



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107462167 B

(45)授权公告日 2019.11.05

(21)申请号 201710734790.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.08.24

G01B 11/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

(56)对比文件

申请公布号 CN 107462167 A

CN 103673891 A, 2014.03.26,

CN 105823422 A, 2016.08.03,

(43)申请公布日 2017.12.12

CN 104729402 A, 2015.06.24,

(73)专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

CN 105203031 A, 2015.12.30,

CN 106289068 A, 2017.01.04,

地址 130033 吉林省长春市经济技术开发区东南湖大路3888号

CN 1987341 A, 2007.06.27,

US 2009268210 A1, 2009.10.29,

(72)发明人 李文昊 吕强 巴音贺希格 宋莹 刘兆武 王玮

审查员 古玖旺

(74)专利代理机构 深圳市科进知识产权代理事务所(普通合伙) 44316

代理人 赵勍毅

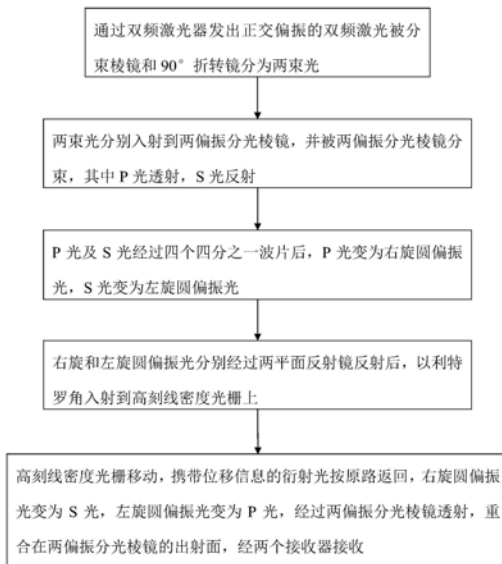
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

长行程、高精度测量的光栅位移测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种长行程、高精度测量的光栅位移测量方法,包括如下步骤:双频激光器发出正交偏振的双频激光被分束棱镜和90°折转镜分为两束光,并分别入射到两偏振分光棱镜被两偏振分光棱镜分束为P光及S光;所述P光及S光经过四个四分之一波片后变为右旋圆偏振光及左旋圆偏振光;右旋和左旋圆偏振光分别经过两平面反射镜反射后,以利特罗角入射到测量光栅上;测量光栅移动,携带位移信息的衍射光按原路返回,分别经过四分之一波片后,分别变为S光及P光,经两偏振分光棱镜透射,重合在两偏振分光棱镜的出射面,经两个接收器接收。本发明可以实现精密位移测量,读数头结构紧凑、体积小、系统对环境敏感性低,大大降低了对测量环境的控制成本。



1. 一种长行程、高精度测量的光栅位移测量方法,其特征在于,包括如下步骤:
通过双频激光器发出正交偏振的双频激光被分束棱镜和 90° 折转镜分为两束光;
所述两束光分别入射到两偏振分光棱镜,入射到两偏振分光棱镜的光线被两偏振分光棱镜分束,其中P光透射,S光反射;
所述P光及S光经过四个四分之一波片后,P光变为右旋圆偏振光,S光变为左旋圆偏振光;
所述右旋和左旋圆偏振光分别经过两平面反射镜反射后,以利特罗角入射到测量光栅上;
所述测量光栅沿光栅矢量方向移动,携带位移信息的衍射光按原路返回,分别经过四分之一波片后,右旋圆偏振光变为S光,经过两偏振分光棱镜反射,左旋圆偏振光变为P光,经过两偏振分光棱镜透射,最终重合在两偏振分光棱镜的出射面,经两个接收器接收,所述两个接收器交替工作,实现长行程位移测量;
具体包括:若经所述两偏振分光棱镜中的任意一组测量光照射到所述测量光栅上,而另外一组测量光没有照射到所述测量光栅上,则以所述接收器接收的照射到所述测量光栅上的一组测量光进行位移测量;
若经所述两偏振分光棱镜中的两组测量光均照射到所述测量光栅上,则以任意组所述测量光进行位移测量,并通过后续数据处理系统实现两组测量数据的相互衔接,以保证其中一组测量光束不能用于测量时,由另一组测量光继续测量;所述测量光栅包括三个呈“品”字形布设的高刻线密度光栅,位于上侧的所述高刻线密度光栅的左端承载于位于左侧的所述高刻线密度光栅的右端,右端承载于位于右侧的所述高刻线密度光栅的左端,且每两个所述高刻线密度光栅的重叠部分中,槽与槽相对应,脊与脊相对应。
2. 如权利要求1所述的光栅位移测量的方法,其特征在于,所述三个高刻线密度光栅是三个相同的高刻线密度光栅。
3. 如权利要求2所述的光栅位移测量的方法,其特征在于,双频激光器、分束棱镜、 90° 折转镜、两偏振分光棱镜、四个四分之一波片,两平面反射镜以及两接收器构成读数头。
4. 如权利要求1所述的光栅位移测量的方法,其特征在于,双频激光器发出的正交偏振的双频激光被分束棱镜和 90° 折转镜分为平行的两束光,分别入射到两偏振分光棱镜。
5. 如权利要求1所述的光栅位移测量的方法,其特征在于,在一偏振分光棱镜的透射方向和反射方向分别固定两块四分之一波片,同样,在另一偏振分光棱镜的透射方向和反射也分别固定两块四分之一波片。

长行程、高精度测量的光栅位移测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及基于衍射光栅的位移测量方法,特别涉及用于精密加工领域工作台位移测量的高精度大行程光栅位移测量方法。

背景技术

[0002] 精密位移测量技术在半导体加工、精密机械制造、大尺寸衍射光栅制造以及生物医学等领域起着非常重要的作用。并且在这些领域所需要的精密位移测量技术其特点是测量量程大,可达米级尺寸;测量分辨率和精度高,可达纳米和亚纳米精度。比如利用扫描干涉曝光技术制造米级尺寸衍射光栅,要求工作台步进距离测量精度配合相位锁定精度在几个纳米。由于大量程和高分辨率和精度同时满足是非常困难的,这就为精密位移测量技术提出了非常高的要求。

[0003] 目前在很多精密加工领域所采用的测量方法基本都为双频激光干涉仪,但双频激光干涉仪环境敏感性高,测量重复性较差,而且价格昂贵,因此要保证其高精度测量成本比较大。光栅位移测量方法以光栅栅距为测量基准,受环境制约小,测量重复性好,并且能够实现高精度测量,但是其量程受制于测量光栅的尺寸,对于需要米级范围运动的工作台来说,一般的光栅位移测量方法不能够满足要求。

[0004] 针对上述问题,一些研究机构做了相关工作,例如日本尼康公司为解决光栅位移测量方法量程问题,该公司采用多个读数头在同一块光栅上切换的方式对位移进行测量,实现量程的增大。采用多读数头的方式使系统体积较大,并且安装较为困难,由于读数头较多,光源的能量也会降低很多,并且每一个读数头都需要一套接收系统,对后期数据处理带来很大压力。

发明内容

[0005] 考虑到上述技术的局限,本发明提供一种的高精度大行程光栅位移测量方法。

[0006] 本发明长行程、高精度测量的光栅位移测量方法,包括如下步骤:

[0007] 通过双频激光器发出正交偏振的双频激光被分束棱镜和 90° 折转镜分为两束光;

[0008] 所述两束光分别入射到两偏振分光棱镜,入射到两偏振分光棱镜的光线被两偏振分光棱镜分束,其中P光透射,S光反射;

[0009] 所述P光及S光经过四个四分之一波片后,P光变为右旋圆偏振光,S光变为左旋圆偏振光;

[0010] 所述右旋和左旋圆偏振光分别经过两平面反射镜反射后,以利特罗角入射到测量光栅上;

[0011] 所述测量光栅沿光栅矢量方向移动,携带位移信息的衍射光按原路返回,分别经过四分之一波片后,右旋圆偏振光变为S光,经过两偏振分光棱镜反射,左旋圆偏振光变为P光,经过两偏振分光棱镜透射,最终重合在两偏振分光棱镜的出射面,经两个接收器接收。

[0012] 一些实施例中,所述测量光栅包括三个呈“品”字形布设的高刻线密度光栅,位于

上侧的所述高刻线密度光栅的左端承载于位于左侧的所述高刻线密度光栅的右端,右端承载于位于右侧的所述高刻线密度光栅的左端,且每两个所述高刻线密度光栅的重叠部分中,槽与槽相对应,脊与脊相对应。

[0013] 一些实施例中,所述三个高刻线密度光栅是三个相同的高刻线密度光栅。

[0014] 一些实施例中,双频激光器、分束棱镜、90°折转镜、两偏振分光棱镜、四个四分之一波片,两平面反射镜以及两接收器构成读数头。

[0015] 一些实施例中,双频激光器发出的正交偏振的双频激光被分束棱镜和90°折转镜分为平行的两束光,分别入射到两偏振分光棱镜。

[0016] 一些实施例中,在一偏振分光棱镜的透射方向和反射方向分别固定两块四分之一波片,同样,在另一偏振分光棱镜的透射方向和反射也分别固定两块四分之一波片。

[0017] 一些实施例中,所述两个接收器交替工作,实现长行程位移测量。

[0018] 与现有技术相比,本发明的光栅位移测量方法中,采用三块高刻线密度光栅以“品”字排列形成长行程测量光栅,并且在“品”字排列时,保证光栅的刻槽相互平行,光栅槽和光栅脊一一对应,这样消除了读数误差和数据传递误差。该方法兼顾了光栅位移测量系统环境敏感性低和大量程的优点。而且所需要的读数头结构紧凑,体积小,系统对环境敏感性低,易于安装,用于精密加工领域工作台位移测量可以大大降低对测量环境的控制成本,提升系统性能。

附图说明

[0019] 图1为本发明长行程、高精度测量的光栅位移测量系统的三个相同的高刻线密度光栅呈“品”字形布设的一个实施例示意图。

[0020] 图2为本发明长行程、高精度测量的光栅位移测量系统的读数头一个实施例的示意图。

[0021] 图3为本发明长行程、高精度测量的光栅位移测量方法的流程图。

具体实施方式

[0022] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及具体实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,而不构成对本发明的限制。

[0023] 本发明长行程、高精度测量的光栅位移测量方法是基于长行程、高精度测量的光栅位移测量系统实现的。首先参考图1,本发明实施例提供的长行程、高精度测量的光栅位移测量系统,高刻线密度光栅1以图1的方式排列拼接,三个高刻线密度光栅1呈“品”字形布设形成测量光栅,位于上侧的所述高刻线密度光栅1的左端承载于位于左侧的所述高刻线密度光栅1的右端,右端承载于位于右侧的所述高刻线密度光栅1的左端,且每两个所述高刻线密度光栅1的重叠部分中,槽与槽相对应,脊与脊相对应。

[0024] 一个实施例中,所述三个高刻线密度光栅1是三个相同的高刻线密度光栅。

[0025] 参考图2,与上述三个呈“品”字形布设的高刻线密度光栅1相配合的读数头,包括分束棱镜2、90°折转镜3、偏振分束棱镜4、偏振分束棱镜5、四分之一波片6、7、8(还有一块未画出),平面反射镜9和10。双频激光器(未画出)发出的正交偏振的双频激光被分束棱镜2和

90°折转镜3分为平行的两束光,分别入射到偏振分光棱镜4和偏振分光棱镜5,在偏振分光棱镜5的透射方向和反射方向分别固定一块四分之一波片8和6;同样,在偏振分光镜4的透射方向和反射也分别固定一块四分之一波片7和一块四分之一波片(未画出),入射到偏振分光棱镜4和5的光线被偏振分光棱镜4和5分束,其中P光透射,S光反射,经过四分之一波片后P光变为右旋圆偏振光,S光变为左旋圆偏振光。右旋和左旋圆偏振光分别经过平面反射镜9和平面反射镜10反射后,以利特罗角入射到高刻线密度光栅上,当高刻线密度光栅移动时,携带位移信息的衍射光按原路返回,分别经过四分之一波片后,右旋圆偏振光变为S光,经过偏振分光棱镜4和5反射,左旋圆偏振光变为P光,经过偏振分光棱镜4和5透射,最终重合在偏振分光棱镜4和5的出射面,经两个接收器中的一个(未画出)接收。两个接收器交替工作。

[0026] 通过读数头与测量光栅的相对位置移动,来实现光栅位移的长行程测量。在本发明的一个实施例中,具体地,当读数头位于图2的位置时,偏振分光棱镜5射出的右旋和左旋圆偏振光分别经过平面反射镜9和平面反射镜10反射后,以利特罗角入射到高刻线密度光栅1上,两个接收器的其中一个接收携带位移信息原路返回的光线信息,此时,偏振分光棱镜4射出的右旋和左旋圆偏振光分别经过平面反射镜9和平面反射镜10反射后,并不能射到测量光栅上。当测量光栅沿光栅矢量方向移动时,偏振分光镜5射出的右旋和左旋圆偏振光分别经过平面反射镜9和平面反射镜10反射后,无法入射到测量光栅上,而此时偏振分光棱镜4射出的右旋和左旋圆偏振光分别经过平面反射镜9和平面反射镜10反射后,入射到测量光栅上,两个接收器的其中另一个接收携带位移信息原路返回的光线信息。

[0027] 请参阅图3,基于上述测量系统,本发明实施例提供的光栅位移测量方法,包括如下步骤:

[0028] 通过双频激光器(未画出)发出的正交偏振的双频激光被分束棱镜2和90°折转镜3分为平行的两束光;

[0029] 所述两束光分别入射到偏振分光棱镜4和偏振分光棱镜5,入射到两偏振分光棱镜4和5的光线被两偏振分光棱镜分束,其中P光透射,S光反射;

[0030] 在偏振分光棱镜5的透射方向和反射方向分别固定一块四分之一波片8和6;同样,在偏振分光镜4的透射方向和反射也分别固定一块四分之一波片7和一块四分之一波片(未画出),入射到偏振分光棱镜4和5的光线被偏振分光棱镜4和5分束,其中P光透射,S光反射,经过四分之一波片后P光变为右旋圆偏振光,S光变为左旋圆偏振光。

[0031] 所述右旋和左旋圆偏振光分别经过平面反射镜9和平面反射镜10反射后,以利特罗角入射到高刻线密度光栅上;

[0032] 测量光栅沿光栅矢量方向移动时,携带位移信息的衍射光按原路返回,分别经过四分之一波片后,右旋圆偏振光变为S光,经过偏振分光棱镜4和5反射,左旋圆偏振光变为P光,经过偏振分光棱镜4和5透射,最终重合在偏振分光棱镜4和5的出射面,经两个接收器(未画出)接收。两个接收器交替工作,实现长行程位移测量。

[0033] 下面详细说明在测量光栅移动过程中,一共有三种情况:

[0034] 1、经偏振分光棱镜4的测量光线没有入射到高刻线密度光栅1上,经偏振分光棱镜5的测量光线入射到高刻线密度光栅1上,这种情况下依靠经过偏振分光棱镜5的测量光线进行位移测量。

[0035] 2、经偏振分光棱镜5的测量光线没有入射到高刻线密度光栅1上,经偏振分光棱镜4的测量光线入射到高刻线密度光栅1上,这种情况下依靠经过偏振分光棱镜4的测量光线进行位移测量。

[0036] 3、经过偏振分光棱镜4和偏振分光棱镜5的测量光线共同入射到高刻线密度光栅1上,这时,两组测量光线都可以进行位移测量,而且通过后续数据处理系统(未画出)实现两组测量数据的相互衔接,保证其中一组测量光束不能用时,另一组测量光束可以继续测量。

[0037] 以上所述本发明的具体实施方式,并不构成对本发明保护范围的限定。任何根据本发明的技术构思所作出的各种其他相应的改变与变形,均应包含在本发明权利要求的保护范围内。

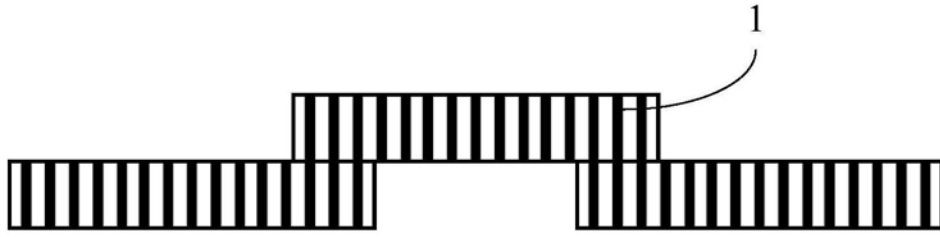


图1

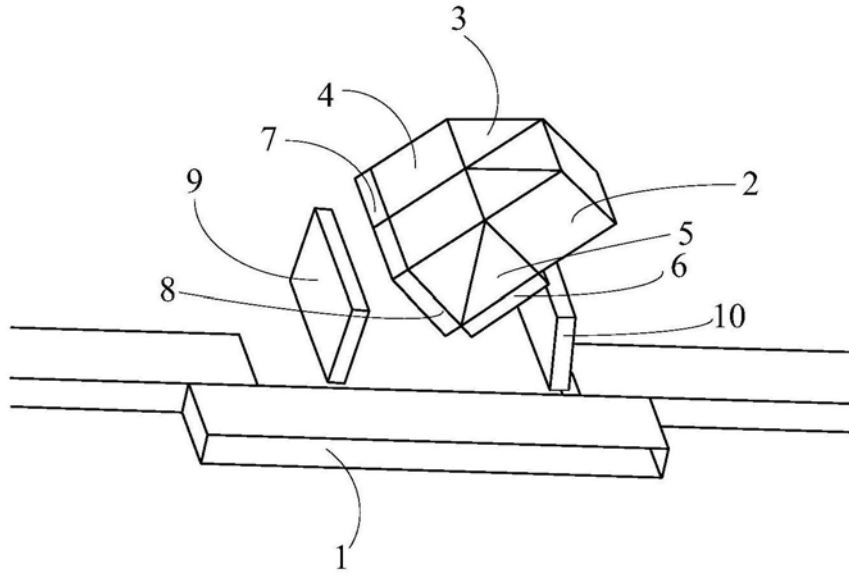


图2

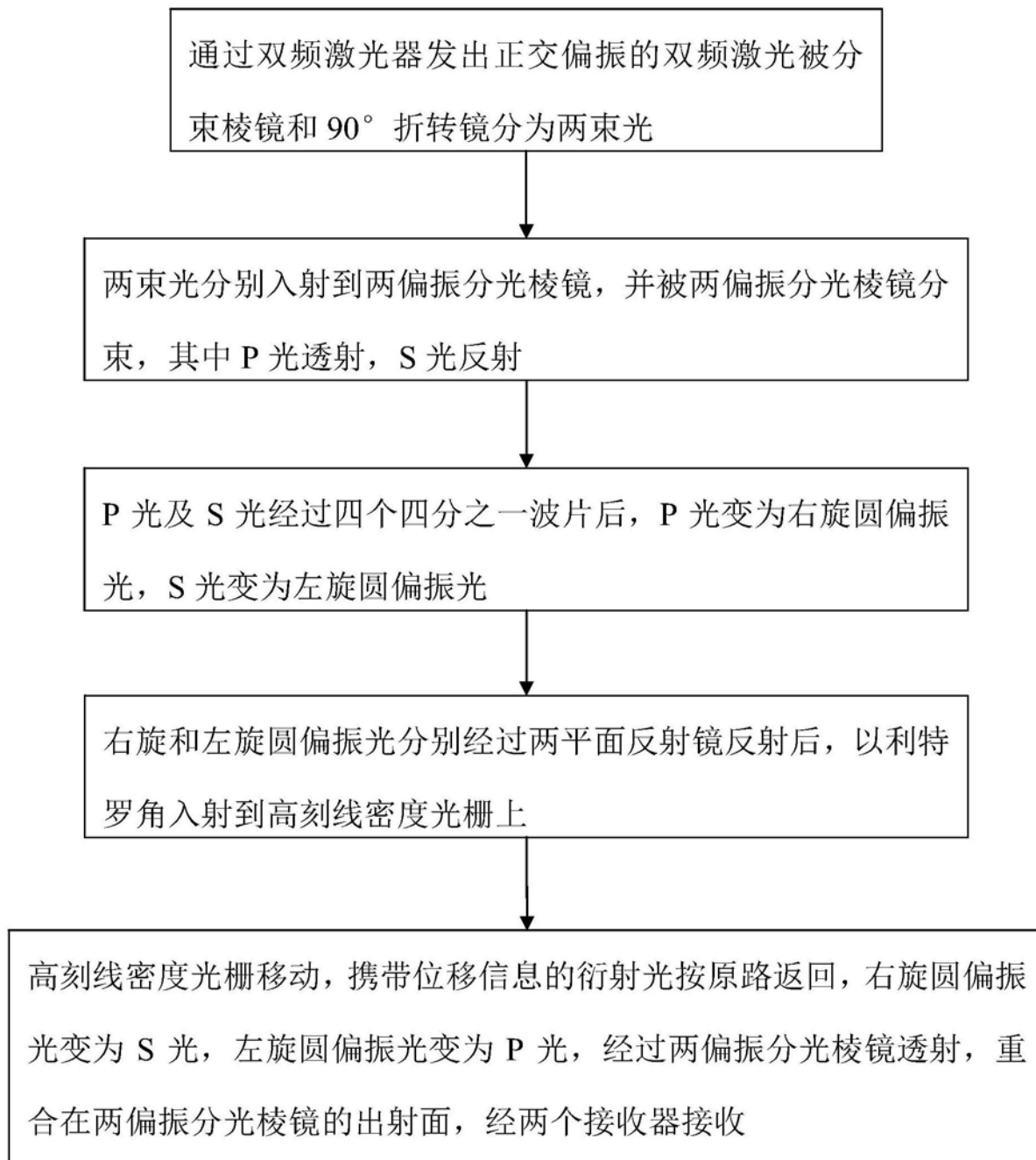


图3