



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102484350 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201080038324. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 08. 24

H01S 3/13(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/236, 848 2009. 08. 25 US

12/860, 288 2010. 08. 20 US

(56) 对比文件

CN 1402897 A, 2003. 03. 12,

CN 101080807 A, 2007. 11. 28,

US 2003/0133487 A1, 2003. 07. 17,

US 6862079 B2, 2005. 03. 01,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 02. 23

审查员 郭万红

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/002320 2010. 08. 24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/028246 EN 2011. 03. 10

(73) 专利权人 西默股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 成乐根 I·B·拉洛维奇

N·R·法勒 R·J·拉法克

J·J·班迪克

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 管琦琦

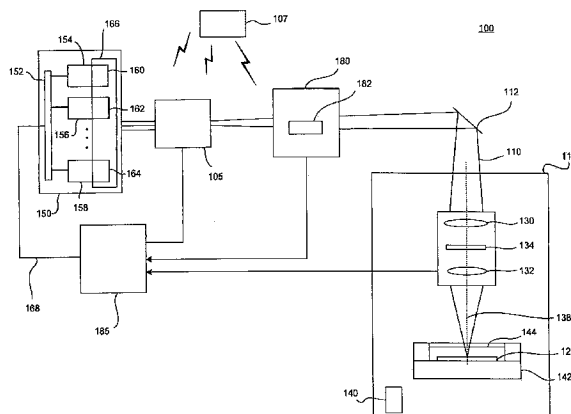
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

光源的主动光谱控制

(57) 摘要

一种控制光束的光谱性质的方法,所述方法包括:引导光束至被配置在晶片上创建图案的光刻曝光装置;接收表示光束的光谱性质的信息;接收表示光刻曝光装置的光学成像条件的信息;基于所接收的光谱性质信息和所接收的光学成像条件信息估计光束的特征值;确定所估计的光束特征值是否与目标光束特征值匹配;以及如果确定所估计的光束特性值与目标光束特性值不匹配,则调整所述光束的光谱性质。



1. 一种控制光束的光谱性质的方法,所述方法包括:
引导光源所产生的光束至被配置在晶片上创建图案的光刻曝光装置;
从所述光源以及在所引导的光束的路径上的光束分析模块接收表示光束的光谱性质的信息;
接收表示与光刻曝光装置内的部件的光学性质相关的光学成像条件的信息;
通过计算所接收的光谱性质信息和所接收的光学成像条件信息的量度,模拟所述光束的光谱;
基于所计算的量度,估计光束的特征值;
确定所估计的光束特征值是否与目标光束特征值匹配;以及
如果确定所估计的光束特性值与目标光束特性值不匹配,则调整所述光束的光谱性质。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中估计所述光束特征值的步骤包括估计所述光束的焦点模糊分布的宽度。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其中估计所述光束特征值的步骤包括估计所述光束的带宽。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其中调整所述光束的光谱性质的步骤包括调整所述光束的带宽。
5. 如权利要求 1 所述的方法,其中接收所述光谱性质信息的步骤包括接收经测量的所述光束的带宽。
6. 如权利要求 1 所述的方法,其中接收所述光学成像条件信息的步骤包括接收所述光刻曝光装置中的投射光学元件的数值孔径。
7. 如权利要求 1 所述的方法,其中接收所述光学成像条件信息的步骤包括接收有关将在所述晶片上印刻的图案的信息。
8. 如权利要求 1 所述的方法,其中接收所述光学成像条件信息的步骤包括接收用于在所述晶片印刻图案的照明条件。
9. 如权利要求 1 所述的方法,其中调整所述光束的光谱性质的步骤包括:在以第一范围模式操作的同时,在第一带宽范围内调整所述光束的带宽。
10. 如权利要求 9 所述的方法,其中调整所述光束的光谱性质的步骤包括:在以第二范围模式操作的同时,在第二带宽范围内调整所述光束的带宽。
11. 如权利要求 1 所述的方法,还包括接收表示所述光刻曝光装置的机械成像条件的信息,其中:
量度被替换为所接收的光谱性质信息、所接收的光学成像条件信息和所接收的机械成像条件信息的量度。
12. 一种产生光束的光系统,所述光束被配置引导至在晶片上创建图案的光刻曝光装置,所述光系统包括:
被配置产生光束的光源;
在所产生的光束的路径上且被配置测量所述光束的光谱性质信息的光束分析模块;
被配置引导所述光束至所述光刻曝光装置的光束引导系统;
控制器,其被配置:

从所述光源以及所述光束分析模块接收表示所述光束的光谱性质的信息；
接收表示与所述光刻曝光装置内的部件的光学性质相关的光学成像条件的信息；
计算所接收的光谱性质信息和所接收的光学成像条件信息的量度；
基于所计算的量度，估计所述光束的特征值；
确定所估计的光束特征值是否与目标光束特征值匹配；以及
如果确定所估计的光束特性值与目标光束特性值不匹配，则基于所述确定来输出指示调整的信号；以及

光谱性质选择系统，其接收所输出的信号并被配置以调整所述光束的光谱性质。

13. 如权利要求 12 所述的光系统，其中所述控制器被配置通过估计所述光束的焦点模糊分布的宽度来估计所述光束特征值。

14. 如权利要求 12 所述的光系统，其中所述控制器被配置通过估计所述光束的光谱的宽度来估计所述光束特征值。

15. 如权利要求 12 所述的光系统，其中所述光谱性质选择系统包括：

光谱性质控制模块；以及

一个或多个连接至各个光学特征件的光谱性质致动系统，所述光学特征件光耦合至所述光源的所述光束。

16. 如权利要求 12 所述的光系统，其中所述光谱性质选择系统包括至少两个光谱性质致动系统，所述光谱性质致动系统能够在两个或更多个不同的性质范围内调整所述光束的光谱性质。

17. 如权利要求 12 所述的光系统，其中所述光谱性质选择系统通过调整所述光束的带宽来调整所述光束的光谱性质。

18. 如权利要求 12 所述的光系统，所述光束分析模块包括光谱值测量系统，所述光谱值测量系统包括至少一个测量表示所述光束的光谱性质的信息的传感器。

19. 如权利要求 18 所述的光系统，其中所述光谱值测量系统包括一个或多个干涉或色散仪器。

光源的主动光谱控制

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2009 年 8 月 25 日提交的 61/236,848 号美国申请以及 2010 年 8 月 20 日提交的 12/860,288 号美国申请的权益,这些申请的全部内容通过引用结合于此。

技术领域

[0003] 所公开的主题涉及光源的主动光谱控制,该光源给光刻曝光设备提供光。

背景技术

[0004] 对诸如激光的光源的光谱性质(例如,带宽)的准确认知在科学及工业应用中是重要的。例如,需要对光源带宽的准确认知以便能够控制深紫外线光刻中的最小特征尺寸或者关键尺寸(CD)。关键尺寸是需要在半导体衬底(也称作晶片)上印刻的特征尺寸,因而 CD 要求严苛的尺寸控制。在光刻中,衬底被光源产生的光束照射。通常,光源是激光光源且光束是激光光束。为了增加处理的分辨率并由此减少最小特征尺寸,用折射率比 1 大的流体介质填充装置的照明器的最后的透镜和衬底之间的间隙。

[0005] 光束的带宽是从光源输出的光束的强度谱的宽度,并且该宽度可以用激光的波长或者频率来给出。可以使用有关该光源光谱详情的任何适当的数学作图(即,量度)来估计该光束的带宽。例如,最大峰值强度的若干分之几(X)处的光谱全宽(称作 FWXM)可以被用于估计光束带宽。作为另一个例子,可以使用包括积分的光谱强度的若干分之几(Y)的光谱宽度(称作 EY)来估计光束带宽。

发明内容

[0006] 在某些方面,光束的光谱性质被控制。光束被引导至被配置在晶片上创建图案的光刻曝光装置。表示光束的光谱性质的信息和表示光刻曝光装置的光学成像条件的信息被接收。基于所接收的光谱性质信息和所接收的光学成像条件信息估计所述光束的特征值。确定所估计的光束特征值是否与目标光束特征值匹配。并且,如果确定所估计的光束特性值与目标光束特性值不匹配,则调整所述光束的光谱性质。

[0007] 实现方式包括一个或多个以下特征。例如,可以产生所述光束。

[0008] 可以基于所述光束的焦点模糊分布的宽度来估计所述光束特征值。可以基于所述光束的带宽来估计所述光束特征值。可以通过使用量度以模拟所述光束的光谱来估计所述光束特征值。

[0009] 可以通过调整所述光束的带宽来调整所述光束的光谱性质。

[0010] 可以通过接收经测量的所述光束的带宽来接收所述光谱性质信息。

[0011] 可以通过接收所述光刻曝光装置中的投射光学元件的数值孔径来接收所述光学成像条件信息。可以通过接收有关将在所述晶片上印刻的图案的信息来接收所述光学成像条件信息。可以通过接收用于在所述晶片印刻图案的照明条件来接收所述光学成像条件信息。

[0012] 可以通过在以第一范围模式操作的同时,在第一带宽范围内调整所述光束的带宽来调整所述光束的光谱性质。可以通过在以第二范围模式操作的同时,在第二带宽范围内调整所述光束的带宽来调整所述光束的光谱性质。

[0013] 还可以接收表示所述光刻曝光装置的机械成像条件的信息。在此情况下,基于所接收的光谱性质信息、所接收的光学成像条件信息和所接收的机械成像条件信息估计所述光束特征值。

[0014] 在另一些方面,一种产生光束的光系统,所述光束被配置引导至在晶片上创建图案的光刻曝光装置。所述光系统包括:被配置产生光束的光源;被配置引导所述光束至所述光刻曝光装置的光束引导系统;控制器;以及光谱性质选择系统。所述控制器被配置:接收表示所述光束的光谱性质的信息;接收表示所述光刻曝光装置的光学成像条件的信息;基于所接收的光谱性质信息和所接收的光学成像条件信息估计所述光束的特征值;确定所估计的光束特征值是否与目标光束特征值匹配;以及如果确定所估计的光束特性值与目标光束特性值不匹配,则基于所述确定输出指示调整的信号。光谱性质选择系统接收所输出的信号并被配置以调整所述光束的光谱性质。

[0015] 实现方式包括一个或多个以下特征。例如,控制器被配置通过估计所述光束的焦点模糊分布的宽度来估计所述光束特征值。

[0016] 控制器被配置通过估计所述光束的光谱的宽度来估计所述光束特征值。

[0017] 所述光谱性质选择系统可以包括:光谱性质控制模块;以及一个或多个连接至各自光学特征件的光谱性质致动系统,所述光学特征件光耦合至所述光源的所述光束。

[0018] 所述光谱性质选择系统包括至少两个光谱性质致动系统,所述光谱性质致动系统允许在两个或更多个不同性质范围内调整所述光束的光谱性质。

[0019] 所述光谱性质选择系统可以被配置通过调整所述光束的带宽来调整所述光束的光谱性质。

[0020] 所述光系统还可以包括在所述光束路径上的光束分析模块,所述光束分析模块被配置测量所述光束的光谱性质信息,其中所述控制器被配置从所述光束分析模块接收表示所述光束光谱性质的信息。

[0021] 光束分析模块可以包括光谱值测量系统,所述光谱值测量系统包括测量表示光束的光谱性质的信息的至少一个传感器。

[0022] 所述光谱值测量系统包括一个或多个干涉或色散仪器。

附图说明

[0023] 图 1 是光刻系统的框图。

[0024] 图 2 是图 1 的光刻系统中所使用的光源的框图。

[0025] 图 3 是图 1 的光刻系统所执行的过程的流程图。

[0026] 图 4 示出了一组焦点模糊分布值对积分范围的图,这些图与图 1 的光刻系统的光刻曝光装置的光学成像条件有关。

[0027] 图 5 和 6 示出了额外的多组焦点模糊分布值对积分范围的图,这些图与图 1 的光刻系统的光刻曝光装置的光学成像条件有关。

具体实施方式

[0028] 参照图 1, 光刻系统 100 包括供应光束 110 的光源 105, 该光束 110 通过光束引导系统 112 被引导到用于在晶片 120 上产生图案的光刻曝光装置 115。该光刻系统 100 还包括光谱性质选择系统 150、光束分析模块 180 和控制器 185, 其中该光谱性质选择系统 150 从光源 105 接收光束并且微调光源 105 的光谱输出, 该光束分析模块 180 测量输送至光刻曝光装置 115 的光束 110 的一个或者多个性质 (诸如, 带宽)。

[0029] 从光源输出的光束的光谱性质包括该光束强度谱的任何方面或者表示。例如, 光束的带宽 (或线宽, 该线宽是强度谱的宽度的估计) 是光谱性质。

[0030] 通常, 控制器 185 从光源 105 和光束分析模块 180 接收有关光束 110 的信息, 并且从光刻曝光装置 115 接收有关光学成像条件 (下文将描述) 的信息, 以及对信息执行分析以确定如何调整供应到光刻曝光装置 115 的光束 110 的一个或多个光谱性质 (例如, 带宽)。基于该确定, 控制器 185 发送信号至光谱性质选择系统 150 以控制光源 105 的操作。

[0031] 光谱性质选择系统 150 包括诸如带宽控制模块 152 的控制模块, 其包括固件和软件的任何组合形式的电子装置。模块 152 连接至一个或多个致动系统, 诸如带宽致动系统 154、156、158。每个带宽致动系统 154、156、158 可包括一个或多个致动器, 该一个或多个致动器各自连接至光学系统 166 的光学特征件 160、162、164。光学特征件 160、162、164 被配置以调整所产生的光束 110 的特定特征, 从而调整光束 110 的光谱性质。控制模块 152 从控制器 185 接收信号 168, 该信号 168 包括操作或控制一个或多个致动系统 154、156、158 的具体指令。可以选择或者设计致动系统 154、156、158 一起工作或者一前一后地工作。此外, 可以优化致动系统 154、156、158 中的每一个以响应特定类别的干扰 107。即使光源 105 受到宽阵列干扰 107, 也可以通过控制器 185 来一起应用这些协调和合作以保持或维持光谱值 (诸如带宽) 在一期望的设定点或至少在一设定点周围期望的范围内。

[0032] 各光学特征件 160、162、164 光耦合至光源 105 产生的光束 110。在一些实现方式中, 包括光学特征件 160、162、164 的光学系统 166 包括色散光学元件 (诸如反射光栅) 以及折射光学元件 (诸如可转动棱镜)。在 2009 年 10 月 23 日提交的, 题名为 “System Method and Apparatus for Selecting and Controlling Light Source Bandwidth (选择和控制系统光源带宽的系统方法和装置)” 的第 12/605, 306 号美国申请 (申请 ‘306) 中可以发现包括受控于致动系统的光学特征件的光学系统的一个例子, 其全部内容通过引用结合与此。在申请 ‘306 中, 所描述的光学系统包括扩束器 (包括一个或多个棱镜) 和诸如光栅的色散元件。

[0033] 致动系统 154、156、158 中的各致动器是用于移动或控制光学系统 166 的各光学特征件 160、162、164 的机械设备。致动器从模块 152 接收能量, 并且将能量转换成给予光学系统 166 的光学特征件 160、162、164 的某种运动。例如, 在申请 ‘306 中, 致动系统被描述成诸如力设备 (向光栅的区域施加力) 和用于转动扩束器的一个或多个棱镜的转动级。致动系统 154、156、158 例如可以包括: 诸如步进电机的电动机、阀门、压控设备、压电设备、直线电机、液压致动器、音圈等。

[0034] 光束分析模块 180 包括光谱值 (例如, 带宽) 测量系统 182, 其包括测量表示光束 110 的光谱性质的信息的至少一个传感器。在一些实现方式中, 光谱值测量系统 182 使用干涉或色散仪器 (诸如分光计)。例如, 光谱值测量系统 182 可以包括一个或多个分光计,

其具有诸如在 2005 年 10 月 4 日授权的,题名为“Method and Apparatus for Measuring Bandwidth of a Laser Output(测量激光器输出带宽的方法和装置)”的 6,952,267 号美国专利(专利‘267)中所记载的不同的脉冲响应功能,该专利的全部内容通过引用结合与此。每个分光计提供一输出,其表示包括光束 110 的光谱性质(例如,带宽)或与之相关的所测参数。光谱值测量系统 182 还包括计算装置,该计算装置使用分光计输出作为方程组的一部分。这些方程应用对分光计特定的预定校准变量,并且被用于根据一个或多个量度来计算光束 110 的光谱信息(例如,带宽)的估计值。

[0035] 在某些实现方式中,该量度是所获得的最大值的某个百分比或若干分之几(X)处的光谱全宽(FWXM)。在其它实现方式中,该量度是包含总能量的某个百分比或若干分之几(Y)的那部分的宽度(EY)。

[0036] 在某些实现方式中,该量度是平均绝对散焦(MAD),T.Brunner、D.Corliss、S.Butt、T.Wiltshire、C.P.Ausschnitt、M.Smith 在 SPIE 学报 Optical Microlithography(光学微光刻)XVIII, Donis G.Flagello 版,6154 卷,2006 中的“Laser Bandwidth and Other Sources of Focus Blur in Lithography(光刻中的激光带宽和其它焦点模糊源)”中详细描述了该量度,并且将在下文中更加详细地对其进行讨论。

[0037] 光源 105 可以是脉冲激光源,其产生作为光束 110 的脉冲激光束。参照图 2,在某些实现方式中,光源 105 包括向功率放大器(PA)210 提供种子光束 205 的主振荡器(MO)200。控制器 185 通过连接 202 耦合至主振荡器 200,并且通过连接 212 耦合至功率放大器 210。功率放大器 210 例如可以是于 2009 年 3 月 27 日提交的、题名为“Regenerative Ring Resonator(再生环形谐振器)”的第 12/413,341 号美国申请中所描述的再生环形谐振器,该申请的全部内容通过引用结合与此。主振荡器 200 允许以相对低的输出脉冲能量来微调参数,诸如中心波长和带宽。功率放大器 210 从主振荡器 200 接收种子激光束 205,并且放大该输出以获得用于输出以供光刻曝光装置 115 使用的光束 110(在本实现方式中其是激光光束)所必需的功率。

[0038] 主振荡器 200 包括具有两个细长电极的放电腔室、激光气体以及用于使该气体在这两个电极之间循环的风扇,并且在放电腔室一侧的光谱性质选择系统 150 和该放电腔室的第二侧的输出耦合器 215 之间形成一激光谐振器。光源 105 还可以包括从输出耦合器 215 接收输出的直线中心分析模块 220 以及一个或多个光束调制光学系统 225,该光束调制光学系统 225 按需要来调制激光光束的尺寸和/或形状。放电腔室中使用的激光气体可以是任何适用于产生所需要的波长和带宽的激光光束的气体,例如,激光气体可以是发射光波长为约 193nm 的氟化氪(ArF),或者发射光波长为约 248nm 的氟化氪(KrF)。

[0039] 功率放大器 210 包括功率放大器放电腔室,并且如果该功率放大器是再生环形放大器,则该功率放大器 210 还包括将光束反射回放电腔室以形成循环路径的光束反射器 230。功率放大器放电腔室包括一对细长电极、激光气体以及用于使该气体在电极之间循环的风扇。通过重复通过功率放大器 210,种子光束 205 被放大。光束调制光学系统 225 提供了一种使种子光束 205 与功率放大器 210 进入耦合并且使经放大的辐射的一部分与功率放大器 210 去耦合以形成输出光束的方法(例如,部分反射镜)。

[0040] 参照图 1,光刻曝光装置 115 包括光学装置,该光学装置包括具有一个或多个聚光透镜的照明系统 130、掩模 134 以及物镜装置 132。掩模 134 能够沿着一个或多个方向运动,

诸如沿着光束 110 的光轴 138 或者在与光轴 138 垂直的平面内。光刻曝光装置 115 被包含在一保持常温常压的密封腔室中以减少印刻在晶片 120 上的图案的失真。此外,除了其它特征件以外,光刻曝光装置 115 可以包括光刻控制器 140、空调设备以及用于各种电部件的电源。光刻控制器 140 控制在晶片 120 上如何印刻各个层。照明系统 130 调整入射到掩模 134 上的光束 110 的角度的范围。照明系统 130 还使得跨越掩模 134 的光束 110 的强度分布均匀化(使得均衡)。物镜装置 132 包括投射透镜,并且能够实现从掩模 134 到晶片 120 上的光刻胶的图像转移。

[0041] 晶片 120 被装载在晶片台 142 上,并且可以提供浸润介质 144 以覆盖晶片 120 用于浸润光刻。晶片 120 被光束 110 照射。通常通过选择性地从晶片 120 去除材料并用绝缘材料、半导体材料或导电材料填充所形成的开口来形成晶片 120 上的微电子特征。

[0042] 可以通过在晶片上沉积光敏光刻胶材料层,随后在该光刻胶层上定位有图案的掩模 134,并接着曝露经掩模的光刻胶层至选择的照射(即,光束 110)在晶片 120 上形成微电子特征。晶片 120 接着被曝露于显影液,诸如水基或溶剂。在一种情况下,光刻胶层最初基本可溶于显影液,并且通过掩模 134 中有图案的开口曝露于照射的光刻胶层的部分从基本可溶变成基本耐受该显影液(例如,具有低溶解度)。或者,该光刻胶层最初基本不可溶于显影液中,并且通过掩模 134 中的开口曝露于照射的光刻胶层的部分变得更易溶。在任何一种情况下,耐受该显影液的光刻胶层的部分保留在晶片 120 上,并且其余的光刻胶层被显影液去除以露出在下面的晶片 120 的材料。

[0043] 晶片 120 接着受到刻蚀或材料沉积处理。在刻蚀处理中,蚀刻剂去除露出的材料而非在光刻胶层的保留部分下保护的材料。因此,蚀刻剂在晶片 120 的材料中或者在沉积在晶片 120 的材料中创建开口图案(诸如槽、沟道或孔)。这些开口可以用绝缘材料、导电材料或者半导体材料填充以构建晶片 120 上的微电子特征的层。晶片 120 接着被单片化以形成单个芯片,可以将单个芯片合并进各种各样的电子产品,诸如计算机或者气体消费或工业电子设备。

[0044] 由于晶片 120 中形成的微电子特征尺寸的减小(例如,减小由晶片 120 形成的芯片的尺寸),光刻胶层中形成的特征的尺寸也必须减小。减少 CD 的一种方法是增加物镜装置 132 中投射透镜的数值孔径(NA)。但是,由于投射透镜的 NA 增加,在隔离开的多个特征处光束 110 会损失焦深(DOF)。由于该制造过程需要聚焦变化,DOF 是获取更高产量的经处理的晶片所需要的。作为较低 DOF 的结果,经处理的晶片的产量低得难以接受。

[0045] 解决上述问题的一个途径是一种步进器解决方法,其中将晶片 120 的一个或多个相对大的域曝露于入射的辐射,接着相对于入射的辐射(光束 110)轴向移动该晶片 120 以使该辐射的焦平面通过光刻胶层的多层。该过程通常被称作“聚焦制孔(focus drilling)”。在聚焦制孔期间,晶片 120 的相同部分被曝露在不同的焦点位置。这是通过在步进快门开启时沿着光轴 138 移动晶片台 142 而实现的。晶片 120 的图像因而是不同焦点位置处的多次曝光的积分(或者叠合)。研发该方法是为了用于具有在快门开启时不执行 X- 运动或 Y- 运动(即,沿着晶片平面的运动)的晶片台的步进器工具。换言之,当衬底台 142 变换到 Z 方向时,晶片台处于在 X 或 Y 方向上相对于光源固定的位置。

[0046] 在本原理(术语称为扩大调焦范围曝光或“FLEX”)的一个具体应用中,晶片 120 被放置在步进台 142 上,并且晶片 120 的一个域曝露于通过掩模 134 的光束 110 并且聚焦

在给定深度。焦平面于是变换到不同的深度,并且晶片 120 的域被重新曝露。针对数个焦平面深度,依次重复该过程。

[0047] 解决上述问题的另一途径是扫描器途径,其中在晶片 120 和掩模 134 相互扫描通过以对准掩模 134 的连续部分和下面通过的晶片相对应的连续部分时,台 142 沿着倾斜路径移动晶片 120。晶片 120 相对于入射(光束 110)扭曲,从而当晶片 120 和掩模 134 相对彼此运动时,焦平面通过光刻胶层的不止一个层。

[0048] 解决上述问题的另一途径是使用具有较宽带宽光谱的光束 110。多数投射透镜(在物镜装置 132 中使用)具有色差,如果存在光源 105 的波长误差,则色差会产生晶片 120 上的成像误差。色差引起的最主要的误差是聚焦误差,其它误差往往更小。例如,如果光束 110 的波长偏离目标波长,晶片 120 上的图像将具有显著的焦平面误差。这些特征可以用于改善 DOF。当使用更宽带宽的光谱时,晶片 120 上的多数图案处的 DOF 得到改善。在 2006 年 8 月 8 日授权的、题名为“Relax gas discharge laser lithography lightsource(弛豫气体放电激光光刻光源)”的第 7,088,758 号美国专利以及 2006 年 12 月 26 日授权的、题名为“Laser output beam wavefront splitter for bandwidth spectrum control(用于带宽光谱控制的激光器输出波束波阵面分裂)”的第 7,154,928 号美国专利中描述了该种途径,这两个专利的全部内容通过引用结合与此。

[0049] 聚焦制孔时,光源 105 在较宽的带宽下工作,例如,在 0.6 皮米(pm)的带宽下,并且光源 105 可以具有不对称的光谱形状。在聚焦制孔期间,测量晶片 120 的关键尺寸(CD)以确保 CD 维持在可接受值的范围内,从而使 CD 不变化。如果光源 105 的光谱变化,则 CD 能够随着孔距变化。因此,在聚焦制孔时,最小化或者减小光源光谱的偏差对于确保减小 CD 偏差很重要。

[0050] 为了减少光源光谱的偏差(除了其它应用外,对于聚焦制孔应用),需要有估计从光束 105 输出的光束 110 的光谱的方法。全光谱的快速机载实时测量是很困难的,故而当今更加实际的是使用一种用于估计诸如带宽的光谱性质的量度来模拟光束 110 的光谱。

[0051] 如上所述,光束光谱常用的两个量度是 FWHM 和 E95。但是,简单使用 E95 带宽度量衡或者 FWHM 量度衡,在聚焦制孔中可以发现的不对称光谱形状会导致显著测量误差,并且对于把大带宽(例如,大于约 0.6pm)和不对称光谱与成像性能相关,单独 E95 可能不是最佳的量度。

[0052] 可以使用其它将有关光束的信息和有关光刻曝光装置的光学信息相结合的量度来更好地模拟该光谱。因为控制器 185 不仅接收有关光源 105 和来自光束分析模块 180 的光束 110 的信息,还从光刻曝光装置 115 接收光学成像条件,所以控制器在模拟光束光谱的工作中做的较好并且还能够更好地控制光束 110 的光谱性质。控制器 185 对所接收的信息和条件执行分析以确定如何调整供应到光刻曝光装置 115 的光束 110 的光谱性质。控制器的分析提供更好光束 110 的光谱模型,以便能够更好地控制 CD 并减小 CD 变化,这对于例如聚焦制孔的应用很有用。通过优化或者改进量度和反馈,控制器 185 通过光谱形状上的改变来检测晶片 120 的 CD 改变以经过仿真或实验确认来控制晶片 120 处的目标图案。量度和反馈使得能够更好地预测 CD 的改变或者变化。

[0053] 通常,控制器 185 从光束分析模块 180 接收表示光束 110 的光谱性质(诸如,带宽)的信息,并从光刻曝光装置 115 接收表示光刻曝光装置 115 的光学成像条件(诸如,投

射透镜的数值孔径)的信息。

[0054] 参照图 3, 光刻系统 100 应用用于控制光束 110 的光谱性质的过程 300。光源 105 产生光束 110(步骤 305)。光源 105 在控制器 185 的控制下基于光谱性质选择系统 150 中特定设置产生光束 110。光束引导系统 112 引导光束 110 朝向光刻曝光装置 115(步骤 310)。光束分析模块 180 接收光束 110 的至少一部分并且光谱值测量系统 182 测量表示光束 110 的光谱性质的信息。控制器 185 从光束分析模块 180 接收表示光束 110 的光谱性质的信息(步骤 315)。控制器 185 还从光刻曝光装置 115 接收表示光刻曝光装置 115 的光学成像条件的信息(步骤 320)。光学成像条件是光刻曝光装置 115 中的部件的光学性质相关的条件。例如, 光学成像条件可以是物镜装置 132 的透镜的数值孔径、照明系统 130 中用于晶片图案印刻的条件或者掩模 134 的图案。

[0055] 术语“光学成像条件”区别于光刻曝光装置 115 中的机械成像条件, 诸如台的倾斜或台的震动。

[0056] 控制器 185 基于所接收的光谱性质信息和所接收的光学成像条件信息估计特征值(诸如, 光束 110 的带宽或者晶片 120 处的焦点模糊)(步骤 325)。

[0057] 在某些实现方式中, 控制器 185 使用 MAD 量度(上面首次提到的), 该 MAD 量度使用从模块 180 确定的有关光束 110 的光谱性质的信息, 并且控制器 185 调整 MAD 量度计算以解决光刻曝光装置 115 的光学成像条件的改变。对于更宽带宽的光源(即, 对于带宽高于约 0.6pm 的光源), MAD 量度比 E95 估计光束光谱更加准确, 因而可以使用 MAD 量度来确定或预测 CD 如何因变于光束光谱而变化。

[0058] MAD 量度依靠如下理念: 激光带宽色差引起焦点模糊, 连同台 142 的机械震动和倾斜, 以及焦点模糊的测量能够提供有关激光带宽的信息。MAD 量度提供了对焦点模糊的测量/估计。焦点模糊估计提供焦点偏移量 z 的分布。焦点偏移量 z 相对于光束 110 的带宽 $(\lambda - \lambda_0)$ 以及物镜装置 132 中投射透镜的色差 $(df/d\lambda)$ 如下: $z = (df/d\lambda) \times (\lambda - \lambda_0)$

[0059] MAD 量度的计算是:

$$[0060] \quad MAD \equiv \overline{|\Delta z|} = \int_{z_1}^{z_2} F_{NET}(z) |z - z_{best}| dz / \int_{z_1}^{z_2} F_{NET}(z) dz,$$

[0061] 其中 $F_{NET}(z)$ 是净焦点模糊分布。该量度描述了光束 110 的带宽所致的图像模糊。通过使用上述转换方程, 可以按下式用波长来给出 MAD 量度:

$$[0062] \quad \frac{df}{d\lambda} \times \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F_{NET}(\lambda) (\lambda - \lambda_0) d\lambda / \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F_{NET}(\lambda) d\lambda.$$

[0063] 因此, 由于项 z 取决于从光束分析模块 180 接收的所测量的带宽 $(\lambda - \lambda_0)$, MAD 量度包括有关光束 110 的光谱性质的信息。焦点偏移量 z 还取决于物镜装置 132 中的投射透镜的色差 $(df/d\lambda)$ 。物镜装置透镜的色差通常为常数。此外, 在分布 F_{NET} 中的其它两个术语(即, 沿着光轴的机械震动和台倾斜)通常为常数。通过调整该净焦点模糊分布上计算的积分范围 (λ_1, λ_2) 来调整 MAD 量度, 以解决从光刻曝光装置 115 接收的光学成像条件信息。

[0064] 图 4 中示出了对应于针对各种数值孔径和针对两个不同的照明条件从 MAD 量度计算获得的焦点模糊带宽值对适用于积分范围从 0.95 至 1.15pm 的积分范围 (λ_1, λ_2) 的图表, 其中两个不同的照明条件之一是惯用照明(“conv”), 而另一是环形照明(“环形”)。

这些数据都是针对具有 190nm 孔距的特定掩模图案和测试光束光谱组采取的。例如,图表 400 示出了针对 1.05 的数值孔径、惯用照明和 190nm 掩模孔距的 MAD 计算。又例如,图表 405 示出了针对 1.2 的数值孔径、环形照明和 190nm 掩模孔距的 MAD 计算。

[0065] 每个图表(因而各光学成像条件的可能组合)具有用于计算 MAD 量度的最佳积分范围以获得特定 CD。

[0066] 例如,对任何照明系统,可以确定对光谱形状变化不敏感的最佳 MAD 测量积分范围(λ_1, λ_2)。对于晶片上具有 1.35NA 的环形照明,可以在约 0.95pm(即, $\lambda_1 - \lambda_2 = 0.95\text{pm}$) 的范围内进行如上的积分。又例如,对于晶片上具有 1.35NA 的惯用照明,可以在约 1.1pm(即, $\lambda_1 - \lambda_2 = 1.1\text{pm}$) 的范围内进行如上的积分。

[0067] 图 5 中示出了对应于针对 1.05、1.2 和 1.35 数值孔径和针对两个不同的照明条件从 MAD 量度计算获得的焦点模糊带宽值对适用于积分范围从 0.8 至 1.0pm 的积分范围(λ_1, λ_2)的图表,其中两个不同的照明条件之一是惯用照明(“conv”),而另一是环形照明(“环形”)。这些数据都是针对具有 170nm 孔距的特定掩模图案和测试光束光谱组采取的。

[0068] 图 6 中示出了对应于针对 1.05、1.2 和 1.35 数值孔径和针对两个不同的照明条件从 MAD 量度计算获得的焦点模糊带宽值对适用于积分范围从 0.95 至 1.15pm 的积分范围(λ_1, λ_2)的图表,其中两个不同的照明条件之一是惯用照明(“conv”),而另一是环形照明(“环形”)。这些数据都是针对具有 170nm 孔距的特定掩模图案和测试光束光谱组采取的。

[0069] 再次参照图 3,控制器 185 确定所估计的特性值与目标特性值是否匹配(步骤 330)。由于作用于光源 105 和光束 110 上的各种干扰 107(诸如温度梯度、压力梯度、光学失真等),所估计的特性值可能与目标特性值不匹配。如果控制器 185 确定所估计的特性值与目标特性值不匹配,控制器 185 向光谱性质选择系统 150 基于该确定输出指示调整的信号(步骤 335)。光谱性质选择系统 150 基于其从控制器 185 接收的信号,以保持 CD 常数为目标,来调整光束 110 的光谱性质(步骤 340)。例如,如果光束 110 的光谱性质是带宽,则控制器 185 确定所估计的带宽是否与目标带宽匹配,并且光谱性质选择系统 150 被配置以调整光源 105 输出的光束 110 的带宽。

[0070] 使用上面讨论的例子,如果控制器 185 使用经调制的 MAD 量度来估计作为特征值的焦点模糊带宽,则在步骤 330 可以比较所估计的焦点模糊带宽与目标焦点模糊带宽。目标焦点模糊带宽可以是取决于特定应用(即,将要在晶片上形成的图案)的值。例如,对于一个特定的聚焦制孔应用,控制器 185 控制光源 105 达到 180nm 的目标焦点模糊(在色差为 300nm/pm 的情况下),并且如果台倾斜增加 60nm 的焦点模糊,则控制器 185 调制光源 105 以产生将输送 120nm 的焦点模糊的光源光谱。

[0071] 尽管所述的 MAD 量度是一种可以被用于估计或者模拟光束的光谱的潜在量度,可以使用从全光谱得来的其它可能的量度。例如,可以使用二阶矩、诸如不对称/峰度的标准统计对称参数或者其它计算/模型。因此,量度被计算和/或从对机载光源 105 的光谱的直接测量以及从光刻曝光装置 115 接收的光学成像条件信息中推导出,以主动控制光源 105 并最小化或减小 CD 变化。故而,主动控制是基于操作期间机载光源 105 的测量的实际光谱。假设该光谱在新的机载度量衡的脉冲到脉冲(pulse-to-pulse)的基础上可用,可以从脉冲到脉冲基础上的光谱测量产生用于 CD 影响的模型,并且作出一些直接控制 CD 的致

动方案。

[0072] 在某些实现方式中,光束分析模块 180 的输出可以被显示用于外部处理监视。

[0073] 在其它实现方式中,控制器 185 不仅使用从光束分析模块 180 接收的信息和来自光刻曝光装置 115 的光学成像条件信息,还使用来自光刻曝光装置 115 的有关机械成像条件的信息,或者来自其它激光信号的信息,例如,有关目标能量和占空比补偿的信息。控制器 185 可以使用有关已知的晶片 120 的非平坦图或掩模 134 的非平坦图或诸如球面象差的透镜相差的信息。

[0074] 尽管在此所述的光刻系统 100 对于聚焦制孔应用是有用的,其可以用在需要对光束的光谱性质的改进控制和 / 或对晶片 120 处 CD 的改进控制的非聚焦制孔应用中。

[0075] 控制器 185 可以包括一个或多个数字电子电路、计算机硬件、固件和软件。控制器 185 还可以包括合适的输入和输出设备、计算机处理器以及有形地嵌入在机器可读存储器设备中由可编程处理器执行的计算机程序产品。包含(上述)技术的过程可以被可编程处理器执行,可编程处理器通过对输入数据进行运算以及产生合适的输出来执行指令程序以执行期望的功能。通常,处理器从只读存储器和 / 或随机存取存储器接收指令和数据。适于有形地包含计算机程序指令和数据的存储设备包括所有形式的非易失性存储器,作为示例包括诸如 EPROM、EEPROM 和闪存设备之类的半导体存储设备、诸如内部硬盘和可移动盘之类的磁盘、磁光盘、以及 CD-ROM 盘。上述的任一个可由专门设计的专用集成电路 (ASIC) 补充或纳入 ASIC 中。

[0076] 因此,其它实现方式也在所附权利要求的范围之内。

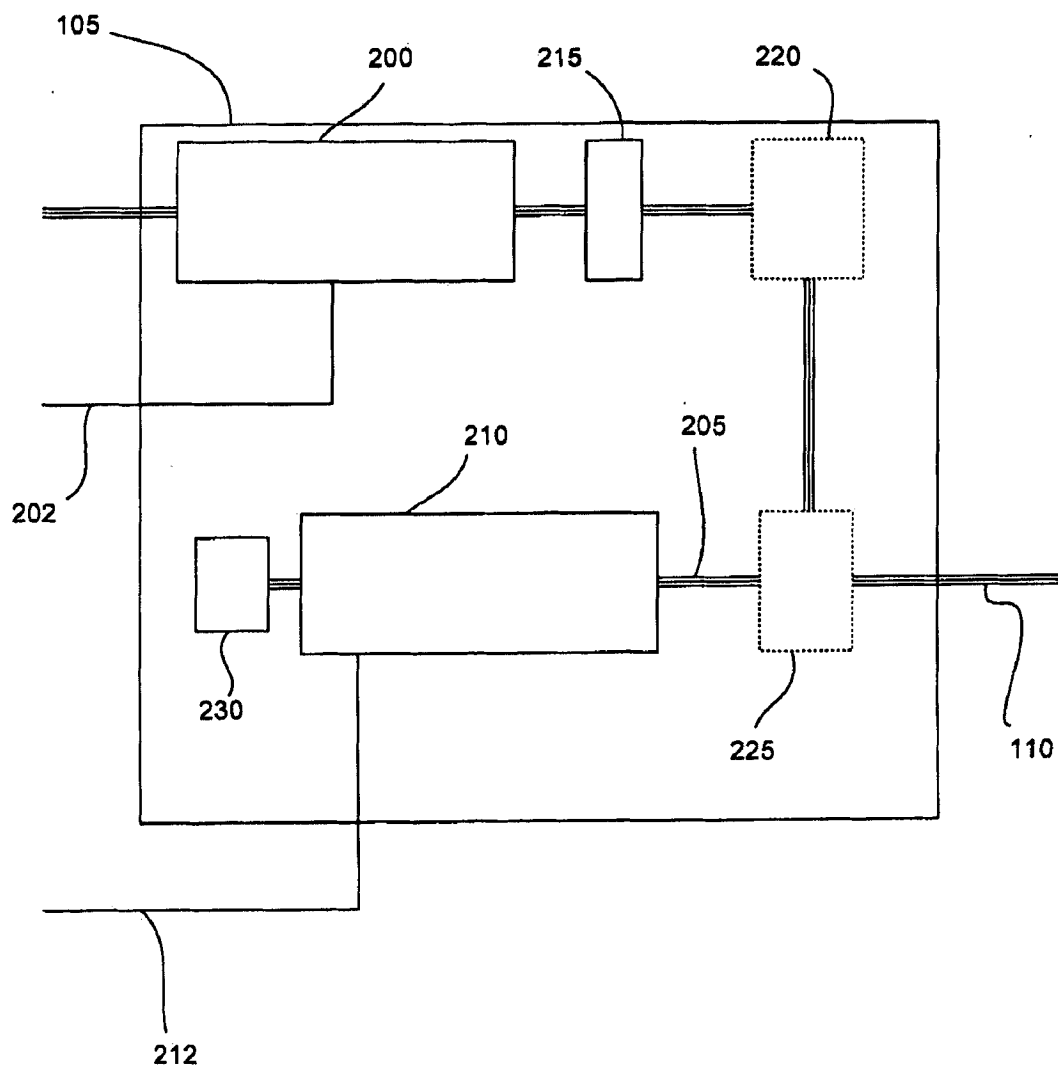


图 2

300

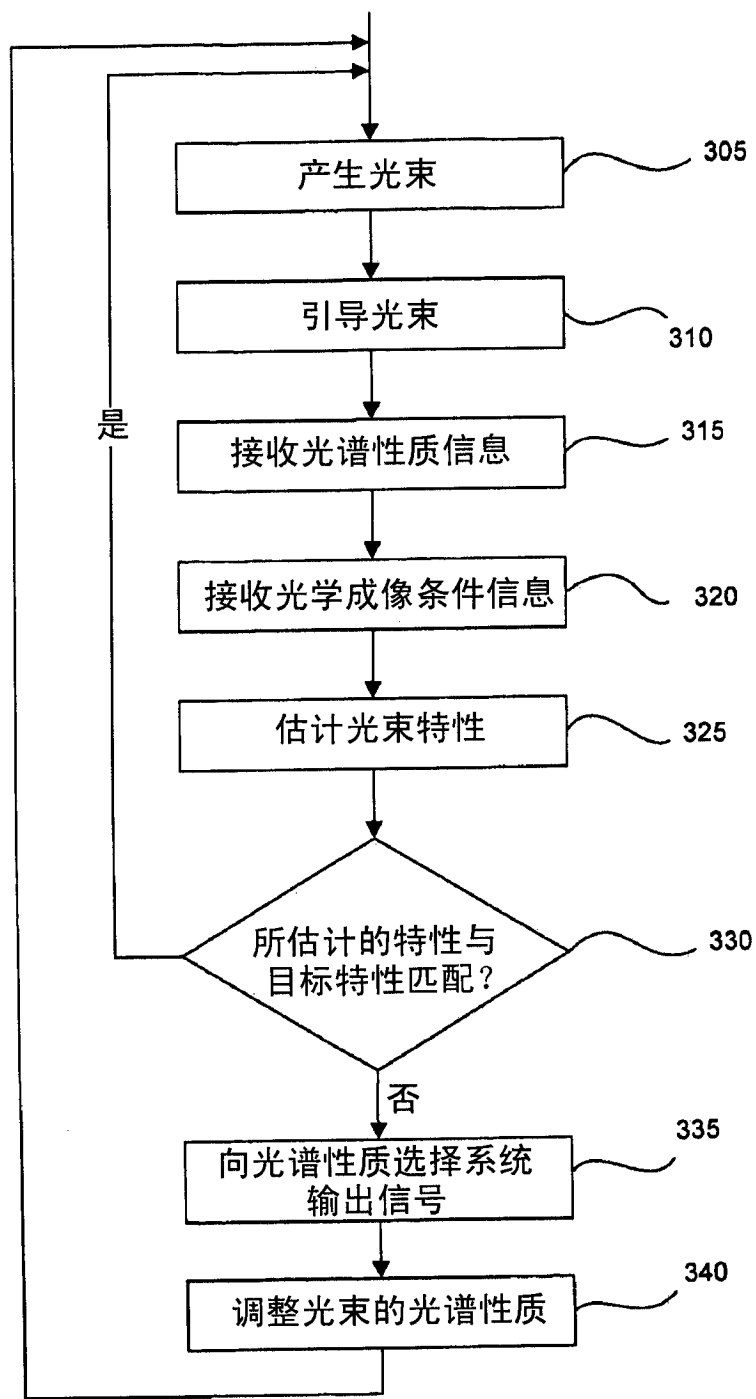


图 3

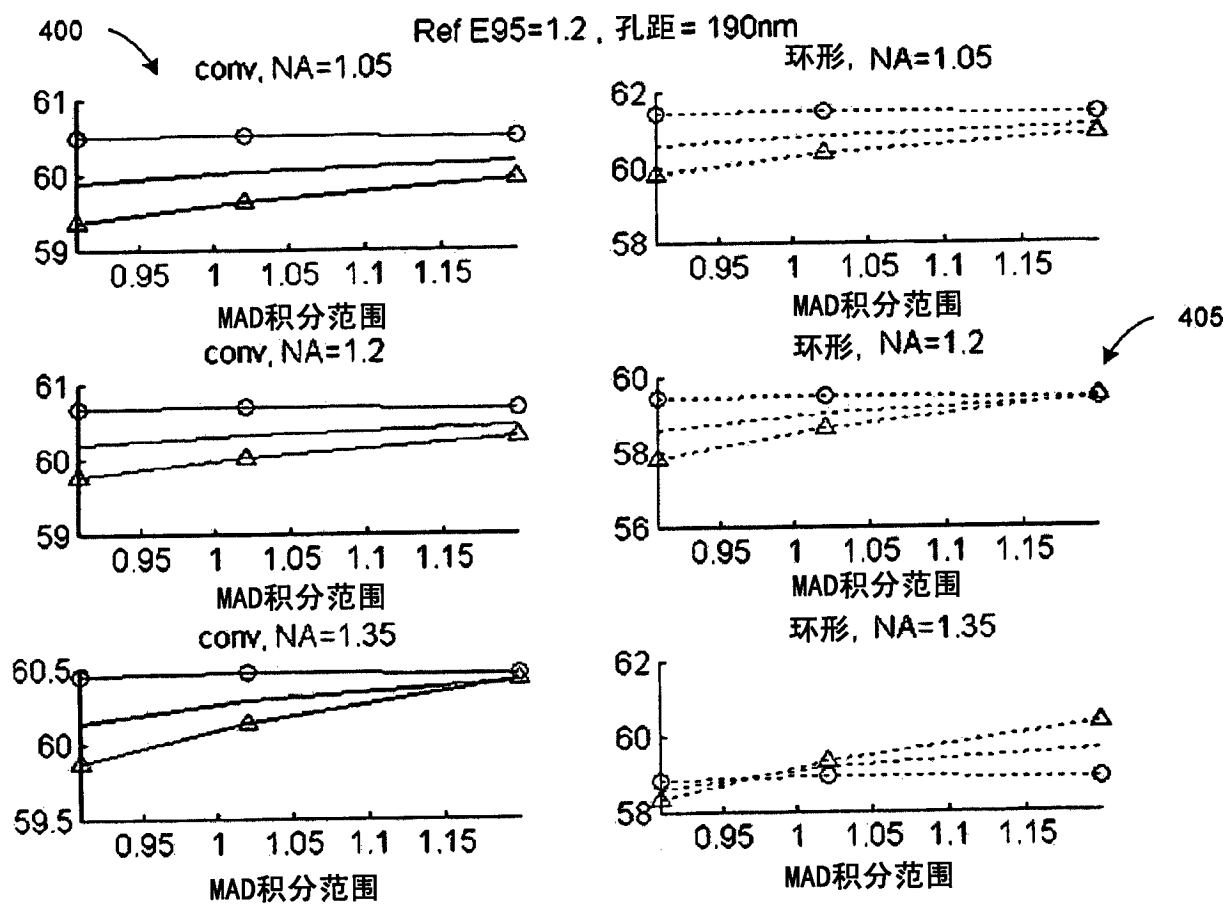


图 4

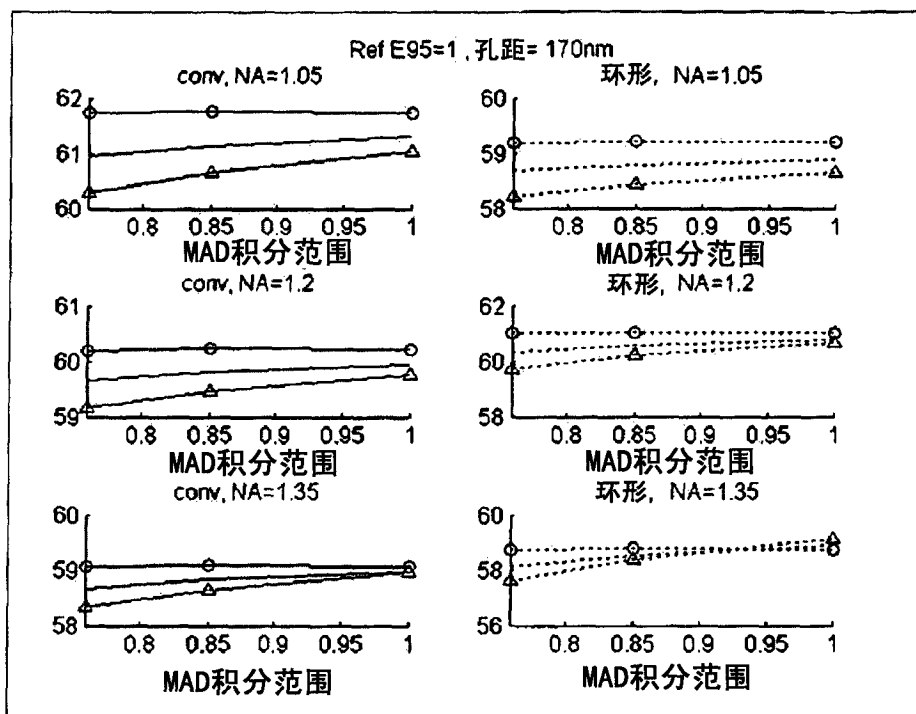


图 5

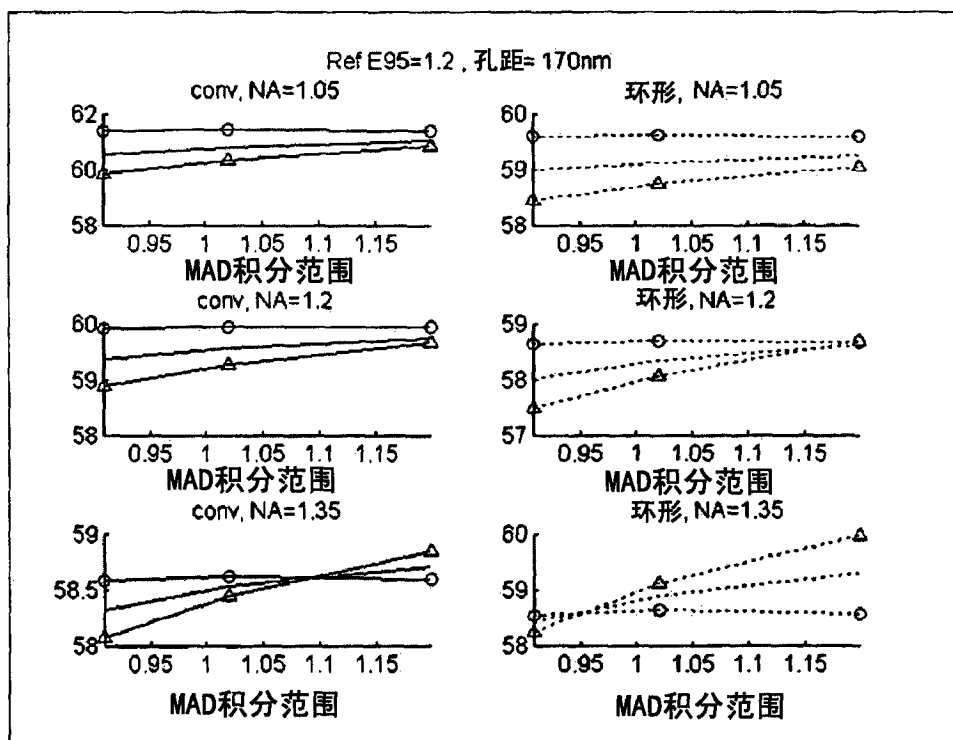


图 6