



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201548201 U

(45) 授权公告日 2010.08.11

(21) 申请号 200920207337.4

(22) 申请日 2009.11.26

(73) 专利权人 重庆师范大学

地址 400047 重庆市沙坪坝区填陈路 12 号

(72) 发明人 何国田 曾智 马燕 伍瑜 曾毅

(74) 专利代理机构 重庆华科专利事务所 50123

代理人 康海燕

(51) Int. Cl.

G01B 11/00(2006.01)

G01B 11/24(2006.01)

G01B 9/02(2006.01)

G01B 9/023(2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

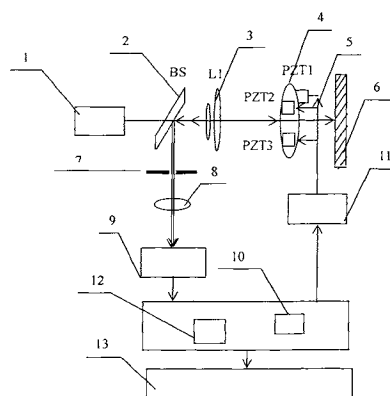
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 实用新型名称

抗振动态干涉测量仪

(57) 摘要

本实用新型涉及一种抗振动态干涉测量仪,其由干涉光学系统、光电探测器与滤波鉴相系统构成,对被检测物体进行光学干涉测量。其干涉光学系统包括光路及移相装置;滤波鉴相系统包括同步移相控制电路与信号处理电路。本实用新型提供的测量仪可在恶劣环境下进行在线测量,只需一幅干涉图就能得出测量结果,不降低 CCD 的分辨率,对测量环境没有特别要求,具有抗干扰能力强、测量精度高、性噪比高、分辨率高、测量时间短等特点。



1. 一种抗振动态干涉测量仪,其包括干涉光学系统、光电探测器与滤波鉴相系统;所述干涉光学系统包括光路及移相装置;滤波鉴相系统包括同步移相控制电路与信号处理电路;其特征在于:

其中所述光学系统包括光源(1)、分束器(2)、准直扩束镜(3)、参考镜(4)、被测物体(6)、光阑(7)、透镜(8),所述光源(1)、分束器(2)、准直扩束镜(3)、参考镜(4)、被测物体(6)、光阑(7)、透镜(8)和光电探测器(9)依次置于光路中,在参考镜(4)背面固定移相装置(5)

所述光源(1)发出的光依次经过分束器(2)、准直扩束镜(3)、参考镜(4)、移相装置(5)后投射到被测物体(6)表面上后,其反射光透过参考镜(4)与参考镜前表面的反射光相遇发生干涉,干涉信号经准直扩束镜(3)、分束器(2)、参考镜(4)、透镜(8)投射到光电探测器(9)的光敏面上将其转换成电信号;

所述光电探测器(9)连接信号处理电路,将电信号输入信号处理电路滤除其正弦调制信号,获得被测量物体的表面形貌;

所述同步移相控制电路由信号源(1001)、分频器(1002)、脉冲发生器(1005)、正弦信号源(1003)、合成器(1004)、直流源(1006)、电压放大器(11)构成;信号源(1001)连接分频器(1002),经N分频后输出二路,一路连接脉冲发生器(1005),形成窄脉冲,再与光电探测器(9)相连,控制光电探测器的曝光时间;另一路连接正弦信号源(1003),控制正弦信号源产生的正弦信号,正弦信号源(1003)与直流源(1006)连接合成器,使正弦信号与直流源的直流在合成器(1004)中合成后,再连接电压放大器(11),电压放大器(11)最后连接移相装置(5),放大驱动移相装置作移相操作,达到正弦移相目的;

所述信号处理电路完成放大、乘法、滤波运算。

2. 根据权利要求1所述的抗振动态干涉测量仪,其特征在于,所述的移相装置(5)是采用三个压电陶瓷构成,固定在参考镜(4)背面。

3. 根据权利要求2所述的抗振动态干涉测量仪,其特征在于,所述构成移相装置(5)的三个压电陶瓷成 60° 排列固定在参考镜(4)背面。

4. 根据权利要求1所述的抗振动态干涉测量仪,其特征在于,所述光源(1)采用He-Ne激光器或SLD光源;所述的光电探测器(9)是一CCD照像机或光电阵列。

5. 根据权利要求1所述的抗振动态干涉测量仪,其特征在于,所述同步移相控制电路中:

所述信号源(1001)输出二路频率为f的矩形波,一路输入A/D转换电路作为采样脉冲,另一路输入分频器(1002);

所述分频器(1002)是N位分频器,输出频率为 f_c 的方波($f = Nf_c$),连接正弦信号源(1003)的同步端;

所述正弦信号源(1003)为一低频信号发生器,该信号发生器输出一路正弦调制信号 $\cos(2\pi f_c t + \theta)$ 驱动移相装置(5)作正弦运动,另一路作同步信号送信号处理电路;

所述合成器(1004)为一加法器,为移相装置(5)提供直流及交流驱动电压;

所述脉冲发生器(1005)的脉冲频率为 f_c ,控制光电探测器(9)的快门,即光电探测器(9)的曝光时间,所述曝光时间小于 $100\mu s$,其快门开启频率同正弦相位调制信号频率相同,且同步;

所述电压放大器 (11) 将正弦信号进行放大, 输出给移相装置 (5)。

6. 根据权利要求 1 所述的抗振动态干涉测量仪, 其特征在于, 所述信号处理电路包括滤波器 (1202)、乘法器 (1003), 所述滤波器 (1202) 为一高精度低通多阶滤波器, 精度小于 0.001db, 截止频率小于 100Hz ; 乘法器 (1003) 的输出端与滤波器 (1202) 的输入端相连, 滤波器 (1202) 输出信号为:

$$P(x, y) = k \sin \alpha (x, y)$$

式中 k 为系统系数。

抗振动态干涉测量仪

技术领域

[0001] 本实用新型涉及用以实时求出被检测表面形貌的光学干涉测量系统,特别是涉及用于动态表面形貌检测的动态干涉测量系统。具体来说,本实用新型涉及一种抗振实时干涉测量仪,消除了时域干涉测量仪的外界干扰及移相器引入的误差。

背景技术

[0002] 在光学元件生产、集成电路硅片表面加工、生物医学、精密制造等领域中,表面形貌对器件的性能、成品率、寿命等有重大影响,甚至影响人体健康。近几年,在制造业生产线中移动的被检测物体,以在线(实时)状态进行光学干涉测量的需求正在逐渐增高。如用于液晶显示器或等离子体显示器等薄膜材料的制造、硅片加工等进行在线测量,并将测量结果反馈到制造条件的控制。因此,在生产过程中承担着极其重要的检验任务,特别是在大尺寸高精度器件检测中尤其如此。目前,作为表面形貌检测方法主要有传统移相法、4D干涉法。传统移相法主要是步进移相法和连续移相法。步进移相法精度高、灵敏度高、速度快等优点,但极易受外界振动的影响,且精确移相控制难(Joanna Schmit,Florin Munteanu. Limitations of iterative leastsquares methods in phase shifting interferometry in the presence of vibrations[C].Proc. SPIE,2005,5965:0z_1~0z_11)。连续移相法主要有正弦移相法(O. Sasaki,H. Okazaki. Sinusoidal phase modulating interferometry for surface profile measurement[J].Appl. Opt.,25(18),1986;何国田,物体表面形貌纳米精度的实时干涉测量装置及其测量方法,专利:200710037264.4),该方法移相简单、精度高、信噪比高等优点,但移相存在非线性误差,易受外界振动影响,需要高速CCD等问题。

[0003] 由上述可知,外界振动对测量产生的影响:是造成干涉仪与被测元件之间产生相对位移的原因。因此,只要在一个振动周期内完成量测,就能消除其影响。美国4D公司近年推出4D干涉测量方法,正是基于这样的思想形成的。该方法利用光的偏振特性,设计出特制的掩模板(定向微偏振片阵列),采用空间移相技术得出相邻4个像素相位彼此相差 $\pi/2$,达到4步移相目的,即一幅干涉图即可得出测量结果。具有抗振、实时检测的优点,适合于恶劣环境下的测量。但存在分辨率降低等问题;通过算法提高分辨率,又增加了测量时间。

发明内容

[0004] 为了克服上述不足,本实用新型提供一种可在恶劣环境下进行在线测量的滤波鉴相式抗振动态干涉测量仪,只需一幅干涉图就能得出测量结果,不降低CCD的分辨率,对测量环境没有特别要求,具有抗干扰能力强、测量精度高、信噪比高、分辨率高、测量时间短等特点。

[0005] 本实用新型采用的技术方案如下:

[0006] 为了解决上述问题,在本实用新型提出一种抗振动态干涉测量仪,仅在探测器容

许的曝光时间内拍摄一帧干涉图,得到瞬间被检测物体的相位信息图。本测量仪(如图1所示)由干涉光学系统、光电探测器与滤波鉴相系统构成,对被检测物体进行光学干涉测量。其干涉光学系统包括光路及移相装置;滤波鉴相系统包括同步移相控制电路与信号处理电路。

[0007] 所述光学系统包括光源、分束器、准直扩束镜、参考镜、被测物体、光阑、透镜,所述光源、分束器、准直扩束镜、参考镜、被测物体、光阑、透镜和光电探测器依次置于光路中,在参考镜背面固定移相装置

[0008] 所述光源发出的光依次经过分束器、准直扩束镜、参考镜、移相装置后投射到被测物体表面上后,其反射光透过参考镜与参考镜前表面的反射光相遇发生干涉,干涉信号经准直扩束镜、分束器、参考镜、透镜投射到光电探测器的光敏面上将其转换成电信号;

[0009] 所述光电探测器连接信号处理电路,将电信号输入信号处理电路滤除其正弦调制信号,获得被测量物体的表面形貌;

[0010] 所述同步移相控制电路由信号源、分频器、脉冲发生器、正弦信号源、合成器、直流源、电压放大器构成;信号源连接分频器,经N分频后输出二路,一路连接脉冲发生器,形成窄脉冲,再与光电探测器相连,控制光电探测器的曝光时间;另一路连接正弦信号源,控制正弦信号源产生的正弦信号,正弦信号源与直流源连接合成器,使正弦信号与直流源的直流在合成器中合成后,再连接电压放大器,电压放大器最后连接移相装置,放大驱动移相装置作移相操作,达到正弦移相目的;

[0011] 所述信号处理电路完成放大、乘法、滤波运算。

[0012] 在本实用新型的技术方案中,用三个PZT构成移相器推动参考镜Reference沿光轴方向作正弦运动。使得仪器的结构紧凑、移相简单。配合脉冲发生器,将正弦信号经脉冲发生器进行整形,形成控制CCD曝光时间的快门信号,其曝光时间小于 $100\mu s$ 。外界振动、空气振动等干扰小于300Hz,在如此短的时间内,干扰无法叠加到干涉信号中去,从而实现消除外界干扰的目的。高精度低通多阶滤波电路的截止频率小于100Hz,不受移相器非线性误差影响,且消除了高频干扰。因此,本干涉仪抗振性能强,移相与结构简单,不会降低CCD的分辨率,测量速度快,精度高,具有良好的应用前景。

附图说明

[0013] 图1为抗振实时干涉测量仪的结构框图;

[0014] 图2为同步移相控制电路及信号处理电路框图。

具体实施方式

[0015] 为进一步说明本实用新型的上述目的、技术方案和效果,以下通过实施例结合上述各图对其进行详细的描述。请先参阅图1所示,它是一抗振的Fizeau干涉测量装置。

[0016] 其中以激光器Laser为光源1,它和分束器1、准直扩束镜3、参考镜4、移相装置5(PZT1、PZT2、PZT3)、被测物体6、光阑7、透镜8、CCD光电探测器9依次置于光路中。

[0017] 激光器发出的光依次经过分束器2、准直扩束镜3、参考镜4后投射到被测物体6表面上后,其反射光透过参考镜4与参考镜前表面的反射光相遇发生干涉。干涉信号经准直扩束3、分束器2、光阑7、透镜8投射到CCD光电探测器9的光敏面上,将其转换成电信

号。该电信号经信号处理电路滤除其正弦信号,即得到被测量物体的表面形貌。同步移相控制电路产生的正弦信号控制光电探测器的曝光时间(如图2所示)。

[0018] 所述光源1为相干光源或低相干光源,如He-Ne激光器或SLD光源。

[0019] 所述分束器2为一半透半反光学器件。

[0020] 所述准直扩束镜3为一透镜组。

[0021] 所述参考镜4为一高精度平面镜,背面粘贴三个PZT(成60°排列),三个压电陶瓷(PZT)构成移相装置5。

[0022] 所述的移相装置是由三个压电陶瓷器件PZT构成,成60°排列固定在参考镜4背面,推动参考镜4沿光轴方向作正弦运动,对干涉信号相位进行调制。

[0023] 所述被测量物体6为一玻璃镜面。

[0024] 所述的光阑7为一可调光阑。

[0025] 所述的透镜8为一成像透镜,将干涉条纹成像在CCD光敏面上。

[0026] 所述的光电探测器9是一CCD照像机或光电阵列(分辨率100万像素,帧频30帧/秒)。干涉信号为:

$$[0027] \quad S(x, y, t) = S_1 + S_0 \cos[z \cos \omega_0 t + \alpha_0 + \alpha(x, y)] \quad (1)$$

[0028] 其中 S_1 为干涉信号直流分量, S_0 为干涉信号交流分量的振幅。 $z = 4\pi a/\lambda$ 为正弦相位调制深度, λ 为激光的波长。 α_0 为两干涉臂的初始相位差, $\alpha(x, y)$ 为被测量物体表面形貌引起的相位。

[0029] 所述滤波鉴相系统10包括同步移相控制电路与信号处理电路,具体如图2所示:

[0030] 所述1001为一信号源(Agilent33120A),输出二路频率为 f 的矩形波,一路输入A/D转换电路作为采样脉冲,另一路输入分频器1002。

[0031] 所述分频器1002是8位分频器,输出频率为 f_c 的方波($f = 8f_c$)送入正弦信号源1003的同步端。

[0032] 所述1003为一低频正弦信号发生器(建伍KENWOOD AG203D),该信号发生器输出正弦信号 $a \cos(2\pi f_c t + \theta)$ 驱动移相装置5作正弦运动。

[0033] 所述1004为合成器,采用一加法器,为移相装置5提供直流及交流驱动电压。

[0034] 所述1005为一脉冲生成器,脉冲频率为 f_c ,控制CCD光电探测器9的快门,即控制CCD光电探测器9的曝光时间(小于100 μ s)。其快门开启频率同正弦信号频率相同,且同步。

[0035] 所述1006为直流源。

[0036] 所述电压放大器11将正弦信号进行放大。

[0037] 所述1201为一乘法器。CCD光电探测器9输出的干涉信号与信号发生器1003输出的正弦信号分别送入乘法器输入端。

[0038] 所述1202为一高精度10阶低通滤波器(精度小于0.001db,截止频率小于100Hz)。乘法器1003的输出端与高精度低通多阶滤波器1202的输入端相连。则高精度低通多阶滤波器1202输出信号为:

$$[0039] \quad P(x, y) = k \sin \alpha(x, y) \quad (2)$$

[0040] 式中 k 为系统系数。

[0041] 所述12为一形貌计算与显示装置。表面形貌计算公式为:

$$[0042] \quad r(x, y) = \frac{\lambda \alpha(x, y)}{4\pi} \quad (3)$$

[0043] 显示装置为计算机显示器,且一幅干涉图就可测得结果。

[0044] 所述同步移相控制、信号处理、形貌计算由 DSP 完成。

[0045] 以上对本实用新型的实施进行了描述,但本实用新型不仅限于上面的实施实例。例如,上述实例的光源可用半导体激光器作光源。调制方式采用外调制 (PZT),也可采用内调制 (波长调制) 或光热调制。

[0046] 上述滤波器可用高于十阶的低通滤波器,也可用数字滤波器。

[0047] 上述滤波方法也可采用软件滤波。

[0048] 此外,上述实施实例中是 Fizeaua 干涉仪,但本实用新型方法也可用于诸如泰曼格林干涉仪、剪切干涉仪之类其他干涉仪。

[0049] 由于具有上述描述的正弦移相方法、CCD 采集方法、低通滤波方法及同步鉴相技术,据此发明的滤波鉴相式动态干涉仪,即使样品表面振动 (环境干扰) 或移相装置的非线性引入误差,都可以通过调整 CCD 采集时间或高精度低通多阶滤波器的截止频率给予消除。因此,可以进行不受环境影响的准确干涉测量,这对于处理工业过程中的现场测量特别有效,能在复杂环境下工作,真正实现干涉仪从实验室走向工业现场测量领域。

[0050] 本实用新型消除了干涉测量仪的外界干扰及移相装置引入的误差。解决了时域相移干涉仪对外界干扰敏感的共性问题,同时对移相装置相移要求低、控制简单。解决了 4D 干涉技术分辨率降低的难题,并打破其技术封锁问题。干涉仪将从实验平台走向工业现场工作。

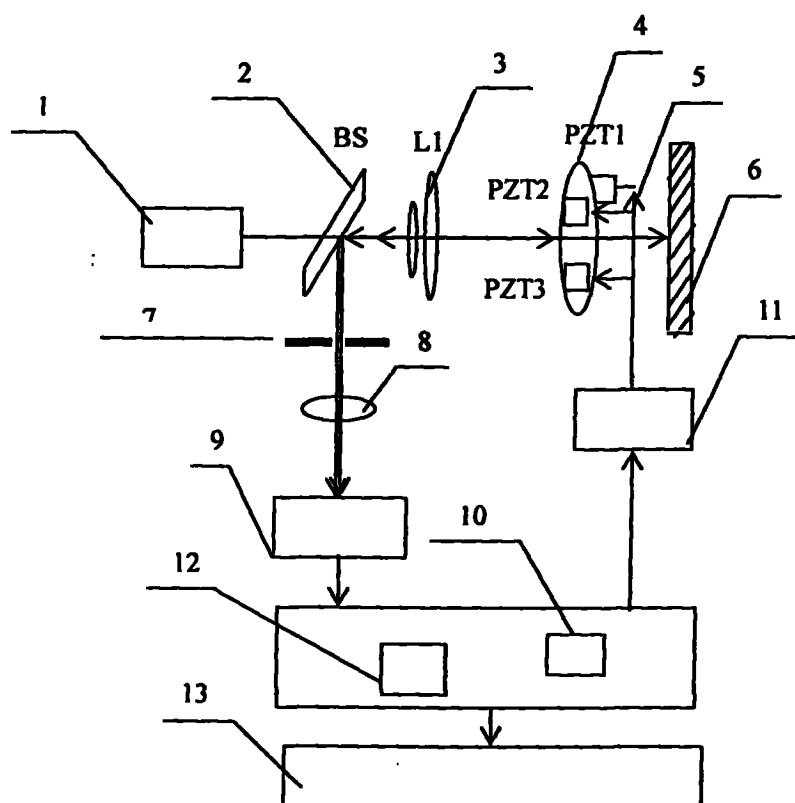


图 1

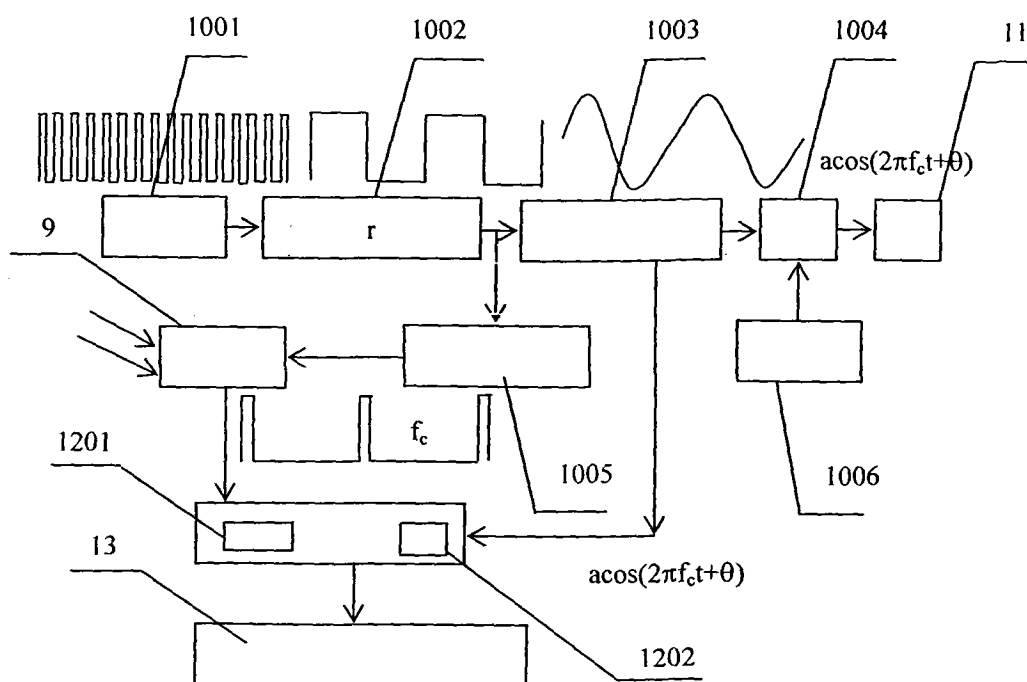


图 2