



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102519611 A

(43) 申请公布日 2012. 06. 27

(21) 申请号 201110440141. 1

(22) 申请日 2011. 12. 26

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 何煦 马军

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 张伟

(51) Int. Cl.

G01J 9/02 (2006. 01)

G02B 27/28 (2006. 01)

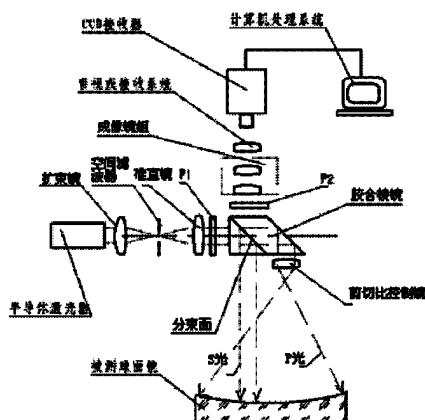
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

共光路径向剪切数字波面干涉仪

(57) 摘要

一种共光路径向剪切数字波面干涉仪涉及一种光学干涉仪波面检测装置，解决了干涉仪的电控、机械系统复杂，研制成本高，难以保证长光路或测试环境的使用条件，很难达到较高的测试精度的问题。该干涉仪应用新型的共光路剪切干涉光路结构，其中包括：半导体激光器、扩束镜、空间滤波器、准直镜、剪切比控制镜、成像系统；该干涉仪还包括：第一偏振片、第二偏振片和胶合棱镜。本发明采用同轴共光路形式，使共光路干涉系统具有对振动、温度和气流的变化能产生彼此共模抑制的优点，可以在隔振条件和恒温条件较低时也能获得稳定的干涉条纹。因此具有抗干扰特性的数字波面共光路径向剪切干涉光路较为适合于长光路条件下光学系统波像差的实时检测与监控。



1. 共光路径向剪切数字波面干涉仪，该干涉仪包括：半导体激光器（2）、扩束镜（3）、空间滤波器（4）、准直镜（5）、剪切比控制镜（11）、成像系统；其特征在于，该干涉仪还包括：第一偏振片（6）、第二偏振片（9）和胶合棱镜（10）；所述半导体激光器（2）发出激光作为光源，经过扩束镜（3）扩束汇聚，汇聚光通过空间滤波器（4）后，出射光斑的能量分布均匀，经由准直镜（5）准直为平行光后入射进入第一偏振片（6），形成出射光强较弱的偏振光S光和光强较强偏振光P光；所述S光入射进入胶合棱镜（10），经过分束面的左侧反射后，透射出胶合棱镜（10）形成极细的平行光作为参考光，所述平行光入射进入被测系统后，经被测系统反射后经过被测系统的焦点发散形成球面波，所述球面波经过剪切比控制镜（11）后形成平行光入射进入胶合棱镜（10），经由胶合棱镜（10）镜体和分束面的右侧反射并透射出胶合棱镜（10）；所述P光入射进入胶合棱镜（10），经过分束面的左侧透射后，反射出胶合棱镜（10），经过剪切比控制镜（11）后和被测系统后发散形成球面波作为测试光，所述球面波入射进入被测系统后，反射形成平行光，所述平行光入射进入胶合棱镜（10），经由分束面的左侧透射后，透射出胶合棱镜（10）；所述S光和P光经过第二偏振片（9）后调节两者的光强比，通过成像系统后由外部系统接收。

2. 如权利要求1所述的共光路径向剪切数字波面干涉仪，其特征在于，所述外部系统包括：目视接收系统、CCD（12）接收器和计算机处理系统；所述目视接收系统可通过裸眼直接观测到干涉条纹；所述CCD（12）接收器接收到干涉条纹的图像后由计算机处理系统进行处理并计算。

3. 如权利要求1所述的共光路径向剪切数字波面干涉仪，其特征在于，所述胶合棱镜（10）由一等腰直角三角形棱镜和一平行四边形棱镜胶合组成偏振分光镜。

4. 如权利要求3所述的共光路径向剪切数字波面干涉仪，其特征在于，所述等腰直角三角形的斜边与平行四边形棱镜的一边胶合形成胶合面，两者组成一个直角梯形。

共光路径向剪切数字波面干涉仪

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学干涉仪波面检测装置,具体涉及一种共光路径向剪切数字波面干涉仪。

背景技术

[0002] 干涉仪是一种依据光的干涉原理,以光的波长为计量单位的光学测试仪器。许多精密测试工作,都是依靠光干涉方法实现的,对于某些测试任务的解决,干涉法甚至是唯一可行的理想方法。

[0003] 经典的光学干涉仪器以光机型为主,只能定性的观察、人工判断干涉图中所包含的误差信息。现代干涉仪是在经典干涉仪的基础上发展起来的精密光学检测仪器。其基本特征是采用激光光源并且综合应用了光学、电子学、精密机械与控制、计算机科学的最新成就,基于以上特征又被称为数字波面干涉仪。与经典干涉仪相比,具有更广泛的应用前景,主要优点在于分辨率高、抗干扰能力强、测量精度高、操作方便等。

[0004] 在高精度光学系统的众多评价与检测方法中,光学干涉检测技术具有精密、客观、量化的评价特性,由于测试结果以波长作为计量单位,因此对于光学系统波面畸变的检测具有极高的精度。同时干涉测量的波像差灵敏度极高,能够清晰的反映装调的微小误差及镜面的微小变形,其测试结果还可以与 Zernike 多项式建立数学模型,进一步分析系统的失调。而现代激光干涉仪作为最精密的测试仪器之一,集当代最新技术于一体,广泛采用计算机技术、激光技术、电子技术、半导体技术等领域内的最新成果,可快速、准确地实现对光学零件与系统的检验。

[0005] 在如今的光学加工、装调、检测实验室中,从普通光学零件的设计加工、检验到大型非球面光学系统加工,大型空间光学系统、深空探测望远镜的装调、校正与测试,干涉仪已成为一种易于操作、可靠、高精度、智能化的测试检验装置,它在光学零件和系统的大批量生产和在线检验中有着不可低估的作用。而在计量测试领域,干涉技术和干涉仪更占据着不可替代的地位。

[0006] 依据工作原理,光学波面干涉仪可分为静态干涉仪与相移式干涉仪。相移干涉仪依据“相移算法原理”,采用移相器件对光学参考面进行 4 步相移,并综合计算在不同相移位置的干涉图,最终测得光学波面的面型误差。由于需要进行相移运动改变光路结构,因此相移式干涉仪对测试环境要求苛刻,往往无法应用于长光路条件下的光学检测。此外由于相移干涉仪的电控、机械系统比较复杂,其研制成本较高。静态干涉仪无需相移机构,只对单幅干涉图中的条纹分布进行计算就可以得到待测波面的面型误差,适用于长光路或测试环境难以保证的使用条件。但由标准镜头,光路布置等原因引入的系统误差使得静态干涉仪很难达到较高的测试精度。

发明内容

[0007] 为了解决现有技术中存在的问题,本发明提供了一种共光路径向剪切数字波面干

涉仪,该干涉仪具有较高测试精度、可应用于超长光路光学干涉检测、同时兼具紧凑外形与使用灵活性的光学数字波面干涉检测仪器。

[0008] 本发明解决技术问题所采用的技术方案如下:

[0009] 共光路径向剪切数字波面干涉仪,该干涉仪包括:半导体激光器、扩束镜、空间滤波器、准直镜、剪切比控制镜、成像系统;其特征在于,该干涉仪还包括:第一偏振片、第二偏振片和胶合棱镜;所述半导体激光器发出激光作为光源,经过扩束镜扩束汇聚,汇聚光源通过空间滤波器后,出射光斑的能量分布均匀,经由准直镜准直为平行光后入射进入第一偏振片,形成出射光强较弱的偏振光S光和光强较强偏振光P光;所述S光入射进入胶合棱镜,经过分束面的左侧反射后,透射出胶合棱镜形成极细的平行光作为参考光,所述平行光入射进入被测系统后,经被测系统反射后经过被测系统的焦点发散形成球面波,所述球面波经过剪切比控制镜后形成平行光入射进入胶合棱镜,经由胶合棱镜镜体和分束面的右侧反射并透射出胶合棱镜;所述P光入射进入胶合棱镜,经过分束面的左侧透射后,反射出胶合棱镜,经过剪切比控制镜后和被测系统后发散形成球面波作为测试光,所述球面波入射进入被测系统后,反射形成平行光,所述平行光入射进入胶合棱镜,经由分束面的左侧透射后,透射出胶合棱镜;所述S光和P光经过第二偏振片后调节两者的光强比,通过成像系统后由外部系统接收。

[0010] 本发明的有益效果是:本发明采用同轴共光路形式,使共光路干涉系统具有对振动、温度和气流的变化能产生彼此共模抑制的优点,可以在隔振条件和恒温条件较低时也能获得稳定的干涉条纹。因此具有抗干扰特性的数字波面共光路径向剪切干涉光路较为适合于长光路条件下光学系统波像差的实时检测与监控,并与较常规的剪切式干涉仪相比体积与重量明显减少,具有极高的便携性。

附图说明

[0011] 图1本发明共光路径向剪切数字波面干涉仪的结构原理图。

[0012] 图2本发明共光路径向剪切数字波面干涉仪的主视图。

[0013] 图3本发明共光路径向剪切数字波面干涉仪主视图的AA剖面图。

[0014] 图中:1、半导体激光器电源,2、半导体激光器,3、扩束镜,4、空间滤波器,5、准直镜,6、第一偏振片,7、偏振片旋转拨轮,8、剪切比调节转轮,9、第二偏振片,10、胶合棱镜,11、剪切比控制镜,12、CCD。

具体实施方式

[0015] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细说明。

[0016] 如图1所示,共光路径向剪切数字波面干涉仪,该干涉仪包括:半导体激光器2、扩束镜3、空间滤波器4、准直镜5、剪切比控制镜11、成像系统;该干涉仪还包括:第一偏振片6、第二偏振片9和胶合棱镜10;所述半导体激光器2发出激光作为光源,经过扩束镜3扩束汇聚,汇聚光通过空间滤波器4后,出射光斑的能量分布均匀,经由准直镜5准直为平行光后入射进入第一偏振片6,形成出射光强较弱的偏振光S光和光强较强偏振光P光;所述S光入射进入胶合棱镜10,经过分束面的左侧反射后,透射出胶合棱镜10形成极细的平行光作为参考光,所述平行光入射进入被测系统后,经被测系统反射后经过被测系统的焦点发散形成球面波,所述球面波经过剪切比控制镜后形成平行光入射进入胶合棱镜,经由胶合棱镜镜体和分束面的右侧反射并透射出胶合棱镜;所述P光入射进入胶合棱镜,经过分束面的左侧透射后,反射出胶合棱镜,经过剪切比控制镜后和被测系统后发散形成球面波作为测试光,所述球面波入射进入被测系统后,反射形成平行光,所述平行光入射进入胶合棱镜,经由分束面的左侧透射后,透射出胶合棱镜;所述S光和P光经过第二偏振片后调节两者的光强比,通过成像系统后由外部系统接收。

发散形成球面波,所述球面波经过剪切比控制镜 11 后形成平行光入射进入胶合棱镜 10,经由胶合棱镜 10 镜体和分束面的右侧反射并透射出胶合棱镜 10;所述 P 光入射进入胶合棱镜 10,经过分束面的左侧透射后,反射出胶合棱镜 10,经过剪切比控制镜 11 后和被测系统后发散形成球面波作为测试光,所述球面波入射进入被测系统后,反射形成平行光,所述平行光入射进入胶合棱镜 10,经由分束面的左侧透射后,透射出胶合棱镜 10;所述 S 光和 P 光经过第二偏振片 9 后调节两者的光强比,通过成像系统后由外部系统接收。

[0017] 外部系统包括:目视接收系统、CCD 12 接收器和计算机处理系统;所述目视接收系统可通过肉眼直接观测到干涉条纹;所述 CCD 12 接收器接收到干涉图像后由计算机处理系统进行处理并计算。

[0018] 图 2 和图 3 为共光路径向剪切数字波面干涉仪具体实施例。如图 2 和图 3 所示该剪切干涉仪的光学机械系统采用双层结构设计,前层布置干涉仪的主光路结构,包括半导体激光器 2、扩束镜 3、空间滤波器 4、准直镜 5、第一偏振片 (P1) 6、胶合棱镜 10 和剪切比控制镜 11,半导体激光器 2、扩束镜 3、空间滤波器 4、准直镜 5 和第一偏振片 6 从左到右依次排列,固定在前层箱体的左侧,半导体激光器 2 采用波长为 630nm 的半导体激光器,具有较高的相干性与低发热量,无需散热,半导体激光器 2 与半导体激光器电源 1 共同集成在干涉仪壳体内。光线出射后进入胶合棱镜 10,胶合棱镜 10 和剪切比控制镜 11 连接,胶合棱镜 10 由一等腰直角三角形棱镜和一平行四边形棱镜组成,其中等腰直角三角形的斜边与平行四边形棱镜的一边胶合形成胶合面,两者组成一个直角梯形。在主光路结构之前设计了相对孔径为 F4-F20 的剪切比控制镜相对孔径匹配镜组,可根据需求通过调节剪切比调节转轮 8 选择剪切比控制镜 11 的相对孔径,进行不同光学系统波像差检测时对其进行切换,切换转盘通过弹性钢球实现切换定位,实现不同的剪切比,极大的拓展了仪器的使用范围。

[0019] 如图 3 和图 4 所示,在主光路结构的后侧是可调偏振片组件,包括第二偏振片 (P2) 9 和偏振片旋转拨轮 7 和 CCD 12。第二偏振片 9 固定在偏振片旋转拨轮 7 内的镜框中,拨轮与一转轴相连,这样转动偏振片旋转拨轮 7 时就带动第二偏振片 9 绕其主光轴旋转,使主光轴与 S 光和 P 光的光强振动方向产生不同的夹角,第二片偏振片 9 可以调节光和 S 光之间的相对光强,即调节消光比,其目的在于调节参考光与测试光之间的光强比而获取对比度良好的干涉条纹。

[0020] 探测器为 2048×1536 像素的彩色低照度 CCD 12,CCD 12 与其前端的显微照相物镜相连,对干涉区域的条纹成像,由计算机处理系统进行处理计算。

[0021] 经过对干涉仪整体光路以及机械结构系统的优化与排布,系统的整体外形尺寸为 142mm×46mm×78mm,在保证测试精度的前提下,其外形尺寸与结构重量远远小于传统的 Fizeau、Twyman-Green 型干涉仪,与常规基于 Mach-Zehnder 光路结构的剪切干涉仪相比,其抗干扰能力、外形尺寸、重量也具有很大优势。

[0022] 上述发明已经研制出原理样机,经过比对试验与相关的数据处理与结算,本发明中的共光路径向剪切干涉仪的测试精度优于 $\lambda /20$ (RMS, Root mean square, 均方根值, $\lambda = 630\text{nm}$)。

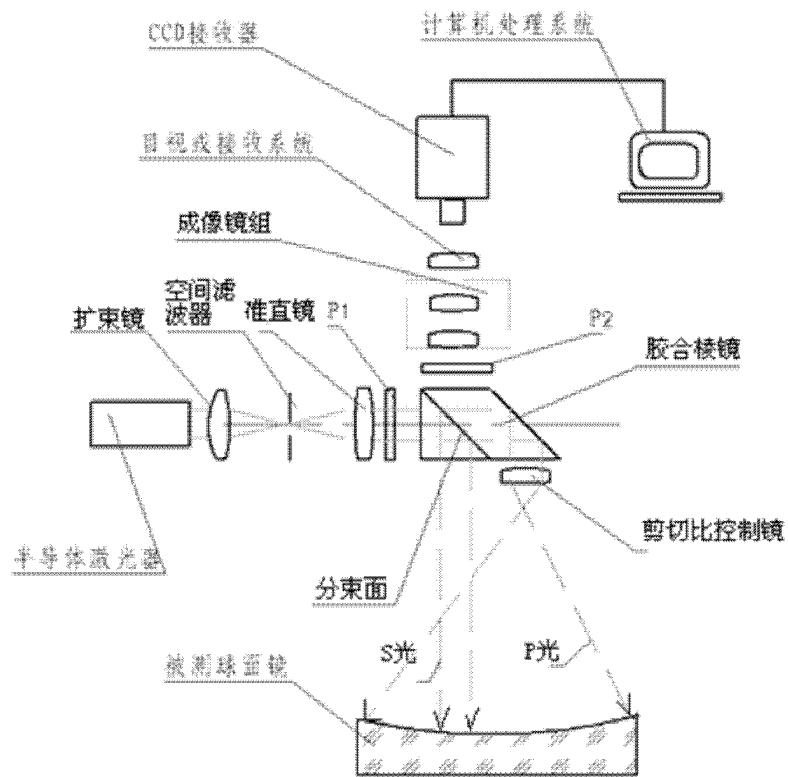


图 1

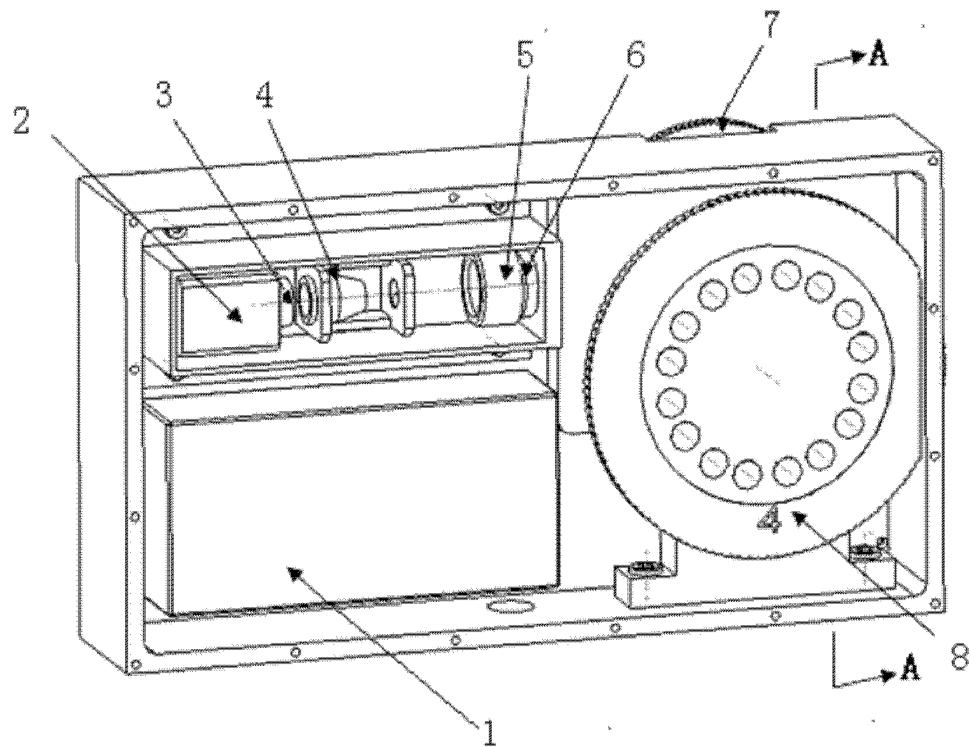


图 2

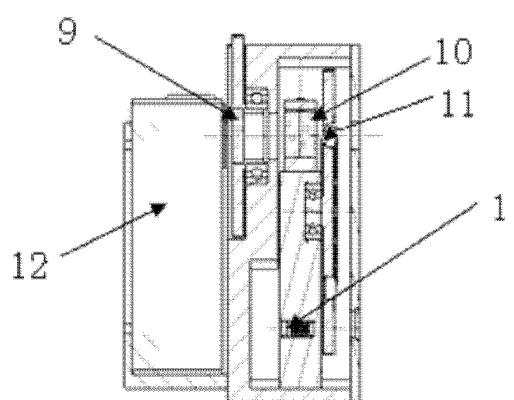


图 3