



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105765460 B

(45)授权公告日 2018.12.28

(21)申请号 201480063956.4

(72)发明人 M.帕特拉 R.米勒

(22)申请日 2014.11.21

(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 105765460 A

11105

代理人 邱军 张邦帅

(43)申请公布日 2016.07.13

(51)Int.Cl.

G03F 7/20(2006.01)

(30)优先权数据

102013223935.1 2013.11.22 DE

(56)对比文件

CN 1400507 A,2003.03.05,

CN 1576903 A,2005.02.09,

US 2005/243297 A1,2005.11.03,

DE 102008014832 A1,2008.10.23,

CN 1879062 A,2006.12.13,

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.05.23

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2014/075257 2014.11.21

审查员 李培培

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/078776 DE 2015.06.04

(73)专利权人 卡尔蔡司SMT有限责任公司

地址 德国上科亨

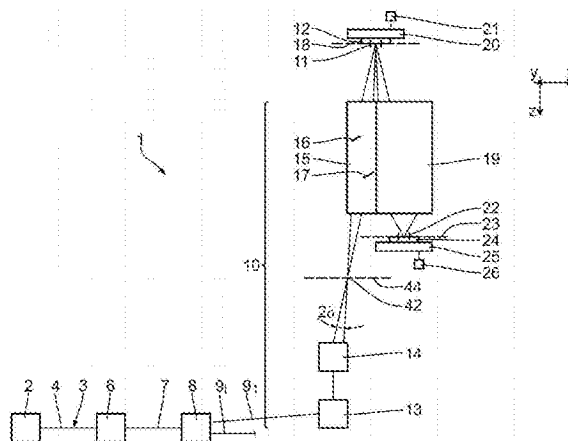
权利要求书2页 说明书20页 附图14页

(54)发明名称

EUV投射光刻的照明系统

(57)摘要

本发明涉及一种EUV投射光刻的照明系统，包含：光束成形光学单元(6)，用于从基于同步加速器辐射的光源(2)的EUV原始光束(4)产生EUV聚集输出光束(7)。解耦光学单元(8)用于从所述EUV聚集输出光束(7)产生多个EUV单独输出光束(9_i)。光束引导光学单元(10)用于在各个情况中引导各EUV单独输出光束(9_i)朝向物场(11)，光刻掩模(12)可布置在所述物场中。结果，照明系统高度无损失，并且同时灵活引导基于同步加速器辐射的光源的EUV光。



1. 一种EUV投射光刻的照明系统的偏转光学单元(13;35;36;37,38;39;40)
 - 包含多个偏转反射镜(D1至D4;D1至D5,D1至D6;D1至D8),EUV辐射(3)以掠入射在共同的偏转入射平面(xz)中连续地照射在所述多个偏转反射镜上,
 - 其中设置了用于掠入射的至少四个偏转反射镜(D1至D4),所述至少四个偏转反射镜在所述偏转入射平面(xz)中联合地具有多于70°的偏转效应,
 - 其中,所述偏转反射镜(D1至D8)的至少之一实施为凸柱形反射镜和/或所述偏转反射镜(D1至D8)的至少之一实施为凹柱形反射镜。
2. 如权利要求1所述的偏转光学单元,其特征在于,所述偏转反射镜(D1;D1至D8;D1至D4)的至少之一实施为能以驱动方式位移。
3. 如权利要求1或2所述的偏转光学单元,其特征在于,所述偏转反射镜(D1至D8)的至少之一实施为具有以驱动方式可变的曲率半径。
4. 一种EUV投射光刻的照明系统的光束引导光学单元(10),包括如权利要求1至3中任一项所述的偏转光学单元,其特征在于,所述光束引导光学单元(10)包含聚焦组合件(14;41;45;46;49;52;55),其将光束传输至所述光束引导光学单元(10)的中间焦点(42)。
5. 如权利要求4所述的光束引导光学单元(10),其特征在于,所述聚焦组合件(14;41;45;46;49;52;55)包含至少两个反射镜(47,48;50;51;53,54),即
 - 一方面至少一个椭球面反射镜(47;50;54),以及
 - 另一方面至少一个抛物面反射镜(53)或至少一个双曲面反射镜(48;51)。
6. 一种EUV投射光刻的照明系统,
 - 包含光束成形光学单元(6),用于从基于同步加速器辐射的光源(2)的EUV原始光束(4)产生EUV聚集输出光束(7),
 - 包含输出耦合光学单元(8),用于从所述EUV聚集输出光束(7)产生多个EUV单独输出光束(9_i),
 - 在各个情况中包含如权利要求4和5中任一项所述的光束引导光学单元(10),用于引导各EUV单独输出光束(9_i)朝向物场(11),光刻掩模(12)可布置在所述物场中。
7. 如权利要求6所述的照明系统,其特征在于,所述光束成形光学单元(6)实施为产生具有纵横比贡献 \sqrt{N} :1的EUV聚集输出光束(7),其中,所述输出耦合光学单元(8)和所述光束引导光学单元(10)的组合实施为随后产生N个EUV单独输出光束(9₁,9_N),其具有的纵横比贡献分别为1:1。
8. 如权利要求6或7所述的照明系统,包含EUV光源(12)。
9. 一种EUV光刻的投射曝光设备(1),
 - 包含如权利要求6至8中任一项所述的照明系统,
 - 包含用于将掩模母版(12)安装在物场(11)中的掩模母版保持器(20),照明系统的照明光(3)照射在所述掩模母版上,
 - 包含投射光学单元(19),用于将照明场(11)成像在像平面(23)中的像场(22)中,
 - 包含用于将晶片(24)安装在所述像平面(23)中的晶片保持器(25),使得布置在所述物场(11)中的掩模母版结构在投射曝光期间成像至布置在所述像场(22)中的晶片部分上。
10. 一种制造结构化部件的方法,包含以下方法步骤:

- 提供掩模母版(12)和晶片(24)，
 - 借助于如权利要求9所述的投射曝光设备(1)，将所述掩模母版(12)上的结构投射至所述晶片(24)的光敏层上，
 - 在所述晶片(24)上制造微结构或纳米结构。
- 11.一种根据如权利要求10所述的方法制造的结构化部件。

EUV投射光刻的照明系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 通过引用将德国专利申请10 2013 223 935.1的内容并入于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种EUV投射光刻的照明系统的偏转光学单元。本发明还涉及一种EUV投射光刻的照明系统的光束成形光学单元和光束引导光学单元。此外,本发明涉及一种EUV投射光刻的照明系统和EUV投射光刻的投射曝光设备。最后,本发明涉及一种制造结构化部件的方法和根据该方法制造的结构化部件。

背景技术

[0004] 从US 2011/0 014 799 A1、WO 2009/121 438 A1、US 2009/0 174 876 A1、US 6, 438,199 B1和US 6,658,084 B2已知包含照明系统的投射曝光设备。从DE 103 58 225B3和US 6,859,515 B已知EUV光源。US 2003/0002022 A1、DE 10 2009 025 655 A1、US 6,700, 952和US 2004/0140440 A已知EUV投射曝光设备的其它组成部件。已知EUV光源的其它参考发现于WO 2009/121438A1中。另外从US 2003/0043359 A1和US 5,896,438已知EUV照明光学单元。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于发展一种EUV投射光刻的照明系统的偏转光学单元、光束成形光学单元和光束引导光学单元,以及一种EUV投射光刻的照明系统,使得在没有损失的情况下并且同时灵活地以最大可能程度引导基于同步加速器辐射的光源的EUV光。

[0006] 根据本发明,这些目的通过具有权利要求1中指定特征的偏转光学单元,通过具有权利要求9中指定特征的光束引导光学单元,通过具有权利要求4 中指定特征的光束成形光学单元,以及通过具有权利要求11中指定特征的照明系统来达成。

[0007] 由基于同步加速器辐射的光源提供的EUV光或EUV辐射的光束引导由于通过这种光源发出的EUV未处理光束的特性而需要特定条件作用。该条件作用通过根据本发明的光束成形光学单元、输出冷却光学单元和光束引导光学单元以及通过单独光束引导组成部件(即,偏转光学单元和聚焦组合件)来确保。

[0008] 基于同步加速器辐射的光源可为自由电子激光器(FEL),波动器、摇摆器或x射线激光器。基于同步加速器辐射的光源可具有小于 0.1mm^2 的光学扩展量或甚至更小的光学扩展量。根据本发明的光学单元通常可以具有这种小光学扩展量的光源的发射来操作,而不依赖于是否包含基于同步加速器辐射的光源。

[0009] 光束成形光学单元提供对从未处理光束聚集的输出光束的预成形,从而准备用于经由输出耦合光学单元的随后输出耦合为单独的输出光束。所述单独的输出光束由光束引导光学单元引导至相应物场。这导致使用同一个基于同步加速器辐射的光源照明多个物场的可能性,这进而借助于同一个基于同步加速器辐射的光源来提供供应可用于制造微结构

或纳米结构部件(例如半导体芯片、尤其是存储器芯片)的多个投射曝光设备的可能性。

[0010] 借助于输出耦合光学单元和下游的光束引导光学单元,可确保针对不同EUV单独输出光束中辐射功率的各部分的可变强度分布。因此,可执行对供应的投射曝光设备的数量的适配和对相应投射曝光设备需要的光功率的适配。为了制造特定结构,对分别所需的光功率的不同要求那么还可通过照明系统的相应适配来实现。

[0011] 如权利要求1所主张的偏转光学单元导致由偏转光学单元偏转的EUV辐射的较低损失。

[0012] 用于掠入射的反射镜设计用于大于 60° 的入射角。入射角可甚至更大。

[0013] 用于掠入射的偏转反射镜中的至少一个可实施为凸柱形反射镜。用于掠入射的偏转反射镜中的至少一个可实施为凹柱形反射镜。偏转光学单元的实施例可包含比凸柱形反射镜更多数量的凹柱形反射镜。

[0014] 以平行方式入射到偏转光学单元中的EUV光束,尤其是EUV单独输出光束,在离开偏转光学单元之后可具有小于 1mrad 的发散度。这种偏转光学单元设计使得能够引导EUV光束较大距离。

[0015] 在如权利要求2所主张的偏转光学单元的情况下,光束引导光学单元的由偏转光学单元产生的纵横比贡献可适配于预定值。举例而言,纵横比的扩展因子可在值4与值5之间或在值1.5与值2之间,尤其是以连续可变方式变化。偏转光学单元的用于掠入射的偏转反射镜中的至少一个可实施为具有以驱动方式可变的曲率半径。偏转光学单元的光学效应对预定值的另一适配因此可实现。

[0016] 在如权利要求4所主张的光束成形光学单元的情况下,组入射平面可彼此垂直。光束成形光学单元的反射镜组可包含两个反射镜、三个反射镜或甚至更多的反射镜。使用具有不同组入射平面的更多反射镜组使得可在两个横向尺寸独立影响EUV辐射,以产生期望的纵横比。

[0017] 反射镜组可以伽利略望远镜的形式来设计。

[0018] 光束成形光学单元的反射镜可实施为例如凸柱形反射镜或凹柱形反射镜。

[0019] 用于掠入射的偏转反射镜设计用于大于 60° 的入射角。入射角可甚至更大。

[0020] 在如权利要求5所主张的布置提供在同一个反射镜组的例如为了产生期望的纵横比而必须提供大扩展因子的那些反射镜之间设置大距离的可能性。

[0021] 如权利要求6所主张的EUV辐射的入射角使得能够在EUV辐射通过光束成形光学单元时进行对EUV辐射的传输优化。

[0022] 如权利要求7所主张的入射角增加设计光束成形光学单元的灵活性,并且使得可例如将掠入射适配于入射EUV光束的预定束直径,以使反射镜大小保持在预定尺寸内。

[0023] 如权利要求8所主张的光束成形光学单元的设计使得可例如水平地引导入射至光束成形光学单元的光束和自光束成形光学单元发出的光束。

[0024] EUV聚集输出光束的发散度可小于EUV原始光束的发散度的一半。光束成形光学单元的相应设计使得能够引导EUV聚集输出光束较大距离。

[0025] 光束成形光学单元的至少一个反射镜可与最合适圆锥偏差至少 $5\mu\text{m}$ 。光束成形光学单元的至少一个反射镜可实施为自由形式表面。光束成形光学单元的相应反射镜设计增加将光束成形光学单元的光学效应适配于预定值的自由度。

[0026] 如权利要求9所主张的光束引导光学单元使得可引导EUV辐射通过穿过光阑或壁的相当小通道开口。这确保引导EUV辐射的不同室之间的期望分离。此外,在中间焦点下游,可使用与具有预定数值孔径的EUV照明光的中间焦点相配合的投射曝光设备的组合件。

[0027] 如权利要求10所主张的聚焦组合件可以类型I、类型II或类型III Wolter反射镜组的方式实施。聚焦组合件中的至少两个反射镜可顺序布置在EUV单独输出光束的光束路径中。

[0028] 聚焦组合件可实施为使得聚焦组合件沿EUV单独输出光束的光束路径的结构空间约为聚焦组合件的椭球面反射镜的主半轴的大小的两倍。聚焦组合件可实施为使得聚焦组合件沿EUV单独输出光束的光束路径的结构空间约为EUV单独输出光束进入聚焦组合件时的直径的大小的五十倍。聚焦组合件可实施为使得对于椭球面反射镜的次半轴 b 与椭球面反射镜的主半轴 a 的比 b/a ,以下适用: $0.7NA < b/a < 0.9NA$,其中 NA 表示聚焦组合件的中间焦点处的数值孔径。

[0029] 聚焦组合件可实施为使得其包含至少一个抛物面反射镜,其中对于椭球面反射镜的主半轴 a 与抛物面反射镜的焦距 f 的比 a/f ,以下适用: $a/f > 50$ 。

[0030] 聚焦组合件可实施为使得通过聚焦组合件的EUV单独输出光束的边缘光线所经历的最小偏转角不大于 5° 。

[0031] 所述目的进一步通过照明系统达成,该照明系统包含光束成形光学单元、输出耦合光学单元以及各个情况中的光束引导光学单元。光束成形光学单元和/或输出耦合光学单元和/或光束引导光学单元可尤其根据前述说明来实施。由针对各组成部件的说明,优点是显而易见的。

[0032] 如权利要求11所主张的包含光束成形光学单元和输出耦合光学单元的照明系统使得可提供多个EUV单独输出光束,其具有EUV光束直径的预定纵横比。一方面由光束成形光学单元提供,另一方面由输出耦合光学单元和下游的光束引导光学单元提供的纵横比贡献还可乘以期望的设定纵横比,例如乘以要照明的物场的纵横比。由原始光束产生多个单独输出光束的1:1的期望纵横比贡献首先分配为经由光束成形光学单元产生不等于1的纵横比贡献以及在将聚集输出光束分为多个单独输出光束之后,通过输出耦合光学单元和光束引导光学单元产生相应纵横比贡献。这使得在来自光源的EUV照明光的远到物场的路径上,可由EUV光束穿过的多个光学组合件带来适度纵横比变化。或者,利用光束成形光学单元,首先还可产生不同纵横比贡献,例如针对 N 条EUV输出光束,纵横比贡献为1: N 。那么,下游的输出耦合光学单元仍必须将因此产生的EUV聚集输出光束分开,不过不需要其自身的纵横比影响效应用于预定各情况中具有1:1的纵横比贡献的EUV单独输出光束。一方面由光束成形光学单元产生,另一方面由用于输出耦合光学单元和光束引导光学单元(用于产生数量为 N 的各情况中具有1:1的纵横比贡献的EUV单独输出光束)产生的纵横比贡献还可有不同分布。

[0033] 权利要求14所主张的投射曝光设备、权利要求15主张的制造方法以及权利要求16主张的结构化部件的优点对应于上文参考前述权利要求已解释的那些。

[0034] 照明系统的光源可为自由电子激光器(FEL)、波动器、摇摆器或x射线激光器。

[0035] EUV聚集输出光束可在使用的截面内具有强度分布,其在使用的截面的各个点处与均匀强度偏离小于10%。各EUV单独输出光束在偏转光学单元下游可具有相应均匀性。

[0036] 照明系统的所有反射镜可具有高反射涂层。

[0037] 光束成形光学单元、偏转光学单元和聚焦组合件为本发明必要的组合件，并且是自主的，即没有照明系统的其它组合件。

[0038] 权利要求的所有特征还可以不同组合彼此组合起来。

附图说明

[0039] 在下文中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：

[0040] 图1示意性显示EUV投射光刻的投射曝光设备；

[0041] 图2同样示意性显示根据图1的多个投射曝光设备的系统的EUV光束路径的引导部分，其来自于用于产生EUV原始光束的EUV光源，到达用于从EUV聚集输出光束产生多个EUV单独输出光束的输出耦合光学单元的下游；

[0042] 图3显示EUV光束路径的在光源与位于投射曝光设备的物场上游的照明光学单元中的光束引导之间的路程中的EUV辐射的截面比；

[0043] 图4显示用于从EUV原始光束产生EUV聚集输出光束的光束成形光学单元的侧视图；

[0044] 图5显示图4中的方向V上的另一侧视图；

[0045] 图6和7高度示意性地显示根据图4和5的光束成形光学单元，用于阐明由光束成形光学单元的反射镜带来的偏转角；

[0046] 图8和9以类似于图6和7的示图显示光束成形光学单元的另一实施例；

[0047] 图10和11以类似于图6和7的示图显示光束成形光学单元的另一实施例；

[0048] 图12以比图1和2不那么示意性地显示光束成形光学单元与作为用于引导各EUV单独输出光束朝向物场的光束引导光学单元的一部分的偏转光学单元之间的EUV光束路径，其中所述偏转光学单元位于EUV单独输出光束的光束路径中的输出耦合光学单元的下游；

[0049] 图13高度示意性地以平行于偏转反射镜上入射平面的截面图显示偏转光学单元的实施例，其在EUV单独输出光束中首先包含两个凸柱形反射镜、一个下游的平面反射镜和三个下游的凹柱形反射镜；

[0050] 图14以类似于图13的示图显示偏转光学单元的另一实施例，其包含一个凸柱形反射镜和在EUV光束路径中顺序跟随的三个凹柱形反射镜；

[0051] 图15以类似于图13的示图显示偏转光学单元的另一实施例，其包含在EUV光束路径中一个接着另一个顺序布置的一个凸柱形反射镜、一个平面反射镜和两个凹柱形反射镜；

[0052] 图16以类似于图13的示图显示偏转光学单元的另一实施例，其包含在EUV光束路径中一个接着另一个顺序布置的一个凸柱形反射镜、一个平面反射镜和三个凹柱形反射镜；

[0053] 图17以类似于图13的示图显示偏转光学单元的另一实施例，其包含在EUV光束路径中一个接着另一个顺序布置的一个凸柱形反射镜、两个下游的凹柱形反射镜、一个下游的平面反射镜和两个下游的凹柱形反射镜；

[0054] 图18以类似于图13的示图显示偏转光学单元的另一实施例，其包含在EUV光束路径中一个接着另一个顺序布置的一个凸柱形反射镜、一个下游的平面反射镜和在下游顺序

跟随的四个凹柱形反射镜；

[0055] 图19以类似于图13的示图显示偏转光学单元的另一实施例，其包含在EUV光束路径中一个接着另一个顺序布置的一个凸柱形反射镜、在下游顺序跟随的两个平面反射镜和在下游顺序跟随的三个凹柱形反射镜；

[0056] 图20显示偏转光学单元与中间焦平面之间的EUV单独输出光束之一的光束路径的截取部分，用于阐明聚焦组合件或用于引导相应EUV单独输出光束至物场的光束引导光学单元的输入耦合光学单元的功能；

[0057] 图21以类似于图20的示图示出输入耦合光学单元的另一实施例；

[0058] 图22显示Wolter I类型的输入耦合光学单元的实施例；

[0059] 图23显示Wolter II类型的输入耦合光学单元的实施例；

[0060] 图24显示Wolter III类型的输入耦合光学单元的实施例；

[0061] 图25显示Wolter III类型的输入耦合光学单元的另一实施例；

[0062] 图26至28显示光束成形光学单元的不同变型；

[0063] 图29显示束扩展组成部件的示意图。

具体实施方式

[0064] 微光刻的投射曝光设备1为包含多个投射曝光设备的系统的部分，图1示出所述多个投射曝光设备中的一个投射曝光设备1。投射曝光设备1用于制造微结构或纳米结构电子半导体部件。系统的所有投射曝光设备共用的光源或辐射源2发出的EUV辐射的波长范围例如介于2nm与30nm之间，尤其是介于2nm与15nm之间。光源2实施为自由电子激光器(FEL)。这涉及同步加速器辐射源或产生具有非常高辉度的相干辐射的基于同步加速器辐射的光源。WO 2009/121 438 A1中简述了描述这种FEL的公开物。可使用的光源2例如描述于Uwe Schindler的“Ein supraleitender Undulator mit elektrisch umschaltbarer Helizität (A superconducting undulator having electrically switchable helicity), Karlsruhe Research Center in the Helmholtz association, scientific reports, FZKA 6997, August 2004, in US 2007/0152171 A1 and in DE 103 58 225 B3”。

[0065] 光源2具有原始光束中小于 0.1mm^2 的初始光学扩展量。该光学扩展量为包含光源发射的光能的90%的相空间的最小体积。与之对应的光学扩展量的定义发现于EP 1 072 957 A2和US 6 198 793 B1中，它们指出光学扩展量通过使照明数据 x 、 y 和 NA^2 的相乘来获得，其中 x 和 y 为跨越照明的照明场的场尺寸， NA 为场照明的数值孔径。光源的比 0.1mm^2 甚至更小的光学扩展量是可能的，例如小于 0.01mm^2 的光学扩展量。

[0066] EUV光源2具有用于产生电子束的电子束供应装置和EUV产生装置。所述EUV产生装置通过电子束供应装置而被供应电子束。所述EUV产生装置实施为波动器。波动器可选择性地包含通过位移而可调的波动器磁体。波动器可包含电磁体。摇摆器也可设置在光源2的情况下。

[0067] 光源2具有2.5kW的平均功率。光源2的脉冲频率为30MHz。那么，各单独辐射脉冲承载 $83\mu\text{J}$ 的能量。考虑100fs的辐射脉冲长度，这对应于833MW的辐射脉冲功率。

[0068] 光源2的重复率可在千赫范围中，例如100kHz；或者在相对较低的兆赫范围中，例如3MHz；在中间兆赫范围中，例如30MHz；在较高兆赫范围中，例如300MHz；或者在千兆赫范

围,例如1.3GHz。

[0069] 下面使用笛卡尔xyz坐标系,以便于图解位置关系。这些示图中的x坐标与y坐标一起规律地跨越EUV照明和成像光3的光束截面。相应地,z方向规律地在照明和成像光3的光束方向上行进。x方向例如在图2和12中垂直地行进,即垂直于容纳投射曝光设备1的系统的建筑平面。图4至11中的坐标系围绕z轴关于z轴旋转90°。

[0070] 图1高度示意性地显示系统的投射曝光设备1之一的主要部件。

[0071] 光源2发射首先具有EUV原始光束4形式的照明和成像光3。图3在左边高度示意性地显示穿过具有1:1纵横比的EUV原始光束4的截面。总的来说,原始光束4呈现为具有高斯强度分布的光束,即截面为圆形的光束,这在图3中由虚边界线5示出。EUV原始光束4具有非常低的发射度。

[0072] 光束成形光学单元6(参见图1)用于从EUV原始光束4产生EUV聚集输出光束7。这在图1中非常高度示意性地示出,而在图2中稍微不那么高度示意性地示出。EUV聚集输出光束7具有非常低的发射度。图3在左边的第二截面示图中再次阐明EUV聚集输出光束7的纵横比。所述纵横比由光束成形光学单元6预定,其取决于系统内由光源供应的投射曝光设备1的数量N。由光束成形光学单元6产生的x/y纵横比通常为 $\sqrt{N}:1$,产生照明光3的矩形光束剖面,如图3所示。EUV聚集输出光束7具有均匀照明的矩形的形状。纵横比贡献 $\sqrt{N}:1$ 还可乘以期望的设定点纵横比,例如要照明物场的纵横比。

[0073] 图2示出N=4的系统设计,其中光源2因此为四个根据图1的投射曝光设备1类型的投射曝光设备供应照明光3。针对N=4,EUV聚集输出光束7的x/y纵横比为2:1。投射曝光设备1的数量N还可甚至更大,并且可高达例如10。

[0074] 在替代系统设计中,EUV聚集输出光束具有N:1的x/y纵横比。该比同样还可乘以期望的设定点纵横比。

[0075] 输出耦合光学单元8(参见图1和2)用于从EUV聚集输出光束7产生多个(即N个)EUV单独输出光束9_i至9_N(i=1……N)。

[0076] 图1显示所述EUV单独输出光束9中精确的一个,即输出光束9_i的另一引导。由同样在图1中示意性示出的输出耦合光学单元8产生的其它EUV单独输出光束9_i输送至系统的其它投射曝光设备。

[0077] 在输出耦合光学单元8下游,照明和成像光3由光束引导光学单元10(参见图1)引导朝向投射曝光设备1的物场11,所述物场中布置有掩模母版形式的光刻掩模12,作为要投射的物体。与光束引导光学单元10一起,光束成形光学单元6和输出耦合光学单元8构成投射曝光设备1的照明系统。

[0078] 按照照明光3(即,EUV单独输出光束9_i)的光束路径的顺序,光束引导光学单元10包含偏转光学单元13、聚焦组合件14形式的输入耦合光学单元和下游的照明光学单元15。照明光学单元15包含场分面反射镜16和光瞳分面反射镜17,其功能对应于从现有技术已知的功能并且因此仅极示意性地且在没有关联的EUV光束路径的情况下示于图1中。

[0079] 在场分面反射镜16处偏转之后,照明光3的使用的辐射光束(所述使用的辐射光束分为EUV子光束,其分配给场分面反射镜16地单独场分面(未示出))照在光瞳分面反射镜17上。光瞳分面反射镜17的光瞳分面(未示于图1中)为圆形的。所述光瞳分面之一分配给使用

的辐射光束的由场分面之一反射的各个子光束,使得被照射且都包含场分面之一和光瞳分面之一的一对分面预定用于使用的辐射光束的照明通道或光束引导通道。光瞳分面至场分面的逐通道分配的实现取决于投射曝光设备1的期望照明。因此,照明光3被引导,用于顺序经由包含场分面相应之一和光瞳分面相应之一的各对预定沿照明通道的各单独照明角。为了分别驱动预定的光瞳分面,场分面反射镜都单独地倾斜。

[0080] 经由光瞳分面反射镜17,以及(如果需要)经由例如三个EUV反射镜(未示出)构成的下游的传输光学单元,场分面成像在投射曝光设备1的投射光学单元9(同样示意性地示于图1中)的掩模母版或物平面18中的照明或物场11中。

[0081] 从经由场分面反射镜16的场分面的照明在所有照明通道上产生的单独照明角,导致通过照明光学单元15产生物场11的照明的照明角分布。

[0082] 在照明光学单元15的另一实施例中,尤其指定投射光学单元19的入瞳位于合适位置,还可省略物场11上游的传输光学单元的各反射镜,导致投射曝光设备1用于使用的辐射光束的传输率相应增加。

[0083] 反射使用的辐射光束的掩模母版12布置在物场11区域中的物平面中。掩模母版12由掩模母版保持器20承载,所述掩模母版保持器20以由掩模母版位移驱动器21驱动的方式可位移。

[0084] 投射光学单元19将物场11成像在像平面23中的像场22中。在投射曝光期间,晶片24布置在所述像平面23中,所述晶片具有光敏层,其在投射曝光期间由投射曝光设备1曝光。晶片24由晶片保持器25承载,其进而以由晶片位移驱动器26控制的方式可位移。

[0085] 在投射曝光期间,通过掩模母版位移驱动器21和晶片位移驱动器26的相应驱动在x方向上以同步方式扫描图1中掩模母版12和晶片24二者。在投射曝光期间,在x方向上以常规600mm/s的扫描速度扫描晶片。

[0086] 图4和5显示光束成形光学单元6的实施例。根据图4和5的光束成形光学单元6具有总共四个反射镜BS1、BS2、BS3和BS4,它们按照照明光3照射在它们上的顺序连续编号。图4以平行于xz平面的视图显示光束成形光学单元6。图5以平行于yz平面的视图显示光束成形光学单元6。

[0087] 图4和5中通过光束成形光学单元6的反射镜BS1至BS4产生的光束偏转的示图违背事实,因为图4中的反射镜BS1和BS4以及图5中的反射镜BS2和BS3均以平面图示出,反射面面向观察者。在实际情况中,图4中反射镜BS4的反射面和图5中反射镜BS3的反射面总是背向观察者。

[0088] 照明光3以掠入射照射在所有反射镜BS1至BS4。如果照明光3的主入射方向或主反射方向与照明光照射其上的相应反射镜的反射面截面的法线N之间的入射角 α 大于 60° ,则呈现掠入射。入射角 α 例如可大于 65° 、可大于 70° 以及还可大于 75° 。

[0089] 根据图4和5的光束成形光学单元6具有两个光束成形反射镜组27、28,即,首先是包含图4中还标为27₁和27₂的反射镜BS1和BS4的光束成形反射镜组27,以及包含图5中还标为28₁和28₂的反射镜BS2和BS3的光束成形反射镜组28。每一个反射镜组27、28具有共同的组入射平面。反射镜组27的入射平面平行于yz平面(图5中的示图平面)。反射镜组28的组入射平面平行于xz平面(图4中的示图平面)。反射镜组27、28的两个组入射平面在所示实施例中因此彼此不同,并且彼此垂直。

[0090] 光束成形反射镜组27用于在yz平面中光束成形EUV聚集输出光束7。光束成形反射镜组28用于在xz平面中光束成形EUV聚集输出光束7。

[0091] 光束成形反射镜组27和28原则上具有伽利略圆柱形望远镜的效应。为了实现光束剖面的再成形,例如从具有高斯强度分布的基本上圆形原始光束4再成形为在矩形使用截面内具有均匀强度分布的基本上矩形的EUV聚集输出光束7,光束成形反射镜组27和/或28的反射镜中的至少一些可设置有自由形式轮廓,即具有自由形式表面作为反射面。自由形式轮廓是不能描述为圆锥的高度轮廓。圆锥在此应理解为表示由两个正交方向上的不同圆锥描述的表面形状,这种表面形状的一个示例实圆柱形。自由形式轮廓不能由这种圆锥描述。光束成形光学单元6的一个或多个反射镜的高度轮廓的偏差可大于1微米(μm),尤其大于5微米,尤其大于20微米。

[0092] 包含反射镜BS2和BS3的反射镜组28大体上布置在另一反射镜组27的第一反射镜BS1下游与所述另一反射镜组27的第二且最后反射镜BS4上游的光束路径中。

[0093] 取决于光束成形光学单元6的实施例,照明光3的入射角在反射镜组27、28之一的所有反射镜上可具有相同的大小,或者在反射镜组27、28之一的至少两个反射镜上可具有不同大小。在该情况下,入射角被理解为表示在EUV原始光束4中央行进的光线的入射角。

[0094] 反射镜BS1实施为凸柱形反射镜,其圆柱轴平行于x轴行进。反射镜BS2实施为凹柱形反射镜,其圆柱轴平行于y轴行进。反射镜BS3实施为凹柱形反射镜,其圆柱轴平行于y方向行进。反射镜BS4实施为凹柱形反射镜,其圆柱轴平行于x轴行进。

[0095] 与反射镜组28在y维度上的扩展效应相比,反射镜组27提供原始光束光束直径的因子为2的在x维度的扩展。另外,两个反射镜组27、28用于成形EUV聚集输出光束7的矩形截面轮廓。

[0096] 图6至11显示光束成形光学单元6的其它实施例。这些实施例在经由多种光束成形反射镜BS i ($i=1\cdots$)产生的偏转角的顺序方面不同。因此,在图6至11中,在各情况中仅示出反射镜BS i 的偏转效应,而并未实体示出反射镜本身。

[0097] 关于照明光3在反射镜BS1至BS4上的入射角以及还关于反射镜BS1至BS4至反射镜组27、28的分配,根据图6和7的光束成形光学单元6的实施例对应于根据图4和5的实施例。在根据图6和7的实施例的情况中,照明光3在反射镜BS1至BS4处的入射角 α 对于所有这些反射镜而言是相同的。因此,EUV聚集输出光束7的主光束方向与入射在光束成形光学单元6中的EUV原始光束4的主光束方向相同。

[0098] 图8和9显示可用来代替根据图4至7的光束成形光学单元6的光束成形光学单元29的另一实施例。在光束成形光学单元29的情况中,与上文参考光束成形光学单元6解释的组成部件和功能对应的组成部件和功能具有相同参考符号,并不再详细讨论。

[0099] 与光束成形光学单元6相比,EUV辐射在反射镜BS1至BS4上的不同入射角 α 、 β 呈现在光束成形光学单元29的情况中。反射镜BS1和BS2在各情况中以入射角 α 反射,使得光束成形光学单元29的远到第三反射镜BS3的光束路径对应于光束成形光学单元6的光束路径。在反射镜BS3和BS4处,照明光3以与入射角 α 相比更小的入射角 β 反射。这具有以下效应:自光束成形光学单元29发出的EUV聚集输出光束7的主光束方向不与z方向平行行进,而是在xz平面和yz平面中关于与z方向平行行进的入射方向形成非零角。

[0100] 在光束成形光学单元29的最后两个反射镜BS3和BS4处的较小入射角 β 使得实现

所述最后两个反射镜BS3和BS4的结构上更小的实施例,即具有小扩展反射面的实施例。这对于光束成形光学单元29的所述最后两个反射镜BS3和BS4而言,比对于两个第一位的反射镜BS1和BS2而言具有更大的重要性,因为在最后反射镜BS3和BS4位置处,与入射的EUV原始光束相比,照明光已在截面显著扩展。

[0101] 图10和11显示用来代替光束成形光学单元6、29的光束成形光学单元30的另一实施例。在光束成形光学单元30的情况中,与上文参考光束成形光学单元6、29解释的组成部件和功能对应的组成部件和功能具有相同参考符号,并不再详细讨论。

[0102] 光束成形光学单元30具有总共五个光束成形反射镜BS1、BS2、BS3、BS4、BS5,它们再次按照光束成形光学单元30内照明光3照射在它们上的顺序连续编号。反射镜BS1、BS2和BS5属于光束成形光学单元30的具有yz入射平面的第一反射镜组27。两个剩余的反射镜BS4和BS5属于具有xz入射平面的反射镜组28。

[0103] 在第一反射镜BS1处反射之后,光束成形光学单元30中照明光3的光束路径对应于光束成形光学单元29的光束路径,其中,光束成形光学单元30的反射镜BS2至BS5因而具有光束成形光学单元29的反射镜BS1至BS4的功能。

[0104] 照明光3,即EUV原始光束4以高度掠入射照射在光束成形光学单元30的第一反射镜BS1上。照明光3在光束成形光学单元30的第一反射镜BS1上的入射角 γ 因此大于入射角 α 。入射角 γ 的大小使得其精确补偿yz平面中由一方面在反射镜BS1和BS2之间,另一方面在反射镜BS5下游的照明光3所显现的照明光3的光束方向差异,使得照明光3在自光束成形光学单元30发出之后在yz平面中的主光束方向平行于在进入光束成形光学单元30时在yz平面中的主光线方向,即平行于z方向。

[0105] 在光束成形光学单元30上游和下游,照明光3平行于系统容纳其中的建筑物的建筑物顶板行进。

[0106] 在投射到光束成形光学单元30的反射镜组27的组入射平面yz上后,由光束成形光学单元30产生的EUV聚集输出光束7在与入射到光束成形光学单元30中的EUV原始光束4相同的方向(即z方向)上行进,在该反射镜组27中,单独反射镜27₁(BS1)、27₂(BS2)和27₃(BS5)具有不同的入射角,即 γ 、 α 和 β 。

[0107] 光束成形光学单元6和30的最后反射镜BS4和BS5的反射面的典型截面尺寸分别为1m至1.5m,其中这些反射镜通常具有第一近似为矩形的反射面,指定的截面尺寸涉及两个轴中较长的一个。光束成形光学单元的第一反射镜BS1的反射面的典型截面尺寸为20mm至100mm。

[0108] 在离开光束成形光学单元6或30之后,EUV聚集输出光束7的光线基本平行行进。EUV聚集输出光束7的发散度可小于10mrad,尤其小于1mrad,尤其小于100 μ rad,尤其小于10 μ rad。

[0109] 图2和12显示用于由EUV聚集输出光束7产生EUV单独输出光束9的输出耦合光学单元8的示例。输出耦合光学单元具有多个输出耦合反射镜31₁、31₂……,它们分配给EUV单独输出光束9₁、9₂……并将所述EUV单独输出光束从EUV聚集输出光束7中耦合出。图2显示输出耦合反射镜31的布置,使得照明光3在耦合出期间由输出耦合反射镜31偏转90°。优选的是其中输出耦合反射镜31以照明光3的掠入射操作的实施例,如图12示意性显示。在根据图2的实施例中,照明光3在输出耦合反射镜31上的入射角 α 约70°,但是还可甚至显著大于70°,

例如约为 85° ，使得与EUV聚集输出光束7的入射方向相比，EUV单独输出光束9通过相应输出耦合反射镜31的有效偏转为 10° 。

[0110] 输出耦合反射镜31_i中的每一个热联接至吸热设备(未更详细示出)。

[0111] 图2显示输出耦合光学单元8,其具有总共四个输出耦合反射镜31₁至31₄。图12显示输出耦合光学单元8的变型,其具有总共三个输出耦合反射镜31₁至31₃。输出耦合反射镜31还可具有不同的数量N,这取决于要由光源2供应的投射曝光设备1的数量N,例如 $N=2$ 或 $N>4$,尤其 $N\geq 8$ 。

[0112] 在耦合出之后,各个EUV单独输出光束9具有的x/y纵横比为 $1/\sqrt{N}:1$ 。图3右边的第二截面视图示出具有该纵横比的EUV单独输出光束9之一。对于 $N=4$ 的情况,x/y纵横比因此为1:2。同样,该纵横比贡献还可乘以期望的设定点纵横比。

[0113] 输出耦合反射镜31_i ($i=1,2,\dots$) 在EUV聚集输出光束7的光束方向上以偏移方式一个接着一个布置在EUV聚集输出光束7的光束路径中,使得相应最接近的输出耦合反射镜31_i反射EUV聚集输出光束7的边缘截面部分并因此将所述截面部分作为EUV单独输出光束从飞过所述输出耦合反射镜31_i的剩余EUV聚集输出光束7中耦合出。从边缘的输出耦合由随后的输出耦合反射镜31_{i+1}……重复,直到EUV聚集输出光束7的最后仍剩余的截面部分被耦合出。

[0114] 在EUV聚集输出光束7的截面中,在分离线32处完成分配给EUV单独输出光束9_i的截面部分之间的分离,所述分离线平行于y轴行进,即平行于EUV聚集输出光束7的x/y矩形截面的短边。

[0115] EUV单独输出光束9_i的分离可以以下方式完成:在各情况中,在光束路径中最远离下一个光学组成部件的截面部分被隔断。这尤其促进输出耦合光学单元8的耦合。

[0116] 照明光3的光束路径中位于输出耦合光学单元8下游的偏转光学单元13首先用于偏转EUV单独输出光束9,使得它们在偏转光学单元13下游各具有竖直光束方向,其次用于将EUV单独输出光束9的x/y纵横比适配于1:1的x/y纵横比,如图3中最右边所示。同样,该纵横比贡献还可乘以期望的设定点纵横比。因此,上述x/y纵横比是乘以设定点纵横比(例如,矩形或弓形物场的纵横比)产生期望的实际纵横比的纵横比贡献。上述x/y设定点纵横比可为照明光学单元15的第一位光学元件的纵横比。上述x/y设定点纵横比可为照明光3在照明光学单元15的中间焦点42处的角的纵横比。

[0117] 对于EUV单独输出光束9的竖直光束路径呈现在输出耦合光学单元8下游的情况,偏转光学单元13的偏转效应可省略,并且关于EUV单独输出光束9的x/y纵横比的适配效应就足够。

[0118] 偏转光学单元13下游的EUV单独输出光束9可以以下方式通过:如果需要,在通过聚焦组合件14之后,EUV单独输出光束9以一角度入射到照明光学单元15中,其中该角度允许有效地折叠照明光学单元。在偏转光学单元13下游,EUV单独输出光束9_i可以关于垂线的 0° 至 10° ,以关于垂线的 10° 至 20° 或以关于垂线的 20° 至 30° 通过。

[0119] 下文参考图13至19描述偏转光学单元13的多种变型。在该情况中,照明光3示意性地示为单个光线,即省略了光束示图。

[0120] 在通过偏转光学单元之后,EUV单独输出光束9_i的发射度小于10mrad、尤其小于1mrad、尤其小于100 μ rad,即EUV单独输出光束9_i的光束中的两个任意光线之间的角度小于

20mrad、尤其小于2mrad、尤其小于200 μ rad。对以下所描述的变型而言，上述得到满足。

[0121] 根据图13的偏转光学单元13以约75°的偏转角偏转耦合出的EUV单独输出光束9的全部。因此，EUV单独输出光束9以关于水平线(xy平面)的约15°的角入射到根据图13的偏转光学单元13上，并且以平行于图13中的x轴的光束方向离开偏转光学单元13。偏转光学单元13具有EUV单独输出光束9的约55%的总传输率。

[0122] 根据图13的偏转光学单元13具有总共六个偏转反射镜D1、D2、D3、D4、D5和D6，它们按照光束路径中照明光3照射在它们上的顺序连续编号。从偏转反射镜D1至D6，在各个情况中仅穿过其反射面的截面被示意性示出，其中各反射面的曲率以极夸大方式示出。照明光3在平行于xz平面的共同偏转入射面中以掠入射照射在根据图13的偏转光学单元13的所有反射镜D1至D6上。

[0123] 反射镜D1和D2实施为凸柱形反射镜，其具有平行于y轴的圆柱轴。反射镜D3实施为平面反射镜。反射镜D4至D6实施为凹柱形反射镜，再次具有平行于y轴的圆柱轴。

[0124] 凸柱形反射镜还称为穹顶反射镜。凹柱形反射镜还称为中凹反射镜。

[0125] 反射镜D1至D6的组合光束成形效应使得x/y纵横比由值 $1/\sqrt{N}$:1调适为值1:1。因此，在x维度，在比率方面，光束截面以因子 \sqrt{N} 伸展。

[0126] 偏转反射镜D1至D6中的至少一个或所有的偏转反射镜D1至D6可实施为通过分配的致动器34在x方向和/或z方向上可位移。因此，可导致首先偏转效应的适配，其次偏转光学单元13的纵横比适配效应的适配。替代地或附加地，偏转反射镜D1至D6中的至少一个可实施为关于其曲率半径可适配的反射镜。为此目的，各反射镜D1至D6可由通过致动器系统(未在图中示出)关于彼此可位移的多个单独反射镜构造。

[0127] 包含投射曝光设备1的系统的多种光学组合件可适应性地实施。因此，可在中央预定有多少投射曝光设备1意在从光源2供应EUV单独输出光束 9_i ，各EUV单独输出光束9在通过相应偏转光学单元13之后意在呈现什么样的能量比和什么样的光束几何形状。取决于预定值，EUV单独输出光束 9_i 可在它们的强度以及它们的设定点x/y纵横比上不同。特别地，通过适应性地设置输出耦合反射镜 31_i ，可改变EUV单独输出光束 9_i 的能量比，以及通过适应性地设置偏转光学单元13，可在EUV单独输出光束 9_i 通过偏转光学单元13之后保持EUV单独输出光束 9_i 的大小和纵横比不变。

[0128] 下文参考图14至19描述代替根据图13的偏转光学单元13用于包含N个投射曝光设备1的系统中的偏转光学单元的其它实施例。与上文参考图1至13，尤其参考图13解释的组成部件和功能对应的组成部件和功能具有相同参考符号，并不再详细讨论。

[0129] 根据图14的偏转光学单元25在照明光3的光束路径中具有总共四个反射镜D1、D2、D3、D4。反射镜D1实施为凸柱形反射镜。反射镜D2至D4实施为凹柱形反射镜。

[0130] 更精确的光学数据可从以下表中获悉。在该情况中，第一列表示各反射镜D1至D4的曲率半径，第二列表示各反射镜D1至D3与各自随后的反射镜D2至D4之间的距离。所述距离涉及由EUV单独输出光束 9_i 内的中央光线在相应反射之间覆盖的距离。在该表和随后的表中使用的单位都为mm，除非另外说明。在该情况中的EUV单独输出光束 9_i 入射至具有10mm的半径 $d_{in}/2$ 的偏转光学单元13中。

[0131]

	曲率半径	到下一个反射镜的距离
--	------	------------

D1	2922.955800	136.689360
D2	-49802.074797	244.501473
D3	-13652.672229	342.941568
D4	-22802.433560	

[0132] 关于图14的表

[0133] 根据图14的偏转光学单元35以因子3扩展x/y纵横比。

[0134] 图15示出偏转光学单元36的另一实施例,其同样包含四个反射镜D1至D4。反射镜D1为凸柱形反射镜。反射镜D2为平面反射镜。反射镜D3和D4为具有相同曲率半径的两个圆柱形反射镜。

[0135] 更精确的数据可从以下表获悉,所述表在布局方面对应于关于图14的表。

[0136]

	曲率半径	到下一个反射镜的距离
D1	5080.620899	130.543311
D2	0.000000	187.140820
D3	-18949.299940	226.054877
D4	-18949.299940	

[0137] 关于图15的表

[0138] 根据图15的偏转光学单元36以因子2扩展EUV单独输出光束9的x/y纵横比。

[0139] 图16示出偏转光学单元37的另一实施例,其包含五个反射镜D1至D5。第一个反射镜D1为凸柱形反射镜。第二个反射镜D2为平面反射镜。其它反射镜D3和D5为三个圆柱形反射镜。

[0140] 更精确的数据可从以下表获悉,所述表在布局方面对应于关于图14和15的表。

[0141]

	曲率半径	到下一个反射镜的距离
D1	3711.660251	172.323866
D2	0.000000	352.407636
D3	-27795.782391	591.719804
D4	-41999.478002	717.778100
D5	-101011.739006	

[0142] 关于图16的表

[0143] 根据图16的偏转光学单元37以因子5扩展EUV单独输出光束9的x/y纵横比。

[0144] 偏转光学单元37的另一实施例与根据图16的实施例的区别仅在于曲率半径和反射镜距离,它们示于以下表中:

[0145]

	曲率半径	到下一个反射镜的距离
D1	4283.491081	169.288384
D2	0.000000	318.152124
D3	-26270.138665	486.408438
D4	-41425.305704	572.928893

D5	-91162.344644	
----	---------------	--

[0146] 表“关于图16的替代设计”

[0147] 与根据图16的第一个实施例相比,该替代设计具有用于x/y纵横比的扩展因子4。

[0148] 偏转光学单元37的又一实施例与根据图16的实施例的区别在于曲率半径和反射镜距离,它们示于以下表中:

[0149]

	曲率半径	到下一个反射镜的距离
D1	5645.378471	164.790501
D2	0.000000	269.757678
D3	-28771.210382	361.997270
D4	-55107.732703	424.013033
D5	-55107.732703	

[0150] 表关于图16的“又一替代设计”

[0151] 与上述实施例相比,该另一替代设计具有用于x/y纵横比的扩展因子3。最后两个反射镜D4和D5的曲率半径相同。

[0152] 图17显示包含六个反射镜D1至D6的偏转光学单元38的另一实施例。第一反射镜D1为凸柱形反射镜。接着的两个偏转反射镜D2、D3都为具有相同曲率半径的凹柱形反射镜。接着的偏转反射镜D4为平面反射镜。偏转光学单元38的最后两个偏转反射镜D5、D6再次为具有相同曲率半径的凹柱形反射镜。

[0153] 更精确的数据可从以下表获悉,所述表在布局方面对应于关于图16的表。

[0154]

	曲率半径	到下一个反射镜的距离
D1	7402.070457	197.715713
D2	-123031.042588	332.795789
D3	-123031.042588	459.491141
D4	0.000000	608.342998
D5	-87249.129389	857.423893
D6	-87249.129389	

[0155] 关于图17的表

[0156] 偏转光学单元38具有用于x/y纵横比的扩展因子5。

[0157] 图18显示包含六个反射镜D1至D6的偏转光学单元39的另一实施例。偏转光学单元39的第一反射镜D1为凸柱形反射镜。下游的第二偏转反射镜D2为平面反射镜。下游的偏转反射镜D3至D6都为凹柱形反射镜。一方面反射镜D3和D4的曲率半径与另一方面反射镜D5的曲率半径相同。

[0158] 更精确的数据可从以下表获悉,所述表在布局方面对应于关于图17的表。

[0159]

	曲率半径	到下一个反射镜的距离
D1	7950.882348	196.142128
D2	0.000000	322.719989

D3	-207459.983757	451.327919
D4	-207459.983757	627.317787
D5	-90430.481262	839.555523
D6	-90430.481262	

[0160] 关于图18的表

[0161] 偏转光学单元39具有用于x/y纵横比的扩展因子5。

[0162] 在关于图18的替代设计中,反射镜顺序凸/平面/凹/凹/凹/凹与上述偏转光学单元39的实施例正好一样。该关于图18的替代设计的不同之处在于特定的曲率半径和反射镜距离,如以下表中所示:

[0163]

	曲率半径	到下一个反射镜的距离
D1	10293.907897S	192.462359
D2	0.000000S	285.944981
D3	-101659.408806S	360.860262
D4	-101659.408806S	451.967976
D5	-101659.408806S	517.093086
D6	-101659.408806	

[0164] 表“关于图18的替代设计”

[0165] 该关于图18的替代设计具有用于EUV单独输出光束9的x/y纵横比的扩展因子4。

[0166] 图19显示包含六个反射镜D1至D6的偏转光学单元40的另一实施例。偏转光学单元40的第一反射镜D1为凸柱形反射镜。两个下游的偏转反射镜D2和D3为平面反射镜。偏转光学单元40的下游的偏转反射镜D4至D6为凹柱形反射镜。最后两个偏转反射镜D5和D6的曲率半径相同。

[0167] 更精确的数据可从以下表获悉,所述表在布局方面对应于关于图18的表。

[0168]

	曲率半径	到下一个反射镜的距离
D1	8304.649871	195.440359
D2	0.000000	314.991402
D3	0.000000	435.995630
D4	-237176.552267	622.135962
D5	-85355.457233	852.531832
D6	-85355.457233	

[0169] 关于图19的表

[0170] 偏转光学单元40具有用于x/y纵横比的扩展因子5。

[0171] 在另一变型(未示出)中,偏转光学单元具有总共八个反射镜D1至D8。EUV单独输出光束9的光束路径中两个前面的偏转反射镜D1和D2为凹柱形反射镜。四个下游的偏转反射镜D3至D6为凸柱形反射镜。该偏转光学单元的最后两个偏转反射镜D7和D8再次为凹柱形反射镜。

[0172] 这些反射镜D1至D8以与图13中反射镜D1相当的方式连接至致动器34,通过该致动

器可预定相邻反射镜D1至D8之间的距离。

[0173] 以下表显示包含所述八个反射镜D1至D8的该偏转光学单元的设计,其中除了曲率半径,还示出针对突出的EUV单独输出光束 9_i 的不同半径 $d_{out}/2$ 的反射镜距离。在该情况中,EUV单独输出光束以10mm的半径 $d_{in}/2$ 入射到包含八个反射镜D1至D8的偏转光学单元中,使得根据所示距离值,实现偏转的EUV单独输出光束 9_i 的x/y纵横比的扩展因子为4.0、4.5和5.0。

[0174]

	曲率半径 [mm]	40 mm 半径	针对 45 mm 半径的距离 [mm]	50 mm 半径
D1	-24933.160828	233.314949	313.511608	355.515662
D2	-96792.387128	261.446908	184.453510	159.189884
D3	13933.786194	120.747224	278.984993	124.048048
D4	7248.275614	150.818354	311.248621	385.643707
D5	29532.874950	204.373669	219.654058	296.180993

[0175]

D6	100989.002210	872.703663	698.841397	665.602749
D7	-87933.616578	1176.395997	1462.002885	1318.044212
D8	-79447.352117			

[0176] 在偏转光学单元的另一实施例(同样未示出)中,四个反射镜D1至D4出现。EUV单独输出光束 9_i 的光束路径中的第一反射镜D1和第三反射镜D3实施为凸柱形反射镜,两个其它反射镜D2和D4实施为凹柱形反射镜。除了曲率半径,以下表还示出针对EUV单独输出光束 9_i 的10mm的输入半径 $d_{in}/2$ 计算的距离值,即导致在通过包含四个反射镜D1至D4的该偏转光学单元时针对1.5的纵横比(半径 $d_{out}/2$ 为15mm)、1.75的纵横比(半径 $d_{out}/2$ 为17.5mm)和2.0

的纵横比(半径 $d_{out}/2$ 为20mm)的扩展系数。

[0177]

	曲率半径 [mm]	15 mm 半 径	针对 17.5 mm 半径的距 离[mm]	20 mm 半 径
D1	112692.464497	1718.226630	6884.616863	7163.537958
D2	-488601.898900	250.044362	205.433074	3185.838011
D3	112362.082498	1439.444519	263.976778	175.458248
D4	-86905.078626			

[0178] 偏转光学单元13可设计为使得平行入射光再次平行地离开偏转光学单元。以平行入射进入偏转光学单元13的EUV单独输出光束 9_i 的光线方向在离开偏转光学单元之后的偏差可小于10mrad、尤其小于1mrad、尤其小于10 μ rad。

[0179] 偏转光学单元13的反射镜 D_i 还可实施为没有屈光力,即以平面方式实施。这尤其在EUV聚集输出光束7的x/y纵横比具有N:1的纵横比时是可能的,其中N为光源2所供应的投射曝光设备1的数量。所述纵横比还可乘以期望的设定点纵横比。

[0180] 由没有屈光力的反射镜 D_i 构成的偏转光学单元13可包含三个至十个反射镜,尤其是四个至八个反射镜,尤其是四个或五个反射镜。

[0181] 光源2可发射线偏振光;照明光3在照射至偏转光学单元13的反射镜时的偏振方向(即电场强度矢量方向)可垂直于入射平面。由没有屈光力的反射镜 D_i 构成的偏转光学单元13可包含少于三个的反射镜,尤其是一个反射镜。

[0182] 在光束引导光学单元10中,聚焦组合件41设置在相应EUV单独输出光束9的光束路径中的相应偏转光学单元的下游,所述聚焦组合件还示为输入耦合光学单元。

[0183] 图20示意性地显示用于EUV单独输出光束 9_i 之一的输入耦合光学单元的功能。聚焦组合件41将相应EUV单独输出光束 9_i 传输至光束引导光学单元10的中间焦点42。中间焦点42布置在用于照明光3的通口43的位置处。通口43可实施在其中容纳包含投射曝光设备1的系统的建筑物的建筑物顶板中。所述建筑物顶板在光束引导光学单元10的中间焦平面44(还示于图1中)中延伸。

[0184] 聚焦组合件41具有针对中央主光线CR的约10°的有效偏转角。

[0185] 在另一构造中,聚焦组合件41具有针对中央主光线CR的介于 $\delta/2$ 与 δ 中间的有效偏转角, δ 为中间焦点42处中央主光线与边缘光线之间的角。 δ 的正弦还称为辐射3在中间焦点42处的数值孔径(NA)。

[0186] 图21示出可用于代替根据图20的聚焦组合件41的替代聚焦组合件45的聚焦效应。与聚焦组合件41相比,聚焦组合件45将xz入射平面中入射的EUV单独输出光束 9_i 的所有单独光线偏转至同一偏转方向,即朝向负y值。EUV单独输出光束 9_i 的示于图21最左边的聚焦

的单独光线46的最小偏转角由图21中的 α 表示,并为 5° 或更小。

[0187] 聚焦组合件45具有针对中央主光线CR的约 20° 的有效偏转角。

[0188] 在另一构造中,聚焦组合件45具有针对中央主光线CR的介于 $\delta/2$ 与 δ 中间的有效偏转角, δ 为中间焦点42处中央主光线与边缘光线之间的角。

[0189] 下文参考图22至25解释可用于聚焦组合件41或45的聚焦组合件实施例变型。

[0190] 图22至25都示出穿过涉及的反射镜反射面的子午截面。所述反射镜表面的使用的反射部分通过粗线而突出。为了阐明表面设计椭球面-双曲面/抛物面,对于各反射镜形状,特征母表面切割同样由较细线描绘。

[0191] 根据图22的聚焦组合件46具有位于相应EUV单独输出光束 9_i 的光束路径下游的两个反射镜,即前面的椭球面反射镜47和下游的双曲面反射镜48。

[0192] EUV单独输出光束 9_i 的中央主光线CR的有效偏转角在聚焦组合件46的情况中约为 50° 。在两个反射镜47和48处反射时的中央主光线CR的偏转角在聚焦组合件46的情况中相加。

[0193] 反射镜47和48实施为凹反射镜。聚焦组合件46以I型Wolter聚光器的形式实施。关于Wolter聚光器的不同类型的信息发现于H.Wolter的“*Spiegelsysteme streifenden Einfall als abbildende Optiken für Röntgenstrahlen* (Grazing incidence mirror systems as imaging optical units for X-rays), *Annalen der Physik*, volume 10, pages 94 to 114, 1952”。

[0194] 在替代构造中,EUV输出光束 9_i 的中央主光线CR的有效偏转角在聚焦组合件46的情况中小于 40° 、尤其小于 30° 、尤其小于 15° 、尤其小于 10° 。

[0195] 在替代构造中,EUV输出光束 9_i 的中央主光线CR的有效偏转角在聚焦组合件46的情况中小于中间焦点42处中央主光线CR与边缘光线之间的角的两倍。

[0196] 根据图23的聚焦组合件49同样包含两个反射镜,即前面的椭球面反射镜50和下游的双曲面反射镜51。

[0197] 反射镜50为凹的,反射镜51为凸的。

[0198] 在反射镜50和51处反射时的中央主光线CR的偏转角在聚焦组合件49的情况中相减。

[0199] 中央主光线CR的有效偏转角在聚焦组合件49的情况中约为 30° 。

[0200] 聚焦组合件49以II型Wolter聚光器的形式实施。

[0201] 在替代构造中,聚焦组合件49具有的中央主光线CR的有效偏转角最大为 20° ,尤其最大为 15° ,尤其最大为 10° 。

[0202] 在聚焦组合件49的一个构造中,中央主光线CR的有效偏转角小于中间焦点42处中央主光线CR与边缘光线之间的角的两倍。

[0203] 根据图24的聚焦组合件52同样具有在EUV单独输出光束 9_i 的光束路径中一个设置在另一个下游的两个反射镜,即前面的抛物面反射镜53和下游的椭球面反射镜54。

[0204] 反射镜53为凸的,反射镜54为凹的。

[0205] 在反射镜53和54处反射时的中央主光线CR的偏转角在聚焦组合件52的情况中相减。

[0206] 中央主光线CR的有效偏转角在聚焦组合件52的情况中约为 50° 。

[0207] 聚焦组合件52以III型Wolter聚光器的形式实施。

[0208] 图25显示聚焦组合件52的另一实施例,其同样以III型Wolter聚光器的形式实施。上文参考根据图21至24的聚焦组合件,尤其参考根据图24的聚焦组合件所解释的组成部件和功能具有相同的参考符号,并不再详细讨论。

[0209] EUV单独输出光束 9_i 的输出发射度由EUV单独输出光束 9_i 在中间焦点42处的数值孔径NA预定。取决于所述数值孔径NA,可将以下近似指定用于根据图25的聚焦组合件的传输率T:

$$[0210] \quad T=1-0.9NA$$

[0211] 在该情况中,将数值孔径NA定义为中间焦点42处主光线与边缘光线之间的角的正弦。等同定义规定NA为光束发散角的一半的正弦。

[0212] 描述椭球面反射镜54的反射面的椭球的主半轴具有长度a。聚焦组合件55所需的结构空间2a具有典型尺寸2a。

[0213] 典型结构空间尺寸2a约为EUV单独输出光束 9_i 在入射至聚焦组合件55时的光束直径d的五十倍。该比率至多较弱地取决于中间焦点42处的数值孔径NA。

[0214] 椭球面反射镜54的反射面的典型尺寸同样为a。考虑到椭球面反射镜54的反射面的典型范围为1.4m,对于光束直径d而言,遵循的是约60mm的直径。

[0215] 椭球面反射镜54具有短半轴b。所述短半轴b垂直于图25的示图平面。对于半轴的比 b/a ,以下适用:

$$[0216] \quad b/a \sim 0.8NA$$

[0217] 在该情况下,NA为中间焦点42处的数值孔径。

[0218] 抛物面反射53具有焦距f。对于椭球面反射镜54的长半轴a与抛物面反射的焦距f的比,以下适用:

$$[0219] \quad a/f > 50$$

[0220] 在通过投射曝光设备1制造微结构或纳米结构部件期间,首先提供掩模母版12和晶片24。之后,借助于投射曝光设备1,将掩模母版12上的结构投射至晶片24的光敏层上。通过显影光敏层,将微结构或纳米结构制造在晶片24上,因此制造微结构或纳米结构部件,例如存储芯片形式的半导体部件。

[0221] 下面描述投射曝光设备1、尤其是光束成形光学单元6的其它方面。

[0222] 一般来说,光束成形光学单元6用于从原始光束4成形聚集输出光束7,其还称为传输光束。通过输出耦合光学单元8,将聚集输出光束7分为单独输出光束 9_i ,其被引导至不同的扫描仪。

[0223] 传输光束可易于传输较大距离。为此目的,有利的是,传输光束具有非常小的发散度。这是有利的,因为光束成形光学单元6和扫描仪、尤其是扫描仪的照明光学单元15之间的距离无需是已知的。

[0224] 为了能够沿着扫描仪更轻易地分离传输光束,如果其不具有高斯分布(如通常用于原始光束4的情况),而是具有基本上均匀的强度分布,则是有利的。如上所述,这可通过光束成形光学单元6、尤其是通过在自由形式表面处的反射来实现。

[0225] 具有均匀强度分布的聚集输出光束7使得较容易将聚集输出光束7均匀地分为不同的单独输出光束 9_i 。然而,根据本发明已认识到,均匀性要求对实现单独扫描仪的剂量稳

定性不是绝对必需的。另外,已认识到,聚集输出光束7不必具有矩形强度分布。

[0226] 根据一个变型,光束成形光学单元6包含反射面不实施为自由形式表面的反射镜。尤其是,光束成形光学单元6可实施为使得其仅包含反射面不实施为自由形式表面的反射镜。

[0227] 输出耦合光学单元8和偏转光学单元13尤其仅包含照明辐射3以掠入射照射其上的反射镜。照明辐射3偏转总体期望的偏转角尤其借助于多个反射来发生。输出耦合光学单元8和偏转光学单元13中反射的总数量尤其为至少2,尤其为至少3,尤其为至少4。

[0228] 光束成形光学单元6布置在辐射源2与输出耦合光学单元8(即,通过该光学部件,聚集输出光束7分为单独输出光束9_i)之间。

[0229] 光束成形光学单元6尤其实施为使得原始光束4在垂直于传播方向的至少一个方向上放大。光束成形光学单元6尤其实施为使得原始光束4的截面在至少一个方向上,尤其是在关于彼此倾斜、尤其垂直行进的两个方向上放大。放大率优选在1:4和1:50之间的范围中、尤其是至少1:6、尤其是至少1:8、尤其是至少1:10。

[0230] 在光束成形光学单元6的输入端,原始光束4尤其具有直径在1mm至10mm范围中的截面。在光束成形光学单元6的输出端,聚集输出光束7尤其具有在15mm至300mm范围中,尤其为至少30mm,尤其为至少50mm的直径。

[0231] 在光束成形光学单元6的输入端,原始光束4尤其具有在25 μ rad至100 μ rad范围中的发射度。在光束成形光学单元6的输出端,聚集输出光束7的发射度尤其小于10 μ rad。

[0232] 光束成形光学单元6尤其是远心的。其包含至少两个光学有效表面。所述两个光学有效表面优选以掠入射操作。

[0233] 优选地,原始光束4在相互倾斜、尤其垂直的两个方向上放大。在该情况中,光束成形光学单元6包含至少两个组,其均具有至少两个光学有效表面,即尤其是至少四个光学有效表面。光束成形光学单元6尤其包含反射镜组27、28。反射镜组27、28尤其都包含两个反射镜27_i、28_i。

[0234] 光束成形光学单元6尤其包含至少一个光束成形反射镜组27、28,其都具有至少两个反射镜27_i、28_i。反射镜27_i、28_i可具有沿局部坐标恒定并且沿与其正交的坐标具有球形路程的表面轮廓。这导致原始光束4的仅在单个方向上的放大。可使用该类型的反射镜组27、28,以在两个不同方向、尤其是两个正交方向上放大原始光束4。

[0235] 反射镜27_i、28_i还可具有沿第一局部坐标的曲率半径为R₁的球形路线和沿与第一局部坐标正交的局部坐标的曲率半径为R₂的球形路线。R₁和R₂在该情况中可相等或不同。这种变型导致原始光束4在两个相互垂直方向上的放大。

[0236] 反射镜27_i、28_i还可都具有对应于椭球面的表面轮廓。这也导致在两个方向上的放大。

[0237] 优选地,光束成形光学单元6布置并实施为使得原始光束,尤其是其截面,关于平行于地面(即平行于水平方向)行进的方向放大。光束成形光学单元6尤其实施为使得聚集输出光束7在光束成形光学单元6的输出端平行于地面行进。

[0238] 下文以简单总结的方式描述光束成形光学单元6的其它方面和变型。

[0239] 如上所述,原始光束4不是绝对必需通过光束成形光学单元6来均匀化。然而,原始光束4的均匀化可是有利的。该均匀化尤其可引起更高的材料寿命。该均匀化还可简化尤其

是输出耦合光学单元8的可生产性。

[0240] 取决于哪方面最重要,有利的是,规定原始光束4仅在一个方向上均匀化。关于该方面,已认识到,原始光束4在一个方向上的均匀化具有对材料寿命的正面影响,在与该方向正交的方向上的均匀化对于尤其是输出耦合光学单元8的可生产性时有利的。

[0241] 如上所述,因为光束成形光学单元6针对这两个方向在各个情况中具有反射镜 27_i 、 28_i 的分离组27、28,尤其是分离反射镜对,例如所述反射镜对之一可实施为圆环面,另一个实施为自由形式表面。这导致费用减少。

[0242] 原始光束4通过光束成形光学单元6的均匀化的不同变型示意性地示于图26至28中。图26示意性地示出光束成形光学单元6的实施例,通过其,原始光束4在两个相互垂直方向上均匀化。这由第一方向上强度分布56的阶梯形路线和第二方向上强度分布57的阶梯形路线说明。强度分布56、57涉及照明辐射3在与聚集输出光束7的与其传播方向垂直的截面中的强度。

[0243] 图27示出光束成形光学单元6的变型,其中原始光束4仅在第二方向上均匀化。因而,强度分布57具有阶梯形路线。强度分布56具有非均匀、尤其非阶梯形、尤其高斯的路线。换言之,强度的局部增加发生在聚集输出光束7的中央区域,所述聚集输出光束7在图27中在竖直方向上行进。

[0244] 图28相应示出光束成形光学单元6的变型,其中,与根据图27的实施例相比,原始光束4在另一方向上精确均匀化。在该实施例中,第一方向上的强度分布56具有阶梯形路线。第二方向上的强度分布57是非均匀的,尤其是非阶梯形的,尤其是高斯的。强度在水平行进中央区域增加。

[0245] 中间的阶梯也是可能的。尤其是,可在一个或两个方向上部分均匀化原始光束4。尤其是,可在一个或两个方向上均匀化原始光束4,使得照明辐射在所述方向上的在不同空间坐标处的强度在各个情况中相差最大25%。强度剧增尤其可通过相应均匀化来避免。这尤其对材料寿命具有有利影响。

[0246] 强度分布56和/或强度分布57可尤其具有既不是精确高斯也不是精确阶梯形的形式,而是具有高斯和阶梯形部分。强度分布56和/或强度分布57尤其可描述为高斯部分和阶梯形部分的总和。

[0247] 聚集输出光束7在第二方向上的非均匀性可通过以下事实来补偿:聚集输出光束7的通过输出耦合光学单元8耦出为不同单独输出光束 9_i 的区域具有不同大小。所述区域的大小使得可预定聚集输出光束7中具有照明辐射3的哪个部分被引导至单独的扫描仪。

[0248] 图29示出用于放大具有照明辐射3的光束的截面的光学元件。为了放大光束截面,具有凸反射面的反射镜58布置在照明辐射3的光束路径中。反射镜58还称为发散反射镜。

[0249] 反射镜58可具有基本上圆柱形的反射面,即可在第一方向上为凸的,在第二方向上为平面的,所述第二方向垂直于第一方向行进。还可在两个方向上都为凸的。在该情况中,曲率半径相等或不同。原则上,还可将反射镜58实施为具有可调曲率半径,尤其是通过致动器系统可调的曲率半径。相对于第一方向和与其垂直的第二方向选择反射镜58的曲率半径使得可以有目标的方式在相应方向上影响截面的放大。

[0250] 反射镜58因此可用于光束或具有照明辐射3的光线束的截面的目标放大。

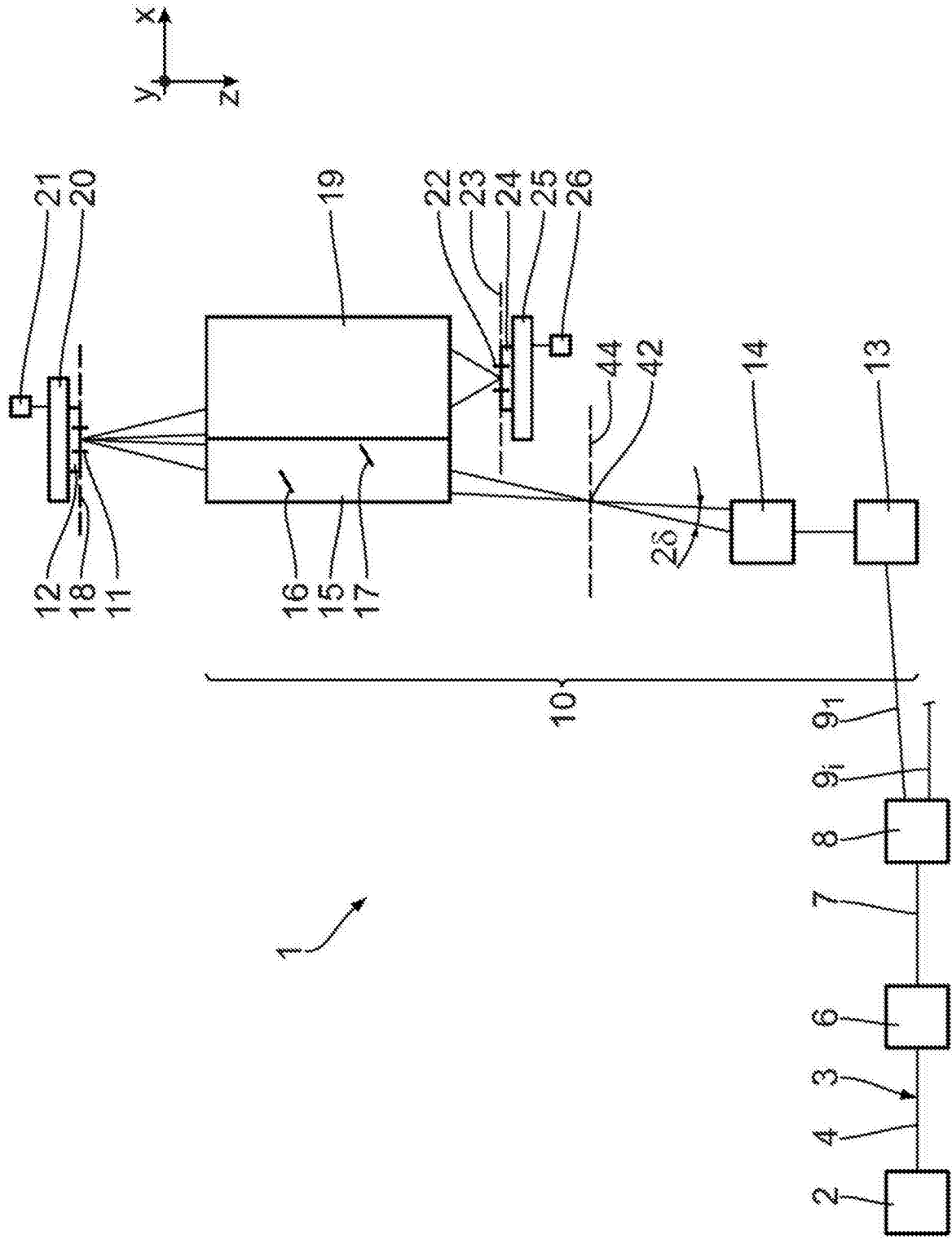


图1

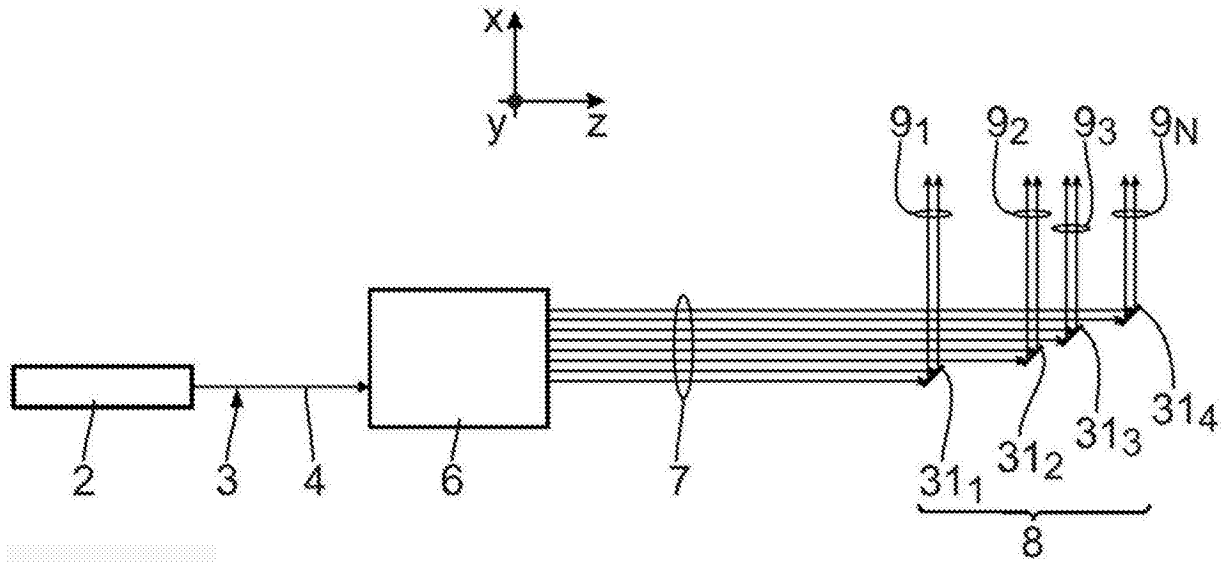


图2

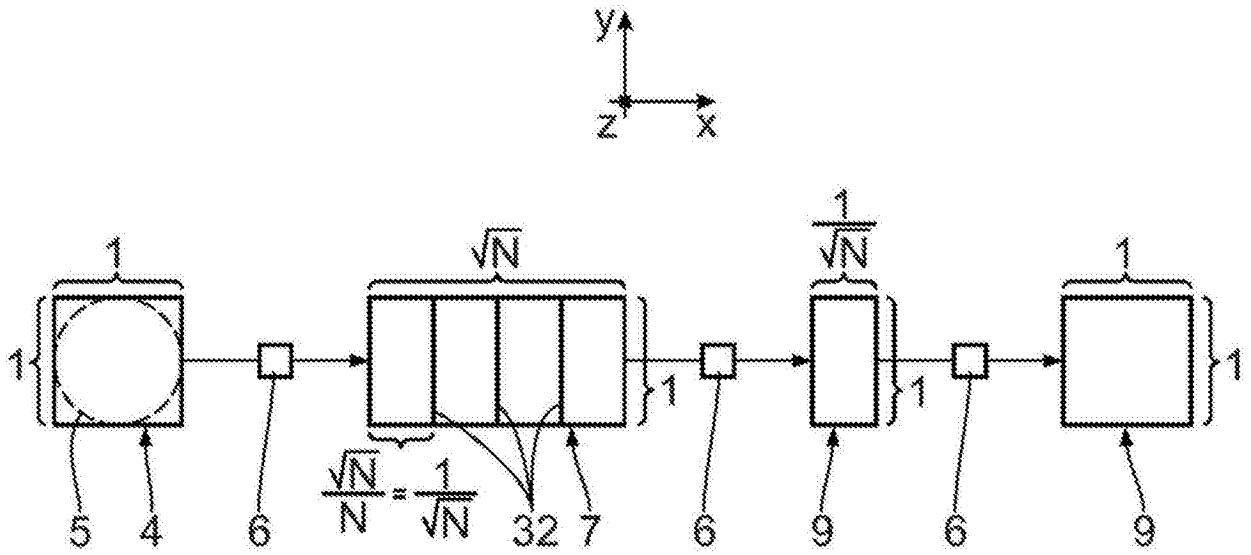


图3

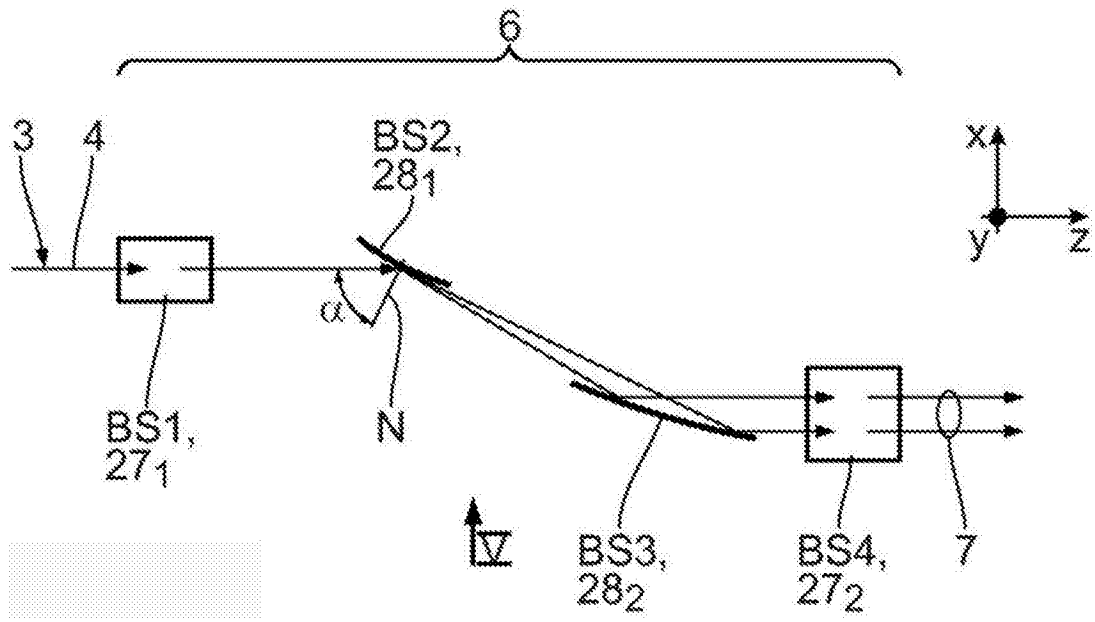


图4

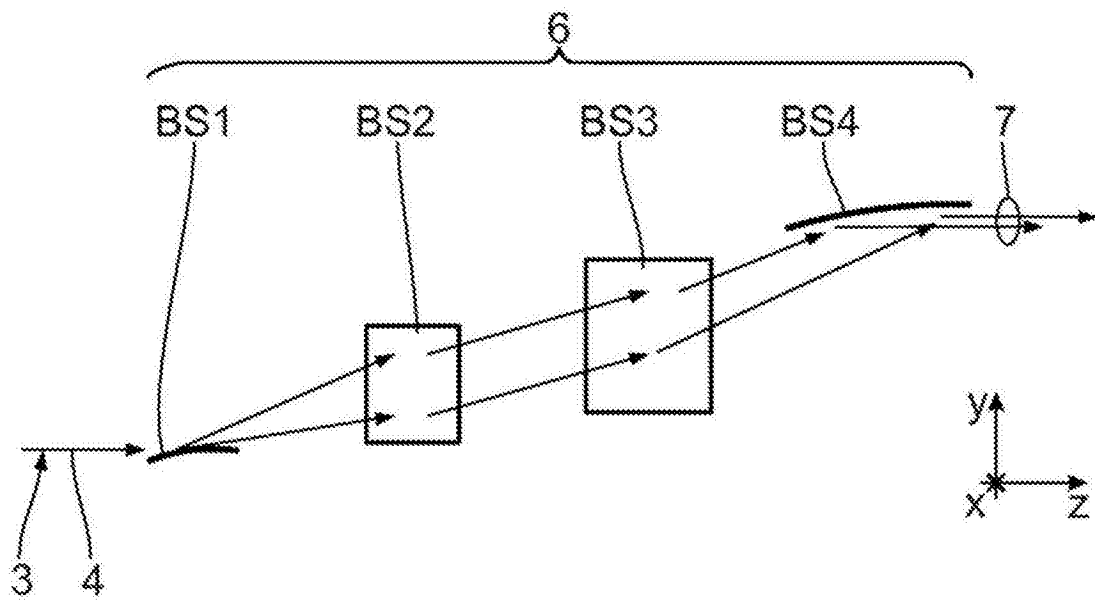


图5

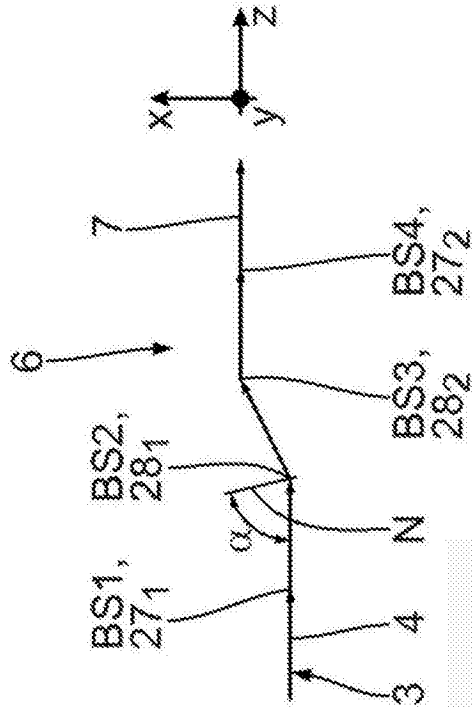


图6

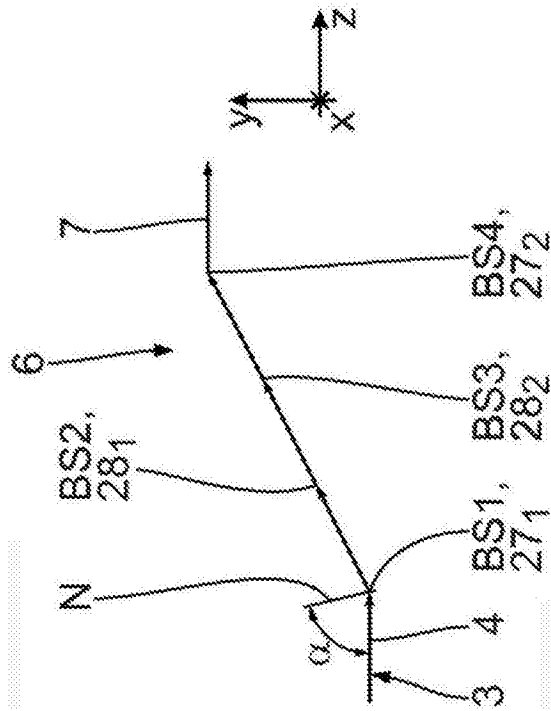


图7

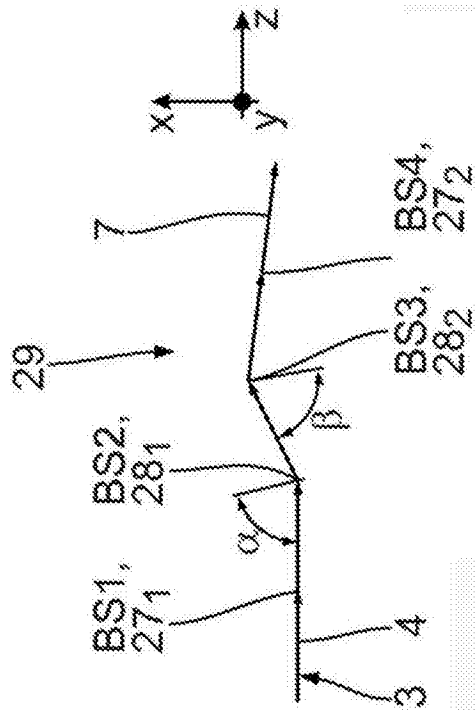


图8

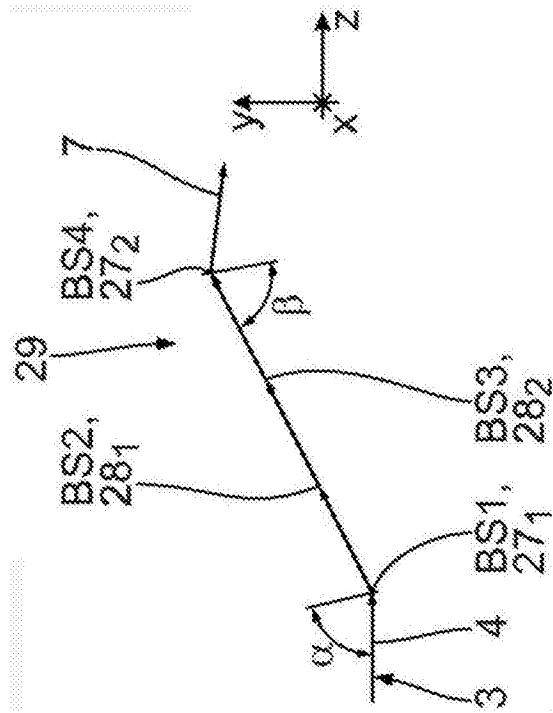


图9

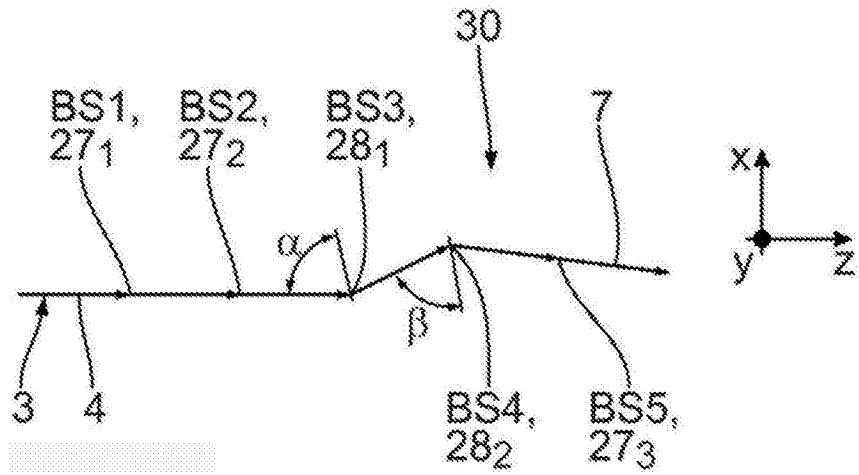


图10

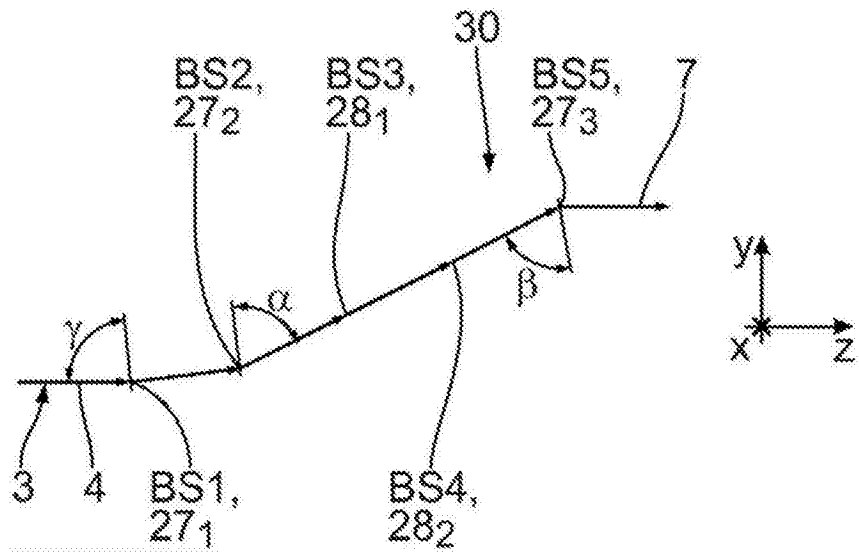


图11

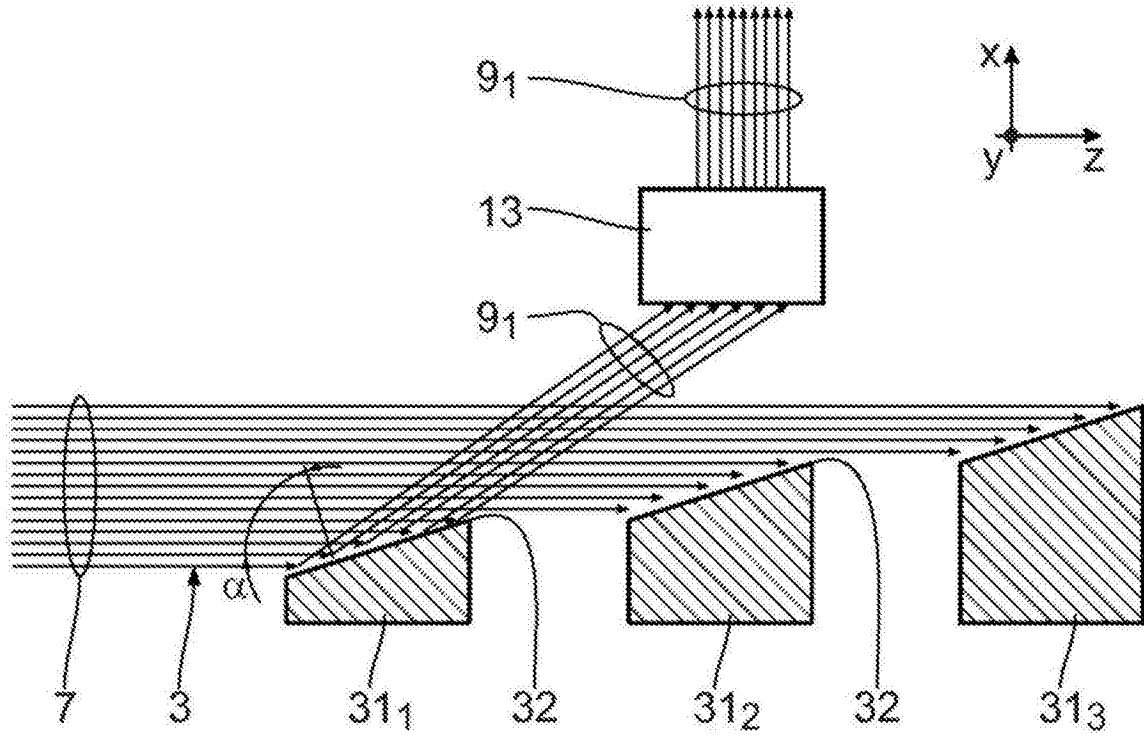


图12

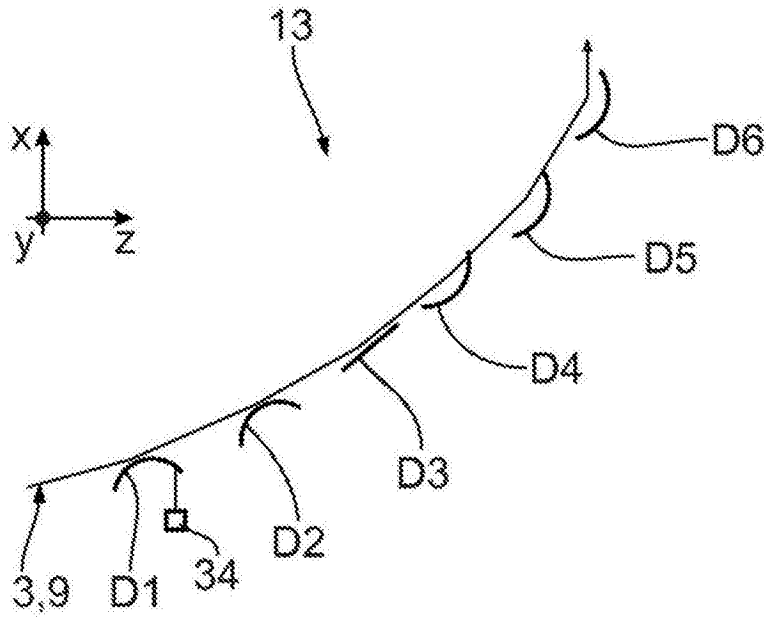


图13

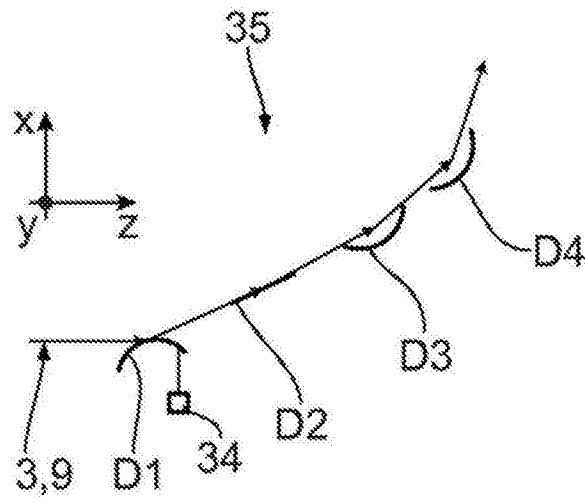


图14

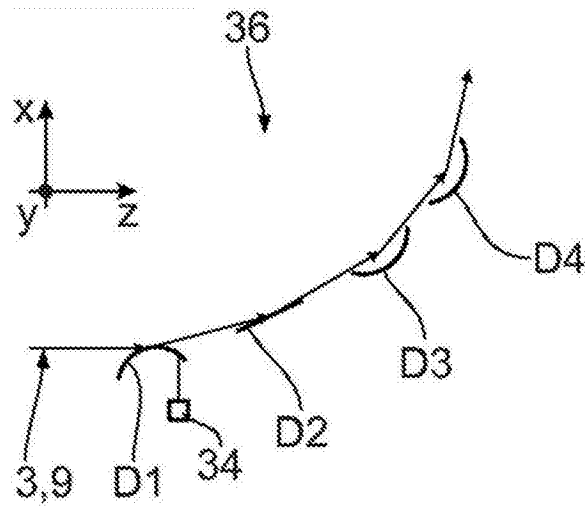


图15

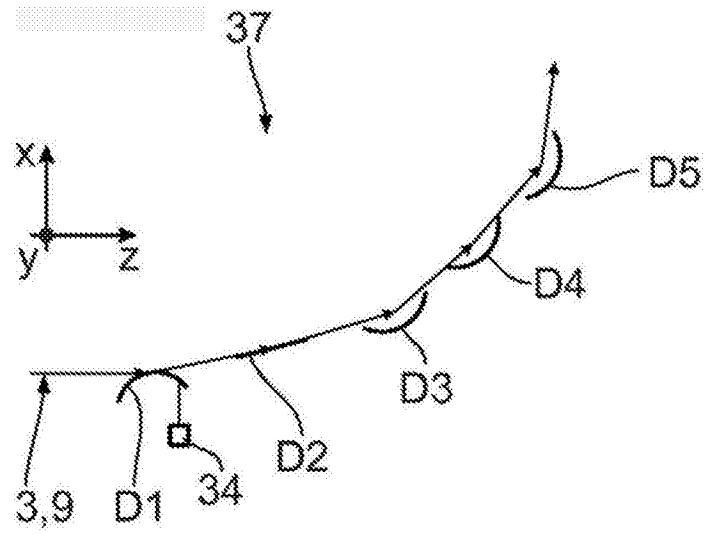


图16

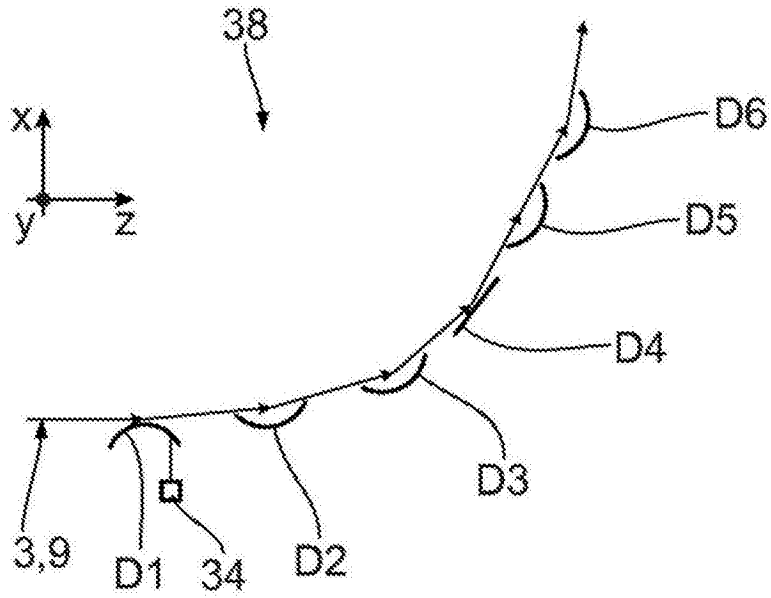


图17

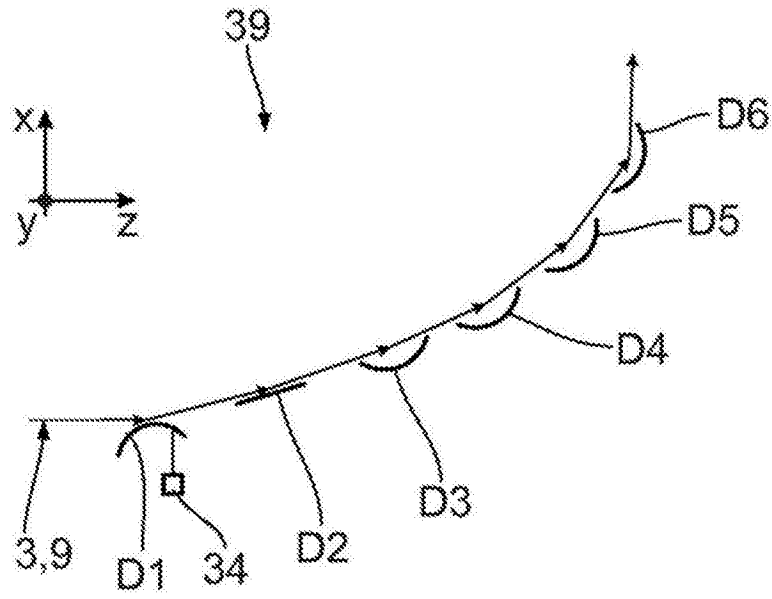


图18

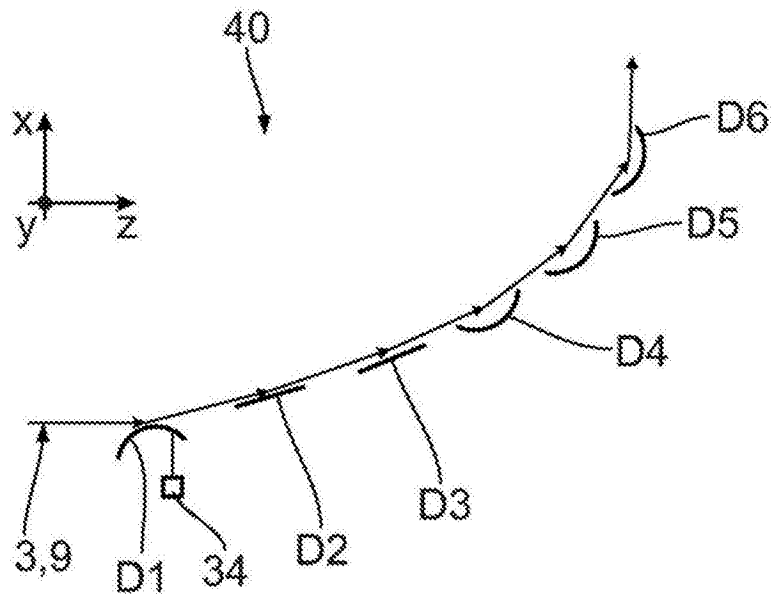


图19

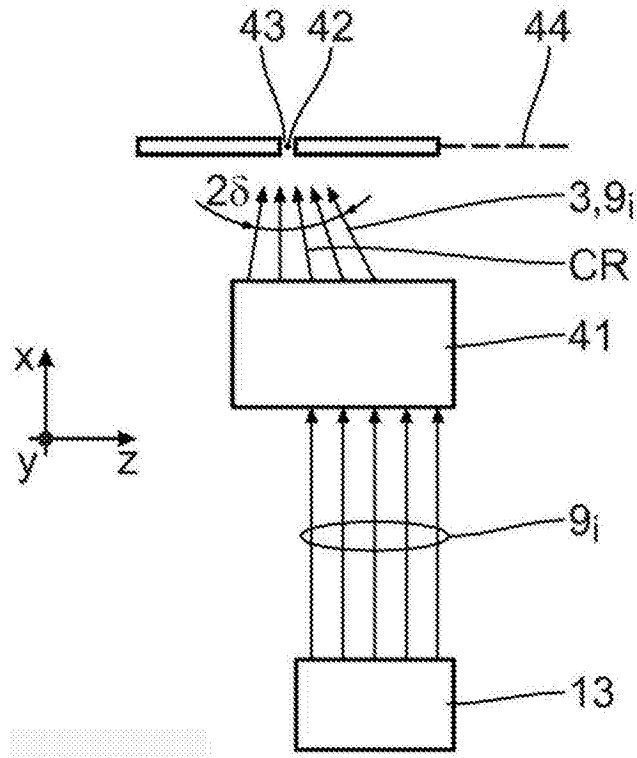


图20

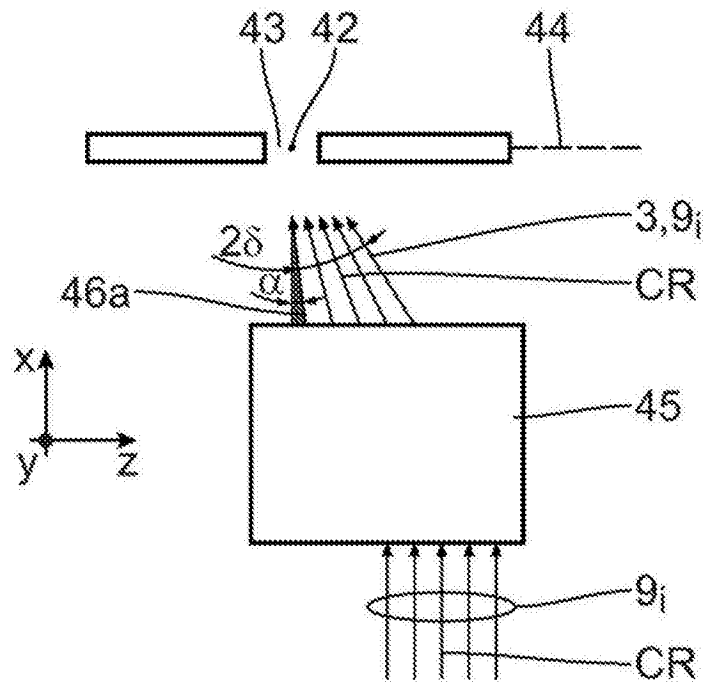


图21

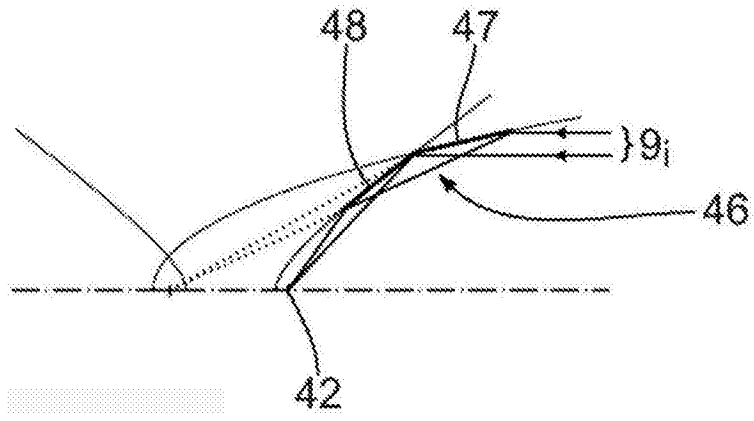


图22

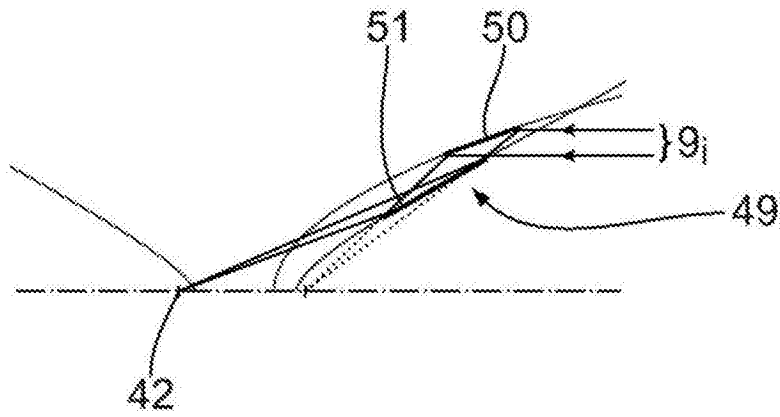


图23

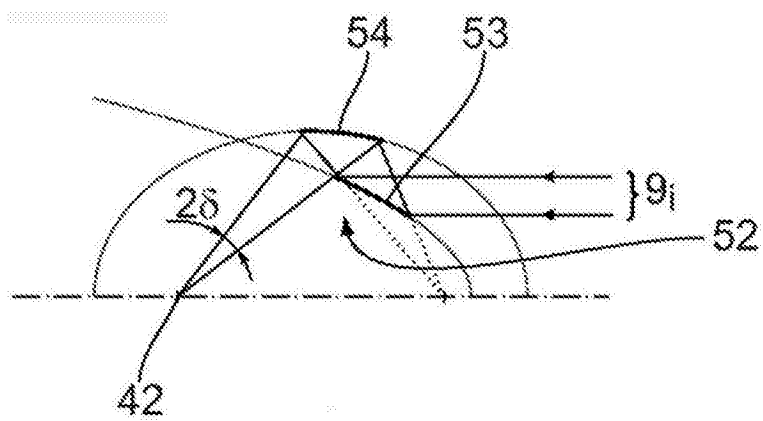


图24

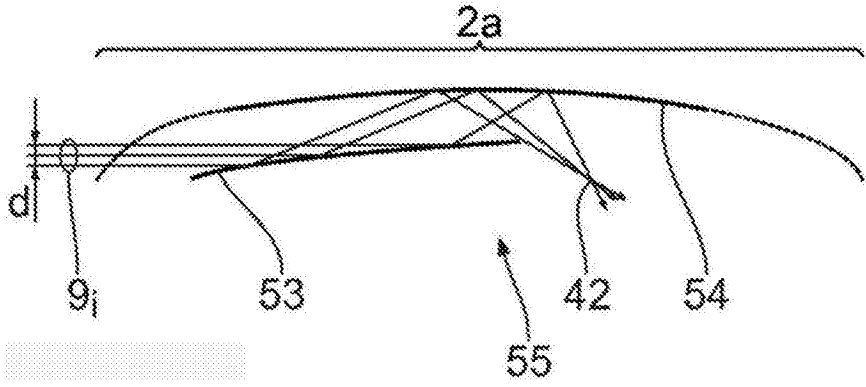


图25

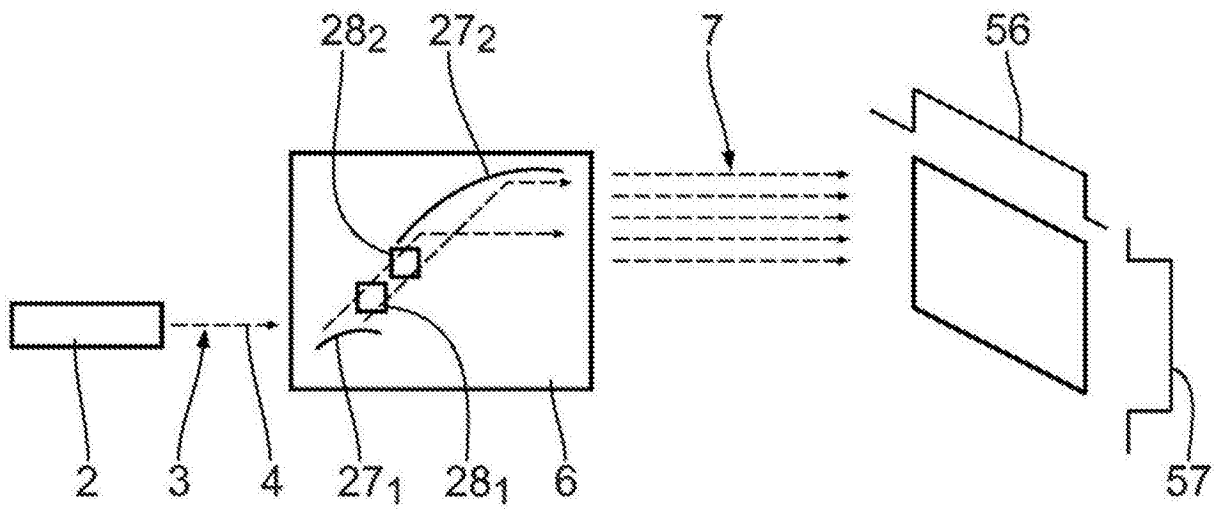


图26

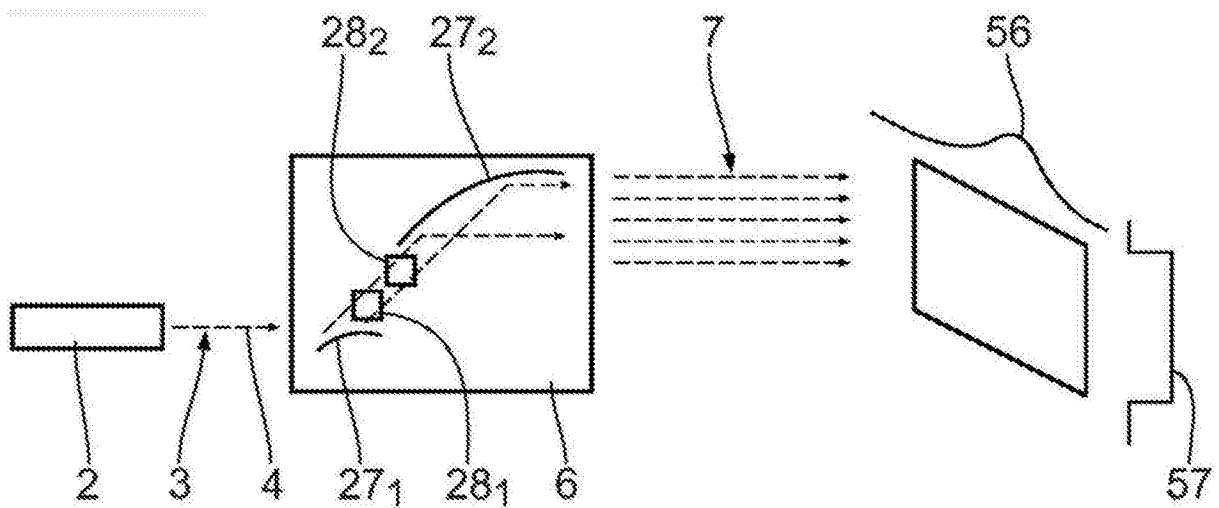


图27

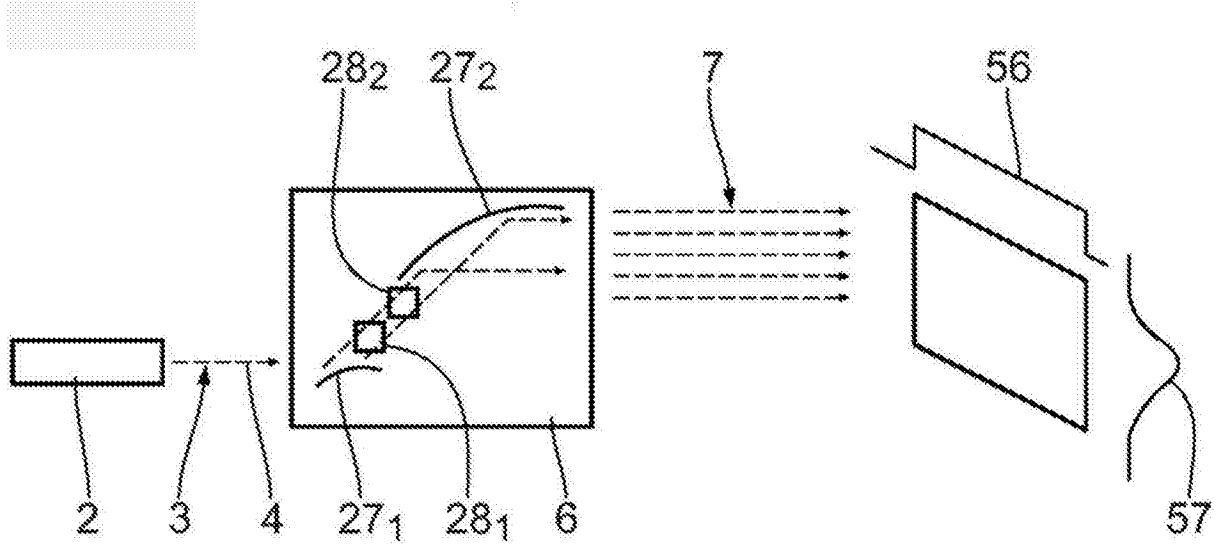


图28

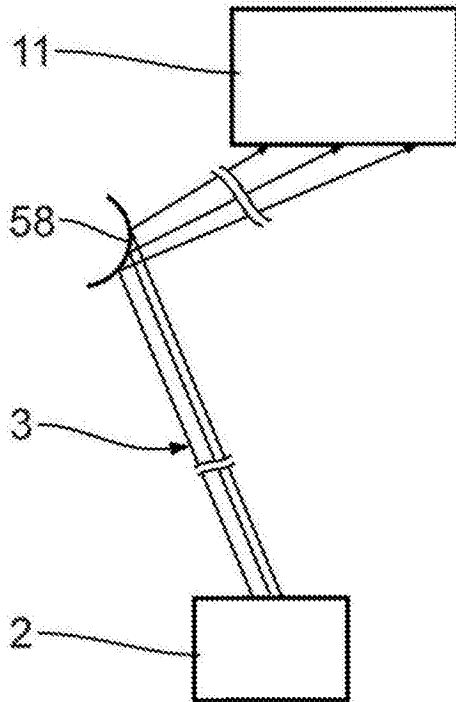


图29