中每个模拟光学识别标志表征着聚焦在单一特征上的光束的衍射的特性，并且

其中该组模拟光学识别标志将被用于将从实际的单一特征获得

的光学识别标志与该组模拟光学特征进行对比。

53. 如权利要求 52 中的计算机可读的存储介质，其中该组模拟光学识别标志是运用严格的耦合波分析而产生的。

54. 如权利要求 52 中的计算机可读的存储介质，其中该组模拟光学识别标志是在假定数值孔径大于所采用的光的波长除以该单一特征与相邻特征之间距离的二倍的情况下产生的。

55. 如权利要求 52 中的计算机可读的存储介质，其中该组模拟光学识别标志是在假定聚焦在单一特征上的光束被横越扫描该单一特征的情况下产生的。

## 对单一特征的光学度量

### 技术领域

[0001]本发明涉及晶片的度量，更具体地说，涉及对单一特征的光学度量。

### 背景技术

[0002]在半导体制造领域，周期光栅(periodic grating)通常被用来保障质量。例如，这样的周期光栅的典型用途包括，在半导体芯片附近制造出周期光栅。通过测定该周期光栅的分布(profile)，可以评价形成周期光栅的制造工艺的质量，以及进一步，评价靠近周期光栅的半导体芯片。

[0003]周期光栅的分布可以采用光学度量法来测定。一般来说，光学度量涉及引导一入射光束至该周期光栅，并测量由此导致的衍射光束。然而，在传统的光学度量法中，通常都会照射到周期光栅的多个周期。因此，所测定的周期光栅的分布，成为对被照射到的周期的平均值的描述，而不是对单个周期的描述。

### 发明内容

[0004]在一个实验性实施例中，测定形成于晶片之上的单一特征的分布，可以通过将一光束聚焦在该单一特征之上从而获得该单一特征的光学识别标志(optical signature)来进行，然后将所获得的光学识别标志与一组模拟光学识别标志进行对比，其中每个模拟的光学识别标志都与该单一特征的一个假定分布相对应，并且根据该假定的分布被建模(is modeled)。

### 附图说明

[0005]可以通过参照下面这些与附图相关联的说明来达到对本发明的最佳理解，其中相应的部件可以按相对应的数字称呼；

[0006]图 1 所示为一个示范性的光学度量系统；

[0007]图 2 所示为一个示范性的源；

[0008]图 3 所示为一个示范性的检测器；

[0009]图 4 所示为另一个示范性的检测器；

[0010]图 5 所示为各种不同的示范性光学识别标志的曲线图；

[0011]图 6 所示为示范性的源和检测器；

[0012]图 7A 和 7B 所示为带有光瞳光阑 (pupil stop) 的源和检测器对；

[0013]图 8A 和 8B 所示为带有光瞳光阑的源和检测器对；

[0014]图 9A 所示为一个示范性的周期图形；

[0015]图 9B 和 9C 所示为图 9A 所示的示范性的周期图形的示范性衍射矩阵；

[0016]图 10A 所示为一个示范性的周期图形；以及

[0017]图 10B 和 10C 所示为图 10A 所示的示范性的周期图形的示范性衍射矩阵。

### 具体实施方式

[0018]下面的描述提出了许多具体的特性、参数以及诸如此类。然而应当承认，这样的描述并非旨在限定本发明的范围，而是为了提供对示范性实施例的描述。

[0019]参见图 1，光学度量系统 100 可以被用来测定形成于晶片 104 之上的周期光栅 102 的分布。如前面所述，周期光栅 102 可以形成在晶片 104 上的检测区内。例如，周期光栅 102 可以形成在晶片 104 上的一个器件的附近。作为另一种选择，周期光栅 102 可以形成在该器件的区域内而不影响该器件的运转，或沿着晶片 104 的划线而形成。

[0020]如图 1 所示，光学度量系统 100 可以包括一个电磁源 106 和一个检测器 112。周期光栅 102 被来自源 106 的入射光束 108 所照

射。在当前的示范性实施例中，入射光束 108 以相对于周期光栅 102 的法线  $\vec{n}$  的入射角  $\theta_i$  被引导到周期光栅 102 上。衍射光束 110 以相对于周期光栅 102 的法线  $\vec{n}$  的角度  $\theta_d$  输出，并被检测器 112 所接收。

[0021]为了测定周期光栅 102 的分布，光学度量系统 100 包括一个处理模块 114，该模块将检测器 112 接收的衍射光束 110 转变为衍射信号（即测得的衍射信号）。然后，处理模块 114 将测得的衍射信号与存储在程序库 116 内的模拟衍射信号进行对比，程序库 116 内的每一个模拟衍射信号都可以同一个假定分布相关联。因此，当测得的衍射信号与存储在程序库 116 内的模拟衍射信号之一发生匹配时，与这个匹配的模拟衍射信号相关联的假定分布就可以被当作是对周期光栅 102 的实际分布。

[0022]如前面所述，在常规的光学度量法中，通常都会照射到周期光栅 102 的多个周期，因此所测定的周期光栅 102 的分布来自于被照射到的周期的平均值。如下面所述，在一个示范性实施例中，光学度量系统 100 可以用来测定周期光栅 102 的单个周期的分布。此外，光学度量系统 100 可以用来测定形成在晶片 104 上的多种类型的单一特征的分布，如线条、间隔、触孔、斑、点以及诸如此类。

[0023]更具体地说，源 106 可以被配置为产生一个光束，用来测定形成于晶片 104 上的单一特征。参见图 2，在一个实施例中，源 106 可以包括一个光源 202、一个校准仪 204 和一个聚焦镜头 206。在本示范性实施例中，为了测定形成于晶片 104 上的单一特征，聚焦镜头 206 被配置为具有大于  $\lambda/2d$  的数值孔径，其中  $\lambda$  对应于所采用的光的波长， $d$  对应于目标特征与相邻的特征之间的距离。应该注意的是，聚焦镜头 206 可以定制或从现有的各种不同类型的镜头中选用，如光盘读取镜头、显微镜物镜、单模光纤以及诸如此类。

[0024]例如，如上所述，单个特性可以是周期光栅 102 的单个周期（图 1）。在这个例子中， $d$  与周期光栅 102 的周期间距相对应。就这个例子而言，假设这个间距为大约 500nm，因此  $d$  也就是约 500nm。另外，就这个例子而言，假定所使用的波长为 633nm。在这种情况下，

聚焦镜头 206 具有大于约 0.6 的数值孔径。应该注意的是，如果该单一特征为一条线， $d$  就对应于这条线与相邻的线之间的距离（例如相邻的两条线的中心点之间的距离）。

[0025]如图 2 所述，源 106 可以包括一个滤波器 208。此外，源 106 可以包括一套自动聚焦控制系统和定位系统（未图示）以减少模糊并对准所涉及的区域的中心。

[0026]请参见图 3，在一个示范性实施例中，检测器 112 包括一个光检测器 302，一个准直器 304 以及一个聚焦镜头 306。在当前的实施例中，衍射光束通过准直器 304 和聚焦镜头 306 被采集并引导到光检测器 302 上。如上面所指出的那样，照明的数值孔径（即图 2 中的聚焦镜头 206 的数值孔径）和检测装置的采集孔径（即聚焦镜头 306 的数值孔径）之间可以是相同或不同的。此外，孔径的形状既可以是相同的，也可以是不同的。

[0027]在本实施例中，光学识别标志可以通过对射入的衍射光束的入射角进行扫描而得到。例如，通过转动正在接受检测的样本（即晶片 104）、移动源 106（图 2）和/或检测器 112，或通过使用扫描镜，入射角可以在一定范围内变化。

[0028]作为可供选择的方案，可以通过扫描射入的衍射光束来得到光学识别标志。例如，入射的光线可以由单色器在光谱范围内进行调节，或者，也可以使用在检测路径内进行光谱分解的白色光。

[0029]如下面所述，还可以通过横越扫描（scanning across）单一特征来得到光学识别标志。应该注意的是，获取光学识别标志可以通过扫描下列中的一种或多种的组合来进行：入射角、射入的衍射光束的波长和/或单一特征的横越扫描。

[0030]另外，如图 3 所示，检测器 112 可以包括一个滤波器 308，该滤波器 308 能够通过影响振幅以及单独的衍射光束的相位来产生一个加权求和（weight summation）。更具体地说，分散的方向可以被加权，并且滤波器函数用  $A(\Theta_s) \exp^{i\phi(\Theta)}$  来表示。因此，通过这种方式，相位的影响可以在强度信号中被反映出来。此外，通过让滤波器

**308** 适应所使用的样本类型，可以提高所获得的测量精度。

[0031]参见图 4，在另一个示范性实施例中，检测器 112 包括一个聚焦镜头 306 和一个检测器阵列 402。应该注意的是，照明的数值孔径（即图 2 中的聚焦镜头 206 的数值孔径）和检测装置的采集孔径（即聚焦镜头 306 的数值孔径）之间可以是相同或不同的。此外，孔径的形状既可以是相同的，也可以是不同的。

[0032]在本实施例中，每个检测器阵列 402 的单元都可以被设置为接收来自某一散射方向（即角度）的信息。光学识别标志可以从这一角度信息中获得。此外，光谱信息可以通过在一个波长范围内调节单色光源来获得。作为可供选择的方案，光谱信息可以通过用宽频光源照射并在检测通道中插入色散元件来获得。比如说，色散可以在一个弧矢平面内进行。因此，二维检测器阵列 402 的一个坐标可以被指定散射角度，而另一个坐标可以被指定颜色。

[0033]在另一个示范性实施例中，特征的光学识别标志可以通过将聚焦光束横越扫描该特征来获得。应该注意的是，该特征的光学识别标志只需通过横越扫描该特征就可获得。作为可供选择的方案，参见图 3 中的检测器 112 的实施例所指出的，应该注意的是，获取光学识别标志可以通过扫描下列中的一种或多种的组合来进行：扫描入射角、射入的衍射光束的波长和/或单一特征的横越扫描。参见图 4 中的检测器 112 的实施例，应该注意的是，光学识别标志可以从角度信息中和通过横越扫描该特征获得。

[0034]参见图 1，对特征的扫描可以通过移动晶片 104、移动源 106 和检测器 102 和/或使用扫描镜来进行。当特征被扫描时，数据可以离散的间隔进行采集，这些离散间隔与采样速率(sampling rate)相对应。因此，光学识别标志的分辨率可以部分地依赖于所采用的采样速率。

[0035]例如，图 5 所示为衍射光横越扫描形成在硅底板之上的宽度为 0.4 微米、高度为 0.7 微米的抗蚀线条的光学识别标志。图 5 所示的光学识别标志以一种接近连续的取样速率被建模。然而应该注意的

是，不同的取样速率可以被用来获得并建模该光学识别标志。但是从图 5 中可以看出，取样的速率越高，数据点的数量就越大，因此该光学识别标志的分辨率也就越高。

[0036]此外，图 5 所示的光学识别标志是在假定圆形的照明和检测孔径的情况下建模的。如图 5 所述，一个具有长方形分布的线条的光学识别标志以 0.5 和 0.9 的数值孔径 (NA) 被建模。在图 5 中，为了使描述更加清楚，一个具有长方形分布、数值孔径 (NA) 为 0.5 的线条的光学识别标志，在正常的反射强度下被调低了大约 5%。从图 5 中还可以看出，加大数值孔径就会提高分辨率（即随着斜坡陡度的加大，图像的模糊程度有所降低）。另外，一条具有锯齿形分布的线的光学识别标志以 0.9 的数值孔径 (NA) 被建模。从图 5 中可以看出，锯齿形分布产生出一种与长方形分布相比不一样的光学识别标志，因此，光学识别标志可以用来判断特征的分布形状。

[0037]参见图 6，仍然是在另一个示范性实施例中，光学度量系统 100 包括一个半透明的光束分离器 608，以分开源 602 和检测器 604 的激发和检测通道。在本实施例中，源 602 和检测器 604 采用了一种具有高数值孔径的单聚焦镜头 606。源 602 还包括一个准直器 610。源 602 和检测器 604 还分别可以包括滤波器 612 和 614。

[0038]此外，源 602 可以包括一个单一光检测器 302（图 3）或检测器阵列 402（图 4）。因此，当使用单一光检测器 302（图 3）时，可以通过扫描射入的衍射光束的入射角和/或波长来获得光学识别标志。当使用检测器阵列 402（图 4）时，可以通过获取从检测器阵列 402（图 4）的单元中得到的角度信息来获得光学识别标志。此外，还可以通过横越扫描该特征来获得光学识别标志。

[0039]另外，在本实施例中，可以在光瞳平面内使用一个或一个以上的光瞳光阑来产生倾斜的入射。例如，光瞳光阑可以被设置在取代图 6 中的滤波器 612 和 614 的位置。参见图 7A 和 7B，光瞳光阑 702 和 708 可以被设置在分别取代滤波器 612 和 614（图 6）的位置。光瞳光阑 702 和 708 分别包括偏轴的光瞳孔 704 和 710。因此，在这样的



配置下，有效的数值孔径（ $NA_{\text{eff}}$ ）被限定为：

$$NA_{\text{off}} = \frac{d_s}{d_p} NA_p$$

其中， $NA_p$ 是整个光瞳的数值孔径， $d_p$ 是光瞳的直径， $d_s$ 是光瞳内的移动孔的直径。如上所述，为了用于测定单一特征的分布， $NA_{\text{eff}}$ 大于 $\lambda/2d$ 。

[0040]光瞳孔 704 和 710 的偏轴偏移量的在 x 方向和 y 方向可以是相同的。此外，光瞳孔 704 的偏轴距离  $r_{\text{dec}}$  决定了主入射角（极性的和方位的）。极性角可以被限定为：

$$\theta = a \sin \left( \frac{2r_{\text{dec}}}{d_p} \cdot NA_p \right)$$

[0041]然后，光瞳光阑 702 和 708 可以同时被切换，以便通过入射角进行扫描。举例来说，正如图 7A 和 7B 所示，光瞳光阑 702 和 708 可以被切换到箭头所指的方向，直到光瞳孔 704 和 710 分别达到它们法线角度位置 706 和 712。

[0042]应该注意的是，除了简单的孔之外，光瞳光阑 702 和 708 可以包含不同的光瞳形状，如环形、四部分形等。此外，照明光阑（如光瞳光阑 702）的形状和检测光阑（如光瞳光阑 708）的形状可以是不同的。例如，图 8A 所示为具有环行光瞳的照明光阑，图 8B 所示为具有环形光瞳的检测光阑。

[0043]参见图 1，可以将得到的光学识别标志（即测得的光学识别标志）与存储在程序库 116 内的模拟光学识别标志进行对比。当测得的光学识别标志与存储在程序库 116 内的模拟光学识别标志之一发生匹配时，与这个匹配的模拟光学识别标志相关联的假定分布就可以被当作是对晶片 104 上被检测的特征的实际分布的描述。

[0044]在一个示范性的实施例中，存储在程序库 116 内的模拟光学识别标志可以通过不同的建模方法来生成，例如严格耦合波分析（RCWA）、格林积分法（GIM）及诸如此类。

[0045]例如，不同的衍射级的效率或复合振幅，无论是传播还是消散，都可以使用 RCWA 方法来模拟和获取。角度离散化，即  $\beta$  空

间的离散化（横向波向量成分）可以根据下列光栅公式测定：

$$\beta_m = \beta_0 + m \cdot \frac{\lambda}{d}$$

其中  $\beta_0 = n \sin \theta$ （针对典型安装）， $m$ =衍射级， $d$ =特征与相邻特征之间的距离， $\theta$ =入射极角， $\lambda$ =波长。

[0046]这些衍射级可以被称作是角光谱或  $\beta$  光谱。而且，模式方法可以产生完全的（复合）的衍射矩阵，同时使该衍射矩阵具有可达性以便做进一步处理。可以得到该衍射矩阵用于反射和发送，也可以与所有输出的衍射序列相耦合，即发出  $\beta$  光谱到可能的（光栅公式允许的）射入方向。尤其是对平面波的激发，只可以针对一个入射方向。在这种情况下，只有衍射矩阵全部信息的一部分能够被利用。该特征可以通过下面的向量矩阵表示法来表示。

$$(\tilde{A})_0 = \sum_{i=1}^N (r)_{0,i} \cdot (\tilde{A})_i \quad (1)$$

[0047]这里， $(\tilde{A})_0$ 是包含发出的光谱的列向量的第0个单元。 $(\tilde{A})_i$ 是包含射入的光谱的列向量的第*i*个单元， $(r)_{0,i}$ 是在反射时的衍射矩阵的第0个和第*i*个单元。 $N$ 是截断数，即RCWA计算涉及的衍射级的总数。对于透射来说，矩阵 $r$ 被透射矩阵 $t$ 所取代。

[0048]从公式(1)中可以断定，平面波激发意味着在 $(\tilde{A})_i$ 中只有一个非0单元，即分配给0级波向量组分 $\beta_0$ 的单元。这意味着对衍射矩阵产生的相应列的投影导致了列矢量 $(\tilde{A})_0$ ，该列矢量包含针对用于平面波入射的每个衍射级的复合振幅。

[0049]此外，根据波光学中平面波的角状光谱表示法的概念，每个具有已知复合振幅分布的波阵面都能够被分解成为平面波的光谱。这个分解的过程与复合傅立叶（Fourier）变换法一致：

$$\tilde{A}(\vec{\beta}) = \int_{\vec{r}} A(\vec{r}) \cdot \exp(j\vec{\beta}\vec{r}) \quad (2)$$

[0050]在这里， $A(\vec{r})$ 是波的复合振幅， $\vec{r}$ 是位置矢量。出于数字方面的原因，该积分被一总和所取代。这意味着积分界限变得有限。事实上，实质上的问题存在于一个有限的范围之内，这个有限的范围被称作是超级周期（super-period） $P$ 。由于受到空间上的限制，以前

的连贯的光谱转变为离散的光谱。因此，连续的函数  $\tilde{A}(\beta)$  成为了一种离散的函数，它可以通过包括元件  $(\tilde{A})_m$  的矢量来表示。采用这种方法，任意的非周期图形就可以被正确地处理。

[0051]因此，聚焦光束的衍射的模拟光学识别标志就可以按照下列方法产生和获取：

[0052]首先，入射的光谱运用方程式(2)以特定入射波的符合振幅的分布来进行计算。在光学建模中，具有艾里斑(Airy-disc)衍射点的高斯光束和环形光束是两种被广泛使用的模型，它们作为理想化的光束形状被用于同点源照明相连的单模式激光器和衍射受限光学系统。例如，一种具有腰部直径为  $2w_0$  的高斯光束具有下面的角形光谱：

$$\tilde{A}_m = \tilde{A}_0 \cdot \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi}{\lambda}\beta_m W_0\right)^2\right) \cdot \exp\left(j\frac{2\pi}{\lambda}\beta_m X_0\right) \cdot \exp\left(-j\frac{2\pi}{\lambda}\alpha_m Z_0\right) \quad (3)$$

其中， $\tilde{A}_0$  为 0 级平面波组分的振幅， $\beta_m$  为横向波矢量组分， $\alpha_m$  为第  $m$  级的垂直波矢量组分。附加的指数项表示光束相对于它的横向（光束的中心朝坐标  $x_0$  偏移）以及纵向（散焦为  $z_0$ ）“0”的位置的偏移量。艾里斑（即衍射受限光学系统的聚焦平面中的强度分布图）要求以简单的圆函数（circ-function）作为光谱。

[0053]第二，完全的衍射矩阵  $r$ （或  $t$ ）通过一种严格的衍射方法来进行计算，如 RCWA、GIM 和诸如此类。

[0054]第三，将衍射矩阵与入射光谱的列矢量相乘导致发出的（衍射）光谱的列矢量。

[0055]接下来，从外矢量的元素中，总的检测器振幅或强度可以被计算出来（参见下面的等式 4 和图 3），或者这些元素也可以被看作是散射的光束的方向振幅/强度（图 4）。

[0056]此外，可以通过将发出的光谱矢量与体现（复）检测器函数（当然也可能包括滤波器、相位延迟器等）的矢量  $(D)_0$  相乘，来获得检测器信号。这就在检测器中产生了积分信号的复合振幅  $A_d$ ：

$$A_d = \sum_{i=1}^N (D)_0 \cdot (\tilde{A})_0 = \sum_{o=1}^N (D)_o \cdot \sum_{i=1}^N (r)_{o,i} \cdot (\tilde{A})_i \quad (4)$$

最终，强度通过这样的成方获取： $I_d \propto A_d \cdot A_d^*$

[0057]如上所述，参见图 3，在一个示范性实施例中，检测器 112 包括聚焦镜头 306，该聚焦镜头 306 被配置为采集并引导衍射光束到光检测器 302 上。对于这个示范性实施例来说，获取最大的数值孔径值，可以通过平均聚焦镜头 306 的数值孔径上的强度，并将该数值与聚焦光束的主（即中心）“光线”的平面波响应进行对比来实现。得到标准化的偏移。然后最大的数值孔径值可以通过将标准化的偏移与允许的误差限度相关联来确定。

[0058]此外，如上所述，周期图形的衍射矩阵可以在一个超级周期中嵌入。如图 9A、9B 和 9C 所示，周期图形（图 9A）可能会导致强大的对角线条，这些对角线条被分配到衍射矩阵中的某种衍射级中（图 9B 和 9C）。如图 10A、10B 和 10C 所示，在波长不变的情况下，当周期图形的节距增大时（图 10A），衍射矩阵密度加大（图 10B 和 10C）。同样如上所述，衍射矩阵随着输入的光谱被激发（即进行等式 1 的矩阵乘法）。

[0059]从图 9B 和 9C、图 10B 和 10C 中可以看出，在入射光谱（即入射光束的双倍的数值孔径）并没有比模式距离  $\lambda/d$  更宽的情况下，由聚焦的入射波激发的输出光谱将只会受第 0 个级（即矩阵的主对角线）的影响。然而，用于周期光栅的传统光学度量法通常受下列条件表征：

$$2NA = 2n \cdot \sin(u) \leq \frac{\lambda}{d} \quad (5a)$$

其中  $u$  为孔径角度。

[0060]与之相比，如上所述，用于单一特征的光学度量法可以受下列条件表征：

$$2NA = 2n \cdot \sin(u) > \frac{\lambda}{d} \quad (5b)$$

在满足这个条件的情况下，入射光谱开始覆盖相邻的边际对角。从数字上看，这意味着由此导致的输出波的组分（或平面波）必须按照等式（1）来计算，即通过来自比入射光谱组分更多的分布的相干加入。从物理的角度上看，这就意味着干涉。高数值孔径照明与低的  $\lambda/d$  比率相结合，其光学上的意义在于，可以针对图形的单一特征而广泛

地忽略周围。

[0061]前面对本发明的具体实施例的描述仅是为了对这项发明加以说明和论述，而并非是完全没有遗漏或为了将该发明限定在所公开的精确的形式内。应该理解的是，许多的改进和变化在所述示范之下是有可能实现的。

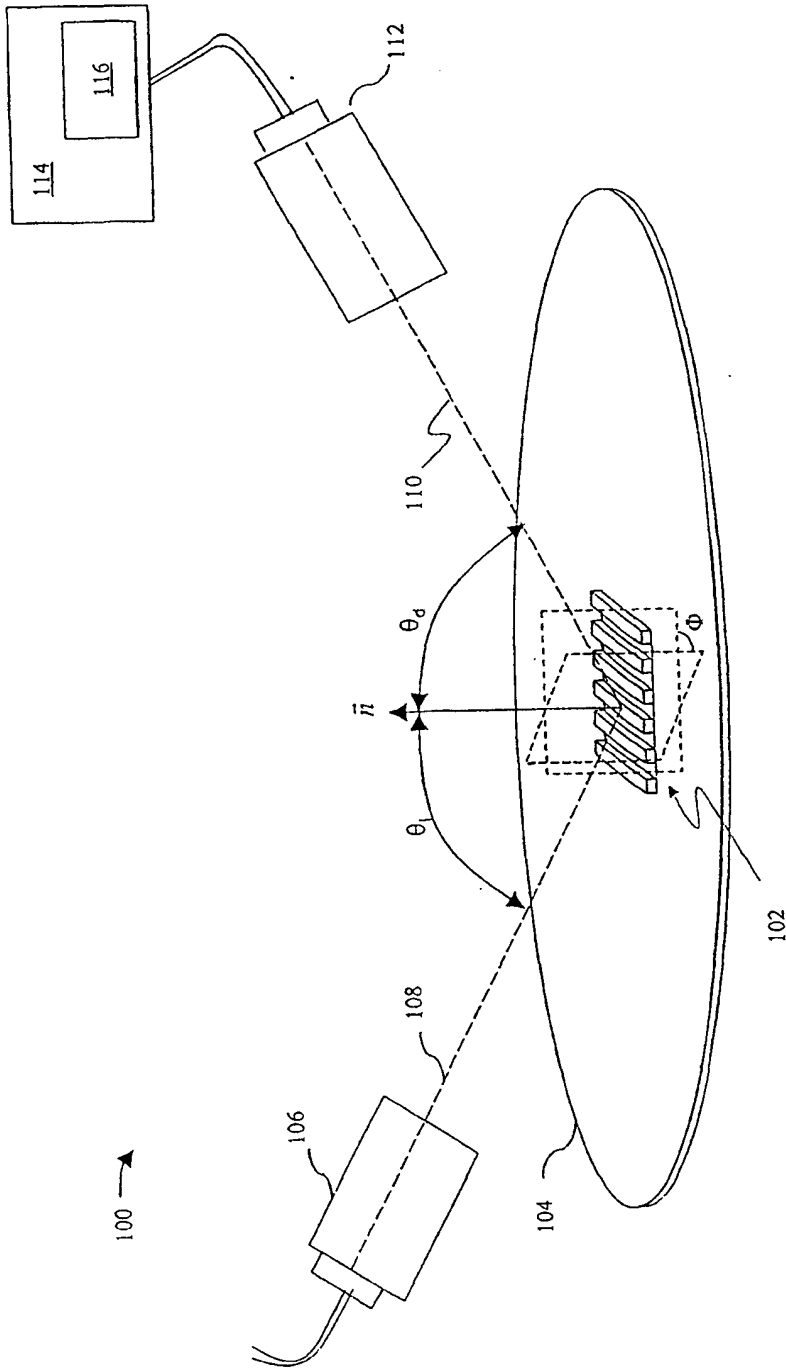


图1

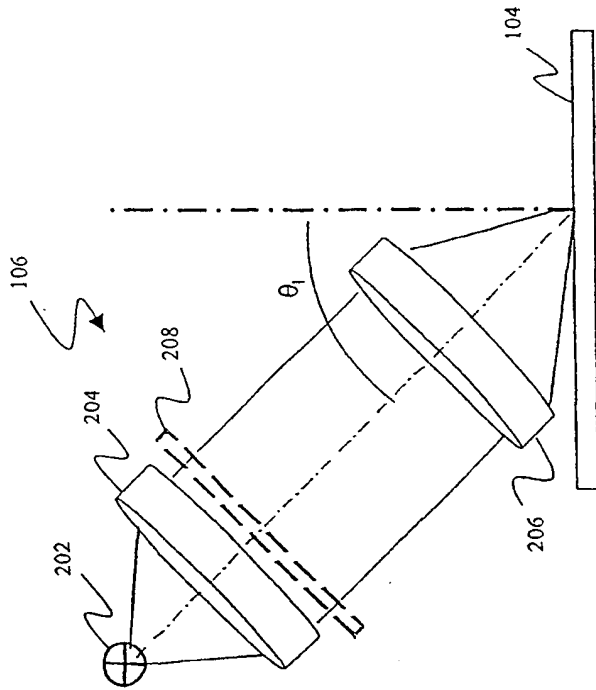


图2

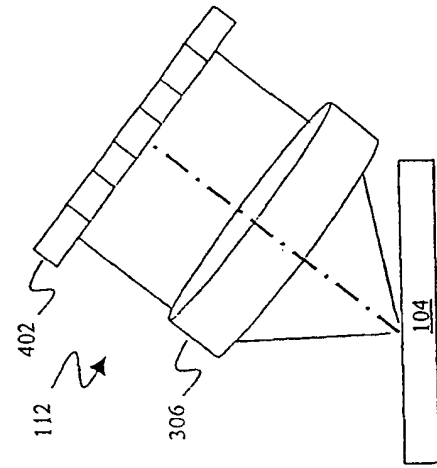


图4

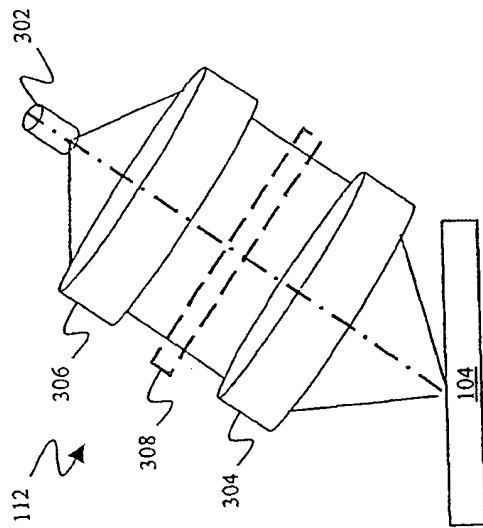


图3



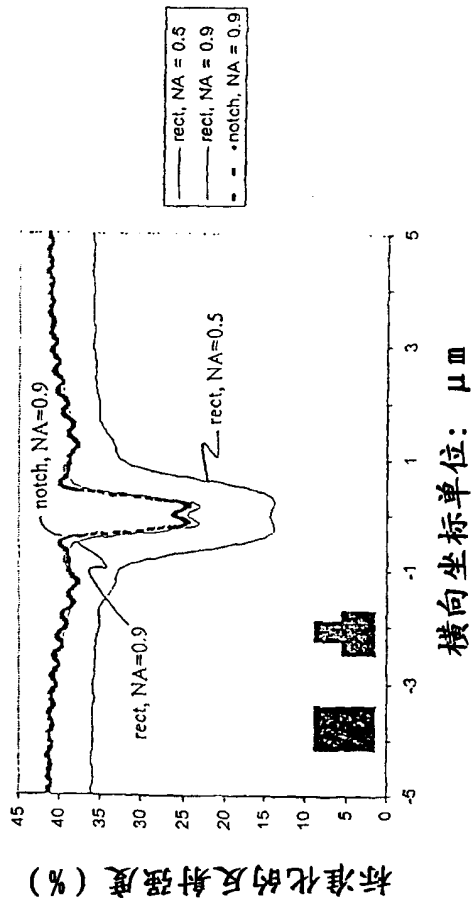


图5

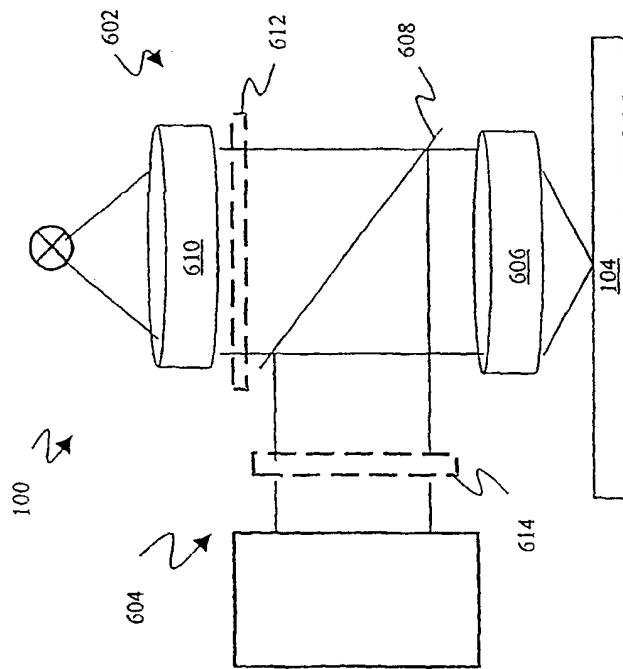


图6

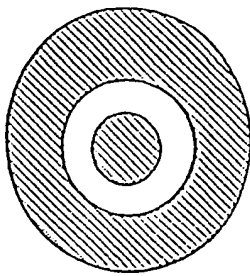


图 8-A

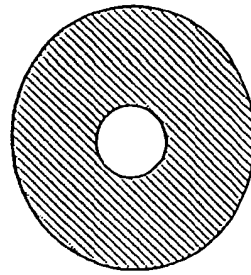


图 8-B

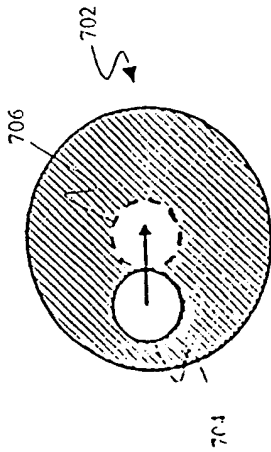


图 7-A

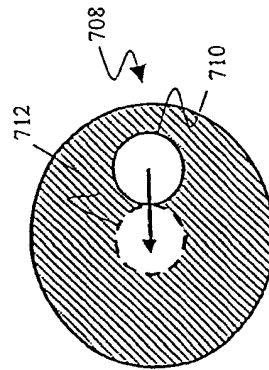


图 7-B

