



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104006739 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201410234521. 3

(22) 申请日 2014. 05. 29

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室

(72) 发明人 王君博 尉昊赞 赵世杰 李岩

(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务所 61215

代理人 贾玉健

(51) Int. Cl.

G01B 9/02(2006. 01)

G01B 11/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 103376055 A, 2013. 10. 30,

CN 1587896 A, 2005. 03. 02,

CN 102128588 A, 2011. 07. 20,

DE 3404963 A1, 1985. 08. 14,  
CH 569254 A5, 1975. 11. 14,  
CN 103376055 A, 2013. 10. 30,  
宁志高等. 外差干涉仪混频误差分析. 《中国激光》. 2005, 第 32 卷 (第 6 期),

审查员 李想

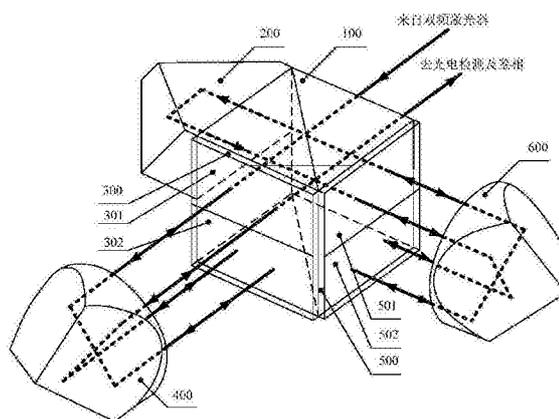
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种光学八细分线性干涉仪

(57) 摘要

一种光学八细分线性干涉仪,包括偏振分光棱镜、矩形角镜、第一四分之一波片、第二四分之一波片、第一角锥棱镜和第二角锥棱镜,其中,所述矩形角镜胶结于偏振分光棱镜入射面的一个侧面的上半部分,且矩形角镜的胶合面、偏振分光棱镜的入射面和分束面交于同一侧棱;所述第一四分之一波片胶结于偏振分光棱镜入射面的正对面;第二四分之一波片胶结于偏振分光棱镜入射面的另一个侧面;所述第一角锥棱镜作为测量臂角锥棱镜,与被测对象固结且其折射面对应第一四分之一波片,所述第二角锥棱镜作为参考臂角锥棱镜,且其折射面对应第二四分之一波片,本发明可提高现有线性干涉仪的测量分辨率,降低测量非线性。



1. 一种光学八细分线性干涉仪,其特征在于,包括偏振分光棱镜(100)、矩形角镜(200)、第一四分之一波片(300)、第二四分之一波片(500)、第一角锥棱镜(400)和第二角锥棱镜(600),其中,所述矩形角镜(200)胶结于偏振分光棱镜(100)入射面的一个侧面的上半部分,且矩形角镜(200)的胶合面、偏振分光棱镜(100)的入射面和分束面交于同一侧棱;所述第一四分之一波片(300)胶结于偏振分光棱镜(100)入射面的正对面;第二四分之一波片(500)胶结于偏振分光棱镜(100)入射面的另一个侧面;所述第一角锥棱镜(400)作为测量臂角锥棱镜,与被测对象固结且其折射面对应第一四分之一波片(300),所述第二角锥棱镜(600)作为参考臂角锥棱镜,且其折射面对应第二四分之一波片(500),所述第一四分之一波片(300)和第二四分之一波片(500)在矩形角镜(200)对应高度的出射面上镀增透膜,在其余位置镀高反膜。

2. 根据权利要求1所述的光学八细分线性干涉仪,其特征在于,所述第一四分之一波片(300)的上半部分(301)和第二四分之一波片(500)的上半部分(501)均镀增透膜,第一四分之一波片(300)的下半部分(302)和第二四分之一波片(500)的下半部分(502)均镀高反膜。

3. 根据权利要求1所述的光学八细分线性干涉仪,其特征在于,所述第一四分之一波片(300)和第二四分之一波片(500)为采用相同材料和工艺制造的真零级波片,并按玻璃、石英波片、玻璃的三明治结构胶合,具有相同的光学厚度,且波片光轴均沿对角线方向。

4. 根据权利要求1所述的光学八细分线性干涉仪,其特征在于,所述第一角锥棱镜(400)和第二角锥棱镜(600)采用相同玻璃制造,镀铝反射膜,且两镜顶点到各自镜底面的距离相同。

5. 根据权利要求1所述的光学八细分线性干涉仪,其特征在于,所述光学八细分线性干涉仪的入射光源来自双频激光器,包含垂直偏振输出频率 $f_1$ 和水平偏振输出频率 $f_2$ ,且两频率之差在几十MHz以内。

6. 根据权利要求1所述的光学八细分线性干涉仪,其特征在于,入射光束经偏振分光棱镜(100)分束后,参考光路四次往返于第二角锥棱镜(600),测量光路四次往返于第一角锥棱镜(400)。

7. 根据权利要求6所述的光学八细分线性干涉仪,其特征在于,参考光路和测量光路合束后输出光信号经光电检测与相位解算,计算出位移信息,所求位移量是光程变化量的 $1/8$ 。

## 一种光学八细分线性干涉仪

### 技术领域

[0001] 本发明属于精密位移测量技术领域,特别涉及一种光学八细分线性干涉仪。

### 背景技术

[0002] 双频激光干涉测量具有测量精度高、实时动态性能好、测量配置便捷、环境适应性强等优点,广泛应用于精密机床标定、大规模集成电路光刻机工件台和研磨台的精密定位等诸多领域。

[0003] 一个典型的双频激光干涉测量系统包含双频稳频激光头、干涉仪和测量电子模块。其中干涉仪通过偏振分束构成参考光路和测量光路,合束后的外差干涉信号经探测器检测,输入测量电子模块进行位移解算。在双频激光干涉测量系统中,位移的变化反映在光程的变化上,光程差变化一个波长,对应干涉信号相位变化 $360^\circ$ 。其位移测量分辨率由以下两方面决定:1)光程差和位移量的比值,由干涉仪的光学细分确定,通常,采用角镜为靶镜的线性干涉仪的光学细分为2;2) $360^\circ$ 内的相位细分,测量电子模块实现,目前可以达到512,1024甚至更高的细分。目前,商用的双频激光干涉系统可以实现0.3nm甚至更高的位移测量分辨率。但是,由于测量光学其中的缺陷,导致被测信号中叠加有一个周期性的相位误差,使得测量相位信息与被测位移之间存在非线性关系,直接限制了双频干涉仪测量精度的提高。研究表明,这种非线性误差不具有累加性,以一个光程差为周期变化,商用线性干涉仪该值可达4nm。在诸多减小非线性误差的方法中,合理设计干涉仪光路,提高光程差和位移量的比值关系即提高光学细分数是最为直接和有效的提升方法。

### 发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种光学八细分线性干涉仪,可提高现有线性干涉仪的测量分辨率,降低测量非线性。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0006] 一种光学八细分线性干涉仪,包括偏振分光棱镜100、矩形角镜200、第一四分之一波片300、第二四分之一波片500、第一角锥棱镜400和第二角锥棱镜600,其中,所述矩形角镜200胶结于偏振分光棱镜100入射面的一个侧面的上半部分,且矩形角镜200的胶合面、偏振分光棱镜100的入射面和分束面交于同一侧棱;所述第一四分之一波片300胶结于偏振分光棱镜100入射面的正对面;第二四分之一波片500胶结于偏振分光棱镜100入射面的另一个侧面;所述第一角锥棱镜400作为测量臂角锥棱镜,与被测对象固结且其折射面对应第一四分之一波片300,所述第二角锥棱镜600作为参考臂角锥棱镜,且其折射面对应第二四分之一波片500。

[0007] 所述第一四分之一波片300和第二四分之一波片500在出射面分区域镀膜,其中与矩形角镜200对应高度的出射面上镀增透膜,在其余位置镀高反膜。

[0008] 所述第一四分之一波片300的上半部分301和第二四分之一波片500的上半部分501均镀增透膜,第一四分之一波片300的下半部分302和第二四分之一波片500的下半部分

502均镀高反膜。

[0009] 所述第一四分之一波片300和第二四分之一波片500为采用相同材料和工艺制造的真零级波片,并按玻璃、石英波片、玻璃的三明治结构胶合,具有相同的光学厚度,且波片光轴均沿对角线方向。

[0010] 所述第一角锥棱镜400和第二角锥棱镜600用于参考臂和测量臂的回光,采用相同玻璃制造,镀铝反射膜,且两镜顶点到各自镜底面的距离相同。

[0011] 所述光学八细分线性干涉仪的入射光源来自双频激光器,包含垂直偏振输出频率 $f_1$ 和水平偏振输出频率 $f_2$ ,且两频率之差在几十MHz以内。

[0012] 入射光束经偏振分光棱镜100分束后,参考光路四次往返于第二角锥棱镜600,测量光路四次往返于第一角锥棱镜400。

[0013] 参考光路和测量光路合束后输出光信号经光电检测与相位解算,计算出位移信息,所求位移量是光程变化量的1/8,即具有光学八细分功能。

[0014] 与现有技术相比,本发明光学八细分线性干涉仪中,回光光束具备普通线性干涉仪中不受测量角锥棱镜绕顶点的偏摆、俯仰和滚转误差影响的特性,此外,本发明中回光光束还不受角镜整体上下移动误差的影响,具有比普通线性干涉仪更好的回光稳定性。

## 附图说明

[0015] 图1是本发明结构示意图。

## 具体实施方式

[0016] 下面结合附图和实施例详细说明本发明的实施方式。

[0017] 以下结合附图1对本发明作进一步的详细描述。本发明所提出的光学八细分线性干涉仪由偏振分光棱镜100、矩形角镜200、第一四分之一波片300、第二四分之一波片500、第一角锥棱镜400和第二角锥棱镜600构成。其中偏振分光棱镜100、矩形角镜200、第一四分之一波片300和第二四分之一波片500通过胶合的方法集成为偏振分光棱镜组件,非常有利于测量现场的安装和调节。

[0018] 偏振分光棱镜组件在胶合时,先将矩形角镜200胶结于偏振分光棱镜100入射面的一个侧面的上半部分,使得矩形角镜200的胶合面、偏振分光棱镜100入射面和分束面汇于同一侧棱。然后将第一四分之一波片300胶结于偏振分光棱镜100入射面的正对面;将第二四分之一波片500胶结于偏振分光棱镜100入射面的另一个侧面,即矩形角镜200的正对面。其中第一四分之一波片300的上半部分301和第二四分之一波片500的上半部分501镀增透膜;第一四分之一波片300的下半部分302和第二四分之一波片500的下半部分502镀高反膜。所用两片四分之一波片为采用相同材料和工艺制造的真零级波片,并按玻璃、石英波片、玻璃的三明治结构胶合,具有相同的光学厚度,且波片光轴均沿对角线方向。

[0019] 在测量应用中,第一角锥棱镜400作为测量臂角锥棱镜,即靶镜,与被测对象固结,其折射面对应第一四分之一波片300。第二角锥棱镜600作为参考臂角锥棱镜,与偏振分光棱镜组件固定,且其折射面对应第二四分之一波片500。所选用第一角锥棱镜400和第二角锥棱镜600采用相同材料和工艺制作,三直角面镀铝反射膜,减小角镜引入的非线性,且两角镜顶点到角镜地面的距离相同。

[0020] 图1标示了应用本发明光学八细分线性干涉仪时的完整光路。来自双频激光器的输入光束经偏振分光棱镜100分束。一方面,水平偏振的输出频率 $f_2$ 在分束面透过。之后历经第一四分之一波片的上半部分301透射,第一角锥棱镜400折返,第一四分之一波片的下半部分302反射,第一角锥棱镜400二次折返,第一四分之一波片的上半部分301二次透射,偏振态变为垂直偏振。该垂直偏振光经偏振分光棱镜100分束面反射、矩形角镜200折返、偏振分光棱镜100分束面再次反射后,又一次历经第一四分之一波片的上半部分301透射,第一角锥棱镜400折返,第一四分之一波片的下半部分302反射,第一角锥棱镜400二次折返,第一四分之一波片的上半部分301二次透射,偏振态重新变为水平偏振,后透过偏振分光棱镜100,形成测量信号。另一方面,垂直偏振的输出频率 $f_1$ 在分束面反射。之后历经第二四分之一波片的上半部分501透射,第二角锥棱镜600折返,第二四分之一波片的下半部分502反射,第二角锥棱镜600二次折返,第二四分之一波片的上半部分501二次透射,偏振态变为水平偏振。该水平偏振光经偏振分光棱镜100分束面透射、矩形角镜200折返、偏振分光棱镜100分束面再次透射后,又一次历经第二四分之一波片的上半部分501透射,第二角锥棱镜600折返,第二四分之一波片的下半部分502反射,第二角锥棱镜600二次折返,第二四分之一波片的上半部分501二次透射,偏振态重新变为垂直偏振,后在偏振分光棱镜100分束面反射,形成参考信号并与测量信号重新合束。合束后的信号经光电检测和相位解算,即可以求出位移信息。

[0021] 从图1中可以看出,本干涉仪中光束四次往返于偏振分光棱镜组件和角锥棱镜之间,当位移量发生 $\Delta x$ 的变化时,光程变化量为 $8 \times \Delta x$ ,即干涉仪具有光学八细分能力。同时,本干涉仪参考臂和测量臂所经过玻璃的光学厚度相同,可大大减小材料热漂移的影响。此外,普通线性干涉仪对测量臂角锥棱镜绕角锥顶点的偏摆、俯仰和滚转不敏感,对角锥棱镜上下、左右的平移敏感,而本发明在保留普通线性干涉仪对测量臂角锥棱镜绕角锥顶点偏摆、俯仰和滚转不敏感的基础上,还对上下平移不敏感。

[0022] 综上所述,本发明光学八细分线性干涉仪非常适用于测量分辨率要求高、被测对象运动导轨运动性能受限的线性测量应用中。

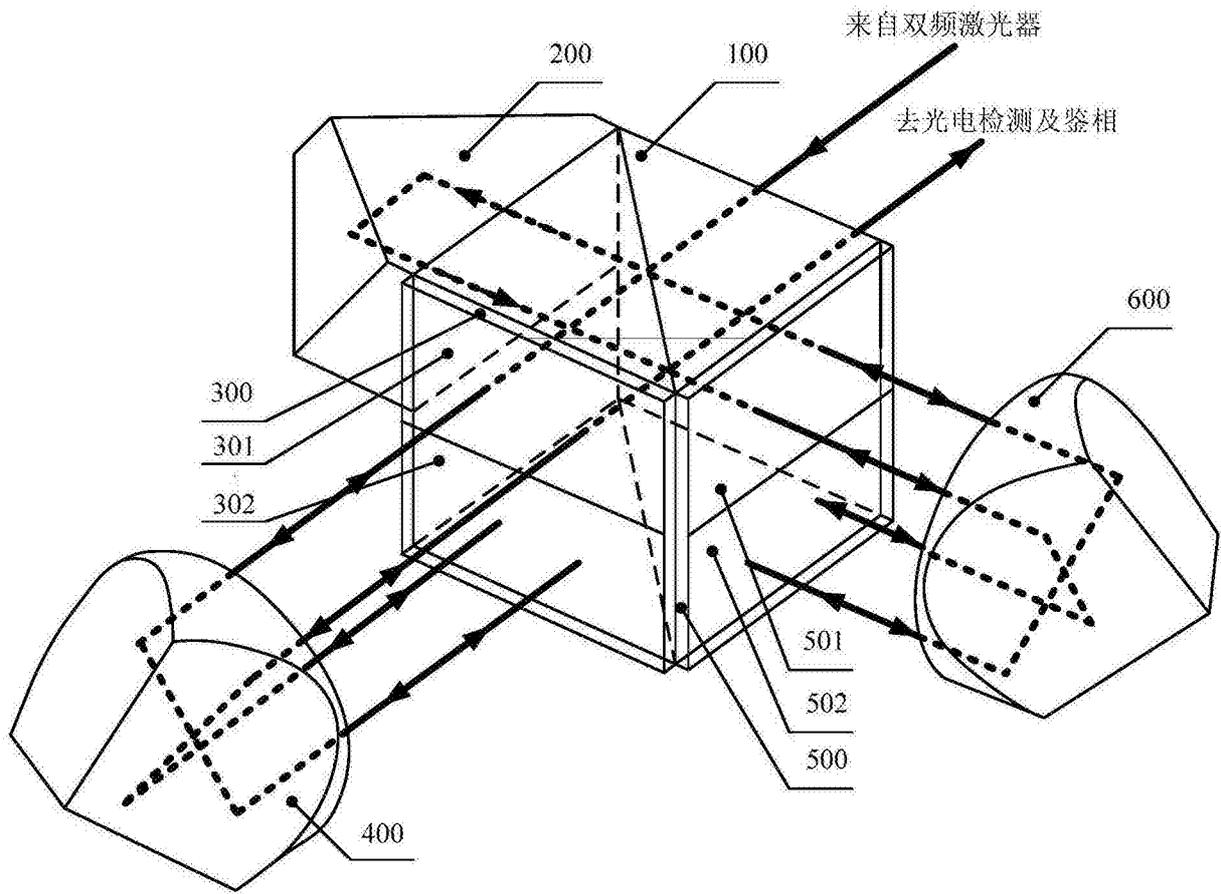


图1