



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103837332 B

(45) 授权公告日 2016.05.25

(21) 申请号 201410110901.6

[0019]、[0028] 段,附图 1.

(22) 申请日 2014.03.24

郑春艳等. 液晶闪耀光栅波前相位测量方法. 《中国激光》. 2011, 第 38 卷 (第 10 期), 第 3 页.

(73) 专利权人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新(西)区西源大道 2006 号

审查员 周群

(72) 发明人 杨若夫 石明亮 敖明武 董洪舟 杨春平

(74) 专利代理机构 四川力久律师事务所 51221
代理人 林辉轮 王芸

(51) Int. Cl.
G01M 11/02(2006.01)

(56) 对比文件
CN 101556386 A, 2009.10.14, 全文.
CN 103454073 A, 2013.12.18, 全文.
CN 201382851 Y, 2010.01.13, 全文.
WO 2009/145048 A1, 2009.12.03, 全文.
CN 203365108 U, 2013.12.25, 说明书第

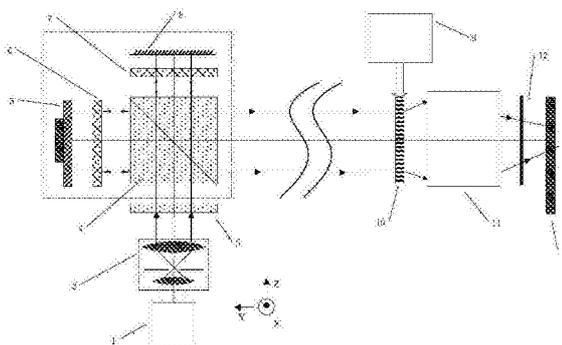
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法

(57) 摘要

本发明涉及液晶型光学器件相位检测领域,具体涉及一种基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法,将移相干涉技术与相位共轭技术相结合,并在移相干涉技术中将入射光正交偏振分解为一路移相参考臂和一路信号臂从而共光路入射进入液晶光学器件进行液晶调制相位的检测。本发明首次将正交移相共轭干涉仪的方法用于液晶型光学器件的相位检测,并结合移相干涉技术复原液晶的调制相位,明显优于一般的调制相位恢复的方法。



1. 一种基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法, 其特征在于, 在移相干涉技术中将入射光正交偏振分解为一路移相参考臂和一路信号臂从而共光路入射进入液晶光学器件进行液晶调制相位的检测, 并采用共轭光学系统将液晶光学器件出射端与面阵探测器成相面共轭; 偏振方向由半波片控制的线偏振激光器发出的激光, 经偏振分光棱镜分束, 透射出p光和s光, 所述透射的p光经快轴与x轴夹角为 45° 的第一1/4波片后为左旋圆偏振光, 经反射镜反射回第一1/4波片后为s光, 再次经所述偏振分光棱镜后反射出的该路光束为所述信号臂; 所述透射的s光经快轴与X轴夹角为 45° 的第二1/4波片后, 压电陶瓷反射镜反射并再次穿过第二1/4波片后成为p光, 透射过所述偏振分光棱镜后该路光束为所述参考臂。

2. 根据权利要求1所述的基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法, 其特征在于, 所述参考臂上的压电陶瓷反射镜产生精确的亚微米级的移动, 从而在两个臂上产生正交线偏振的相移。

3. 根据权利要求1或2所述的基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法, 其特征在于, 对于透射式液晶光学器件的检测, 让液晶分子长轴方向或偏振方向与s光偏振方向平行, 当液晶驱动器施加电压给透射式液晶光学器件后, 液晶分子长轴将沿电场方向转动, 从而在入射s光上引入附加相移, 而对于入射到所述透射式液晶光学器件的p光则不会引入附加相移, 由此实现了正交偏振信号光与参考光的非等效的相位调制。

4. 根据权利要求3所述的基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法, 其特征在于, 对于强衍射器件, 采用共轭光学系统将透射式液晶光学器件出射端与面阵探测器成相面共轭, 使从透射式液晶光学器件出射端衍射的各级光束经所述共轭光学系统后再次在面阵探测器感光面上复现, 而对于没有相位调制的p偏振光, 同样经过所述共轭光学系统后入射到面阵探测器感光面上, 在面阵探测器前设置偏振方向与X轴成一定夹角的检偏器, 从而使s光和p光在检偏器起偏方向上实现干涉, 面阵探测器对干涉条纹进行采集, 利用移相干涉技术可复原液晶的调制相位。

5. 根据权利要求4所述的基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法, 其特征在于, 对于反射式液晶光学器件的调制相位检测, 与透射式液晶光学器件的调制相位检测的不同之处在于: 在所述反射式液晶光学器件前面放入分束器。

6. 根据权利要求5所述的基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法, 其特征在于, 为提高干涉图提取效果, 对所述分束器入射面镀增透膜, 所述分束器透射面为分光膜。

一种基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及液晶型光学器件相位检测领域,具体涉及一种基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法。

背景技术

[0002] 在液晶的众多特性中,液晶电控双折射效应是非常重要的一个特征。电控双折射效应可在液晶分子长轴方向对入射偏振光相位进行控制,利用此性质可将液晶用于显示、光通讯、光信息处理以及波前校正、光学相控阵等方面。其具有的独特优点使得可应用光谱范围宽、调谐电压低、双折射率连续可调、损耗低、重复性好、用液晶制作各种器件体积小且成本较低。因此国内外学者基于液晶的电控双折射特性研制并制备了多种液晶光学器件,如液晶空间光调制器、液晶相位延迟器、液晶透镜、液晶光栅等器件。此类光学器件的快速发展使自适应光学、空间光通讯等系统的小型化、低成本化成为可能。然而该类液晶光学器件的光学相位调制准确性是其有效应用的关键,受测量方法的限制,其相位调制性能很难准确测量与标定,所以针对液晶光学器件相位调制性能的检测是器件研制过程中一个极为重要的关键环节。

[0003] 目前对于液晶空间光调制器和液晶透镜器件,可采用双缝干涉法和Mach-Zehnder干涉仪进行测量,但这两种方法各有一定局限性。利用双缝干涉,一次只能测量在双缝中的一条缝所处位置的相位调制情况,而难以对整个液晶面上的情况进行测量。Mach-Zehnder干涉仪则可以获得整个平面的相位变化情况,但该干涉仪的信号臂和参考臂不共光路,因此对检测装置的稳定性和采用光学元件的加工质量均有较高的要求。使系统是共光路或准共光路的,但相位恢复算法复杂、迭代运算缓慢、检测精度和速度低,共光路的径向剪切干涉法、横向剪切干涉法、径向剪切干涉仪的方案就是这类方法的几种典型代表。而基于共轭移相的干涉技术由于为Mach-Zehnder结构,检测系统同样面临外界环境干扰的这一问题。这些方法一般相位恢复算法复杂、抗振性能能力差。

发明内容

[0004] 针对现有技术存在的问题,提供一种基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法。

[0005] 本发明采用的技术方案为:

[0006] 一种基于正交移相共轭干涉仪方法的液晶型光学器件相位检测方法,在移相干涉技术中将入射光正交偏振分解为一路移相参考臂和一路信号臂从而共光路入射进入液晶光学器件进行液晶调制相位的检测,并采用共轭光学系统将液晶光学器件出射端与面阵探测器成相面共轭。

[0007] 作为本发明的优选实施方式,偏振方向由半波片控制的线偏振激光器发出的激光,经偏振分光棱镜分束,透射出p光和s光,所述透射的p光经快轴与x轴夹角为 45° 的第一

1/4波片后为左旋圆偏振光,经反射镜反射回第一1/4波片后为s光,再次经所述偏振分光棱镜后反射出的该路光束为信号臂;所述透射的s光经快轴与X轴夹角为 45° 的第二1/4波片后,压电陶瓷反射镜反射并再次穿过第二1/4波片后成为p光,透射过所述偏振分光棱镜后该路光束为参考臂。

[0008] 作为本发明的优选实施方式,所述参考臂上的压电陶瓷反射镜产生精确的亚微米级的移动,从而在两个臂上产生正交线偏振的相移。

[0009] 作为本发明的优选实施方式,对于透射式液晶光学器件的检测,让液晶分子长轴方向或偏振方向与s光偏振方向平行,当液晶驱动器施加电压给透射式液晶光学器件后,液晶分子长轴将沿电场方向转动,从而在入射s光上引入附加相移,而对于入射到所述透射式液晶光学器件的p光则不会引入附加相移,由此实现了正交偏振信号光与参考光的非等效的相位调制。

[0010] 作为本发明的优选实施方式,对于强衍射器件,采用共轭光学系统将透射式液晶光学器件出射端与面阵探测器成相面共轭,使从透射式液晶光学器件出射端衍射的各级光束经所述共轭光学系统后再次在面阵探测器感光面上复现,而对于没有相位调制的p偏振光,同样经过所述共轭光学系统后入射到面阵探测器感光面上,在面阵探测器前设置偏振方向与X轴成一定夹角的检偏器,从而使s光和p光在检偏器起偏方向上实现干涉,面阵探测器对该干涉条纹进行采集,利用移相干涉技术可复原液晶的调制相位。

[0011] 作为本发明的优选实施方式,对于反射式液晶光学器件的调制相位检测,与透射式液晶光学器件的调制相位检测的不同之处在于:在所述反射式液晶光学器件前面放入分束器。

[0012] 作为本发明的优选实施方式,为提高干涉图提取效果,对所述分束器入射面镀增透膜,所述分束器透射面为分光膜。

[0013] 综上所述,由于采用了上述技术方案,本发明的有益效果是:

[0014] 1、本发明首次将正交移相共轭干涉仪的方法用于液晶型光学器件的相位检测,相对于现有液晶光学器件相位检测的抗干扰能力差、检测通用性不强及相位恢复算法复杂等不足,本发明不仅具有相当高的精度和计算速度,而且又具有移相干涉仪相位恢复算法的简单、高效,整个测试系统具有抗干扰能力强,且易于实现高分辨的干涉条纹采集等优点。

[0015] 2、本发明结合移相干涉技术可简单、高效复原液晶的调制相位。本调制相位恢复算法具有移相干涉仪相位恢复算法的简单、高效,且易于实现高分辨率的干涉条纹采集等特点。

[0016] 3、本发明基于正交移相共轭干涉仪的液晶光学器件调制相位检测方法更为实用,将移相干涉以及相位共轭技术相结合进行,并在移相干涉技术中将入射光正交偏振分解为一路移相参考臂和一路信号臂从而共光路入射进入液晶光学器件进行液晶调制相位的检测。

附图说明

[0017] 图1是现有技术基于Mach-Zehnder干涉仪的液晶光栅调制相位检测方法的系统结构图

[0018] 图2是本发明的基于透射式液晶光学器件的调制相位检测系统结构图

[0019] 图3是本发明的基于反射式液晶光学器件的调制相位检测系统结构图

[0020] 图中标记:1—线偏振激光器,2—激光扩束镜子,3—半波片,4—偏振分光棱镜,5—压电陶瓷反射镜,6—第二1/4波片,7—第一1/4波片,8—反射镜,9—液晶驱动器,10—反射式液晶光学器件,11—共轭光学系统,12—检偏器,13—面阵探测器,14—分束器,15—激光器,16—接地平面,17—1-D电极,18—液晶薄膜,19—反射镜一,20—分束器一,21—液晶光学器件,22—分束器二,23—压电式反射镜,24—图像透镜,25—交换透镜,26—远场CCD,27—图像CCD。

具体实施方式

[0021] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明做进一步说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0022] 实施例1

[0023] 本发明公开了一种用于液晶光学器件(LC-OD)相位检测的新方法,该方法以正交共轭干涉仪为主要测试光路,用偏矩阵光学相关运算方法对测试系统输出干涉图样进行相位提取,调制相位恢复算法在处理干涉图像方面,不仅具有相当高的精度和计算速度,而且又具有移相干涉仪相位恢复算法的简单、高效,整个测试系统具有抗干扰能力强,且易于实现高分辨的干涉条纹采集等优点。对现有液晶光学器件相位检测的抗干扰能力差、检测通用性不强及相位恢复算法复杂等不足。本发明的测量系统包含有光学测量装置、测量目标和信号处理部分,光学测量装置是本发明的核心部分。

[0024] 透射式液晶光学器件相位检测装置组成如附图2,由线偏振激光器1,激光扩束镜子2,半波片3,偏振分光棱镜4,压电陶瓷5,第二1/4波片6,第一1/4波片7,反射镜8,液晶驱动器9,透射式液晶光学器件10,共轭光学系统11,检偏器12和面阵探测器13组成。其中,采用1064nm的线偏振激光器1,偏振分光棱镜4消光比为最大透过光强与最小透过光强之比为单波长 $>500:1$,宽带 $>100:1$ 。

[0025] 对于透射式液晶光学器件的调制相位检测,本发明的光路系统部分工作原理为,偏振方向由半波片3控制的线偏振激光器1发出的激光,经偏振分光棱镜4分束,透射的p光经快轴与x轴夹角为 45° 的第一1/4波片7后为左旋圆偏振光,经反射镜8反射回第一1/4波片7后为s光,再次经偏振分光棱镜4后反射出,该路光束为信号臂;另一路由偏振分光棱镜4反射的s光同样经快轴与X轴夹角为 45° 的第二1/4波片6后,压电陶瓷反射镜5反射并再次穿过第二1/4波片6后成为p光,透射过偏振分光棱镜4,该路光束为参考臂。其中,压电陶瓷驱动器采用高精度闭环压电陶瓷驱动器。参考臂上的压电陶瓷反射镜5产生较精确的亚微米级的移动,从而在两个臂上产生正交线偏振的相移。对于透射液晶光学器件10(根据液晶双折射效应),让液晶分子长轴方向或偏振方向与s光偏振方向平行,当液晶驱动器9施加电压给透射式液晶光学器件10后,液晶分子长轴将沿电场方向转动,从而在入射s光上引入附加相移,而对于入射到液晶光学器件的p光则不会引入附加相移,由此实现了正交偏振信号光与参考光的非等效的相位调制。对于如液晶光栅等强衍射器件,采用共轭光学系统11将透射式液晶光学器件10出射端与面阵探测器13成相面共轭,使从出射端衍射的各级光束经该光学系统后再次在面阵探测器感光面上复现,而对于没有相位调制的p偏振光,同样经过该光

学系统后入射到面阵探测器13感光面上,在面阵探测器13前密接偏振方向与X轴成一定夹角的检偏器12,从而使s光和p光在检偏器12起偏方向上实现干涉,面阵探测器13对该干涉条纹进行采集,利用移相干涉技术可复原液晶的调制相位。

[0026] 对于反射式液晶光学器件的调制相位检测,如附图3所示,本发明的光路系统部分工作原理前面部分与透射式液晶光学器件的调制相位检测相同,只是在反射式液晶光学器件10前面放入分束器14,共轭光学系统11同样使反射式液晶光学器件10出射端与面阵探测器13感光面共轭,为提高干涉图提取效果,对分束器14入射面镀增透膜,透射面为分光膜且增透膜要求s偏振和p偏振的透过率偏差要小。

[0027] 面阵探测器获取干涉条纹后,处理过程如下。液晶光学器件的调制相位恢复算法由三部分组成:液晶层调制包裹相位恢复算法、解包裹算法和系统像差标定。考虑在简化检测系统模型情形下(为简单起见,只考虑透射型液晶光学器件为有波前调制的相位,而检测系统其余部分为理想透镜、棱镜,面型为平面),采用偏振矩阵光学来推导。

[0028] 设入射光束的琼斯矢量为 $E_1 = \begin{bmatrix} A_1 \\ B_1 \end{bmatrix}$,液晶对p偏振光无相位调制,对s偏振光有相位调制。对于s偏振光,经过多个光学元件传输后,设在面阵探测器上的琼斯矢量为

$$E'_1 = \begin{bmatrix} A'_1 \\ B'_1 \end{bmatrix}, \text{ 则有: } E'_1 = \prod_{i=1}^7 J_{8-i} E_1。$$

[0029] 其中

$$[0030] \quad J_7 = \begin{bmatrix} \cos^2 \theta & \frac{1}{2} \sin 2\theta \\ \frac{1}{2} \sin 2\theta & \sin^2 \theta \end{bmatrix}; J_6 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \exp(i\varphi); J_5 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}; J_4 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & -i \\ -i & 1 \end{bmatrix}; J_3 = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix};$$

$$[0031] \quad J_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & -i \\ -i & 1 \end{bmatrix}; J_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}。$$

[0032] J_7, L_{J1} 分别表示从检偏器到半波片s偏振光传输路径上所经过的光学系统的琼斯矩阵,其中 φ 为液晶调制相位, q 为检偏器偏振方向与坐标系X轴的夹角。经过推导得到:

$$[0033] \quad E'_1 = \prod_{i=1}^7 J_{8-i} E_1 = \begin{bmatrix} \frac{A_1}{2} \sin 2\theta \\ A_1 \sin^2 \theta \end{bmatrix} e^{i\varphi}$$

[0034] 同样对于p偏振光,经过多个光学元件传输后在面阵探测器上的琼斯矢量为

$$E'_2 = \begin{bmatrix} A'_2 \\ B'_2 \end{bmatrix}, \text{ 设压电反射镜移动相位为 } \Delta, \text{ 传输路径上光学器件的琼斯矩阵如下:}$$

[0035] 其中

$$[0036] \quad J_7 = \begin{bmatrix} \cos^2 \theta & \frac{1}{2} \sin 2\theta \\ \frac{1}{2} \sin 2\theta & \sin^2 \theta \end{bmatrix}; J_6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; J_5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; J_4 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & -i \\ -i & 1 \end{bmatrix}; J_3 = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} e^{i \frac{2\pi(2\Delta)}{\lambda}};$$

$$[0037] \quad J_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & -i \\ -i & 1 \end{bmatrix}; J_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

[0038] 经过推导得到:

$$[0039] \quad E'_2 = \begin{bmatrix} B_1 i \cos^2 \theta \\ \frac{B_1 i}{2} \sin 2\theta \end{bmatrix} e^{\frac{2\pi(2\Delta)}{\lambda}}$$

[0040] 所以,在面阵探测器上的合振幅分布为:

$$[0041] \quad E' = E'_1 + E'_2 = \frac{i}{2} \begin{bmatrix} A_1 \sin 2\theta e^{i\varphi} + 2B_1 \cos^2 \theta e^{\frac{2\pi(2\Delta)}{\lambda}} \\ 2A_1 \sin^2 \theta e^{i\varphi} + B_1 \sin 2\theta e^{\frac{2\pi(2\Delta)}{\lambda}} \end{bmatrix}$$

[0042] 不失一般性,为简单起见,设检偏器偏振方向与X轴成 45° ,则由此推导得到其干涉光强分布为:

$$[0043] \quad I = |E'|^2 = \frac{1}{4}(A_1^2 + B_1^2) + \frac{1}{2}A_1B_1 \cos\left(\varphi - \frac{4\pi\Delta}{\lambda}\right)$$

[0044] 设驱动压电反射镜移动量 Δ 分别为 $0, 1/8, 1/4, 31/8$,则对应的干涉光强分别为:

$$[0045] \quad \begin{cases} I_1 = \frac{1}{4}(A_1^2 + B_1^2) + \frac{1}{2}A_1B_1 \cos \varphi \\ I_2 = \frac{1}{4}(A_1^2 + B_1^2) - \frac{1}{2}A_1B_1 \sin \varphi \\ I_3 = \frac{1}{4}(A_1^2 + B_1^2) - \frac{1}{2}A_1B_1 \cos \varphi \\ I_4 = \frac{1}{4}(A_1^2 + B_1^2) + \frac{1}{2}A_1B_1 \sin \varphi \end{cases}$$

[0046] 则由四幅干涉图计算得到的包裹相位为: $\varphi = \arctan \frac{I_4 - I_2}{I_1 - I_3}$.

[0047] 针对不同的液晶光学器件,如液晶空间光调制器、液晶光栅、液晶相位延迟器等其调制相位幅度均不超过 2π ,故计算得到的包裹相位就是检测相位。而如液晶透镜以及新的液晶光学器件如液晶光楔等,其调制相位幅度可能会超过 2π ,还需进行解包裹相位。设液晶光学器件的0电压像差为 φ_0 ,按照上述相位恢复算法,并利用图3的检测方案,将0电压下的液晶光学器件置入系统中,计算出调制相位 φ_0 ,该调制相位为液晶0电压调制像差,当给液晶光学器件施加 $V_{i,j}$ (i, j 表示液晶驱动电极)电压分布后,计算出调制相位 $\varphi_{i,j}$,经过0电压标定初始相位后可获得由电压引起的液晶调制相位。

[0048] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

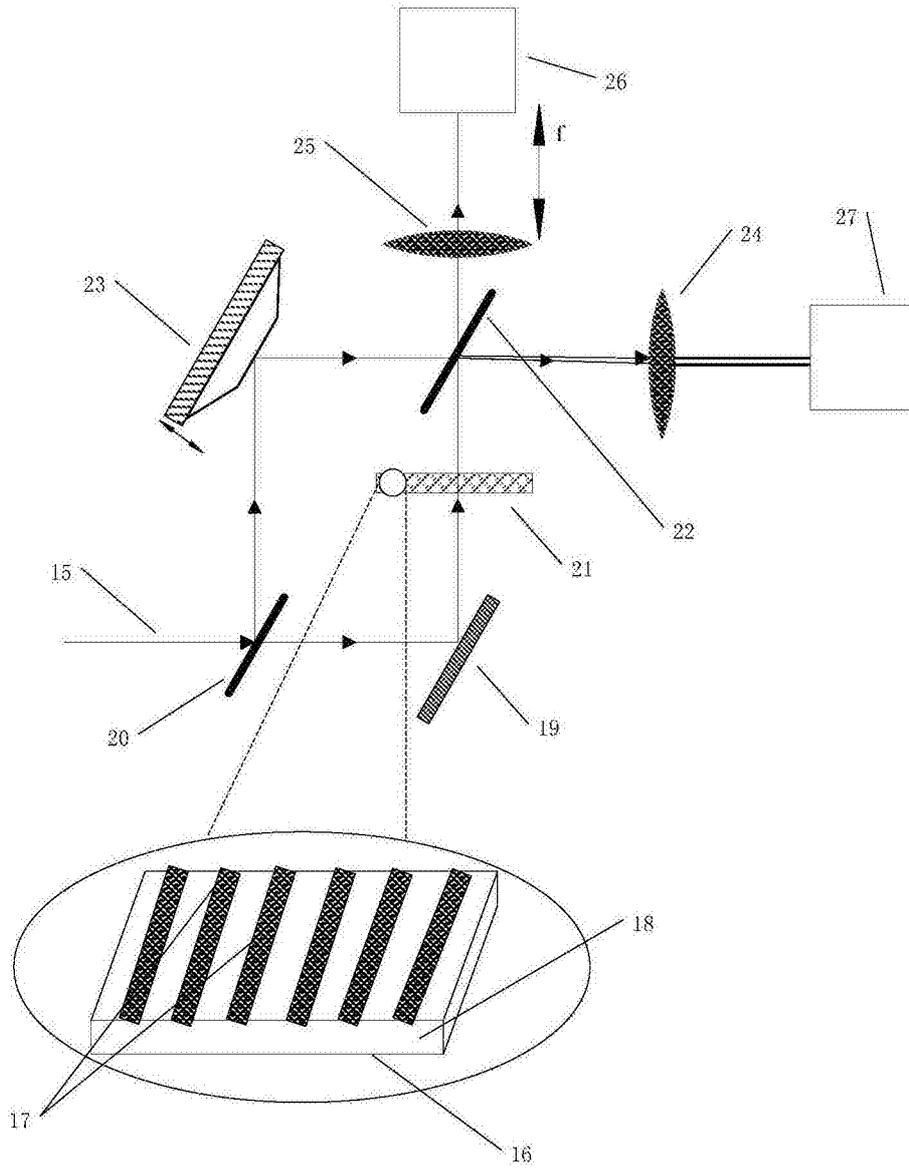


图1

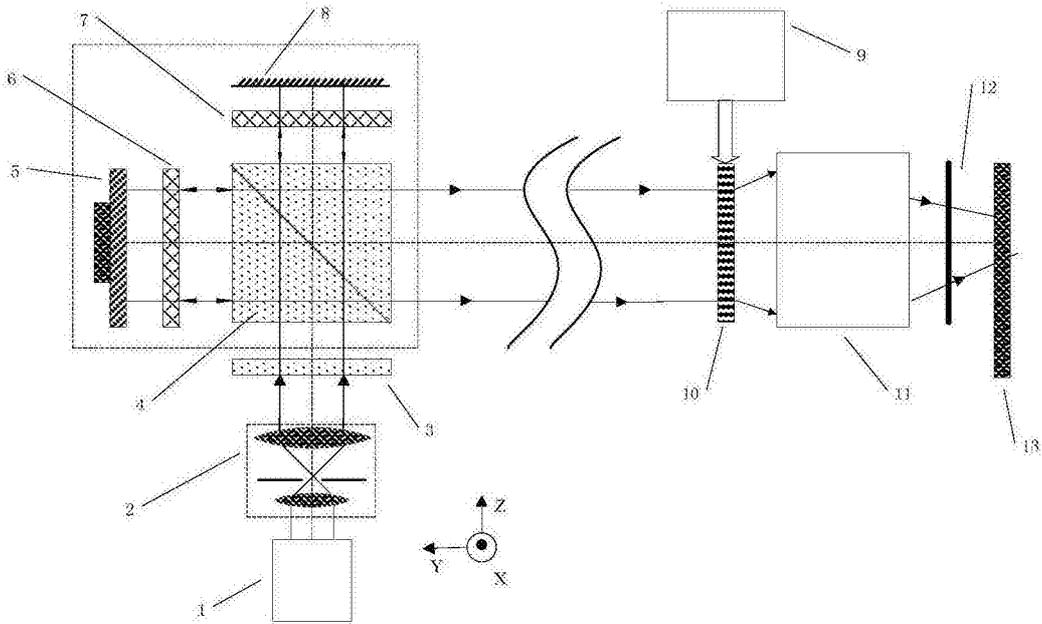


图2

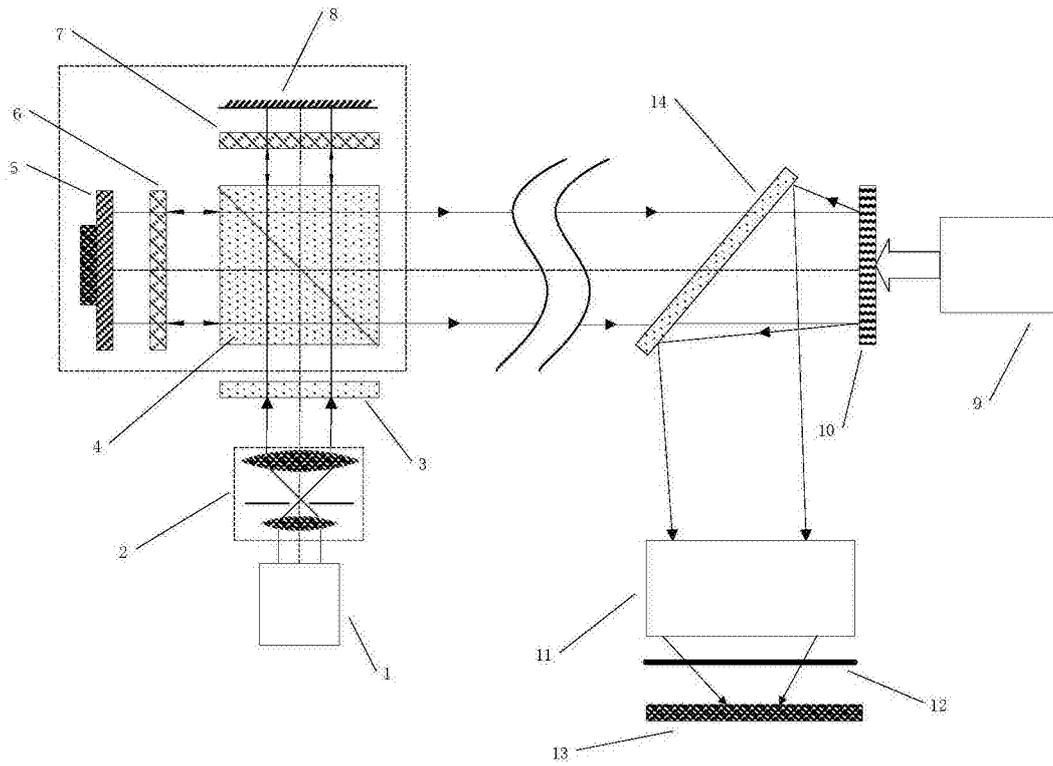


图3