

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01D 3/028 (2006.01)

G01B 9/02 (2006.01)

G01H 9/00 (2006.01)

G02F 1/35 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910067590.9

[43] 公开日 2010年3月3日

[11] 公开号 CN 101660924A

[22] 申请日 2009.9.28

[21] 申请号 200910067590.9

[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 李也凡 孙 强

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 王立伟

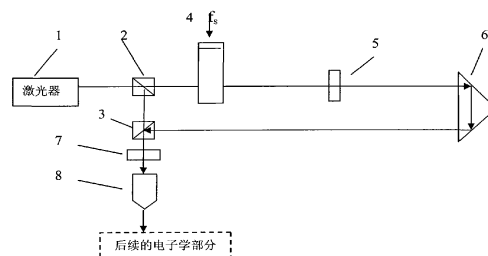
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法

[57] 摘要

一种提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法，属于精密测量技术中的激光外差干涉法领域。在使用声光器件的激光外差干涉测量法中，改变声光相互作用过程所输出的部分光线的偏振方向，比如利用反常布拉格衍射，这样被变频的 1 级衍射光的偏振方向就与其它的光线，特别是未被变频的 0 级光的偏振方向垂直，这样便可以很容易地将串扰进来的 0 级光滤掉。当然也可以调整参考光束的偏振方向，而使信号光束中的参考光成分的偏振方向，与参考光束偏振方向之间的角度垂直，以便使得探测器输出的干扰信号最小。总之，可以造成有用的光线和串入的干扰光、噪声光之间偏振方向上的区别，再利用这个区别，就可以有效地抑制干扰光的影响。以降低非线性，提高信噪比，成数量级地提高测量精度。



- 1、一种提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法，其特征在于：
改变通过声光互作用过程中所输出的部分光线的偏振方向，使得不同的光线成分能够以其不同的偏振态被彼此分离，从而消除或减小非线性误差；
- 2、根据权利要求 1 所述的提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法，其特征在于采用能改变被变频的 1 级衍射光的偏振方向的反常布拉格衍射方式。
- 3、根据权利要求 2 所述的提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法，其特征在于声光器件可选用氧化碲（ TeO_2 ）慢切变波的声光器件。
- 4、根据权利要求 1、2 或 3 任意一项权利要求所述的提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法，其特征在于在声光衍射过程之前的光路中进行偏振滤波，使入射到声光作用区的光线更接近于理想的线偏振光。
- 5、根据权利要求 1、2 或 3 任意一项权利要求所述的提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法，其特征在于在声光衍射过程之后的光路中加入偏振片，进行偏振滤波。
- 6、根据权利要求 4 所述的提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法，其特征在于在声光衍射过程之后的光路中加入偏振片，进行偏振滤波。
- 7、根据权利要求 4、5 所述的提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法，其特征在于在声光衍射过程之后的光路中加入汇聚镜后并在其焦平面配合使用光阑进行空间滤波。
- 8、根据权利要求 2 或 3 任意一项权利要求所述的提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法，其特征在于声光器件可选用氧化碲（ TeO_2 ）慢切变波的声光偏转器。
- 9、根据权利要求 7 所述的提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法，其特征在于声光器件可选用氧化碲（ TeO_2 ）慢切变波的声光偏转器。

一种提高采用声光器件的激光外差干涉法测量精度的方法

技术领域:

本发明属于精密测量技术中的激光外差干涉法领域。是一种消除或减小采用声光器件的激光外差干涉法的非线性误差的方法。

背景技术

激光外差干涉法可以用来测量位移和振动等,是最好的纳米测量方法之一。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,容易达到较高的测量分辨率,且容易处理,目前这种方法可以达到皮米(pm)或更好的测量分辨率。

但是在光外差干涉法这类技术中普遍存在着非线性等问题,这些因素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”。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。

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,比如在2007年,我国业界著名学者侯文玫等公布了一种有趣的实用方法,可以有效地减小双频激光干涉仪的各种非线性误差。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。但问题是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百分之一,那就需要上百倍的折返光路,而一般的讲,这是困难的。

发明内容:

本发明的目的是解决采用声光器件的外差干涉测量系统的非线性误差问题。

上述目的通过以下的技术方案实现：

本发明提出一种新的方法，即改变通过声光互作用过程中所输出的一部分光线的偏振方向，使不同的出射光线具有不同的偏振方向。比如改变被变频的光线的偏振方向，使被变频的光线的偏振方向偏转 90° ，与其它的光线，如入射光和 0 级衍射光等的偏转方向垂直。这便使我们可以利用其偏振特性上面的区别，来抑制和消除那些具有与有用光信号垂直的偏振态的杂散光和它们带来的影响。

例如采用能改变光线偏振方向的声光衍射方法（如反常布拉格声光衍射）代替以前所使用的一般的声光衍射过程（如使用声光调制器等）对光线进行频移。使不同的出射光线之间，即“0”级光和“1”级光之间具有垂直偏振方向。利用这个偏振方向上的区别，就可以有效地抑制“杂散光”，和“干扰光”的影响，降低非线性，提高信噪比，提高精度和其它性能的作用。

在以下的说明当中，都基于上面所述的情况，即改变了通过声光互作用过程中所输出的一部分光线的偏振方向，使不同的出射光线具有不同的偏振方向。特别是，不失一般性地，可以考虑使被变频光线的偏振方向偏转 90° 的情况。

在具体的系统中，可以在声光互作用之后用偏振片或其它偏振器件抑制掉偏振方向不同的杂散光，消除非线性误差。

如果在声光器件之前的光路中进行偏振滤光，如采用偏振片，预先滤除入射的线偏振光（不妨设偏振方向为 X）中的另一个偏振方向与其垂直的杂散光（偏振方向为 Y），使得声光作用区之后的出射光中，Y 偏振态（偏振方向为 Y）上的光线，都是在经过声光作用过程时，才被改变了偏振态的光线。所以在这之后，在 Y 偏振方向上的光线是纯净的，没有其它串扰的光线成分，消除或大幅度的抑制了非线性干扰。

当然，如果在声光器件的前后的光路中同时使用偏振器件，应该收到较好的效果。

此外也可以将声光互作用所输出的光束，姑且称为信号光束，直接与（通过调整达到）偏振方向相同的其它光束，姑且称为参考光束，直接作用，而不是在其间应用偏振片一类的东西来滤除形成干扰的杂散光。这是由于在两个光学臂的光束汇成一个干涉光束，照射到探测器上时，其偏振方向与其来自另一个光臂中光线的偏振方向垂直的串扰光成分，不会形成有效的光电流。自然会消除探测器输出的电信号中的干扰成分。当然这时也可以调整相关光线成分偏振方向之间的角度，以便使得探测器输出的干扰信号最小。

与下面的技术配合使用，可收到更好的效果。即在声光器件后面的光路中加入凸透镜后在其焦平面配合使用光阑进行空间滤波，就会起到更好的抑制杂散光的作用，最终提高测量的精度。这特别是因为使用能改变光线偏振方向的声光器件（如反常布拉格声光器件），一般都具有小的光斑和大偏转角，小的光斑尺寸下可在其焦平面上使用小孔的光阑完成空间滤波，更有效地滤除杂散光，而大偏转角也会使输出的一级光束在空间上和角度上远离其它光束，减小其影响。当然在光阑后面，一般情况下，与扩束镜一样，还要加入准直透镜以恢复光束的准直。见附图 2。

在上面的情况中，为了有更多的可分辨点数等良好的品质，以求得更好的空间分辨率和空间滤波效果，可选用氧化碲（ TeO_2 ）慢切变波的反常布拉格声光偏转器。

很明显，该方法本身存在的优点和意义的存在，与是否采用集成光学方式，或体波方式等无关。并可在任意数量的光臂上使用该技术。

通过前面的说明，我们可以清楚地看到，只要改变通过声光互作用过程中所输出的部分光线的偏振方向，使得不同的光线成分能够以其不同的偏振态被彼此分离，就可以通过偏振片检偏，或其它方法，甚至是没有其它的任何多余的器件，或其它的光学过程，来容易地消除或大幅度地抑制干扰光成分对交流光电流的影响。而且只要是这样，就能提高系统的性能。

本发明的有益效果是有效地消除或大幅的降低串扰进来的干扰光成分。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。本方法还可以和其它方法，同时使用而不会影响各自的作用（比如前面提到的侯文玫的方法），使整个系统的非线性误差得到更大的抑制。

附图说明：

图 1 是本发明采用声光器件的激光外差干涉法的光学部分原理示意图。

其中激光器 1、第一分光镜 2、第二分光镜 3、声光器件 4、第一偏振片 5、测量棱镜 6、第二偏振片 7、探测器 8；

图 2 是本发明采用声光器件的激光外差干涉法的光学部分原理示意图，其中在声光作用以后的光路中加入了空间滤波。这是在图 1 所描述的基本结果的基础上加入了扩束器 9，并在其焦点的位置加入了小孔光栏而实现的。

具体实施方式：

图 1 显示了本发明的光学部分原理的一种较佳的实施例。图中的激光器 1 发出的激光，由分光镜 2 分成 2 束，即信号光束和参考光束，其中信号光经过声光器件 4 将一部分光线的光频移动声频 f_s 的数值，形成 1 级衍射光，声光器件 4 可选用氧化碲 (TeO_2) 慢切变波的声光偏转器，并将 1 级衍射光的偏振方向改变 90° ，然后通过偏振片 5，用以消掉偏振方向不同的“杂光”，之后传输到测量棱镜 6 时被反射回来，再由分光镜 3 将其与分光镜 2 出射的参考光束合并成一个干涉光束，经过偏振片 7 后由探测器 8 将其光信号变成电信号输出给后续的电子学部分。

说明：说明书附图只是光学部分的原理示意图，并未包括如所用激光器的结构，相干光光程差补偿，以及后处理电路等等。也未包括电子处理需要的另一路固定的，与被测量量无关的差频信号作参考，它可以由电路部分直接给出，也可通过两路不同频率的光线干涉得到。

