



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101893448 A

(43) 申请公布日 2010. 11. 24

(21) 申请号 201010228993. X

(22) 申请日 2010. 07. 16

(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 孙强 李也凡

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

G01D 3/028(2006. 01)

G01D 3/032(2006. 01)

G02B 5/30(2006. 01)

G02B 27/10(2006. 01)

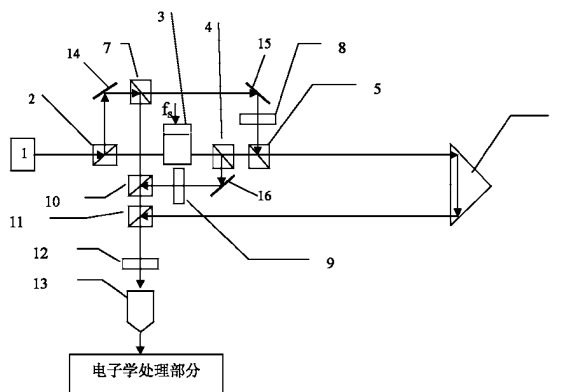
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法

(57) 摘要

本发明消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法属于精密测量技术中的光外差干涉技术领域, 该方法是: 在参与干涉的激光光束中, 加入经过幅值调整和相位调整的新的光线, 该新光线与生成非线性误差的光信号频率相同、振幅相同、相位相反, 以抵消生成非线性误差的光信号对激光外差干涉法的干扰。本发明的有益效果是: 该方法能够有效地消除或降低非线性误差, 提高测量精度。



1. 一种消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法,其特征在于,在参与干涉的激光光束中,加入经过幅值调整和相位调整的新的光线,该新的光线与生成非线性误差的光信号频率相同、振幅相同、相位相反,以抵消生成非线性误差的光信号对激光外差干涉法的干扰。

2. 如权利要求 1 所述的消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法,其特征在于,所述幅值调整由两个偏振片来实现。

3. 如权利要求 1 所述的消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法,其特征在于,所述相位调整由两个楔型的光学介质块来实现,在光线入射和出射的光学平面位置处,光学介质块的表面垂直于光线;两个光学介质块相邻的平面平行且不垂直于光线,在调整相位时,平行的两个平面间的距离保持不变。

4. 如权利要求 3 所述的消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法,其特征在于,两个楔型光学介质块相平行的光学平面与垂直于光线的平面之间的夹角不大于 1 度。

5. 如权利要求 1 所述的消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

步骤一:利用第一分光镜(2)将激光器(1)发出的激光分成两束,被第一分光镜(2)透射的沿原有方向向前传播的光束为信号光束,被第一分光镜(2)反射后的光束为参考光束;

步骤二:利用第一反射镜(14)将参考光束反射,被反射的参考光束射入第四分光镜(7),第四分光镜(7)将射入的参考光束分成两束,透射的光束经过第二反射镜(15)反射后射入第一相位与幅值调节器(8),被反射的光束射入第五分光镜(10);同时,利用声光器件(3)将信号光束变频,利用第二分光镜(4)将变频后的信号光束分成两束,透射的光束沿原有方向传播进入第三分光镜(5),被反射的光束经第三反射镜(16)反射后进入第二相位与幅值调节器(9);

步骤三:利用第二相位与幅值调节器(9)将射入的光束进行相位与幅值调节,调节后的光束的相位与幅值,与被第四分光镜(7)反射的参考光束中掺杂的信号光束的相位相反、幅值相同,经过第二相位与幅值调节器(9)调节后的光束入射到第五分光镜(10),与被第四分光镜(7)反射后射入第五分光镜(10)的参考光束合束,消除参考光束中掺杂的信号光成分对测量结果的影响;

步骤四:利用第一相位与幅值调节器(8)将射入的光束进行相位与幅值调节,调节后的光束的相位与幅值,与被第二分光镜(4)透射的信号光束中掺杂的未被变频的参考光成分在后面的合束时有相位相反、幅值相同的关系,经过第一相位与幅值调节器(8)调节后的光束入射到第三分光镜(5),与被第二分光镜(4)透射后入射到第三分光镜(5)的信号光束合束,消除信号光束中掺杂的参考光成分的影响;

步骤五:经过第三分光镜(5)出射的信号光束入射到测量棱镜(6),经测量棱镜(6)反射后入射到第六分光镜(11),与经过第五分光镜(10)出射的参考光束合束后,入射到偏振片(12);

步骤六:偏振片(12)将入射的信号光束和参考光束调整为偏振方向相同,形成已消除非线性误差的相干光,入射到光电探测器(13),供光外差干涉法的后续步骤使用。

一种消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法

技术领域

[0001] 本发明属于精密测量技术中的激光外差干涉法领域,是一种消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法。本方法还可以应用于更一般的波动干涉过程,用以产生随波程变化的周期性的附加在原有信号上的信号。

背景技术

[0002] 激光外差干涉法可以用来测量位移和振动等,是最好的精密测量方法之一。该方法是将被测位移量转变到外差信号的频率或者相位变化中,再将这种变化测量出来,由于外差信号的频率比光频低得多,光电信号经电子细分后,容易处理,且容易达到较高的测量分辨率,目前这种方法可以达到皮米(pm)或更好的测量分辨率。

[0003] 但是在光外差干涉法这类技术中普遍存在着非线性误差等问题,这是纳米测量的主要误差来源,使其精度一般只有几纳米甚至十几纳米,其原因是作为外差干涉的信号光和参考光,这两个频率不同的光束不能很好的分离,相互“串扰”,即在参考光束中总是有少量的信号光,在信号光束中总是有少量的参考光混入,也即产生周期性的非线性误差的干扰。这些周期性的非线性误差问题多年来一直是该领域技术进一步发展的一个障碍。

[0004] 多年来国内外学者不断地发明一些改善的方法,但也多存在一些限制或问题。我国业界有几位著名学者都提出了较好的新方法,比如,在2007年,我国业界著名学者侯文攻等(外差激光干涉仪非线性的细分和消除,上海理工大学光电学院,上海200093,计量学报-2007,28(3).-210~215)公布了一种可以有效地减小双频激光干涉仪的各种非线性误差的方法,它可以成倍地减小测量结果的相对误差。其方法是改变干涉仪的结构,增加测量光程的倍数。这样就提高了测量灵敏度,单位位移对应的光电探测器输出的交流电信号的相角变化,会成同样倍数地增加。而非线性误差对应的相角(误差)的振幅是不变的,即成倍地减小了测量结果的相对误差。在一定的范围内,这个方法有很好的效果。但如果要成数量级地减小非线性误差,比如将非线性误差减小到十分之一,那就至少需要十倍的折返光路,而在有些情况下,这是困难的。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法,其能够有效地消除或大幅的降低串扰进来的干扰光成分对系统的精度指标所造成的不利影响,提高测量精度。

[0006] 为了达到上述目的,本发明的技术方案如下:

[0007] 一种消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法,是在参与干涉的波束中加入反干扰的光线成分,其频率与干扰光相同,调整使其幅值正好与串入的干扰成分的幅值相同,而相位相反,将其干扰成分抵消掉。

[0008] 如果引起周期性误差的串扰光不是干涉仪中另一个光束中的主要光线,而是其它频率的光线,也可以采用与本发明相同的方法来消除其影响,即要加入的是与干扰光线同

频的光线。很明显,本发明的方法应用范围比较广泛,只要消除或减小的是对被测物理量呈周期性变化的误差,都可以采用本发明的方法,生成一个类似于这个误差的信号,以抵消或部分地消除这个误差对测量结果的影响。

[0009] 本发明方法的光学处理部分,适用于各类集成光学方式,包括光纤方式,也适用于体波方式。

[0010] 本发明方法中对于幅度的调整,可以由两个偏振片构成的幅度调节器来实现,出射端的偏振片的偏振方向可以是后面光路中所需要的偏振方向。调节入射端的偏振片的偏振方向就可以得到所要求的幅度。这样不但调节了幅度,还得到了所需要的偏振方向。

[0011] 本发明方法中对于相位的调整,或说是对于光程的微调,可以由两个对称的楔形光学介质块构成的相位调节器来实现。在相位调节器中,光线入射和出射的光学平面位置处,光学介质块的表面垂直于光线;两个光学介质块相邻的平面平行且不垂直于光线,在调整相位时,平行的两个平面间的距离保持不变。两个楔型光学介质块相平行的光学平面与垂直于光线的平面之间的夹角不大于1度。

[0012] 本发明将上述的相位调节器和幅度调节器放在一起,统称为相位与幅度调节器。

[0013] 本发明的有益效果是:该方法能够有效地消除或大幅的降低串扰进来的干扰光成分对系统的精度指标所造成的不利影响,用以有效地消除或降低非线性误差至少1-2个数量级,提高测量精度。

附图说明

[0014] 图1是本发明一实施例的消除或减小激光外差干涉法中非线性误差的方法示意图。

[0015] 图2是本发明的相位调节器的原理示意图。

[0016] 图中:1、激光器,2、第一分光镜,3、声光器件,4、第二分光镜,5、第三分光镜,6、测量棱镜,7、第四分光镜,8、第一相位与幅度调节器,9、第二相位与幅度调节器,10、第五分光镜,11、第六分光镜,12、偏振片,13、光电探测器,14、第一反射镜,15、第二反射镜,16、第三反射镜。

具体实施方式

[0017] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细地说明。

[0018] 如图1所示,激光器1发出的激光,由第一分光镜2分成两束,其中一束沿着原来的方向继续向前传播,经过声光器件3变频后,由第二分光镜4分成两束,其中一小部分被第三反射镜16反射的光束,经过第二相位与幅度调节器9的调节后,调整到所需的相位和幅度,同时,偏振也被调整到所需的方向,入射到第五分光镜10。

[0019] 由第一分光镜2分成两束中的被反射出来的一束经过第一反射镜14反射后射入第四分光镜7,又被第四分光镜7分成两束,一束被反射下来形成参考光束。另一小部分经过第二反射镜15反射后射入第一相位与幅度调节器8,经过第一相位与幅度调节器8的调节后,调整到所需的相位和幅度,入射到第三分光镜5,合入由第二分光镜4出射的信号光束,用以消除在信号光束中串扰进来的,未被变频的“参考”光成分。信号光束由测量棱镜6反射回来后,包含着被测量的位移信息,入射到第六分光镜11。

[0020] 而被第四分光镜 7 反射下来的参考光束,经过第五分光镜 10 时,合入了少量经过第二相位与幅度调节器 9 调节的,已被变频的信号光成分,以消除在参考光中串扰进来的信号光成分。接着,当已消除非线性误差干扰的参考光束经过第六分光镜 11 时,与由测量棱镜 6 反射回来后,包含着被测量的位移信息的已消除非线性误差干扰的信号光束合成一束,经过偏振片 12 后形成质量很好的相干光,并入射到光电探测器 13,实现光电转换和平方率检波,这样在其输出的电信号中,就包含了高精度的位移信息。然后,经过相应的电子学处理部分的处理,完成激光外差干涉法的检测过程。

[0021] 如图 2 所示,在相位调节器中,光线的入射和出射面的位置处,介质表面垂直于光线。两介质块相邻的两个平面是平行的,但不垂直于光线。在调节方向的过程中,两介质块相邻两个平面的距离保持不变,使其调节只在两介质块之间进行相对的平动运动调节,而无转动运动。这样便能够单纯地调节光程,而不影响其出射光线的位置和角位置。

[0022] 图 2 中两介质块相邻的两个平面的法线与入射光线的角度,决定了调节灵敏度,较小的倾斜角可使光程的调节不会对于介质块的位置调整过于敏感,而使其方便可靠。如果这个倾斜角不大于 1 度,比如 0.3 度,就会使调整变得非常容易。这种限制其运动自由度的约束,可由相应的机械装置完成。

[0023] 综上,在光外差干涉测量法中,周期性的非线性误差是破坏测量精度的原因,本发明消除或减小光外差干涉法中非线性误差的方法,是在参与干涉的光线中加入反干扰的光线成分,调整其幅值和相位,将其干扰部分抵消掉,也可以抵消掉其它原因产生的但结果类似的干扰,消除或减小周期性的非线性误差,提高测量精度。本发明的方法适用于各种波动的干涉过程,用以消除或部分地消除非线性误差对测量结果的影响。

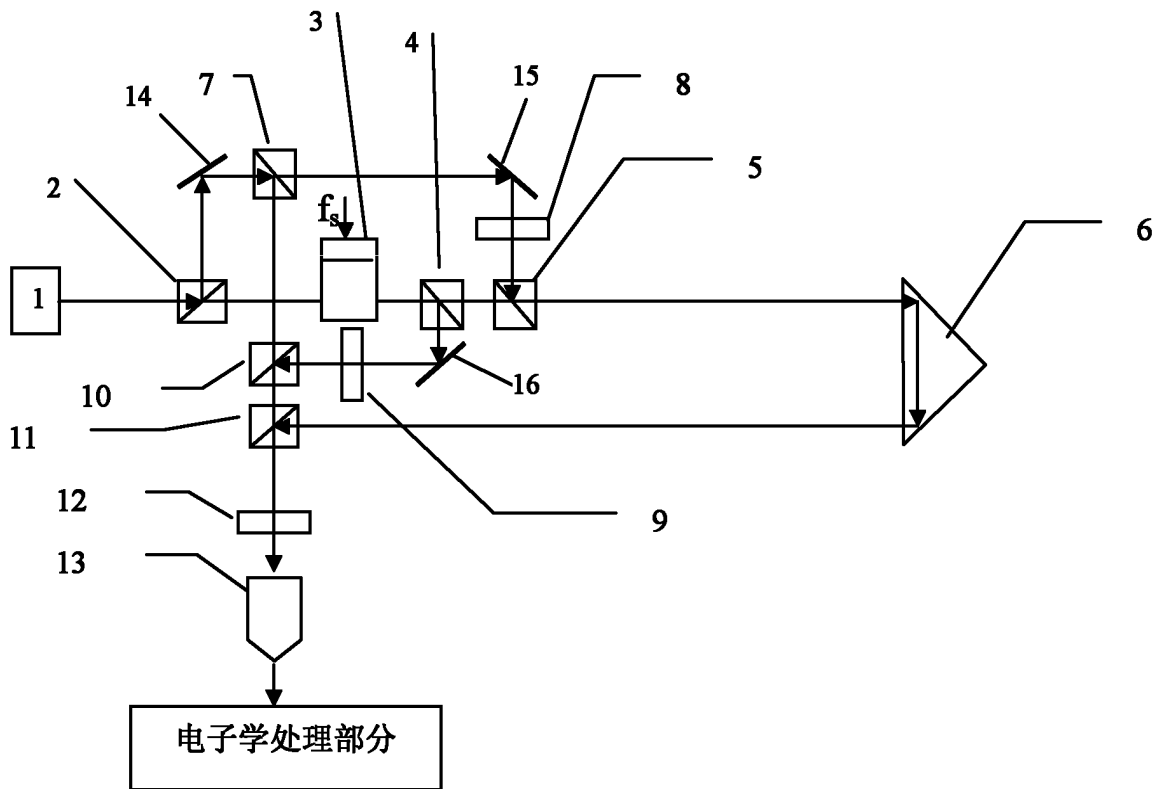


图 1

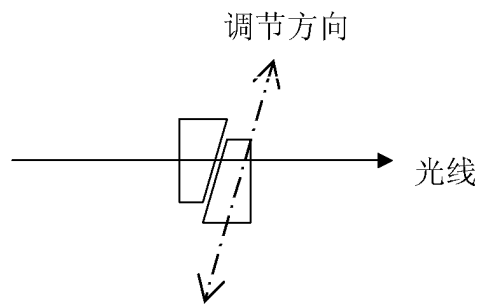


图 2