



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108803244 B

(45) 授权公告日 2021.06.18

(21) 申请号 201710288055.0

(22) 申请日 2017.04.27

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108803244 A

(43) 申请公布日 2018.11.13

(73) 专利权人 上海微电子装备(集团)股份有限公司

地址 201203 上海市浦东新区张东路1525号

(72) 发明人 田毅强

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务所(普通合伙) 31237

代理人 屈衡 李时云

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1666153 A, 2005.09.07

CN 102566294 A, 2012.07.11

审查员 孙曙旭

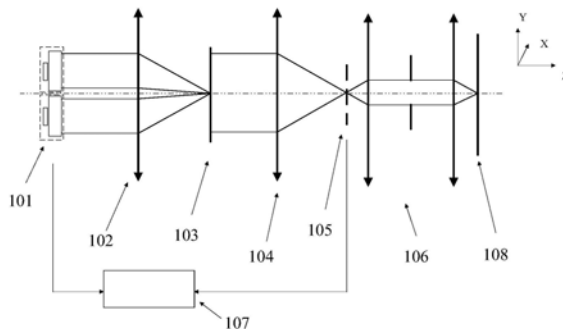
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

照明装置及照明方法和一种光刻机

(57) 摘要

本发明公开了一种照明装置,包括光源和匀光系统,所述匀光系统设置在所述光源的光轴上,所述光源出射的光束经过所述匀光系统成像在掩模上;所述光源包括LED阵列和光源控制器,所述光源控制器根据光瞳能量分布需求分别控制所述LED阵列中每个LED光源出射的光束与光源光轴的倾斜角度。所述照明装置通过改变每个LED光源出射光束与光源光轴的倾斜角,即可在光瞳面的不同位置得到所需的能量分布,实现对应的离轴照明模式。本发明还公开了一种照明方法,用于上述照明装置,实现离轴照明方法,操作简单,准确度高。本发明还公开了一种光刻机,包括上述照明装置,提高了光刻机投影物镜的焦深,提高了光刻机的光刻效率。



1. 一种照明装置,包括光源和匀光系统,所述匀光系统设置在所述光源的光轴上,所述光源出射的光束经过所述匀光系统成像在掩模上,其特征在于,所述光源包括LED阵列和光源控制器,所述光源控制器根据光瞳能量分布需求分别控制所述LED阵列中每个LED光源出射的光束与光源光轴的倾斜角度;其中,对于设定的光瞳能量分布需求,所述LED阵列中每个LED光源出射的光束与光源光轴的倾斜角度是同一时刻产生的。

2. 根据权利要求1所述的照明装置,其特征在于,所述光源还包括用于准直所述LED阵列出射光束的光束收集器阵列,所述LED阵列包括多个同类型的LED光源,所述光束收集器阵列包括多个光束收集器,一个所述光束收集器对应一个所述LED光源,所述LED光源与其对应的光束收集器固定为一个整体。

3. 根据权利要求1所述的照明装置,其特征在于,所述LED光源出射的光束的角分布为朗伯分布。

4. 根据权利要求1所述的照明装置,其特征在于,所述LED光源出射的光束的波长为365nm或248nm。

5. 根据权利要求1所述的照明装置,其特征在于,所述匀光系统包括依次设置在所述光源光轴上的第一汇聚镜组、匀光单元和中继透镜组,所述第一汇聚镜组的物面位于所述光源的出光端,所述匀光单元的入光端位于所述第一汇聚镜组的像面,所述中继透镜组的物面位于所述匀光单元的出光端。

6. 根据权利要求5所述的照明装置,其特征在于,所述第一汇聚镜组为定焦汇聚镜组或变焦汇聚镜组。

7. 根据权利要求5所述的照明装置,其特征在于,所述匀光单元包括匀光器和第二汇聚镜组,所述匀光器位于所述第一汇聚镜组的像面,所述第二汇聚镜组的入瞳面位于所述匀光器的出光端,所述中继透镜组的物面位于所述第二汇聚镜组的像面。

8. 根据权利要求7所述的照明装置,其特征在于,所述匀光器为微透镜阵列或积分棒。

9. 根据权利要求5所述的照明装置,其特征在于,所述匀光系统还包括视场控制单元,所述视场控制单元包括可变视场光阑和可变视场光阑控制器,所述可变视场光阑位于所述匀光单元的出光端,所述可变视场光阑控制器控制所述可变视场光阑形成的视场大小。

10. 一种照明方法,用于如权利要求1所述的照明装置中,其特征在于,步骤如下:根据光瞳能量分布需求,设定所述LED阵列中LED光源的数量,当所述光瞳能量分布需求为形成N极照明模式时,设定所述LED阵列中LED光源的数量至少为N个,分别控制所述LED阵列中每个所述LED光源出射的光束与光源光轴的倾斜角度,产生所需的光瞳形貌,光束经过所述匀光系统后成像在掩模上,完成离轴照明。

11. 根据权利要求10所述的照明方法,其特征在于,在每个所述LED光源后设置光束收集器,准直所述LED光源的出射光。

12. 根据权利要求10所述的照明方法,其特征在于,设定所述LED阵列包括四个LED光源,所述四个LED光源两两对称分布在X轴和Y轴上。

13. 根据权利要求12所述的照明方法,其特征在于,控制每个所述LED光源出射的光束与光源光轴均不发生X向和Y向的倾斜,所述照明装置形成圆形光瞳照明模式。

14. 根据权利要求12所述的照明方法,其特征在于,控制所述四个LED光源出射的光束分别绕Y轴发生两个角度的倾斜,所述照明装置形成X向二极照明模式。

15. 根据权利要求12所述的照明方法,其特征在于,控制所述四个LED光源出射的光束分别绕X轴发生两个角度的倾斜,所述照明装置形成Y向二极照明模式。

16. 根据权利要求13所述的照明方法,其特征在于,控制所述四个LED光源出射的光束中,两个绕X轴,两个绕Y轴发生四个角度的倾斜,所述照明装置形成四极照明模式。

17. 根据权利要求10所述的照明方法,其特征在于,所述匀光系统包括依次设置在所述光源光轴上的第一汇聚镜组、匀光单元和中继透镜组,所述第一汇聚镜组的物面位于所述光源的出光端,所述匀光单元的入光端位于所述第一汇聚镜组的像面,所述中继透镜组的物面位于所述匀光单元的出光端,所述LED阵列出射的光束与光源光轴的倾斜角根据所述第一汇聚镜组的焦距计算。

18. 根据权利要求17所述的照明方法,其特征在于,所述第一汇聚镜组为变焦汇聚镜组,通过改变所述变焦汇聚镜组的焦距,改变照明光瞳面的光瞳分布位置和大小。

19. 根据权利要求17所述的照明方法,其特征在于,所述照明方法还包括在所述匀光单元与所述中继透镜组之间沿光轴设置可变视场光阑,调节所述掩模上的照明视场大小。

20. 一种光刻机,其特征在于,包括如权利要求1~9任一所述的照明装置。

## 照明装置及照明方法和一种光刻机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种照明装置及照明方法和一种光刻机。

### 背景技术

[0002] 半导体制造中的微光刻技术就是利用光学系统把掩模版上的图形精确地投影曝光到涂过光刻胶的硅片上。

[0003] 在光刻过程中,对图像质量起关键作用的两个因素是分辨率和焦深,为了增强曝光系统的分辨能力,提高焦深,增大工艺窗口,先进的光刻工艺要求使用离轴照明技术(off-axis illumination,OAI),传统的离轴照明包括环形照明、二极照明和四极照明等,主要是根据具体的掩模图形来选择不同的离轴照明光瞳分布。

[0004] 目前,二极照明或四极照明的技术方案包括:

[0005] 1、在光瞳面设置挡板,或者透过率分布变化的玻璃平板,直接改变光瞳面的能量分布。该方案最为简单,而且可以应用在任意的光学系统中,但能量的损失较高,且光瞳切换速度较慢。

[0006] 2、使用衍射光学元件(Diffraction Optical Element,DOE),通过选择不同远场分布的DOE,在光瞳面得到相应的能量分布。该方案常用于激光器为光源的曝光系统中,能量利用率有所提高,但只能得到预设的光瞳分布,光瞳切换速度较慢,而且DOE的价格较高。

[0007] 随着发光二极管(LED)技术的发展,LED光源的功率越来越接近现代半导体工业大功率高强度的需求,LED光源具有体积小、寿命长、出射光功率易于控制等特点,LED光源通过使用不同的能量收集器件和匀光器件来满足在不同的使用场景下的需求,具有很大的应用前景。

### 发明内容

[0008] 本发明提供了一种照明装置,用以解决目前实现离轴照明的照明装置能量利用率低、光瞳切换速度慢以及造价高的问题。

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明的技术方案是:

[0010] 一种照明装置,包括光源和匀光系统,所述匀光系统设置在所述光源的光轴上,所述光源出射的光束经过所述匀光系统成像在掩模上;

[0011] 所述光源包括LED阵列和光源控制器,所述光源控制器根据光瞳能量分布需求分别控制所述LED阵列中每个LED光源出射的光束与光源光轴的倾斜角度。

[0012] 作为优选,所述光源还包括用于准直所述LED阵列出射光束的光束收集器阵列,所述LED阵列包括多个同类型的LED光源,所述光束收集器阵列包括多个光束收集器,一个所述光束收集器对应一个所述LED光源,所述LED光源与其对应的光束收集器固定为一个整体。

[0013] 作为优选,所述LED光源出射的光束的角分布为朗伯分布。

[0014] 作为优选,所述LED光源出射的光束的波长为365nm、248nm或更短。

[0015] 作为优选,所述匀光系统包括依次设置在所述光源光轴上的第一汇聚镜组、匀光单元和中继透镜组,所述第一汇聚镜组的物面位于所述光源的出光端,所述匀光单元的入光端位于所述第一汇聚镜组的像面,所述中继透镜组的物面位于所述匀光单元的出光端。

[0016] 作为优选,所述第一汇聚镜组为定焦汇聚镜组或变焦汇聚镜组,所述第一汇聚镜组控制所述光源出射的光束与光源光轴的倾斜角的同时,还可以控制照明光瞳面的光瞳分布位置,改变光瞳的大小,更好的实现多种离轴照明模式。

[0017] 作为优选,所述匀光单元包括匀光器和第二汇聚镜组,所述匀光器位于所述第一汇聚镜组的像面,所述第二汇聚镜组的入瞳面位于所述匀光器的出光端,所述中继透镜组的物面位于所述第二汇聚镜组的像面。

[0018] 作为优选,所述匀光单元为微透镜阵列或积分棒。

[0019] 作为优选,所述匀光系统还包括视场控制单元,所述视场控制单元包括可变视场光阑和可变视场光阑控制器,所述可变视场光阑位于所述匀光单元的出光端,所述可变视场光阑控制器控制所述可变视场光阑形成的视场大小。

[0020] 本发明所述照明装置光瞳调制原理简单,切换速度快,能量利用率高;同时所述照明装置结构简单,便于安装和调试,降低了生产成本。

[0021] 本发明还公开了一种照明方法,用于上述照明装置中,步骤如下:根据光瞳能量分布需求,设定所述LED阵列中LED光源的数量,当所述光瞳能量分布需求为形成N级照明模式时,设定所述LED阵列中LED光源的数量至少为N个,分别控制所述LED阵列中每个所述LED光源出射的光束与光源光轴的倾斜角度,产生所需的光瞳形貌,光束经过所述匀光系统后成像在掩模上,完成离轴照明。

[0022] 作为优选,在每个所述LED光源后设置光束收集器,准直所述LED光源的出射光。

[0023] 作为优选,设定所述LED阵列包括四个LED光源,所述四个LED光源两两对称分布在X轴和Y轴上。

[0024] 作为优选,控制每个所述LED光源出射的光束与光源光轴均不发生X向和Y向的倾斜,所述照明装置形成圆形光瞳照明模式。

[0025] 作为优选,控制所述四个LED光源出射的光束分别绕Y轴发生两个角度的倾斜,所述照明装置形成X向二极照明模式。

[0026] 作为优选,控制所述四个LED光源出射的光束分别绕X轴发生两个角度的倾斜,所述照明装置形成Y向二极照明模式。

[0027] 作为优选,控制所述四个LED光源出射的光束中,两个绕X轴,两个绕Y轴发生四个角度的倾斜,所述照明装置形成四极照明模式。

[0028] 作为优选,所述匀光系统包括依次设置在所述光源光轴上的第一汇聚镜组、匀光单元和中继透镜组,所述第一汇聚镜组的物面位于所述光源的出光端,所述匀光单元的入光端位于所述第一汇聚镜组的像面,所述中继透镜组的物面位于所述匀光单元的出光端,所述LED阵列出射的光束与光源光轴的倾斜角根据所述第一汇聚镜组的焦距计算。

[0029] 作为优选,所述第一汇聚镜组为变焦汇聚镜组,通过改变所述变焦汇聚镜组的焦距,改变照明光瞳面的光瞳分布位置和大小。

[0030] 作为优选,所述照明方法还包括在所述匀光单元与所述中继透镜组之间沿光轴设置可变视场光阑,调节所述掩模上的照明视场大小。

[0031] 本发明采用的技术方案,所述照明方法的操作简单,准确度高。

[0032] 本发明还公开了一种光刻机,所述光刻机的光刻照明装置采用上述照明装置。

[0033] 本发明采用的技术方案,采用上述照明装置可以实现离轴照明模式,提高了光刻机投影物镜的焦深,提高了光刻机的光刻效率。

## 附图说明

[0034] 图1和图2是本发明实施例一的照明装置的结构示意图;

[0035] 图3是本发明实施例一的光源产生圆形光瞳照明模式方案;

[0036] 图4是本发明实施例一的圆形光瞳照明模式时掩模上光瞳的示意图;

[0037] 图5是本发明实施例一的光源产生Y向二极照明模式方案;

[0038] 图6是本发明实施例一的Y向二极照明模式时掩模上光瞳的示意图;

[0039] 图7是本发明实施例一的光源产生X向二极照明模式方案;

[0040] 图8是本发明实施例一的X向二极照明模式时掩模上光瞳的示意图;

[0041] 图9是本发明实施例一的光源产生四极照明模式方案;

[0042] 图10是本发明实施例一的四极照明模式时掩模上光瞳的示意图;

[0043] 图11是本发明实施例一的光瞳能量分布检测流程图;

[0044] 图12是本发明实施例二的照明装置的结构示意图。

[0045] 图中所示:101-光源、102-第一汇聚镜组、103-微透镜阵列、104-第二汇聚镜组、105-可变视场光阑、106-中继透镜组、107-控制单元、108-掩模。

## 具体实施方式

[0046] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。需说明的是,本发明附图均采用简化的形式且均使用非精准的比例,仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

[0047] 实施例一

[0048] 请参见图1,一种照明装置,包括光源和匀光系统,所述匀光系统设置在所述光源的光轴上,所述光源出射的光束经过所述匀光系统成像在掩模108上。

[0049] 所述光源101包括LED阵列和光源控制器,所述光源控制器根据光瞳能量分布需求分别控制所述LED阵列中每个LED光源出射的光束与光源光轴的倾斜角度。

[0050] 所述光源101还包括用于准直所述LED阵列出射光束的光束收集器阵列,所述LED阵列包括多个同类型的LED光源,所述光束收集器阵列包括多个光束收集器,一个所述光束收集器对应一个所述LED光源,所述LED光源与其对应的光束收集器固定为一个整体,请参见图2,所述光源控制器控制每一个所述LED光源出射的光束与光源光轴在X向和Y向发生倾斜。

[0051] 所述LED光源出射的光束的角分布为朗伯分布。所述LED光源出射的光束的波长为365nm、248nm或更短。

[0052] 继续参见图1,所述匀光系统包括依次设置在所述光源光轴上的第一汇聚镜组102、匀光单元和中继透镜组106,所述第一汇聚镜组102的物面设置在所述光源101的出光端,所述匀光单元的入光端设置在所述第一汇聚镜组102的像面,所述中继透镜组106的物

面设置在所述匀光单元的出光端。

[0053] 所述第一汇聚镜组102为定焦汇聚镜组,所述光源控制器控制所述LED光源出射的光束与光源光轴的倾斜角,以及控制光瞳在掩模108上的分布位置。所述匀光单元包括匀光器和第二汇聚镜组104,本实施例中所述匀光器为微透镜阵列103,所述微透镜阵列103由两组互相垂直的柱面镜组组成。

[0054] 所述匀光系统还包括视场控制单元,所述视场控制单元包括可变视场光阑105和可变视场光阑控制器,所述可变视场光阑105位于所述第二汇聚镜组104的像面,所述中继透镜组106的物面位于所述第二汇聚镜组104的像面。所述可变视场光阑控制器控制所述可变视场光阑105形成的视场大小。本实施例中,所述光源控制器和所述可变视场光阑控制器均设置在控制单元107内。

[0055] 一种照明方法,用于上述照明装置,步骤如下:

[0056] 根据光瞳能量分布需求,设定所述LED阵列中LED光源的数量,当所述光瞳能量分布需求为形成至少N级照明模式时,设定所述LED阵列中LED光源的数量至少为N个,控制所述LED阵列出射的光束与光源光轴的倾斜角度,产生所需的光瞳形貌,光束经过所述匀光系统后成像在掩模108上,完成离轴照明。

[0057] 本实施例中,所述LED阵列101包括四个LED光源,所述四个LED光源两两对称分布在X轴和Y轴上,对应地设有四个光束收集器。通过所述光源控制器分别控制所述四个LED光源中每个光源出射的光束与光源光轴的倾斜角度,所述照明装置可形成圆形光瞳照明模式或二极照明模式或四极照明模式。但所述LED阵列并不限定只有四个LED光源,如果LED光源与光束收集器的数量更多,可以形成更多种类的照明光瞳分布。

[0058] 请参见图3和图4,控制所述四个LED光源出射的光束与光源光轴均不发生X向和Y向的倾斜,所述照明装置形成圆形光瞳照明模式。

[0059] 请参见图7和图8,控制所述四个LED光源出射的光束分别绕Y轴发生两个角度的倾斜,光束与光源光轴发生X向倾斜,所述照明装置形成X向二极照明模式。

[0060] 请参见图5和图6,控制所述四个LED光源出射的光束分别绕X轴发生两个角度的倾斜,光束与光源光轴发生Y向倾斜,所述照明装置形成Y向二极照明模式。

[0061] 请参见图9和图10,控制所述四个LED光源出射的光束两个绕X轴,两个绕Y轴发生四个角度的倾斜,光束与光源光轴分别发生X向和Y向倾斜,所述照明装置形成四极照明模式。

[0062] 所述LED阵列出射的光束与光源光轴发生X向或Y向倾斜的角度根据所述第一汇聚镜组102的焦距计算。

[0063] 请参见图11,在完成离轴照明前,还包括如下步骤:根据光束在掩模108上形成的光瞳,测试光瞳能量分布是否符合所需要光瞳能量分布的需求,如果符合,则完成离轴照明,如果不符合,重新调整所述LED阵列101中每组LED中出射的光束与光源光轴的倾斜角度,直至光瞳能量分布符合要求。

[0064] 本发明所述照明装置通过改变每个LED光源出射光束与光源光轴的倾斜角度,即可在掩模108上得到所需的光瞳能量分布,实现对应的离轴照明,上述光瞳调制原理简单,切换速度快,能量利用率高;同时所述照明装置结构简单,便于安装和调试,降低了生产成本。

[0065] 实施例二

[0066] 请参见图12,实施例二与实施例一的区别在于,所述第一汇聚镜组102为变焦汇聚镜组,控制单元107控制所述LED光源出射的光束与光源光轴的倾斜角度的同时,还可以控制变焦汇聚镜组中可动镜片改变变焦汇聚镜组的焦距,不仅可以改变照明光瞳面的光瞳分布位置,还可以改变光瞳的大小,更好的实现多种离轴照明模式。

[0067] 实施例三

[0068] 与实施例一、二的区别在于,所述匀光单元中的微透镜阵列可采用如积分棒等其他匀光方案替代。

[0069] 本发明还保护一种光刻机,所述光刻机的光刻照明装置采用上述照明装置。本发明采用的技术方案,采用上述照明装置可以实现离轴照明模式,提高了光刻机投影物镜的焦深,提高了光刻机的光刻效率。

[0070] 本领域的技术人员可以对发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包括这些改动和变型在内。



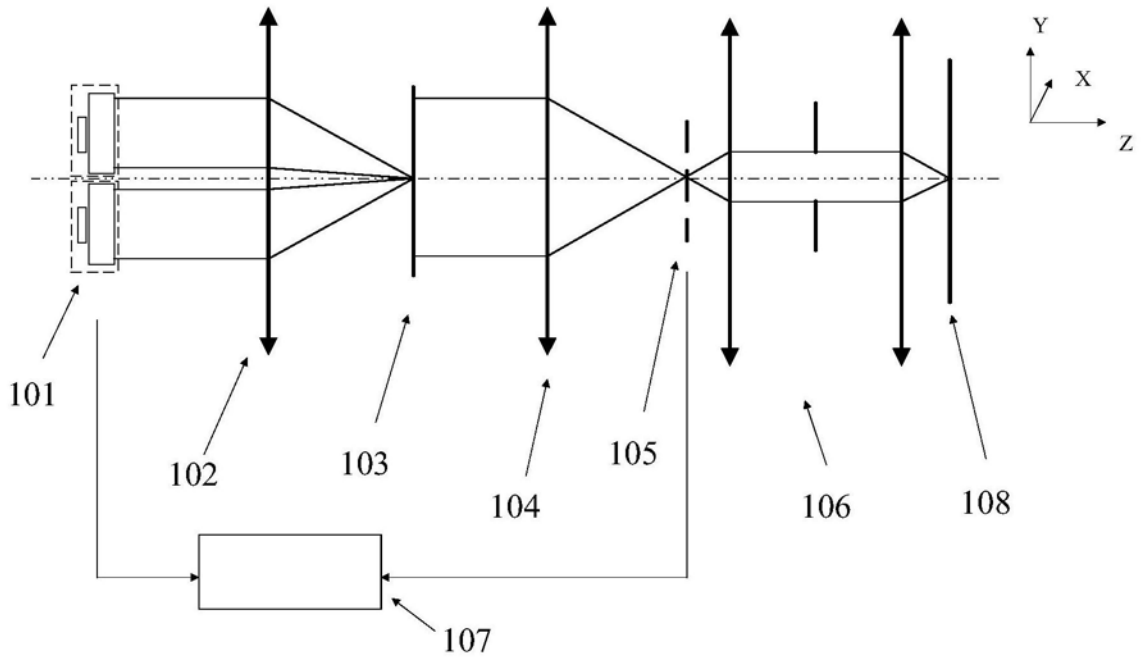


图1

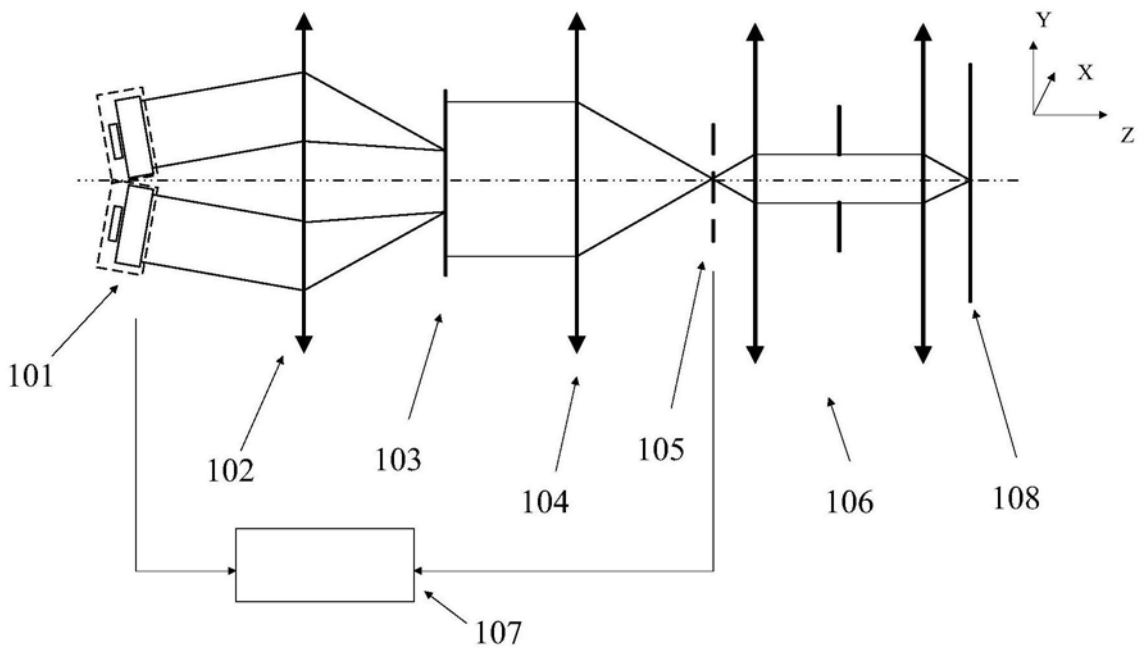


图2

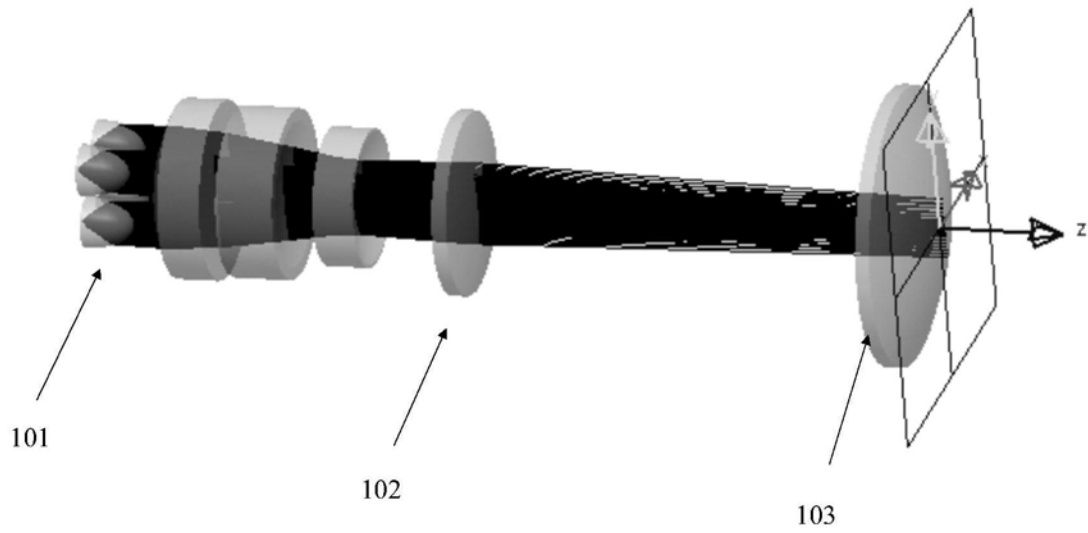


图3

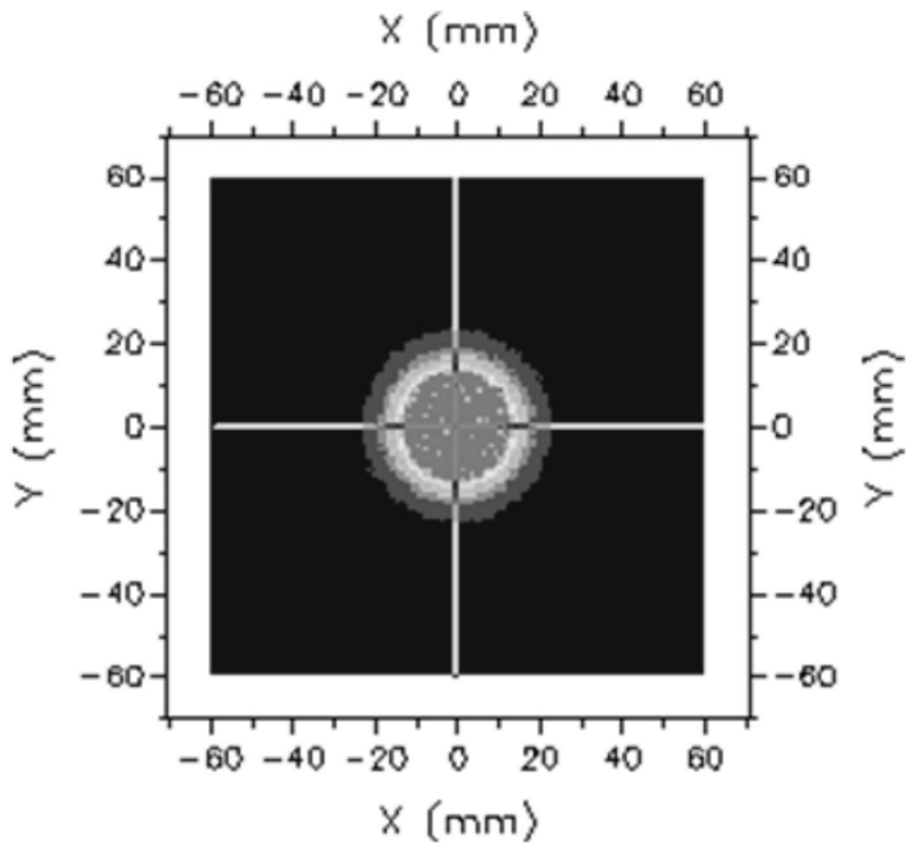


图4

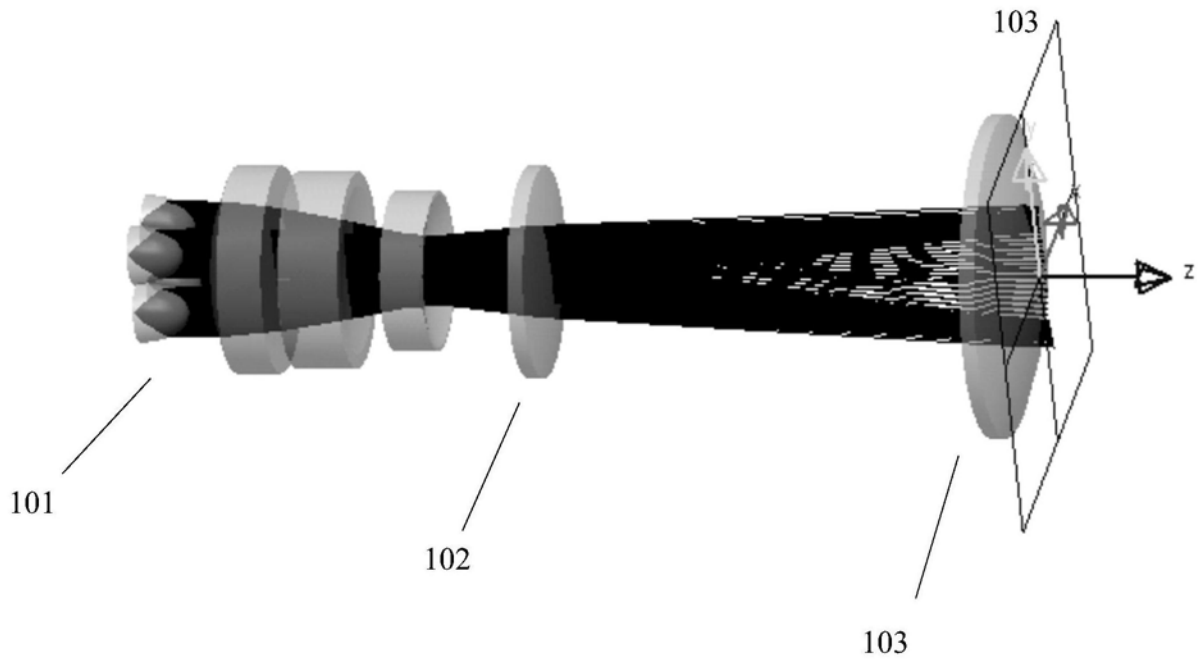


图5

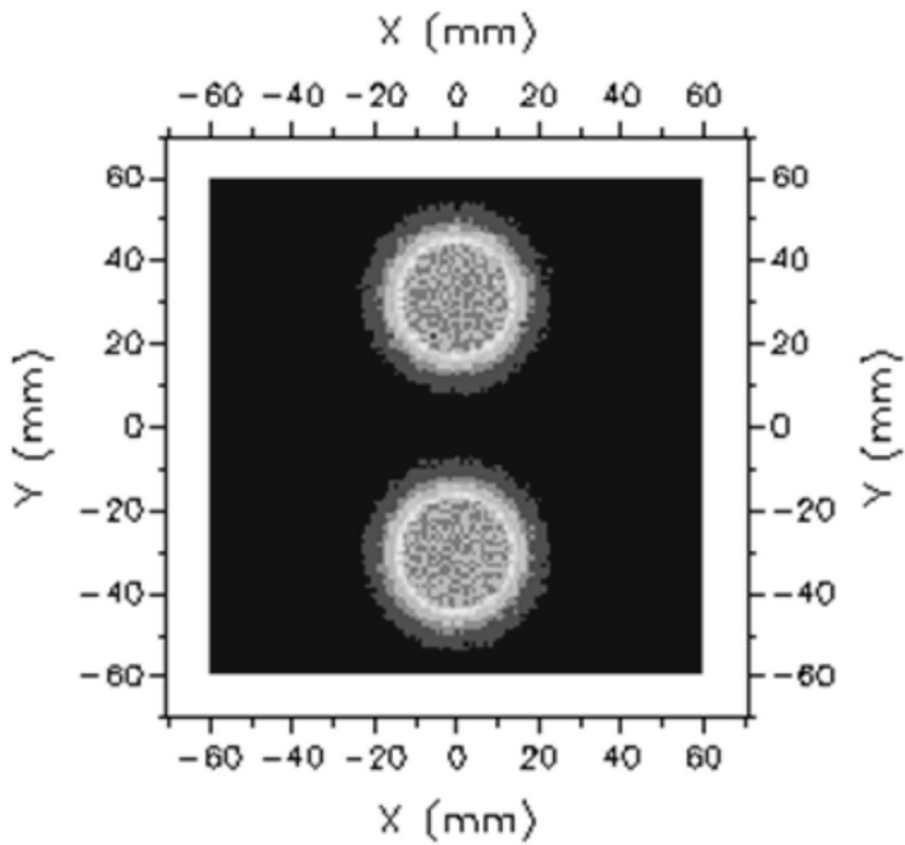


图6

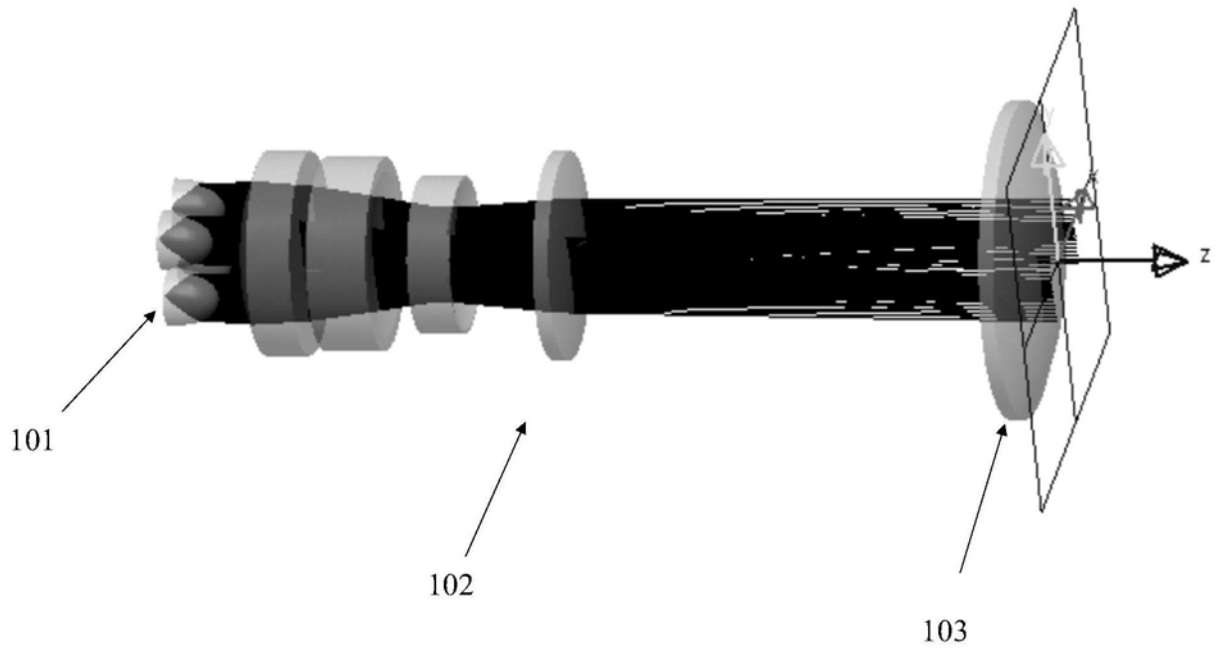


图7

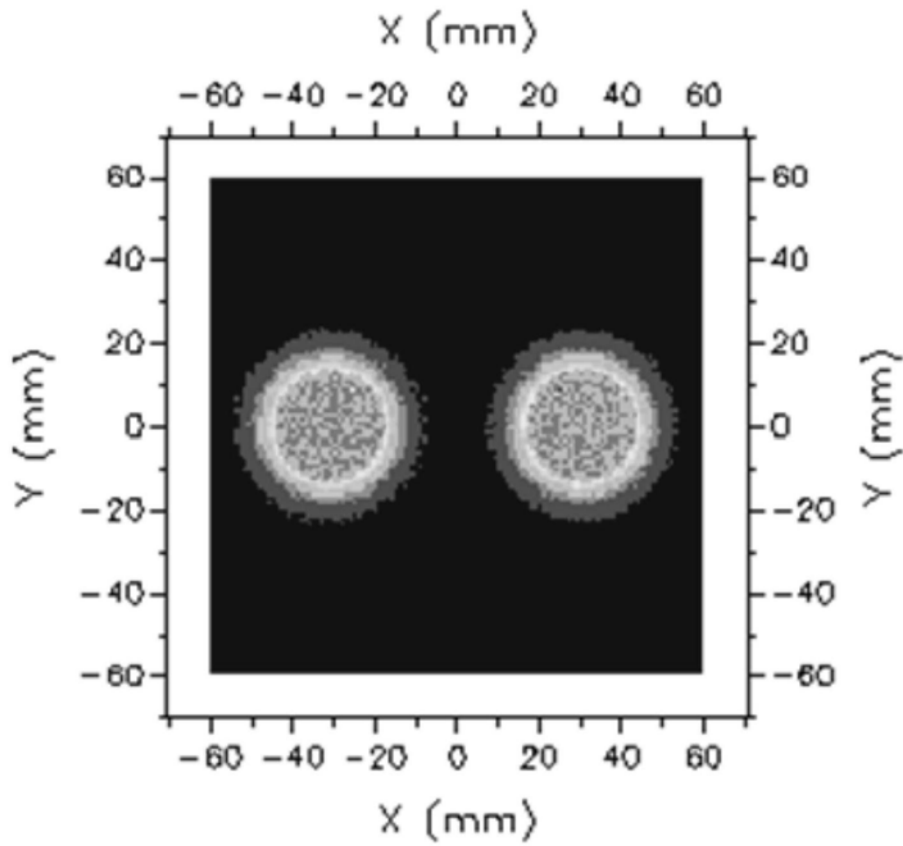


图8

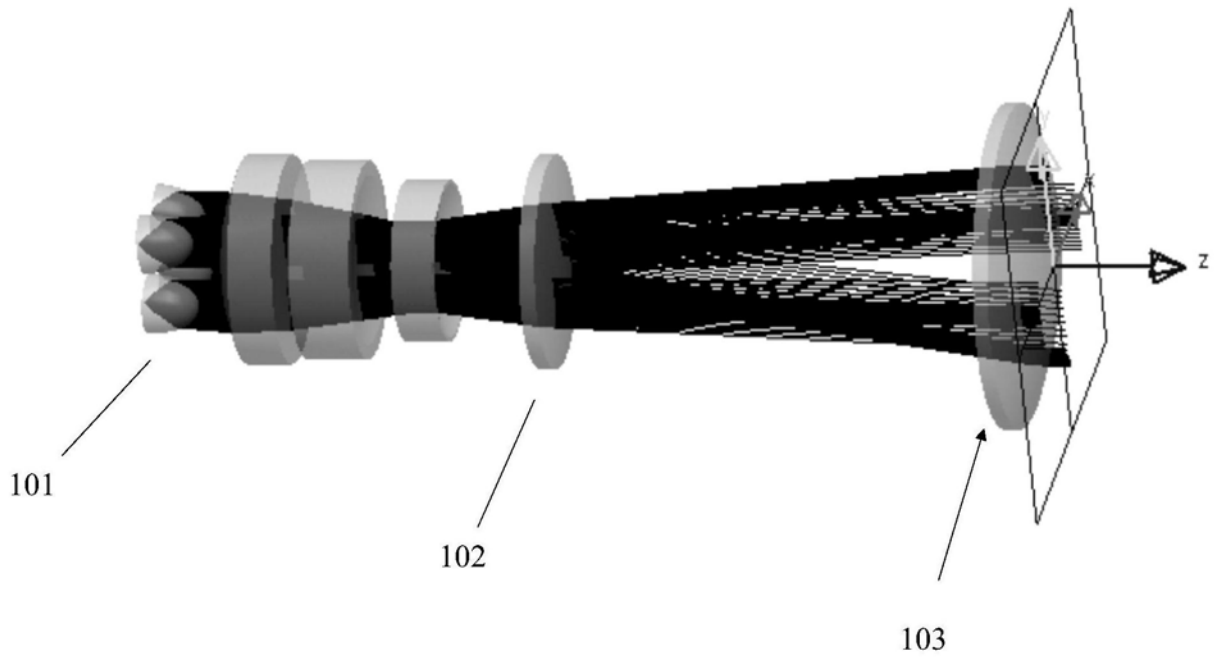


图9

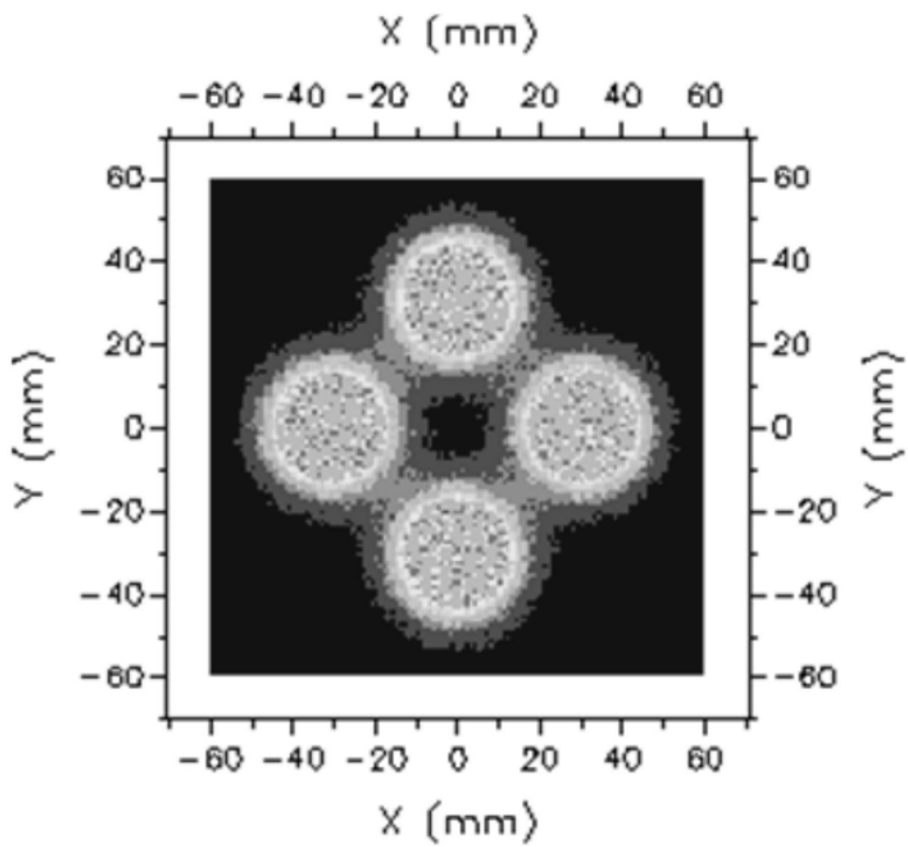


图10

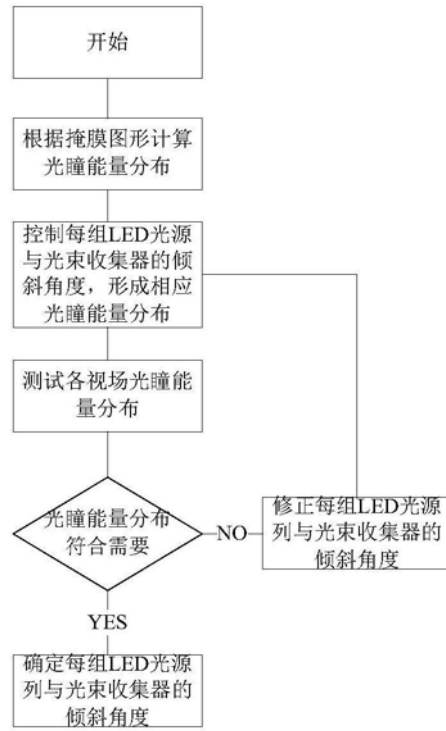


图11

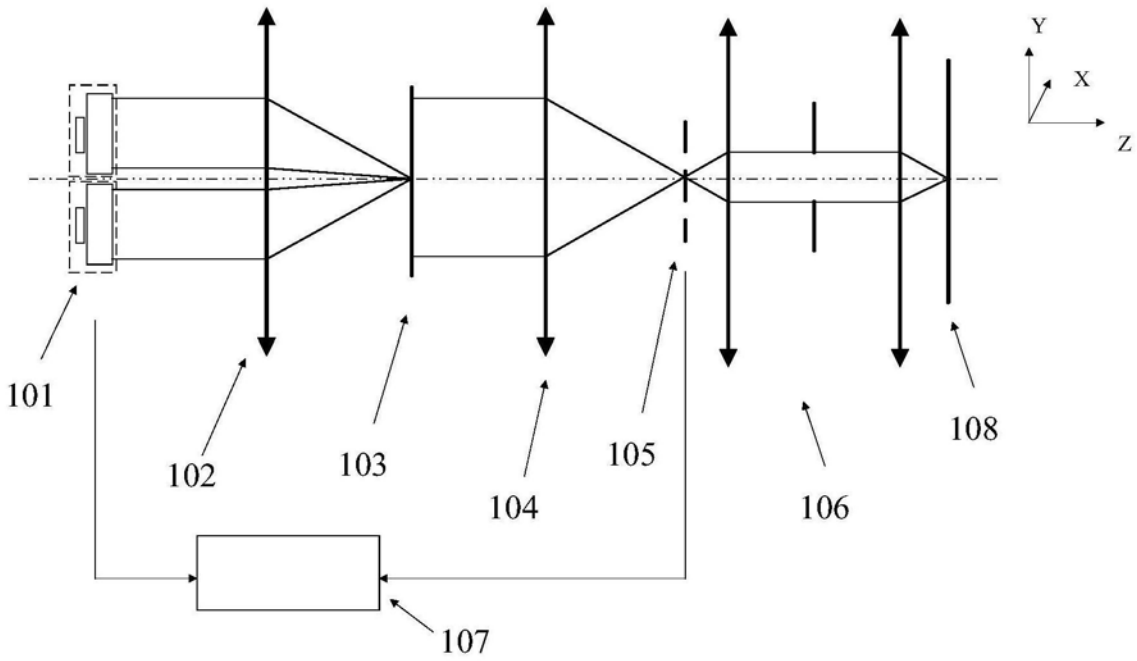


图12