

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101226344 B

(45) 授权公告日 2010.06.02

(21) 申请号 200810033379.0

JP 特开 2004-151044 A, 2004.05.27, 说明书第 0013 段至第 0029 段、附图 1.

(22) 申请日 2008.01.31

EP 0767361 B1, 2000.02.23, 说明书第 0095 段至第 0097 段、附图 9.

(73) 专利权人 上海微电子装备有限公司

地址 201203 上海市张江高科技园区张东路 1525 号

审查员 王振佳

(72) 发明人 刘国淦 蔡燕民

(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 屈蘅 李时云

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

G01B 11/27 (2006.01)

G01B 11/14 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2007/0070496 A1, 2007.03.29, 全文.

WO 2006/079739 A1, 2006.08.03, 全文.

US 6721094 B1, 2004.04.13, 全文.

US 7102761 B2, 2006.09.05, 全文.

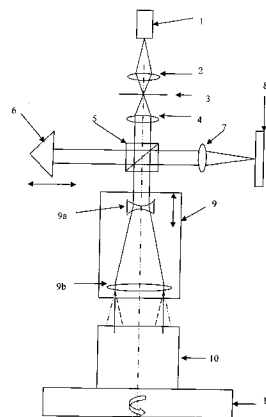
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

测量光学系统参数的测量装置及其测量方法

(57) 摘要

一种测量光学系统参数的测量装置,包括短相干光源模块,聚焦透镜,准直透镜,滤波针孔,分光镜,角反射镜,一维精密移动平台,可调焦望远镜,精密旋转工作台,聚焦透镜和成像 CCD。一种测量方法,通过光学干涉的方法精确测量被测光学系统的透镜内部或透镜之间的偏心、倾斜、透镜的厚度以及不同透镜之间的距离。本发明提高了透镜的偏心检测精度以满足更高的偏心要求,实现了对光学系统内部间距的最终测量,同时可以测量光学系统装配结束后的间距。



1. 一种测量光学系统参数的测量装置,其特征在于,包含:  
光源 (1),为短相干光源;  
聚焦镜 (2),位于光源 (1) 下方;  
针孔 (3),位于聚焦镜 (2) 的下方焦距处;  
准直透镜 (4),位于针孔 (3) 下方;  
分光镜 (5),位于准直透镜 (4) 下方;  
一维移动台,水平设置在分光镜 (5) 的一侧;  
角反射镜 (6),设置在所述的一维移动台上,随所述的一维移动台进行精确移动;  
CCD 电荷耦合器件 (8),水平设置在分光镜 (5) 的另一侧;  
可移动聚焦透镜 (7),设置在所述分光镜 (5) 和 CCD 电荷耦合器件 (8) 之间;  
调焦望远镜 (9),位于分光镜 (5) 的下方;  
精密旋转台 (14),位于调焦望远镜 (9) 下方,该精密旋转台上放置被测光学系统 (10),带动被测光学系统 (10) 做精密旋转。
2. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,所述的光源 (1) 采用短相干长度发光二极管。
3. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,所述的准直透镜 (4) 具有消除球差的功用。
4. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,所述的一维移动台采用机械粗位移加压电陶瓷精位移的方式共同构成,既可以实现较大范围内的移动,又能在较小范围内进行精确移动。
5. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,所述的调焦望远镜 (9) 包含两组镜片,第一组镜片 (9a) 为负焦距透镜组,第二组镜片 (9b) 为正焦距透镜组。
6. 如权利要求 1 所述的测量装置,其特征在于,所述的测量装置还包含:  
分光片 (11),设置在所述分光镜 (5) 和 CCD 器件 (8) 之间;  
光电探测器 (13),与所述分光片 (11) 位于同一竖直平面内,接收分光镜 (5) 分出的光;  
小孔 (12),设置在光电探测器 (13) 之前。
7. 一种利用如权利要求 1-6 中任意一项所述的测量装置来测量光学系统参数的测量方法,包含以下步骤:  
步骤 1、在精密旋转台 (14) 上固定被测光学系统 (10);  
步骤 2、打开光源 (1),将可移动聚焦透镜 (7) 移入分光镜 (5) 和 CCD(8) 中间;  
步骤 3、调节调焦望远镜 (9),将物镜焦点和被测物镜最上面一个表面的球心调重合,此时将会看到 CCD 电荷耦合器件 (8) 上有一个不断变小的聚焦光斑,当光斑最小时就说明焦点和表面的球心重合;  
步骤 4、移出可移动聚焦透镜 (7),并且根据光学设计值调节角反射镜 (6) 的移动距离,直到 CCD 电荷耦合器件 (8) 上出现干涉条纹;  
步骤 5、移动精密旋转台 (14),同时记录 CCD (8) 上的条纹变化,测量精密旋转轴和被测物镜反射面的倾斜或偏心;  
步骤 6、调节被测光学系统 (10) 的位置,让其被测物镜上表面的光轴位置与精密旋转

台 (14) 的旋转轴重合；

步骤 7、前后移动一维移动台，同时记录一维移动台的位置和 CCD 电荷耦合器件 (8) 上的条纹信息，CCD 电荷耦合器件 (8) 上的条纹从消失到出现再到消失；

步骤 8、通过记录的一维移动台的位置和 CCD 电荷耦合器件 (8) 上的条纹信息，计算被测光学系统 (10) 中被测物镜轴中心位置条纹的对比度最强位置，记录此时的一维移动台位置作为该被测物镜的反射面的位置；

步骤 9、同理测量其他被测物镜反射面的位置，由于不同被测物镜反射面的光轴都不相同，所以最终将所有被测物镜反射面的光轴调到和旋转轴重合，通过记录不同被测物镜反射面对应的角反射镜 (6) 的位置，就能测量得到不同透镜之间的间距；

步骤 10、将角反射镜测得的间距除以相应光学材料的折射率，得到透镜的厚度。

8. 如权利要求 7 所述的测量方法，其特征在于，短相干光源干涉信号的识别

采用中心条纹的识别方法，干涉的强度  $I$  输出的表达式为：

$$I = I_1 + I_2 + 2 \times \text{sqrt}(I_1 \times I_2) \times |\gamma(x)| \times \cos(kx + \varphi);$$

式中： $I_1$ 、 $I_2$  为两干涉信号强度， $k$  为波数， $x$  为两干涉信号光程差， $\varphi$  为初始相位， $\gamma(x)$  为光源自相关函数， $\text{sqrt}$  为平方根运算；

通过移动找到探测器接收到的最佳条纹对比度位置，就能找到光程差  $\Delta X$  为零，中间位置为光程差零位，当光程差  $\Delta X$  偏离零位时，干涉对比度会越来越小直到消失，通过这种方法可以实现  $1\mu\text{m}$  以内的光学间距检测精度。

## 测量光学系统参数的测量装置及其测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种测量光学系统参数的测量装置及其测量方法,特别涉及用于光刻投影中光刻物镜装配过程中的定心和间距检测。

### 背景技术

[0002] 近年来,在半导体光刻领域,投影光刻技术的不断进步,线条向更精细方向推进,目前芯片关键尺寸已能达到 45nm 的光刻分辨能力。光刻系统中的光学投影物镜的成像质量是影响光刻分辨力的关键因素,光刻物镜的装调过程中的定心以及不同光学镜片之间的厚度会很大程度会影响物镜的最终光学质量,这就需要有精密的在线测量设备来指导物镜的装配。

[0003] 目前装配过程中,一般都使用定心偏折仪对光学镜片和光学系统的偏心或倾斜进行检测,这类定心检测设备主要使用调焦望远镜,产生和光学元件匹配的会聚或发散的球面波,从透镜透射或反射的点或十字叉丝像随着旋转轴的旋转而在 CCD 上所划圆的直径来判断透镜的光轴或某个表面光轴和旋转轴的偏离大小,这类仪器可以方便的测量单个光学元件或多个光学元件组成的光学系统相对旋转轴的偏心情况,但是由于受点光源或十字叉丝的尺寸影响,偏心测量精度通常在几角秒。为了提高测试精度,也有人采用干涉的方法对光学元件进行定心测量的(台湾专利 I264523),它是利用光学元件表面的干涉条纹来精确测量表面的倾斜,这种干涉定心装置和像移动相比精度高,可以测量单个元件有非球面时的偏心情况,但是使用相对负杂,只能测量单个光学元件的偏心,在测量时还需要对光学元件进行 180 度旋转,无法测量多个透镜的光学系统的偏心情况。

[0004] 装配过程中除了定心校正外,还希望能精确的测量透镜的厚度和光学系统中不同透镜的间距,目前一般使用机械的方法在装配过程中对这些厚度或间距进行测量。这种方法有时需要和光学表面进行接触测量,在装配好以后就无法就无法进行测量。

### 发明内容

[0005] 本发明提供了一种测量光学系统参数的测量装置及其测量方法,提供一种高检测精度的干涉定心检测系统,提高了透镜的偏心检测精度以满足更高的偏心要求,实现了对光学系统内部间距的最终测量,同时可以测量光学系统装配结束后的间距。

[0006] 为了达到上述目的,本发明提供了一种测量光学系统参数的测量装置,包含:

[0007] 光源,所述的光源为短相干光源;

[0008] 聚焦镜,位于光源下方;

[0009] 针孔,位于聚焦镜的下方焦距处;

[0010] 准直透镜,位于针孔下方;

[0011] 分光镜,位于准直透镜下方;

[0012] 一维移动台,水平设置在分光镜的一侧;

[0013] 角反射镜,设置在所述的一维移动台上,随所述的一维移动台进行精确移动;

[0014] CCD 电荷耦合器件,水平设置在分光镜的另一侧;

[0015] 可移动聚焦透镜,设置在所述分光镜和 CCD 电荷耦合器件之间;

[0016] 调焦望远镜,位于分光镜的下方;

[0017] 所述的调焦望远镜包含两组镜片,第一组镜片为负焦距透镜组,第二组镜片为正焦距透镜组,通过移动两组透镜组之间的间距实现不同的会聚或发散波前,实现不同曲率半径的光学表面测量;

[0018] 精密旋转台,位于调焦望远镜下方,该精密旋转台上放置被测光学系统,带动被测光学系统做精密旋转;

[0019] 短相干光源经过聚焦镜会聚到针孔中,从针孔出来的光经过准直透镜后变为平行光,从准直透镜出射的平行光经过分光镜变成两束光,反射的参考光和透射的测量光,反射的参考光经过一个角反射镜,反射的光再次经过分光镜后进入 CCD 电荷耦合器件,从分光镜透射的测量光经过一个调焦望远镜中的第一组镜片和第二组镜片的调焦,从调焦望远镜出射的测量光达到被测光学系统,被测光学系统可以在精密旋转台上进行精密的旋转,从被测光学系统的被测表面反射后再次经过可调焦望远镜和分光镜后的测量光,与参考光发生干涉,干涉条纹被 CCD 电荷耦合器件接收,对接收到的干涉条纹进行计算处理后,可以得到被测光学系统的透镜内部或透镜之间的偏心、倾斜、透镜的厚度以及不同透镜之间的距离。

[0020] 由半导体发光二极管(LED)出射的宽谱光,一路进入由角反射镜构成参考臂 I,另一路经过调焦望远镜和被测光学系统,并返回构成测量臂 II,参考臂和测量臂共同构成一个 Michelson(麦克逊)干涉仪,当参考臂和测量臂具有一定光程差时,只有当 Michelson 干涉仪两个干涉臂之间引入的光程差之和小于光源相干长度时,CCD 电荷耦合器件上将发生干涉现象;当二者光程差之和为零时,干涉条纹对比度出现极大值,此时称为光程匹配条件。因此,如果已知参考光在 Michelson 干涉仪中引入的光程差,那么就可以通过对 CCD 电荷耦合器件上接收的各个白光干涉条纹峰值位置(对应于光程差)的精确计量,得到测量光在干涉仪两臂之间引入的光程差,从而转换得到臂长差。

[0021] 当 Michelson 干涉仪中移动角反射臂的光程扫描镜由远及近运动时,使参考臂和测量臂之间的光程差  $\Delta X$  的数值发生变化,进而引起光源两者之间的相位变化,短相干光源干涉信号的识别通常采用中心条纹的识别方法,同其他光学干涉原理一样,干涉的强度 I 输出的表达式为:

[0022]

$$I = I_1 + I_2 + 2 \times \sqrt{I_1 \times I_2} \times |\gamma(x)| \times \cos(kx + \varphi);$$

[0023] 式中: $I_1$ 、 $I_2$  为两干涉信号强度, $k$  为波数, $x$  为两干涉信号光程差, $\varphi$  为初始相位, $\gamma(x)$  为光源自相关函数,sqrt 为平方根运算。

[0024] 通过移动找到探测器接收到的最佳条纹对比度位置,就能找到光程差  $\Delta X$  为零,中间位置为光程差零位,当光程差  $\Delta X$  偏离零位时,干涉对比度会越来越小直到消失,通过这种方法可以实现 1 $\mu$ m 以内的光学间距检测精度。

[0025] 在对较大的光学系统进行测量时,本发明提供了一种测量光学系统参数的测量装置还可包含:

[0026] 分光片,设置在所述分光镜和 CCD 电荷耦合器件之间;

[0027] 光电探测器,与所述分光片(11)位于同一竖直平面内,接收分光镜分出的光;

[0028] 小孔,设置在光电探测器之前;

[0029] 当检测较大的光学系统时,考虑到较多镜片测量时会带来较大的背景光,可以在干涉仪中心位置使用一个光电探测器对光轴中心的条纹进行探测,同时对一维移动平台的PZT进行一定频率的调制,用于改变参考臂的光程差,这样在光电探测器就能接收到一个不断变化的光强,对采集的电流信号进行滤波,滤掉相应的直流信号,而对交流信号进行放大,这样就能滤掉由于其它镜片的反射光对被测镜片的干扰,光电探测器前设置小孔的目的是只让光轴附近的光能透过,其它部分挡掉,这是由于光学系统的反射表面经过反射以后在CCD电荷耦合器件上可能不是标准的平面,这样表面不同位置测得的距离可能会不一样,加上小孔后可以保证只有光轴附近的光被测量。

[0030] 在上述的装置中,使用宽度短相干光源可以消除相干噪声,在测量多个光学表面时,每个表面都会返回一些光,如果这些光都和参考光进行干涉,那么CCD电荷耦合器件上将接收到很大的相干噪声。

[0031] 通过移动角反射镜和调节可调焦望远镜,让不同的表面进行和参考光相干,从而确定不同表面之间的距离。为了可以进行相移测量,一维精密移动平台安装PZT驱动结构实现精密的相移。使用角反射镜对光路进行反射,这样当一维移动平台发生旋转和倾斜时不会带来测量的偏心和倾斜误差。

[0032] 成像CCD电荷耦合器件8和分光透镜之间加上可移动的聚焦透镜,可以实现被测面的粗对准,这样可以方便的对所需要定心的光学表面进行预对准,另外粗对准的测量范围较大,当光学元件偏心太多时,可以通过旋转精密转台观察光点的变化轨迹来计算偏心的大小。

[0033] 调焦望远镜可以实现不同曲率半径的光学表面测量。当进行平行平面或球心位置接近的光学元件表面测量时,不需要调节望远镜和精密转台,而是直接移动参考光中的角反射镜来进行测量,这样调节望远镜和转台的误差都可以消除,实现更高的测量精度。

[0034] 被测光学系统被固定在一个精密旋转台上,可以消除调焦望远镜的光轴偏折造成的影响,对心的基准为精密旋转台的旋转轴。

[0035] 本发明还提供了一种利用上述测量装置来测量光学系统参数的测量方法,包含以下步骤:

[0036] 步骤1、在精密旋转台上固定被测光学系统;

[0037] 步骤2、打开光源,将可移动聚焦透镜移入分光镜和CCD电荷耦合器件中间;

[0038] 步骤3、调节调焦望远镜,将物镜焦点和被测物镜最上面一个表面的球心调重合,此时将会看到CCD电荷耦合器件上有一个不断变小的聚焦光斑,当光斑最小时就说明焦点和表面的球心重合;

[0039] 步骤4、移出可移动聚焦透镜,并且根据光学设计值调节角反射镜的移动距离,直到CCD电荷耦合器件上出现干涉条纹;

[0040] 步骤5、移动精密旋转台,同时记录CCD电荷耦合器件上的条纹变化,测量精密旋转轴和被测物镜反射表面的倾斜或偏心;

[0041] 步骤6、调节被测光学系统的位置,让其被测物镜上表面的光轴位置与精密旋转台的旋转轴重合;

[0042] 步骤 7、前后移动一维移动台,同时记录一维移动台的位置和 CCD 电荷耦合器件上的条纹信息,CCD 电荷耦合器件上的条纹从消失到出现再到消失;

[0043] 步骤 8、通过记录的一维移动台的位置和 CCD 电荷耦合器件上的条纹信息,计算被测光学系统中被测物镜轴中心位置条纹的对比度最强位置,记录此时的一维移动台位置作为该被测物镜的反射面的位置;

[0044] 步骤 9、同理测量其他被测物镜反射面的位置,由于不同表面的光轴都不相同,所以最终将所有被测物镜反射面的光轴调到和旋转轴重合,通过记录不同被测物镜反射面反射表面对应的角反射镜的位置,就能测量得到不同透镜之间的间距;

[0045] 步骤 10、将角反射镜测得的同一透镜不同反射面的间距除以相应光学材料的折射率,得到透镜的厚度。

[0046] 本发明具有以下的优点和积极效果:

[0047] 1、利用干涉的方法可以提高偏心测量精度;

[0048] 2、可以对单个镜片或光学系统进行逐个表面的偏心测试;

[0049] 3、可以用于测量单个透镜或光学系统装配过程中或装配结束的光学间距;

[0050] 4、当进行平行平面或球心位置接近的光学元件测量时,不需要调节望远镜,而是直接移动参考光中的角反射镜来进行测量,这样可以消除由于精密旋转台的偏心或倾斜带来的误差。

#### 附图说明

[0051] 图 1 是本发明提供了一种测量光学系统参数的测量装置的结构示意图;

[0052] 图 2 是本发明提供了一种测量光学系统参数的测量装置使用光电探测器的接收光路。

#### 具体实施方式

[0053] 以下根据图 1 和图 2 具体说明本发明的较佳实施方式:

[0054] 如图 1 所示,本发明提供了一种测量光学系统参数的测量装置,包含:

[0055] 光源 1,所述的光源 1 为短相干光源,通常采用短相干长度发光二极管(LED),它具有好的空间相干性以及差的时间相干形,相干长度为 20um 左右;

[0056] 聚焦镜 2,位于光源 1 下方;

[0057] 针孔 3,位于聚焦镜 2 的下方焦距处;

[0058] 准直透镜 4,位于针孔 3 下方,准直透镜具有很好的消除球差;

[0059] 分光镜 5,位于准直透镜 4 下方;

[0060] 一维移动台(在图中未显示),水平设置在分光镜 5 的一侧,采用机械粗位移加 PZT(压电陶瓷)精位移的方式共同构成,这样既可以实现较大范围内的移动,又能在较小范围内进行精确移动;

[0061] 角反射镜 6,设置在所述的一维移动台上,随所述的一维移动台进行精确移动;

[0062] CCD(电荷耦合器件)器件 8,水平设置在分光镜 5 的另一侧;

[0063] 可移动聚焦透镜 7,设置在所述分光镜 5 和 CCD 器件 8 之间,实现被测面的粗对准;

[0064] 调焦望远镜 9,位于分光镜 5 的下方,所述的调焦望远镜 9 包含两组镜片,第一组镜

片 9a 为负焦距透镜组,第二组镜片 9b 为正焦距透镜组,通过移动两组透镜组之间的间距实现不同的会聚或发散波前,由于调焦望远镜只是移动透镜组之间的间距,并不影响光程差,可以精确测量被测光学系统 10 的间距,实现不同曲率半径的光学表面测量;

[0065] 精密旋转台 14,位于调焦望远镜 9 下方,该精密旋转台上放置被测光学系统 10,带动被测光学系统 10 做精密旋转;

[0066] 短相干光源 1 经过聚焦镜 2 会聚到针孔 3 中,从针孔 3 出来的光经过准直透镜 4 后变为平行光,从准直透镜 4 出射的平行光经过分光镜 5 变成两束光,反射的参考光和透视的测量光,反射的参考光经过一个角反射镜 6,反射的光再次经过分光镜 5 后进入 CCD8,从分光镜 5 透射的测量光经过一个调焦望远镜 9 中的第一组镜片 9a 和第二组镜片 9b 的调焦,从调焦望远镜 9 出射的测量光达到被测光学系统 10,被测光学系统 10 可以在精密旋转台 14 上进行精密的旋转,从被测光学系统 10 的被测表面反射后再次经过可调焦望远镜 9 和分光镜 5 后的测量光,与参考光发生干涉,干涉条纹被 CCD8 接收,对接收到的干涉条纹进行计算处理后,可以得到被测光学系统 10 的透镜内部或透镜之间的偏心、倾斜、透镜的厚度以及不同透镜之间的距离。

[0067] 如图 2 所示,在对较大的光学系统进行测量时,本发明提供的一种测量光学系统参数的测量装置还可包含:

[0068] 分光片 11,设置在所述分光镜 5 和 CCD 器件 8 之间;

[0069] 光电探测器 13,接收分光镜 5 分出的光;

[0070] 小孔 12,设置在光电探测器 13 之前;

[0071] 本发明还提供了一种利用上述测量装置来测量光学系统参数的测量方法,包含以下步骤:

[0072] 步骤 1、在精密旋转台 14 上固定被测光学系统 10;

[0073] 步骤 2、打开光源 1,将可移动聚焦透镜 7 移入分光镜 5 和 CCD8 中间;

[0074] 步骤 3、调节调焦望远镜 9,将物镜焦点和被测物镜最上面一个表面的球心调重合,此时将会看到 CCD8 上有一个不断变小的聚焦光斑,当光斑最小时就说明焦点和表面的球心重合;

[0075] 步骤 4、移出可移动聚焦透镜 7,并且根据光学设计值调节角反射镜 6 的移动距离,直到 CCD8 上出现干涉条纹;

[0076] 步骤 5、移动精密旋转台 14,同时记录 CCD8 上的条纹变化,测量精密旋转轴和反射表面的倾斜或偏心;

[0077] 步骤 6、调节被测光学系统 10 的位置,让其被测物镜上表面的光轴位置与精密旋转台 14 的旋转轴重合;

[0078] 步骤 7、前后移动一维移动台,同时记录一维移动台的位置和 CCD8 上的条纹信息,CCD8 上的条纹从消失到出现再到消失;

[0079] 步骤 8、通过记录的一维移动台的位置和 CCD8 上的条纹信息,计算光学镜片轴中心位置条纹的对比度最强位置,记录此时的一维移动台位置作为该被测物镜的反射面的位置;

[0080] 步骤 9、同理测量其他被测物镜反射面的位置,由于不同表面的光轴都不相同,所以最终将所有表面最接近的光轴调到和旋转轴重合,通过记录不同反射面对应的角反射



镜 6 的位置,就能测量得到不同透镜之间的间距;

[0081] 步骤 10、将角反射镜测得的间距除以相应光学材料的折射率,得到透镜的厚度。

[0082] 本发明具有以下的优点和积极效果:

[0083] 1、利用干涉的方法可以提高偏心测量精度;

[0084] 2、可以对单个镜片或光学系统进行逐个表面的偏心测试;

[0085] 3、可以用于测量单个透镜或光学系统装配过程中或装配结束的光学间距;

[0086] 4、当进行平行平面或球心位置接近的光学元件测量时,不需要调节望远镜,而是直接移动参考光中的角反射镜来进行测量,这样可以消除由于精密旋转台的偏心或倾斜带来的误差。

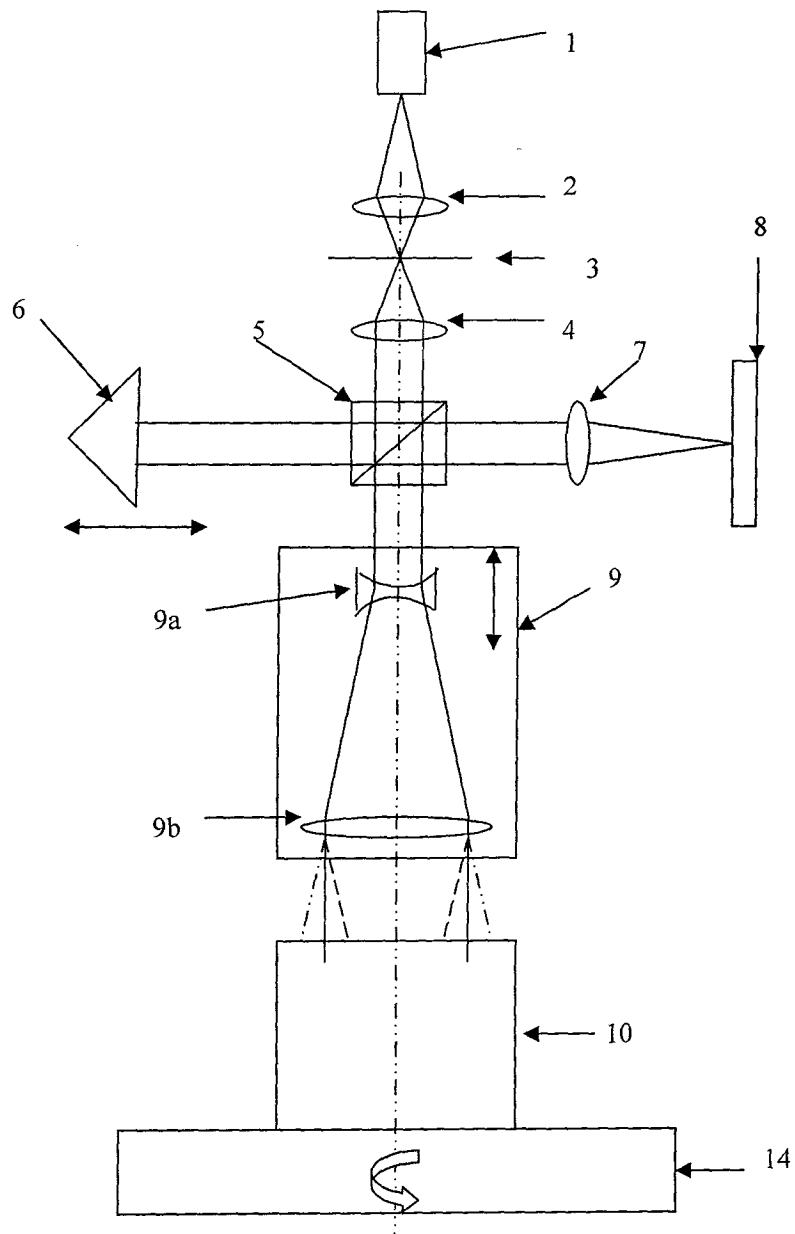


图 1

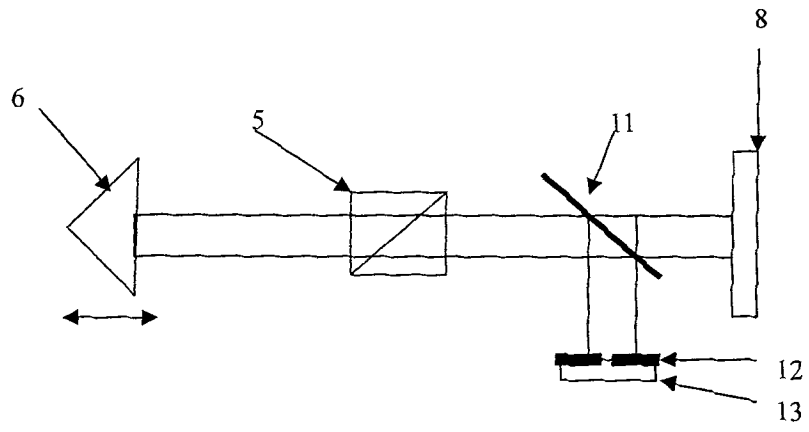


图 2