



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108351499 B

(45) 授权公告日 2021.04.09

(21) 申请号 201680065480.7
 (22) 申请日 2016.11.04
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 108351499 A
 (43) 申请公布日 2018.07.31
 (30) 优先权数据
 102015221983.6 2015.11.09 DE
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2018.05.09
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/EP2016/076700 2016.11.04
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02017/080926 DE 2017.05.18
 (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 H-J. 罗斯塔尔斯基
 (74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
 11105
 代理人 邱军 王蕊瑞
 (51) Int. Cl.
 G02B 17/06 (2006.01)
 G03F 7/20 (2006.01)

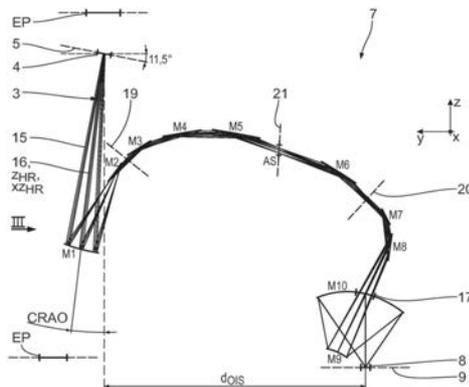
(56) 对比文件
 CN 1145819 C, 2004.04.14
 JP 2014123131 A, 2014.07.03
 CN 104914561 A, 2015.09.16
 CN 102870030 A, 2013.01.09
 CN 102449526 A, 2012.05.09
 JP 2015508231 A, 2015.03.16
 US 2012162750 A1, 2012.06.28
 JP 2015029107 A, 2015.02.12
 JP 2014123131 A, 2014.07.03
 JP 2010257998 A, 2010.11.11
 US 2014320838 A1, 2014.10.30
 CN 100439965 C, 2008.12.03
 EP 0779528 A2, 1997.06.18
 CN 102819197 A, 2012.12.12
 CN 105408796 A, 2016.03.16
 US 6172825 B1, 2001.01.09
 EP 2506061 A1, 2012.10.03
 DE 102008042917 A1, 2009.04.30
 DE 102015209827 A1, 2015.09.10
 CN 102981254 A, 2013.03.20
 CN 102981375 A, 2013.03.20
 审查员 王健

权利要求书2页 说明书43页 附图8页

(54) 发明名称
 将物场成像到像场中的成像光学单元以及包括这样的成像光学单元的投射曝光设备

(57) 摘要
 本发明涉及一种投射光刻的成像光学单元(7), 其具有多个反射镜(M1至M10), 以将成像光(3)沿着成像光束路径从物平面(5)中的物场(4)引导到像平面(9)中的像场(8)中。反射镜(M2至M8)中的至少两个实施为GI反射镜。恰好一个光阑(AS)设置为指定成像光学单元(7)的光瞳的外边缘轮廓的至少一个部分。光阑(AS)在成像光束路径中在空间上布置在倒数第二个反射镜(M9)前面。这产生关于其光瞳良好限定且对于投射光

刻优化的成像光学单元。



CN 108351499 B

1. 一种投射光刻的成像光学单元(7),
 - 包括多个反射镜(M1至M10),所述多个反射镜(M1至M10)将成像光(3)沿着成像光束路径从物平面(5)中的物场(4)引导到像平面(9)中的像场(8),
 - 其中多个反射镜(M2至M8)中的至少两个反射镜实施为GI反射镜,所述GI反射镜具有的所述成像光(3)的入射角大于 60° ,
 - 包括恰好一个光阑(AS),所述恰好一个光阑(AS)预限定所述成像光学单元(7)的光瞳的整个外边缘轮廓,
 - 其中所述光阑(AS)在所述成像光束路径中在空间上布置在倒数第二个反射镜(M9)前面,
 - 其中所述物场(4)由以下跨越:
 - 第一笛卡尔物场坐标(x),以及
 - 第二笛卡尔物场坐标(y),并且
 - 其中第三笛卡尔法向坐标(z)垂直于两个物场坐标(x,y),
 - 其中所述成像光学单元(7)实施为使得:
 - 所述成像光(3)在第一成像光平面(xz_{HR})中延伸,成像光主传播方向(z_{HR})位于所述第一成像光平面中,并且
 - 所述成像光(3)在第二成像光平面(yz)中延伸,所述成像光主传播方向(z_{HR})位于所述第二成像光平面中,且所述第二成像光平面垂直于所述第一成像光平面(xz_{HR}),
 - 其中在所述第一成像光平面(xz_{HR})中延伸的所述成像光(3)的第一平面中间像(18)的数目与在所述第二成像光平面(yz)中延伸的成像光(3)的第二平面中间像(19,20)的数目彼此不同。
2. 如权利要求1所述的成像光学单元,其特征在于,所述成像光束路径中的最后的反射镜(M10)具有用于所述成像光(3)的通道(17)的通道开口(17)。
3. 如权利要求1或2所述的成像光学单元,其特征在于,所述成像光束路径中的倒数第二个反射镜(M9)不具有用于所述成像光(3)的通道(17)的通道开口。
4. 如权利要求1或2所述的成像光学单元,其特征在于,所述光阑(AS)布置在所述成像光学单元(7)的两个GI反射镜(M5,M6)之间。
5. 如权利要求1或2所述的成像光学单元,其特征在于,所述成像光学单元(7)具有多于六个反射镜,其中所述光阑(AS)在所述成像光束路径中布置在第五(M5)反射镜和第六(M6)反射镜之间。
6. 如权利要求1或2所述的成像光学单元,其特征在于,所述光阑(AS)实施为具有光阑边缘轮廓的3D外形。
7. 如权利要求1或2所述的成像光学单元,其特征在于,所述第二平面中间像(20)中的至少一个第二平面中间像在所述成像光束路径中布置在第六反射镜(M6)与第七反射镜(M7)之间,其中,所述第六反射镜和所述第七反射镜为GI反射镜。
8. 如权利要求2所述的成像光学单元,其特征在于,所述第一平面中间像(18)中的至少一个第一平面中间像布置在所述成像光束路径中的所述通道开口(17)的区域中。
9. 如权利要求1或2所述的成像光学单元,其特征在于,在所述成像光(3)的束路径中,所述成像光学单元(7)的入瞳(EP)布置在所述物场(4)的上游。

10. 如权利要求1或2所述的成像光学单元,其特征在于,所述成像光学单元(7)的光瞳具有遮蔽,其中提供遮蔽光阑(OS),所述遮蔽光阑(OS)预限定所述光瞳的遮蔽的内边缘轮廓的至少一部分。

11. 一种光学系统,

-包括照明光学单元(6),所述照明光学单元(6)以所述成像光(3)照明所述物场(4),

-包括根据权利要求1至10中任一项所述的成像光学单元(7)。

12. 一种投射曝光设备,包括如权利要求11所述的光学系统,并且包括EUV光源(2)。

13. 一种制造结构化部件的方法,包括以下方法步骤:

-提供掩模母板(10)和晶片(11),

-借助于如权利要求12所述的投射曝光设备,将所述掩模母板(10)上的结构投射到所述晶片(11)的光敏层上,

-在所述晶片(11)上制造微结构。

14. 一种结构化部件,根据权利要求13所述的方法制造。

将物场成像到像场中的成像光学单元以及包括这样的成像光学单元的投射曝光设备

[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 2015 221 983.6的优先权,其内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种将物场成像到像场中的成像光学单元。此外,本发明涉及包括这样的成像光学单元的光学系统、包括这样的光学系统的投射曝光设备、通过这样的投射曝光设备制造微结构化或纳米结构化部件的方法,以及由所述方法制造的微结构化或纳米结构化部件。

背景技术

[0004] 开头所提出的类型的投射光学单元从DE 10 2015 209 827 A1、从DE 10 2012 212 753 A1、并且从US 4,964,706已知。

发明内容

[0005] 本发明的目标是开发一种引言中提到的类型的成像光学单元,使得成像光学单元关于其光瞳良好限定,并且对于投射光刻法结果而最优化。

[0006] 根据本发明,该目标根据第一方面、通过一种投射光刻的成像光学单元来实现。该成像光学单元包括多个反射镜,所述多个反射镜将成像光沿着成像光束路径从物平面中的物场引导到像平面中的像场,其中所述多个反射镜中的至少两个反射镜实施为GI反射镜,所述GI反射镜具有的所述成像光的入射角大于 60° ,该成像光学单元包括恰好一个光阑,所述恰好一个光阑预限定所述成像光学单元的光瞳的整个外边缘轮廓,其中所述光阑在所述成像光束路径中在空间上布置在倒数第二个反射镜前面,其中所述物场由以下跨越:第一笛卡尔物场坐标以及第二笛卡尔物场坐标,并且其中第三笛卡尔法向坐标垂直于两个物场坐标,其中所述成像光学单元实施为使得:所述成像光在第一成像光平面中延伸,成像光主传播方向位于所述第一成像光平面中,并且所述成像光在第二成像光平面中延伸,所述成像光主传播方向位于所述第二成像光平面中,且所述第二成像光平面垂直于所述第一成像光平面,其中在所述第一成像光平面中延伸的所述成像光的第一平面中间像的数目与在所述第二成像光平面中延伸的成像光的第二平面中间像的数目彼此不同。

[0007] 根据本发明,认识到在成像光束路径中在倒数第二个反射镜前面的安装空间非常适合于光阑的布置,因为成像光束于是,一般来说,可以设计为从外侧从全部侧面是可到达的。GI反射镜是成像光的入射角大于 60° 的反射镜。成像光的入射角小于 45° 的NI反射镜与其不同。GI反射镜上的入射角可以大于 65° 、可以大于 70° 、可以大于 75° ,并且可以大于 80° 。光阑预限定成像光学单元的光瞳的整个外边缘轮廓。光阑在区段中可以实施为平面样式。光阑可以配置有光阑边缘轮廓的3D外形。除了预限定光瞳的外边缘轮廓的所述光阑之外,

可以提供遮蔽光阑,以预限定光瞳的遮蔽的内边缘轮廓。特别地,认识到在存在不同数目的第一平面和第二平面中间像的情况下,也可以由恰好一个光阑预限定成像光学单元的光瞳。

[0008] 所述成像光束路径中的最后的反射镜具有用于所述成像光的通道的通道开口。上述反射镜导致光瞳的遮蔽,促成具有大的像侧数值孔径的投射光学单元,尤其是具有大于0.4、大于0.45或大于0.5的数值孔径。像侧数值孔径可以为0.55且可以甚至更大。

[0009] 所述成像光束路径中的倒数第二个反射镜不具有用于所述成像光的通道的通道开口。上述反射镜可以以可接受花费来制造。

[0010] 所述光阑布置在所述成像光学单元的两个GI反射镜之间。所述成像光学单元具有多于六个反射镜,其中所述光阑在所述成像光束路径中布置在第五反射镜和第六反射镜之间。上述光阑位置被发现是特别合适的。

[0011] 所述第二平面中间像中的至少一个第二平面中间像在所述成像光束路径中布置在第六反射镜与第七反射镜之间,其中,所述第六反射镜和所述第七反射镜为GI反射镜。上述中间像的布置使得可以将中间像设计为容易可到达的;这可以用来在该中间像的位置处操纵成像光束。

[0012] 所述第一平面中间像中的至少一个第一平面中间像布置在所述成像光束路径中的所述通道开口的区域中。上述中间像布置至少在一个维度上(即在成像光平面中的一个内)导致通道开口的区域中的成像光束的有利的构造,则通道开口可以具有小的设计。这减小了成像光学单元的遮蔽,其面积可以小于成像光学单元的整个光瞳的9%,尤其是小于6.25%,并且其例如可以为2.25%。

[0013] 在所述成像光的束路径中,所述成像光学单元的入瞳布置在所述物场的上游。上述入瞳便于在该处布置照明光学单元的光瞳限定部件,而其他照明光学部件不必布置在该部件与物之间。

[0014] 所述成像光学单元的光瞳具有遮蔽,其中提供遮蔽光阑,所述遮蔽光阑预限定所述光瞳的遮蔽的内边缘轮廓的至少一部分。上述遮蔽光阑,便于光瞳遮蔽的与照明角无关的处置,作为示例,其可以是由反射镜通道开口导致的。遮蔽光阑可以布置在预限定外光瞳边缘轮廓的光阑附近。遮蔽光阑可以布置在与预限定外光瞳边缘轮廓的光阑相同的平面中。遮蔽光阑可以直接施加到反射镜反射表面上。

[0015] 一种光学系统,包括照明光学单元,所述照明光学单元以所述成像光照明所述物场,包括上文所述的成像光学单元。上述光学系统的优点对应于上面已经参考根据本发明的成像光学单元所解释的优点。

[0016] 一种投射曝光设备,包括上文所述的光学系统,并且包括EUV光源。一种制造结构化部件的方法,包括以下方法步骤:提供掩模母板和晶片,借助于上文所述的投射曝光设备,将所述掩模母板上的结构投射到所述晶片的光敏层上,在所述晶片上制造微结构。一种结构化部件,根据上文所述的方法制造。上述投射曝光设备的优点、上述制造方法的优点,以及上述微结构化或纳米结构化部件的优点对应于上面已经参考投射光学单元和光学系统和投射曝光设备所解释的优点。

[0017] 特别地,可以使用投射曝光设备制造半导体部件,例如存储器芯片。

附图说明

- [0018] 下面参考附图更详细地解释了本发明的示例性实施例。在所述附图中：
- [0019] 图1示意性地示出了EUV微光刻的投射曝光设备；
- [0020] 图2在子午截面中示出了成像光学单元的实施例，其可以用作根据图1的投射曝光设备中的投射镜头，其中绘示了多个选择的场点的主光线和上彗形光线和下彗形光线的成像束路径；
- [0021] 图3示出了根据图2的投射光学单元根据图2中的观察方向III的视图；
- [0022] 图4示出了根据图2的成像光学单元的反射镜的光学使用的表面的边缘轮廓的平面图；
- [0023] 图5和图6在相类似于图2和图3的图示中示出了成像光学单元的其他实施例，其可用作根据图1的投射曝光设备中的投射镜头；
- [0024] 图7示出了根据图5的成像光学单元的孔径光阑的内光阑轮廓的平面图；
- [0025] 图8示出了根据图5的成像光学单元的遮蔽光阑的外光阑轮廓的平面图；并且
- [0026] 图9示出了根据图5的成像光学单元的反射镜的光学使用的表面的边缘轮廓的平面图。

具体实施方式

[0027] 微光刻投射曝光设备1具有照明光或成像光3的光源2。光源2是EUV光源，其产生例如在5nm与30nm之间，尤其是在5nm与15nm之间的波长范围内的光。特别地，光源2可以是具有13.5nm波长的光源或具有6.9nm波长的光源。其他EUV波长也是可能的。总体上，对于在投射曝光设备1中引导的照明光3，甚至任意波长是可能的，例如可见波长或在微光刻法中可以发现用途的其他波长（例如，DUV，深紫外），以及适当激光光源和/或LED光源对其可用的其他波长（例如365nm、248nm、193nm、157nm、129nm、109nm）。图1中非常示意性地绘示了照明光3的束路径。

[0028] 照明光学单元6起到将照明光3从光源2引导到物平面5中的物场4的作用。使用投射光学单元或成像光学单元7，物场4以预定缩小比成像到像平面9中的像场8中。投射光学单元7具有恰好一个物场4。投射光学单元7具有恰好一个像场8。

[0029] 为了便于投射曝光设备1和投射光学单元7的各种实施例的描述，附图中指示了笛卡尔xyz坐标系，附图中图示的部件的相应的位置关系由该坐标系而明显。在图1中，x方向垂直于附图的平面行进到其中。y方向朝左行进，且z方向朝上行进。

[0030] 物场4和像场8具有在物平面5和在像平面9中的弯曲的或曲形的实施例，尤其是部分环形的实施例。可替代地，还可以将物场4和像场8实施为具有矩形形状。物场4和像场8具有大于1的x/y纵横比。因此，物场4具有在x方向上更长的物场尺寸和在y方向上更短的物场尺寸。这些物场尺寸沿着场坐标x和y延伸。

[0031] 图2中绘示的示例性实施例可以用于投射光学单元7。投射光学单元7是变形的，即其在x方向上的缩小比（xz平面中的缩小比，即在也称为弧矢平面的第一成像光平面中）与在y方向上的缩小比（yz平面中的缩小比，即在也称为子午平面的第二成像光平面中）不同。投射光学单元7在x方向上具有4的缩小比。投射光学单元7在y方向上具有8的缩小比。用于在x方向上缩小和/或用于在y方向上缩小的其他缩小比也是可能的，例如4x、5x或甚至大于

8x的缩小比。在x方向上,投射光学单元7可以具有在4与5之间的范围内的缩小比,例如在4.6与4.9之间的范围内的缩小比,例如4.8的缩小比。在y方向上,投射光学单元7可以具有在6与9之间的范围内的缩小比,例如在7与8之间的范围内,并且特别地,在7.5附近。具有与首先在xz平面中且其次在yz平面中的缩小比相同的缩小比的投射光学单元7的实施例也是可能的。

[0032] 第一成像光平面 xz_{HR} 是在成像光3的束路径的相应位置处由第一笛卡尔物场坐标x和当前成像光主传播方向 z_{HR} 跨越的平面。成像光主传播方向 z_{HR} 是中央场点的主光线16的束方向。一般来说,该成像光主传播方向 z_{HR} 在反射镜M1至M10处在每个反射镜反射处改变。该改变可以描述为当前成像光主传播方向 z_{HR} 绕第一笛卡尔物场坐标x倾斜倾斜角,倾斜角等于中央场点的该主光线16在分别考虑的反射镜M1至M10处的偏转角。随后,出于简化目的,第一成像光平面 xz_{HR} 也称为第一成像光平面xz。

[0033] 第二成像光平面yz同样含有成像光主传播方向 z_{HR} 并且垂直于第一成像光平面 xz_{HR} 。

[0034] 由于投射光学单元7仅在子午平面yz中折叠,第二成像光平面yz与子午平面重合。

[0035] 在投射光学单元7中,9处的像平面关于物平面5绕x轴倾斜 11.5° 。像平面9还可以布置为平行于物平面5。由投射光学单元7成像的是也称为掩模母板的反射式掩模10的区段,其与物场4重合。掩模母板10由掩模母板夹持器10a携带。掩模母板夹持器10a由掩模母板位移驱动器10b位移。

[0036] 通过投射光学单元7在晶片形式的基板11的表面上实现成像,基板11由基板夹持器12携带。基板夹持器12由晶片或基板位移驱动器12a位移。

[0037] 图1示意性地图示了在掩模母板10与投射光学单元7之间进入到所述投射光学单元的照明光3的光线束13,以及在投射光学单元7与基板11之间来自于投射光学单元7的照明光3的光线束14。投射光学单元7的像场侧数值孔径(NA)在图1中未按比例重现。

[0038] 投射曝光设备1是扫描仪型。在投射曝光设备1的操作期间,掩模母板10和基板11两者都在y方向上被扫描。步进器型的投射曝光设备1也是可能的,其中在基板11的单独曝光之间实现掩模母板10和基板11在y方向上的逐步式位移。通过位移驱动器10b和12a的适当致动而彼此同步地实现这些位移。

[0039] 图2示出了投射光学单元7的光学设计。图2绘示了在各情况下从多个物场点发射的三个单独光线15的束路径,多个物场点在图2中在y方向上彼此间隔开。绘示的是主光线16(即在投射光学单元7的光瞳平面中通过光瞳的中央的单独光线15),以及在各情况下这两个物场点的上彗形光线和下彗形光线。从物场4开始,中央物场点的主光线16包含与物平面5上的法线的 5.1° 的角 CRA_0 。

[0040] 投射光学单元7具有0.55的像侧数值孔径。

[0041] 入瞳EP在成像光3的束路径中布置在物场4的上游。图2中在各情况下指示了,在使用透射成像光3的掩模母板10的情况下,入瞳EP在物平面5上方的可能位置,以及在使用反射式掩模母版10的情况下,入瞳EP在物平面5下方的可能位置。这导致主光线16在物场4与反射镜M1之间的发散的路线。

[0042] 根据图2的投射光学单元7具有总共十个反射镜,其被以单独光线15的束路径的顺序,从物场4开始由M1至M10连续地编号。投射光学单元7是完全反射式光学单元。成像光学

单元7还可以具有不同数目的反射镜,例如四个反射镜、六个反射镜或八个反射镜。奇数数目的反射镜在投射光学单元7中也是可能的。

[0043] 图2图示了反射镜M1至M10的计算的反射表面。根据图2的图示中可以识别的是,仅使用这些计算的反射表面中的一部分。仅反射表面的该实际使用的区域实际存在于真实反射镜M1至M10中。这些使用的反射表面由反射镜体(未示出)以已知方式携带。

[0044] 在根据图2的投射光学单元7的情况下,反射镜M1、M9以及M10实施为法线入射反射镜,也就是说作为成像光3以小于 45° 的入射角入射其上的反射镜。总体上,根据图2的投射光学单元7从而具有三个法线入射反射镜M1、M9以及M10。下面,这些反射镜也称为NI反射镜。

[0045] 反射镜M2至M8是用于照明光3的掠入射的反射镜,也就是说照明光3以大于 60° 的入射角照射到其上的反射镜。成像光3的单独光线15在用于掠入射的反射镜M2至M8上的典型的入射角位于 80° 附近。总体上,根据图2的投射光学单元7具有恰好七个用于掠入射的反射镜M2至M8。下面,这些反射镜也称为GI反射镜。

[0046] 反射镜M2至M8反射成像光3,使得单独光线15在相应的反射镜M2至M8上的反射角累加,并且因此反射镜M2至M8的偏转效应累加。

[0047] 反射镜M1至M10载有涂层,其优化用于成像光3的反射镜M1至M10的反射率。所述涂层可以是(尤其对于GI反射镜而言)钎涂层、钼涂层或具有钎的最顶层的钼涂层。还可以使用其他涂层材料。在掠入射反射镜M2至M8的情况下可以使用包括例如钼或钎层的涂层。(尤其是用于法线入射的反射镜M1、M9以及M10的)高度反射层可以配置为多重层,其中连续的层可以由不同材料制造。还可以使用交替的材料层。典型的多重层可以具有五十个双层,其分别由钼层和硅层制成。

[0048] 可以在WO 2012/126867 A中找到关于GI反射镜(掠入射反射镜)处的反射的信息。可以在DE 101 55 711 A中找到关于NI反射镜(法线入射反射镜)的反射率的其他信息。

[0049] 投射光学单元7的总反射率或系统透射率,表现为投射光学单元7的全部反射镜M1至M10的反射率的乘积,为近似 $R=7.8\%$ 。

[0050] 反射镜M10(也就是说在成像束路径中在像场8上游的最后反射镜)具有通道开口17,以用于从倒数第三个反射镜M8朝向倒数第二个反射镜M9反射的成像光3通道。在通道开口17周围以反射方式使用反射镜M10。其他反射镜M1至M9都不具有通道开口,并且在没有间隙的连续区域中以反射方式使用所述反射镜。

[0051] 在第一成像光平面xz中,投射光学单元7在穿过反射镜M10中的通道开口17的成像光3的通道区域中在成像束路径中具有恰好一个第一平面中间像18。该第一平面中间像18在成像光束路径中位于反射镜M8与M9之间。在z方向上,通道开口17与像场8之间的距离是通道开口17与第一平面中间像18之间的距离的四倍以上。

[0052] 在垂直于第一成像光平面xz的第二成像光平面yz中,即在图2中图示的子午平面中,成像光3穿过恰好两个第二平面中间像19和20。这两个第二平面中间像中的第一个19在成像光束路径中位于成像光3的反射镜M3处的反射的区域中。两个第二平面中间像中的另一个20在成像光束路径中位于反射镜M6与M7之间。

[0053] 第一平面中间像的数目(即投射光学单元7中的恰好一个第一平面中间像)与第二平面中间像的数目(即投射光学单元7中的恰好两个第二平面中间像)在投射光学单元7中

彼此不同。在投射光学单元7中,中间像的该数目恰好相差一。第二成像光平面yz(其中存在更多数目的中间像,即两个第二平面中间像19和20)与GI反射镜M2至M8的折叠平面yz重合。此折叠平面是中央场点的主光线16在相应的GI反射镜处反射时的入射平面。第二平面中间像一般来说不垂直于中央场点的限定成像光主传播方向 z_{HR} 的主光线16。中间像倾斜角(即与该垂直布置的偏差)作为原则是任意的,并且可以在 0° 与 $\pm 89^\circ$ 之间。

[0054] 投射光学单元7具有恰好一个光阑AS,以预限定投射光学单元7的光瞳平面21的区域中的光瞳的外边缘轮廓。该恰好一个光阑AS可以预限定该光瞳的外边缘轮廓的区段或预限定光瞳的整个外边缘轮廓。

[0055] 光阑AS空间上在成像光束路径中布置在倒数第二个反射镜前面,即成像光束路径中的反射镜M9的上游。特别地,光阑AS在成像光束路径中布置在倒数第三个反射镜M8的上游。在图示的实施例中,光阑AS在成像光束路径中布置在反射镜M5与M6之间。光阑AS实施为具有内边缘轮廓的三维(3D)外形。在投射光学单元7的图示的实施例中,投射光学单元7的光阑AS和遮蔽光阑两者在各情况下位于球形表面上。可替代地,光阑AS可以具有位于平面中的内边缘轮廓;即,其可以实施为具有带有完全平坦的实施例的光阑体,所述光阑体具有该内光阑边缘轮廓。在其他变型中,光阑AS可以实施为具有仅在区段中具有平坦的实施例的光阑体。

[0056] 一方面中间像18至20的位置和另一方面反射镜M1至M10的曲率彼此匹配,使得在第一成像光平面 xz_{HR} 中布置在物平面5与第一平面中间像18之间的光瞳以及在第二成像光平面yz中位于两个第二平面中间像19、20之间的光瞳分别安置于光瞳平面21的区域中的孔径光阑AS的位置处。因此,单个光阑AS足以预限定投射光学单元7的光瞳的外边缘轮廓。

[0057] 在光阑AS的位置处,成像光3的整个束从外部在其整个圆周之上是完全可达到的。

[0058] 光阑AS在扫描方向y上的范围可以小于在交叉扫描方向x上的范围。

[0059] 系统光瞳中的未照明的遮蔽区域(其由上面已经提到的遮蔽光阑预限定)可以是圆形的、椭圆形的、正方形的或长方形的。此外,系统光瞳中的无法被照明的该表面可以在x方向上和/或在y方向上关于系统光瞳的中央偏心。作为具有3D外形的外边缘轮廓的遮蔽光阑的替代,还可以采用具有不同边缘轮廓外形或具有不同光阑体设计的遮蔽光阑,如上面结合孔径光阑AS所描述的。

[0060] 反射镜M1至M10实施为自由形式表面,其无法用旋转对称函数描述。投射光学单元7的其他实施例(其中反射镜M1至M10中的至少一个实施为旋转对称的非球面)也是可能的。全部反射镜M1至M10也可以实施为这样的非球面。

[0061] 自由形式表面可以由以下自由形式表面等式(等式1)描述:

$$\begin{aligned}
 Z = & \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x)(c_x x)^2 - (1 + k_y)(c_y y)^2}} \\
 & + C_1 x + C_2 y \\
 & + C_3 x^2 + C_4 xy + C_5 y^2 \\
 [0062] \quad & + C_6 x^3 + \dots + C_9 y^3 \\
 & + C_{10} x^4 + \dots + C_{12} x^2 y^2 + \dots + C_{14} y^4 \\
 & + C_{15} x^5 + \dots + C_{20} y^5 \\
 & + C_{21} x^6 + \dots + C_{24} x^3 y^3 + \dots + C_{27} y^6 \\
 & + \dots \qquad \qquad \qquad (1)
 \end{aligned}$$

[0063] 以下适用于该等式(1)的参数:

[0064] Z是自由形式表面在点x,y处的矢高,其中 $x^2+y^2=r^2$ 。此处,r是与自由形式等式的参考轴($x=0;y=0$)的距离。

[0065] 在自由形式表面等式(1)中, C_1, C_2, C_3, \dots 指按x和y的幂的自由形式表面级数展开的系数。

[0066] 在锥形基础区域的情况下, c_x, c_y 是对应于对应的非球面的顶点曲率的常数。从而,适用 $c_x=1/R_x$ 且 $c_y=1/R_y$ 。此处, k_x 和 k_y 各自对应于对应的非球面的圆锥常数。从而,等式(1)描述双锥形自由形式表面。

[0067] 可以由旋转对称的参考表面产生替代可能的自由形式表面。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样的自由形式表面从US 2007 0 058 269 A1已知。

[0068] 替代地,自由形式表面还可以借助于二维样条表面描述。对此的示例是Bezier曲线或非均匀有理B样条(NURBS)。作为示例,二维样条表面可以由xy平面中的点的网格和相关联的z值来描述,或由这些点和与之相关联的梯度来描述。取决于样条表面的相应的类型,使用例如多项式或关于连续性和其可微分性具有特定性质的函数,通过网格点之间来插值而获得完整表面。对此的示例是解析函数。

[0069] 图4示出了在各情况下在投射光学单元7的反射镜M1至M10上由成像光3照射在其上的反射表面的边缘轮廓,即反射镜M1至M10的所谓的覆盖区。在各情况下在x/y图中绘示这些边缘轮廓,该x/y图对应于相应的反射镜M1至M10的局部x和y坐标。此外,在关于反射镜M10的图示中绘示了通道开口17的形状。

[0070] 以下两个表总结了反射镜M1至M10的参数:“最大入射角”、“反射表面在x方向上的范围”、“反射表面在y方向上的范围”以及“最大反射镜直径”。

	M1	M2	M3	M4	M5
[0071] 最大入射角 [°]	11.5	86.4	80.4	82.7	81.1
[0071] 反射表面在 x 方向上的范围[mm]	686.8	569.3	536.3	496.9	438.2
[0071] 反射表面在 y 方向上的范围[mm]	288.8	194.9	211.5	326.0	384.4
[0071] 最大反射镜直径[mm]	687.0	569.3	538.0	505.1	446.2
	M6	M7	M8	M9	M10
[0072] 最大入射角 [°]	80.2	75.4	76.7	21.2	13.8
[0072] 反射表面在 x 方向上的范围[mm]	435.3	449.7	370.3	379.0	796.9
[0072] 反射表面在 y 方向上的范围[mm]	324.5	153.2	217.1	190.0	785.4
[0072] 最大反射镜直径[mm]	457.1	449.8	370.3	379.1	801.0

[0073] 预限定像侧数值孔径的反射镜M10具有最大的最大反射镜直径,具有801mm的直径。其他反射镜M1至M9都不具有大于700mm的最大直径。十个反射镜中的八个(即反射镜M2至M9)具有小于570mm的最大反射镜直径。十个反射镜中的五个(即反射镜M5至M9)具有小于460mm的最大反射镜直径。

[0074] 投射光学单元7的反射镜M1至M10的反射表面的光学设计数据可以从以下表中收集。这些光学设计数据在各情况下从像平面9开始,即在像平面9与物平面5之间在成像光3的反转传播方向上描述相应的投射光学单元。

[0075] 这些表中的第一个提供了投射光学单元7的设计数据的概览,并总结了数值孔径NA、成像光的计算的设计波长、像场在x方向和y方向上的尺寸、像场曲率、波前像差rms以及光阑位置。该曲率限定为场的曲率半径的倒数。

[0076] 像场8具有两倍13mm的x范围和1.2mm的y范围。投射光学单元7针对13.5nm的照明光3的操作波长而最优化。波前像差rms是 $12.8m\lambda$ 。

[0077] 这些表中的第二个指示顶点半径(半径_x=R_x,半径_y=R_y)和光学部件的光学表面的屈光能力值(屈光力_x,屈光力_y)。负半径值表示在相应的表面与所考虑的平面(xz,yz)的交叉处朝向入射照明光3为凹形的曲线,所考虑的平面(xz,yz)由顶点处的表面法线与弯曲部分(x,y)的相应的方向所跨越。两个半径半径_x,半径_y可以明确地具有不同的符号。

[0078] 每个光学表面处的顶点限定为引导光线的入射点,引导光线沿着对称的平面x=0(即图2的图示的平面(子午平面))从物场中央行进到像场8。

[0079] 顶点处的屈光能力屈光力_x(P_x)、屈光力_y(P_y)限定为:

$$[0080] \quad P_x = - \frac{2 \cos AOI}{R_x}$$

$$[0081] \quad P_y = - \frac{2}{R_y \cos AOI}$$

[0082] 此处, AOI表示引导光线关于表面法线的入射角。

[0083] 第三表为反射镜M1至M10以mm为单位指示圆锥常数 k_x 和 k_y 、顶点半径 R_x (=半径 $_x$)以及自由形式表面系数 C_n 。未制表的系数 C_n 在各情况下具有值0。

[0084] 第四表也指示相应的反射镜从参考表面开始在y方向上偏心(DCY)、以及在z方向上位移(DCZ)和倾斜(TLA, TLB, TLC)的大小。在自由表面设计方法的情况下, 这对应于平行移动和倾斜。此处, 位移在y方向上且在z方向上以mm为单位进行, 并且倾斜绕x轴、绕y轴且绕z轴进行。在此情况下, 旋转角以度数指定。首先进行偏心, 之后是倾斜。参考表面在偏心期间在各情况下是指定的光学设计数据的第一表面。还为物场4指定在物平面5中y方向上的和z方向上的偏心。除了分配给单独反射镜的表面之外, 第四表还将作为第一表面的像平面、作为最后的表面的物平面和光阑AS的光阑表面(带有光阑标记"AS")制表。

[0085] 第五表指定了反射镜M10至M1的传输数据, 即其对于中央地入射在相应的反射镜上的照明光线的入射角的反射率。总传输指定为从入射强度在投射光学单元中的全部反射镜处反射之后剩余的比例因子。

[0086] 第六表以局部坐标xyz指定了作为多边形线的光阑AS的内边界。如上所述, 光阑是偏心且倾斜的。所指示的相应的折线的光阑类型也在表6的最后一列中提到。"CLA"此处表示向内(也就是说朝向光阑中央)透明且向外阻挡的光阑边界(类型的孔径光阑)。孔径光阑边界起到限定投射光学单元7的光瞳的外界限的作用。附加的遮蔽光阑起到限定位于光瞳的内部的遮蔽区域的作用。

[0087] 遮蔽光阑可以布置在与孔径光阑AS相同的表面(例如球形或非球形或平坦表面)上。可替代地, 遮蔽光阑还可以位于与孔径光阑AS的布置表面分开的布置表面上。

[0088] 第七表以类似于第六表的方式以局部坐标xyz指定了作为折线的遮蔽光阑的外边界。如上所述, 遮蔽光阑也是偏心且倾斜的。在通过设计表所描述的情况下, 遮蔽光阑布置在与孔径光阑相同的表面上。

[0089] 光阑AS的光阑表面的边界(还参见, 图2的表6和表7)从照明光3的在像侧上在选择场点处在具有完整像侧远心孔径的光阑表面的方向上传播的全部光线的光阑表面上的交叉点显现。为了预定光阑AS的光阑表面的边界, 采用照明光3的在像侧上从场中点在具有完整像侧远心孔径的光阑表面的方向上传播的全部光线的光阑表面上的交叉点。为预定遮蔽光阑的边界, 采用照明光的全部光线在光阑表面处的交叉点3, 该全部光线在像侧上, 从场中点在具有像侧远心孔径的光阑表面的方向上传播, 导致对于全部场点完全遮蔽反射镜M10的通道开口17。

[0090] 原则上, 也可以存在限定光阑时所采用的像侧场点的不同选择。"场中点"和"总体场"选择在此情况下是可能的极端情况。

[0091] 当光阑实施为孔径光阑上, 边界是内边界。在作为遮蔽光阑的实施例的情况下, 边界是外边界。

[0092] 相应的光阑可以位于平面中或否则具有三维的实施例。光阑在扫描方向(y)上的

范围可以小于在交叉扫描方向(x)上的范围。

	示例性实施例	图 2
	NA	0.55
	波长	13.5 nm
	beta_x	4.0
[0093]	beta_y	-8.0
	场尺寸_x	26.0 mm
	场尺寸_y	1.2 mm
	场曲率	-0.012345 1/mm
	rms	12.8 ml
	光阑	AS

[0094] 图2的表1

	表面	半径_x [mm]	屈光力_x [1/mm]	半径_y [mm]	屈光力_y [1/mm]	操作模式
[0095]	M10	-822.0391694	0.0023757	-745.0944866	0.0027489	REFL
	M9	5428.3780482	-0.0003684	428.1801828	-0.0046709	REFL
	M8	-682.4490198	0.0008476	10617.6367533	-0.0006513	REFL
	表面	半径_x [mm]	屈光力_x [1/mm]	半径_y [mm]	屈光力_y [1/mm]	操作模式
	M7	-824.9942389	0.0007573	-72426.2221876	0.0000884	REFL
	M6	-4087.4276655	0.0001001	-4166.4289960	0.0023462	REFL
[0096]	M5	6430.4369302	-0.0000584	-5962.0536517	0.0017867	REFL
	M4	1927998.9309870	-0.0000002	-15936.1600783	0.0007553	REFL
	M3	61326.6945678	-0.0000071	-3872.4920654	0.0023873	REFL
	M2	9298.4261196	-0.0000403	1252.5250662	-0.0085278	REFL
	M1	-2958.7393791	0.0006682	-1235.3843127	0.0016378	REFL

[0097] 图2的表2

	系数	M10	M9	M8
	KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	RX	-822.03916940	5428.37804800	-682.44901980
	C7	7.59561009e-09	-1.19177033e-06	5.54997227e-07
	C9	-6.17967923e-09	-1.42046134e-06	1.98239928e-07
	C10	-1.167041e-11	6.47623499e-10	7.77846837e-11
	C12	-7.35665349e-11	4.28782292e-09	-6.83063172e-10
[0098]	C14	-3.23120308e-11	3.9252927e-09	9.24231955e-10
	C16	-8.03639272e-15	-2.16430637e-12	3.54075231e-13
	C18	-2.06825179e-14	-8.06283678e-12	4.76535109e-13
	C20	-1.62936876e-14	-5.59600456e-12	4.76262966e-12
	C21	-3.13127772e-17	1.26888436e-15	-1.94102344e-16
	C23	-1.85374575e-16	1.38192332e-14	-7.92445209e-16
	C25	-2.07270045e-16	2.85005583e-14	-1.31972871e-16
	C27	-6.93618689e-17	4.38316209e-14	2.77921488e-14
	C29	-2.46301384e-20	-9.09940987e-18	3.75702546e-18
	C31	-6.41372794e-20	-4.5605694e-17	-1.30280294e-18
	C33	-7.52551053e-20	-1.58013183e-16	1.49190752e-17

系数	M10	M9	M8
C35	-2.75825038e-20	-7.20345575e-17	1.6943071e-16
C36	-5.37238002e-23	4.05367876e-22	7.70463206e-22
C38	-3.95381455e-22	6.83731083e-20	-1.96698939e-20
C40	-6.96244222e-22	3.38190484e-19	6.40290038e-21
C42	-5.21487827e-22	7.29074558e-19	1.11504556e-19
C44	-1.34959021e-22	3.50809955e-19	9.60273288e-19
C46	-5.91785289e-26	-4.58241546e-23	1.26095833e-23
C48	-1.49617548e-25	-2.61245246e-22	1.60323716e-22
C50	-2.56839452e-25	-1.30349394e-21	2.18286385e-22
C52	-1.81238889e-25	-6.17578113e-22	-4.22912447e-22
C54	-7.35409036e-26	-7.03044681e-21	4.72760558e-21
C55	-1.5007842e-28	1.20610026e-25	2.45668115e-28
C57	-6.52632447e-28	2.48535225e-25	7.93364406e-26
C59	-1.53511583e-27	7.13043882e-25	5.25292027e-25
[0099] C61	-1.68489496e-27	-8.22311668e-24	-1.33723344e-24
C63	-8.76982094e-28	-2.39063206e-25	-9.40665782e-24
C65	-1.70785567e-28	5.68827539e-24	5.26704248e-23
C67	6.98211817e-32	6.03172492e-29	-4.17178867e-28
C69	-4.7125227e-31	-5.01560548e-27	-3.16044938e-27
C71	-1.07904671e-30	-3.6564895e-26	-1.23790518e-26
C73	-1.15295936e-30	-1.43791476e-25	-3.12653239e-27
C75	-5.40809988e-31	-5.38749394e-26	2.63972545e-25
C77	5.74595716e-32	1.17541858e-24	8.9201918e-25
C78	-1.72065347e-34	-1.80558412e-30	-1.73387342e-31
C80	-2.61593158e-33	6.14017128e-30	-1.41360533e-31
C82	-7.59270432e-33	1.14077832e-28	-2.47093107e-29
C84	-1.27658562e-32	9.64247712e-28	2.81462628e-30
C86	-1.16778869e-32	2.81211322e-27	1.02972785e-27
C88	-5.66756592e-33	-2.37387626e-28	5.86153499e-27
C90	-1.16036421e-33	4.01969657e-28	8.31485561e-27

	系数	M10	M9	M8
	C92	-5.06043217e-37	-6.13309682e-33	5.54160746e-33
	C94	4.38076529e-37	3.69118814e-32	4.91610866e-32
	C96	5.0293366e-37	6.69529176e-31	3.26156085e-31
	C98	1.09675852e-36	4.79090217e-30	2.48876295e-30
	C100	1.04217188e-36	1.70057971e-29	1.17292031e-29
	C102	-3.05640297e-37	-9.11259717e-30	4.02030804e-29
	C104	-8.01140127e-37	-9.50716715e-29	3.72614845e-29
	C105	2.43051957e-40	1.81108887e-35	1.48296038e-36
	C107	3.46214151e-39	-7.04483078e-35	-4.17109372e-35
	C109	1.133791e-38	-1.72065752e-33	3.31038732e-34
	C111	2.93088638e-38	-2.48878155e-32	3.23600692e-33
	C113	3.88912762e-38	-1.30148605e-31	1.31843764e-32
	C115	3.1050795e-38	-2.35354704e-31	3.60231946e-32
	C117	1.43129644e-38	7.77010646e-32	9.47529027e-32
[0100]	C119	2.75428522e-39	7.22333019e-32	6.4548391e-32
	C121	1.37666925e-43	3.45037391e-38	0
	C123	-4.99513875e-42	-6.15580923e-37	0
	C125	-1.60772039e-41	-9.29396055e-36	0
	C127	-2.91572729e-41	-7.44976477e-35	0
	C129	-3.32978221e-41	-3.54700943e-34	0
	C131	-2.17433993e-41	-8.73189441e-34	0
	C133	-5.89068623e-42	4.26657992e-34	0
	C135	3.91052027e-43	3.02191312e-33	0
	C136	-1.86049826e-45	-7.73091643e-41	0
	C138	-2.07787002e-44	8.6514443e-40	0
	C140	-8.42360789e-44	1.48526056e-38	0
	C142	-2.15483226e-43	2.6152836e-37	0
	C144	-3.3067953e-43	1.90462418e-36	0
	C146	-3.13907312e-43	6.6877486e-36	0
	C148	-1.89667844e-43	9.16712464e-36	0

	系数	M10	M9	M8
[0101]	C150	-6.71152562e-44	-2.56154469e-36	0
	C152	-1.01446084e-44	-4.24198041e-36	0
[0102]	图2的表3a			
	系数	M7	M6	M5
	KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	RX	-824.99423890	-4087.42766600	6430.43693000
	C7	-3.1340404e-07	1.35287185e-07	-2.62002062e-08
	C9	5.79256608e-07	-1.39363488e-08	9.90693269e-08
	C10	1.40347959e-10	1.70420567e-12	4.15575016e-10
	C12	-1.47065796e-09	-1.79581243e-11	9.79308809e-11
	C14	1.3453307e-09	-8.23743298e-11	1.99536062e-13
	C16	8.67891282e-13	1.38567624e-13	-2.21691313e-13
	C18	-8.32975575e-12	1.76087962e-13	2.06413215e-13
[0103]	C20	1.13878406e-11	3.44898684e-14	2.69841551e-13
	C21	2.34274578e-18	7.01120328e-17	5.85148086e-16
	C23	1.28381118e-14	-5.02897048e-17	5.37230528e-16
	C25	-4.47305169e-14	-3.93398589e-16	3.98906992e-16
	C27	1.69149633e-15	-9.860191e-17	6.42052433e-16
	C29	-7.08200417e-18	3.02460634e-19	-7.28197823e-19
	C31	6.99791979e-17	1.06124123e-18	8.41172933e-19
	C33	-9.18154271e-17	4.36407254e-19	1.55913103e-18
	C35	2.38841451e-16	2.09962046e-19	1.33260902e-18
	C36	2.07181756e-21	-4.39142639e-21	-1.6017644e-21
	C38	-4.75222454e-20	-8.27891722e-22	3.10914655e-21
	C40	3.01628341e-19	-2.92032152e-21	2.10790363e-21
	C42	-8.44315543e-19	-2.50009361e-21	5.86576134e-21
	C44	5.45071272e-19	-1.65718978e-21	3.0232953e-21

系数	M7	M6	M5
C46	9.84751469e-24	-6.28524288e-24	6.30486276e-24
C48	-3.31300798e-22	5.88641092e-24	-5.80921568e-25
C50	1.60018067e-21	8.88580637e-24	-3.73224821e-24
C52	-1.49156749e-20	1.0312708e-23	2.13966448e-23
C54	-6.02161594e-21	-4.24623113e-25	2.32274629e-23
C55	-2.20639347e-26	1.04413245e-25	6.94071335e-26
C57	1.89155613e-25	2.32469014e-27	-4.62405e-27
C59	-3.42825341e-24	-1.81332709e-26	-1.49726766e-27
C61	4.88548936e-23	-2.93409303e-26	5.75560211e-26
C63	2.20317132e-24	-4.64804559e-27	1.8916126e-25
C65	1.98540374e-22	8.76350391e-26	2.32815141e-25
C67	8.07299964e-29	1.35769109e-28	-2.20093457e-28
C69	1.99668103e-27	8.15161626e-29	9.94130808e-29
C71	-8.70533717e-26	1.51629822e-28	3.44776655e-28
[0104] C73	2.1240469e-25	-1.71630005e-28	4.44179448e-28
C75	5.93838164e-25	-3.30050148e-28	-1.23472447e-28
C77	8.26112935e-25	1.18311748e-28	-1.61332177e-28
C78	3.16769159e-31	-1.14694865e-30	-6.16362578e-31
C80	-4.40542213e-31	-2.37986663e-31	2.12868021e-31
C82	1.51291736e-28	-1.74643498e-31	6.14815897e-31
C84	-4.56348886e-28	1.33256532e-31	7.5688032e-31
C86	-1.47625002e-27	9.7899966e-31	-6.18045007e-31
C88	-2.09750998e-26	2.11514184e-32	-4.43988247e-30
C90	-3.13102466e-26	-2.37554977e-30	-4.75711732e-30
C92	-4.12844674e-33	-1.03001112e-33	1.45522221e-33
C94	-1.16018183e-31	-2.41855973e-34	-1.09144759e-33
C96	1.14422228e-31	-2.06083988e-33	-3.29107344e-33
C98	4.92624469e-32	-1.82557551e-33	-3.73868154e-33
C100	2.5557089e-29	5.09427205e-33	-1.7462798e-33
C102	1.4088188e-28	4.74548242e-33	1.61691781e-32

	系数	M7	M6	M5
	C104	2.60040854e-28	-1.92999857e-33	1.08678166e-32
	C105	-9.81057755e-37	4.25801007e-36	2.85309864e-36
	C107	7.97530998e-35	1.87178727e-36	-1.98939532e-36
[0105]	C109	-3.89519861e-34	1.15967982e-36	-7.17267354e-36
	C111	3.86044968e-33	8.24232024e-36	-1.0299072e-35
	C113	-1.91026134e-32	-3.78900617e-36	-2.12821395e-36
	C115	-4.31893614e-32	-2.33761849e-35	2.80213497e-35
	C117	-3.78137324e-31	-2.56053801e-36	1.06932752e-34
	C119	-7.49161891e-31	2.43676088e-35	9.30564684e-35
[0106]	图2的表3b			
	系数	M4	M3	M2
	KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	RX	1927998.93100000	61326.69457000	9298.42612000
	C7	-6.81580208e-09	4.77227006e-08	1.80052827e-08
	C9	-2.25247271e-08	-2.50332776e-07	-1.5897532e-06
	C10	-1.79825558e-12	9.14107547e-11	8.09785691e-11
	C12	-9.17958602e-14	5.62224913e-11	2.30460463e-10
[0107]	C14	-1.2807517e-10	-2.56233324e-10	5.89246016e-09
	C16	-1.35864855e-13	9.66129034e-15	3.91670202e-13
	C18	5.78649145e-14	2.09706737e-13	5.34285417e-13
	C20	-2.37870869e-13	-2.27559538e-12	-1.82965502e-11
	C21	-5.03388139e-16	6.42611824e-18	1.90700914e-16
	C23	-9.55277193e-18	2.73042231e-17	-2.54646577e-15
	C25	3.34585921e-17	3.26568385e-16	-5.32389404e-15
	C27	-1.2974972e-15	3.57453712e-16	3.49809571e-14
	C29	2.77482397e-19	2.99079615e-19	2.23894036e-19
	C31	-8.56146007e-19	-1.97192241e-18	7.50780376e-18

系数	M4	M3	M2
C33	3.01055654e-19	3.4495392e-18	3.15087397e-17
C35	-3.69149641e-18	-3.77345722e-17	2.49491199e-17
C36	2.65124644e-21	5.30483872e-22	-9.79523506e-22
C38	-5.46646926e-22	5.48873916e-22	2.27635583e-21
C40	2.2168182e-21	3.840318e-21	2.56933038e-20
C42	3.76939335e-21	9.07536816e-21	-4.83398272e-20
C44	-1.86457946e-20	9.63668394e-20	-5.45493641e-19
C46	5.24731609e-24	2.5631708e-25	-3.20750645e-24
C48	4.86264022e-24	1.51330483e-24	-4.38348996e-23
C50	-1.82040473e-26	-3.97798774e-23	-6.42761819e-22
C52	1.13009972e-23	-1.73488434e-23	-7.42447451e-22
C54	-6.22344466e-23	-6.35455496e-22	2.12120942e-21
C55	-5.6662751e-26	-9.53950513e-27	1.92131492e-26
C57	-6.52204912e-27	-8.08699015e-28	9.13682672e-27
[0108] C59	-2.68165153e-26	-2.96986005e-26	2.68813966e-25
C61	-5.34696982e-26	-1.24373567e-25	5.60581756e-24
C63	-9.24872883e-26	-3.0952415e-25	4.68928507e-24
C65	-3.01545302e-25	-9.31651538e-26	4.9930005e-23
C67	-7.16203673e-29	1.82453847e-29	2.71289579e-29
C69	-6.67462975e-29	-6.69383027e-30	2.7415079e-28
C71	-3.91374995e-29	-1.03144138e-28	6.79064423e-29
C73	-7.40659943e-29	8.70571645e-28	-3.9179368e-26
C75	-6.94142135e-28	3.60168545e-27	-5.78212519e-26
C77	-1.91855995e-27	-4.10222726e-26	-1.64936448e-24
C78	5.04286053e-31	6.03170016e-32	-1.3868818e-31
C80	2.39232162e-31	-4.12626061e-32	-1.55612342e-31
C82	4.80826798e-31	5.04668712e-31	-2.30893545e-30
C84	3.6212218e-31	4.35794799e-30	-2.76456591e-30
C86	3.97153357e-30	4.9603724e-30	1.48879199e-28
C88	1.4192188e-30	1.98634517e-29	1.20402881e-27

	系数	M4	M3	M2
	C90	-1.11362398e-29	3.78574516e-28	1.98557688e-26
	C92	4.4205472e-34	-1.09205305e-34	-1.37766474e-34
	C94	3.22514903e-34	-6.84731866e-35	-1.40137894e-33
	C96	1.1716091e-34	6.76421975e-34	1.6988262e-33
	C98	-1.07007682e-33	-5.34712961e-33	1.08683924e-31
	C100	6.26665774e-33	-9.27174473e-32	7.96489557e-31
	C102	2.22416397e-32	-1.204422e-32	-1.00300479e-29
[0109]	C104	-3.20471058e-32	-8.3878196e-31	-1.09064529e-28
	C105	-1.90445089e-36	-1.02129599e-37	3.96432147e-37
	C107	-1.56025862e-36	2.36644674e-37	1.20962825e-36
	C109	-3.46402682e-36	-1.56907564e-36	1.12989419e-35
	C111	6.03624666e-36	-2.4846533e-35	-3.4314462e-35
	C113	-3.9474095e-35	-3.1675326e-35	-1.02169171e-33
	C115	-6.76215332e-36	2.56229693e-34	-6.38341573e-33
	C117	5.59159869e-35	-4.89077515e-34	2.89783305e-32
	C119	-3.73650661e-35	-2.13674351e-33	2.28957713e-31
[0110]	图3的表3c			
	系数		M1	
	KY		0.00000000	
	KX		0.00000000	
	RX		-2958.73937900	
[0111]	C7		-9.49003659e-09	
	C9		3.07193009e-08	
	C10		-8.91262932e-12	
	C12		-1.13758617e-11	
	C14		-1.21700955e-10	
	C16		7.60923595e-15	
	C18		-3.99711358e-14	

系数	M1
C20	8.41607327e-14
C21	-4.16246415e-18
C23	2.26653042e-17
C25	3.87395288e-17
C27	-8.16460404e-16
C29	-2.63873242e-21
C31	7.25194268e-21
C33	-4.32824596e-19
C35	9.64157893e-19
C36	1.48063571e-23
C38	-1.6894394e-23
C40	-3.50470157e-22
C42	-2.03042038e-22
C44	-6.10889397e-21
[0112] C46	-1.31684509e-27
C48	3.02885549e-26
C50	1.50022249e-24
C52	-5.54826497e-24
C54	4.23012006e-23
C55	-1.88656326e-28
C57	7.50832301e-28
C59	8.67296427e-27
C61	3.36303254e-26
C63	8.34019597e-26
C65	-5.35649647e-25
C67	-8.65571939e-33
C69	-2.89230437e-30
C71	-2.73336712e-29
C73	-1.24809951e-28
C75	-3.2040601e-28

	系数	M1
	C77	-1.22368962e-27
	C78	1.04788846e-33
	C80	-8.78177755e-33
	C82	-1.19638938e-31
	C84	-6.21594271e-31
	C86	-2.38551896e-30
	C88	-3.13914924e-30
	C90	3.19984707e-29
	C92	1.16289294e-37
	C94	2.62069946e-35
	C96	3.42335672e-34
	C98	1.84194813e-33
	C100	9.57587784e-33
	C102	3.03868144e-33
[0113]	C104	5.60304989e-32
	C105	-2.13609687e-39
	C107	5.33232238e-38
	C109	9.59790795e-37
	C111	5.98820678e-36
	C113	2.69619845e-35
	C115	8.83369102e-35
	C117	1.42066402e-34
	C119	-1.4409403e-33
	C121	-1.26097283e-42
	C123	-6.97372247e-41
	C125	-1.30218358e-39
	C127	-7.42449901e-39
	C129	-5.35218027e-38
	C131	-1.73751077e-37
	C133	-1.69978425e-37

系数		M1		
	C135			-4.00667525e-37
	C136			-9.25027199e-46
	C138			-1.39746666e-43
	C140			-2.84029421e-42
[0114]	C142			-2.25579428e-41
	C144			-1.00279788e-40
	C146			-4.53773919e-40
	C148			-1.58311764e-39
	C150			-1.41999236e-39
	C152			2.17050522e-38
[0115]	图2的表3d			
表面		DCX	DCY	DCZ
	像平面	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	M10	0.00000000	0.00000000	682.54910274
	M9	0.00000000	249.43345277	145.29208466
	M8	0.00000000	-220.05468953	1156.52693128
	M7	0.00000000	-183.45583878	1395.16642311
[0116]	M6	0.00000000	243.45008686	1820.24509168
	光阑	0.00000000	781.29871330	2029.56902646
	M5	0.00000000	1160.98299518	2177.33738349
	M4	0.00000000	1710.86880274	2173.71626521
	M3	0.00000000	2011.56754641	2067.19445324
	M2	0.00000000	2242.07573615	1840.71643886
	M1	0.00000000	2569.16681637	1103.33520507
	物平面	0.00000000	2361.06513202	2931.79406196
[0117]	图2的表4a			
表面		TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
[0118]	像平面	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

	表面	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
	M10	12.45206393	0.00000000	-0.00000000
	M9	204.90412786	-0.00000000	-0.00000000
	M8	98.09246024	0.00000000	-0.00000000
	M7	63.07895508	0.00000000	-0.00000000
	M6	33.07124029	-0.00000000	0.00000000
[0119]	光阑	-86.59033686	-0.00000000	180.00000000
	M5	10.44403163	-0.00000000	-0.00000000
	M4	-9.94193456	-0.00000000	-0.00000000
	M3	-32.00064460	-0.00000000	-0.00000000
	M2	-55.28668769	-0.00000000	0.00000000
	M1	195.20719385	-0.00000000	-0.00000000
	物平面	11.49304323	0.00000000	0.00000000
[0120]	图2的表4b			
	表面	入射角[deg]	反射率	
	M10	12.45206393	0.64804869	
	M9	0.00000000	0.66565840	
	M8	73.18833238	0.77117192	
	M7	71.79816246	0.74336573	
[0121]	M6	78.19412274	0.85360560	
	M5	79.17866859	0.86731610	
	M4	80.43536522	0.88397599	
	M3	77.50592474	0.84361983	
	M2	79.20803217	0.86771549	
	M1	8.71415063	0.65746288	
	总传输		0.0779	
[0122]	图2的表5			
[0123]	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
	0.00000000	-26.28726367	-0.63068162	

	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
	31.69185598	-26.09628851	-1.53950183
	62.64332842	-25.51669909	-4.18938979
	92.12079882	-24.53113873	-8.35334657
	119.40547685	-23.11832594	-13.66301694
	143.80438508	-21.26160430	-19.62685072
	164.66670456	-18.95800828	-25.66175785
	181.40756151	-16.22754881	-31.14277456
	193.53899715	-13.12006877	-35.47169919
	200.70439461	-9.71525276	-38.15795403
	202.70901570	-6.11433110	-38.89544770
	199.53698197	-2.42722099	-37.61339305
	191.34756415	1.23894609	-34.48367665
	178.45176595	4.78615349	-29.88311471
	161.27786082	8.12619947	-24.32569197
[0124]	140.33668518	11.17689805	-18.38668998
	116.19411687	13.85593322	-12.63585690
	89.45262946	16.07638154	-7.58712638
	60.74011192	17.74870904	-3.66487194
	30.70288782	18.79125679	-1.18323036
	0.00000000	19.14582736	-0.33446470
	-30.70288782	18.79125679	-1.18323036
	-60.74011192	17.74870904	-3.66487194
	-89.45262946	16.07638154	-7.58712638
	-116.19411687	13.85593322	-12.63585690
	-140.33668518	11.17689805	-18.38668998
	-161.27786082	8.12619947	-24.32569197
	-178.45176595	4.78615349	-29.88311471
	-191.34756415	1.23894609	-34.48367665
	-199.53698197	-2.42722099	-37.61339305
	-202.70901570	-6.11433110	-38.89544770

	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
	-200.70439461	-9.71525276	-38.15795403
	-193.53899715	-13.12006877	-35.47169919
	-181.40756151	-16.22754881	-31.14277456
	-164.66670456	-18.95800828	-25.66175785
[0125]	-143.80438508	-21.26160430	-19.62685072
	-119.40547685	-23.11832594	-13.66301694
	-92.12079882	-24.53113873	-8.35334657
	-62.64332842	-25.51669909	-4.18938979
	-31.69185598	-26.09628851	-1.53950183
[0126]	图2的表6		
	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
	0.00000000	-4.58384652	-0.01916625
	6.23062250	-4.53213351	-0.05414911
	12.30714552	-4.37802319	-0.15566608
	18.07925857	-4.12460516	-0.31375494
	23.40415256	-3.77703638	-0.51289064
	28.15007563	-3.34253897	-0.73349935
	32.19964733	-2.83037255	-0.95387719
	35.45284073	-2.25176240	-1.15232970
[0127]	37.82954084	-1.61976608	-1.30932093
	39.27159199	-0.94906620	-1.40941462
	39.74425946	-0.25568401	-1.44280696
	39.23705170	0.44338340	-1.40629081
	37.76387678	1.13059187	-1.30355222
	35.36253789	1.78832901	-1.14477294
	32.09360239	2.39942334	-0.94558797
	28.03870421	2.94766255	-0.72551494
	23.29835626	3.41830005	-0.50602285
	17.98935804	3.79852921	-0.30843758

	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
	12.24188376	4.07790588	-0.15188880
	6.19633084	4.24870102	-0.05149000
	0.00000000	4.30616654	-0.01691445
	-6.19633084	4.24870102	-0.05149000
	-12.24188376	4.07790588	-0.15188880
	-17.98935804	3.79852921	-0.30843758
	-23.29835626	3.41830005	-0.50602285
	-28.03870421	2.94766255	-0.72551494
	-32.09360239	2.39942334	-0.94558797
	-35.36253789	1.78832901	-1.14477294
[0128]	-37.76387678	1.13059187	-1.30355222
	-39.23705170	0.44338340	-1.40629081
	-39.74425946	-0.25568401	-1.44280696
	-39.27159199	-0.94906620	-1.40941462
	-37.82954084	-1.61976608	-1.30932093
	-35.45284073	-2.25176240	-1.15232970
	-32.19964733	-2.83037255	-0.95387719
	-28.15007563	-3.34253897	-0.73349935
	-23.40415256	-3.77703638	-0.51289064
	-18.07925857	-4.12460516	-0.31375494
	-12.30714552	-4.37802319	-0.15566608
	-6.23062250	-4.53213351	-0.05414911

[0129] 图2的表7

[0130] 图3示出了投射光学单元7的子午视图。在此视图中，与投射光学单元7的成像光束路径中的最后的反射镜M10中的通道开口17相邻的第一平面中间像18的位置变得清楚。

[0131] 投射光学单元7具有0.55的像侧数值孔径。在平行于xz平面的成像光平面(根据图3的子午视图)中，投射光学单元7具有4.00的缩小因子 β_x 。在与之垂直的yz平面(根据图2的子午平面)中，投射光学单元7具有8.00的缩小因子 β_y 。物侧主光线角为 5.1° 。主光线16以发散样式从物场4在投射光学单元7的束路径中朝向第一反射镜M1行进。投射光学单元7的入瞳从而在成像光3的束路径中位于物场4上游。主光线角表示中央物场点的主光线关于物平面5的法线的角。投射光学单元7的光瞳遮蔽为投射光学单元7的数值孔径的15%。因此，投射光学单元7的光瞳的 0.15^2 的表面部分被遮蔽。物-像偏移 d_{oIS} 近似为2360mm。投射光学单

元7的反射镜可以容纳在具有797mm×3048mm×2115mm的xyz边长的平行六面体中。

[0132] 物平面5以关于像平面9成11.5°的角延伸;即,其关于像平面9倾斜。

[0133] 位于与9处的像平面最接近的反射镜M9与像平面9之间的工作距离是97mm。

[0134] 下面文字中基于图5和图6解释了投射光学单元22的其他实施例,其可以取代投射光学单元7而用于根据图1的投射曝光设备1中。适当情况下,上面已经在图1至图4的背景下解释的部件和功能由相同的附图标记表示且不再详细讨论。

[0135] 反射镜M1至M10再次实施为自由形式表面反射镜,上面指示的自由形式表面等式(1)对其成立。

[0136] 图9再次示出了在各情况下在投射光学单元22的表面M1至M10上被成像光3照射的反射表面的边缘轮廓,即反射镜M1至M10的覆盖区。图9的图示对应于图4的图示。

[0137] 下面两个表再次示出了投射光学单元22的反射镜M1至M10的反射镜参数。

	M1	M2	M3	M4	M5
	11.2	85.8	80.8	81.7	82.0
[0138] 最大入射角 [°]	680.3	529.4	494.0	453.7	402.2
反射表面在 x 方向上的 范围[mm]	284.8	208.9	213.3	248.3	318.1
反射表面在 y 方向上的 范围[mm]	680.4	529.4	495.1	457.7	406.9
最大反射镜直径[mm]	M6	M7	M8	M9	M10
	79.8	75.8	76.6	21.2	9.4
[0139] 最大入射角 [°]	379.1	372.0	294.5	358.8	850.5
反射表面在 x 方向上的 范围[mm]	341.3	118.8	200.2	180.6	831.0
反射表面在 y 方向上的 范围[mm]	420.4	372.0	294.5	358.8	850.8
最大反射镜直径[mm]					

[0140] 预限定像侧数值孔径的反射镜M10具有最大的最大反射镜直径,具有850.8mm的直径。其他反射镜M1至M9都不具有大于700mm的最大直径。十个反射镜中的八个,即反射镜M2至M9,具有小于530mm的最大反射镜直径。十个反射镜中的五个,即反射镜M5至M9,具有小于425mm的最大反射镜直径。

[0141] 可以从以下表收集来自投射光学单元22的光学设计数据,其就它们的设计而言对应于根据图2的投射光学单元7的表。

示例性实施例		图 5
	NA	0.55
	波长	13.5 nm
	beta_x	4.0
[0142]	beta_y	-8.0
	场尺寸_x	26.0 mm
	场尺寸_y	1.2 mm
	场曲率	-0.012345 1/mm
	rms	13.3 ml
	光阑	AS, OS

[0143] 图5的表1

表面	半径_x	屈光力_x	半径_y	屈光力_y	操作模式
	[mm]	[1/mm]	[mm]	[1/mm]	
表面	半径_x	屈光力_x	半径_y	屈光力_y	操作模式
	[mm]	[1/mm]	[mm]	[1/mm]	
M10	-869.3080100	0.0022797	-778.5928237	0.0025924	REFL
M9	2602.0496747	-0.0007686	384.2214696	-0.0052053	REFL
M8	-718.2470514	0.0008150	30510.8098846	-0.0002239	REFL
[0145] M7	-752.1182438	0.0008331	16042.2750216	-0.0003979	REFL
M6	-3270.4125599	0.0001298	-3670.6088227	0.0025669	REFL
M5	-39785.3326866	0.0000091	-5765.5741935	0.0019141	REFL
M4	-16034.7922775	0.0000233	-10216.6190309	0.0010499	REFL
M3	9574.6132714	-0.0000436	-3930.1905682	0.0024367	REFL
M2	5696.9592961	-0.0000643	1485.2462497	-0.0073485	REFL
M1	-2733.3789956	0.0007228	-1297.6261153	0.0015603	REFL

[0146] 图5的表2

系数	M10	M9	M8
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-869.30801000	2602.04967500	-718.24705150
C7	-3.50115108e-09	-9.7790374e-07	6.28851853e-07
C9	-4.92545176e-09	-1.07564728e-06	4.92758814e-08
C10	-1.56874319e-11	7.64407422e-10	1.46961089e-10
[0147] C12	-4.83471482e-11	4.1944661e-09	-9.90784074e-10
C14	-1.4150121e-11	2.20249239e-09	5.26676904e-10
C16	-1.22638717e-14	-1.6991744e-12	-1.76931806e-13
C18	-1.82295329e-14	-5.09302083e-12	1.63225989e-12
C20	-1.04417542e-14	-4.99474166e-12	3.00741879e-12
C21	-3.14425027e-17	1.74605563e-15	-6.95881583e-16
C23	-1.18753568e-16	1.51762355e-14	2.51525789e-15
C25	-1.1247438e-16	3.06218684e-14	2.2933979e-15
C27	-2.96708004e-17	4.99892752e-14	1.92742933e-14

系数	M10	M9	M8
C29	-1.93233858e-20	-1.18614919e-17	1.08654612e-17
C31	-4.77737566e-20	-5.71762455e-17	-2.18043452e-18
C33	-4.65969274e-20	-1.72770763e-16	4.0159214e-17
C35	-1.52531921e-20	-6.29688126e-17	1.07460038e-16
C36	-4.9177484e-23	2.78158452e-21	8.64817602e-21
C38	-2.3529495e-22	9.90406032e-20	-3.7077501e-20
C40	-3.67477654e-22	4.04108731e-19	1.90111998e-19
C42	-2.41658412e-22	9.13512927e-19	2.84898021e-19
C44	-5.28774981e-23	3.9970345e-20	4.28073704e-19
C46	-2.53619074e-26	-5.52648347e-23	-2.18242805e-23
C48	-9.35727071e-26	-3.06649246e-22	8.15300946e-22
C50	-1.407507e-25	-1.63453782e-21	1.45607087e-21
C52	-9.62763512e-26	-1.19312316e-21	-2.22879735e-23
C54	-3.38598262e-26	-1.32098082e-20	5.29578348e-21
[0148] C55	-7.28461816e-29	1.63707168e-25	-1.63052539e-25
C57	-3.89709184e-28	5.17135447e-25	-8.23822216e-25
C59	-8.10206805e-28	1.79799522e-24	-5.3386535e-24
C61	-8.06594025e-28	-1.67157766e-24	-2.63267781e-23
C63	-3.63229095e-28	1.85929763e-23	1.4978656e-23
C65	-6.94305626e-29	1.37596582e-22	1.60652574e-22
C67	-5.17390636e-32	-4.73635713e-28	-2.50723659e-27
C69	-2.76133587e-31	-9.68441245e-27	-3.18583903e-26
C71	-5.75470516e-31	-6.55981608e-26	-1.33755802e-25
C73	-5.37198691e-31	-2.14552978e-25	-4.67020493e-26
C75	-2.15218576e-31	-1.77890928e-25	1.60245075e-24
C77	2.61002136e-32	2.52802452e-24	2.4414866e-24
C78	-1.33351127e-34	-3.40975628e-30	5.11409407e-30
C80	-1.0054419e-33	8.63348315e-30	7.37254112e-29
C82	-2.92630151e-33	1.48899099e-28	3.49120412e-29
C84	-4.57056217e-33	1.03301246e-27	1.71797008e-27

系数	M10	M9	M8
C86	-4.09582323e-33	3.39897352e-27	1.12084792e-26
C88	-2.04237423e-33	-4.15113593e-27	2.61828937e-26
C90	-3.57674802e-34	-2.2979605e-26	1.89501924e-26
C92	6.41185373e-39	4.74563151e-33	6.71528349e-32
C94	1.76112217e-37	1.45876695e-31	8.28287721e-31
C96	5.5411331e-37	1.42275073e-30	6.82286679e-30
C98	8.68097577e-37	9.13558631e-30	4.30994562e-29
C100	3.42223873e-37	3.51677458e-29	1.32672418e-28
C102	-7.04829093e-38	4.95216183e-29	1.65234363e-28
C104	-1.81548666e-37	-1.5700553e-28	7.44056128e-29
C105	1.55137664e-40	4.41526468e-35	-8.48895624e-35
C107	5.82808475e-40	-1.23424716e-34	-1.6612053e-33
C109	2.44087528e-39	-3.19549581e-33	5.55352481e-33
C111	5.93840503e-39	-3.09982368e-32	4.5754064e-32
[0149] C113	8.8212298e-39	-1.72638685e-31	2.02996025e-31
C115	8.63860896e-39	-4.69214518e-31	4.39727396e-31
C117	5.12960062e-39	1.36535167e-31	3.69770347e-31
C119	1.0702848e-39	1.55656455e-30	1.18279441e-31
C121	-3.06949325e-43	-8.94064247e-38	0
C123	-2.18028671e-42	-2.46553946e-36	0
C125	-6.86344939e-42	-2.34166186e-35	0
C127	-1.22750442e-41	-1.49148863e-34	0
C129	-1.25985922e-41	-6.69544608e-34	0
C131	-6.60294366e-42	-2.18823933e-33	0
C133	-1.87633758e-42	-3.84766887e-33	0
C135	-1.60470913e-43	2.36306182e-33	0
C136	-8.76656405e-46	-1.96833702e-40	0
C138	-6.55036406e-45	1.86248388e-39	0
C140	-2.70449789e-44	4.46630844e-38	0
C142	-6.29281844e-44	4.28810046e-37	0

	系数	M10	M9	M8
	C144	-9.0993377e-44	2.74468914e-36	0
[0150]	C146	-8.52048374e-44	1.13033506e-35	0
	C148	-5.26001056e-44	2.65031009e-35	0
	C150	-2.06603634e-44	1.59603141e-35	0
	C152	-3.67734069e-45	-2.36167036e-35	0
[0151]	图5的表3a			
	系数	M7	M6	M5
	KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	RX	-752.11824380	-3270.41256000	-39785.33269000
	C7	-3.70935649e-07	1.14204884e-07	-6.97621412e-08
	C9	5.18161693e-07	-2.58530033e-08	1.64595109e-07
	C10	1.80413353e-10	-1.14685523e-10	3.9764206e-10
	C12	-1.45283618e-09	-4.06990977e-11	9.23529251e-11
	C14	1.9262961e-09	-1.07013295e-10	4.76744117e-12
	C16	1.00096242e-12	-2.00016603e-14	-2.76247582e-14
[0152]	C18	-1.13644156e-11	2.28346094e-13	2.0990975e-13
	C20	1.28051975e-11	3.41794261e-14	6.73454787e-13
	C21	8.3715012e-17	2.98259863e-16	3.50187845e-16
	C23	1.77779173e-14	-2.04228461e-16	5.46941646e-16
	C25	-5.64470665e-14	-5.08222775e-16	4.10735525e-16
	C27	-1.43209502e-14	-1.69707722e-16	1.32927647e-15
	C29	-1.11998186e-17	-2.61830238e-19	-1.03955351e-18
	C31	1.05022686e-16	1.30229376e-18	6.21046279e-19
	C33	2.95463553e-18	7.79927697e-19	1.93127092e-18
	C35	2.14030511e-16	4.60656386e-19	3.560526e-18
	C36	2.44510815e-21	1.01255465e-22	5.36113636e-21
	C38	-8.10017031e-20	-1.09878129e-21	4.88286477e-21

系数	M7	M6	M5
C40	1.1541444e-19	-3.86591836e-21	5.01325612e-21
C42	5.82969588e-19	-4.75815597e-21	1.61685259e-20
C44	3.82357565e-18	3.34054543e-22	1.57036302e-20
C46	3.67742759e-23	3.42907869e-24	-1.66098704e-23
C48	6.05641891e-23	1.04056835e-23	1.06940695e-23
C50	-2.94108386e-21	1.73293359e-23	-3.20443027e-23
C52	-6.59269155e-20	3.7771892e-24	2.26337849e-23
C54	-6.05261138e-20	-2.31850349e-24	4.27395429e-23
C55	-3.07155576e-26	1.08429738e-25	-5.7022116e-26
C57	-3.72656739e-25	-2.23882015e-27	-2.18952932e-26
C59	-8.63020098e-24	-5.2563985e-26	1.42738106e-26
C61	1.37802616e-22	-2.03526409e-26	-1.3400957e-25
C63	2.67412096e-22	4.44652791e-26	-2.11929073e-25
C65	1.83670311e-23	-2.65638153e-27	-3.61780494e-25
[0153] C67	2.01045404e-28	1.16463062e-28	-9.62937695e-29
C69	4.23996647e-27	1.69101472e-28	-1.66256514e-28
C71	-1.12510374e-25	-2.4234926e-29	6.82413726e-28
C73	1.2655875e-24	-1.14315405e-28	2.05563097e-27
C75	1.15062152e-23	-2.14241103e-28	-8.81664434e-28
C77	1.49164327e-23	2.42309874e-28	-6.98448231e-28
C78	5.09922795e-31	-2.70326053e-30	1.63047582e-30
C80	8.13481643e-30	-5.19309314e-31	-2.55061914e-31
C82	7.20263484e-28	-1.40971342e-31	-7.88723541e-31
C84	-1.41044744e-27	1.31966847e-30	6.65035053e-30
C86	-4.27948507e-26	-1.78133453e-31	1.98171259e-29
C88	-2.33726115e-25	-2.19627873e-30	1.4940962e-29
C90	-1.60918106e-25	5.71949542e-31	2.50340365e-29
C92	-9.92597124e-33	-2.06384653e-33	1.7958732e-33
C94	-6.80777127e-31	-2.32035657e-33	1.18993647e-33
C96	-7.95434859e-30	-4.83315819e-34	-4.72101252e-33

	系数	M7	M6	M5
	C98	3.68480874e-29	3.74828503e-33	-3.45232856e-32
	C100	3.69646028e-28	4.72979312e-34	-4.98195809e-32
	C102	1.8079515e-27	4.97237132e-33	6.06049519e-32
	C104	1.73878827e-28	-4.10351172e-33	6.76934322e-32
	C105	-2.4962474e-37	1.85872349e-35	-1.55540897e-35
[0154]	C107	2.68999959e-34	5.30576886e-36	5.9762438e-36
	C109	2.55096101e-33	1.36308121e-35	1.14874935e-35
	C111	4.70398078e-32	-3.18539277e-35	-3.45968317e-35
	C113	-3.65950224e-31	4.08064679e-36	-3.57260831e-34
	C115	-2.69573984e-31	-1.49121892e-35	-4.50161712e-34
	C117	-7.25231228e-30	3.57447477e-35	-1.64662987e-34
	C119	5.11134204e-30	-1.46095543e-35	-1.98834381e-34

[0155] 图5的表3b

	系数	M4	M3	M2
	KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	RX	-16034.79228000	9574.61327100	5696.95929600
	C7	6.03925095e-09	3.26239122e-08	1.59791032e-09
	C9	-6.94662012e-09	-2.27145809e-07	-1.40795422e-06
[0156]	C10	5.54884567e-11	7.60877141e-11	2.24741119e-11
	C12	2.52583724e-11	1.46695947e-10	-7.62544795e-11
	C14	-2.15044807e-10	-2.96089016e-10	5.24306931e-09
	C16	-1.9407843e-13	-1.10665551e-13	4.41314287e-13
	C18	1.78662307e-13	-5.57607359e-14	2.4313786e-12
	C20	-2.16511379e-13	-2.02465861e-12	-1.61840093e-11
	C21	-4.1439186e-16	5.95471784e-17	1.65281042e-16
	C23	9.4251442e-17	-1.12423275e-16	-2.11123946e-15
	C25	2.60263465e-17	1.73026522e-15	-1.45428371e-14

系数	M4	M3	M2
C27	-2.55509799e-15	-7.08053399e-16	3.46493571e-14
C29	5.29272828e-19	-5.40817519e-20	-7.55616992e-19
C31	-6.91917763e-19	-1.61040978e-18	3.77666807e-18
C33	2.85395117e-18	-4.13936099e-18	6.33486623e-17
C35	-4.96927209e-18	-3.49881437e-17	3.46409803e-17
C36	6.83763591e-22	-7.57909981e-22	2.95766307e-22
C38	-2.13234959e-21	3.4854016e-21	4.95952942e-21
C40	7.22731509e-21	-7.38743374e-22	5.0046765e-20
C42	2.09286651e-20	4.40416504e-20	-1.3911305e-19
C44	-5.85604547e-20	3.74858983e-20	-9.88543639e-19
C46	6.43248577e-24	9.63273701e-24	4.88317263e-24
C48	-1.58441497e-25	-7.55811815e-24	-4.2542718e-23
C50	-1.56411013e-24	-1.94301035e-23	-7.69586872e-22
C52	-2.19059644e-23	-1.39352362e-22	-8.37467611e-22
[0157] C54	-3.01080627e-22	-1.62085554e-22	5.43128229e-21
C55	-4.31558591e-26	1.30815384e-27	7.93299714e-27
C57	3.18795075e-26	-4.60436614e-26	-8.0344969e-28
C59	-1.45255838e-25	3.00241314e-26	2.98448401e-26
C61	-5.17891518e-25	-1.07582737e-25	6.21693076e-24
C63	-9.52938201e-25	1.35257242e-24	1.79376848e-23
C65	-3.92684321e-25	1.42144281e-25	6.20066641e-23
C67	-1.14006341e-28	-6.10553014e-29	-4.8721203e-29
C69	-1.3403719e-28	1.78125834e-28	2.57661074e-28
C71	-3.59493083e-28	-4.52829735e-28	3.53707362e-27
C73	1.60006756e-27	-9.51584504e-28	-3.93778871e-26
C75	8.12793081e-27	-1.49319185e-26	-1.39599626e-25
C77	6.05291213e-27	-5.94534387e-26	-1.70087313e-24
C78	4.68845287e-31	1.1876792e-32	-8.867378e-32
C80	3.62849118e-31	1.22291807e-31	3.97705432e-32
C82	2.8946197e-30	-2.0159866e-33	-2.92658857e-31

	系数	M4	M3	M2
	C84	1.05806179e-29	4.14509233e-30	-1.9866676e-29
	C86	3.90741277e-29	2.17039478e-29	9.23876488e-29
	C88	6.77151397e-29	8.29600294e-29	-1.42395946e-28
	C90	-5.19333773e-29	3.55804272e-28	1.58363793e-26
	C92	6.48128342e-34	4.76107907e-35	1.4337662e-34
	C94	8.09440725e-34	-1.27977811e-33	-1.98985191e-33
	C96	3.72660414e-34	4.63315852e-34	-1.97598786e-32
	C98	-2.0200799e-34	9.06913701e-33	1.78724463e-31
[0158]	C100	-1.37280642e-31	-2.20197055e-31	1.38421441e-30
	C102	-6.74863143e-32	1.11311398e-31	7.2961796e-30
	C104	-5.77905012e-31	-1.65281364e-31	-6.93095163e-29
	C105	-1.51737981e-36	1.31694944e-37	2.35455933e-37
	C107	-5.04387069e-36	8.86231792e-37	4.22965359e-37
	C109	-1.65804642e-35	2.46082309e-36	7.14026917e-36
	C111	-9.58931818e-35	-2.70484671e-35	1.548961e-35
	C113	-1.42091054e-34	-4.49614897e-35	-1.39836488e-33
	C115	-1.01035364e-33	6.52656741e-34	-7.91692777e-33
	C117	-8.16033736e-34	-1.24041683e-33	-2.56592926e-32
	C119	-1.3759859e-33	-3.94755303e-33	1.19798385e-31

[0159] 图5的表3c

系数	M1
KY	0.00000000
KX	0.00000000
RX	-2733.37899600

[0160]

C7	-1.07227904e-08
C9	2.08293311e-08
C10	-4.23699194e-12
C12	-9.10151978e-13

	系数	M1
	C14	-9.57929038e-11
	C16	1.00115091e-14
	C18	-2.28938701e-14
	C20	6.5030622e-14
	C21	-2.44883504e-18
	C23	1.95331906e-17
	C25	3.53111902e-17
	C27	-6.39800102e-16
	C29	-3.21472327e-21
	C31	4.15965877e-20
	C33	-2.58607064e-19
	C35	3.80225246e-19
	C36	1.2674299e-24
	C38	-9.81796216e-25
[0161]	C40	-2.01060919e-22
	C42	-9.42925968e-22
	C44	-4.11392945e-21
	C46	5.46178217e-26
	C48	6.20216864e-26
	C50	2.14560789e-24
	C52	8.83279357e-24
	C54	6.68083614e-23
	C55	-6.06665142e-29
	C57	6.72747508e-28
	C59	9.174949e-27
	C61	5.18881245e-26
	C63	2.18172279e-25
	C65	-1.60516545e-25
	C67	-5.07419186e-31
	C69	-6.7941363e-31

系数	M1
C71	-1.74665297e-29
C73	-2.26352087e-28
C75	-1.56132886e-27
C77	-5.75078714e-27
C78	4.80076165e-34
C80	-9.70304619e-33
C82	-1.40701044e-31
C84	-7.97696523e-31
C86	-4.88432697e-30
C88	-1.79588468e-29
C90	1.6486908e-29
C92	2.48841996e-36
C94	5.84056891e-36
C96	1.86712201e-34
[0162] C98	2.27321062e-33
C100	1.73055737e-32
C102	9.02658619e-32
C104	2.13388526e-31
C105	-1.40276955e-39
C107	6.6231595e-38
C109	1.24643269e-36
C111	7.52164967e-36
C113	4.07853266e-35
C115	2.69022864e-34
C117	7.8624425e-34
C119	-5.86612928e-34
C121	-6.36706031e-42
C123	-8.27274432e-42
C125	-5.76519274e-40
C127	-8.11565956e-39

系数		M1		
	C129			-7.13938807e-38
	C131			-4.17623634e-37
	C133			-1.90619557e-36
	C135			-2.82473216e-36
	C136			1.11197415e-45
[0163]	C138			-1.81264814e-43
	C140			-4.08868567e-42
	C142			-2.96820411e-41
	C144			-1.30720619e-40
	C146			-9.2106426e-40
	C148			-5.73880943e-39
	C150			-1.35075947e-38
	C152			3.90453273e-39
[0164]	图5的表3d			
	表面	DCX	DCY	DCZ
	像平面	0.00000000	0.00000000	0.00000000
	M10	0.00000000	0.00000000	736.26370956
	M9	0.00000000	171.11999157	118.44136653
	M8	0.00000000	-120.56531282	1171.56027175
	M7	0.00000000	-51.50722742	1377.26292259
	M6	0.00000000	418.44349985	1705.41220513
[0165]	孔径光阑	0.00000000	942.11125520	1801.65858675
	遮蔽光阑	0.00000000	955.76819944	1804.16863526
	M5	0.00000000	1250.61134458	1858.35869294
	M4	0.00000000	1681.77019009	1778.69965982
	M3	0.00000000	1928.54516765	1624.74280671
	M2	0.00000000	2106.37111455	1360.43276702
	M1	0.00000000	2299.77363692	510.18493472
	物平面	-0.00000000	2459.22890232	2306.49401564
[0166]	图5的表4a			

	表面	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
	像平面	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
	M10	7.74064239	0.00000000	-0.00000000
	M9	195.48128477	0.00000000	-0.00000000
	M8	88.46172756	0.00000000	-0.00000000
	M7	53.18367431	0.00000000	-0.00000000
	M6	22.66975270	-0.00000000	-0.00000000
[0167]	孔径光阑	-85.31587976	0.00000000	180.00000000
	遮蔽光阑	-85.31587976	0.00000000	180.00000000
	M5	-0.02667676	0.00000000	-0.00000000
	M4	-21.21335393	0.00000000	0.00000000
	M3	-44.01331845	0.00000000	-0.00000000
	M2	-66.62640557	0.00000000	-0.00000000
	M1	183.87102353	0.00000000	-0.00000000
	物平面	-0.07275151	-0.00000000	-0.00000000

[0168] 图5的表4b

	表面	入射角[deg]	反射率
	M10	7.74064239	0.65927620
	M9	0.00000085	0.66565840
	M8	72.98044279	0.76717179
	M7	71.74150395	0.74217796
[0169]	M6	77.74457445	0.84712279
	M5	79.55899609	0.87244962
	M4	79.25432675	0.86834411
	M3	77.94570873	0.85004161
	M2	79.44120415	0.87086874
	M1	8.94377505	0.65699903
	总传输		0.0780

[0170] 图5的表5

	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
	0.00000000	-23.91268651	0.00000000
	28.15240990	-23.51768030	0.00000000
	55.65557495	-22.34769704	0.00000000
	81.86338464	-20.44910675	0.00000000
	106.13929647	-17.90216625	0.00000000
	127.86860425	-14.82214737	0.00000000
	146.47747850	-11.35686145	0.00000000
	161.45701986	-7.67867553	0.00000000
	172.38882631	-3.96936217	0.00000000
	178.96836847	-0.39914512	0.00000000
	181.02225711	2.89452566	0.00000000
	178.51592945	5.82123520	0.00000000
	171.55051707	8.34014086	0.00000000
[0171]	160.35054676	10.45133739	0.00000000
	145.24617053	12.18109803	0.00000000
	126.65406517	13.56709448	0.00000000
	105.05980452	14.64754450	0.00000000
	81.00272585	15.45516132	0.00000000
	55.06326567	16.01491224	0.00000000
	27.85208983	16.34401649	0.00000000
	0.00000000	16.45259694	0.00000000
	-27.85208983	16.34401649	0.00000000
	-55.06326567	16.01491224	0.00000000
	-81.00272585	15.45516132	0.00000000
	-105.05980452	14.64754450	0.00000000
	-126.65406517	13.56709448	0.00000000
	-145.24617053	12.18109803	0.00000000
	-160.35054676	10.45133739	0.00000000

	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
	-171.55051707	8.34014086	0.00000000
	-178.51592945	5.82123520	0.00000000
	-181.02225711	2.89452566	0.00000000
	-178.96836847	-0.39914512	0.00000000
	-172.38882631	-3.96936217	0.00000000
[0172]	-161.45701986	-7.67867553	0.00000000
	-146.47747850	-11.35686145	0.00000000
	-127.86860425	-14.82214737	0.00000000
	-106.13929647	-17.90216625	0.00000000
	-81.86338464	-20.44910675	0.00000000
	-55.65557495	-22.34769704	0.00000000
	-28.15240990	-23.51768030	0.00000000
[0173]	图5的表6		
	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
	0.00000000	-4.07043789	0.00000000
	5.60146126	-4.01626891	0.00000000
	11.06508716	-3.85552494	0.00000000
	16.25637662	-3.59341100	0.00000000
	21.04743296	-3.23832743	0.00000000
	25.32010236	-2.80147608	0.00000000
	28.96890832	-2.29634491	0.00000000
[0174]	31.90370527	-1.73810573	0.00000000
	34.05197286	-1.14296657	0.00000000
	35.36067635	-0.52752353	0.00000000
	35.79762848	0.09184447	0.00000000
	35.35230450	0.69950082	0.00000000
	34.03608300	1.28097002	0.00000000
	31.88190835	1.82323721	0.00000000
	28.94339353	2.31492925	0.00000000

	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
	25.29340158	2.74639050	0.00000000
	21.02215983	3.10967498	0.00000000
	16.23497071	3.39848119	0.00000000
	11.04958831	3.60805664	0.00000000
	5.59333108	3.73509655	0.00000000
	0.00000000	3.77765693	0.00000000
	-5.59333108	3.73509655	0.00000000
	-11.04958831	3.60805664	0.00000000
	-16.23497071	3.39848119	0.00000000
	-21.02215983	3.10967498	0.00000000
	-25.29340158	2.74639050	0.00000000
[0175]	-28.94339353	2.31492925	0.00000000
	-31.88190835	1.82323721	0.00000000
	-34.03608300	1.28097002	0.00000000
	-35.35230450	0.69950082	0.00000000
	-35.79762848	0.09184447	0.00000000
	-35.36067635	-0.52752353	0.00000000
	-34.05197286	-1.14296657	0.00000000
	-31.90370527	-1.73810573	0.00000000
	-28.96890832	-2.29634491	0.00000000
	-25.32010236	-2.80147608	0.00000000
	-21.04743296	-3.23832743	0.00000000
	-16.25637662	-3.59341100	0.00000000
	-11.06508716	-3.85552494	0.00000000
	-5.60146126	-4.01626891	0.00000000

[0176] 图5的表7

[0177] 投射光学单元22的总传输近似为7.8%。

[0178] 波前像差rms为13.3mλ。

[0179] 投射光学单元22具有0.55的像侧数值孔径。在平行于xz平面的成像光平面中,投射光学单元22具有4.00的缩小因子 β_x 。在与之垂直的yz平面中,投射光学单元22具有8.00的缩小因子 β_y 。物侧主光线角为 5.1° 。主光线16在投射光学单元22的束路径中从物场4朝向

第一反射镜M1以发散样式行进。投射光学单元22的入瞳从而在成像光3的束路径中位于物场4的上游。投射光学单元22的光瞳遮蔽是投射光学单元22的数值孔径的14%。因此,投射光学单元22的光瞳的 0.14^2 的表面部分被遮蔽。物-像偏移 d_{oIS} 为近似2460mm。投射光学单元22的反射镜可以容纳在具有 $850\text{mm} \times 2823\text{mm} \times 1774\text{mm}$ 的xyz边长的平行六面体中。

[0180] 在投射光学单元22中,物平面5以关于像平面9成 0.1° 的角延伸。

[0181] 位于与像平面9最接近的反射镜M9与像平面9之间的工作距离是85mm。

[0182] 在反射镜M5与M6之间的成像光束路径中,投射光学单元22首先具有遮蔽光阑OS,并且与其紧密相邻地具有孔径光阑AS。光阑AS、OS的位置、取向和边缘轮廓形状由表4a、4b以及6体现。图7中图示了孔径光阑AS的内光阑轮廓23。图8中图示了遮蔽光阑OS的外光阑轮廓24。

[0183] 光阑AS、OS两者都为具有大的x/y纵横比的近似椭圆形形状,所述x/y纵横比在各情况下显著大于5:1。孔径光阑AS具有在x方向上362mm的内光阑轮廓23的范围和在y方向上40.5mm的内光阑轮廓23的范围。遮蔽光阑OS具有在x方向上71.7mm和在y方向上8mm的外光阑轮廓24的范围。

[0184] 由投射光学单元22在x方向和y方向上的不同的成像比造成了光阑AS、OS的相应的大x/y纵横比。此外,此大的x/y纵横比是两个第二平面中间像19和20的结果。

[0185] 在投射光学单元22中,第一第二平面中间像19在成像光束路径中位于反射镜M3与M4之间。

[0186] 在投射光学单元22中,像平面9几乎平行于物平面5延伸。

[0187] 两个光阑AS、OS不位于曲面表面上;即,它们分别位于恰好一个光阑平面中。两个光阑或一方面孔径光阑AS的布置平面和另一方面遮蔽光阑OS的布置平面彼此间隔开。

[0188] 为了产生微结构化或纳米结构化部件,如以下来使用投射曝光设备1:首先,提供反射式掩模10或掩模母板和基板或晶片11。随后,借助于投射曝光设备1,将掩模母板10上的结构投射到晶片11的光敏层上。然后,通过显影光敏层而制造晶片11上的微结构或纳米结构,并且因此制造微结构化部件。

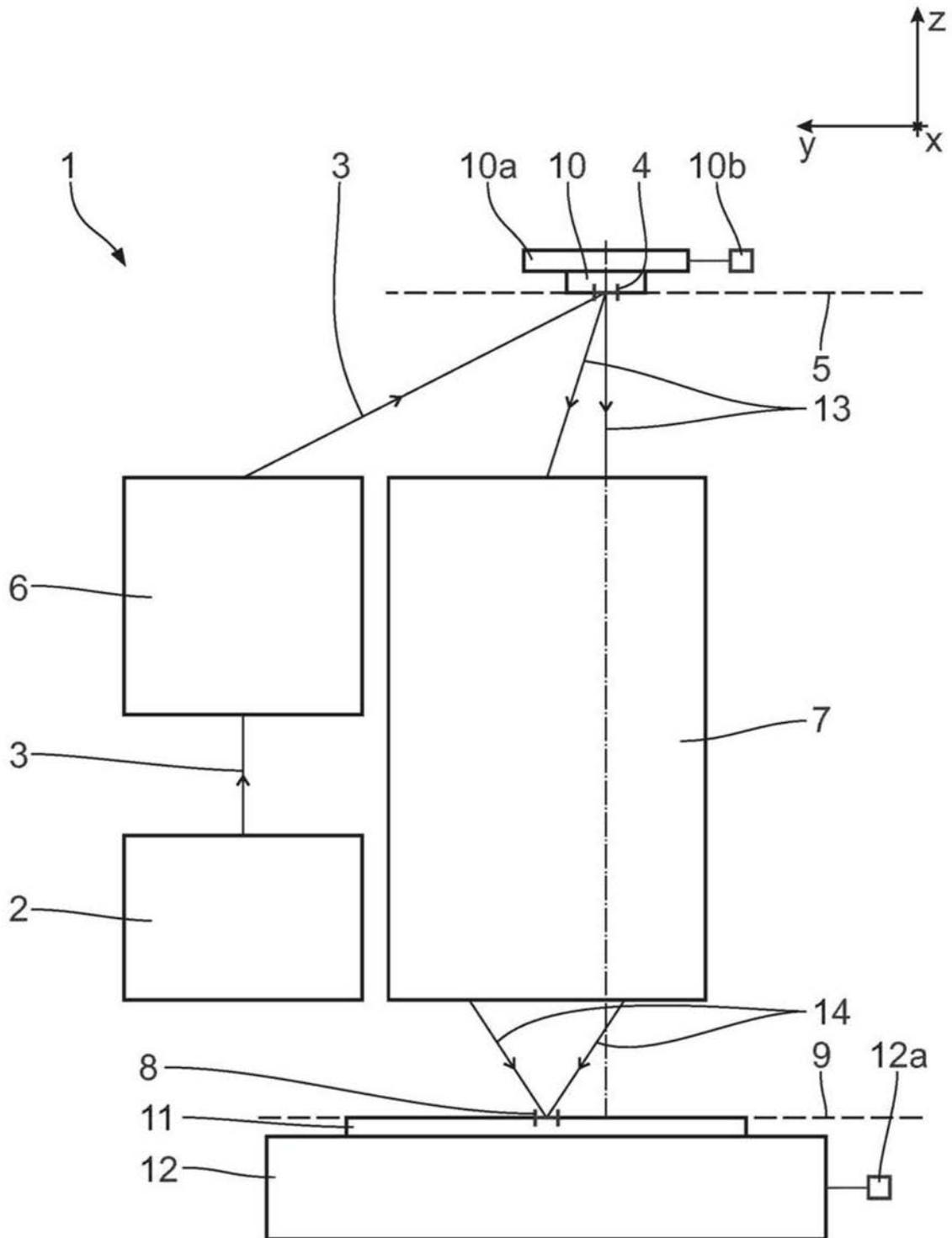


图1

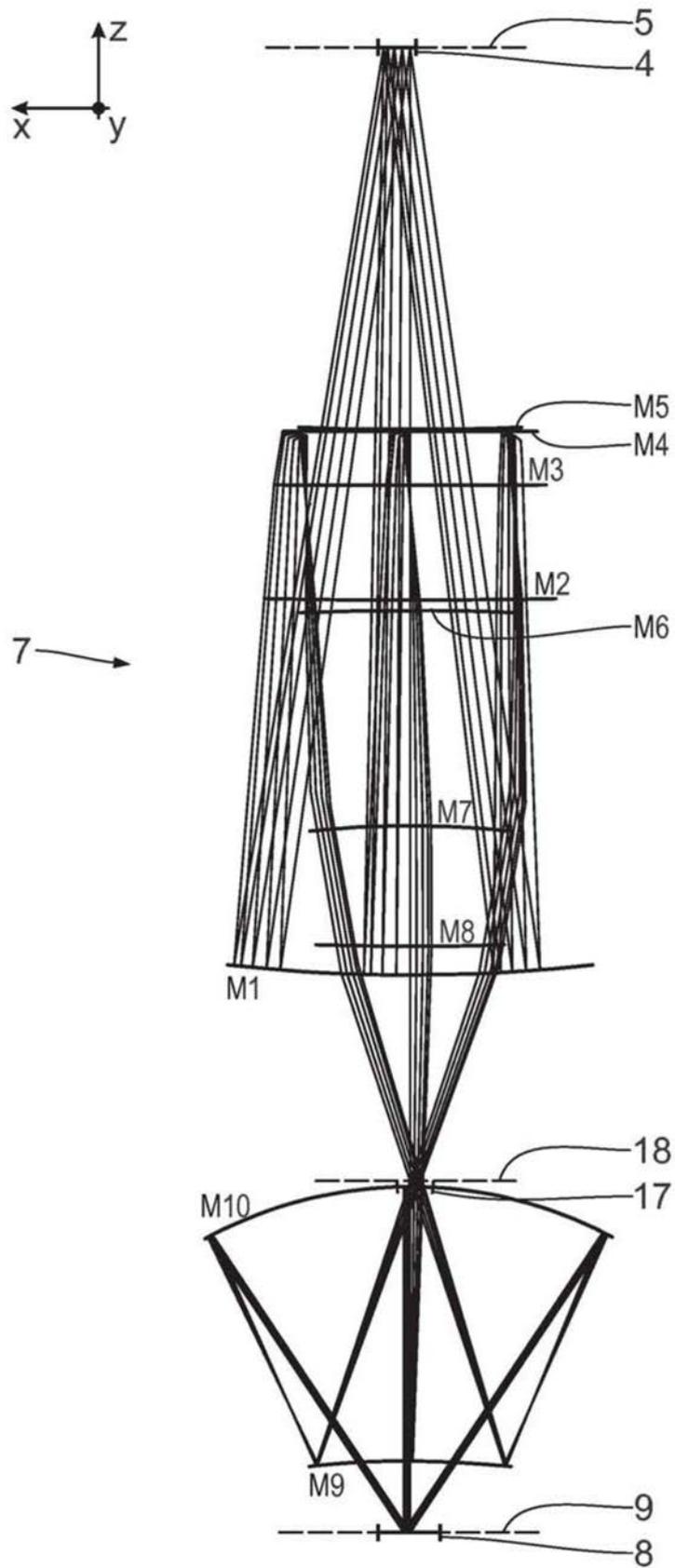


图3

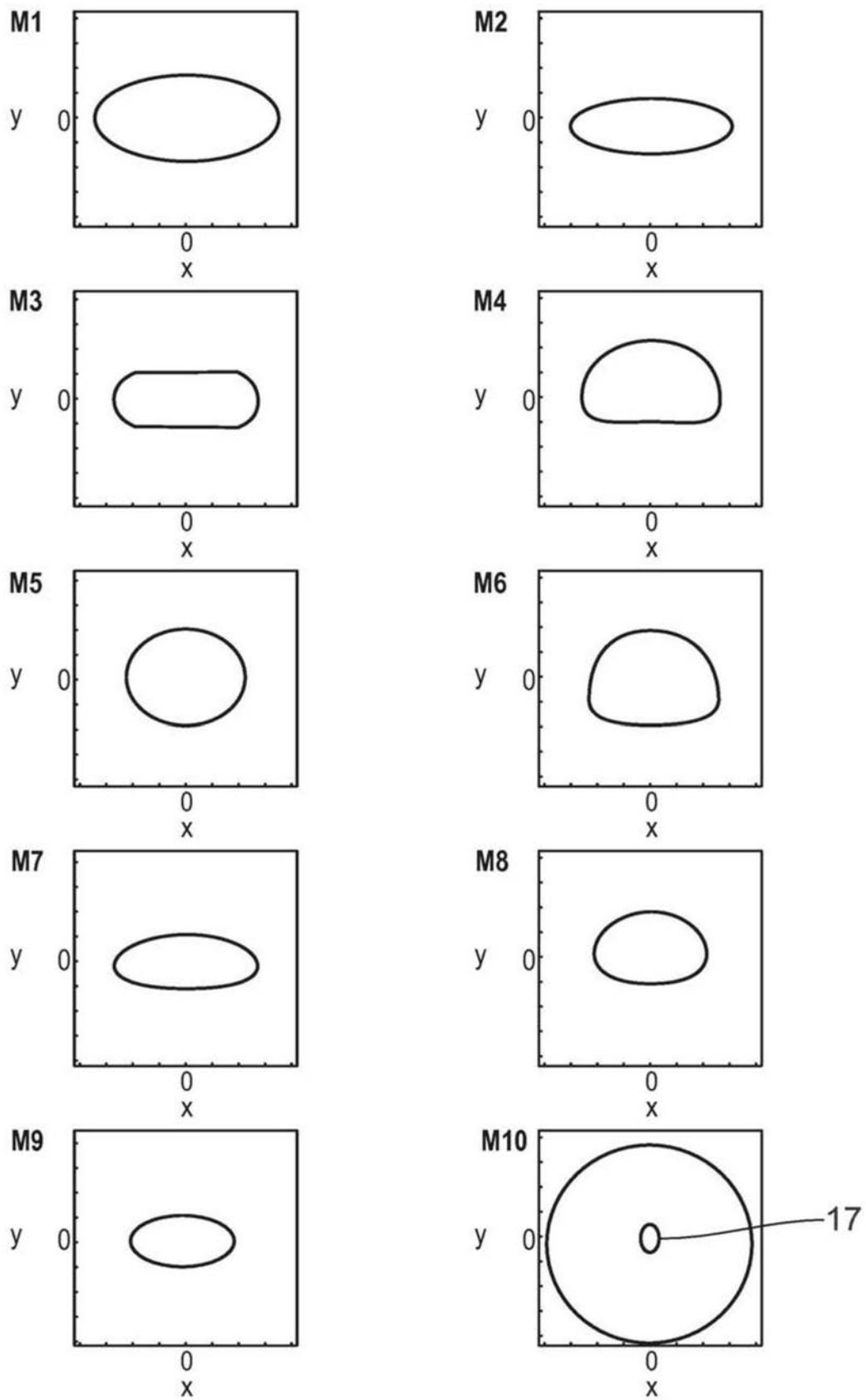


图4

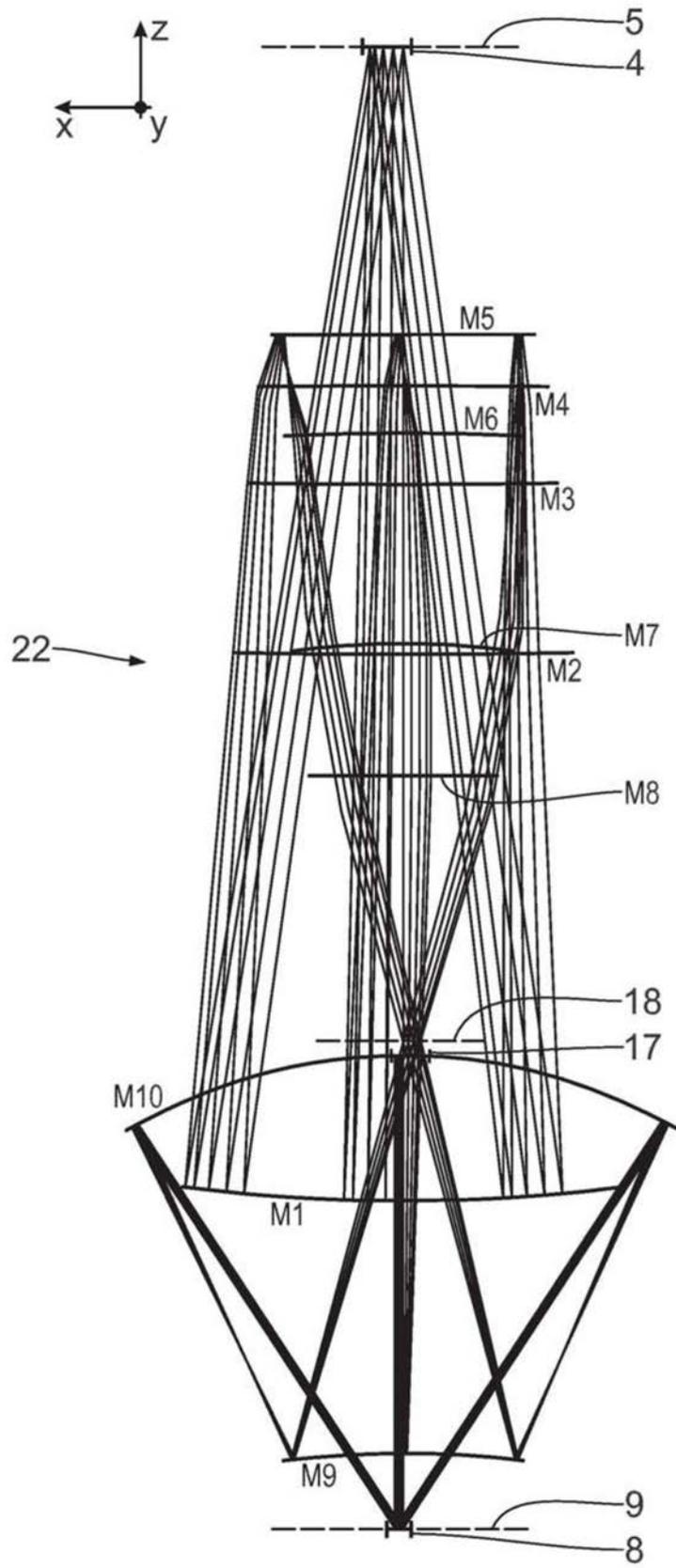


图6

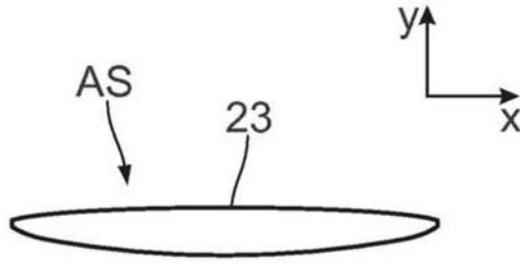


图7

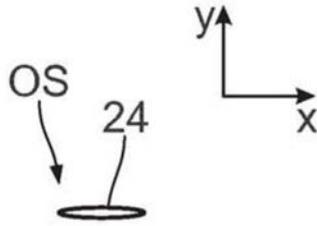


图8

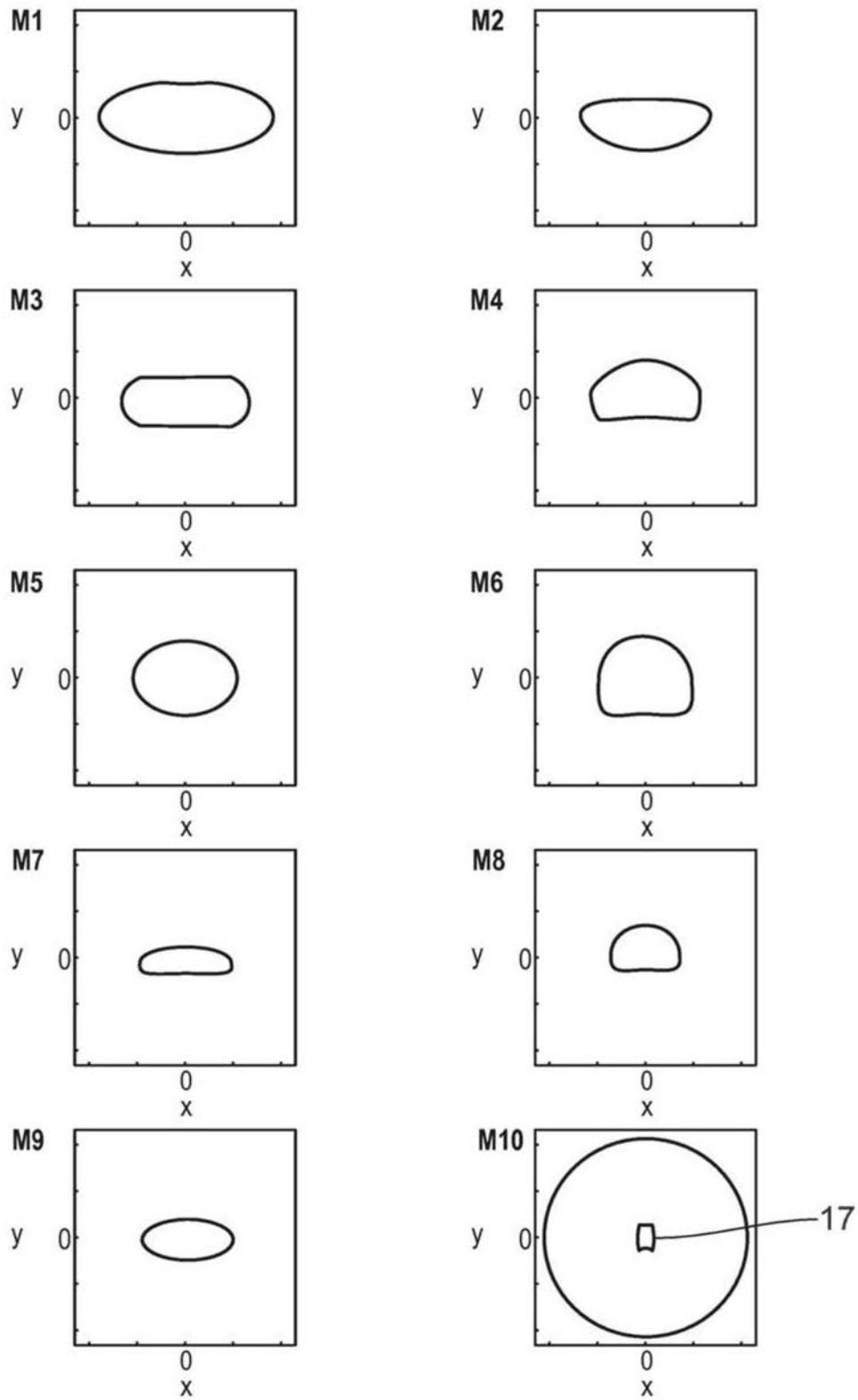


图9