



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112166380 B

(45) 授权公告日 2024.07.23

(21) 申请号 201980031305.X

(72) 发明人 M.帕特拉 J.劳夫

(22) 申请日 2019.05.07

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112166380 A

11105

(43) 申请公布日 2021.01.01

专利代理人 王蕊瑞

(30) 优先权数据

102018207277.9 2018.05.09 DE

(51) Int.CI.

G03F 7/20 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G02B 13/08 (2006.01)

2020.11.09

G03F 1/24 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

G03F 1/22 (2006.01)

PCT/EP2019/061603 2019.05.07

(56) 对比文件

DE 102005009018 A1, 2006.09.07

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2017285493 A1, 2017.10.05

W02019/215110 EN 2019.11.14

审查员 黄倩

(73) 专利权人 卡尔蔡司SMT有限责任公司

权利要求书2页 说明书20页 附图10页

地址 德国上科亨

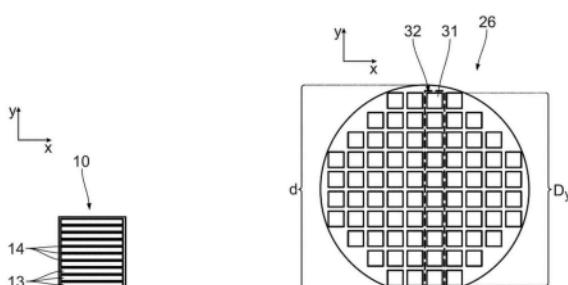
(54) 发明名称

光学系统、投射光学单元、以及光刻掩模

(57) 摘要

用于转印光刻掩模的原初结构部分的光学系统。原初结构部分具有大于4:1的x/y纵横比，且在光刻掩模上彼此相邻布置成行且通过不带有任何待成像结构的分离部分而彼此分开。光学系统将原初结构部分转印至基板的图像部分上，其中光刻掩模的原初结构部分的其中至少一个可布置在物场中，且基板的图像部分的其中至少一个可布置在像场中。原初结构部分的每一个转印到单独的图像部分。图像部分彼此相邻布置成行。在此光学系统中可采用的投射光学单元可具有这样的变形实施例，其针对两个相互垂直的场坐标具有不同的成像比例，其中一个成像比例针对其中一个场坐标缩小，且其中另一个成像比例针对另一个场坐标放大。

CN 112166380 B



1. 一种用于转印包含待成像的多个原初结构部分(13)的光刻掩模(10)的原初结构部分(13)的光学系统,所述原初结构部分彼此相邻布置成行且通过不带有任何待成像结构的分离部分(14)而彼此分开,其中所述原初结构部分(13)具有在第一维度(x)上的第一范围以及在垂直于该第一维度(x)延伸的第二维度(y)上的第二范围,其中这两个范围的纵横比(x/y)大于4:1,其中借助于将物场(4)成像至像场(8)实现到具有直径(d)的基板(26)的图像部分(31)上的这种转印,其中该光刻掩模(10)的原初结构部分(13)中的至少一个可布置在该物场中,且该基板(26)的图像部分(31)中的至少一个可布置在该像场中,

其中该光学系统实施使得

-所述原初结构部分(13)的每一个转印到单独的图像部分(31),且其中所述原初结构部分(13)被转印于其上的所述图像部分(31)彼此相邻布置成行;以及

-该光刻掩模(10)上的原初结构部分(13)的总体在所述转印期间产生图像部分(31)的总体,其中所述图像部分(31)的总体在一个方向上的总长度(D_y)大于该基板(26)的直径(d)的一半(d/2)。

2. 一种投射光刻的投射光学单元(7),用以将物场(4)成像至像场(8),其中光刻掩模(10)的至少一个原初结构部分(13)可布置在该物场中,且基板(26)的至少一个图像部分(31)可布置在该像场中,

-其中该投射光学单元(7)针对两个相互垂直的场坐标(x,y)具有不同的成像比例(β_x , β_y);

-其中该投射光学单元(7)实施使得成像比例中的一个(β_x)针对场坐标中的一个(x)缩小,且成像比例中的另一个(β_y)针对场坐标中的另一个(y)放大。

3. 如权利要求2所述的投射光学单元,其特征在于,放大成像比例(β_y)的绝对值范围在1.5至5的范围内。

4. 如权利要求2或3所述的投射光学单元,其特征在于,缩小成像比例(β_x)的绝对值范围在1/8至1/3的范围内。

5. 一种光学系统,包含如权利要求2至4中任一项所述的投射光学单元。

6. 如权利要求1或5所述的光学系统,

-包含掩模保持器(11),用以保持该光刻掩模(10),所述掩模保持器能够通过掩模位移驱动器(12)在物体位移方向(y)上位移;以及

-包含基板保持器(27),用以保持该基板(26),所述基板保持器能够通过基板位移驱动器(28)以与该掩模位移驱动器(12)同步的方式沿该物体位移方向(y)位移。

7. 如权利要求1或5所述的光学系统,其特征在于,该投射光学单元(7)具有放大成像比例的场坐标与该物体位移方向(y)一致。

8. 如权利要求1或5所述的光学系统,其特征在于,照明光学单元(6),用以以一光源(2)的照明光(3)照射该物场(4)。

9. 如权利要求1或5所述的光学系统,其特征在于,用于照明光(3)的光源(2)。

10. 一种投射曝光设备,包含如权利要求9所述的光学系统。

11. 一种用以产生结构化部件的方法,包含以下方法步骤:

-提供掩模母版(10)及晶片(26),

-在如权利要求10所述的投射曝光设备的协助下,投射该掩模母版(10)上的结构至该

晶片(26)的光敏层上，
- 在该晶片(26)上产生微结构或纳米结构。

光学系统、投射光学单元、以及光刻掩模

[0001] 本专利申请主张德国专利申请DE 10 2018 207 277.9的优先权,其内容以引用的方式并入本文。

技术领域

[0002] 本发明关于用以转印光刻掩模的原初结构部分的光学系统。此外,本发明关于用以将可布置光刻掩模的至少一个原初结构部分的物场进行成像的用于投射光刻的投射光学单元、包含此投射光学单元的光学系统、包含多个待成像的原初结构部分的光刻掩模、包含此光学系统的投射曝光设备、用以使用此投射曝光设备来产生微结构或纳米结构部件的方法、以及使用此方法产生的微结构或纳米结构部件。

背景技术

[0003] 开头所提出的类型的投射光学单元已揭露于US 2013/0128251 A1、DE 10 2014 208 770 A1、US 2016/0327868 A1及WO 2016/166 080 A1中。此外,投射曝光设备的实施例揭露于US 2010/0033698 A1、WO 2017/199096 A1及US 9,366,968 B2中。进一步的现有技术由DE 10 2005 009 018 A1、DE 10 2004 008 835 A1及DE 103 17 893 A1组成。

发明内容

[0004] 本发明的一目的为发展在开头所述类型的光学系统和光刻掩模,使得使用此光刻掩模或此光学系统的投射曝光设备的生产量增加。

[0005] 根据本发明,此目的通过包含下文所述特征的光学系统来实现。

[0006] 一种用于转印包含待成像的多个原初结构部分的光刻掩模的原初结构部分的光学系统,所述原初结构部分彼此相邻布置成行且通过不带有任何待成像结构的分离部分而彼此分开,其中所述原初结构部分具有在第一维度上的第一范围以及在垂直于该第一维度延伸的第二维度上的第二范围,其中这两个范围的纵横比大于4:1,其中借助于将物场成像至像场实现到具有直径的基板的图像部分上的这种转印,其中该光刻掩模的原初结构部分中的至少一个可布置在该物场中,且该基板的图像部分中的至少一个可布置在该像场中,

[0007] 其中该光学系统实施使得

[0008] -所述原初结构部分的每一个转印到单独的图像部分,且其中所述原初结构部分被转印于其上的所述图像部分彼此相邻布置成行;以及

[0009] -该光刻掩模上的原初结构部分的总体在所述转印期间产生图像部分(31)的总体,其中所述图像部分的总体在一个方向上的总长度大于该基板的直径的一半。

[0010] 根据本发明,已经认识到,有可能通过多个原初结构部分来减少光刻掩模的位移花费,其中多个原初结构部分在光刻掩模上彼此相邻布置成一排。接着,在投射曝光期间,有可能将此光刻掩模的原初结构部分连续地转印到基板上,其中,特别地,这可在连续扫描程序(特别是具有不变的扫描速度)的协助下来实现。待成像的各个原初结构部分的维度范围的纵横比大于4,且有助于使用转印光学单元将原初结构部分转印到基板的图像部分上,

其中基板在两个物体维度中具有不同的成像比例。具有不同成像比例的这种转印较佳使得由原初结构部分所相应产生的图像部分的纵横比比原初结构部分的纵横比更接近数值1。举例来说,待成像的个别原初结构部分的纵横比可大于4:1(4/1)、可大于6:1、可大于8:1、可大于10:1、可大于12:1、可大于15:1、且可为16:1。

[0011] 光学系统利用此光刻掩模的优点。通过此光学系统将光刻掩模上的一排原初结构部分转印到基板上的一排图像部分上。与基板直径相当的图像部分总体的总长度导致可选择通过光学系统使用很少转印程序来以图像部分覆盖基板。特别地,转印程序可在基板上产生一排图像部分,该排图像部分实际上覆盖基板的整个直径。以此方式,举例来说,可逐排或逐列地覆盖基板,其中在每一转印期间在基板上产生完整的一排图像部分,且只有在行之间切换或在列之间切换时才会中断转印程序。基板可为圆形。若基板偏离圆形,则基板的直径应理解为表示基板的典型表面尺寸。举例来说,在方形基板或矩形基板的情况下,这将为侧边长度之一或各个侧边长度的平均值。在此处,沿着所考虑的图像部分整体的图像部分彼此相邻布置于一行的方向延伸的基板的尺寸是决定性的。

[0012] 本发明的另一目的在于发展出用于投射光刻的投射光学单元,使得有助于投射光学单元的紧凑结构。

[0013] 根据本发明,此目的通过包含下文所述特征的投射光学单元来实现。

[0014] 一种投射光刻的投射光学单元,用以将物场成像至像场,其中光刻掩模的至少一个原初结构部分可布置在该物场中,且基板的至少一个图像部分可布置在该像场中,

[0015] -其中该投射光学单元具有变形实施例,所述变形实施例针对两个相互垂直的场坐标具有不同的成像比例 β_x 、 β_y ;

[0016] -其中该投射光学单元实施使得成像比例中的一个 β_x 针对场坐标中的一个x缩小,且成像比例中的另一个 β_y 针对场坐标中的另一个y放大。

[0017] 令人惊讶地发现,具有针对一个场坐标减小的一个成像比例和针对另一场坐标放大的一个成像比例的投射光学单元的实施例不仅适用且甚至有利于投射光刻。沿其中一个场坐标提供最佳投射分辨率对许多待产生的部件已足够。沿其他场坐标通常可容忍较低的分辨率。由此产生的附加自由度可用于设计具有光学部件的投射光学单元,其中光学部件的使用光学表面明显偏离已知的投射光学单元的光学表面。举例来说,这可用于提供具有紧凑折叠几何形状的反射投射光学单元。投射光学单元的两个成像比例的其中至少一个可实施为负的,即具有图像反转。术语“放大”和“缩小”关于相应成像比例的绝对值。若此绝对值大于1,则成像比例放大,若此绝对值小于1,则成像比例减小。

[0018] 投射光学单元可为反射光学单元。或者,投射光学单元可为折射或折反射光学单元。关于用于成像光的成像光束路径的引导,投射光学单元可仅通过反射镜、仅通过透镜元件或通过反射镜和透镜元件的组合来实现。

[0019] 放大成像比例 β_y 的绝对值范围在1.5至5的范围内。缩小成像比例 β_x 的绝对值范围在1/8至1/3的范围内。上文所述的成像比例已被发现特别适用于投射光刻的目的。

[0020] 包含如上文所述的投射光学单元的光学系统的优点对应已在前文中参照本发明的投射光学单元作出解释的优点。

[0021] 上文所述的光学系统以简练的方式实现了上述两个目的。在这种情况下,投射光学单元可设计使得应以彼此对准的方式转印到图像部分的原初结构部分可紧凑地布置在

光刻掩模上,因为在原初结构部分对齐的方向上对相应图像部分进行放大成像,因此原初结构部分在此方向上在光刻掩模上彼此紧密相连。

[0022] 所述的光学系统包含掩模保持器,用以保持该光刻掩模,所述掩模保持器能够通过掩模位移驱动器在物体位移方向上位移;以及包含基板保持器,用以保持该基板,所述基板保持器能够通过基板位移驱动器(28)以与该掩模位移驱动器同步的方式沿该物体位移方向位移。上文所述的光学系统有利于基板的限定的使用。在此情况下,可实现扫描仪操作和步进器操作。

[0023] 在光学系统中,该投射光学单元具有放大实施例的场坐标与该物体位移方向一致。上文所述的光学系统的设计确保了相较于基板的位移,光刻掩模沿扫描方向的位移相对较小。在光刻掩模上,这有利于沿待转印的原初结构部分的扫描方向的紧凑实施例。沿物体位移方向的场坐标中的投射光学单元的物侧数值孔径可与垂直于物体位移方向的场坐标中的数值孔径一样大或较小。举例来说,到光刻掩模的照明光束路径以及远离光刻掩模的成像光束路径可彼此分离,或者它们可在主射线方向上重合,如US 2015/0160561A1中所揭露。

[0024] 光学系统包含照明光学单元,用以以一光源的照明光照射该物场。上文所述的光学系统的优点对应已在前文作出解释的优点。照明光学单元的物侧数值孔径也可实施为与投射光学单元的数值孔径匹配。

[0025] 作为光学系统中用于该照明光的光源,可使用EUV光源(特别是在5nm和30nm之间的波长范围内),或使用DUV光源(例如在193nm的波长范围内)。若使用DUV波长,则可使用折反射或折射投射光学单元。

[0026] 本发明公开了一种光刻掩模,其包含待成像的多个原初结构部分,所述多个原初结构部分彼此相邻布置成行且通过不带有任何待成像结构的分离部分而彼此分开,其中所述原初结构部分具有在第一维度上的第一范围以及在垂直于该第一维度延伸的第二维度上的第二范围,其中这两个范围的纵横比大于4:1。本发明公开了一种投射曝光设备,包含如上文所述的光学系统。本发明公开了一种用以产生结构化部件的方法,其包含以下方法步骤:-提供掩模母版及晶片,-在如上文所述的投射曝光设备的协助下,投射该掩模母版上的结构至该晶片的光敏层上,-在该晶片上产生微结构或纳米结构。本发明公开了一种结构化部件,其根据上文所述的方法而生产。上文所述的光刻掩模、上文所述的投射曝光设备、上文所述的生产方法、以及根据上文的所生产的部件的优点对应于特别是参照光学系统及投射光学单元前文已作出解释的优点。可使用投射曝光设备来生产微结构或纳米结构部件,特别是半导体部件,例如存储器晶片。

附图说明

[0027] 下文将参考附图更详细地解释本发明的示例性实施例。在所述附图中:

[0028] 图1示意性地显示了微光刻投射曝光设备;

[0029] 图2显示了要由投射曝光设备所投射的光刻掩模的平面图,该光刻掩模具有多个待成像的原初结构部分,其彼此相邻布置成行;

[0030] 图3为具有图像部分的晶片形式的基板的平面图,在投射曝光期间原初结构部分被转印到该基板上,其中突出显示一列图像部分,其彼此相邻布置成行且光刻掩模的原初

结构部分在连续扫描期间转印于其上；

[0031] 图4至图6显示了可成像的原初结构的各种示例，其可布置在光刻掩模的原初结构部分上；

[0032] 图7显示了通过光刻掩模附近的投射曝光设备的照明光束路径平行于物平面延伸的截面，其中首先显示了入射在光刻掩模上的照明光的照明光束路径的数值孔径，且其次显示了由光刻掩模所反射的照明光束路径的数值孔径；

[0033] 图8以透视的方式显示了成像光学单元的反射镜的布置，其可用作图1的投射曝光设备中的投射镜头，特别是用于具有EUV波长的成像光，其中成像光束路径仅以中心场点的主射线的形式表示；

[0034] 图9显示了根据图8的成像光学单元的子午剖面；

[0035] 图10显示从图9中的观察方向X所见的视图；

[0036] 图11和图12以类似于图7的图式显示了针对光学系统的其他实施例的用于照明光刻掩模以及用于将原初结构部分成像到图像部分的到光刻掩模且由光刻掩模所反射的照明光束路径的数值孔径；

[0037] 图13显示了成像光学单元的另一实施例的子午剖面，其可用作图1的投射曝光设备中的投射光学单元，特别是用于具有DUV波长的成像光；以及

[0038] 图14显示从图13中的观察方向XIV所见的视图。

具体实施方式

[0039] 微光刻投射曝光设备1具有用于照明光或成像光3的光源2。光源2为EUV光源，其产生波长范围在例如5nm和30nm之间、特别是在5nm和15nm之间的光。光源2可为基于等离子体的光源(激光产生等离子体(LPP))、气体放电产生等离子体(GDP)或基于同步加速器的光源，例如自由电子激光器(FEL)。特别地，光源2可为波长为13.5nm的光源或波长为6.9nm的光源。其他EUV波长也是可能的。一般来说，对于在投射曝光设备1中引导的照明光3，甚至任意波长也是可能的，例如可见光波长或可在微光刻中使用(例如DUV、深紫外光)并有可使用的合适激光光源及/或LED光源的其他波长(例如365nm、248nm、193nm、157nm、129nm、109nm)。图1以非常示意性的方式显示照明光3的光束路径。

[0040] 照明光学单元6用以将来自光源2的照明光3引导到物平面5中的物场4。使用投射光学单元或成像光学单元7，将物场4以预定的缩小比例成像至像平面9中的像场8。

[0041] 为了便于描述投射曝光设备1和投射光学单元7的各种实施例，在图式中显示了笛卡尔xyz坐标系统，从该系统可清楚看出图中所示部件的相应位置关系。在图1中，x方向垂直于绘图平面并延伸离开绘图平面。在图1中，y方向向右延伸，且z方向向上延伸。

[0042] 在投射光学单元7中，物场4和像场8具有弯曲或弧形的实施例，特别是形状像部分环形的实施例。此场曲率的曲率半径在图像侧可为81mm。物场4或像场8的边界轮廓的基本形式具有相应的弯曲。因此，像场8的环形场半径为81mm。有关此“环形场半径”参数的细节可参考WO 2005/098 506 A1。环形场半径的定义可参考WO 2009/053 023 A2。或者，有可能将物场4和像场8实施为矩形。物场4和像场8具有大于1的x/y纵横比。因此，物场4在x方向上具有较长的物场尺寸，而在y方向上具有较短的物场尺寸。这些物场尺寸沿场坐标x和y延伸。

[0043] 因此,物场4由第一笛卡尔物场坐标x和第二笛卡尔物场坐标y展开。垂直于这两个物场坐标x和y的第三笛卡尔坐标z在下文中也称作法线坐标。

[0044] 下文所示出和描述的示例性实施例之一可用于投射光学单元7。

[0045] 基于图8至图10描述投射光学单元7的反射式反射变型。根据图8至图10的投射光学单元7在弧矢平面xz中缩小了4倍且在子午平面yz中放大了4倍。弧矢平面xz中的成像比例 β_x 是0.25,且子午平面yz中的成像比例 β_y 是-4。 β_y 的负号表示在将物场4成像到像场8中时存在图像翻转。投射光学单元7是变形投射光学单元。两个成像光平面xz、yz中的其他成像比例也是可能的,例如3x、5x、6x、7x或者大于8x的其他成像比例、或是1/3、1/5、1/6、1/7、1/8的其他成像比例或者小于1/8的成像比例。相应的缩小比例可伴随或不伴随图像翻转。

[0046] 在根据图2的实施例中的投射光学单元7的情况下,像平面9布置为平行于物平面5。在此情况下所成像的是与物场4重合的光刻掩模10(其实施为反射掩模,也称作掩模母版)的一部分。掩模母版10由掩模母版保持器11所承载。掩模母版保持器11由掩模母版位移驱动器12来位移。掩模母版位移驱动器12的位移方向(也称作扫描方向)为y方向。掩模母版保持器11也称作掩模保持器。掩模母版位移驱动器12也称作掩模位移驱动器。

[0047] 图2以俯视图显示光刻掩模10。光刻掩模10具有待成像的多个原初结构部分13,在所示示例性实施例中总共十个,该原初结构部分在y方向上彼此相邻布置成行。原初结构部分13通过不承载任何待成像结构的分离部分14而彼此分开。

[0048] 图4至图6显示可成像结构的示例,其可布置在掩模母版10的原初结构部分13中。

[0049] 图4显示了沿y方向延伸的简单密集线15,作为这种可成像结构的示例。在各个情况下,相邻的线15通过线间隙16而彼此分开。

[0050] 图5再次以线17的形式显示了物体结构,其沿y方向延伸且以类似于图4中的线15的方式通过线间隙18彼此分开。根据图5的结构的线17以矩形及例如方形线堆19的形式布置。堆19以规则的行和列网格排列。堆19中相邻线以沿扫描方向y延伸的行间隙20在一行内彼此分开,且以沿x方向延伸的列间隙21在一列内彼此分开。一方面行间隙20和列间隙21的范围比另一方面相邻线15和17之间的线间隙16和18的范围大许多倍,且例如可为线间隙16及18的范围的十倍。

[0051] 在根据图6的结构中,线22(其对应图4中的线15)在扫描方向y上由线断点23中断。断点23可针对不同的线22相对于相应的y坐标彼此偏移地布置。线22中的每一个可恰好具有一个断点23或多个断点23。在根据图6的结构实施例中,一些线22也可不间断地延伸穿过整个原初结构部分13。

[0052] 图7说明了在光刻掩模10处反射的情况下的照明光3的光束路径的数值孔径。在图7的底部显示了角度空间24,其中照明光被引导到光刻掩模10,即在撞击光刻掩模10之前的照明光束路径的数值孔径。在顶部,图7显示了在光刻掩模10被撞击之后的照明光束路径的角度空间25,即数值孔径。此角度空间25与投射光学单元7的物侧数值孔径相匹配。数值孔径24和25在投射光学单元7中是圆形的;即,它们在x方向和y方向上具有相同的直径。因此,以下适用于投射光学单元7的物侧数值孔径 $NA_0,xz=NA_0,yz$,第一个在弧矢平面xz中,第二个在子午平面yz中:

[0053] $NA_0,xz=NA_0,yz$

[0054] 通过投射光学单元7的成像在晶片形式的基板26的表面上实现,其中基板26由基

板保持器27所承载。基板保持器27由晶片或基板位移驱动器28来移位。

[0055] 图1示意性地显示了在掩模母版10和投射光学单元7之间进入该投射光学单元的照明光3的光束29(角度空间25;参照图7),以及在投射光学单元7和基板26之间从投射光学单元7射出的照明光3的光束30。投射光学单元7的物场侧数值孔径(NA_0, yz)和像场侧数值孔径(NA_I, yz)在图1中未按比例重现。

[0056] 图3显示了基板26的俯视图。基板26具有直径d。基板26具有图像部分31,其中光刻掩模10的原初结构部分13通过使用投射光学单元7成像而转印到图像部分31上。以虚线框突出显示具有在扫描方向y中彼此相邻布置的十个图像部分31的列32,其中光刻掩模10的十个原初结构部分13成像于其上。图像部分31的该列32表示在使用投射光学单元7的单一不间断转印程序期间在基板26上产生的图像部分31的整体,作为十个原初结构部分13的图像。列32具有y范围 D_y 。以下适用: $D_y > d/2$ 。因此,可通过成像十个原初结构部分13在基板26上产生的图像部分31的总体具有沿扫描方向y的范围 D_y ,其大于基板26的直径d的一半。以下甚至适用于所示的实施例: $D_y \approx d$ 。

[0057] 图像部分31在各个情况下为正方形;即,它们的x/y纵横比为1/1。关联于前文所示的0.25的成像比例 β_x 以及-4的成像比例 β_y ,这得到的原初结构部分13的x/y纵横比为16/1。

[0058] 根据于投射光学单元7的实施例,相应的原初结构部分可具有大于4:1(4/1)的xy纵横比,例如x/y纵横比为5/1、6/1、7/1、8/1、10/1、12/1或15/1。

[0059] 再次,取决于实施例,图像部分31也可具有偏离1/1的x/y比,例如x/y纵横比为13/16。

[0060] 光刻掩模10沿y方向的整体范围可落在120mm和160mm之间的范围内,特别是在128mm和152mm之间的范围内。例如圆形基底26的直径可落在300mm和450mm之间的范围内。放大成像比例 β_y 的绝对值可落在1.97、2.11、2.34、2.69、3.17、或在3.51。

[0061] 根据投射光学单元7的实施例,缩小成像比例 β_x 可落在1/8和1/3之间的绝对值范围内。根据投射光学单元7的实施例,放大成像比例 β_y 可落在1.5和5之间的绝对值范围内。

[0062] 投射光学单元7具有放大实施例的场坐标y与物体位移方向y一致。

[0063] 在每一情况下,光刻掩模10的至少一个原初结构部分13可布置在物场4中。在每一情况下,基板26的至少一个图像部分31可布置在像场8中。

[0064] 在投射曝光期间,一方面光刻掩模10和另一方面基板26以彼此同步的方式位移,使得在沿扫描方向y的连续扫描期间,原初结构部分13转印到图像部分31的相应一列(例如列32)。在此转印中,每一原初结构部分13转印到基板26的单独图像部分31上。这针对基板26上的图像部分31的每一列实现,其中在完成原初结构部分13转印到图像部分31的整体相应列之后,基板26沿x方向移位一列距离。可在相应的相反扫描方向上实现与图像部分31的相邻列相关的扫描;即,举例来说,列32的扫描可在正y方向上实现,且图像部分31的后续列的扫描(例如与列32的右边相邻的列)可在负y方向上实现。若图像部分31的相应列具有少于十个图像部分31,在针对此列转印适当数量的物体结构部分13之后终止相应的扫描,并接着扫描图像部分31的下一列。

[0065] 投射曝光设备1为扫描仪类型。在投射曝光设备1的操作期间,在y方向上扫描掩模母版10和基板26两者。有可能为步进式类型的投射曝光设备1,其中在基板26的各个曝光之间实现掩模母版10和基板26在y方向上的步进式位移。这些位移通过位移驱动器12和28的

适当致动而彼此同步地实现。投射曝光设备1的中央控制装置(图中未示出)用于同步化驱动器12、28。

[0066] 在下文中,基于图8至图10更详细地解释投射光学单元7。投射光学单元7为反射式实施例的一示例。

[0067] 图8以透视图显示投射光学单元7,其中为了阐明成像光3的光束路径,仅在物场位置处示意性显示的光刻掩模10与在像场位置处同样示意性显示的基板26之间示意性地显示中心场点的主射线CR。

[0068] 图9显示投射光学单元7的子午剖面,即成像光3在yz平面中的光束路径。图10显示了投射光学单元7在弧矢平面xz中的成像光束路径。

[0069] 图9绘示了在各个情况下从在图9中的y方向中彼此隔开的三个物场点发出的三个个别射线33的光束路径。所绘示的是这三个物场点的主射线CR(即通过投射光学单元7的光瞳平面中的光瞳中心的个别射线33)以及在各个情况中的上彗差射线和下彗差射线。从物场4开始,中心物场点的主射线CR包含与物平面5上的法线N成约8°的角度CRA。

[0070] 在物场4和像场8之间的成像光束路径中,投射光学单元7具有总共六个反射镜,其沿成像光束路径以它们的入射顺序由M1到M6表示。

[0071] 图10同样显示了同样三条个别射线的光束路径,其同样从三个物场点发出,这三个物场点在图3中的x方向上彼此间隔开。再次地,显示了主射线CR和两个相应的边缘侧彗差射线。

[0072] 物平面5平行于像平面9。

[0073] 在投射光学单元7中,所有反射镜M1到M6配置为用于法线入射的反射镜,即成像光3以小于45°的入射角入射于其上的反射镜。这些用于法线入射的反射镜也称作NI(法线入射)反射镜。

[0074] 反射镜M1至M6带有涂层,其最佳化了反射镜M1至M10对成像光3的反射率。在此处,这可为钉涂层、或在各个情况下具有由例如钉制成的最上层的多层。这些高反射层(特别是用于法线入射的反射镜M1到M6)可配置为多层次,其中连续层可由不同材料制造。也可使用交替材料层。典型的多层次可具有五十个双层,其分别由钼层和硅层制成。这些可包含由例如C(碳)、B₄C(碳化硼)制成的额外分离层,且可由朝向真空的保护层或保护层系统来终止。

[0075] 在第一成像光平面xz中,投射光学单元7在物侧具有0.125的数值孔径NA_{0,xz}。在第二成像光平面yz中,投射光学单元7在物侧具有同样为0.125的数值孔径NA_{0,yz}。在像侧,投射光学单元7在第一成像光平面中具有0.5的数值孔径NA_{I,xz},且在第二成像光平面中具有0.5/16=0.03125的数值孔径NA_{I,yz}。

[0076] 反射镜M1至M6中没有一个包含用于成像光的通道开口。因此,所有反射镜M1至M6在没有间隙的连续区域中以反射方式被使用。

[0077] 在第一成像光平面xz(第一平面)中,投射光学单元7在位于成像光束路径中的反射镜M4和M5之间的中间像平面34中具有刚好一个第一平面中间图像。第一个第一平面光瞳平面35位于物场4和第一平面中间像平面34之间的成像光束路径中的反射镜M2和M3之间。第二个第一平面光瞳平面36位于反射镜M5的成像光的反射区域中。

[0078] 在第二成像光平面yz(第二平面)中,投射光学单元7具有两个第二平面中间像平面37、38。第一个第二平面中间像平面37位于成像光束路径中的反射镜M1和M2之间。另一个

第二平面中间像平面38位于成像光束路径中的反射镜M3和M4之间。第一个第二平面光瞳平面39位于成像光束路径中的反射镜M1和M2之间,恰好在第一个第二平面中间像平面37的前面。另一个第二平面光瞳平面40位于成像光束路径中的反射镜M2和M3之间。第二个第二平面光瞳平面40与第一个第一平面光瞳平面35重合。第三个第二平面光瞳平面41位于成像光束路径中的反射镜M4和M5之间,在空间上邻近反射镜M6。

[0079] 第二平面光瞳平面40布置于在圆周侧上可完全进入的成像光束路径的一部分中,使得可在该处布置作用于两个成像光平面xz、yz之一的孔径光阑。

[0080] 作为第一成像光平面xz的替代或附加的孔径光阑可布置于反射镜M5的区域中,例如作为反射镜涂层。

[0081] 投射光学单元7在像侧是远心的。在物侧的远心度偏差很小。

[0082] 反射镜M1到M6实施为自由形式表面,其无法由旋转对称函数描述。反射镜M1到M6的其中至少一个实施为旋转对称非球面的投射光学单元7的其他实施例也是可能的。DE 10 2010 029 050 A1揭露了用于这种旋转对称非球面的非球面方程式。所有反射镜M1到M6也有可能都实施为这样的非球面

[0083] 自由形式的表面可由以下的自由形式表面方程式(方程式1)来描述:

$$Z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x)(c_x x)^2 - (1 + k_y)(c_y y)^2}}$$

$$+ C_1 x + C_2 y$$

$$+ C_3 x^2 + C_4 xy + C_5 y^2$$

$$[0084] + C_6 x^3 + \dots + C_9 y^3$$

$$+ C_{10} x^4 + \dots + C_{12} x^2 y^2 + \dots + C_{14} y^4$$

$$+ C_{15} x^5 + \dots + C_{20} y^5$$

$$+ C_{21} x^6 + \dots + C_{24} x^3 y^3 + \dots + C_{27} y^6$$

$$+ \dots \quad (1)$$

[0085] 以下适用于此方程式(1)的参数:

[0086] Z为自由形式表面在点x、y的矢高,其中 $x^2+y^2=r^2$ 。在此处,r为与自由形式表面方程式的参考轴($x=0; y=0$)之间的距离。

[0087] 在自由形式表面方程式(1)中, C_1, C_2, C_3, \dots 表示以x及y的幂次展开的自由形式表面级数的系数。

[0088] 在锥形底面积的情况下, c_x, c_y 为对应至相应非球面的顶点曲率的常数。因此,适用 $c_x = 1/R_x$ 及 $c_y = 1/R_y$ 。 k_x 及 k_y 每一个对应相应非球面的锥形常数。因此,方程式(1)描述双锥自由形式表面。

[0089] 另一可能的自由形式表面可由旋转对称的参考表面产生。用于微光刻投射曝光设备的投射光学单元的反射镜的反射表面的这类自由形式表面已揭露于US 2007/0058269 A1。

[0090] 在自由形式表面的数学描述的范围内也可能使用其他多项式系统,例如Zernike

多项式、Chebyshev多项式、Legendre多项式或Forbes多项式。

[0091] 或者,也可借助于二维样条曲面来描述自由形式表面。其示例为Bezier曲线或非均匀有理的B样条(NURBS)。举例来说,二维样条曲面可由在xy平面中的点的网格及相关z数值、或由这些点及与其相关的梯度来描述。取决于样条曲面的相应类型,使用例如在其连续性及可微分性方面具有特定特性的多项式或函数,通过网格点之间的插值来获得完整的表面。其示例为解析函数。

[0092] 投射光学单元7设计用于13.5nm的照明光3的操作波长。像场8的x-范围为26mm且y-范围为30mm。

[0093] 投射光学单元7的反射镜M1至M6的反射表面的光学设计数据可由以下表格获得。这些光学设计数据在各个情况下从像平面9开始,即描述成像光3在像平面9和物平面5之间的反向传播方向上的相应投射光学单元。

[0094] 这些表格中的第一个提供光学部件的光学表面的顶点半径($\text{Radius}_x = R_x$, $\text{Radius}_y = R_y$)以及折射能力数值(Power_x , Power_y)。在缺少值 R_y 的规格的情况下,以下适用: $R_x = R_y$ 。负的半径值表示在具有考虑的平面(xz, yz)的相应表面的区段中朝入射照明光3成凹形的曲线,该考虑的平面由在顶点的表面法线与相应的曲率方向(x, y)展开。两个半径 Radius_x 、 Radius_y 可明确地具有不同的正负号。

[0095] 每一光学表面上的顶点定义为引导射线的入射点,其沿对称平面x=0(即图9的绘图平面(子午平面))从物场中心传播到像场8。

[0096] 在顶点的折射能力 $\text{Power}_x(P_x)$ 、 $\text{Power}_y(P_y)$ 定义为:

$$[0097] P_x = - \frac{2 \cos AOI}{R_x}$$

$$[0098] P_y = - \frac{2}{R_y \cos AOI}$$

[0099] 在此处,AOI表示引导射线相对表面法线的入射角。

[0100] 第二表格指定了以毫米为单位的反射镜M1到M6的圆锥常数 k_x 及 k_y 、顶点半径 R_x (= Radius_x)及自由形式表面系数 C_n 。表格中未列出的系数 C_n 的值皆为0。

[0101] 第三表格仍指定相应反射镜从参考表面开始在y方向上的离心(DCY)、在z方向上的位移(DCZ)及倾斜(TLA、TLC)的绝对值。这对应在自由表面设计方法情况下的平行偏移及倾斜。在此处,位移在y方向及在z方向上以毫米为单位进行,且倾斜相对x轴及相对z轴进行。在此情况下,旋转角度以度为单位。先偏离中心,再进行倾斜。偏离中心期间的参考表面在各个情况下为指定光学设计数据的第一表面。在y方向及z方向上的偏离中心也指定用于物场4。除了指派给个别反射镜的表面,第三表格也将像平面列表为第一表面及光阑表面(具有标记“AS”)。

[0102] 第四表格描述孔径光阑AS的内边缘轮廓,其在边缘侧分别限定光瞳平面35和40中的成像光束路径。边缘轮廓的描述基于表面AS上的多边形链来实现,其由适当的x和y值表示。从照明光3的所有射线的光阑表面上的交叉点出现光阑AS的光阑表面的边缘,其中照明光3在像侧以完整的像侧远心孔径在场中心点在光阑表面的方向上传播。当光阑实施为孔径光阑时,边界为内边界。

表面	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	操作
[0103]	M6	-968.4835569	0.0020457	-2718.5280535	0.0007427 REFL
	M5	-2498.9884733	0.0007974	-2133.5415828	0.0009409 REFL
	M4	-1133.2675512	0.0017405	-1027.5593219	0.0019736 REFL
	M3	3080.8489653	-0.0006275	-4246.7799758	0.0004872 REFL
	M2	-33479.9102101	0.0000590	-336.6830901	0.0060107 REFL
	M1	-3172.7286161	0.0006207	-1567.5265176	0.0012958 REFL

[0104] 图8的表格1

系数	M6	M5	M4
KY	0.000000000	0.000000000	0.000000000
KX	0.000000000	0.000000000	0.000000000
RX	-968.48355690	-2498.98847300	-1133.26755100
C7	2.71479076e-08	2.38822103e-08	5.18478549e-08
C9	4.50253775e-07	-5.82781648e-07	-1.67154307e-07
C10	-2.38451556e-11	2.67748483e-10	-9.46381917e-12
C12	4.30579082e-11	-4.25654263e-10	7.36299899e-11
C14	-2.4711783e-09	1.3760893e-09	-8.86739937e-10
C16	-3.0166759e-14	-1.18886983e-13	3.73313098e-14
C18	1.51795315e-13	1.05119112e-12	4.89955903e-13
C20	-1.11842171e-11	-1.02796302e-11	-1.03855915e-12
C21	-4.38027685e-16	7.23804953e-16	-3.17084595e-17
C23	2.94021396e-16	1.2161582e-15	-8.72640496e-17
C25	-8.19459328e-15	6.90529718e-15	2.89506882e-16
C27	2.96082749e-14	1.62335524e-13	-1.92565332e-14
C29	8.60162409e-19	-3.80345575e-20	-3.37480125e-19
C31	-6.84103825e-19	2.06738273e-17	-1.97780822e-18
C33	-1.11737082e-16	3.69643038e-16	-1.28976097e-17
C35	1.08354982e-15	2.74612487e-15	3.04382917e-17
[0105]	C36	3.28699855e-21	-4.01375785e-21
	C38	-3.63003086e-21	-6.86793617e-20
C40	-1.04682433e-19	-1.67806835e-18	1.37454187e-20
C42	-8.34253741e-19	-1.30983408e-17	1.27520801e-18
C44	-3.53004244e-19	-1.10923739e-16	3.75132186e-19
C46	-8.59086839e-24	-4.53708166e-23	6.93130365e-24
C48	2.33469983e-23	-2.70949243e-21	8.0706122e-23
C50	9.74044956e-22	-3.68481729e-20	1.90696171e-22
C52	1.75499222e-21	-3.90731597e-19	1.13715718e-20
C54	2.76531931e-22	-1.42353493e-18	1.48530987e-20
C55	-2.51671657e-26	5.24413058e-26	-1.10613924e-27
C57	1.13867747e-25	2.11435786e-24	1.30295959e-27
C59	1.02120349e-24	7.0789904e-23	5.63037564e-25
C61	-1.44568406e-23	6.81414019e-22	-1.59831374e-23
C63	1.96690934e-25	4.59940643e-21	4.9503818e-23
C65	8.67568878e-27	5.66740266e-20	-3.25356538e-23
C67	8.01923372e-29	1.59623471e-27	-8.78900254e-29
C69	5.57427946e-28	1.42365539e-25	-2.26578867e-27
C71	-3.71592863e-26	2.25136987e-24	-2.65100898e-26
C73	1.44177299e-26	2.33249146e-23	8.29144894e-26
C75	2.01177357e-27	2.29415044e-22	1.51560525e-25
C77	7.26648539e-27	2.85367154e-22	-1.10865442e-24

系数	M6	M5	M4
C78	1.34152974e-31	-5.3602576e-31	-2.20619757e-32
C80	-1.17007849e-30	-2.45062945e-29	2.03748582e-31
C82	7.94880812e-30	-7.15731597e-28	-5.26667521e-30
C84	-5.50958312e-29	-6.817699e-27	-1.22583266e-28
C86	-1.94794209e-29	2.30065328e-25	-9.16323672e-28
C88	-6.81563149e-29	-1.46061264e-24	-5.67205402e-27
C90	-5.31567946e-30	-1.09966662e-23	2.71186838e-27
C92	-4.38371244e-34	-2.79084223e-32	6.88443414e-34
C94	-8.00478362e-33	-3.37612488e-30	3.08624138e-32
C96	-6.20058279e-32	-6.65274277e-29	4.62159143e-31
C98	-3.01149404e-32	-3.22246813e-28	-1.35134045e-31
C100	-1.05503293e-31	-7.85822522e-27	-6.67608152e-30
C102	3.84125315e-32	-5.44423491e-26	-1.51978258e-29
C104	-1.96381619e-31	-5.5066299e-26	5.93424415e-29
C105	-4.6168179e-37	2.97613169e-36	3.81716342e-37
C107	5.91098816e-36	-2.08205204e-34	-1.44707866e-36
C109	-3.94111521e-34	-2.08945805e-32	-2.31713769e-34
C111	-1.02044776e-33	-2.70330967e-31	3.59093564e-33
[0106] C113	-1.45808696e-34	-1.08130586e-29	2.12834934e-32
C115	4.22529657e-34	-8.20779772e-29	1.27910573e-31
C117	1.05802873e-33	4.9754284e-29	4.82703379e-31
C119	-2.0401379e-35	8.87326617e-28	-1.15560265e-31
C121	1.06079386e-39	1.85425557e-37	-2.51462333e-39
C123	6.91750047e-39	3.01103541e-35	-1.75716316e-37
C125	7.17212519e-37	7.31634676e-34	-8.20528663e-37
C127	5.81658235e-37	-3.23277325e-33	-5.0358984e-36
C129	1.25451773e-36	1.91528349e-32	4.88269155e-35
C131	9.5284737e-37	6.54627098e-31	3.55476859e-34
C133	-1.40839621e-36	4.18034791e-30	5.42004727e-34
C135	1.96005638e-36	4.16743287e-30	-1.17769788e-33
C136	7.15307913e-43	-2.48199327e-42	-1.97988292e-42
C138	-1.32248524e-41	4.91108717e-39	-8.40685621e-42
C140	1.56291407e-39	4.35844123e-37	2.14879574e-39
C142	9.12130255e-40	2.92879638e-36	-5.71398609e-39
C144	3.76900111e-39	4.89059906e-35	-1.87644253e-37
C146	-5.56992337e-39	9.54765618e-34	-1.28751058e-36
C148	6.27589068e-39	7.17013086e-33	-6.21469536e-36
C150	-3.26483004e-40	7.38680415e-33	-1.58327962e-35
C152	3.52243136e-39	-1.37505796e-32	1.08607917e-36

[0107] 图8的表格2a

系数	M3	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	3080.84896500	-33479.91021000	-3172.72861600
[0108] C7	-1.62849414e-07	3.07218764e-07	8.79477432e-09
C9	-9.66035493e-07	-2.86018974e-07	7.95759287e-09
C10	2.36416343e-11	-1.38295186e-12	-7.03362708e-13
C12	4.89710462e-10	-6.9111035e-10	-5.08235251e-12
C14	1.40425828e-08	1.26543214e-09	2.07361083e-13
C16	-9.11215525e-13	2.21119426e-13	2.28697716e-15
C18	-6.2634508e-12	6.0780485e-13	3.4380682e-15
C20	-1.23370704e-10	-3.10506318e-12	2.28272412e-15
C21	8.09238883e-15	-1.2098357e-16	9.98685851e-19

系数	M3	M2	M1	
C23	-9.36009431e-15	-2.83859151e-16	-1.87796444e-18	
C25	2.70855096e-13	-1.02053055e-14	3.13134922e-19	
C27	-4.67542827e-12	-1.67907065e-13	3.37030827e-18	
C29	3.13793825e-17	-9.62885646e-20	-5.61599889e-21	
C31	-6.38124682e-17	6.20891428e-18	-7.09657394e-21	
C33	-2.69698729e-15	2.0254306e-16	5.13911197e-21	
C35	5.68203721e-14	8.71113009e-15	2.09358971e-20	
C36	-2.2909227e-19	3.27512151e-21	-2.21596654e-23	
C38	4.22819874e-19	-9.67747324e-21	3.9710395e-23	
C40	1.63617533e-17	8.92907743e-20	-1.40157551e-23	
C42	1.59457579e-16	1.79035375e-17	-2.02963463e-22	
C44	1.18216765e-15	2.78779177e-16	-1.59374128e-22	
C46	-1.06467412e-21	-6.58647296e-24	1.24715355e-25	
C48	-1.6490057e-20	-2.46516555e-22	3.8338832e-25	
C50	7.64523168e-20	-8.74311459e-21	3.44466213e-25	
C52	1.47615711e-18	-3.80362036e-19	-3.45022776e-25	
C54	-3.33841759e-18	-9.26729234e-18	-5.93067611e-25	
C55	4.4045967e-24	-6.83380624e-26	2.61216345e-28	
C57	-4.39572295e-23	2.42586528e-25	-8.98639048e-28	
C59	9.34015541e-23	5.86712869e-24	-1.91036037e-27	
C61	-6.78345318e-21	-2.21256883e-22	2.58436477e-27	
C63	1.79666076e-21	-1.97246842e-20	6.83273571e-27	
C65	1.70487191e-20	-2.51119373e-19	4.26891017e-27	
C67	3.9670632e-26	4.83098158e-28	-1.19220483e-30	
C69	1.78791349e-24	4.26736665e-27	-7.49118954e-30	
C71	-1.23723912e-23	1.91264416e-25	-1.28913906e-29	
C73	3.17598395e-23	9.70127521e-24	-4.79056132e-30	
C75	3.9232763e-23	3.40183855e-22	1.04540849e-29	
[0109]	C77 C78 C80 C82 C84 C86 C88 C90 C92 C94 C96 C98 C100 C102 C104 C105 C107 C109 C111 C113 C115 C117 C119 C121 C123 C125 C127 C129 C131 C133	9.56888355e-22 -5.54877924e-29 1.52787328e-27 -4.27456871e-26 -2.86830457e-27 5.05061206e-25 3.5100496e-24 8.00417945e-25 -8.17584299e-31 -7.67971306e-29 -5.73210941e-28 1.0272047e-27 5.84014326e-27 -5.05296644e-27 -1.41038149e-25 3.34782334e-34 -2.32493713e-32 3.0704453e-30 -2.17298131e-30 -2.58263405e-29 -2.63459204e-28 -1.05779279e-27 -8.24135518e-28 6.68063169e-36 8.71542728e-34 2.06204095e-32 1.34616847e-32 -1.73827298e-31 -8.04255604e-31 4.52613769e-31	5.56406535e-21 1.38754503e-30 1.63877532e-30 9.47429055e-29 -7.28223456e-27 4.80942249e-26 1.19777433e-23 1.37965754e-22 -1.0360724e-32 -2.51068851e-33 7.11642527e-31 -1.22956319e-28 -5.32748779e-27 -1.43328363e-25 -1.77767188e-24 -1.80443002e-35 -8.75195275e-35 -1.1418279e-32 8.60275856e-32 8.01578507e-30 2.95229612e-29 -3.86260274e-27 -4.18521321e-26 8.01799492e-38 -2.19028252e-37 -4.64300424e-35 2.85082471e-34 2.70240157e-32 1.13757235e-30 2.27235068e-29	1.00871406e-29 -3.08861791e-33 8.43697978e-33 3.97453016e-32 2.77448909e-32 -9.03912804e-32 -1.22188168e-31 -6.68888397e-32 4.30153595e-36 6.13331495e-35 1.77765315e-34 1.51095348e-34 1.10140724e-35 -1.31596298e-34 -9.10955637e-35 2.37470443e-38 -4.41095086e-38 -2.36499079e-37 -7.48546385e-37 9.81162786e-38 1.22180185e-36 1.09635921e-36 5.58463206e-37 3.04676477e-43 -1.59815624e-40 -8.3689699e-40 -1.02425716e-39 -6.20491072e-40 1.55098535e-40 5.90328407e-40

系数	M3	M2	M1	
[0110]	C135 C136 C138 C140 C142 C144 C146 C148 C150 C152	7.99527241e-30 2.49516979e-40 1.69262218e-37 -4.95558732e-35 2.93093797e-35 4.92866369e-34 5.65347009e-33 4.13422705e-32 1.11863576e-31 1.00517702e-31	2.36424003e-28 9.99188283e-41 3.57667022e-40 1.46907421e-37 1.30595616e-36 -7.83674664e-35 -2.44404559e-33 -7.63243368e-33 5.02520445e-31 5.31002648e-30	3.38663065e-40 -7.75718764e-44 1.67630659e-43 1.66310089e-43 3.64449976e-42 3.11445265e-42 -2.31909785e-42 -5.80945139e-42 -3.86976442e-42 -1.90891629e-42

[0111] 图8的表格2b

表面	DCX	DCY	DCZ
[0112]	像场	0.00000000	0.00000000
	M6	0.00000000	612.97101665
	M5	0.00000000	103.66062559
	M4	0.00000000	1546.93296209
	M3	0.00000000	925.02290129
	AS	0.00000000	1198.77192769
	M2	0.00000000	1708.59915502
	M1	0.00000000	250.11832264
	物场	0.00000000	2164.33665368

[0113] 图8的表格3a

表面	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
[0114]	像场	-0.00000000	-0.00000000
	M6	7.52032233	-0.00000000
	M5	11.04064466	180.00000000
	M4	16.58320883	-0.00000000
	M3	10.04304575	180.00000000
	AS	-19.58708049	-0.00000000
	M2	1.96031849	-0.00000000
	M1	0.47740892	180.00000000
	物场	-0.00550066	-0.00000000

[0115] 图8的表格3b

	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
[0116]	-0.00000000	20.63455870	0.00000000
	-28.75585644	20.51705844	0.00000000
	-56.82826163	20.16211736	0.00000000
	-83.54564340	19.56100841	0.00000000
	-108.26284419	18.69649935	0.00000000
	-130.37719274	17.54430359	0.00000000
	-149.34332460	16.07661522	0.00000000
	-164.68613081	14.26220025	0.00000000

	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
	-176.01316429	12.06806510	0.000000000
	-183.02682516	9.47268420	0.000000000
	-185.53480535	6.48505211	0.000000000
	-183.45858616	3.14716753	0.000000000
	-176.83801282	-0.47006614	0.000000000
	-165.82902883	-4.25603968	0.000000000
	-150.69821974	-8.06223298	0.000000000
	-131.81534916	-11.71718954	0.000000000
	-109.64368731	-15.03754063	0.000000000
	-84.73045835	-17.84353790	0.000000000
	-57.69511273	-19.97552102	0.000000000
	-29.21366657	-21.30797903	0.000000000
	-0.00000000	-21.76120962	0.000000000
	29.21366657	-21.30797903	0.000000000
	57.69511273	-19.97552102	0.000000000
[0117]	84.73045835	-17.84353790	0.000000000
	109.64368731	-15.03754063	0.000000000
	131.81534916	-11.71718954	0.000000000
	150.69821974	-8.06223298	0.000000000
	165.82902883	-4.25603968	0.000000000
	176.83801282	-0.47006614	0.000000000
	183.45858616	3.14716753	0.000000000
	185.53480535	6.48505211	0.000000000
	183.02682516	9.47268420	0.000000000
	176.01316429	12.06806510	0.000000000
	164.68613081	14.26220025	0.000000000
	149.34332460	16.07661522	0.000000000
	130.37719274	17.54430359	0.000000000
	108.26284419	18.69649935	0.000000000
	83.54564340	19.56100841	0.000000000
	56.82826163	20.16211736	0.000000000
	28.75585644	20.51705844	0.000000000

[0118] 图8的表格4

[0119] 物平面5和像平面9之间的距离是2164mm。

[0120] 在中心物场点和中心像场点之间沿y坐标的物/像偏移 d_{0IS} 为906mm。投射光学单元7中的波前像差(RMS)约为100mλ。

[0121] 由于因不同的成像比例所产生的不同像侧数值孔径以及中间像平面的位置而出现的是反射镜M2到M5具有x/y纵横比,其分别显著大于1且其可大于4、大于5、大于6、也大于8。此纵横比表示用于反射镜M1到M6的反射表面的x范围与y范围的比。

[0122] 如图9所示,出现的是yz平面中的反射镜M1至M6的非常紧凑的折叠几何形状,具有相应小的入射角,特别是在反射镜M2、M5和M6上。

[0123] 反射镜M1至M6的参考轴通常相对像平面9的法线倾斜,从表格中的倾斜值可清楚看出。

[0124] 光阑AS可位于平面中或具有三维实施例。光阑AS的范围在扫描方向(y)上可小于在交叉扫描方向(x)上的范围。

[0125] 图11和图12在各个情况下以类似于图7的图式显示了在照明和成像光刻掩模10时布置数值孔径的变型。在根据图11的实施例中,照明角度空间42和成像角度空间43都实施为具有椭圆形边缘轮廓和2/1的x/y纵横比。如结合现有技术中已知的变形投射光学单元

(参见US 2013/0128251A1、DE 10 2014 208 770 A1和US 2016/0327868A1)所作的解释,这可达成光刻掩模上的反射折叠角度的减小,其有助于提高成像品质。在此情况下,沿扫描方向y的数值孔径是在x方向上与其垂直的尺寸的一半。

[0126] 在根据图12的实施例中,一方面入射在光刻掩模10上的照明光束路径的角度空间44与另一方面由光刻掩模10反射的成像光束路径的角度空间45重合。这可通过例如US 2015/0160561 A1中的光学系统的配置来实现。

[0127] 下文基于图13和图14描述投射光学单元46的另一实施例,有可能使用该投射光学单元来代替样式为投射曝光设备1的投射曝光设备中的投射光学单元7,特别是当使用具有DUV波长的成像光3时。与在前文中已基于图1至图12、特别是基于图8至图10作出解释的部件和功能对应的部件和功能具有相同的元件符号且将不再详细讨论。

[0128] 投射光学单元46为投射曝光设备1的投射光学单元的折射实施例的一示例。图13显示了投射光学单元46的子午剖面,即yz平面中的成像光3的光束路径。图14显示了投射光学单元46在弧矢平面xz中的成像光束路径。

[0129] 在各个情况下,图13和图14中所显示的为相应三个个别射线33的光束路径,其分别从在y方向(图13)或在x方向(图14)上间隔开的物场点发出。再次地,显示了这三个物场点的主射线CR及在各个情况下的上下射线。从物场4开始,中心物场点的主射线CR垂直于物平面5;即,它平行于物平面5的法线延伸。因此,角度CRA为0°。

[0130] 在物场4和像场8之间的成像光束路径中,投射光学单元46总共具有二十三个透镜元件,其沿着图13及图14中的成像光束路径以它们的入射顺序由L1到L23表示。

[0131] 在投射光学单元46中,同样地,物平面5也平行于像平面9。

[0132] 透镜元件L1至L23在其相应的透镜元件表面上具有反射最小化涂层。透镜元件L1至L23由SiO₂制成。

[0133] 在成像光平面xz中,投射光学单元46在物侧具有0.225的数值孔径NA_{0,xz}。在第二成像光平面yz中,投射光学单元46在物侧具有同样为0.225的数值孔径NA_{0,yz}。在像侧,投射光学单元46在第一成像光平面中具有0.9的数值孔径NA_{I,xz},且在第二成像光平面中具有0.9/16=0.05625的数值孔径NA_{I,yz}。

[0134] 投射光学单元46没有中间图像。

[0135] 光瞳平面47位于成像光束路径中的透镜元件L14的正前方。

[0136] 投射光学单元46的光瞳在光瞳平面47的区域中是强椭圆形的,其中yz平面中的主轴比xz平面中的主轴小多倍。

[0137] 所有透镜元件L1至L23的使用反射表面的x/y纵横比均大于1。此x/y纵横比在第一透镜元件组L1至L13的区域中比在第二透镜元件组L14至L23的区域中小。

[0138] 投射光学单元46在透镜元件L10和L11的区域中在子午剖面中具有明显的腰部。在透镜元件L14和L15的区域中在弧矢平面中存在腰部。

[0139] 用于定界光瞳平面47中的边缘侧处的光瞳的孔径光阑AS布置在光瞳平面47的区域中。在投射光学单元46中,此孔径光阑AS也可布置为透镜元件L14的输入表面的涂层。

[0140] 投射光学单元46在像侧是远心的。

[0141] 透镜元件L1至L23的折射输入和输出表面实施为自由形式表面,其无法由旋转对称函数来描述。投射光学单元46的其他实施例也是可能的,其中透镜元件L1至L23的至少一

个这样的表面实施为旋转对称的非球面。以上结合反射镜M1至M6的反射表面所解释的内容相应地适用于此。

[0142] 投射光学单元46设计用于193.4nm的照明/成像光3的操作波长。物场4的x范围为104mm且y范围为3.25mm。

[0143] 以下适用于投射光学单元46的成像比例 $\beta_x, \beta_y : \beta_x = -0.25$ 且 $\beta_y = -4$ 。

[0144] 投射光学单元46中的波前像差RMS为30.0mλ。

[0145] 可从下表获得投射光学单元46的透镜元件L1至L23的折射表面的光学设计数据。这些光学设计数据从物平面5开始,即在物平面5和像平面9之间沿成像光束路径描述投射光学单元46。

[0146] 以下表格中的第一个表格列出了投射光学单元46的部件(即透镜元件L1至L23)的光学表面、孔径光阑AS以及物平面5和像平面9。表格1以物平面5开始,其表面编号为1。编号表面2至27以成像光束路径中的通过顺序描述了透镜元件L1至L13的入射和出射表面。表面28描述孔径光阑AS。表面29至48描述了透镜元件L14至L23的入射和出射表面。表面49描述像平面9的位置。半径 R_y 和相应表面与后续表面之间在z方向上的距离列于表格1中,其关联于投射光学单元46(表格1关联于图13)。此外,在每一情况下,针对透镜元件L1至L23指定材料和折射系数(折射率)。

[0147] 对于投射光学单元46,以下的表格2a至2d以对应关联于投射光学单元7的表格2的方式将以下列表:圆锥常数 k_x, k_y 、顶点半径 R_x 、以及针对以下的自由形式系数 C_n :透镜元件L1的入射表面(S2)、透镜元件L2的入射表面(S4)、透镜元件L5的入射表面(S10)、透镜元件L6的出射表面(S13)、透镜元件L13的入射表面(S26)、透镜元件L14的出射表面(S30)、透镜元件L15的出射表面(S23)、透镜元件L17的出射表面(S36)、透镜元件L18的出射表面(S38)、透镜元件L19的出射表面(S40)和透镜元件L21的入射表面(S43)。投射光学单元46的透镜元件L1至L23的其他折射表面(未在表格2中列出)以旋转对称的方式描述,且表格1中的半径值的规格足以完整地描述表面。

[0148] 以与关联于投射光学单元7的表格4类似的方式,投射光学单元46的表格3再次描述了孔径光阑AS的内边缘轮廓,其限定了光瞳平面47中的边缘侧上的成像光束路径。关于投射光学单元7的第四表格所解释的内容以相应的方式适用于此。

表面	半径 [mm]	距离 [mm]	材料	折射率
[0149]	1 0	40		1.0003
	2 184.0608724	32.17187772	SIO2	1.5608
	3 -145.8539009	1		1.0003
	4 140.8894236	10	SIO2	1.5608
	5 190.9069192	39.73255276		1.0003
	6 -130.6904464	46.69232795	SIO2	1.5608
	7 -413.9751474	1		1.0003
	8 1213.98422	50.69774731	SIO2	1.5608
	9 -361.4897692	23.30771465		1.0003
	10 1604.638177	54.38485689	SIO2	1.5608
	11 -281.390086	85.87401513		1.0003
	12 -629.3692639	44.11214702	SIO2	1.5608
	13 -187.469574	1		1.0003
	14 241.1124912	68.3646769	SIO2	1.5608
	15 4455.828003	1		1.0003
	16 146.8468242	17.05698866	SIO2	1.5608
	17 130.9990293	27.2549268		1.0003
	18 198.982844	37.68575323	SIO2	1.5608
	19 95.48462035	62.80817611		1.0003
表面	半径 [mm]	距离 [mm]	材料	折射率
[0150]	20 611.7555944	30	SIO2	1.5608
	21 -1106.309165	41.96706992		1.0003
	22 -99.12465396	10	SIO2	1.5608
	23 160.7162415	48.34244249		1.0003
	24 -93.50496938	41.82450564	SIO2	1.5608
	25 -198.2907363	1		1.0003
	26 -134.7300227	42.15372662	SIO2	1.5608
	27 -139.9958845	24.15001081		1.0003
	28 0 0	1.305978744		1.0003
	29 13333.08728	63.9716532	SIO2	1.5608
	30 -200.8170959	1		1.0003
	31 319.1030647	36.49332227	SIO2	1.5608
	32 80.07255467	18.1514746		1.0003
	33 1072.206696	20	SIO2	1.5608
	34 270.2476873	23.08392254		1.0003
	35 377.8660628	85.29848884	SIO2	1.5608
	36 -405.5481291	1		1.0003
	37 410.1300498	43.89442439	SIO2	1.5608
	38 -262.6152625	1		1.0003
	39 133.2195869	82.41836975	SIO2	1.5608
	40 111.3102152	1		1.0003
	41 124.4326236	44.49595531	SIO2	1.5608
	42 76.44442864	5.253931735		1.0003
	43 63.22897326	10	SIO2	1.5608
	44 55.81790317	10.63595003		1.0003
	45 105.2840349	17.64329741	SIO2	1.5608
	46 318.7542011	2.420417081		1.0003
	47 0	10	SIO2	1.5608
	48 0	4		1.0003
	49 0	0		1.0003

[0151] 图13的表格1

	系数	S2	S4	S10
	KY	0.000000000E+00	0.000000000E+00	0.000000000E+00
	KX	0.000000000E+00	0.000000000E+00	0.000000000E+00
	RX	-1.842189411E+02	1.095692708E+03	-2.485036185E+03
[0152]	C10	1.442245340E-08	-8.625919190E-08	-1.420443830E-08
	C12	-2.538304330E-07	2.399470320E-07	-5.380907490E-08
	C14	-2.098650670E-06	4.665163190E-07	-8.269947110E-08
	C21	-1.594661920E-13	-2.013957090E-12	-2.048325620E-13
	C23	3.469645350E-11	-2.649181810E-11	-6.490577260E-13
	C25	-1.499991740E-11	-1.105632850E-10	2.092700060E-13
	C27	5.932072570E-10	-7.078570330E-11	-2.231385800E-13
	C36	2.466814910E-16	-1.832704910E-16	1.082088040E-18
	C38	-2.285915870E-15	1.676153510E-15	4.752566570E-18
	C40	-3.231536800E-14	7.455883230E-15	-2.123485090E-17
	C42	3.542411950E-14	1.128011710E-14	-8.185840750E-17
	C44	-1.044154920E-14	-3.384590760E-14	-8.299932060E-17
	C55	2.829760600E-20	-1.001201830E-20	-4.912677690E-23
	C57	2.474828960E-19	-1.654051530E-19	-5.735240310E-22
	C59	1.727921770E-18	-8.983673910E-19	-1.203204530E-21
	C61	2.765582880E-17	-1.083859890E-18	1.058143680E-21
	C63	7.939791660E-17	1.957906150E-18	4.527114910E-21
[0153]	系数	S2	S4	S10
[0153]	C65	1.322307410E-16	9.194215650E-18	3.130294840E-21
[0154]	图13的表格2a			
	系数	S13	S26	S30
	KY	0.000000000E+00	0.000000000E+00	0.000000000E+00
	KX	0.000000000E+00	0.000000000E+00	0.000000000E+00
	RX	-3.138110904E+02	-3.998807636E+02	-2.835561591E+02
	C10	-7.965407740E-09	-6.784483940E-08	-8.105916480E-10
	C12	-2.928490840E-09	-3.674076470E-08	2.321229930E-09
	C14	6.893012880E-09	-1.311664190E-07	-1.139472610E-07
	C21	-2.777429430E-14	4.485875560E-13	-4.016567740E-14
	C23	-1.190254960E-13	9.775546080E-13	2.018240790E-12
	C25	3.965228850E-14	2.264229570E-13	5.161451480E-11
	C27	-4.613120790E-14	-8.329698960E-10	-1.028970770E-09
	C36	3.129147960E-19	-2.378207400E-17	3.594504920E-18
	C38	1.427796650E-18	-1.056164860E-16	-4.454442860E-17
	C40	1.507213160E-18	3.426739720E-15	-2.917943820E-15
	C42	2.930000820E-18	1.859452930E-13	3.367280800E-14
	C44	5.353345820E-18	5.215372580E-14	-6.154637560E-12
	C55	-9.135426480E-24	-8.530450390E-22	-7.063821560E-23
	C57	-6.125315310E-23	-4.448562430E-21	5.929482340E-22
	C59	-7.418332170E-23	-2.139021750E-19	7.283940210E-20
	C61	1.953166170E-22	-1.539390010E-17	7.531312960E-19
	C63	4.368279360E-22	-4.902014630E-16	5.759857590E-16
	C65	1.865904280E-22	-5.536394170E-15	3.475504800E-14
[0156]	图13的表格2b			

系数	S32	S36	S38
KY	0.000000000E+00	0.000000000E+00	0.000000000E+00
KX	0.000000000E+00	0.000000000E+00	0.000000000E+00
RX	3.244254019E+02	-4.901400683E+02	-1.919427962E+03
C10	-1.997581540E-08	5.861946940E-09	-1.786167860E-09
C12	-9.672912100E-08	-6.551923140E-08	1.021556490E-07
C14	-2.568264980E-07	-5.490634060E-07	8.386118450E-07
C21	-3.074617300E-13	1.452228990E-14	3.865657960E-13
C23	-3.127122930E-12	-2.039642170E-12	3.655710170E-12
C25	-9.448702110E-11	5.495665740E-11	-8.302565590E-11
[0157] C27	1.024931400E-09	1.076464920E-09	-1.302367010E-09
C36	7.169217650E-18	2.674700000E-18	-4.325216020E-18
C38	-3.315682040E-17	1.301000890E-16	-1.744550390E-16
C40	-2.853723530E-16	1.882785520E-15	-5.646061590E-16
C42	-8.780580670E-14	-6.572441110E-14	8.815760900E-14
C44	1.628923700E-11	-1.480406070E-12	1.177965780E-12
C55	-4.707610640E-23	2.442638710E-23	1.246450200E-23
C57	9.530725750E-22	-1.014287700E-21	4.769190260E-21
C59	4.312385010E-20	-4.763111180E-20	5.296097870E-20
C61	9.826679820E-18	-1.576175570E-18	1.321229440E-18
C63	-1.143221820E-15	1.006485190E-16	-7.718265860E-17
C65	-9.015826990E-14	2.186930070E-15	-1.617799390E-15

[0158] 图13的表格2c

系数	S40	S43
KY	0.000000000E+00	0.000000000E+00
KX	0.000000000E+00	0.000000000E+00
RX	4.234171902E+02	7.827173507E+01
C10	3.086845120E-08	-1.056739910E-07
C12	-4.007369900E-07	-9.750770830E-07
C14	-1.572166300E-06	-6.370040030E-07
C21	-2.447773140E-12	-4.062652990E-11
C23	-2.626676030E-12	-2.644086650E-10
C25	3.593159600E-10	1.094041710E-10
[0159] C27	3.984422100E-09	2.269614810E-09
C36	1.124818510E-16	-7.878859080E-15
C38	6.879486860E-16	-5.806286130E-14
C40	-2.400885750E-14	-8.954932250E-14
C42	-8.732576650E-13	-7.890891660E-13
C44	-5.797083400E-12	-1.153400800E-11
C55	-1.934832820E-21	-1.932671170E-18
C57	-1.599971860E-20	-2.100050060E-17
C59	5.302914580E-19	-5.917070900E-17
C61	4.235009350E-17	-3.999568200E-16
C63	3.566684060E-16	-4.135735370E-15
C65	1.753547670E-14	1.075803630E-13

[0160] 图13的表格2d

系数 X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	9.34167000	0.00000000	
19.95338079	9.26150096	0.00000000	
39.80401181	9.01600649	0.00000000	
59.43943674	8.59079437	0.00000000	
78.72567019	7.96417691	0.00000000	
97.47829760	7.11132775	0.00000000	
115.38686454	6.00988075	0.00000000	
131.86420705	4.64604678	0.00000000	
145.82838231	3.02369703	0.00000000	
155.56249971	1.18349458	0.00000000	
159.11580967	-0.77002849	0.00000000	
155.55507787	-2.67305993	0.00000000	
145.81539876	-4.37165984	0.00000000	
[0161]	131.84873457	-5.78561604	0.00000000
	115.37100162	-6.90478932	0.00000000
	97.46252378	-7.75680349	0.00000000
	78.71010789	-8.38303456	0.00000000
	59.42502010	-8.82508344	0.00000000
	39.79259868	-9.11733143	0.00000000
	19.94701826	-9.28372991	0.00000000
	0.00000000	-9.33776949	0.00000000
	-19.94701826	-9.28372991	0.00000000
	-39.79259868	-9.11733143	0.00000000
	-59.42502010	-8.82508344	0.00000000
	-78.71010789	-8.38303456	0.00000000
	-97.46252378	-7.75680349	0.00000000
	-115.37100162	-6.90478932	0.00000000
	-131.84873457	-5.78561604	0.00000000
	-145.81539876	-4.37165984	0.00000000
系数 X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
[0162]	-155.55507787	-2.67305993	0.00000000
	-159.11580967	-0.77002849	0.00000000
	-155.56249971	1.18349458	0.00000000
	-145.82838231	3.02369703	0.00000000
	-131.86420705	4.64604678	0.00000000
	-115.38686454	6.00988075	0.00000000
	-97.47829760	7.11132775	0.00000000
	-78.72567019	7.96417691	0.00000000
	-59.43943674	8.59079437	0.00000000
	-39.80401181	9.01600649	0.00000000
	-19.95338079	9.26150096	0.00000000

[0163] 图13的表格3

[0164] 中心物场点的主射线CR沿着直线延伸,其指定投射光学单元46的参考轴。因此,在投射光学单元46的情况下,物像偏移刚好为0。

[0165] 为了产生微结构或纳米结构部件,投射曝光设备1的使用如下:首先,提供反射掩模10或掩模母版及基板或晶片11。接着,在投射曝光设备1的协助下,将掩模母版10上的结构投射至晶片11的光敏层上。接着,通过显影光敏层而在晶片11上产生微结构或纳米结构,并因此产生微结构化部件。

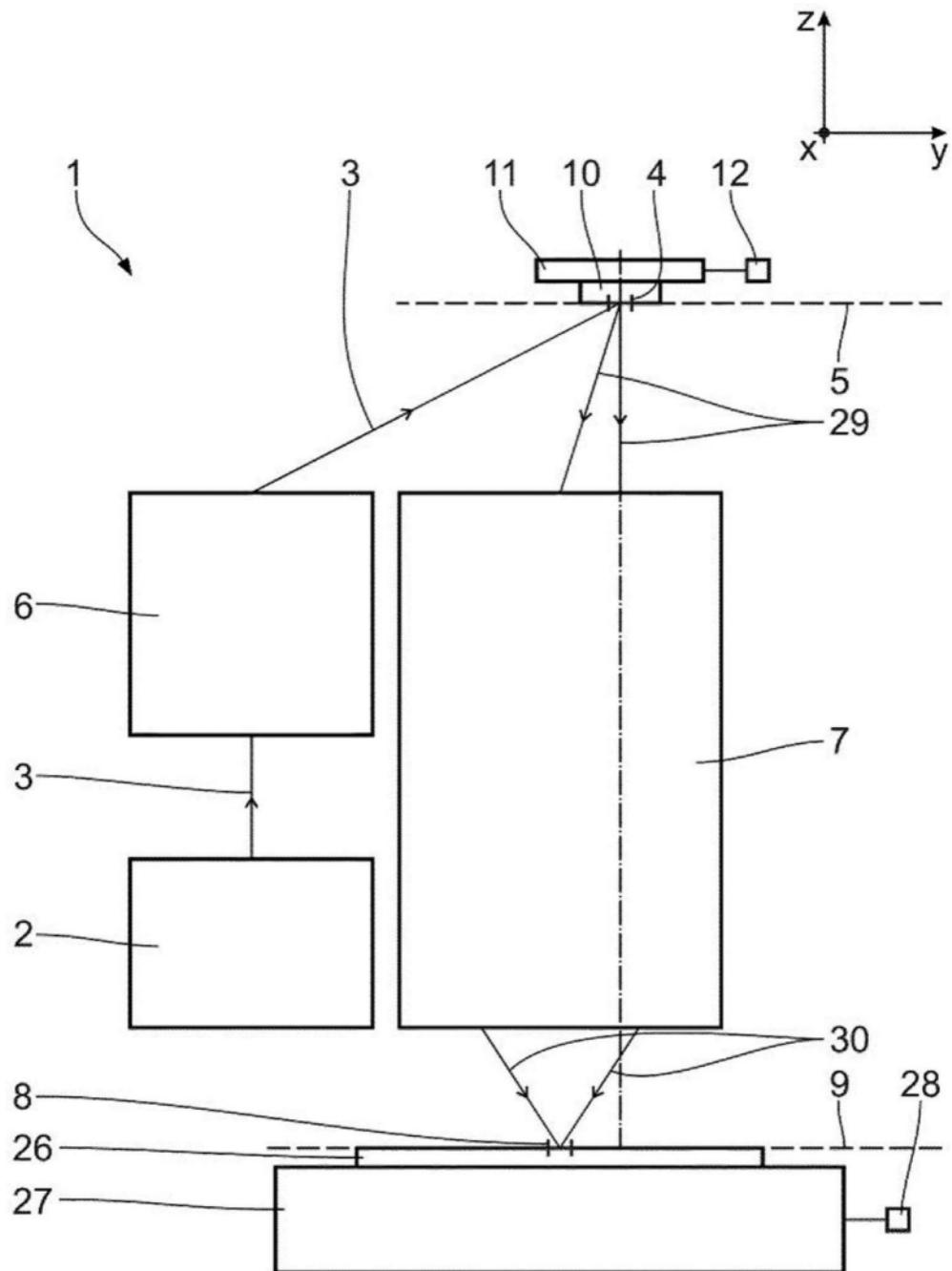


图1

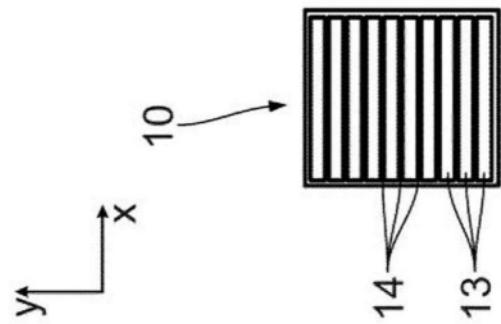


图2

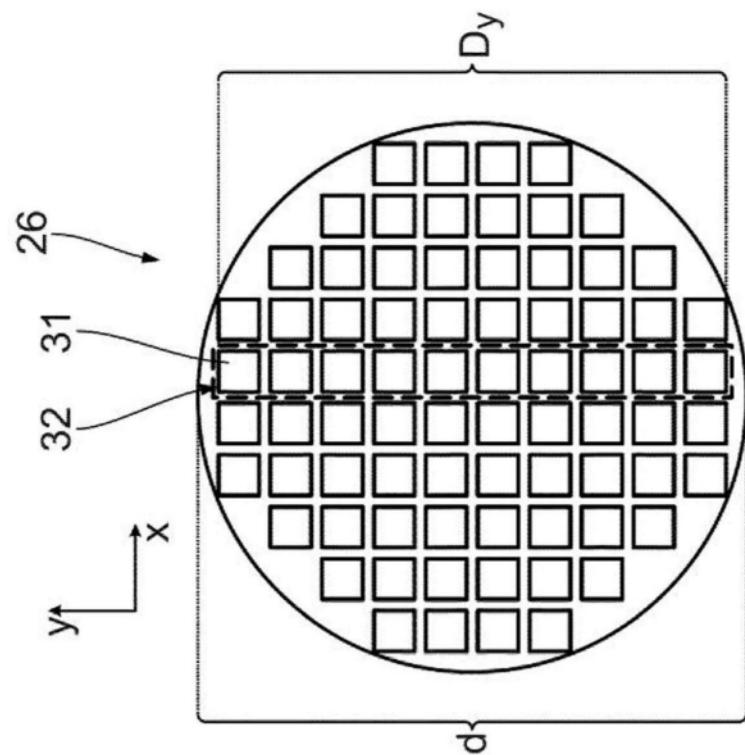


图3

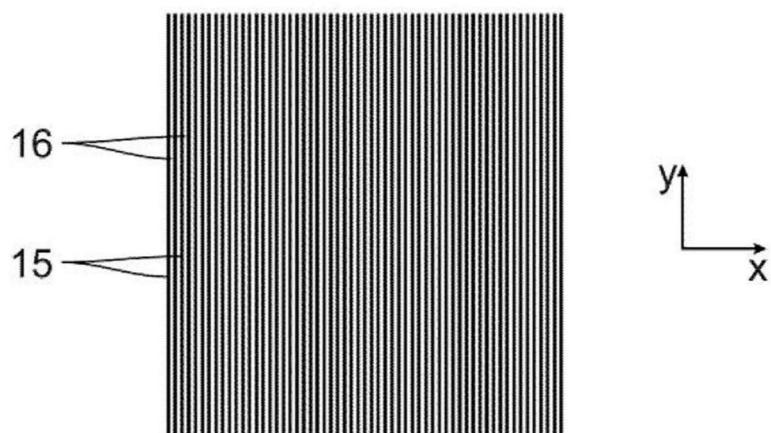


图4

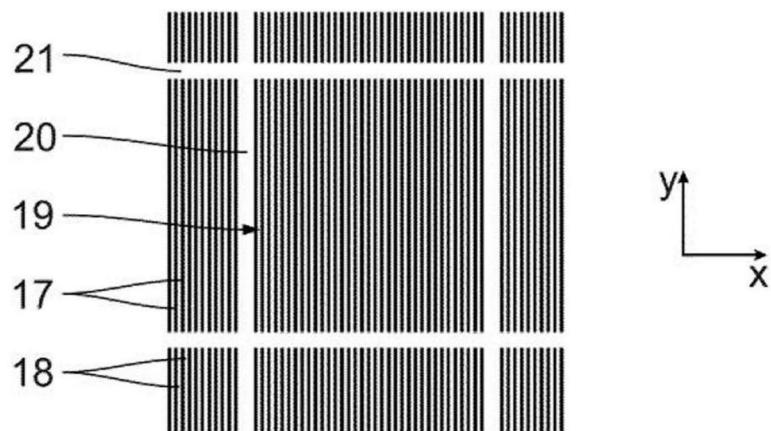


图5

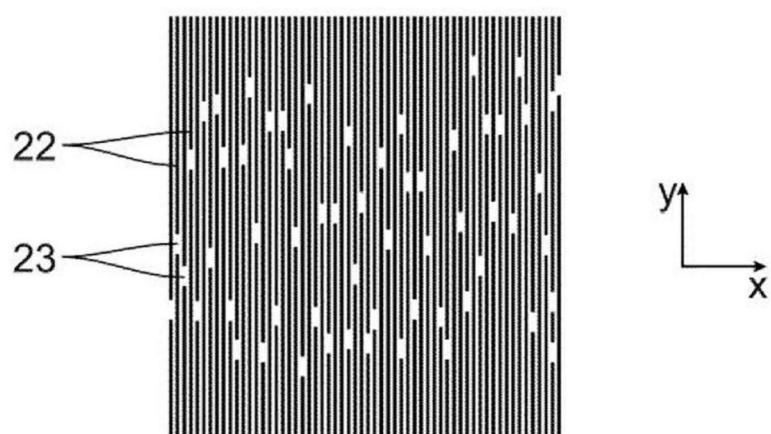


图6

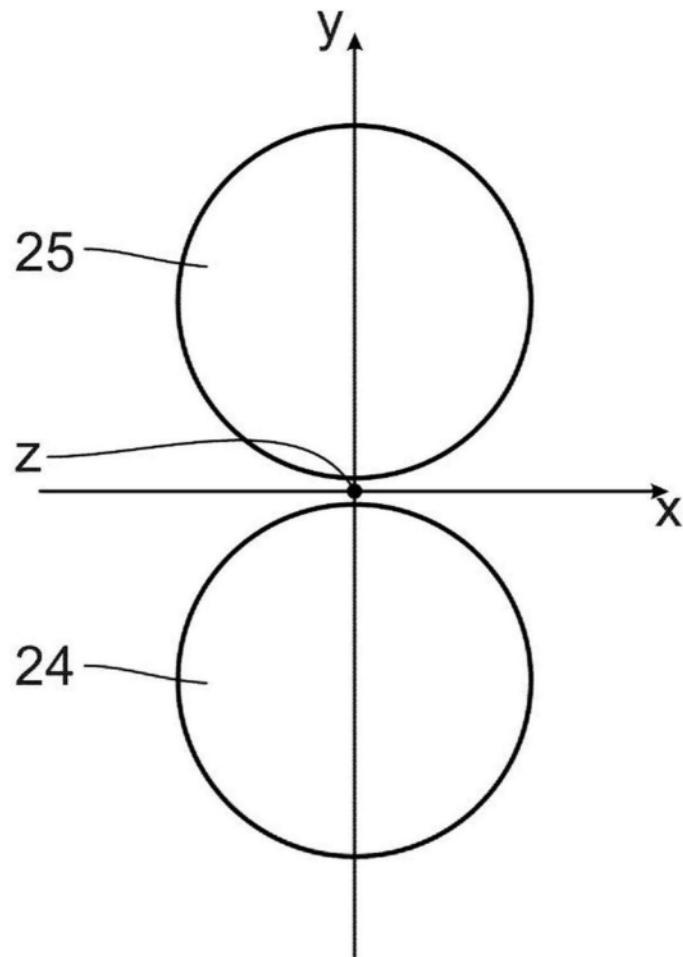


图7

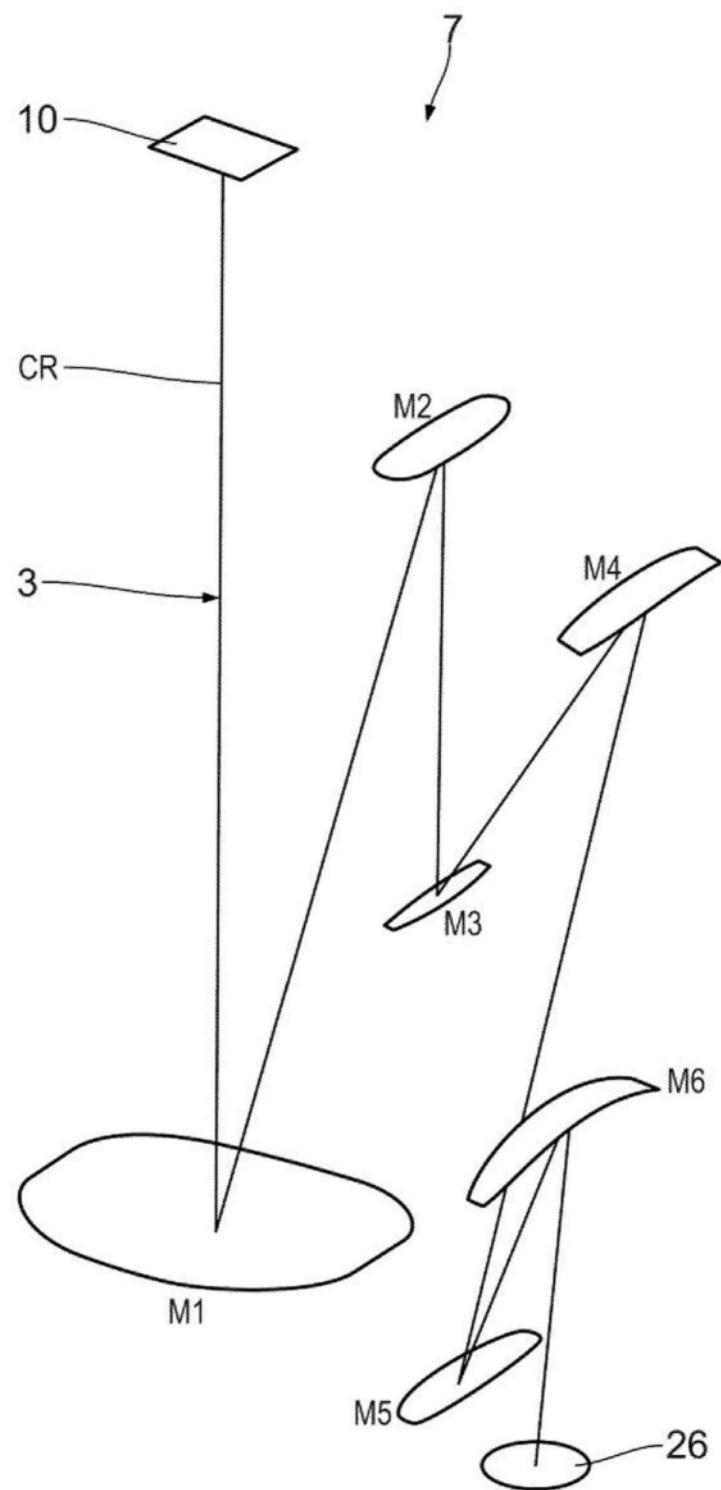


图8

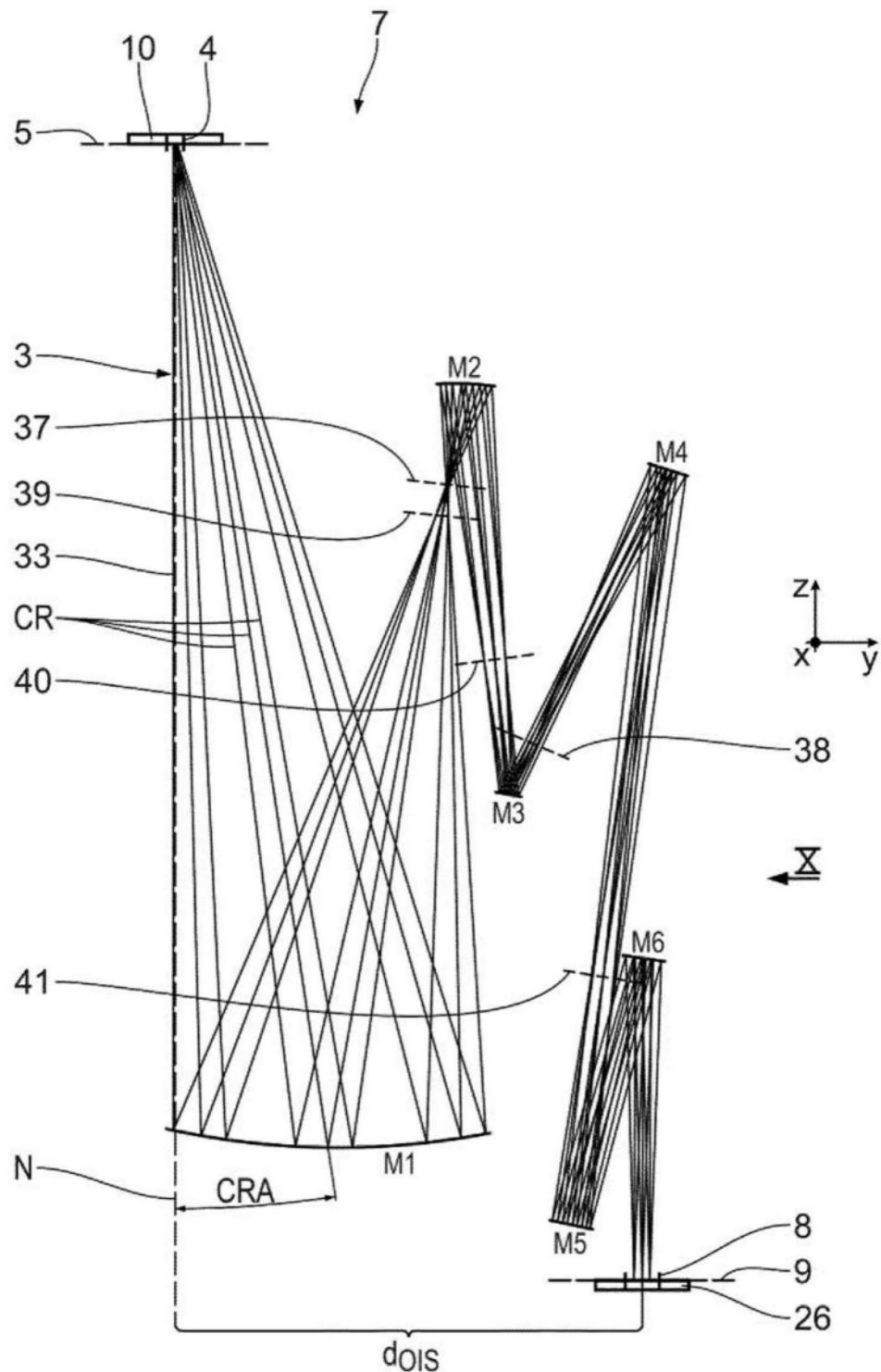


图9

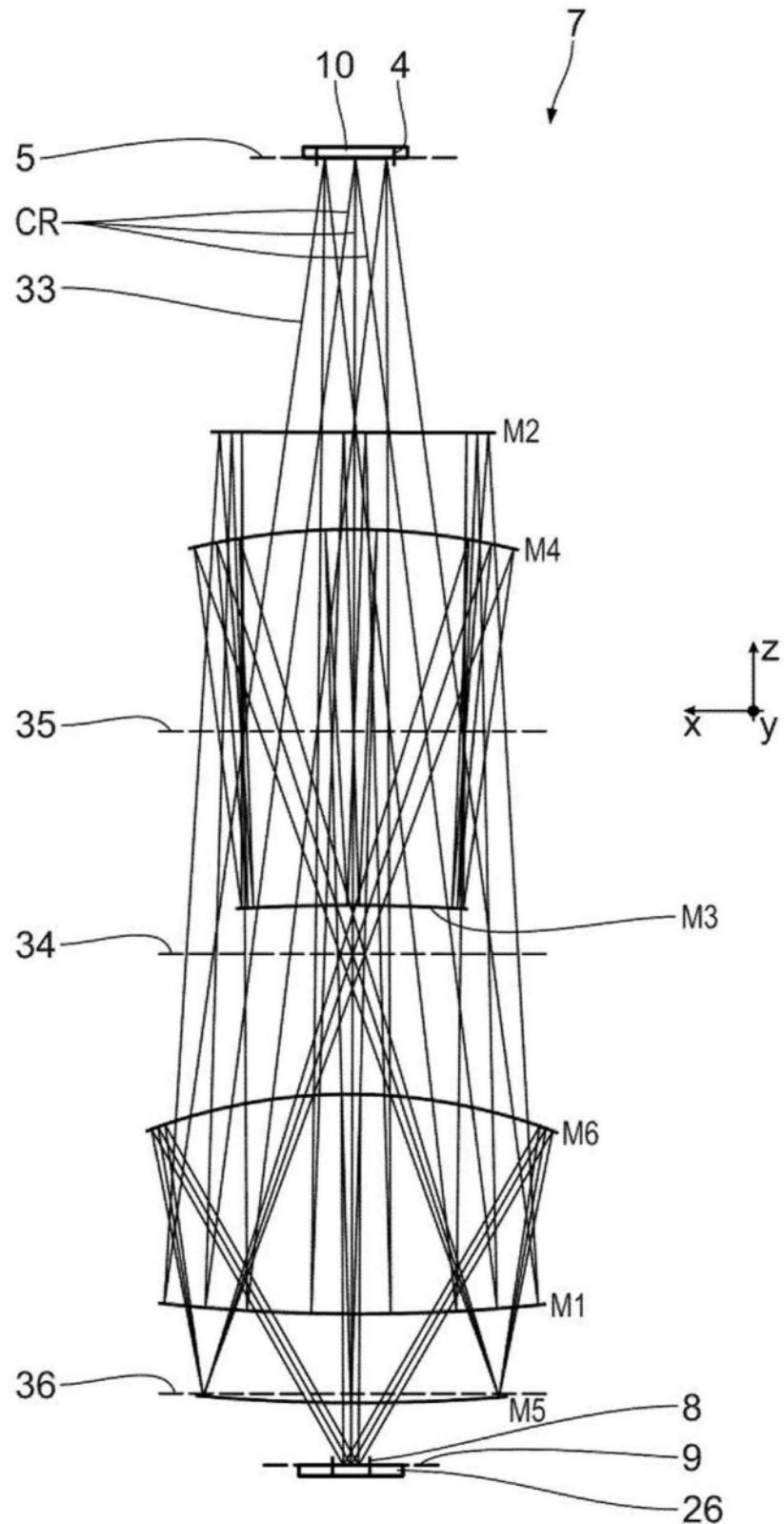


图10

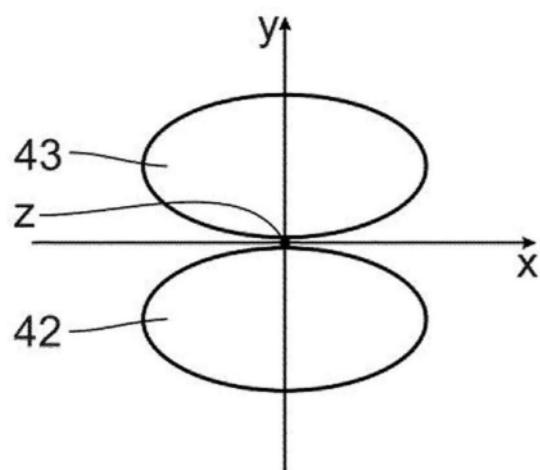


图11

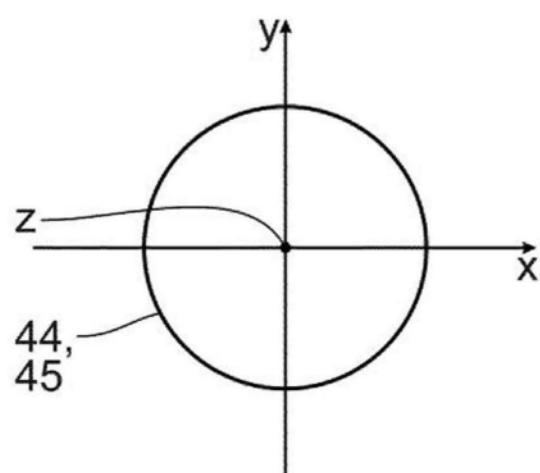


图12

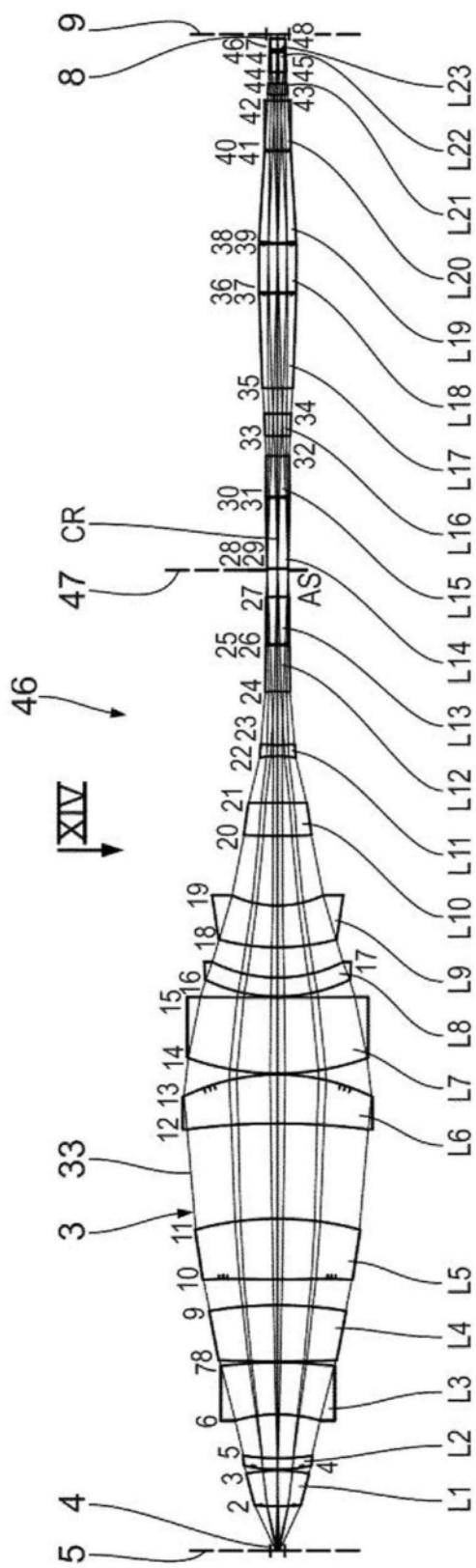


图13

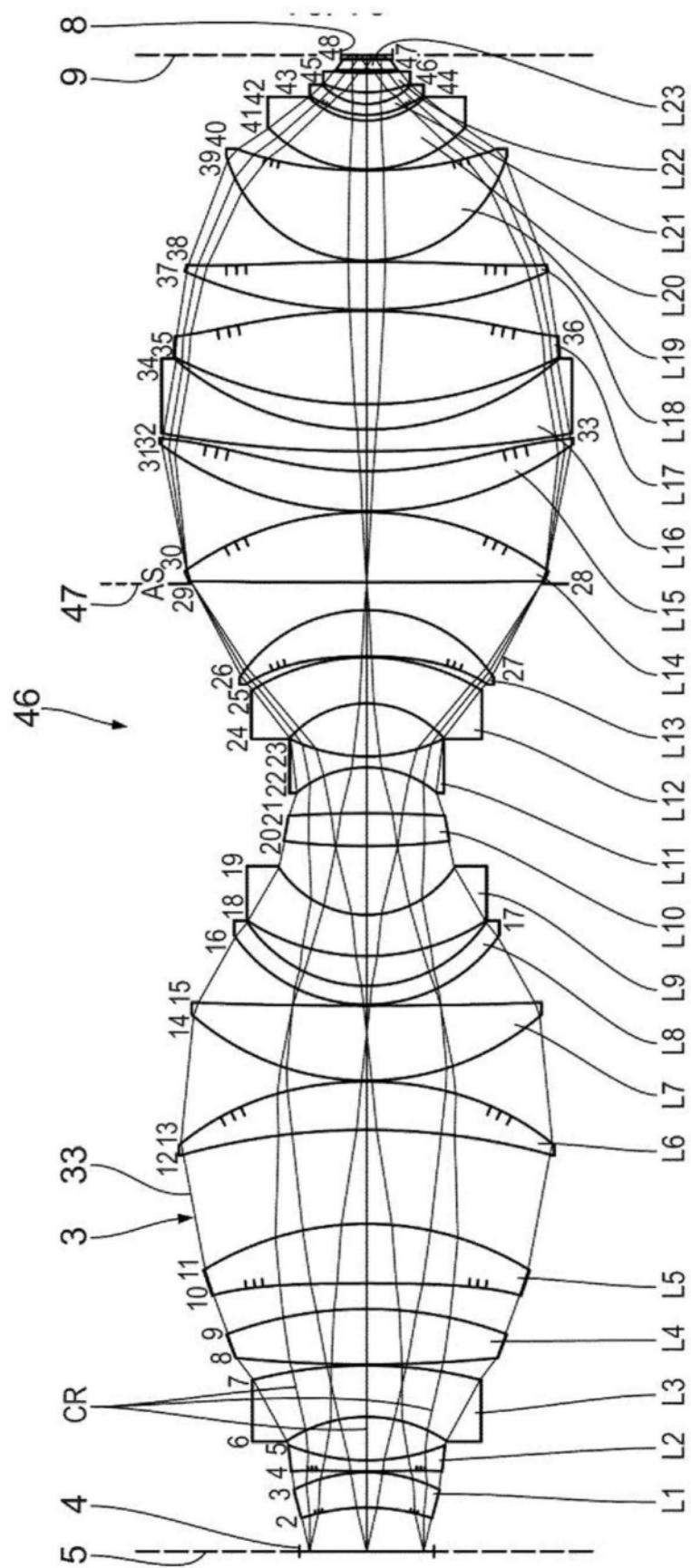


图14