



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110174816 B

(45) 授权公告日 2023. 03. 28

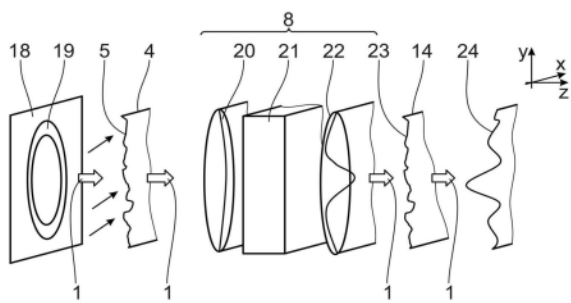
(21) 申请号 201910135820.4	G03F 7/20 (2006.01)
(22) 申请日 2019.02.21	G01M 11/02 (2006.01)
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 110174816 A	(56) 对比文件 CN 105892229 A, 2016.08.24 US 6869739 B1, 2005.03.22 TW 200949193 A, 2009.12.01 JP H06204305 A, 1994.07.22 EP 2592462 A1, 2013.05.15 DE 102014018510 A1, 2015.06.18 US 2016238939 A1, 2016.08.18 JP H03155112 A, 1991.07.03 Dirk Hellweg et al. Actinic review of RUV masks: performance data and status of the AIMS EUV system. 《Proceeding of SPIE》. 2017, 第10143卷J-5-J-7.
(43) 申请公布日 2019.08.27	
(30) 优先权数据 102018202637.8 2018.02.21 DE	
(73) 专利权人 卡尔蔡司SMT有限责任公司 地址 德国上科亨	
(72) 发明人 M. 科赫 D. 黑尔韦格 R. 卡佩利 M. 迪茨尔	
(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所 11105 专利代理师 王蕊瑞	审查员 李珍珍
(51) Int. Cl. G03F 1/84 (2012.01)	权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

确定光刻掩模焦点位置的方法和执行这种方法的度量系统

(57) 摘要

为了确定光刻掩模 (5) 的焦点位置, 记录不含将要成像结构的测量区域的焦点堆叠体并且评估记录的图像的散斑图案。



1. 一种确定光刻掩模 (5) 的焦点位置的方法, 所述方法包括以下步骤:
 - 1.1. 提供光学系统 (2), 所述光学系统 (2) 具有成像光刻掩模 (5) 的成像光学单元 (8),
 - 1.2. 提供光刻掩模 (5), 所述光刻掩模 (5) 具有没有将要成像的结构的至少一个测量区域,
 - 1.3. 记录所述光刻掩模 (5) 的至少一个测量区域的焦点堆叠体,
 - 1.4. 以空间分辨的方式评估记录的焦点堆叠体的2D强度分布 (15_{zi}),
 - 1.5. 其中评估所述2D强度分布 (15_{zi}) 包括确定散斑对比度,
 - 1.6. 其中评估所述2D强度分布 (15_{zi}) 包括确定所述散斑对比度具有最小值的焦点位置 (z),
 - 1.7 其中确定所述散斑对比度具有最小值的所述焦点位置包括插值方法, 以及
 - 1.8 评估所述2D强度分布 (15_{zi}) 包括以下步骤:
 由所述2D强度分布 (15_{zi}) 的傅里叶变换确定所述2D强度分布 (15_{zi}) 的频谱 $S(\vec{v}, z)$,
 确定频域中所述频谱 $S(\vec{v}, z)$ 的多个频谱分量 $S(v_{xi}, v_{yi})$ 的实部 $RS(z)$ 和虚部 $IS(z)$ 的焦点相关性,
 分离由所述成像光学单元 (8) 对所述频谱 $S(\vec{v}, z)$ 做出的成像像差贡献 (Θ_{opt}),
 将所述成像像差贡献 (Θ_{opt}) 表示为泽尼克多项式的线性组合 $Z_n(\vec{v})$.
2. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 将所述成像像差贡献 (Θ_{opt}) 表示为泽尼克多项式的线性组合包括了确定泽尼克系数 Z_n 。
3. 根据权利要求2所述的方法, 其特征在于, 线性回归方法用于确定对称的泽尼克系数 Z_n , 所述线性回归方法为最小二乘拟合。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法, 其特征在于, 直接从第四泽尼克系数 Z_4 确定所述焦点位置。
5. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法, 其特征在于, 评估仅仅包括傅里叶变换和线性代数。
6. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法, 其特征在于, 镜像对称的照明设定用于照明所述测量区域。
7. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法, 其特征在于, 至少部分相干的照明辐射 (1) 用于照明所述测量区域。
8. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法, 其特征在于, 相干照明辐射 (1) 用于照明所述测量区域。
9. 一种执行根据权利要求1至8中任一项所述的方法的度量系统 (2), 所述度量系统 (2) 包括用照明辐射 (1) 照明所述测量区域的照明光学单元 (7), 并且包括将所述测量区域成像到空间分辨检测装置 (9) 上的成像光学单元 (8)。
10. 一种根据权利要求9的度量系统 (2), 其特征在于, 为了评估所记录的焦点堆叠体的2D强度分布 (15_{zi}), 将计算装置 (10) 以数据传输方式连接到所述空间分辨检测装置 (9)。

确定光刻掩模焦点位置的方法和执行这种方法的度量系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利申请要求德国专利申请DE 10 2018 202 637.8的优先权,其内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及确定光刻掩模的焦点位置的方法。本发明又涉及执行这种方法的度量系统。

背景技术

[0004] 为了检查光刻掩模或掩模坯,也就是说制造光刻掩模的坯,必须将它们带到度量系统中的它们的焦点位置。为此通常记录掩模上的指定的测试结构的焦点堆叠体。然而,这不总是可能的。已知的方法的其他缺点是结果常常不能可靠地再现。它们可能特别地取决于测试结构、照明设定并且或多或少任意预先限定的对比度标准。此外,如果具有低光瞳填充系数的相干照明设定用于照明掩模,则按惯例的方法不起作用。直接使由离焦引起的波前像差最小化的方法将是理想的并且因此与所使用的结构和照明性质无关。

发明内容

[0005] 本发明的一个目的是改进确定光刻掩模的焦点位置的方法。

[0006] 该目的是通过以下特征来实现。

[0007] 一种确定光刻掩模的焦点位置的方法,所述方法包括以下步骤:

[0008] 1.1. 提供光学系统,所述光学系统具有成像光刻掩模的成像光学单元,

[0009] 1.2. 提供光刻掩模,所述光刻掩模具有没有将要成像的结构的至少一个测量区域,

[0010] 1.3. 记录所述光刻掩模的至少一个测量区域的焦点堆叠体,

[0011] 1.4. 以空间分辨的方式评估记录的焦点堆叠体的2D强度分布,

[0012] 1.5. 其中评估所述2D强度分布包括确定散斑对比度,以及

[0013] 1.6. 其中评估所述2D强度分布包括确定所述散斑对比度具有最小值的焦点位置。

[0014] 本发明的要点在于记录和评估没有将要成像的结构的测量区域的空间像的强度分布。

[0015] 测量区域特别是完全反射式区域或仅吸收式区域。

[0016] 光刻掩模可以特别是掩模坯,也就是说制造光刻掩模的基板。这个类型的坯此后也被称为光刻掩模。

[0017] 根据本发明已经认识到,评估无结构的测量区域的空间像使得能够特别简单且稳健地确定光刻掩模的焦点位置。

[0018] 焦点堆叠体包括不同测量平面(也就是说具有变化的离焦)中的至少一个测量区域中的特别地至少两个、特别地至少三个、特别地至少四个、特别地至少五个记录。

[0019] 根据本发明已经认识到,可以通过散斑图案测量,在光刻掩模测量期间无论如何经常执行的3D空间像测量的上下文中,从对散斑图案的掩模结构贡献分离出成像像差贡献。然后可以表示成像像差贡献,由此可以执行成像光学单元的资格认证,并且特别地可以得出关于以下的结论:例如通过再调整度量系统的成像光学单元可以降低所述成像像差贡献的程度。通过确定相应频谱分量的实部和虚部的焦点相关性的轮廓的相交点的 z 位置可以执行分离。该方法可以用于确定特别地可以通过偶函数来描述像差。

[0020] 成像光学单元可以是度量系统的部分,特别是用于光刻掩模和仍然非结构化的掩模基板(所谓的掩模坯)的资格认证。还可以借助于决定方法执行掩模坯的资格认证,也就是说评估仍然非结构化的掩模的质量。

[0021] 可以从在照明所测量的光刻掩模期间的已知的照明角度分布(照明设定)以及成像光学单元的已知的传输函数来计算出离焦像差。传输函数可以是光瞳传输函数。光瞳传输函数可以是二元函数,并且具有成像光学单元的数值孔径内的空间频率为值1和所述数值孔径外部的空间频率为0。

[0022] 根据本发明已经认识到,特别地,可以从评估由掩模的固有光学粗糙度带来的散斑图案用简单的方式来确定光刻掩模的最佳焦点位置。

[0023] 根据本发明的一个方面,评估2D强度分布包括确定散斑对比度。术语散斑对比度特别地表示空间像的变化。

[0024] 根据本发明的其他方面,评估2D强度分布包括确定焦点位置,对于该焦点位置,散斑对比度具有最小值。特别地,为此可以提供插值方法。

[0025] 根据本发明已经认识到,在最佳焦点位置中,散斑对比度具有最小值。

[0026] 根据本发明的其他方面,评估2D强度分布包括以下步骤:

[0027] -由2D强度分布的傅里叶变换确定2D强度分布的频谱 $S(\vec{v})$,

[0028] -确定频域中的频谱 $S(\vec{v})$ 的多个频谱分量 $S(v_{xi}, v_{yi})$ 的实部 $RS(z)$ 和虚部 $IS(z)$ 的焦点相关性,

[0029] -分离由成像光学单元对频谱 $S(\vec{v})$ 做出的成像像差贡献 Θ ;

[0030] -将成像像差贡献 Θ 表示为泽尼克多项式的线性组合。

[0031] 根据本发明已经认识到,可以从频域中2D强度分布的频谱的频谱分量中的实部和虚部的焦点相关性的分析将由成像光学单元对频谱做出的与结构无关的成像像差贡献分离出。

[0032] 根据本发明的其他方面,表示成像像差贡献包括确定泽尼克系数 Z_n 。

[0033] 特别地,线性回归方法(最小二乘拟合)可以用于确定镜像对称的泽尼克系数 Z_n 。

[0034] 可以从第四泽尼克系数直接地确定离焦。

[0035] 有利地,评估2D强度分布排他地包括傅里叶变换和线性代数。因此这可以特别简单的方式来实现。特别地,该方法是特别稳健的。

[0036] 根据本发明的一个方面,镜像对称的照明设定用于照明测量区域。这可以特别地包含在投射曝光设备中随后将掩模成像所提供的照明设定。

[0037] 根据本发明的其他方面,至少部分相干的照明辐射用于照明测量区域。

[0038] 特别地,镜像对称的照明设定用于照明测量区域。照明设定特别在数值孔径内是

镜像对称的,也就是说 $\sigma \leq 1$ 。

[0039] 根据本发明的其他方面,相干的照明辐射用于照明测量区域。在许多迄今已知的确定焦点位置的方法中,这是不可能的。

[0040] 本发明的其他目的在于提供执行如上所述的方法的度量系统。

[0041] 该目的通过度量系统来实现,该度量系统包括以照明辐射照明测量区域的照明光学单元,并且包括将测量区域成像到空间分辨检测装置上的成像光学单元。

[0042] 根据本发明的其他方面,为了评估记录的焦点堆叠体的2D强度分布,将计算装置以数据传输的方式连接到检测装置。

[0043] 特别地可以以自动化的方式执行对记录的强度分布的评估。

附图说明

[0044] 从参考附图的示例性实施例的描述,本发明的其他细节和优点将是显而易见的。附图中:

[0045] 图1以垂直于入射平面的方向上看的俯视图高度示意性示出了具有照明光学单元和成像光学单元以EUV照明和成像光对形式为光刻掩模的物体检查的度量系统,非常示意性示出该照明光学单元和成像光学单元中的每一个;

[0046] 图2示意性示出了照明和成像光在照明光瞳和成像光学单元的像面的区域中的空间像之间的传播,其中还附加地示出了空间像到散斑图案的频谱中的转换;

[0047] 图3示出了像面(焦点堆叠体)的区域中不同测量平面中的2D强度分布的序列,其中该序列表示了可以由度量系统测量的3D空间像;

[0048] 图4以分配到根据图3的序列的方式示出了3D空间像的散斑图案的频谱的序列,其由根据图3的2D强度分布的傅里叶变换来确定;

[0049] 图5示出了根据图4的散斑图案频谱的所选择的频谱分量的实部和虚部作为焦点位置(垂直于像面的z方向)的函数的示意性轮廓;

[0050] 图6举例示出了度量系统的成像光学单元的确定的成像像差,其表示为频率相关的像差函数,该成像像差由于以根据图5的频谱分量的方式从频谱分量的焦点依赖性的指定值分离而产生;

[0051] 图7示出了关于泽尼克多项式的展开式的形式的根据图6的成像像差贡献的表示。

具体实施方式

[0052] 为了便于位置关系的演示,在下文中使用笛卡尔xyz坐标系。图1中,x方向垂直于附图的平面延伸到该平面中。图1中y轴向右延伸。图1中z轴向下延伸。

[0053] 图1以与子午截面对应的视图示出了用EUV照明光1检查物体5的度量系统2中的EUV照明光和成像光1的束路径,该物体5布置在物面4中的物场3中、形式为掩模母版或光刻掩模或掩模坯。度量系统2用于分析三维(3D)空间像(空间像度量系统)并且用于模拟和分析光刻掩模的性质的效应,该光刻掩模称为掩模母版,其继而在投射曝光期间用于在投射曝光设备内由投射光学单元在光学成像上制造半导体部件。这样的系统从WO 2016/012426 A1(参见其中的图1)、从US 2013/0063716 A1(参见其中的图3)、从DE 102 20 815 A1(参见其中的图9)、从DE 102 20 816 A1(参见其中的图2)以及从US 2013/0083321 A1中获悉。

[0054] 在物体5处反射照明光1。照明光1的入射平面平行于yz平面。

[0055] 由EUV光源6产生EUV照明光1。光源6可以是激光等离子体源(LPP;激光产生的等离子体)或放电源(DPP;放电产生的等离子体)。原则上,还可以使用基于同步加速器的光源,例如自由电子激光器(FEL)。EUV光源的所使用的波长可以是在5nm到30nm之间的范围中。原则上,在度量系统2的变型的情况下,其他所使用的光波长的光源还可以用来代替光源6,例如光源的使用波长为193nm。

[0056] 根据度量系统2的实施例,还可以用于反射式物体5或透射式物体5。透射式物体的一个示例是相位掩模。

[0057] 度量系统2的照明光学单元7布置在光源6和物体5之间。照明光学单元7用于以物场3之上的限定照明强度分布并且同时以限定照明角度分布照明将要检查的物体5,用该限定照明角度分布照明物场3的场点。

[0058] 度量系统2的照明和成像光1的数值孔径在掩模母版侧是0.0825。物面4中的物场3具有x方向上8 μ m的范围和y方向上8 μ m的范围,也就是说正方形。

[0059] 在物体5处反射之后,照明和成像光1进入度量系统2的成像光学单元或投射光学单元8,这同样地示意性示出在图1中。成像光学单元8用于将物体5朝向度量系统2的空间分辨检测装置9成像。检测装置9设计为例如CCD检测器或CMOS检测器。

[0060] 将检测装置9信号连接到形式为图像处理装置10的数字计算装置。

[0061] 由物体保持件(未示出)承载物体5。所述物体保持件可以通过位移驱动器一方面平行于xy平面移位并且另一方面垂直于该平面(也就是说在z方向上)移位。由中央控制装置11控制位移驱动器以及同样地度量系统2的整个操作,没有以更加具体详细的方式示出将该中央控制装置11信号连接到将要控制的部件。

[0062] 作为示例,图1示出了成像光学单元8的成像部件12,该成像部件12可以是反射镜或者使用比EUV波长更长的照明光波长的透镜元件。将成像部件12可操作地连接到位移致动器13,继而将该位移致动器13信号连接到控制装置11。通过位移致动器13,成像部件12可以在x方向上和/或y方向上和/或z方向上彼此独立地移位,以精确对准成像部件12。该位移的空间分辨率可以优于10 μ m,并且特别是可以优于2 μ m。

[0063] 成像光学单元8的放大因子大于500,并且在根据图1的示例性实施例中是850。在像面14的区域中,产生的像侧数值孔径在 $1 \cdot 10^{-4}$ 左右,在该像面14中出现物体5的3D空间像。

[0064] 在检测装置9的下面,图1作为示例表示了测量平面(例如 $z=0$)中的2D强度分布15的俯视图。掩模母版5上的结构16表示为x方向上延伸的强度最大值17。

[0065] 图2示意性示出了照明和成像光1从照明光学单元7的光瞳平面18向右传播到像面14的区域中。在xyz坐标系中透视地示出了分别考虑的变量或部件。照明光1的光瞳强度分布19出现在光瞳平面18中,所述分布还被称为照明设定。作为示例示出了环形形状的或环状的光瞳强度分布19。光瞳强度分布19在数学上表示为 $\sigma(\kappa)$ 。

[0066] 在这种情况下,光瞳坐标中, σ 是照明强度并且 κ 描述了出现所述照明强度的位置。

[0067] 照明光1从光瞳平面18传播到物面4中,在物面处,照明光1入射在具有图2中以夸张方式示出的粗糙度的物体5上。这导致了波前 $\frac{4\pi}{\lambda} h(\vec{r}) + \vec{r} \cdot \vec{\kappa}$ 以及照明光1的场分布,其可以

写为

$$[0068] \quad \varphi(\vec{r}, \vec{\kappa}) \sim (1 + i \frac{4\pi}{\lambda} h(\vec{r})) e^{i\vec{r}\vec{\kappa}}$$

[0069] 在此的标记具有以下含义：

[0070] \vec{r} : 具有坐标xy的空间坐标矢量；

[0071] λ : 照明光的波长

[0072] h : 物体的粗糙度(z方向上的弧矢高度)。

[0073] 在物体5处被反射或通过物体5之后,照明光1传播穿过成像光学单元8的入瞳20、图2中用21示出的该成像光学单元8的成像部件、并且随后穿过出瞳22。然后,将物体5成像到像面14的区域中的空间像23中。 x 和 y 方向上相应的2D强度分布(也就是说空间像23的“切片”)的傅里叶变换产生了散斑频谱24(也就是说空间像23的散斑图案的频谱 $S(\vec{v})$)。以下适用于所述散斑频谱：

$$[0074] \quad S(\vec{v}) \approx -\frac{8\pi}{\lambda} H(\vec{v}) \Theta(\vec{v})$$

[0075] 在此适用：

[0076] v : 具有频率坐标 v_x 、 v_y 的频率成比例的波数 $1/\lambda$ ；

[0077] H : 粗糙度谱,也就是说物体粗糙度 h 的傅里叶变换；

[0078] $\Theta(\vec{v})$: 光学单元的像差函数,这继而限定为：

$$[0079] \quad \Theta(\vec{v}) = (\sigma P \otimes \varphi_e P)(\vec{v}) - [\sigma \varphi_e P \otimes P](\vec{v})$$

[0080] 在此适用：

[0081] σ : 光瞳平面中的照明设定的强度分布；

[0082] P : 光学单元的光瞳传输函数,也就是说例如由孔径和/或遮挡光阑限制的光瞳的效应；

[0083] φ_e : 光学单元的偶数个波前像差,也就是说可以由偶函数描述的像差贡献。

[0084] 下面参考图3及以下的附图解释了确定成像光学单元8的成像像差贡献的方法。图3、4和6中所示的灰度数值各为在分别考虑的位置处呈现的光强度的度量。

[0085] 首先对成像光学单元8的3D空间像23执行焦点相关的测量,按照平行于物体5成像的像面14($z_3=0$)的区域中不同测量平面 z_1 至 z_7 中的2D强度分布 15_{z_1} 至 15_{z_7} 的序列。在这种情况下,与根据图1的示意图相比,成像的不是结构化的物体,而是(仍然)非结构化的掩模,也就是说掩模坏或掩模的非结构化区域。在2D强度分布 15_{z_1} 的序列之上所记录的空间像示出了散斑的空间分布,这可以认为首先是掩模(剩余部分)结构贡献的结果并且是成像光学单元8的成像像差贡献的结果。

[0086] 然后接下来由2D强度分布 15_{z_1} 的傅里叶变换确定前述步骤中所检测的3D空间像的所述散斑图案的频谱 $S(\vec{v})$ 。这导致了2D散斑频谱 24_{z_1} 至 24_{z_7} 的序列,为频率坐标 v_x 和 v_y 的函数。

[0087] 2D强度分布 15_{z_1} 至 15_{z_7} 的序列还被称为焦点堆叠体。

[0088] 然后,对于频域中的多个频谱分量 $S(v_{xi}, v_{yi})$,确定该散斑频谱分量 $S(v_{xi}, v_{yi})$ 的实部 $RS(z)$ 和虚部 $IS(z)$ 的焦点相关性。这针对在图4中由选择点所强调的一个频谱分量 $S(v_{xi}, v_{yi})$ 而示出。对于该频谱分量 S ,图5示意性示出了该散斑频谱分量 $S(v_{xi}, v_{yi})$ 的实部 $RS(z)$ 的线性近似轮廓26和该频谱分量 $S(v_{xi}, v_{yi})$ 的虚部 $IS(z)$ 的同样线性近似轮廓25,作为 z 坐标的函数,也就是说作为焦点位置的函数。

[0089] 以下适用于散斑频谱分量的这些 z 相关性。

[0090] $S(z) \sim H(\Theta_d z + \Theta_{opt})$

[0091] 在此适用:

[0092] H : 物体的粗糙度的贡献;

[0093] Θ_d : 成像光学单元的离焦像差;

[0094] Θ_{opt} : 成像光学单元的其他成像像差贡献。

[0095] 可以从已知的照明设定和光学单元的已知的传输函数计算出成像光学单元8的离焦像差 Θ_d 。基于实部 RS 和虚部 IS 的轮廓25和26,以上述公式为基础,可以从粗糙度贡献 H 分离出成像像差贡献 Θ ,并且在独立确定离焦像差之后然后得到成像光学单元8的其他成像像差 Θ_{opt} 。

[0096] 特别地,在实部 RS 和虚部 IS 的轮廓25、26之间的相交点的 z 位置可以用于该分离。

[0097] 成像像差贡献 Θ_{opt} 可以用频率相关的方式写为关于具有展开系数 z_n 的泽尼克像差函数 Θ_n 的展开式。

$$[0098] \quad \Theta_{opt}(\vec{v}) = \frac{1}{\lambda} \sum_n z_n \Theta_n(\vec{v})$$

[0099] 在此适用:

$$[0100] \quad \Theta_n(\vec{v}) = 2\pi(\sigma P \otimes Z_n P)(\vec{v}) - (\sigma Z_n P \otimes P)(\vec{v})$$

[0101] 具有泽尼克多项式 $Z_n(\vec{v})$ 。

[0102] 图6示出了分离的成像像差贡献 $\Theta(\vec{v})$ 作为示例。对于所选择的照明设定,该成像像差贡献具有与泽尼克函数 Z_5 极大的相似性。

[0103] 图7针对泽尼克函数 Z_4 至 Z_{18} 示出了上述展开公式的系数 z_i 的序列。正如所期望的,主要贡献体现在泽尼克函数 Z_5 的系数 z_5 处。

[0104] 因此,总体上,基于对在度量学中无论如何经常需要的掩模的非结构化位置的测量,可以测量成像光学单元8的成像像差贡献。然后通过再调整成像光学单元8的光学部件可以校正所述成像像差贡献。为此,控制装置11可以驱动位移致动器13以对应地移位成像部件12。这样的再调整可以在度量系统2的操作中的间歇中或者在度量系统2的操作期间来执行。再调整可以由开环控制来执行,或者通过在相应成像像差贡献的设定点和实际值之间的比较、由闭环控制来执行。

[0105] 泽尼克函数 Z_i 的成像像差贡献的该展开式构成了相对于一组正交函数的线性组合的成像像差贡献的展开式的一个示例。

[0106] 度量系统2的光学设置用于在半导体部件的投射光刻制造期间在物体5的投射曝光过程中可能最精确模拟照明和成像。

[0107] 关于2D空间像23的焦点相关的测量的细节,参考W0 2016/012426 A1。关于与傅里叶变换相关的细节,同样参考W0 2016/012426 A1以及文中所提到的参考文献。

[0108] 由泽尼克函数 Z_i 的成像像差贡献 $\Theta_{opt}(\vec{v})$ 的展开式可以直接用于确定光刻掩模的焦点位置。焦点位置或离焦 z 特别地是第四泽尼克系数 Z_4 的函数:

$$[0109] \quad z = \frac{4Z_4}{NA^2}$$

[0110] 作为其替代例,可以从焦点堆叠体的不同空间像的变化确定离焦。焦点堆叠体的空间像的变化还被称为散斑对比度。

[0111] 可以通过确定散斑对比度具有最小值的位置来发现最佳焦点位置。为此可以提供插值方法。

[0112] 如上所述的确定光刻掩模的焦点位置的方法特别适合于完全反射式结构、特别是多层结构、特别是掩模坯和完全吸收式结构。该方法特别地与特定的测量结构无关。不需要这种类型的测量结构。此外,该方法是可用简单的方式实现的并且是非常稳健的。它们特别地具有可靠的可重复性。

[0113] 它们可以用于确定和校正掩模的全局焦点位置、焦点位置的空间变化,例如由于掩模的弯曲或焦点位置的漂移。

[0114] 原则上,上文概括的确定掩模的焦点位置的方法还可以用在将掩模成像到晶片上的投射曝光系统中。该方法特别地可以用于在这样的投射曝光系统中对准掩模的位置。因此可以改进掩模到晶片上的成像以及因此晶片上可制造的结构以及因此晶片自身。

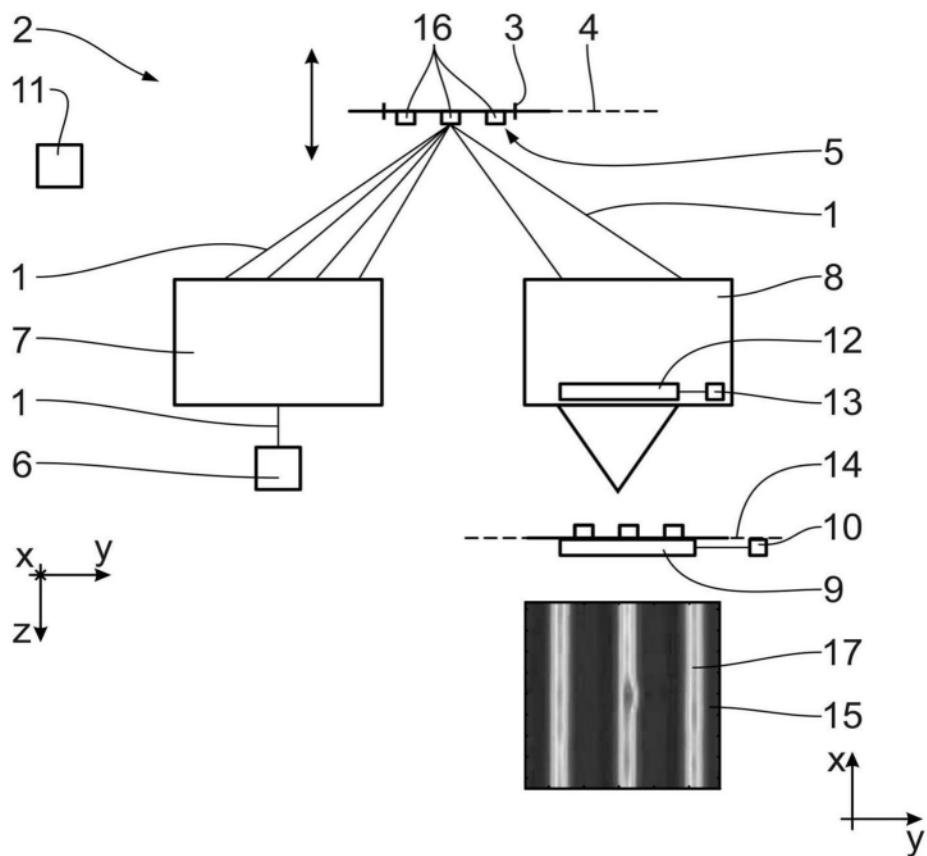


图1

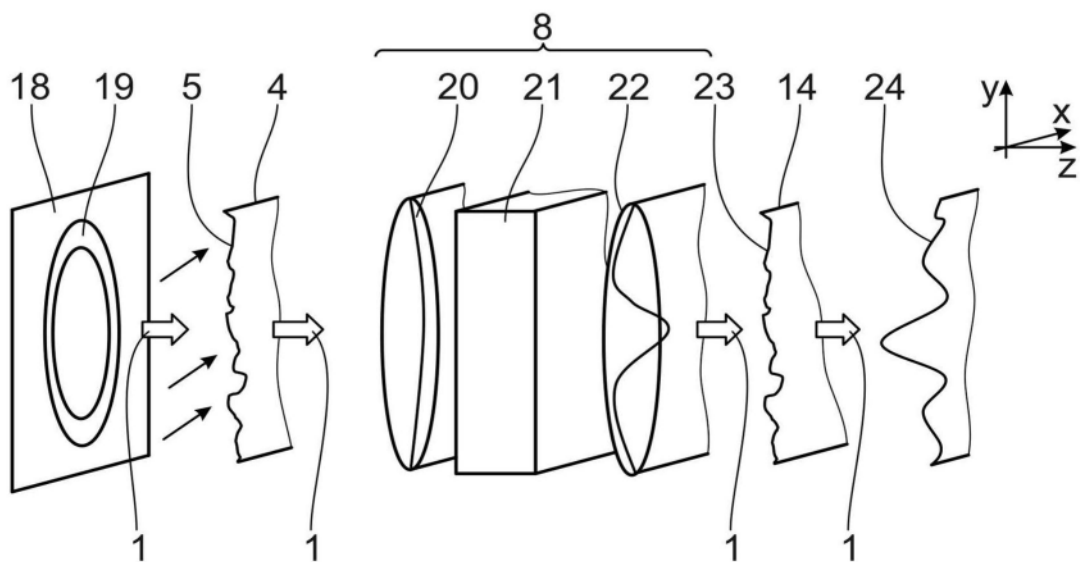


图2

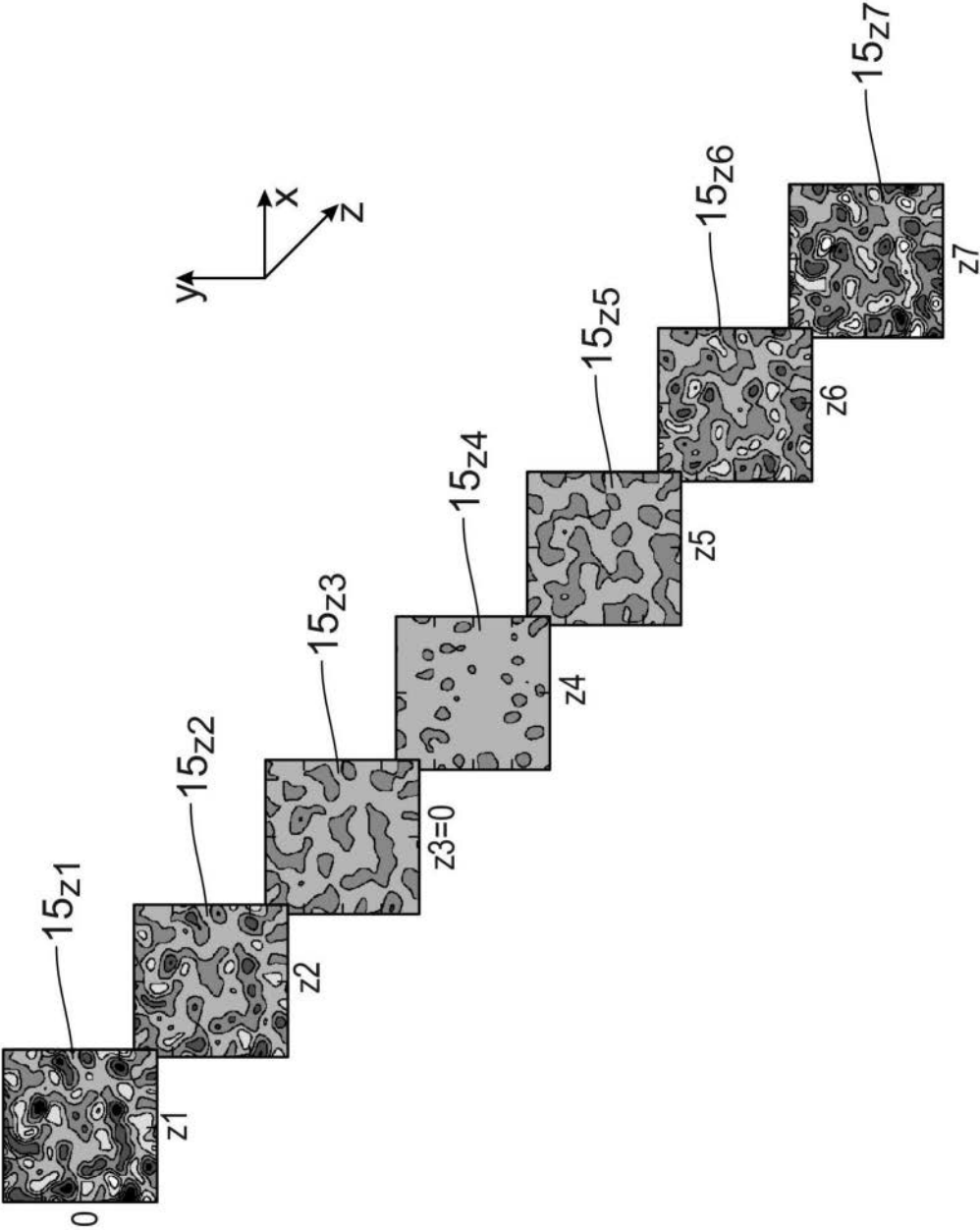


图3

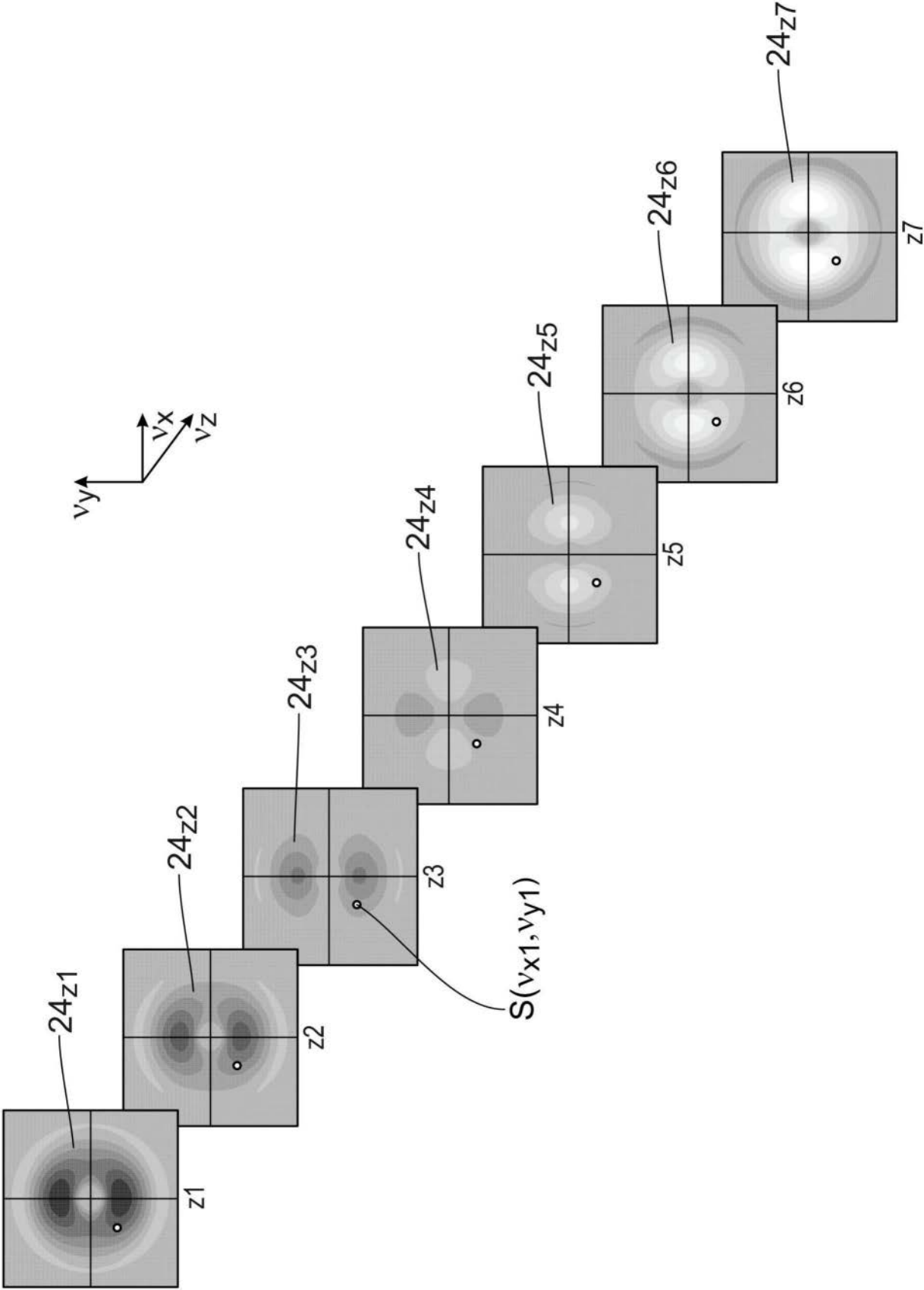


图4

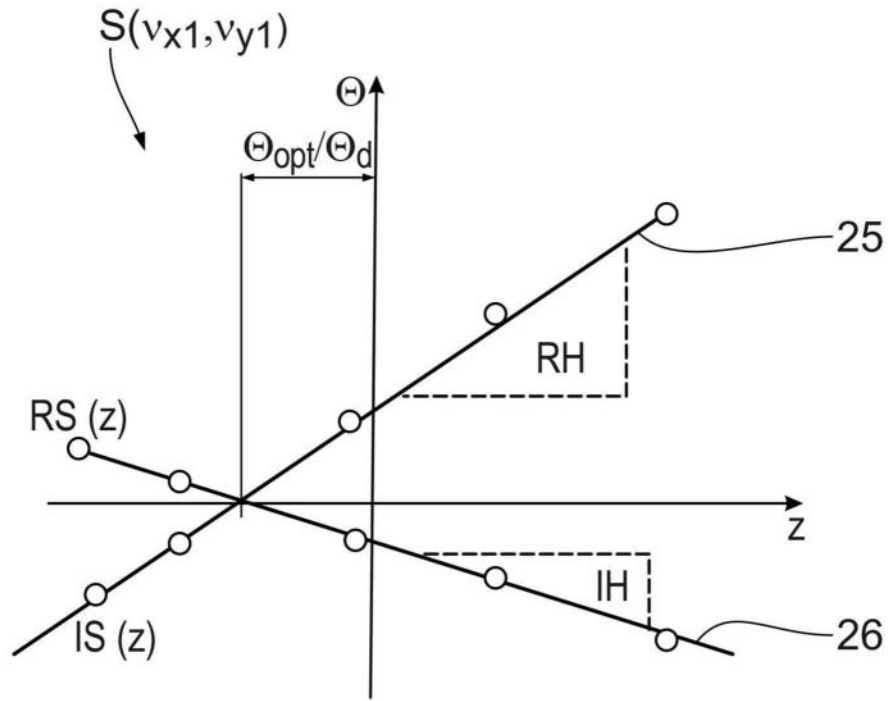


图5

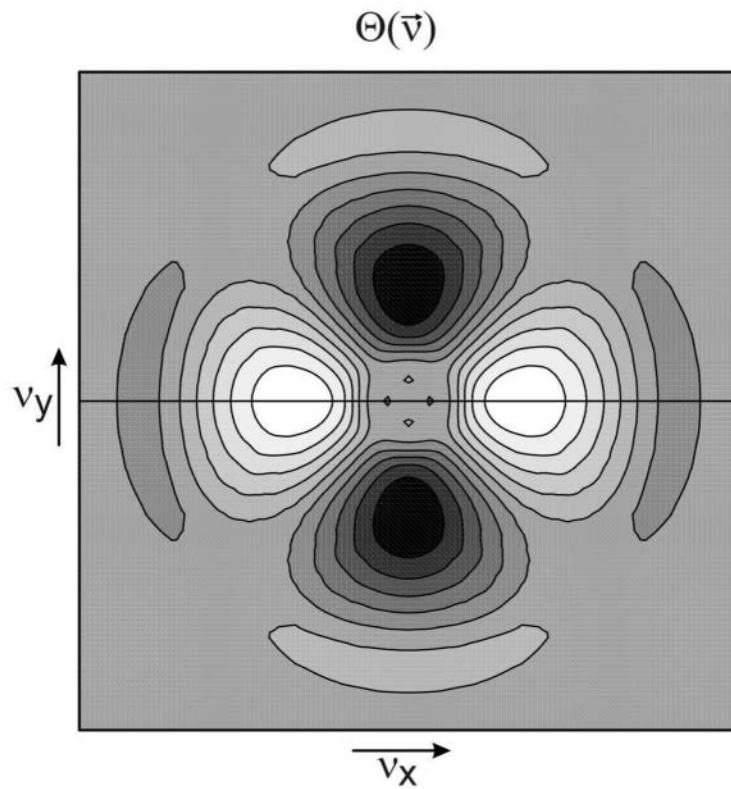


图6

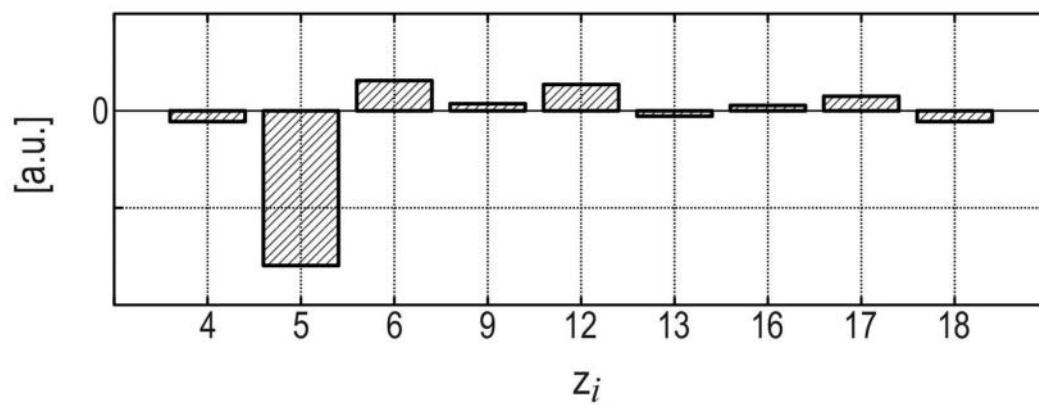


图7