



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1774675 B

(45) 授权公告日 2010. 10. 20

(21) 申请号 200480010303. 6

(22) 申请日 2004. 04. 13

(30) 优先权数据

10317667. 5 2003. 04. 17 DE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2005. 10. 17

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2004/003855 2004. 04. 13

(87) PCT申请的公布数据

W02004/092844 DE 2004. 10. 28

(73) 专利权人 卡尔蔡司 SMT 股份公司

地址 德国上科亨

(72) 发明人 沃尔夫冈·辛格 马丁·安东尼

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邱军

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2002/0154395 A1, 2002. 10. 24, 说明书第 3 页第 0055-0056 段、附图 3.

EP 0627667 A1, 1994. 12. 07, 说明书第 5 栏第 46 行至第 11 栏第 4 行、附图 1-10.

W0 01/69321 A1, 2001. 09. 20, 说明书第 1 页第 11 行至第 4 页第 22 行, 第 9 页第 1 行至第 18 页第 3 行、说明书摘要、附图 1-7, 12-13.

CN 1059039 A, 1992. 02. 26, 全文.

US 5339346 A, 1994. 08. 16, 说明书第 4 栏第 64 行至第 5 栏第 27 行、附图 3.

Chapman H. N. et al.. A Novel Condenser for EUVLithographyRing-FieldProjectionOptics. Proceedings of the SPIE 第 3767 卷. 1999, 第 3767 卷 225-236.

审查员 杨婷

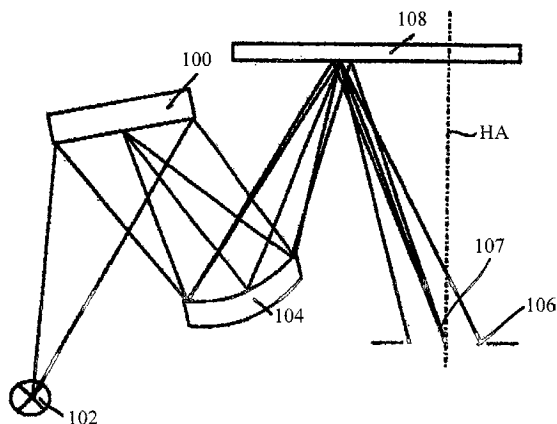
权利要求书 4 页 说明书 9 页 附图 10 页

(54) 发明名称

用于照明系统的光学元件

(57) 摘要

本发明涉及一种波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统用的光学元件;其中照明系统具有光源、场平面以及出射光瞳。本发明的特征在于,光学元件具有多个棱面,这些棱面这样布置并具有这样的偏转角,从而使每个棱面都接收光源的光并将其偏转向场平面中的离散点,其中离散点这样选择,以使得以预定形状照亮场平面里的场。各自属于场平面里的离散点的棱面将各自相应的在场平面里的离散点以及照明系统的出射光瞳的相应区域照亮。



1. 波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统用的光学元件(100)；

- 其中照明系统具有光源(102)、场平面(108)以及出射光瞳(106)；

其特征在于：

- 所述光学元件(100)具有多个棱面，所述多个棱面这样布置并具有这样的偏转角，从而使每个棱面都接收光源(102)的光并将光偏转至场平面中相应的离散点上，其中所述离散点这样选择，以使场平面(108)里的场以预定的形状照亮；以及

- 每个棱面通过场平面里各个相应的离散点将照明系统的出射光瞳(106)的相应区域照亮，从而所述出射光瞳(106)的集成后的照明区域是圆形的，

其中，在所述光学元件的平面里设置有多多个棱面，所述多个棱面在该平面中形成肾脏形状的棱面网，所述棱面是矩形的，所述棱面的布置及其偏转角用格网变换的方法来确定，

其中，在场平面(108)里的场是环形场片段，其中在环形场片段中间的径向方向限定为照明系统的扫描方向。

2. 根据权利要求1所述的光学元件(100)，其特征在于，多个棱面这样设置并具有这样的偏转角以及这样的大小，从而使得由场点沿着在扫描方向上的路径所得出的出射光瞳(106)的集成后的照明基本上是均匀的。

3. 根据权利要求1所述的光学元件(100)，其特征在于，对于场平面里所有位于在扫描方向上的直线上的点的照明分量的每一个积分，得出了出射光瞳(106)的相同的集成的部分照明。

4. 根据权利要求1所述的光学元件(100)，其特征在于，所述光学元件(100)产生了多个光源影像并使这些影像成像在场平面(108)里。

5. 根据权利要求1所述的光学元件(100)，其特征在于，从光源(102)至光学元件(100)的光程中没有其它的光学元件。

6. 根据权利要求1所述的光学元件(100)，其特征在于，所述棱面的偏转角产生聚光作用。

7. 据权利要求1所述的光学元件(100)，其特征在于，至少一个棱面具有折光力。

8. 根据权利要求1所述的光学元件(100)，其特征在于，所述光学元件的至少一个棱面是平面棱面。

9. 波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统，用于EUV光刻，包括：

- 光源(102)，

- 场平面(108)，

- 带有棱面的光学元件(100)，

- 出射光瞳(106)，其特征在于：

- 所述带有棱面的光学元件(100)具有多个棱面，所述棱面这样布置并具有这样的偏转角，从而使每个棱面都接收光源(102)的光并将光偏转至场平面里的离散点上，其中所述离散点这样选择，以使场平面(108)的场以预定的形状被照亮；以及

- 每个棱面通过各自的在场平面里的相应的离散点将照明系统的出射光瞳(106)的相应区域照亮，从而所述出射光瞳(106)的集成后的照明区域是圆形的，其中，在所述带有棱面的光学元件的平面里设置有多多个棱面，所述多个棱面在该平面中形成肾脏形状的棱面网，所述棱面是矩形的，所述棱面的布置及其偏转角用格网变换的方法来确定，

其中,在场平面(108)里的场是环形场片段,其中在环形场片段中间的径向方向限定为照明系统的扫描方向。

10. 根据权利要求9所述的照明系统,其特征在于,多个棱面这样布置并具有这样的偏转角和这样的大小,从而使得由场点沿着扫描方向上的路径所得出的出射光瞳(106)的集成后的照明基本上是均匀的。

11. 根据权利要求9所述的照明系统,其特征在于,所述带有棱面的光学元件(100)产生多个光源影像并将这些影像成像在场平面(108)里。

12. 根据权利要求9所述的照明系统,其特征在于,从光源(102)至所述带有棱面的光学元件(100)的光程中没有其它的光学元件。

13. 根据权利要求9所述的照明系统,其特征在于,所述照明系统另外包括一个掠入射场镜面(110),用于在场平面(108)里形成环形场片段。

14. 根据权利要求13所述的照明系统,其特征在于,所述掠入射场镜面(110)具有凸起的形状。

15. 根据权利要求9所述的照明系统,其特征在于,所述照明系统还包括有凹镜面,作为成像的光学元件(104),用于将光学元件(100)成像在出射光瞳里。

16. 根据权利要求9所述的照明系统,其特征在于,对于场平面中所有位于在扫描方向上的直线上的点的照明分量的每一个积分,得出了出射光瞳(106)的相同的集成的部分照明。

17. 波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统,用于EUV光刻,其中照明系统在从光源或光源的影像至场平面的光路中具有唯一一个带棱面的光学元件,该光学元件既将光源或光源的影像成像到照明系统的场平面里,又将照明系统的瞳孔的圆形区域照亮,其特征在于,在所述唯一一个带棱面的光学元件的平面里设置有多个棱面,所述多个棱面在该平面中形成肾脏形状的棱面网,所述棱面是矩形的,所述棱面的布置及其偏转角用格网变换的方法来确定,其中,在场平面里的场是环形场片段,其中在环形场片段中间的径向方向限定为照明系统的扫描方向。

18. 波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统,用于EUV光刻,其中照明系统在从光源或光源的影像至场平面的光路中具有唯一一个带棱面的光学元件,该光学元件既将光源成像到照明系统的场平面里,又使照明系统的瞳孔的圆形区域照亮,并具有另一唯一的镜面,所述另一唯一的镜面接收来自所述带棱面的光学元件的光线并将所述光学元件在所述瞳孔中成像,其特征在于,在所述唯一一个带棱面的光学元件的平面中设置有多个棱面,所述多个棱面在该平面中形成肾脏形状的棱面网,所述棱面是矩形的,所述棱面的布置及其偏转角用格网变换的方法来确定,其中,在场平面(108)里的场是环形场片段,其中在环形场片段中间的径向方向限定为照明系统的扫描方向。

19. 根据权利要求18所述的照明系统,其特征在于,所述另一个镜面是垂直入射镜面。

20. 根据权利要求19所述的照明系统,其特征在于,所述垂直入射镜面具有聚光作用。

21. 根据权利要求18所述的照明系统,其特征在于,所述镜面是掠入射镜面。

22. 波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统,用于EUV光刻,其中,照明系统包括:

- 一个唯一的带棱面的光学元件,
- 至少一个掠入射镜面,用于在场平面里形成环形场片段,

- 所述唯一的带棱面的光学元件具有多个棱面,所述多个棱面这样布置并具有这样的偏转角,从而使每个棱面都接收光源的光并将光偏转至场平面中相应的离散点上,其特征在于所述离散点这样选择,即使场平面里的场以预定的形状照亮,以及每个棱面通过所述场平面里各个相应的离散点将照明系统的出射光瞳的相应区域照亮,从而所述出射光瞳的集成后的照明区域是圆形的,并且在所述带棱面的光学元件的平面中设置有多个棱面,所述多个棱面在该平面中形成肾脏形状的棱面网,所述棱面是矩形的,所述棱面的布置及其偏转角用格网变换的方法来确定,其中,在场平面里的场是环形场片段,其中在环形场片段中间的径向方向限定为照明系统的扫描方向。

23. 根据权利要求 22 所述的照明系统,其特征在于,所述照明系统另外还包括垂直入射镜。

24. 根据权利要求 22 至 23 中之一所述的照明系统,其中,照明系统还包括:

用于接收光源的或者光源影像的光的聚光器单元,其中所接收的光源的光将所述唯一的带棱面的光学元件照亮。

25. 波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统,其中,所述照明系统包括唯一的带棱面的光学元件,其这样设计,使得所述照明系统的出射光瞳在没有其他用于成像的光学部件的情况下照亮,其中,所述唯一的带棱面的光学元件具有多个棱面,所述多个棱面这样布置并具有这样的偏转角,从而使每个棱面都接收光源的光并将光偏转至场平面中相应的离散点上,其特征在于所述离散点这样选择,即使场平面里的场以预定的形状照亮,以及每个棱面通过所述场平面里各个相应的离散点将照明系统的出射光瞳的相应区域照亮,从而所述出射光瞳的集成后的照明区域是圆形的,并且在所述带棱面的光学元件平面里设置有多个棱面,所述多个棱面在该平面中形成肾脏形状的棱面网,所述棱面是矩形的,所述棱面的布置及其偏转角用格网变换的方法来确定,其中,在场平面里的场是环形场片段,其中在环形场片段中间的径向方向限定为照明系统的扫描方向。

26. 根据权利要求 25 所述的照明系统,其中,所述唯一的带棱面的光学元件具有 1000 多个单个棱面。

27. 根据权利要求 25 至 26 中之一所述的照明系统,其中,所述唯一的带棱面的光学元件具有多个棱面,并且,其中每个所述棱面照亮多个离散的场点和瞳孔位置。

28. 根据权利要求 25 所述的照明系统,其中,所述唯一的带棱面的光学元件具有多个棱面,其中,所述这些棱面在所述带有棱面的光学元件上具有不同的大小和不同的位置。

29. 波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统,其中,所述照明系统包括根据权利要求 1 所述的带棱面的光学元件,所述带棱面的光学元件具有 1000 多个单个棱面。

30. 波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统,其中,所述照明系统包括一个带棱面的光学元件,所述带棱面的光学元件具有多个棱面,所述多个棱面这样布置并具有这样的偏转角,从而使每个棱面都接收光源的光并将光偏转至场平面中相应的离散点上,其特征在于所述离散点这样选择,即使场平面里的场以预定的形状照亮,以及每个棱面通过所述场平面里各个相应的离散点将照明系统的出射光瞳的相应区域照亮,从而所述出射光瞳的集成后的照明区域是圆形的,以及其中,每一个所述棱面照亮多个分散的场点和瞳孔位置,并且,在所述带棱面的光学元件的平面里设置有多个棱面,所述多个棱面在该平面中形成肾脏形状的棱面网,所述棱面是矩形的,所述棱面的布置及其偏转角用格网变换的方法来确定,其中,在场

平面 (108) 里的场是环形场片段, 其中在环形场片段中间的径向方向限定为照明系统的扫描方向。

31. 用于微光刻的波长 $\leq 193\text{nm}$ 的投影曝光设备, 具有根据权利要求 11 至 30 中任意一项所述的照明系统, 和投影物镜 (112 ; 212)。

32. 根据权利要求 31 所述的投影曝光设备, 其特征在于, 所述投影物镜至少具有六个镜面。

33. 根据权利要求 31 和 32 之一所述的投影曝光设备, 其特征在于所述投影物镜包括至少八个镜面。

34. 根据权利要求 31 所述的投影曝光设备, 其特征在于, 所述投影物镜的入射光瞳是实际存在的。

35. 根据权利要求 31 所述的投影曝光设备, 其特征在于, 所述投影物镜的入射光瞳是虚拟存在的。

36. 根据权利要求 31 所述的投影曝光设备, 其特征在于, 所述照明系统将投影曝光设备的场平面照亮, 在该平面里布置有掩模, 投影物镜将掩模的影像成像在光敏载体基片上, 其中所述载体基片上布置有光敏物质。

37. 利用根据权利要求 31 所述的投影曝光设备制造微电子器件的方法。

用于照明系统的光学元件

[0001] 本发明涉及波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统用的一种光学元件,尤其用于 EUV 光刻技术,其中照明系统包括光源、场平面以及出射光瞳,而且照明系统具有许多棱面。

[0002] 在一种特别优选的实施形式中,本发明还提出一种用于波长 $\leq 193\text{nm}$ 的照明系统,尤其用于 EUV- 光刻技术,其特征在于,光学元件具有许多棱面,其中在光学元件上的棱面的这样布置,使得用这种光学元件以一种预定的形状照亮场平面里的场以及出射光瞳。

[0003] 为了还能够进一步减小电子元件的构造宽度,尤其是为了将其减少至亚微米的范围内,需要减小用于微光刻的光的波长。当波长小于 193nm 时例如可以考虑用软的 X 射线的光刻,所谓 EUV- 光刻技术。

[0004] 适合于 EUV- 光刻技术的照明系统应以尽可能少的反射均匀地也就是均一地照亮为 EUV- 光刻所预定的场,尤其是环形场片段,另外,应该使每个场点的出射光瞳在扫描过程之后直至某一个充满度 σ (Fullgrad) 都照亮,而且照明系统的出射光瞳位于随后的物镜的入射光瞳里。

[0005] 由 US 5, 339, 346 已知了一种使用 EUV- 射线的光刻装置用的照明系统。为了在光罩平面内实现均匀的照明和充满瞳孔,US5, 339, 346 提出了一种聚光器,它设计成聚光透镜并包括有至少四个成对的、对称布置的镜棱面。一种等离子光源用作为光源。

[0006] 在 US 5, 737, 137 说明了一种具有等离子光源的照明系统,包括有聚光镜,其中借助于球面镜实现所要照明的掩模或者光罩的照亮。对于这种照明系统来说是指一种具有临界照明的照明系统。

[0007] US 5, 361, 292 示出了一种照明系统,在该系统中设有一种等离子光源,该点状等离子光源利用具有五个非球面偏心布置镜面的聚光器成像在环状照亮的面里。借助于掠入射镜面的一种特殊后置的次序使环状照亮的面成像在入射光瞳里。

[0008] 由 US 5, 581, 605 已知有一种照明系统,在此系统中借助于一种蜂窝状聚光面将光子发射源分解成许多次级光源。因此实现了在光罩平面里均匀的或一致的照亮。借助于一种通常的缩影光学系统使光罩成像在所要曝光的晶片上。在照明光路里设有具有同样曲率的元件的遮光镜面。

[0009] 由 US 4, 195, 913 已知一种带棱面的射面元件,其中棱面布置反射表面上,使得许多由棱面所反射的光束在一个平面里迭加,从而在这平面里形成一种基本上均匀的能量分布。在平面里的场并没有一定的形状。

[0010] US 4, 289, 380 示出了一种可调整的带棱面的反射镜面,它包括有许多矩形的相互偏斜的块部分,因而由镜面所反射的光束就重迭在一个平面里。如在 US 4, 195, 913 里那样,并没有提到在平面里的场看上去什么样。

[0011] 由 US 4, 202, 605 已知一种的活动的、分段的镜面,它包括有冷却的六角形棱面。

[0012] 为了聚集 EUV 光源的光,尤其是一种同步发射源的光,US5, 485, 498 提出了一种聚光镜,它包括有许多设计成平面镜的棱面,它的布局可使 EUV 光源的源辐射转为平行的光束。

[0013] 由 DE 19903807A1 和对应的 US 6, 198, 793 已知有一种 EUV 照明系统,它包括有两

个具有遮光元件的镜面或透镜。这种系统也称作作为双棱面的 EUV 照明系统。

[0014] 在 DE 19903807A1 中示出了一种双棱面的 EUV 照明系统的构造原理。根据 DE 19903807 的在照明系统的出射光瞳里的照亮通过将遮光元件布置在第二个镜面上来实现。

[0015] 由 EP-A-1026547 也已知有一种双棱面的照明系统, EP-A-1262836 说明了一种具有多个镜面元件的反射光学元件, 其中许多镜面元件将准直的光线分解成许多单一光线并使之偏转。

[0016] EP-A-1024408 提出了一种照明系统, 它具有至少两个不成像的光学元件。此处第一个不成像的光学元件聚集了光源的光并进行预定的光分布用于照亮 EUV- 照明系统的出射光瞳, 其中该出射光瞳例如可以是一种圆环形状。这种聚光器最终没有产生光源的影像。

[0017] 第二个不成像的光学元件接收光源的光, 其中其具有一种这样成型的基本形状, 从而使光以基本为平面波或球面波形式辐射。第二个光学元件的基本形状应使光源能够通过第一和第二个光学元件的组合成像在一个共扼平面里, 该平面是无限的或者有限的。

[0018] 根据 EP-A-1024408 的第二个不成像的光学元件只用于形成场并包括有许多棱面或遮光元件, 后者与第二个光学元件的基本形状重迭, 以便在场平面里提供一种均匀的照亮。这些棱面优选设计成具有表面大小为 4 至 $10 \mu\text{m}^2$ 并且布置在通过 EUV- 照明系统的输入射光瞳孔而确定的平面附近。

[0019] 在 EP-A-1024408 中, 接着对于这两个所述的不成像的光学元件附加设置了两个光学元件, 位于第二个不成像的元件和场平面之间, 以便产生所希望的场形状。因为每个附加的光学元件都意味着光损失的增加, 尤其是如果由于小的波长而使用了反射光学装置的话, 在 EP-A-1024408 中所提出的解决方案因为光学元件增多而是不利的。

[0020] 此外, 在 EP-A-1024408 里根本就没有说明, 如何选择在第二个不成像光学元件上的棱面的偏转和布置, 以在场平面里形成环场片段。

[0021] EP-A-1024408 的另一个缺点在于: 总是需要有两个不成像的光学元件, 也就是说一个聚光器和一个形成场的元件, 以便提供一种在出射光瞳里的光的分布并照亮场平面里的场。

[0022] 本发明的目的是克服背景技术中的缺点, 尤其是减少 EUV 照明系统的元件数量并使光损失最小。

[0023] 发明者已经令人惊奇地认识到: 在包括有多个棱面的光学元件中, 可以这样来选择该光学元件上的棱面的布置和偏转角, 以用该光学元件既可以以预定的方式照亮该场平面里的场, 也可以照亮照明系统的出射光瞳。

[0024] 根据本发明的另一个方面, 提供了一种具有这种元件的照明系统, 该系统具有很小的光损失。

[0025] 根据本发明可以提供一种具有唯一的这种带棱面的光学元件的照明系统, 其中使光源或光源的影像基本上多次地成像在场平面里, 并且用唯一的一个光学元件也可使照明系统的瞳孔照亮。

[0026] 所要照亮的场平面中的场可以是环形场片段, 其中在一种扫描-照明系统中, 在环形场片段的中间的径向方向限定了照明系统的扫描方向。

[0027] 在具有根据本发明的光学元件的一个照明系统中, 环形场也是通过该光学元件本身而形成。

[0028] 在这种情况下取消形成场的光学元件。

[0029] 环形场片段也可以通过形成场的光学元件来照亮。带棱面的光学元件则具有简单的构造。为了避免光损失,优选应用一种掠入射镜面来形成场。在一种掠入射镜面中必须有足够大的相对于平面垂线的入射角,该角度设定成大于 60° , 优先大于 70° 。此外可以设有成像光学装置,其将带棱面的光学元件成像在照明系统的出射光瞳里。

[0030] 在照明系统里应用或者说取消附加的光学元件如形成场的和 / 或成像的光学元件只是对根据本发明的带棱面的光学元件的棱面的布置和偏转角产生影响,因而通过使用这样的元件就可以使 EUV 照明系统设计得很灵活。

[0031] 根据本发明的照明系统优选地设计为临界的照明系统。所谓临界的照明系统就是将光源或者光源的像基本上成像到场平面里的这样的系统。由此出发优选利用格网变换来确定棱面在根据本发明的光学元件上的布置和偏转角,如下面叙述的那样。

[0032] 在格网变换时,首先通过网格来表示每一个属于一个场点的瞳孔。根据成像在照明系统的场平面里的光源的扩展,考虑到远定心要求 (die Telezentrieanforderung), 选择离散的场点的数量,用这些场点在平面里在环形场片段可以实现基本均匀的照明强度。之后,瞳孔的网格可以通过每个场点追溯到光学元件的平面里。因此在光学元件的平面里形成棱面网。在光学元件的平面里计算变换网,满足的条件是每个单元网格的辐射强度相同。然后将棱面网放置到变换网上并使两个网这样变换,从而使变换网变成一个笛卡儿的、也就是等距的和直角的网。围绕变换后的棱面网的每个网格点引出一个棱面,其大小由至下一个网格点的最大允许距离来确定。然后又使棱面网变换回到变换网。在最后所得到的棱面网中则通过相应的场点限定了各个棱面的倾角。在一种改进的实施形式中提出为了达到最小的光损失,对瞳孔和场里的网格点进行优化。

[0033] 如前所述,照明系统的特点是具有一种根据本发明的不成像的光学元件,相对于 EP-A-1024408 所述形成的背景技术来说减小了光损失。

[0034] 与由 EP-A-1024408 已知的照明系统相反,根据本发明的照明系统只有一个唯一的带棱面的光学元件,它以预定的形状例如环形的、四极状或圆形的照亮场平面里的场,也照亮出射光瞳。在这种带棱面的光学元件中,在该光学元件上的棱面具有一种这样的布置和一种这样的偏转角,使得可以以预定的形状将场平面的场和出射光瞳都照亮。

[0035] 一个这样的元件也称为镜面反射器,其特征在于,射入波在反射器的某些位置上只是以一定的角度反射。不必将镜面反射器的位置设定在照明系统的入射光瞳的平面上,因此对于根据本发明的照明系统的结构空间设计来说并没有什么限制。

[0036] 根据本发明的镜面反射优选使用在临界照明系统里。根据 1990 在莱比锡由海因茨哈弗科尔 (Heinz Haferkorn) 出版的光学词典 (Lexikon der Optik) 的第 192 页,临界照明就是将光源或者光源的影像基本上直接成像到物体的照明,该物体在本文中就是场平面。

[0037] 在一种特别优选的实施形式中,光学元件上的棱面具有一种六角形的布置。

[0038] 在光学元件和场平面之间的光程中可以设有一个或多个形成场的光学元件或者具有成像作用的光学元件。同样也可以装入多个光学元件,生成环形场片段的中间影像,以由光阑应用。也可以使该唯一的带棱面的光学元件将光源的影像、所谓中间影像基本上多次地成像到场平面里。光源的中间影像例如可以借助于聚光器单元而产生。聚光器单元接

收光源的光并将之成像到中间影像里。尤其是掠入射聚光器,例如 US-2003-0043455A1 里所述的所形成的聚光器适合作为聚光器,其公开的内容全部包含在本申请中。

[0039] 为了在照明系统的出射光瞳里设定不同的照明设置例如双极的或者环形的或者四极状的照明设置或者说产生不同的环形场片段,可以设置可替换的光学元件例如设计在交换滚筒 (die Wechseltrommel) 里。可选择的另一方案是,如果设定为双极设置以替代四极设置,可将各个带棱面的元件遮住。反之,如果设定为四极设置以替代双极设置,使光学元件的某些棱面渐渐露出。特别优选的是所谓极性的照明设置,尤其是双极或四极的照明设置。

[0040] 关于不同的照明设置的调整可以参见德国专利申请 10053587.9 或平行授予的 US 专利 6,658,084,其中这些专利的公开内容全部包含在本申请中。

[0041] 特别有利的是如果为了补偿光源的照明强度的不均匀性使光学元件的各个棱面都配备有折射特性。通过这种样式和方式可以在照明系统的出射光瞳里得到大致亮度相等的点。在这种配置时在场区域不过度照射而且并不损失功率的同时,就可使得场里的临界照明消退 (die Verwaschung),但这种消退的程度并不很大。

[0042] 各个棱面既可以具有正的折光力也可有负的折光力。

[0043] 不成像光学元件的可能的制造方法是:灰色色调光刻技术 (die Grautonlithographie) 或者直接写入光刻技术结合蚀刻技术;该元件由许多小杆组成,这些小杆在端面上具有对应的倾角;以及借助于灰色色调光刻技术或者直接写入光刻技术所制成的基底图案上进行电镀成形。

[0044] 以下根据附图举例说明本发明:

[0045] 附图所示为:

[0046] 图 1:用于同心瞳孔的一种镜面反射器的原理;

[0047] 图 2:用于非同心瞳孔的一种镜面反射器的原理;

[0048] 图 3:在照明系统的场平面里的环形场;

[0049] 图 4:场点的瞳孔网;

[0050] 图 5:照亮的环形场片段,其中设有场点;

[0051] 图 6:在不成像光学元件的平面里的棱面网;

[0052] 图 7:基于一种均匀照明所形成的棱面网;

[0053] 图 8:具有作为唯一光学元件的镜面反射器的照明系统;

[0054] 图 9:具有根据图 8 的照明系统的投影曝光设备;

[0055] 图 10:具有镜面反射器和形成场的元件的照明系统;

[0056] 图 11:具有一个根据图 10 所示照明系统的投影曝光设备;

[0057] 图 12:具有镜面反射器和成像元件的照明系统;

[0058] 图 13:具有照明系统的投影曝光设备,该照明系统具有用于成像且形成场的镜面;

[0059] 图 14:如图 13 的投影曝光设备,具有掠入射聚光器;

[0060] 图 15:如图 11 的但具有 8 镜面投影物镜的投影曝光设备;

[0061] 图 16A:在镜面上棱面为六角形布置的镜面反射器;以及

[0062] 图 16B:根据图 16A 的棱面镜面的一部分。

[0063] 用根据本发明的光学元件应该能使在场平面里聚焦的光束偏转,从而在场平面里形成一个环形场片段,而且以某一个场点看(例如一个环形场片段的场点来看),使瞳孔例如照明系统的瞳孔以预定的形状例如环形或四极状照亮。

[0064] 为此使某一量的射入光偏转入照明系统的属于照明系统的场的场点的瞳孔里。这例如可以通过平面棱面来实现。平面棱面布置为可使场平面的场均匀地照亮并对于每个场点形成一个均匀充满的瞳孔,即用离散的、但有目的地分布的“点”充满瞳孔。图 1 中表示出了这种原理,它也称为镜面反射器的原理,对于同心的瞳孔也就是瞳孔位置来说,场的所有场点中只是环形场片段的所有场点的瞳孔位置是相同的。

[0065] 瞳孔 1 通过环形场片段 3 的离散点例如被回投影在一个平面 5 里。中间没有什么光学元件例如形成场的镜面,在平面 5 里形成一种肾脏形的照明,它基本与环形的形状一致。在照亮区域里在平面 5 里这样布置了小的棱面镜,因而它们既均匀照亮了环形场片段 3 的离散点也照亮了相应的瞳孔 1。

[0066] 此外,图 1 示出了 x-y 坐标的系统,在一种环形场扫描器中 y 方向就是扫描方向,而 x 方向垂直于扫描方向。

[0067] 图 2 中示出了用于任意入射光瞳的镜面反射器的原理,也就是非同心的,而是取决于场的瞳孔位置 1.1、1.2。在平面 5 里只形成了回投影的瞳孔的另一种重迭。

[0068] 图 3 中示出了在具有包括 x 方向和 y 方向的笛卡儿坐标系的照明系统的场平面里的环形场片段 3。标号 10 示出了环形场片段中间的一个场点,标号 12 表示环形场片段边缘处的一个场点。y 方向在一个环形场扫描器中就是照明系统的扫描方向,x 方向是垂直于扫描方向的方向。在 x 方向上离环形场片段 10 中间的场点的距离称为场高 x。

[0069] 因为常规的光源是扩展的,也就是说不成像的光学元件在每个位置上以某一个发散角被照亮,因此甚至在限于选择有限的多个离散的场点时在场平面里也实现一种均匀的照亮。

[0070] 棱面的布置及其偏转角可以用格网变换的方法来确定。

[0071] 在格网变换时每个属于场点的瞳孔通过某一网格来表示。根据想要的设置选择网格。该设置例如可以是四极状的或环状的设置。在图 4 中示出了用于圆形照明的瞳孔 1 的一种网格 20。网格 20 具有大小相同的单元网格 22,其中大小相同的单元网格意味着相同的表面功率密度,也就是照射强度。

[0072] 相应于照明系统的光源(未示出)的扩展,其中该光源在临界照明时被成像在一个场平面里,并且考虑到在出射光瞳里的远定心要求,选择了多个离散的场点,用这些场点可以实现瞳孔的均匀照亮。

[0073] 图 5 中通过场平面里的多个光源影像 24 示出了场点,在该场平面里形成了环形场片段 3。

[0074] 瞳孔的网格 20 通过场平面里的每个场点 24 和可能有的光学元件,例如形成场的或者成像的光学元件,而被追溯至光学元件的根据本发明的带棱面的或镜面的反射器的平面里。在那里通过迭置而形成一个复杂的网,在这网里对不同的场点相应有不同的节点。该网称为棱面网 26。图 6 示出了一个这样的棱面网 26。

[0075] 在镜面反射器上计算变换网,其中要满足每个单元网格的照射强度相同的边界条件。将棱面网 26 置于变换网上并使二者变换,使变换网变成笛卡儿的也就是等距和直角

的。

[0076] 围绕着变换后的棱面网的每个网格点引出一个棱面。然后使棱面网变换返回变换网,接着得到了不同大小和位置的棱面,其倾角通过相应的场点来限定。倾角设定为使射入光例如从光源的中心转向相应的场点的方向上。

[0077] 在留下的空位里,通过某种另外的棱面角将不可利用的射入光送入光槽 (Strahlensumpf) 里或者不设棱面。

[0078] 通过可将光转至场点上的多个棱面不一定必然产生所希望形状的完全照亮的出射光瞳。在扫描曝光时,也就是光罩-掩模和晶片在曝光时同步地在 y 方向上或相反于 y 方向上移动,那么如果在某一场高 x 在整体扫描 (Scanintegration) 之后产生了出射光瞳的所希望的照亮的话,那就够了。因而也可以这样设定每个棱面的倾斜角,从而保证许多棱面例如在要照亮的场之内沿着扫描路径在 y 方向分别照亮另一场点,从而只是在整体扫描之后产生完全照亮的出射光瞳。

[0079] 在图 7 中示出了在每个网格单元相同照射强度的边界条件下所形成的转变网 27,并无额外的成像的或形成场的元件。图中示出了许多矩形的棱面,其通过各自的倾角分别照亮了多个离散的场点和相应的瞳孔位置,图 7 中示出了回投影在镜面反射器上的场点 29,其中为了直观清楚起见将照亮的场的轮廓略示为变换的变换网 27。此外在图 7 中还突出了其中一个回投影的场点 29,以便能够例示性地表示出相应于该场点的棱面 31,此处用黑色示出。

[0080] 在另一个步骤里可以进行瞳孔中的网点的优化,例如通过与场点相关的瞳孔中的和场里的网的设计,通过场点的不同选择,考虑到扫描方向上的均一性,从而在光槽产生最小的光损失。

[0081] 为了计算出扫描方向上的均一性,由场平面的照明以一种根据图 3 所示的环形场片段的形状出发。在所示的环形片段里标出一个 x、y 坐标系,其中扫描方向平行于坐标系的 y 方向。扫描能量 (SE) 取决于垂直于扫描方向的方向 x 如下进行计算:

$$[0082] \quad SE(x) = \int E(x, y) dy$$

[0083] 其中 E 取决于 x 和 y,是 xy-场平面里的强度分布。若想得到一种均匀的照射,那么有利的是:如果扫描能量基本与 x 位置无关。扫描方向上的均一性则按此如下确定:

$$[0084] \quad \text{均一性} [\%] = 100\% * (SE_{\max} - SE_{\min}) / (SE_{\max} + SE_{\min})$$

[0085] 此处 $SE_{\max}$ 是在照亮的场部位里出现的最大扫描能量,而 $SE_{\min}$ 是出现的最小扫描能量。

[0086] 为了改善照明系统的光射瞳孔的照明,也可以附带地设定镜面反射器的棱面参数,使得对于位于在扫描方向上的直线上的场平面里所有点的照明分量的每个积分来说都得出射光瞳的相同的集成的部分照明。

[0087] 用根据本发明的光学元件或镜面反射器,其中如上所述已经选择了棱面的偏转角和布置,就可以构成照明系统,该系统只是用少量的在极端情况下只用唯一的光学元件来工作。因为在 EUV 照射时由于反射引起的损失较大,因此这种照明系统尤其是具有优点的。以下详细说明具有根据本发明的光学元件的例示性照明系统。

[0088] 图 8 中示出了根据本发明的第一照明系统,其中照明系统只包括有一个唯一的光学的元件,也就是根据本发明的带棱面的光学元件或者镜面反射器 100,它同时起到光源

102 的光的聚光器的作用。

[0089] 单镜照明系统的镜面反射器 100 具有近似肾脏的形状并且既使光源 102 成像到场平面 108 中形成环形场又使瞳孔 106 照亮。倾角的计设和棱面的布置又是通过格网变换来实现的。根据图 8 的镜面反射器 100 例如包括有 1000 多个单个的棱面。瞳孔的位置在投影系统里可以通过随后的投影物镜的光轴线 HA 与所要照明的场的场点,例如中间的场点 (0, 0) 的光束的重心光线 107 的交点来确定。重心光线是所有通过一个场点的照明光线上的能量平均值。在如图 8 所述的投影曝光系统中,照明系统的出射光瞳 106 与投影物镜的入射光瞳恰好重合。

[0090] 为了形成在瞳孔 106 里的照亮,可能必需使镜面反射器 100 的各个棱面具备折光力 (die Brechkraft)。如果例如照明强度由于光源向着边缘而减小了,那么必需在那里使棱面变更大,以便相应地收集更多的光。那么可以使该棱面具有较小的折光力,以便在出射光瞳 106 里又得到相同大小的照明点。因此在场区域不过度照射并因而失去功率的同时,那么在场平面里就获得了临界照明的消退,但这一直不大。

[0091] 图 9 中示出了具有图 8 所示照明系统的投影曝光设备。

[0092] 在根据图 9 的投影曝光设备中,根据图 8 的照明系统的出射光瞳 106 与随后的投影曝光物镜 112 的入射光瞳相重合。随后的投影物镜 112 是一个 6 镜面的投影物镜,具有镜面 114.1、114.2、114.3、114.4、114.5 和 114.6,例如像在 US 6,353,470 里公开的那样,其公开的内容完全包括在本申请中。投影系统的光学轴线用 HA 表示。也可以考虑成像系统例如具有 6 个以上镜面的投影物镜以代替 6 镜面的投影物镜,这前者使布置在场平面里的掩模投射在光敏物体上。如在 US-2002-0154395A1 中的 8 镜面的投影物镜那样,其公开内容全部包括在本申请中。具有如在图 8 中所示的照明系统的投影曝光设备具有 8 镜面投影物镜,其既有高的光功率,也有很好的成像性能。

[0093] 投影物镜 112 使布置在场平面 108 里的掩模 (也称为光罩) 成像在像平面 116 里,在该平面里布置了光敏物体例如晶片。掩模和光敏物体都可以是可运动地布置在场平面或影像平面里,例如运动地布置在扫描方向上可以移动的所谓扫描台上。

[0094] 肾脏形设计的镜面反射器 100 虽然其有几何形状方面的光损失,但这种损失与具有多个镜面的照明系统相比是小的。在具有多个镜面的照明系统中,产生很高的反射损失,例如垂直入射镜面每个镜面具有小于 70% 的反射率。所以设计的肾形反射器在根据图 8 所示的照明系统中在形状上基本对应于所要照亮的场平面中的环形场片段。

[0095] 图 10 中以另一个实施例示出了一个照明系统,该系统具有镜面反射器 100,该反射器具有形成场的元件 110。与图 8 中相同的元件用同样的标号表示。

[0096] 镜面反射器 100 在该实施例中设计用于矩形场。通过形成场的元件 110 来形成环形场,这种元件这里是指形成场的掠入射镜面。为了照亮环形场片段优选应用具有凸起形状的场镜面。

[0097] 镜面反射器 100 在根据图 10 的实施形式中具有椭圆形状。棱面具有任意形状并且例如通过格网变换来计算。

[0098] 图 11 中示出了具备根据图 10 的照明系统的投影曝光设备。如图 9 中相同的元件用相同的标号表示。

[0099] 在根据图 8 或图 10 所示的实施形式中,为了提高聚光效率也可以使镜面反射器的

棱镜面布置在一个弯曲的支架上。光源 102 在另一种变化方案中也可以通过成像的聚光器来聚集并用额外的镜面使之成像到场平面 108 中。光源 102 也可以是光源的一个影像。

[0100] 另一种方案,投影曝光系统可以包括根据本发明的照明系统,其除了形成场的元件之外还另外包括有一个或多个成像的元件 104。图 12 中示出了这种照明系统;而图 13 中示出了相应的投影曝光设备。与图 11 中相同的元件采用相同的标号。

[0101] 具有成像作用的元件 104 将镜面反射器 100 成像在照明系统的出射光瞳 106 里。当然也可以有多个成像的光学元件,其在一定条件下甚至生成场平面 108 的环形场片段 3 的中间影像,以应用光阑。如果光程必须附带地折弯,以便例如使光源带入一个更好进入的结构空间里,那么使用附加的成像的或另外的镜面可能是有利的,如在图 13 中所示。此处光源比图 9 中的比较实例离开光罩掩模更远。用于使光程折弯的附加的镜面对于要求有大的结构空间的光源来说是特别有利的。

[0102] 图 14 中示出了一种根据图 13 所示的系统,在该系统中由镜面反射器不是接收了光源本身,而是接收了光源的影像 Z。光源的影像 Z 通过聚光器单元,例如生成的 (genestetten) 掠入射聚光器 200 来接收,这种聚光器如 US-2003-0043455A1 中所述那样,其公开内容全部包括在本申请之中。图 14 中所示装置的镜面反射器 100 接收中间影像 Z 的光并将光源的影像 Z 成像到照明系统的场平面 108 里。

[0103] 根据图 14 所示的照明系统的另外的元件与根据图 13 的照明系统一致。与图 13 中的照明系统中的相同的元件则用同样的标号表示。

[0104] 图 15 中示出了根据图 14 的照明系统,在该系统中,作为具有六个镜面 114.1、114.2、114.3、114.4、114.5、114.6 的 6 镜面投影物镜 112 的代替,应用了 8 镜面物镜作为投影物镜,如例如在 US-2002-0154395A1 中所述那样,其公开内容全部包括在本申请中。8 镜面投影物镜 212 包括有 8 镜面 214.1、214.2、214.3、214.4、214.5、214.6、214.7、214.8。

[0105] 另外,还标出了 8 镜面投影物镜的光学轴线 HA。

[0106] 所有在图 9-15 中示出的系统都标出了投影物镜的光学轴线 HA。与投影曝光设备的入射光瞳相重合的照明系统的出射光瞳被限定为至不同场点的重心光线与光学轴线 HA 的交点。这特别明显地可以在图 8 和 10 中见到。出射光瞳在那里用标号 106 标出。对于本领域技术人员来说,也可以不按照本发明做,而是提供虚拟的瞳孔来代替真实的瞳孔。在光罩上的主辐射角是负的。这样的系统在 W02004/010224 中示出。W02004/010224 的公开内容全部包括在本申请中。

[0107] 以下要对根据本发明的带有棱面的光学元件的一个具体实施例进行说明。

[0108] 当远定心要求为 1mrad 时以及当作为场平面和出射光瞳之间的重心光线长度的入射光瞳的截距为大约 1m 时,在场平面 108 里的光源影像的理想距离为 $< 2\text{mm}$ 。在具有场平面 108 里的场点的出射光瞳 106 里在两个所选择的目标点之间,其远定心误差在 1mrad 以下。在该带棱面的光学元件 100 上必须有 50 个以上的目标点。

[0109] 若将光源影像设计得更大,那么在目标点之间的场点总是看到从瞳孔至至少两个目标点的光线。在这种情况下,远定心也可在少数目标点时实现,例如在 30 个目标点时。在图 16A 和 16B 中,示出了具有六角形棱面的根据本发明的带棱面的光学元件的一部分。

[0110] 在图 16A 中例示出了具有六角形棱面 130 的带棱面的光学元件。标号 132 示出了带棱面的光学元件的一部分。如图 16B 所示,整个带有棱面的光学元件由具有至少 30 个单

个棱面的类似的单元构成,其对应于一个场点。

[0111] 若用超过 50 个用于瞳孔的点进行计算,那就需要一个不成像的光学元件,它具有大约 2000 至 5000 个棱面。当镜面直径为 250mm 时,棱面大小就是大约 $5 \times 5 \text{ mm}^2$,就是一种完全肉眼可见的元件大小。

[0112] 以下方法可以作为制造本申请中所述的镜面反射器 100 的制造方法:

[0113] - 灰色光刻或直接书写的光刻并结合蚀刻技术 (RIE);

[0114] - 镜面反射器由许多小杆 (St  ben) 组成,这些小杆在端面上具有对应的倾角;

[0115] - 在按照上述方法制成基底图案之后进行电镀成形 (GA)。

[0116] 本发明首次说明了一种光元件,在该元件中通过棱面的布置样式和棱面在光学元件上的偏转角样式使场平面并同时使出射光瞳照亮。

[0117] 本发明还提出一种照明系统,其特征在于,其只包括一个带棱面的光学元件。

[0118] 标号表:

[0119]	1 瞳孔	1.1, 1.2 不同的瞳孔位置
[0120]	3 环形场片段	5 带棱面的光学元件的平面
[0121]	10 在环形场片段 3 中间的场点	
[0122]	12 在环形场片段 3 边缘的场点	
[0123]	20 网格	22 网格的单元
[0124]	24 场平面里的场点	26 棱面网
[0125]	27 变换的变换网	
[0126]	29 投影到镜面反射器上的场点	
[0127]	31 带棱面的光学元件的相应的棱面	
[0128]	100 带棱面的光学元件	102 光源
[0129]	104 成像光学装置	106 照明系统的出射光瞳
[0130]	107 重心光线	108 场平面
[0131]	110 形成场的光学元件	112 投影物镜
[0132]	114.1 114.2 114.3 114.4 114.5 114.6	6- 镜面投影物镜的镜面
[0133]	116 影像平面	130 六角形棱面
[0134]	132 带棱面的光学元件的一部分	
[0135]	200 生成的聚光器	212 8- 镜面投影物镜
[0136]	214.1 214.2 214.3 214.4 214.5 214.6 214.7 214.8	8- 镜面物镜的镜面
[0137]	x- 方向	在场平面里垂直于扫描方向的方向
[0138]	y- 方向	在场平面里在扫描方向上的方向

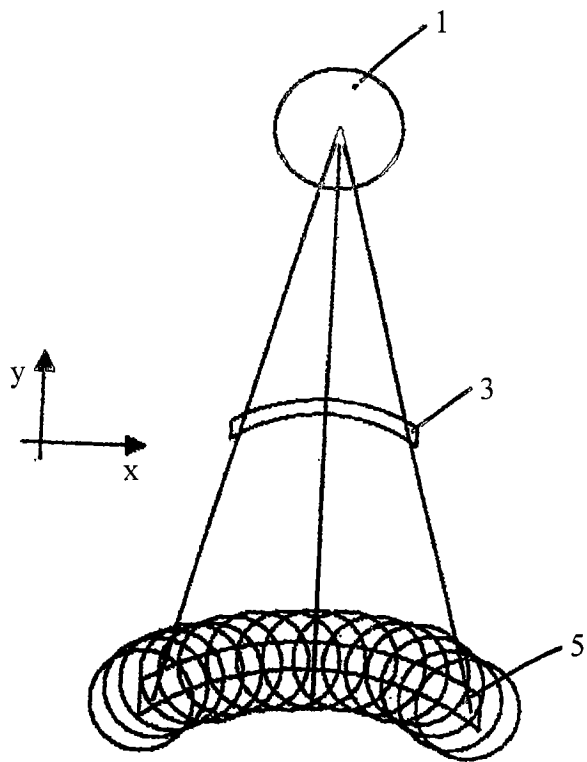


图 1

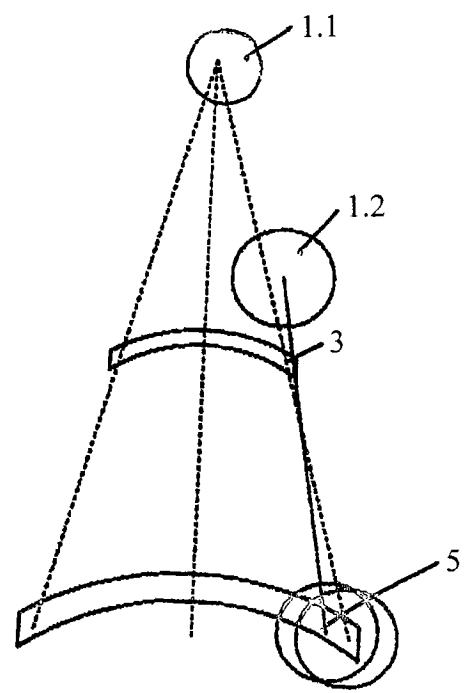


图 2

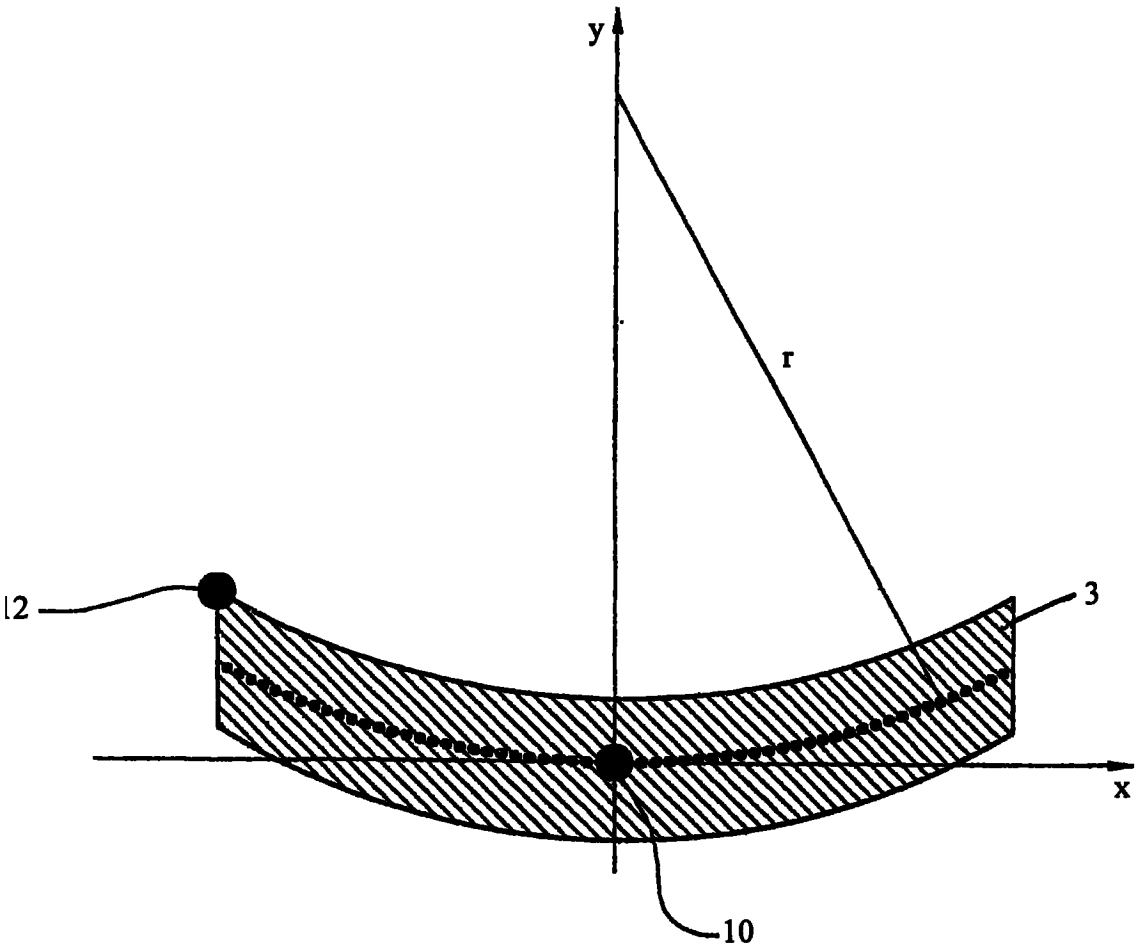


图 3

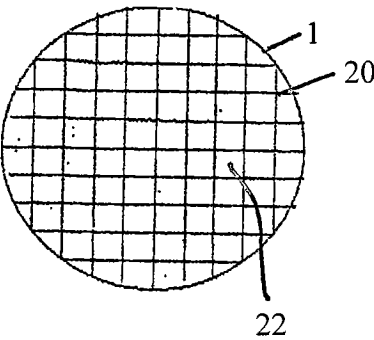


图 4

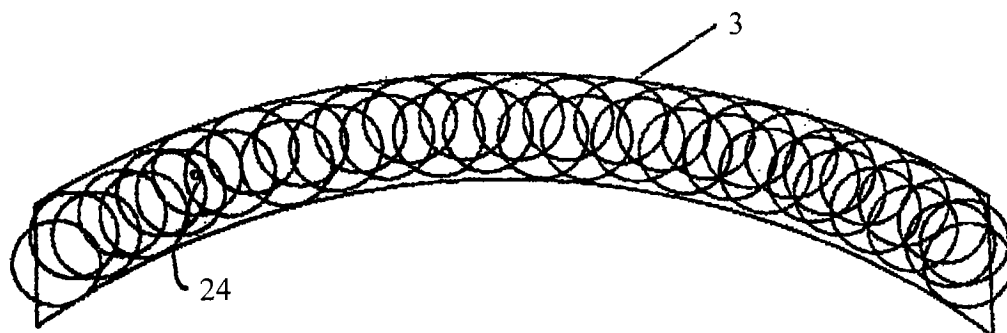


图 5

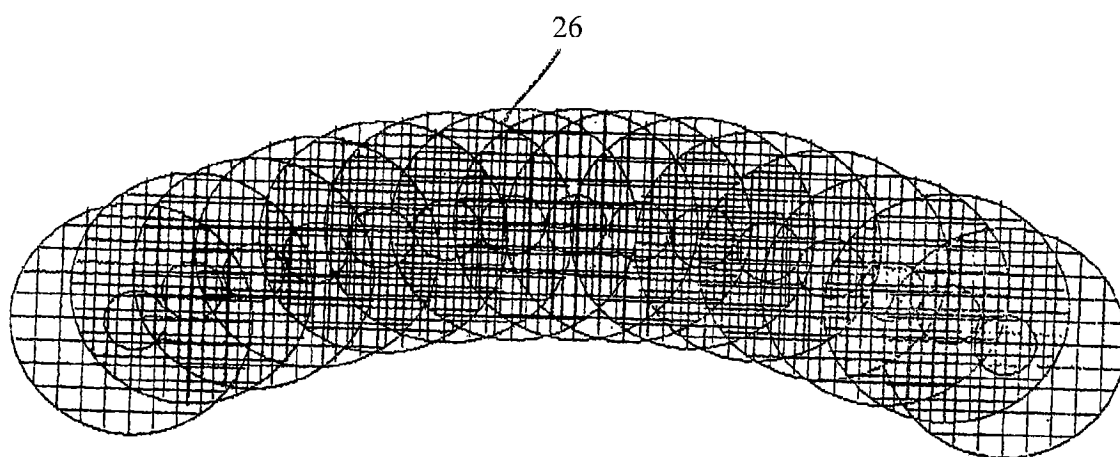


图 6

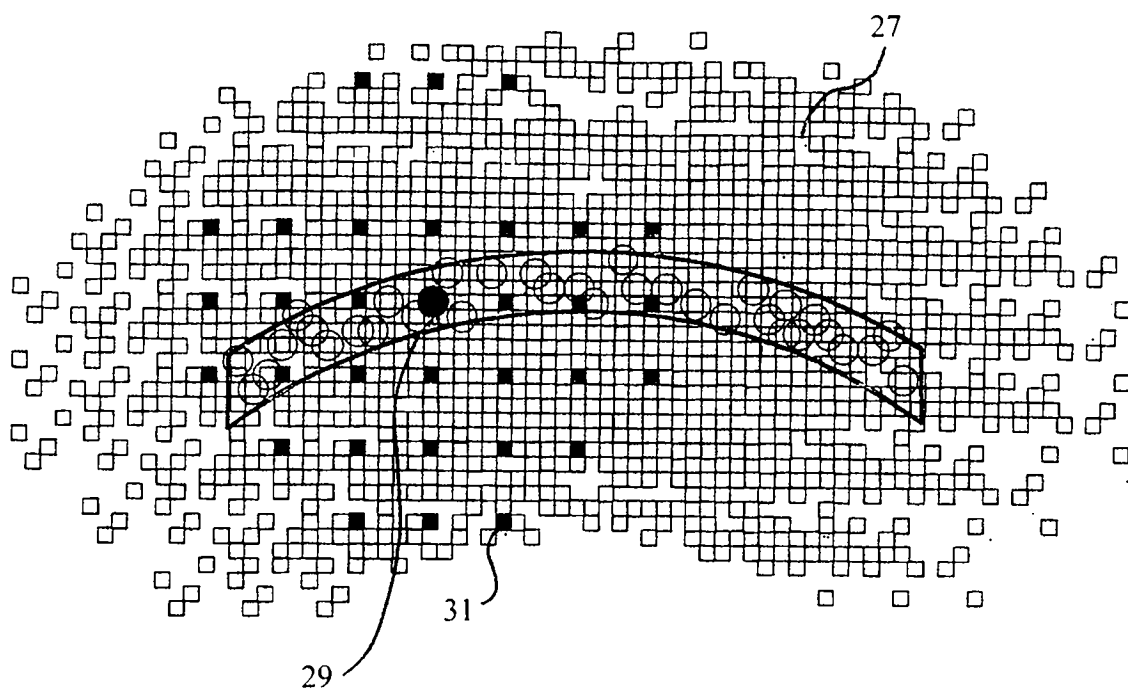


图 7

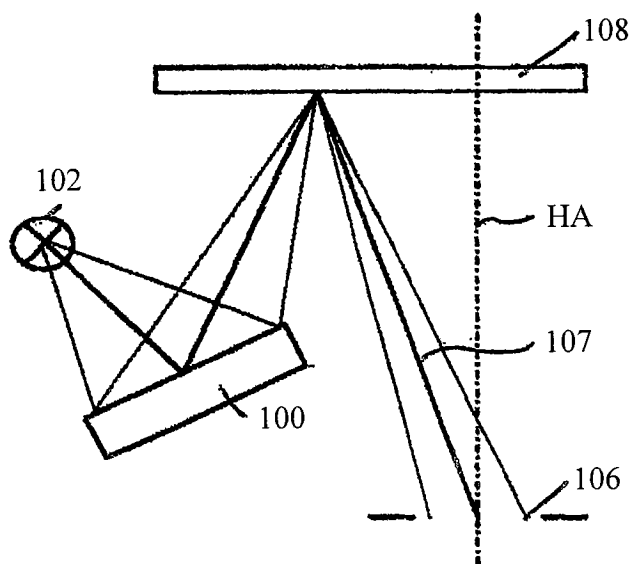


图 8

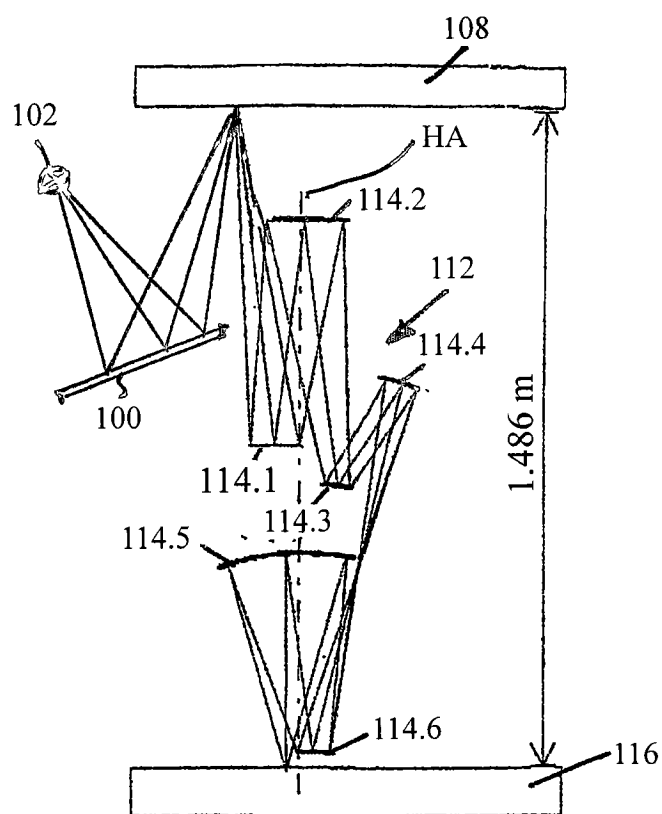


图 9

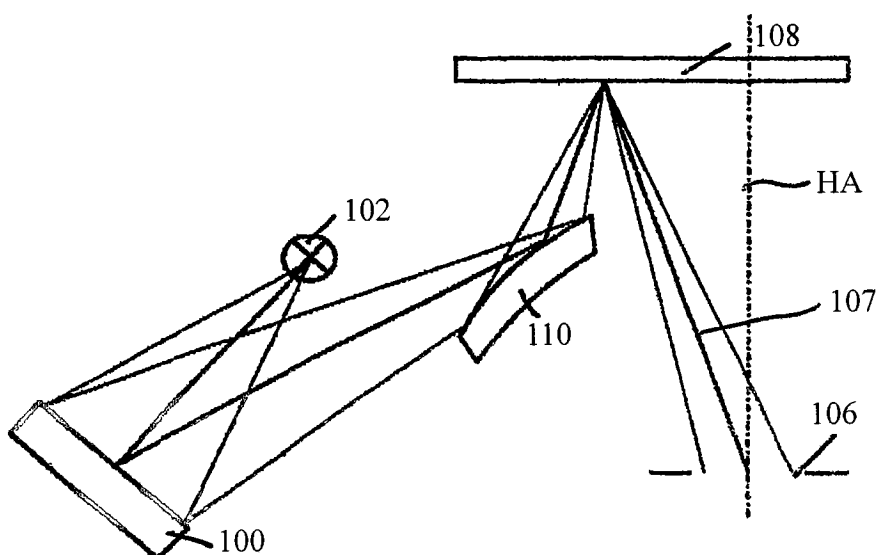


图 10

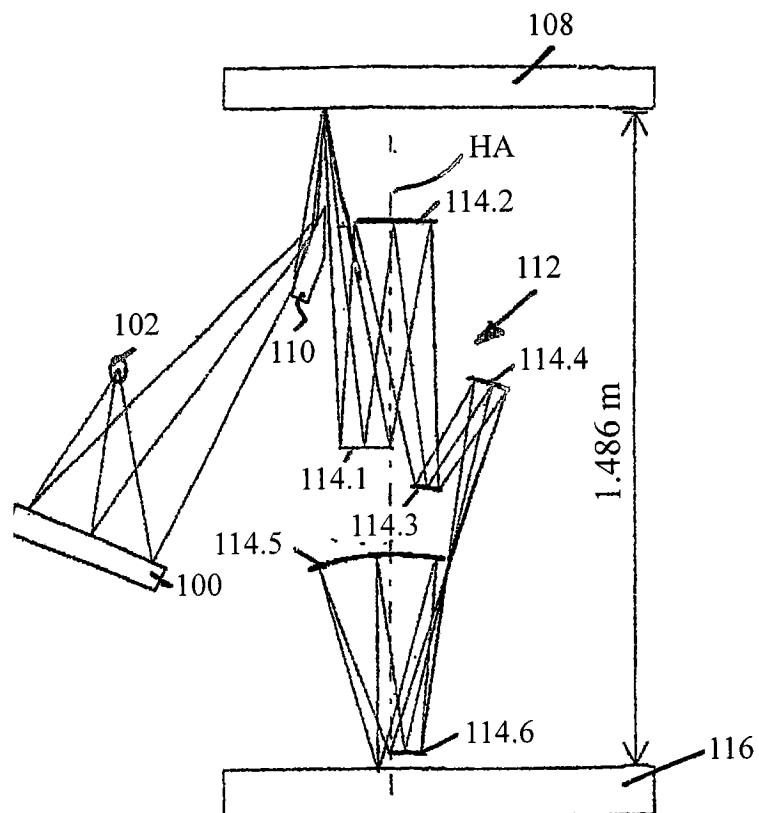


图 11

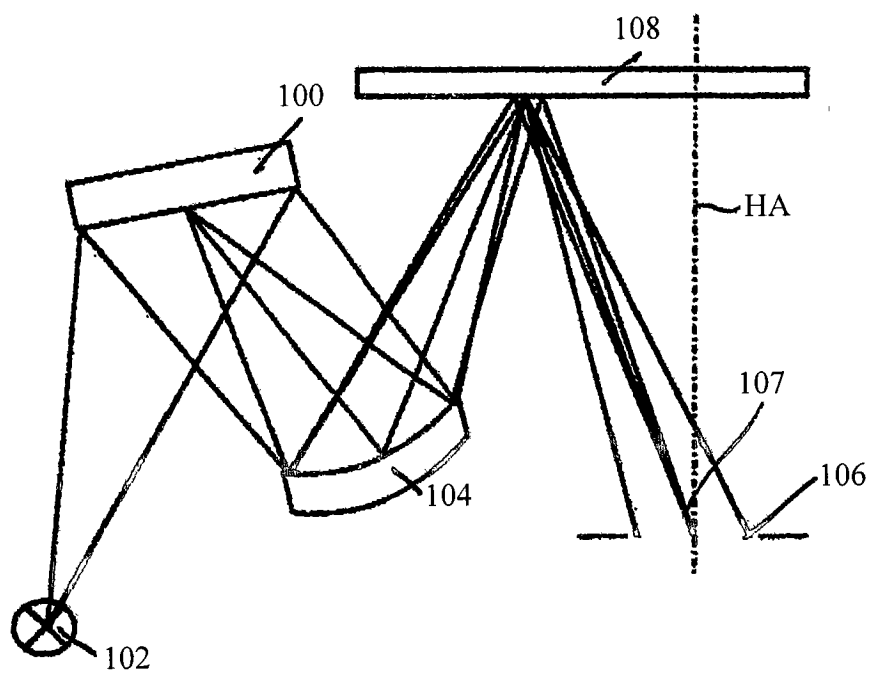


图 12

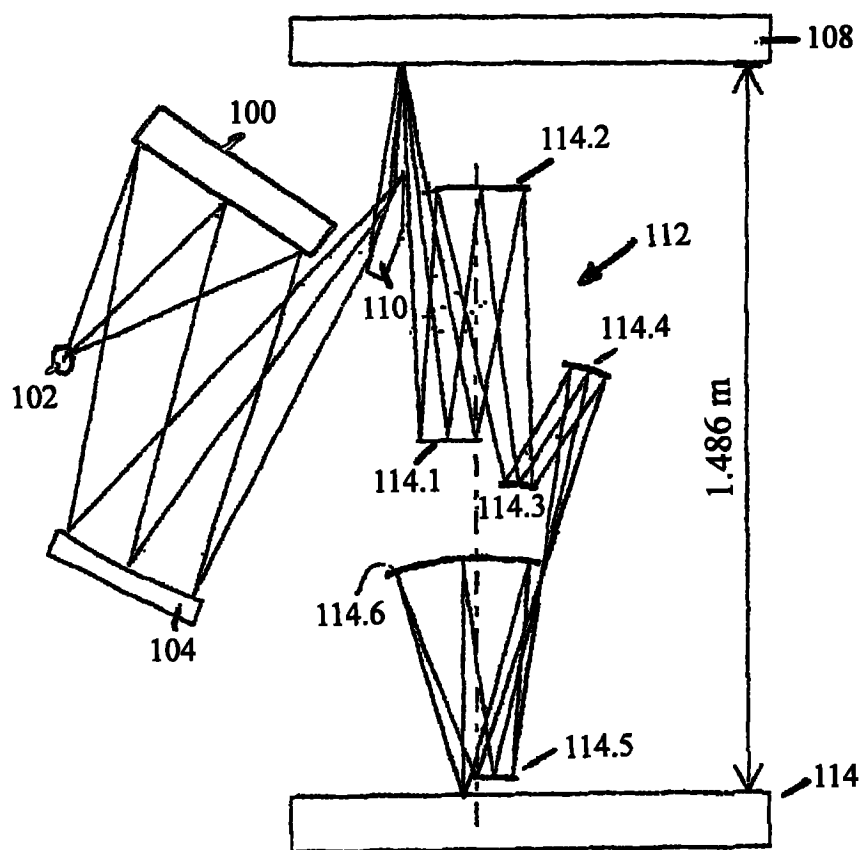


图 13

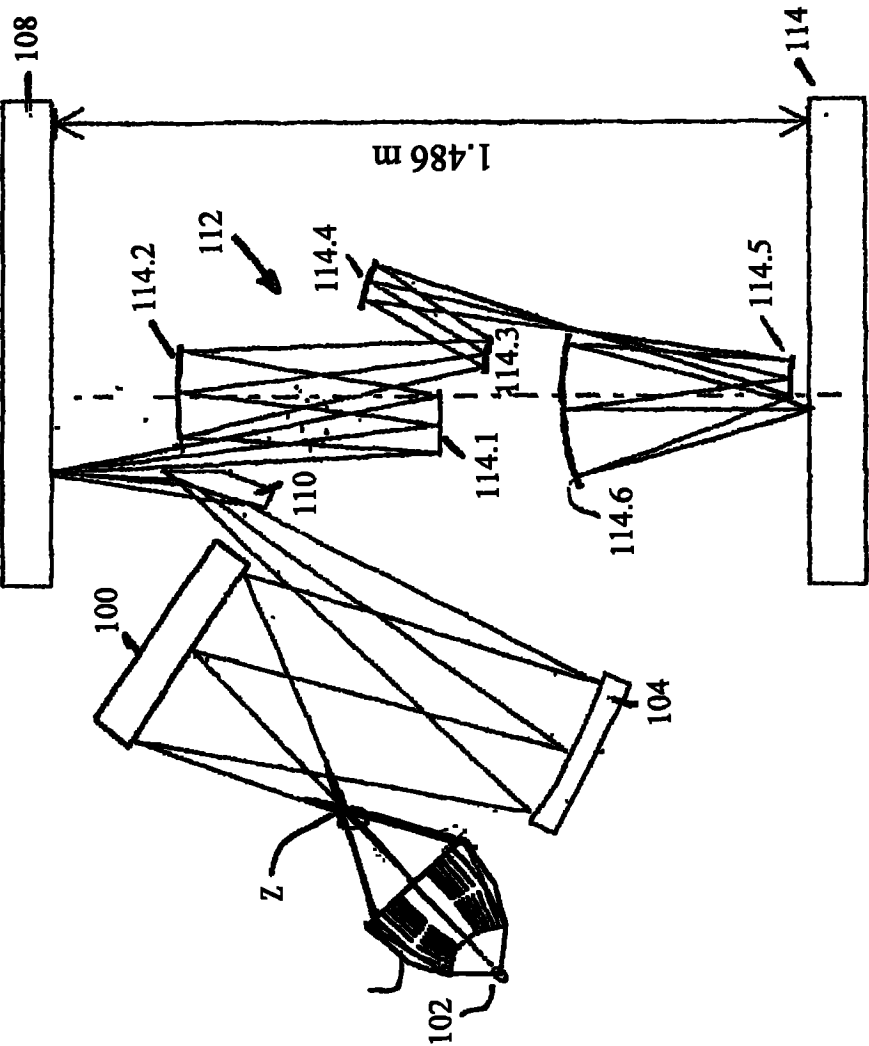


图 14

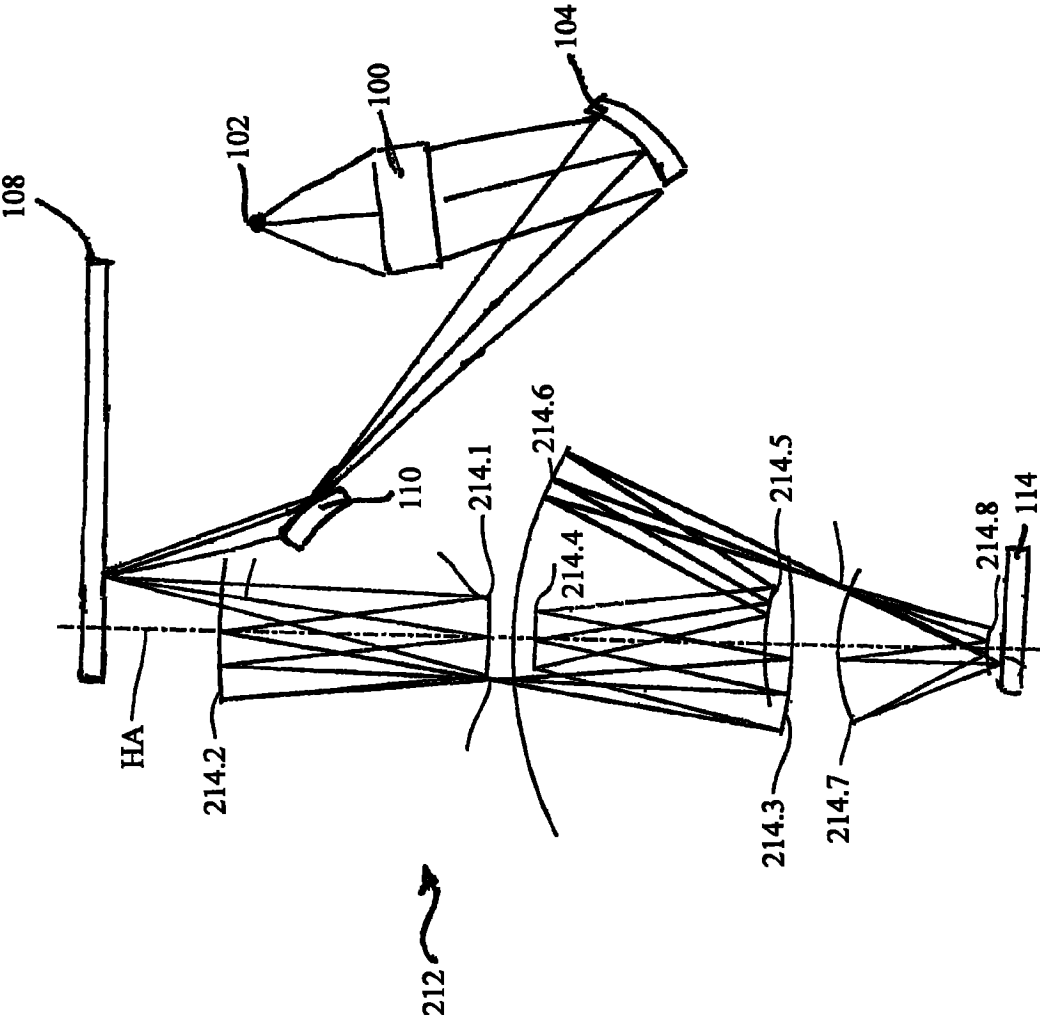


图 15

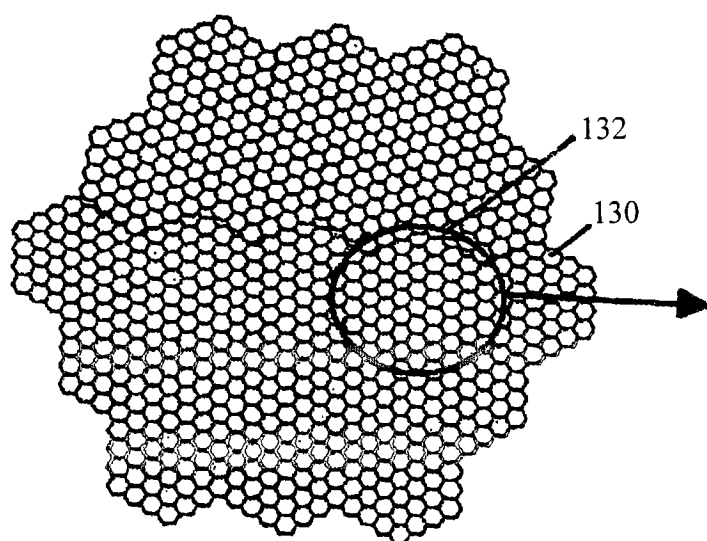


图 16A

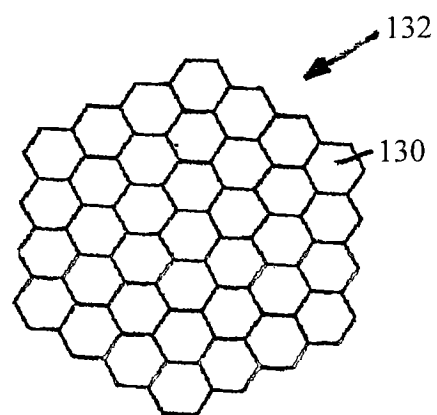


图 16B