



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111609819 B

(45) 授权公告日 2022.03.25

(21) 申请号 202010276479.7

CN 105823757 A, 2016.08.03

(22) 申请日 2020.04.10

CN 103293126 A, 2013.09.11

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 1908577 A, 2007.02.07

申请公布号 CN 111609819 A

CN 201210045 Y, 2009.03.18

(43) 申请公布日 2020.09.01

CN 102636250 A, 2012.08.15

(73) 专利权人 桂林电子科技大学

CN 110325816 A, 2019.10.11

地址 541004 广西壮族自治区桂林市桂林  
金鸡路1号

EP 2166314 A8, 2011.09.14

H.A. Rahman et al. Fiber optic displacement sensor for imaging of tooth surface roughness.《Measurement》.2012, 全文.

(72) 发明人 苑立波 权志强

(51) Int. Cl.

G01B 11/30 (2006.01)

杨军等. 光纤Mach-Zehnder干涉仪臂长差的精确测量.《哈尔滨工程大学学报》.2007, 第28卷(第9期), 全文.

(56) 对比文件

US 4818071 A, 1989.04.04

CN 105352441 A, 2016.02.24

CN 101846491 A, 2010.09.29

审查员 罗裕

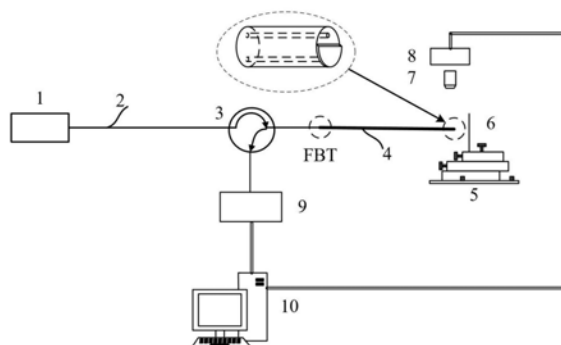
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种超光滑表面粗糙度测量系统

(57) 摘要

本发明提供的是一种超光滑表面粗糙度测量系统。其特征是：它由激光光源1、单模光纤2、环形器3、双芯光纤4、高精度位移控制模块5、待测样品6、物镜7、电荷耦合器件(CCD)8、光电探测器9和计算机10组成。其中单模光纤2和双芯光纤4经过熔融拉锥(FBT)后可将光耦合进入双芯光纤4。双芯光纤4的末端端面镀有反射膜4-1，反射膜4-1将双芯光纤4其中一路光信号重新耦合至光纤中作为参考光；另一路光垂直入射在待测样品6表面发生镜面反射和漫反射。其中携带待测样品6表面粗糙度信息的镜面反射光将重新耦合进入光纤中作为信号光。参考光和信号光在FBT处发生干涉，干涉信号通过单模光纤2经环形器3输出至计算机10，得到待测样品6的表面粗糙度。



1. 一种超光滑表面粗糙度测量系统,其特征是:它由激光光源、单模光纤、环形器、双芯光纤、高精度位移控制模块、待测样品、物镜、CCD、光电探测器和计算机组成,其中激光光源输出的激光经由单模光纤传输至环形器的1端口,由环形器的2端口输出至另一根单模光纤,与环形器的2端口相连的另一根单模光纤通过熔融拉锥(FBT)将另一根单模光纤中的光信号耦合进入双芯光纤的两个纤芯,双芯光纤的末端端面镀有反射膜,反射膜将双芯光纤其中一路光信号重新耦合至光纤中作为参考光;通过物镜和CCD在计算机观察双芯光纤和待测样品的位置关系图像,利用高精度位移控制模块控制待测样品使另一路光信号垂直入射在待测样品表面发生镜面反射和漫反射,其中携带待测样品表面粗糙度信息的镜面反射光将重新耦合进入光纤中作为信号光,信号光与参考光在熔融拉锥(FBT)处发生干涉,干涉信号通过另一根单模光纤经环形器输出,由光电探测器探测其强度,最终被计算机采集,经过算法处理得到待测样品的表面粗糙度以及表面形貌图。

2. 根据权利要求1所述的一种超光滑表面粗糙度测量系统,其特征是:所述单模光纤与双芯光纤耦合方法采用双芯光纤耦合器替代熔融拉锥(FBT)。

3. 根据权利要求1或2所述的一种超光滑表面粗糙度测量系统,其特征是:所述单模光纤与双芯光纤耦合之后,双芯光纤两个纤芯的分光比为1:1左右。

4. 根据权利要求1所述的一种超光滑表面粗糙度测量系统。其特征是:所述双芯光纤末端端面镀有反射膜,反射膜可以是金、银反射系数较高的金属膜。

5. 根据权利要求1或4所述的一种超光滑表面粗糙度测量系统,其特征是:所述反射膜仅覆盖双芯光纤末端端面部分区域,保证双芯光纤其中一路光信号作为参考光重新耦合进入双芯光纤,另一路光信号作为信号光探测待测样品表面粗糙度。

6. 根据权利要求1所述的一种超光滑表面粗糙度测量系统,其特征是:所述的高精度位移控制模块包括高精度位移台以及位移驱动器,其作用是调节待测样品表面与双芯光纤出射光垂直以及移动待测样品表面得到不同测量点的粗糙度信息。

## 一种超光滑表面粗糙度测量系统

### (一) 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种超光滑表面粗糙度测量系统,属于光学传感领域,具体涉及的是光学元件表面检测、精密加工领域。

### (二) 背景技术

[0002] 表面粗糙度是描述表面微观形貌最常用的参数之一,是表面质量的直接反映,它在很大程度上影响和决定着零部件的使用性能,这种影响作用在机械、电子、生物医学和光学等诸多领域都有重要体现。表面粗糙度的测量分为接触式测量以及非接触式测量,由于非接触式测量具有无损、全场、实时在线测量等优点而备受关注,成为粗糙度测量的主要方法。

[0003] 申请号为CN201610837588.5的专利中提出了一种基于激光散射法的表面粗糙度在线测量系统及方法,方案中将激光束以设定的角度斜入射到被测物体表面,收集激光束反射方向上且高度与激光光源高度一致的采集屏上的散射图像,提取可以表征粗糙度的特征参数,计算出粗糙度值,实现了在线测量。但是其测量的表面粗糙度范围为Ra:0.025~0.8 $\mu$ m无法满足超光滑表面(Ra<5nm)粗糙度测量的需要。

[0004] 申请号为CN94107350.5的专利中黄平等人提出了超精表面粗糙度非接触式光干涉测量法,被测件表面与一个半透半反膜形成一夹角,组成被测系统,用光线通过半透半反膜射向被测件表面,该光线经半透半反膜以及被测表面反射后形成相干光,通过聚光系统得到干涉图像,将所得干涉图像输入到计算机中求出图像中的最大光强和最小光强以及被测点的光强,根据公式得出表面粗糙度,分辨率较高,垂直分辨率可达纳米级,水平分辨率可达微米量级。但是由于测量系统中含有大尺寸的空间元器件,集成度差、抗干扰能力弱。

[0005] 申请号为CN201710986296.2的专利提出了复合材料密封件表面粗糙度检测用光纤型零差干涉系统。利用光纤传输信号光和参考光,降低了系统的复杂程度以及调试难度,但是所述系统中需要使用光纤分束器、光纤隔离器、光纤环形器等光学器件,系统成本高。此外,所述系统中信号光与参考光依旧独立的由两根单模光纤传输,集成度不高。

[0006] 本发明在以上背景之下,提出一种超光滑表面粗糙度测量系统。一方面其具备高精度粗糙度测量的优点,能够满足超光滑表面粗糙度测量的需要;另一方面,其采用双芯光纤集成了信号臂与参考臂,具备高度集成化的特点,因此极大地降低了测量过程中的调试难度,可广泛用于超光滑表面粗糙度测量。

### (三) 发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种超光滑表面粗糙度测量系统。

[0008] 本发明的目的是这样实现的:

[0009] 一种超光滑表面粗糙度测量系统,它由激光光源1、单模光纤2、环形器3、双芯光纤4、高精度位移控制模块5、待测样品6、物镜7、CCD 8、光电探测器9和计算机10组成。其中单模光纤2和双芯光纤4经过FBT后可将单模光纤2中的光耦合进入双芯光纤4的两个纤芯。双

芯光纤4的末端端面镀有反射膜4-1,反射膜4-1将双芯光纤4其中一路光信号重新耦合至光纤中作为参考光;通过物镜7以及CCD 8在计算机10上得到光纤与待测平面6的位置关系图像,利用高精度位移模块5控制另一路光垂直入射在待测样品6表面发生镜面反射和漫反射。其中携带待测样品6表面粗糙度信息的镜面反射光将重新耦合进入光纤中作为信号光。参考光和信号光在单模光纤2与双芯光纤4的FBT处发生干涉,干涉信号通过单模光纤经环形器3输出,由光电探测器9探测其强度,最终被计算机10采集,经过算法处理得到待测样品6的表面粗糙度以及表面形貌图。

[0010] 所述单模光纤2与双芯光纤4耦合方法可以是FBT,也可以是其它耦合方法,例如通过双芯光纤连接器将单模光纤2中传输的光耦合至双芯光纤4中。同时,双芯光纤与单模光纤耦合之后,双芯光纤两个纤芯的分光比应为1:1左右,减少信号光与参考光的光强强度不一致对干涉信号的影响。

[0011] 所述双芯光纤4末端端面镀有反射膜4-1,反射膜4-1仅会将双芯光纤4其中一个纤芯的光反射并重新耦合进入此纤芯中,作为参考光和携带有待测表面粗糙度信息的信号光发生干涉。反射膜可以是金、银等反射系数较高的金属膜,也可以是其它材料。

[0012] 所述的高精度位移控制模块5包括高精度位移台以及位移驱动器。其作用是调节待测平面6与双芯光纤出射光垂直以及移动待测平面6得到不同测量点的粗糙度信息。

[0013] 所述的激光光源的工作波长根据待测样品6的粗糙度级别进行调整,对于超光滑表面粗糙度选用短波长进行探测。

[0014] 所述干涉信号经过光电探测器9放大后被计算机10收集,光电探测器9应该具有较好的抗干扰能力以及较高的精度来保证超光滑表面粗糙度测量的精度。

[0015] 相比于现有技术,本发明的突出优点在于:

[0016] (1) 高度化集成和较低的调试难度:本发明采用双芯光纤作为信号光以及参考光的传输途径,能将信号臂与参考臂集成到几百微米光纤之内,极大的减小了测量系统的空间体积和调试难度,适用于快速检测样品的表面粗糙度。

[0017] (2) 在线反映样品表面形貌:本发明使用可调可控得高精度位移控制模块,可以快速高精度扫描样品表面,得到不同测量点的粗糙度信息,经过计算机处理后实时得到样品表面形貌细节。

[0018] (3) 满足超光滑表面的测量

#### (四)附图说明

[0019] 图1是一种超光滑表面粗糙度测量系统原理示图。

[0020] 图2单模光纤与双芯光纤FBT示意图。

[0021] 图3是双芯光纤末端结构示意图。

#### (五)具体实施方式

[0022] 下面以一种超光滑表面粗糙度测量系统为例,对本发明进行具体的说明。

[0023] 图1是一种超光滑表面粗糙度测量系统示意图,它由激光光源1、单模光纤2、环形器3、双芯光纤4、高精度位移控制模块5、待测样品6、物镜7、CCD 8、光电探测器9和计算机10组成。其中激光光源1的工作波长可以根据待测样品的粗糙度等级合理选取,例如对于粗糙

度很小 ( $R_a < 5\text{nm}$ ) 的超光滑平面, 采取短波长更为合适。激光光源1输出的激光经由单模光纤2传输至环形器3的1端口, 由环形器3的2端口输出至另一根单模光纤2。与环形器3的2端口相连的单模光纤2通过FBT与双芯光纤4相连, 将激光光源1的出射光耦合进入双芯光纤4的两个纤芯中。所属双芯光纤4的末端端面镀有反射膜4-1, 作为优选, 本发明采用金膜。金膜使双芯光纤4的其中一个纤芯端面被覆盖, 将双芯光纤4其中一个纤芯的光重新反射耦合进入此纤芯中, 构成参考臂; 双芯光纤4的另一个纤芯所传输的光照射在待测样品6表面。通过物镜7以及CCD 8可以在计算机10观察到双芯光纤4和待测样品6的位置关系图像, 利用高精度位移控制模块5微调待测样品6使得纤芯出射光垂直入射在样品表面。样品表面发生镜面反射与漫反射, 其中携带表面粗糙度信息的镜面反射光将作为信号光反射耦合进入纤芯中。信号光和参考光在FBT处发生干涉, 干涉信号经过单模光纤2传输至环形器3的3端口被光电探测器9采集到, 通过算法处理在计算机10上得到待测样品该测量点处的表面粗糙度值。通过控制高精度位移控制模块5移动待测样品6, 实现对样品平面的扫描, 最终实现对样品表面形貌图的绘制。

[0024] 在说明书和附图中, 已经公开了本专利的典型实施方式。本专利不限于这些实例性实施方式。具体术语仅作为通用性和说明性意义, 并非为了限制本专利受保护的围。

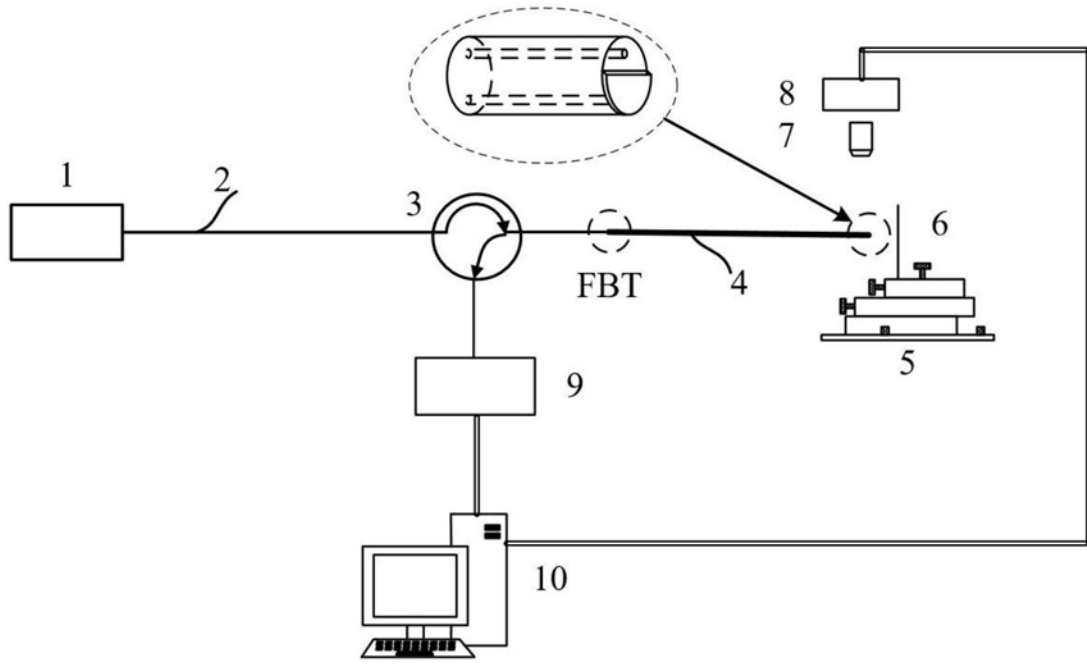


图1

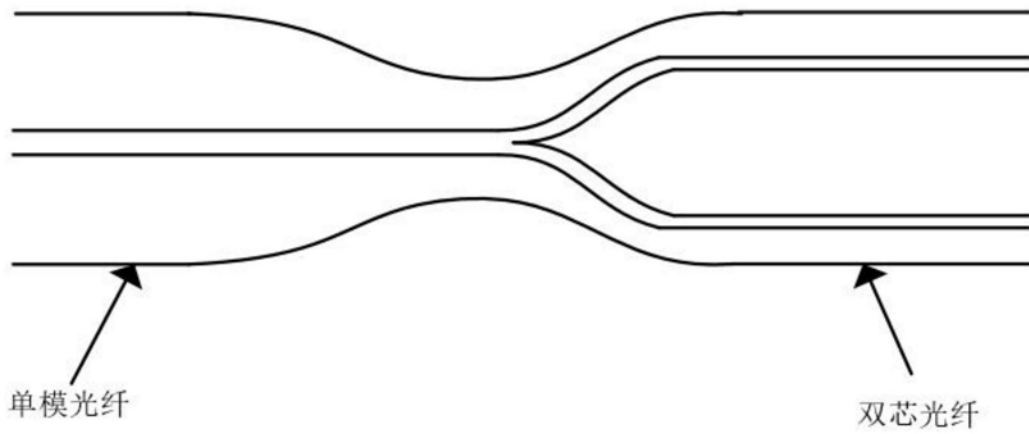


图2

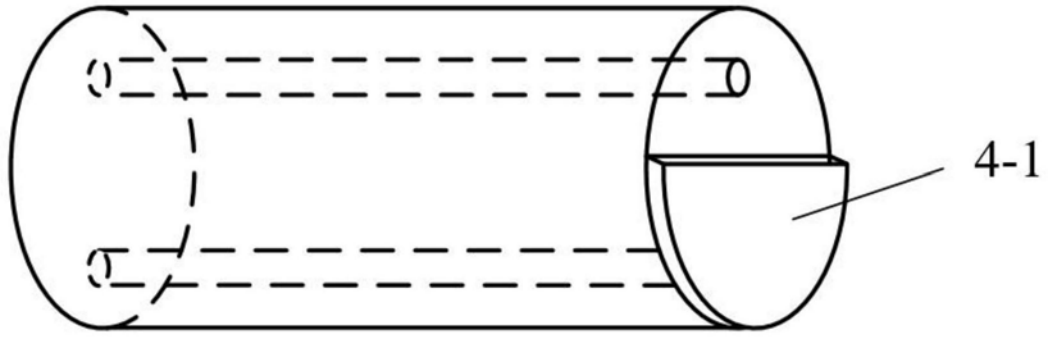


图3