

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01J 37/30 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480014578.7

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100543920C

[22] 申请日 2004.5.27

[21] 申请号 200480014578.7

[30] 优先权

[32] 2003.5.28 [33] US [31] 60/473,810

[86] 国际申请 PCT/NL2004/000381 2004.5.27

[87] 国际公布 WO2004/107050 英 2004.12.9

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.28

[73] 专利权人 迈普尔平版印刷 IP 有限公司

地址 荷兰代尔夫特

[72] 发明人 彼得·克勒伊特

马尔科·扬-哈科·威兰

[56] 参考文献

CN1193810A 1998.9.23

US4544847 1985.10.1

US20020039829A1 2002.4.4

US4543512 1985.9.24

US4243866 1981.1.6

审查员 郑丽芬

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责
任公司

代理人 余刚 张英

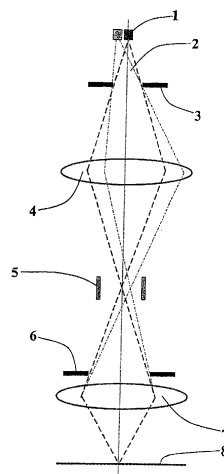
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 14 页

[54] 发明名称

带电粒子小射束曝光系统

[57] 摘要

本发明涉及用于带电粒子束曝光装置的带电粒子光学系统，该系统包括：第一光圈装置，包括至少一个基本上圆形的第一光圈，用于部分屏蔽用来形成至少一个带电粒子小射束的发射的带电粒子束；透镜系统，包括至少一个用来将来自于所述第一光圈的带电粒子小射束进行聚焦的透镜，将其聚焦在该透镜的图像焦平面内或附近；偏转器装置，基本上位于该图像焦平面内，包括至少一个小射束偏转器，该偏转器用来在接收到控制信号后偏转经过的所述带电粒子小射束；以及第二光圈装置，包括至少一个位于第一光圈的共轭平面内的基本上圆形的第二光圈，并且该第二光圈与该第一光圈以及该小射束偏转器对准，用来阻挡由小射束偏转器偏转的带电粒子束，或者让其通过。



1. 一种使用多个带电粒子小射束(9)的带电粒子束曝光装置, 所述装置包括:
 - 第一光圈装置(10), 包括多个基本上圆形的第一光圈, 用于部分屏蔽带电粒子小射束;
 - 透镜系统, 包括多个透镜组, 用来将产生于所述第一光圈的所述带电粒子小射束聚焦在所述透镜组的图像焦平面内或附近;
 - 偏转器装置(12), 基本上位于所述图像焦平面内, 包括多个小射束偏转器, 用来在接收到控制信号后偏转经过所述偏转器的所述带电粒子小射束; 以及
 - 第二光圈装置(13), 包括多个位于所述第一光圈的共轭平面内的基本上圆形的第二光圈, 所述第二光圈与所述第一光圈以及所述小射束偏转器对准, 用来阻挡由所述小射束偏转器偏转的所述带电粒子小射束, 或者让其通过, 并且所述第一光圈装置和所述第二光圈装置被定位, 当所述小射束从上游方向通过时用来限制所述小射束的开度角。
2. 根据权利要求1所述的带电粒子束曝光装置, 所述多个第一光圈形成每一光圈用于一个小射束的光圈阵列; 所述多个透镜组形成透镜组阵列, 使每个透镜定位, 用以聚焦来自所述第一光圈装置的多个带电粒子小射束中的一个; 所述多个第二光圈形成光圈阵列。
3. 根据权利要求1或2所述的装置, 其中, 所述透镜组包括静电透镜。

-
4. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述小射束偏转器包括静电偏转器。
 5. 根据权利要求4所述的装置,其中,所述静电偏转器包括至少两个偏转电极。
 6. 根据权利要求2所述的装置,进一步包括:设置在所述第一光圈装置之前并包括形成透镜组阵列的多个透镜组的第二透镜系统,所述透镜组被设置用于会聚所述多个小射束。
 7. 根据权利要求6所述的装置,进一步包括:设置于所述第一光圈装置之前并包括多个透镜组的第三透镜系统(20),其设置用来将带电粒子束曝光装置源的图像投射到所述第二透镜系统的主平面内,所述带电粒子光学系统进一步包括第三光圈阵列(21),其中所述第二透镜阵列设置用于将所述第三光圈阵列的图像投射到所述第一光圈阵列上。

带电粒子小射束曝光系统

技术领域

本发明涉及用于带电粒子曝光装置的带电粒子光学系统，尤其涉及使用带电粒子的无掩模平版印刷系统。

背景技术

平版印刷系统的发展尤其受到了摩尔定律的推动，即，每 18 个月每单位面积的晶体管数量就要翻一番。因此其结构元件（feature）尺寸的迅速减小，导致了目前用于提供图样的掩模的费用急剧增加。为了避免增加掩模的费用，几种无掩模平版印刷的设计正在开发之中。在这些设计中，图样由图样数据提供。由于掩模是用以储存图样的高度有效的方式，因此用于描述这种图样的原始数据的量是巨大的。

目前的无掩模平版印刷系统在生产量方面（例如每小时处理的晶片（wafer）的数目）有所限制。这个特点限制了这些系统在当今半导体元件生产线上的使用。无掩模平版印刷系统的生产量可以通过使用多个小射束（beamlet）和/或通过增加数据速率而得到提高。

可以以两种方式来增加数据的供给。第一种方式是通过直接将图样数据送入到一个或多个射束源，从而切换该一个或多个射束源的开和关。可选替换地，该一个或多个射束源连续地发射一个或多个小射束，并将图样数据提供给调制装置，该调制装置沿着小射束朝向待图样化目标的路径调制所发射的小射束。

当数据速率增加时，向（射束）源提供数据会变得有问题：每一个单独的源都具有依赖于（射束）源、并且易于变得过大的稳定时间（settling time）。因此，优选沿着它们的光学路径来调制该小射束。

在带电粒子束平版印刷系统中，这些调制装置经常是静电偏转阵列，也称为消隐光圈阵列（blanking aperture array）（BAA）或偏转阵列。这类阵列的实例披露在 Advantest 的美国专利第 6188074 号和 Canon 的欧洲专利申请第 1253619 号中。在将电信号供向某一偏转元件后，在相应的光圈（孔径）的上方产生一电场，这导致了经过该光圈的带电粒子束的偏转。通过将光圈挡板（光阑板）定位在偏转阵列的后面，经偏转的射束被阻挡，因此不能到达目标（靶），其中，该光圈与偏转阵列中的光圈对准。

在带电粒子到达偏转阵列之前，多个射束最经常经过光圈阵列。这种光圈阵列具有几种功能。在包括单一源的平版印刷系统中，它用来将发射的射束分裂成多个小射束。此外，它还决定射束在偏转阵列处的开度角（孔径角）。另外，该光圈阵列降低在偏转阵列上的热负荷，从而增强其性能。

尤其是在紧密多射束设计中，系统的连贯元件（透镜、光圈等）的未对准或者射束位置的微小变化会引起（射束）剂量变化，其中射束位置的微小变化是由例如外部电磁场引起的，或者是由表面带电或带电表面上的不规则引起的。作为剂量变化的结果，对于要进行图样化的结构元件的临界尺寸的控制就不能再得到保证。解决未对准问题的一种方法是增加每一个小射束的开度角（孔径角），例如，使在光圈阵列上的小射束的横截面大于其所经过的光圈。这样就确保了使光圈的整个面积被照射到。

这种方法有几个缺陷，当需要高速度和极度剂量稳定时这些缺陷是相干的。相对大的横截面将增加光圈阵列上的热负荷。此外完全阻挡小射束所需要的偏转量将增加（参见附图可以得到解释），它将降低系统的速度，从而降低这种系统的生产量。此外，为了在基片位置上精确控制（射束）剂量，理想的做法是尽可能多地采取射束强度的顶环分布（顶帽分布，tophat distribution）。射束的大开度角使射束具有大的尾部。

发明内容

本设计的目的是提供一种无掩模带电粒子平版印刷系统，其具有用来克服上述在带电粒子光学系统中所遇到的问题设置的，尤其是用于目前的无掩模带电粒子束平版印刷系统（单射束和多射束）的这些系统中。因而，本设计设法提供速度和稳定性有所提高的带电粒子光学系统。

因此，本发明提供了一种用于带电粒子束曝光装置的带电粒子光学系统，所述系统包括：

- 第一光圈装置，包括至少一个基本上圆形的第一光圈，用于部分屏蔽用来形成至少一个带电粒子小射束的发射的带电粒子束；

- 透镜系统，包括至少一个用来将所述产生于或到达所述第一光圈的一个或多个带电粒子小射束进行聚焦的透镜，将其聚焦在所述透镜的图像焦平面内或邻近；

- 偏转器装置，基本上位于所述图像焦平面内，包括至少一个小射束偏转器，用来当在接收到控制信号后时偏转经过所述偏转器的所述一个或多个带电粒子小射束；以及

- 第二光圈装置，包括至少一个位于第一光圈的共轭平面内的基本上圆形的第二光圈，并且所述第二光圈与所述第一光圈以及所述小射束偏转器对准，用来阻挡由所述小射束偏转器偏转的一个或多个带电粒子小射束，或者让其通过。

已经发现，对于对准而言，将前面的光圈或光圈阵列成像在后面的光圈或光圈阵列上使得系统更稳定，并且降低了热负荷。

在这一方面，共轭平面组是指由在透镜或透镜系统一侧的平面以及通过屏蔽或阻挡而处于透镜或透镜系统的另一侧的它的像平面所形成的平面组。

在一具体实施例中，该系统涉及根据本发明的一种使用多个带电粒子小射束的带电粒子束曝光装置的系统，其中所述第一光圈装置，包括形成光圈阵列的多个所述第一光圈装置，每一光圈用于一个小射束，所述透镜系统，包括形成透镜组阵列的多个所述透镜组，使每个透镜定位用以聚焦来自所述第一光圈装置的多个带电粒子小射束中的一个；所述第二光圈装置，包括多个形成光圈阵列的所述第二光圈，所述偏转器装置，包括多个所述小射束偏转器，使每一小射束偏转器定位，用来在接收到对应于所期望的要曝光的图样的控制信号后偏转所经过的带电粒子小射束。

在该系统的具体实施例中，所述透镜或透镜组包括静电透镜。

在另一或又一具体实施例中，所述小射束偏转器或小射束偏转器组包括静电偏转器。在其又一具体实施例中，所述静电偏转器包括至少两个偏转电极。

在一具体实施例中，用于使用多条小射束的装置中的该系统，进一步包括：设置在所述第一光圈装置之前并包括形成透镜组阵列

的多个透镜组的第二透镜系统，所述透镜组设置用来会聚所述小射束。

在本发明的又一具体实施例中，该系统进一步包括：设置于所述第一光圈装置之前并包括多个透镜组的第三透镜系统，其设置用来将带电粒子束曝光装置源的图像投射到所述第二透镜系统的主平面内，带电粒子光学系统进一步包括：第三光圈阵列，其中第二透镜阵列设置用于将所述第三光圈阵列的图像投射到所述第一光圈阵列上。

本发明进一步涉及一种用于将基片曝光于多个带电粒子小射束的带电粒子曝光装置，包括：第一光圈阵列，该第一光圈阵列包括多个第一光圈，一个光圈用于一个带电粒子小射束；透镜系统，包括形成透镜组阵列的多个透镜组，所述透镜组与所述第一光圈对准；以及第二光圈阵列，包括多个与所述第一光圈对准的第二光圈，其中所述透镜系统被设置于所述第一光圈阵列与所述第二光圈阵列之间，用来将所述第一光圈阵列成像在所述第二光圈阵列上。

在本发明的一具体实施例中，该装置包括至少一个另外的光圈阵列和至少一个另外的透镜阵列，其中在每个光圈阵列之间定位一个透镜阵列，其设置用来将前面的透镜阵列成像在后面的透镜阵列上。

本发明进一步涉及一种用于将基片曝光于至少一个带电粒子小射束的带电粒子曝光装置，包括：基本上圆形的用于阻挡部分所述带电粒子小射束的第一光圈；至少包括一个透镜的透镜系统，所述透镜系统与所述第一光圈对准；基本上圆形的与所述第一光圈对准的第二光圈；以及偏转装置，其包括至少一个小射束偏转器，用于当在接收到控制信号后时偏转经过所述偏转器的所述小射束，所述透镜系统被设置于所述第一光圈与所述第二光圈之间，用来将所

述第一光圈的图像投射到所述第二光圈上，并且所述偏转器基本上位于所述透镜系统的图像焦平面内。

在各种预期的方案中，该装置可以具有一个或多个上述的特征或者在下面的具体实施例中描述的特征。

本发明进一步涉及一种使用根据本发明的系统或装置将图像曝光在目标曝光表面上的方法。

在本发明的具体实施例中，所述带电粒子束或带电粒子小射束是电子束。在另一具体实施例中，所述带电粒子束或带电粒子小射束是离子束。

本发明进一步涉及一种包括本发明上述的带电粒子光学系统的装置的带电粒子束平版印刷系统。本发明进一步涉及一种用这种带电粒子束平版印刷系统加工的基片。

本发明进一步涉及一种包括上述装置的带电粒子束显微镜系统。

附图说明

本发明将在下面的根据本发明的，特别是用于无掩模平版印刷系统的，带电粒子光学系统的具体实施例中加以进一步说明，其中：

图 1 示出了根据本发明的带电粒子光学系统的剖面图，

图 1A 示出了图 1 的顶视图，

图 2 示出了多个小射束带电粒子光学系统的剖面图，

图 3a-3d 解释（存在的）这些问题，

图 4a-4c 解释（存在的）另外的问题，

图 5 示出了根据本发明的用于单射束系统的带电粒子光学系统的第一个具体实施例，

图 6 示出了根据本发明的用于多射束系统的带电粒子光学系统的第一个具体实施例，

图 7 示出了根据本发明的用于多射束系统的带电粒子光学系统的第二具体实施例；

图 8 示出了根据本发明的用于多粒子射束系统的带电粒子光学系统的第三具体实施例，以及

图 9 是该系统的另一具体实施例。

具体实施方式

图 1 示出了沿着带电粒子束曝光装置的光轴的剖面，该装置包括带电粒子源、两个光圈、两个透镜和一个静电偏转器。图 1A 示出了图 1 的顶视图。

源 1 发射出发散的带电粒子束 2。基本上圆形的第一光圈（孔径）3 限制了碰撞在第一透镜 4 上的射束的开度角（孔径角）。另外它将热从系统中带走，从而增强了第一透镜 4 的性能。所述透镜 4 基本上将射束聚焦在静电偏转器 5（所在）的平面上。在接收到控制信号后，偏转器 5 使经过的带电粒子束偏转。基本上圆形的第二光圈 6 可以具有几个目的。首先，它可以限制落在第二透镜 7 上的射束的开度角。其次，它可以阻挡被静电偏转器 5 偏转的射束。当射束穿过第二光圈 6 时，第二透镜 7 将其聚焦在图像平面 8 上。

图 2 示出了用于多射束系统的同样的工作原理。多个小射束 9 依次经过第一光圈阵列 10、第一透镜阵列 11、偏转器阵列 12、作为小射束阻挡阵列的第二光圈阵列 13、以及再次将传输来的小射束 15 聚焦在图像平面 8 上的第二透镜阵列 14。还可以使用设置在同一平面上的单透镜组来代替透镜阵列。所有这些元件的功能与图 1 中的等同物相同。小射束 9 可以由多个带电粒子源产生，或者通过将由单一带电粒子源发射的平行带电粒子束分裂得到，例如通过使用光圈挡板（光阑板）。

图 1 和图 2 所描述的设计被广泛使用，但是它具有较大的缺陷，尤其当在高偏转频率下工作时变得非常重要。对于单一射束系统而言，在第二光圈 6 上的点不是被清楚限定的。其密度逐渐减小。结果，用来完全阻挡小射束 16 所需的偏转角不能被很好地被限定。因而，需要大的偏转角以确保该阻挡作用。然而，在高偏转频率时，所期望的是小偏转角。

实际上，当产生在静电偏转器 5 的平面内的中间图像没有被正确定位时会产生另外的问题。

图 3a 示出了一个正确定位的偏转器的实例。小射束填满了两个光圈的面积。

在图 3b 中演示了具有微小旋转角 A 的效果。在这种情况下，小射束 2 的一部分被第一光圈 3 所阻挡。因此，光圈 6 未被完全填充，导致了剂量变化。

在图 3c 中，为了克服图 3b 的问题，将第一光圈 3 的面积扩大，并极少使光学系统倾向于变动入射的小射束 2 的角度。然而，在这种情况下，小射束 2 部分地被第二光圈 6 所阻挡。因此，这种方案不能解决这个问题。

在图 3d 中演示了光轴 O 有一从 O → O' 的小偏移的效果。已知的解决方案是增大第一光圈的面积。然而，从图 3d 可以明显看出，它不能解决这个问题。第二光圈 6 仍然阻挡了小射束 2 的一部分。

在图 4a 中，为了使系统更稳定，将小射束 2 的开度角增大，同时将第一光圈 3 也增大。在这种情况下，在第二光圈 6 上的热负荷也增加了，因为该光圈此时阻挡了小射束 2 的一部分。此外，为了从该光圈上完全除去射束 2，因此使用光圈挡板 6 来切断（blanking）小射束，这需要更大的偏转角，进而需要更强的静电场。这使得偏转器更为复杂。并且也使偏转器变得更慢。

图 4b 示出了小射束 2 的光轴在图 4a 结构的基础上有一微小旋转的效果：其热负荷增加得相当多。

图 4c 示出了小射束 2 的光轴有一从 O 到位置 O' 偏移的效果：其在第二光圈上的热负荷再次增加。在第一光圈 3 上的热负荷也增加了。此外，小射束在图像平面 8 上的位置随着小射束光轴的角度而改变。

作为位置变化的结果，对于每个单独的光圈而言，经过这些光圈的电流是不同的。因此，对于每一带电粒子小射束 15 而言，到达图像平面 8 的电流也有变化。当要曝光的表面（例如半导体晶片或遮光膜）被定位在所述图像平面 8 内时，该电流的变化会引起剂量变化，例如每单位面积的带电粒子数量的变化。由于这些剂量变化，使得对于具有高分辨率结构元件的图样的临界尺寸控制变得不再可能。如图 4b 和 4c 所示，一种用以减小位置变化的负面影响的办法是扩大落在光圈上的开度角。虽然部分电流被“浪费掉”，但每一单独光圈此时传送着相似面积的单独的带电粒子小射束。

由射束点在光圈上的位置变化所引起的另一个问题是：由于（射束）源不是奇点（singularity），而是具有有限尺寸的，因此在每一小射束内的电流分布是不均匀的。在小射束周围，电流密度变得较小。这样如图 4a 所示的解决方案就不能完全解决这些问题。因此，开度角应该比以前进一步扩大，使得传输的小射束的一部分仅仅包括中央区域的一部分（其具有均匀的电流密度）。以这种方式使非均匀性效应得以补偿。

然而开度角的简单扩大有较大的缺陷。在具有更大的开度角的光圈后面的透镜的透镜填充增加了，从而使透镜的性能变差。本发明的目的是提供一种电子光学系统，其中用以避免前述随位置变化（而引起的）问题所需的最大开度角被最小化。另外，本发明能够使用小的偏转角用以在接收到（registration）控制信号后阻挡所经过的射束或小射束。

图 5 和图 6 分别示出了本发明用于单射束和多射束电子光学系统的第一具体实施例。在图 5 中，第一光圈 3 被设置于第二光圈 6 的共轭平面内。因此，用以使位置变化影响最小化所需要的由第一光圈 3 所决定的开度角比以前小。第一透镜 4 的填充会因此减少，从而提高了其性能，例如引入极小的像差。而且，在第二光圈 6 上的点很尖锐，这使得静电偏转器 5 的偏转角能被很好地限定，从而实现了对经过的带电粒子束的阻挡。如果在光圈 3 上的热负荷变得过大，则沿着带电粒子束的路径连续设置几个光圈元件。这些光圈元件彼此对准，而且优选按直径增大的方式沿电子光学路径按顺序排列。在这种情况下，该射束限定光圈元件在第二光圈 6 上成像。当第二光圈 6 也包括一系列的光圈元件，并优选按直径减小的顺序沿电子光学路径排列时，第一光圈 3 的射束限定光圈元件通过第一透镜 4 被投射在第二光圈 6 的射束限定光圈元件上。如图 6 所示，在多射束系统中以类似的方式实施本发明的第一具体实施例。

本发明的第二具体实施例仅用于多射束系统中，尤其是包括单一（射束）源的系统。图 7 示出了与本发明第一具体实施例合并的这种单一源多射束电子光学系统。带电粒子源 17 发射发散的射束 18，该发散的射束 18 在到达第一光圈阵列 10 之前由准直仪透镜 19 准直（使成平行）。然后第一光圈阵列 10 将射束分裂成多条小射束。其余的操作与图 6 所描述的系统的操作相类似。

为了降低这些像差，可以如图 8 所示对系统进行改进。该方法的细节披露在本申请人的专利申请 PCT/NL2004/000174 中，将引用的该文献的全部内容合并于此作为参考。在这种结构中，另外的透镜阵列 20 被定位于所述准直仪透镜 19 与所述带电粒子源 17 之间。为了避免附加透镜阵列 20 的显著的热（其能降低其性能），在透镜阵列 20 与（射束）源 17 之间放置第三光圈阵列 21。此时光圈阵列 21 将发射的带电粒子束 18 分裂成多个小射束 22，并且另外顾及到大的热负荷。

图 9 示出了用在图 8 所示的系统中的本发明的第一具体实施例。根据与考虑位置变化的第一具体实施例相同的原理，应该将第三光圈阵列 21 的位置定位在第一光圈阵列 10 的共轭平面内。所有透镜阵列 11、14、20 的透镜填充都被最小化，同时开度角足够大，以便应对位置变化。此外，在小射束阻挡阵列 13 上的点保持尖锐，这使得由于小的最小偏转角而能够具有高频率的偏转。

应当明了，上述描述只是为了举例说明本发明的优选具体实施例的工作过程，而不是为了限制本发明的保护范围。由上述讨论出发，多种对本领域技术人员而言很明显的改变也将包括在本发明的精神和保护范围之内。

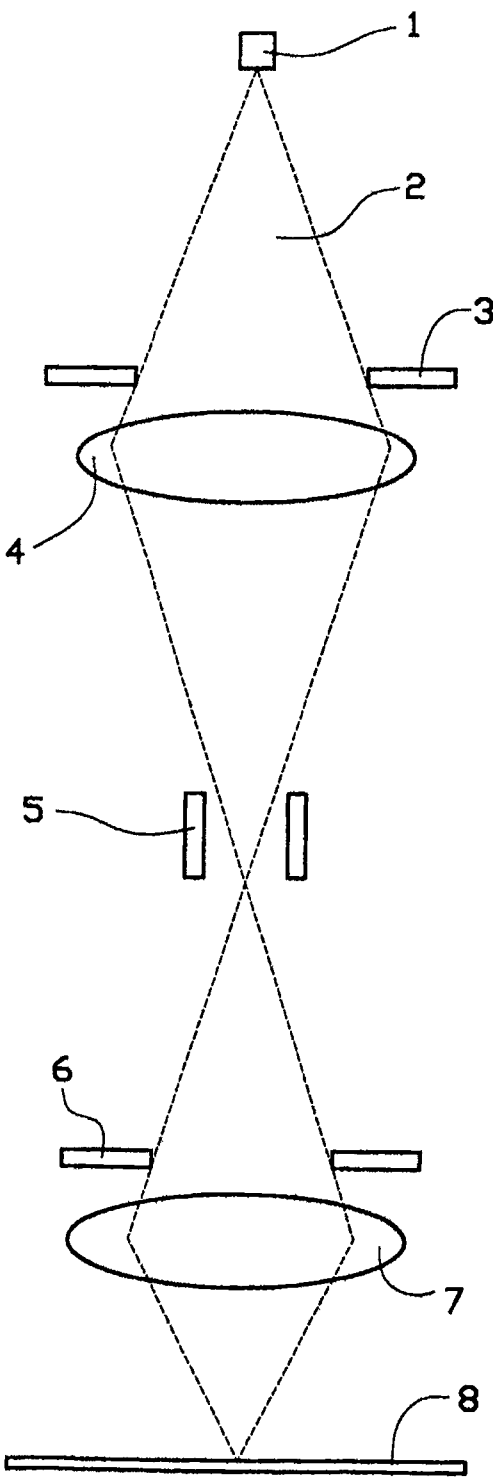


图 1

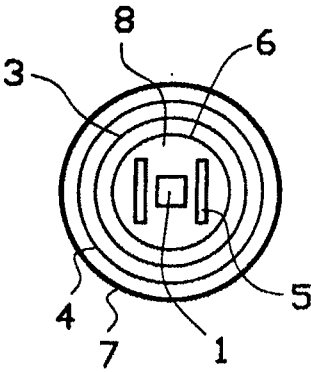


图 1A

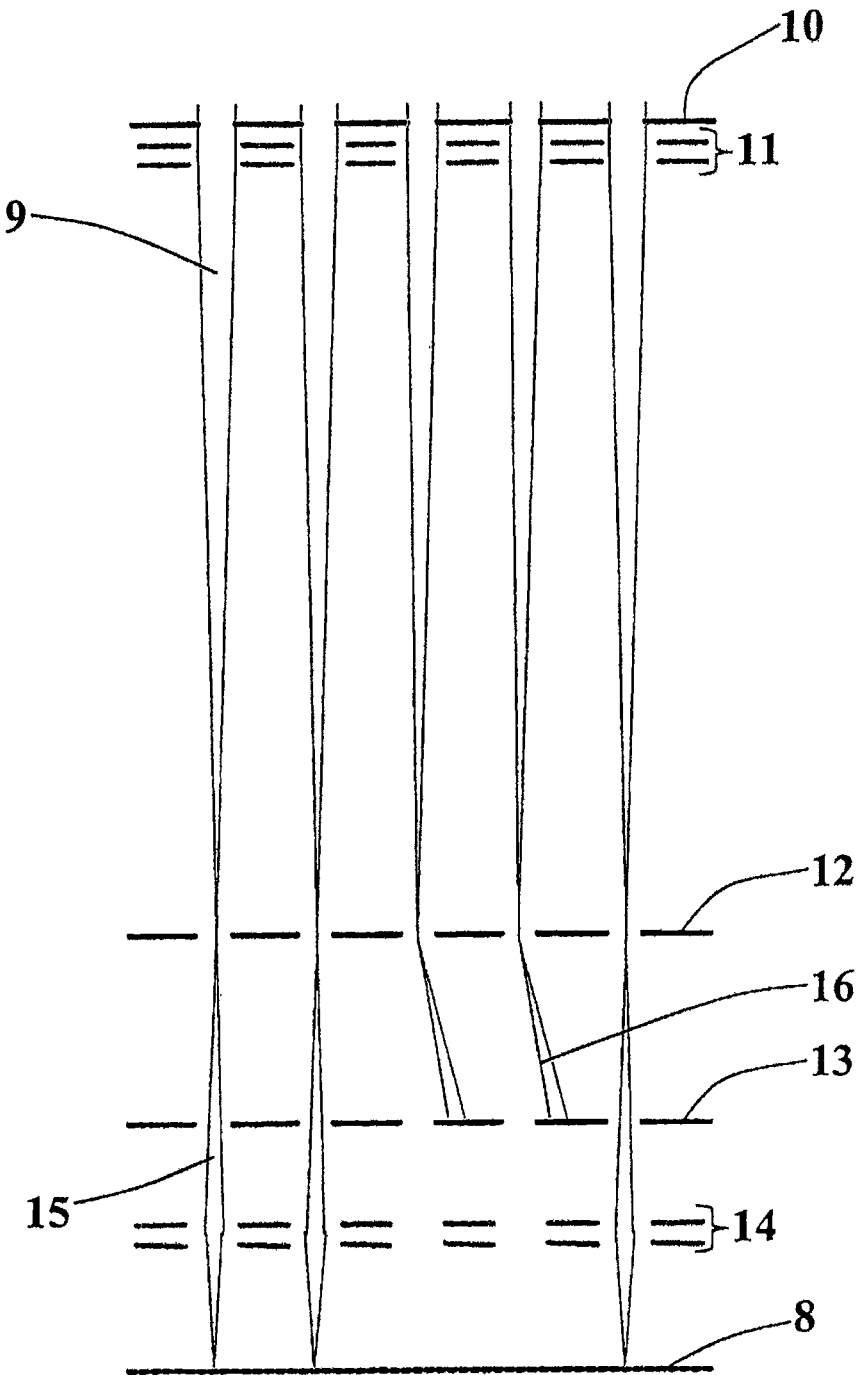


图 2

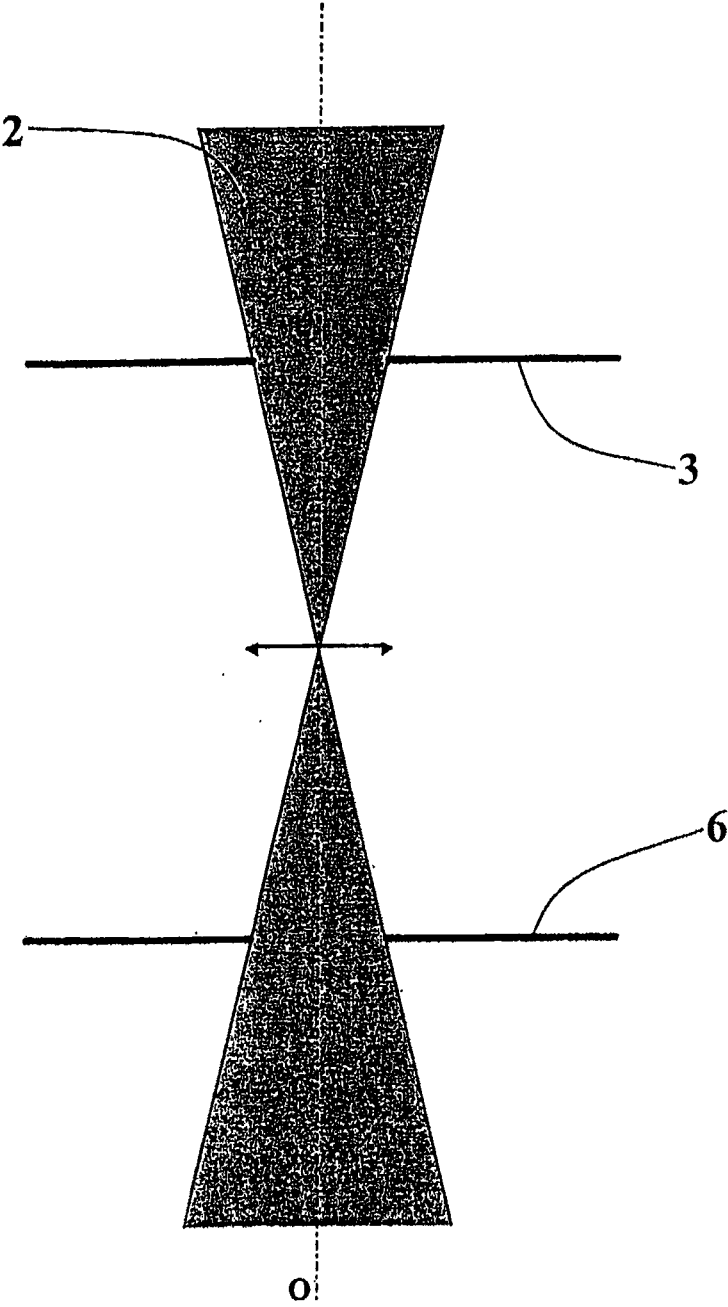


图 3a

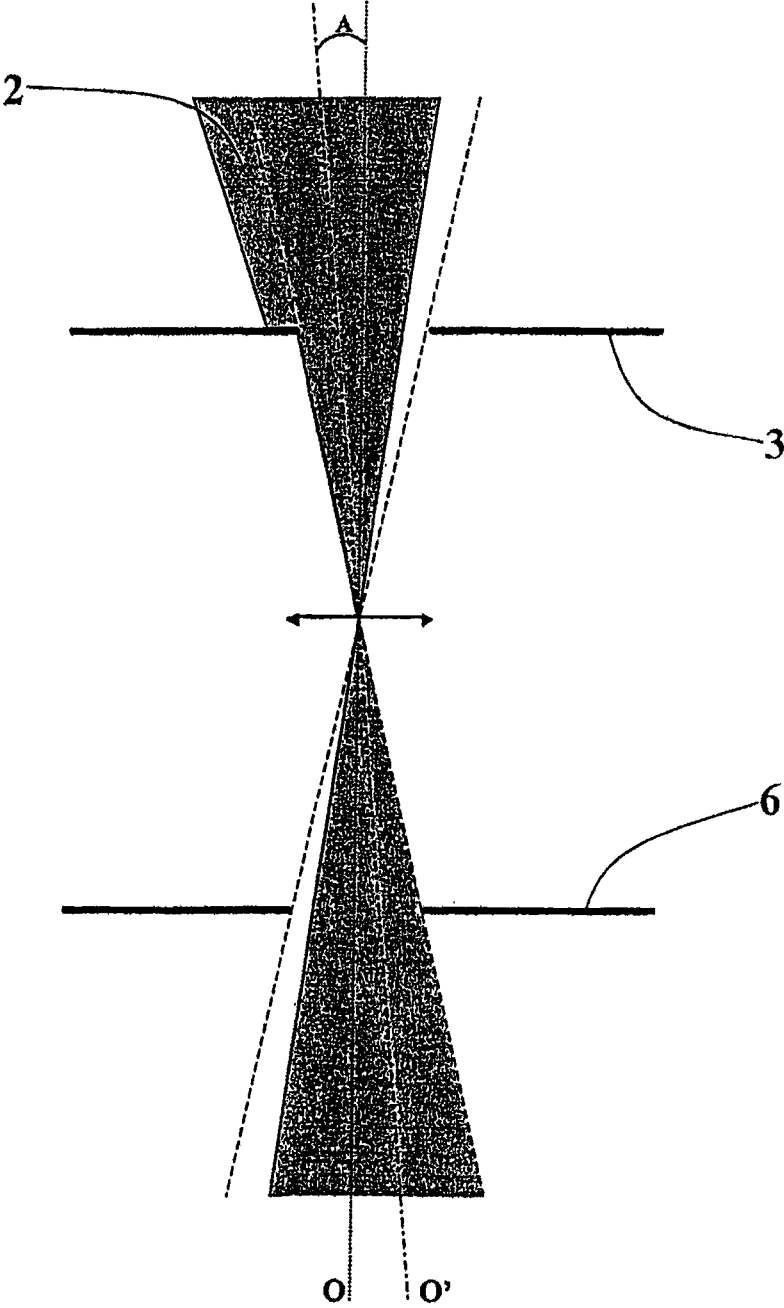


图 3b

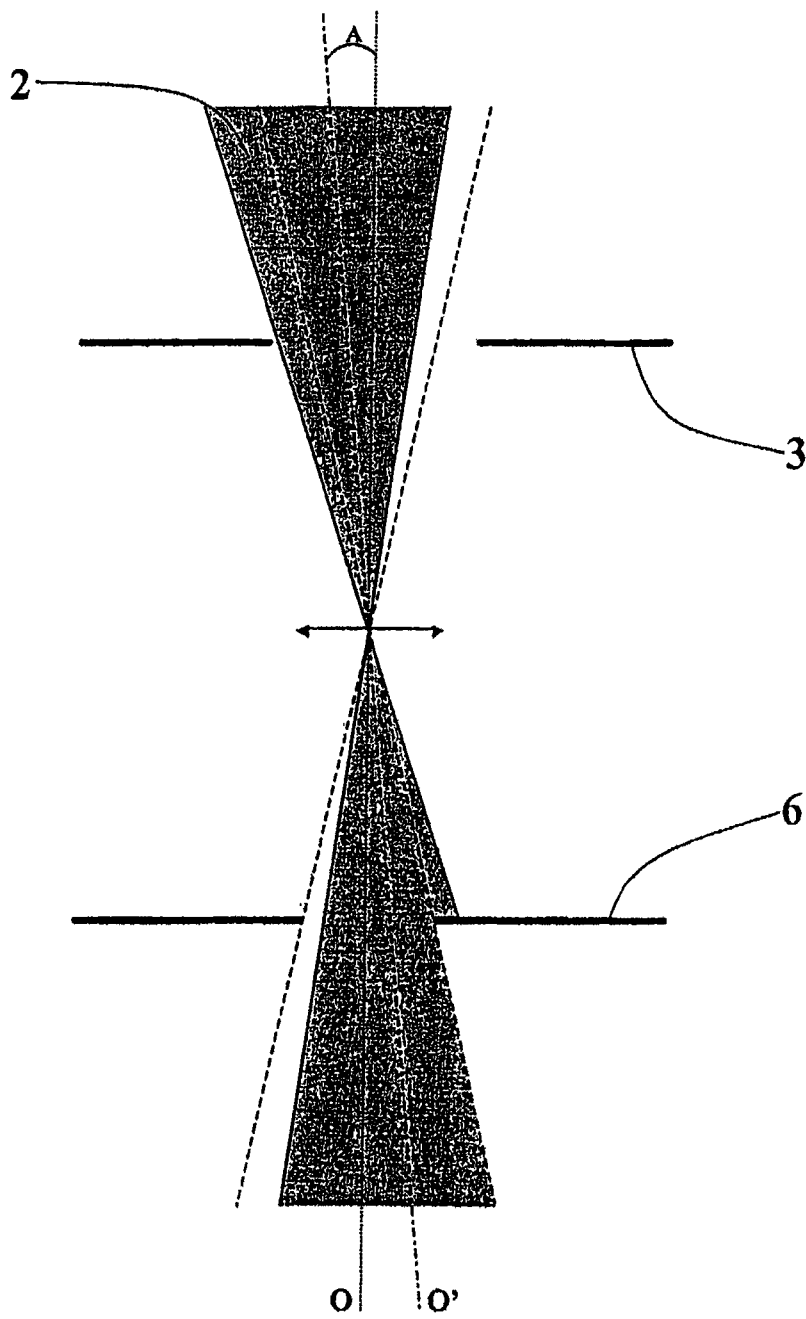


图 3c

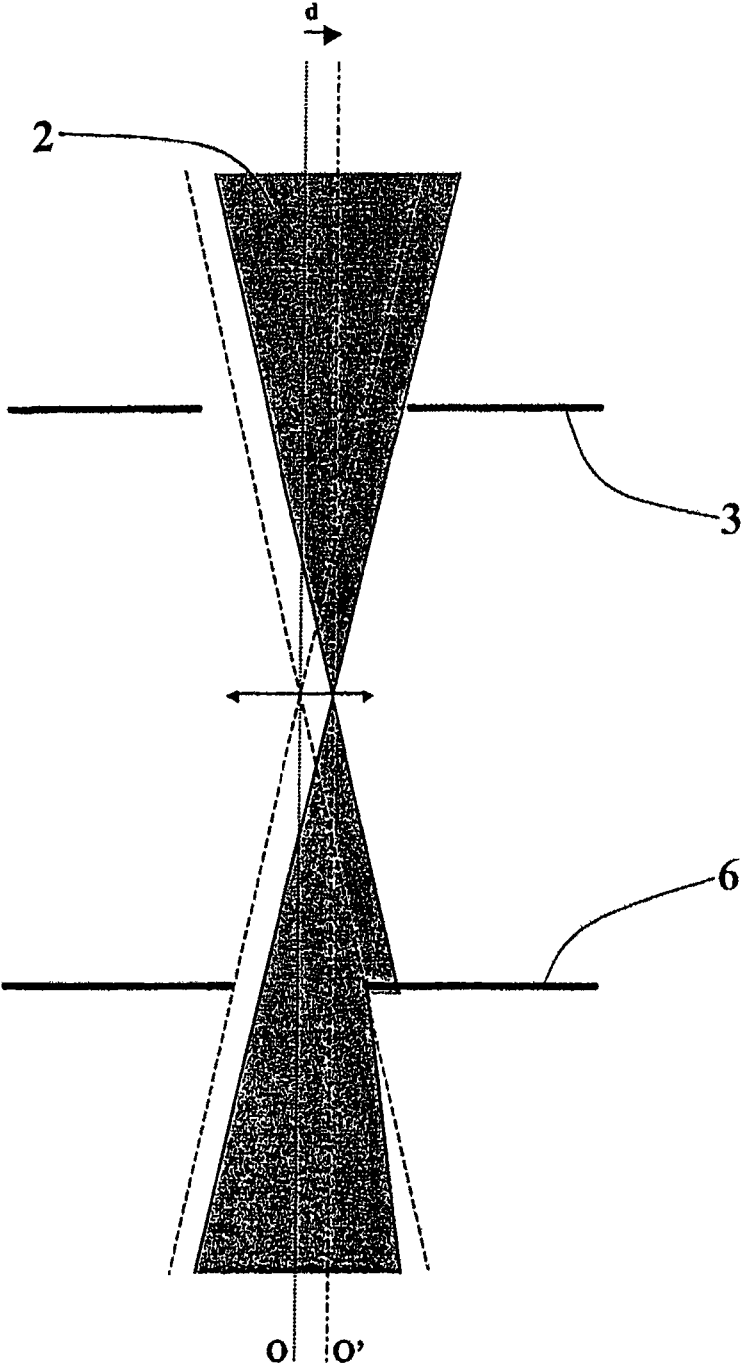


图 3d

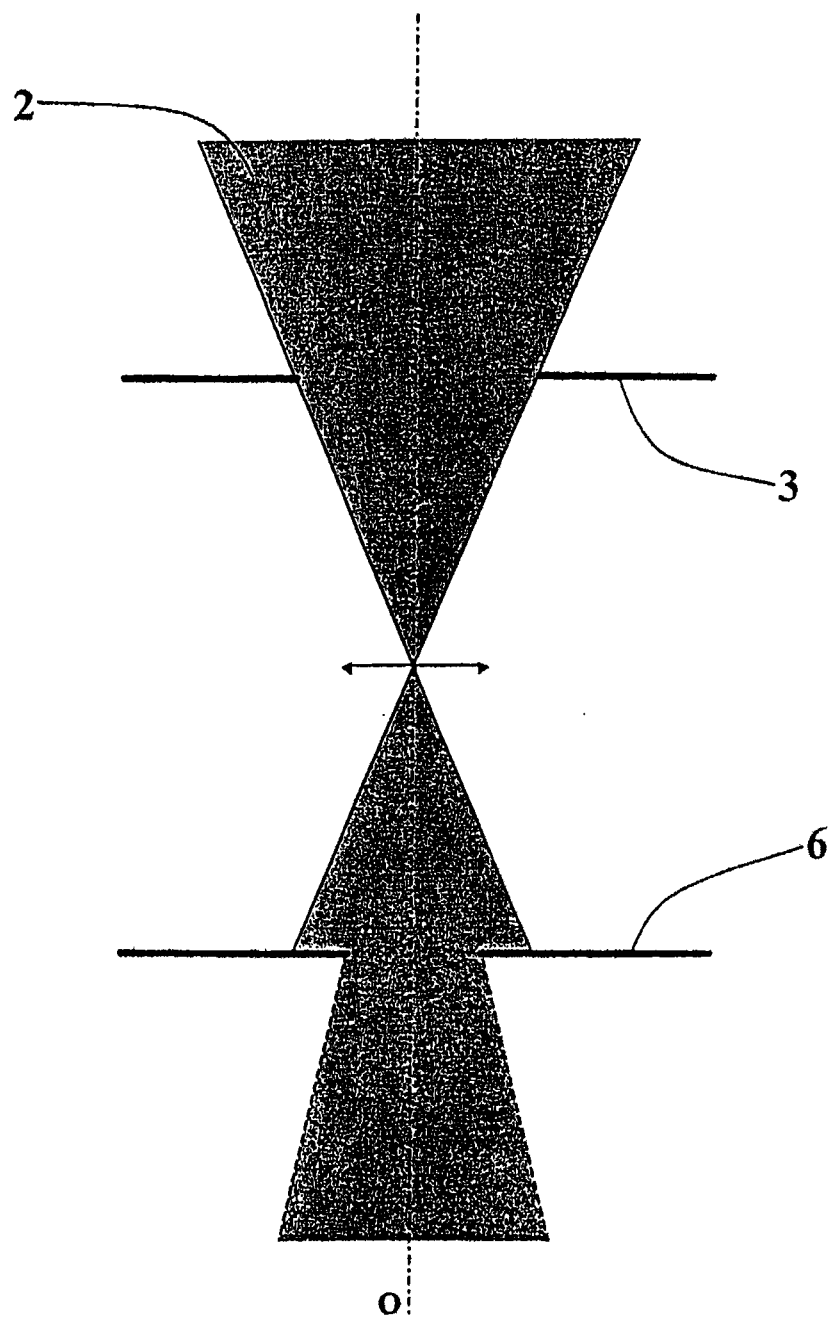


图 4a

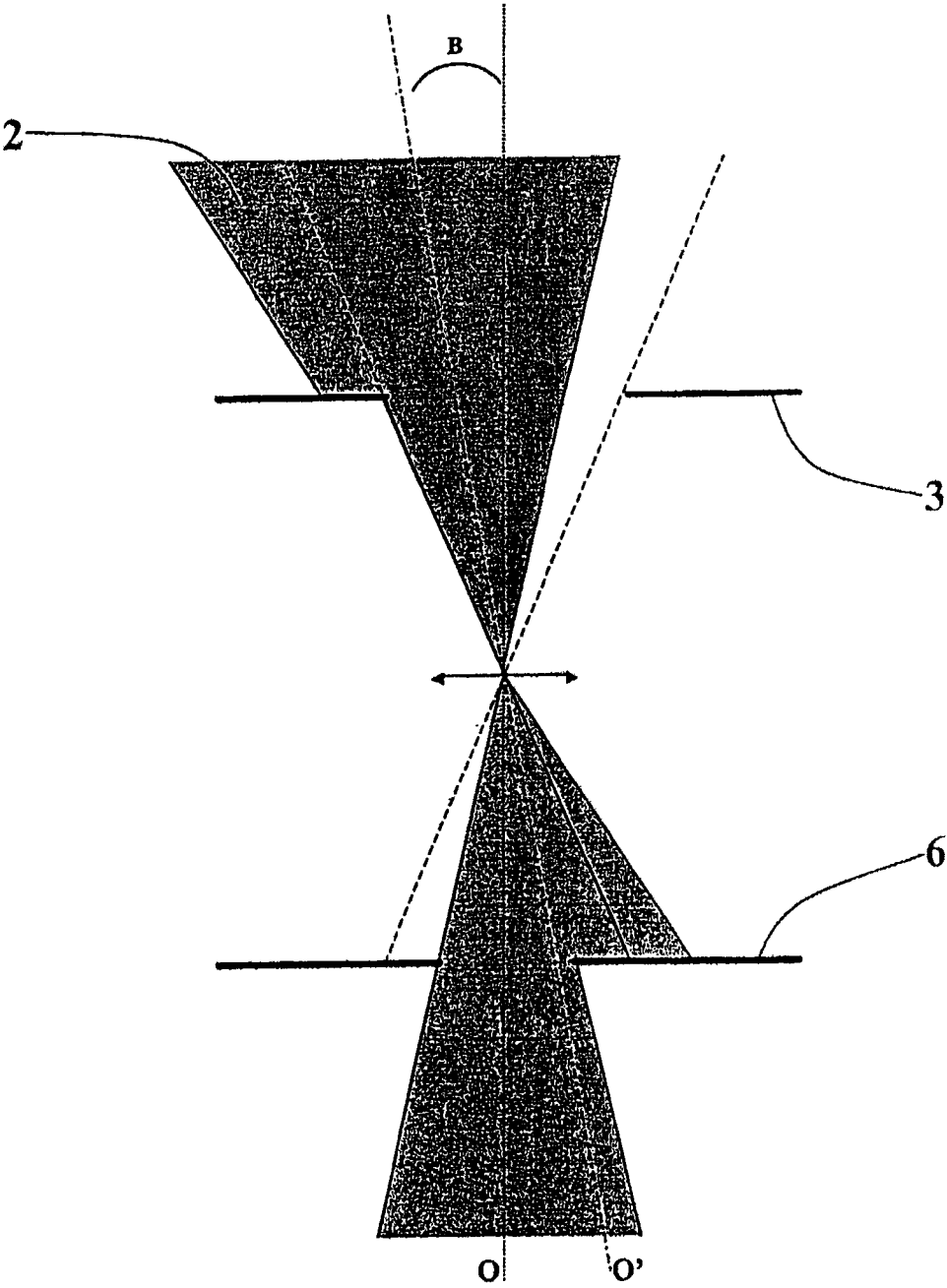


图 4b

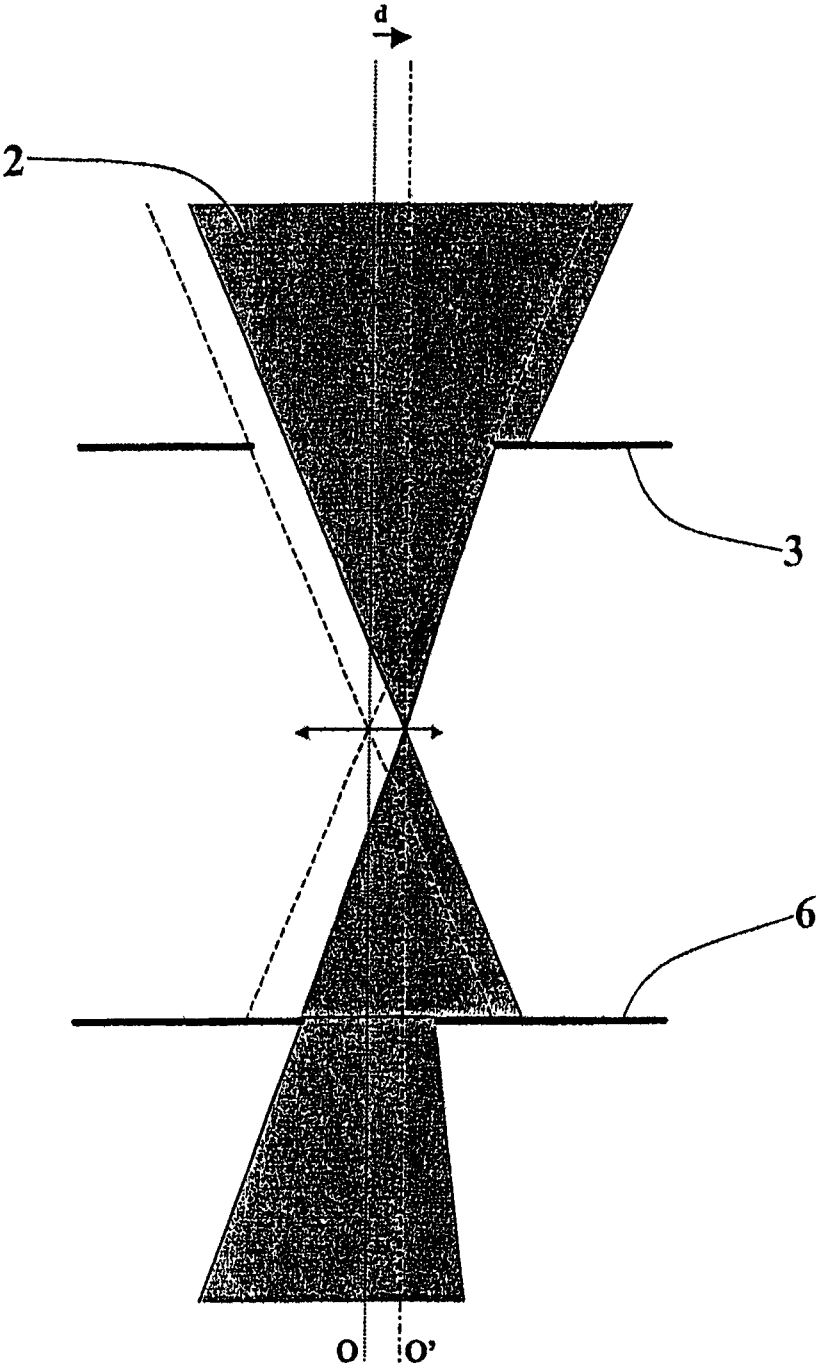


图 4c

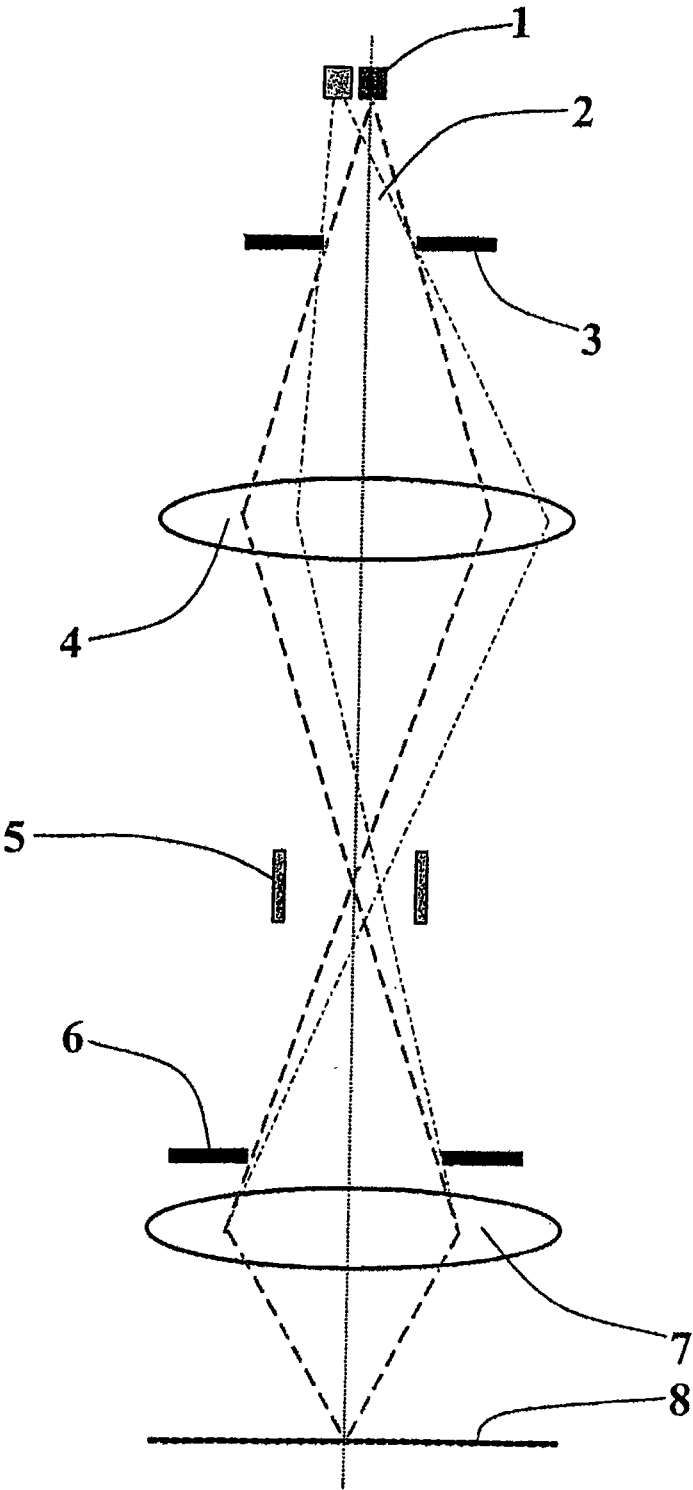


图 5

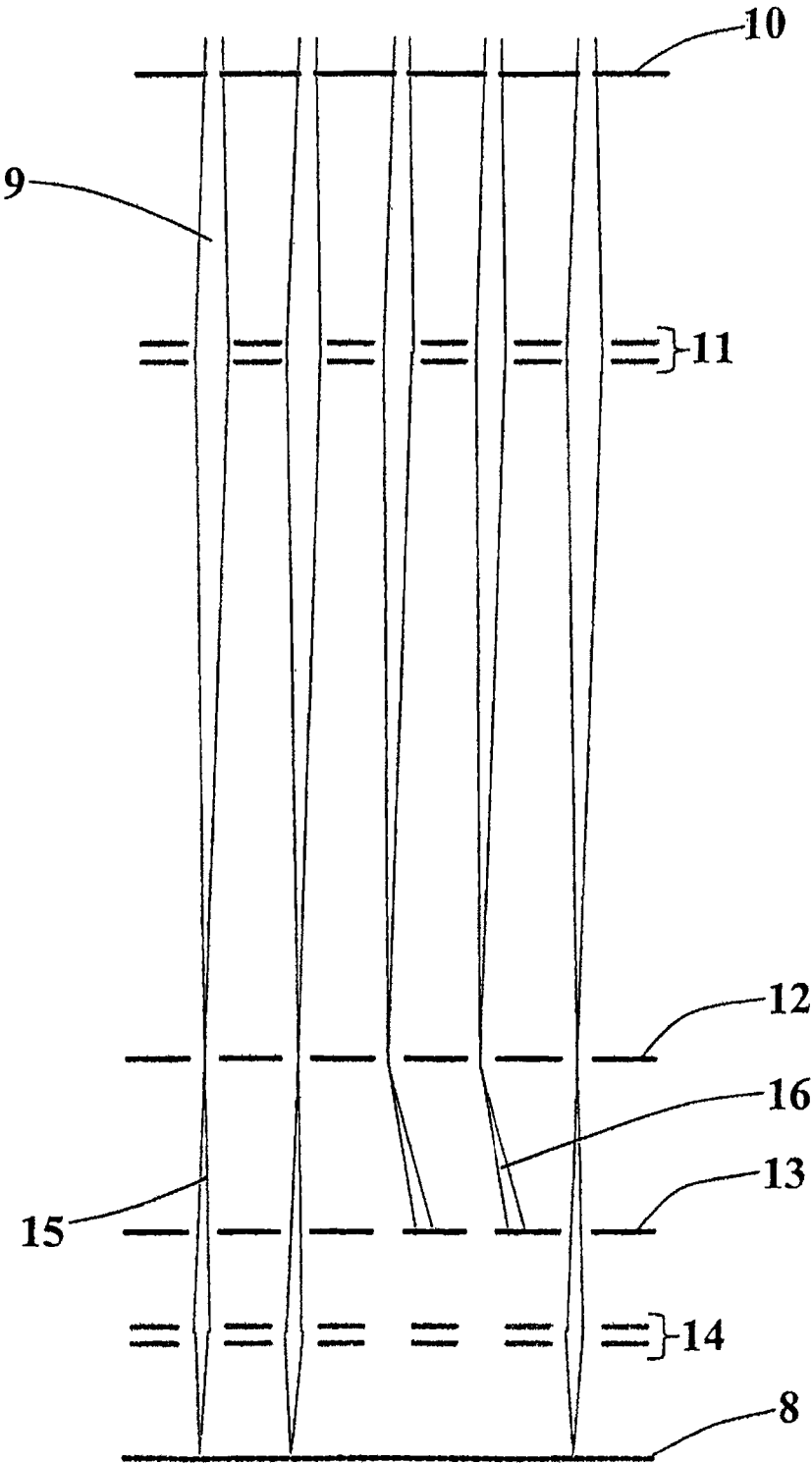


图 6

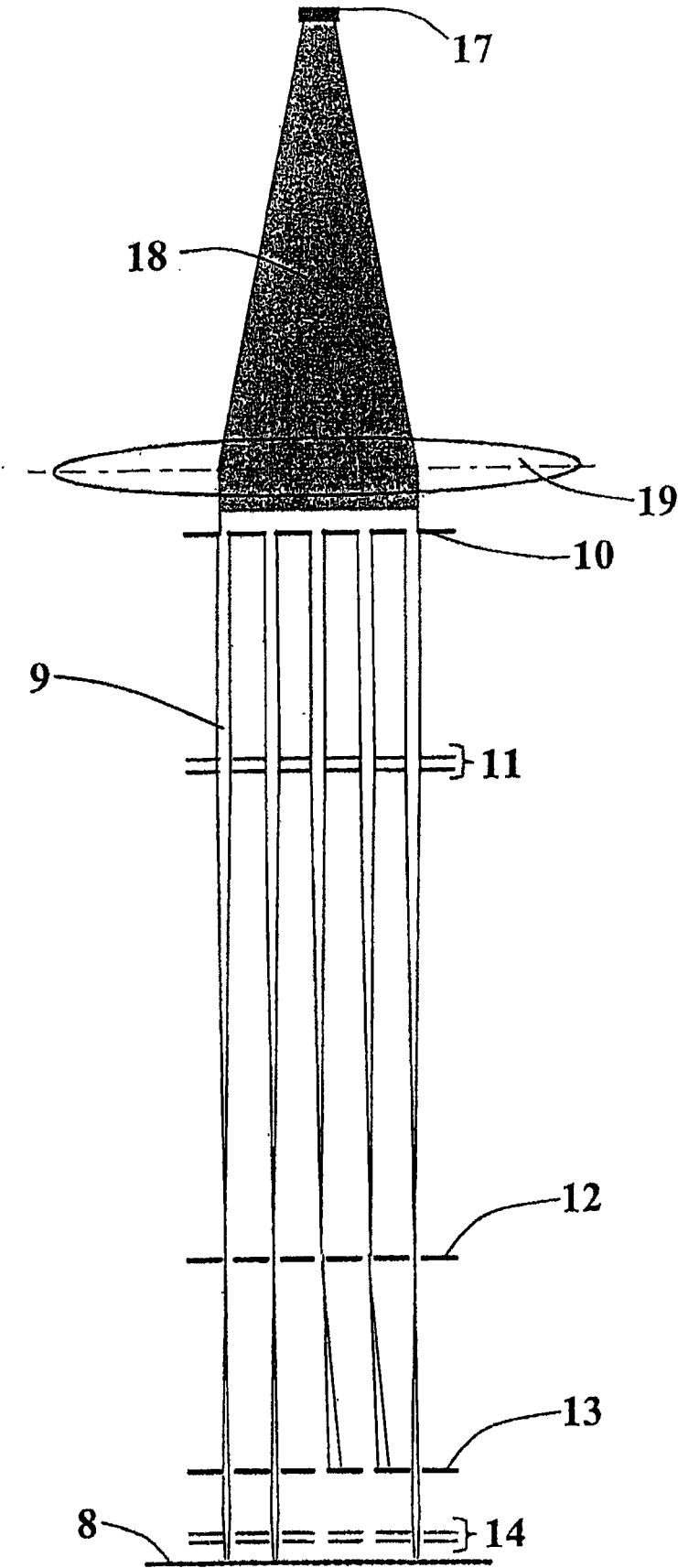


图 7

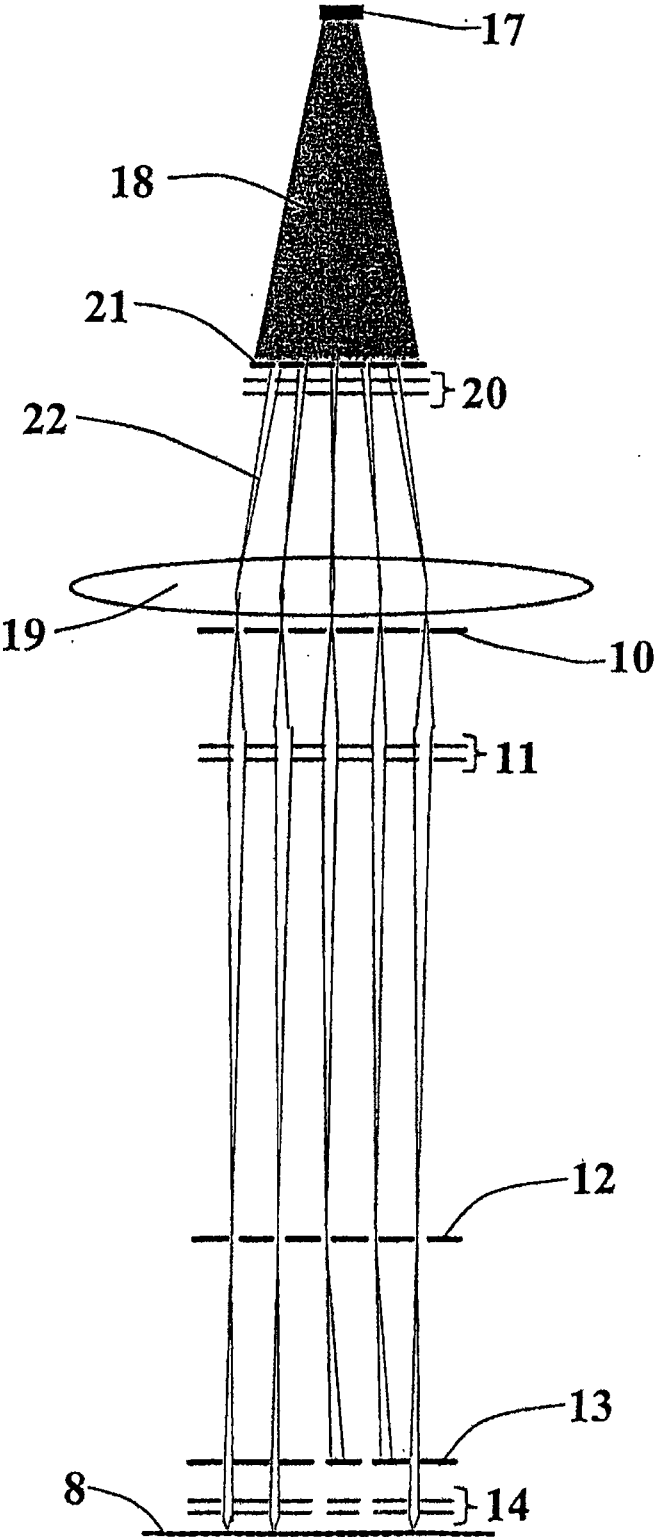


图 8

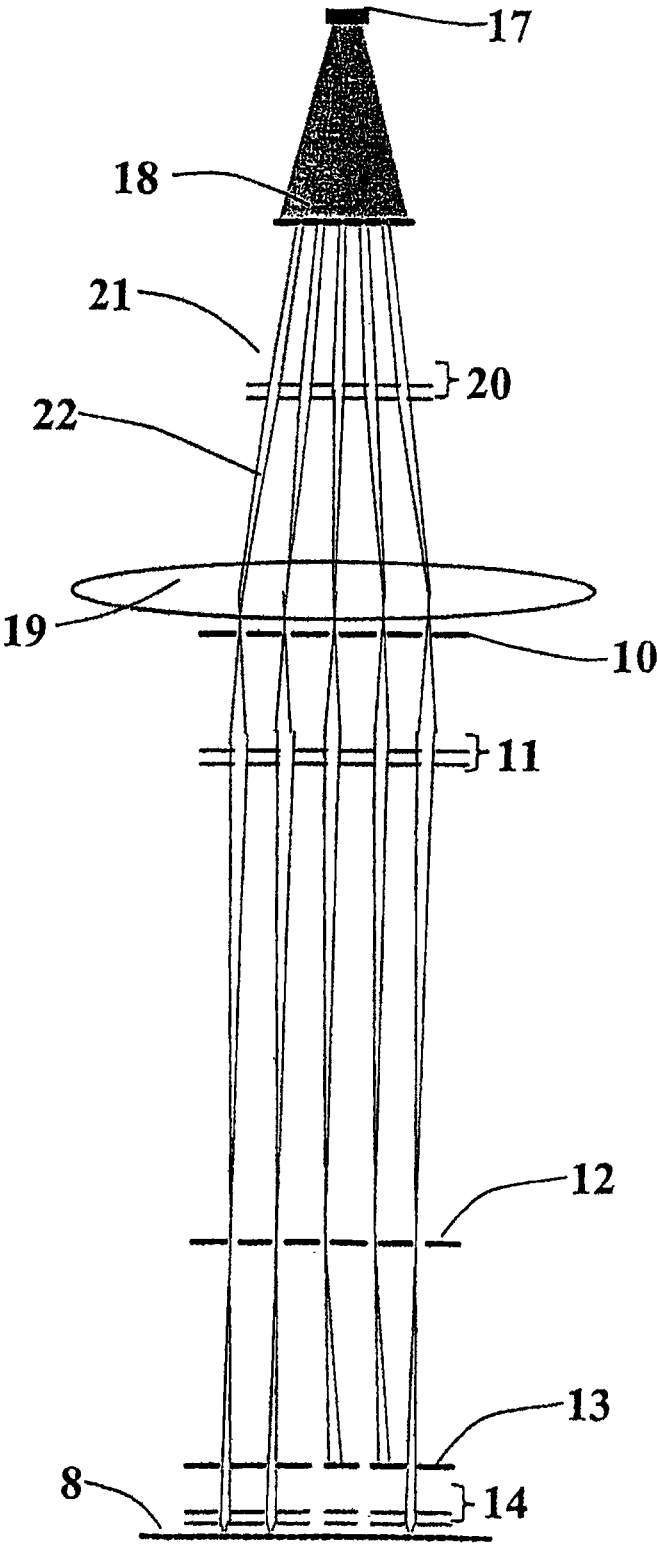


图 9