



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105157579 B

(45)授权公告日 2017.09.01

(21)申请号 201510445700.6

(22)申请日 2015.07.27

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105157579 A

(43)申请公布日 2015.12.16

(73)专利权人 南开大学
地址 300071 天津市卫津路94号南开大学
物理科学学院

(72)发明人 兀伟 任梦昕 皮彪 蔡卫
张心正 许京军

(51)Int.Cl.
G01B 11/02(2006.01)
B81B 7/00(2006.01)
B81C 1/00(2006.01)

审查员 张彩云

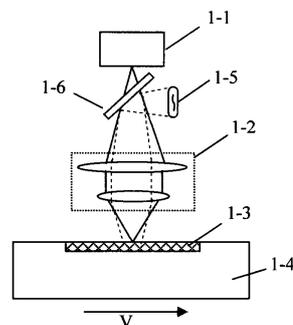
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种微结构阵列光学位移传感器的制造方法及其用于检测微小位移的方法

(57)摘要

本发明公开了一种微结构阵列光学位移传感器的制造方法及其用于检测微小位移的方法,所述方法包括:首先在基底材料表面进行镀膜,利用微纳米加工方法在基底材料上制备具有光谱特征峰的微结构阵列;将具有微结构阵列的基底固定于被测样品表面并利用光谱仪对样品表面的微结构进行光谱测量;移动位移传感器,记录光谱特征峰移动位置并计算位移量。所述方法制造的微结构阵列光学位移传感器可以测量微小区域内位移变化量,且具有测量灵敏度高、检测速度快的优势。



1. 一种微结构阵列光学位移传感器的制造方法,通过以下步骤实现:

- (1) 选择适合的基底材料,并对基底材料进行镀膜处理;
- (2) 设计待加工微结构图形,并在镀膜后的基底材料表面进行微结构加工;
- (3) 将加工后的微结构传感器与被测物固定;
- (4) 利用光谱仪测量传感器位移前后以及过程中光谱特征峰位的变化;
- (5) 利用光谱的特征位置变化计算被测物体的位移量;

其中,步骤(1)所述的基底材料需要保证表面光滑平整,对基底材料进行镀膜的材质包括可以产生光学效应的金、银、铝中之任一种材质,镀膜的工艺包括热蒸镀、磁控溅射,镀膜的厚度为10nm~100nm;

步骤(2)设计加工结构图形包括可以产生特征光谱的矩形、正方形、圆形微结构阵列,微结构阵列周期为100nm~10 μ m,结构总体尺寸大于5 μ m;微结构加工方式为激光加工;

步骤(3)中将加工后样品固定于待测物体表面,使二者不产生相对移动;步骤(4)中分别测量物体位移前后以及位移过程中的光谱,获得光谱的特征曲线;

所述微结构阵列光学位移传感器包括光谱探测器(1-1),光学成像系统(1-2),微结构加工区域(1-3),待测样品(1-4),光谱仪光源(1-5),半反半透镜(1-6),其中样品移动方向为V;由光谱仪光源(1-5)发出的光线经过半反半透镜后再由光学成像系统(1-2)经行聚焦后照射在待测样品(1-4)表面,其光学信号再经由光学成像系统(1-2)返回并最终由光谱探测器(1-1)获得特征信号。

2. 一种使用如权利要求1所述的基于微结构阵列的光学位移传感器制造方法制造的传感器用于检测微小位移的方法,其特征在于:

- (1) 将加工后的微结构传感器与被测物固定;
- (2) 利用光谱仪测量传感器位移前后以及过程中光谱特征峰位的变化;
- (3) 利用光谱的特征位置变化计算被测物体的位移量。

3. 根据权利要求2所述的用于检测微小位移的方法,其特征在于步骤(2)中光谱仪的波长大于400nm。

4. 根据权利要求2所述的用于检测微小位移的方法,其特征在于步骤(3)中光谱仪采用透射式或反射式测量方式。

一种微结构阵列光学位移传感器的制造方法及其用于检测微小位移的方法

技术领域

[0001] 本发明属于测量技术领域,具体属于微小位移的检测技术,其涉及一种微结构阵列光学位移传感器的制造方法及使用该方法制造的传感器用于检测微小位移的方法。

背景技术

[0002] 传统的位移传感器是将光学的信号转化为位移变化信号。例如中国专利申请第2011101915004号公开了一种光学位移传感器。传感器采用正、负两块等腰直角三角型石英晶体棱镜,将位移变化转化为旋光角度的变化,进而通过检测接收光强得到位移信息。该传感器包括顺序排列的激光器,第一偏振分束棱镜,位移传感元件,第二偏振分束棱镜,第一光电探测器,第二光电探测器,除法运算器;其中传感元件由上下两块形状、性能完全相同的旋光率分别为正、负的等腰直角三角型第一石英晶体棱镜和第二石英晶体棱镜组成,第一石英晶体棱镜和第二石英晶体棱镜相对的两底面用光学胶胶合成为一整体,第一石英晶体棱镜和第二石英晶体棱镜的光轴方向垂直于其相对的两底面。但是上述方法并结构复杂,此外复杂的结构设计进一步影响了装配精度,从而降低测量精度。

发明内容

[0003] 为了解决上述技术问题,本发明提供一种微结构阵列光学位移传感器的制造方法及使用该方法制造的传感器用于检测微小位移的方法,具体包括传感器制造和微小位移检测两部分技术。

[0004] 依据本发明的技术方案,一种基于微结构阵列的光学位移传感器的制造方法,其包括以下步骤:

[0005] (1) 选择适合的基底材料,并对基底材料进行镀膜处理;

[0006] (2) 设计待加工微结构图形,并在镀膜后的基底材料表面进行微结构加工;

[0007] (3) 将加工后的微结构传感器与被测物固定;

[0008] (4) 利用光谱仪测量传感器位移前后以及过程中光谱特征峰位的变化;

[0009] (5) 利用光谱的特征位置变化计算被测物体的位移量。

[0010] 其中步骤(1)所述的基底材料需要保证表面光滑。步骤(1)对基底材料进行镀膜的材质包括金、银、铝等可以产生光学效应的材料。步骤(1)中镀膜方法可以是热蒸镀或磁控溅射等,镀膜的厚度为10nm~100nm。

[0011] 进一步地,步骤(2)设计加工结构图形包括矩形、正方形、圆形以及各种多边形等可以产生特征光谱的微结构阵列,微结构周期100nm~10 μ m,结构总体尺寸大于5 μ m。步骤(2)微结构加工方式包括电火花加工、激光加工、高能粒子束加工和传统机械加工。

[0012] 更进一步地,检测波长大于400nm,光谱仪测量方式可以为透射式或反射式。

[0013] 依据本发明的第二方面,提供一种使用上述基于微结构阵列的光学位移传感器制造方法制造的传感器用于检测微小位移的方法,其包括下述步骤:

- [0014] (1) 将加工后的微结构传感器与被测物固定；
- [0015] (2) 利用光谱仪测量传感器位移前后以及过程中光谱特征峰位的变化；
- [0016] (3) 利用光谱的特征位置变化计算被测物体的位移量。
- [0017] 本发明的有益效果在于,本发明提出的检测方法能显著提高微小位移的检测灵敏度和精度。本发明相对于现有技术而言,具有如下特点:(1) 结构简单(2) 可精确测量微小位移(3) 反应灵敏度高(4) 应用领域广等。

附图说明

- [0018] 图1为使用本发明的位移传感器进行微小位移检测的示意图；
- [0019] 图2为第一实施例的材料镀膜结构示意图；
- [0020] 图3为第一实施例的位移传感器的微结构示意图；
- [0021] 图4为使用第一实施例的位移传感器进行微小位移测量结果示意图；
- [0022] 图5为第二实施例的位移传感器的微结构示意图；
- [0023] 图6为使用第二实施例的位移传感器进行微小位移测量结果示意图；

具体实施方式

[0024] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。另外地,不应当将本发明的保护范围仅仅限制至下述具体结构或部件或具体参数。

[0025] 本发明依据的理论基础在于,当金属薄膜材料表面的微结构发生改变时,其光谱特征峰的位置会发生改变,通过测量在不同区域微结构特征峰的变化,即可以确定样品的位移量,从而可以构成一种新型的微结构光学位移传感器。

[0026] 基于上述理论基础,本发明公开了一种微结构阵列光学位移传感器的制造方法,首先在基底材料表面进行镀膜,利用微纳米加工方法在基底材料上制备具有光谱特征峰的周期微结构阵列;将制备好的器件固定在被测样品表面,利用光谱仪测量样品表面基底微结构在位移前后及位移过程中的光谱,最终利用光谱特征峰的位置变化计算样品的位移量或位移变化量。本发明的微结构阵列光学位移传感器可以测量微小区域内位移量,且具有测量灵敏度高、检测速度快的优势。

[0027] 依据本发明的基于微结构阵列光学位移传感器的制造方法,其通过以下步骤实现:

- [0028] (1) 选择适合的基底材料,并对基底材料进行镀膜处理;
- [0029] (2) 设计待加工微结构图形,并在镀膜后的基底材料表面进行微结构加工;
- [0030] (3) 将加工后的微结构传感器固定在样品表面;
- [0031] (4) 测量传感器位移前后以及位移过程中的光谱,获得光谱的特征曲线;
- [0032] (5) 利用光谱的特征曲线变化计算被测物体的位移量。

[0033] 其中,步骤(1)所述的基底材料需要保证表面光滑,若用作透射观察还需保证透光性;对基底材料进行镀膜的材质包括可以产生光学效应的金、银、铝;镀膜的工艺包括热蒸

镀、磁控溅射,镀膜的厚度 $10\text{nm}\sim 100\text{nm}$ 。步骤(2)设计加工结构图形包括可以产生特征光谱的矩形、正方形、圆形以及各种多边形微结构阵列,微结构周期 $100\text{nm}\sim 10\mu\text{m}$,结构总体尺寸大于 $5\mu\text{m}$;微结构加工方式包括激光加工、高能粒子束加工、电火花加工以及机械加工。步骤(4)中所使用的测量设备为光谱仪,波长大于 400nm ,测量方式可以为透射式或反射式。

[0034] 更近一步地,本发明所提供的微结构阵列光学位移传感器的制造方法也可以包括以下步骤:步骤(一)制备用于加工微结构的基底材料;步骤(二)在基底材料上制备微结构阵列;步骤(三)将加工好的基底材料固定于被测样品表面并利用光谱仪检测位移量;

[0035] 其中,步骤(一)包括:

[0036] 步骤11,选择适合加工的基底材料,基底材料选择光滑平整材料,包括已抛光的石英玻璃、单晶硅片等;将其制备成宽度大于 1mm ,长依据测量长度而定的矩形;

[0037] 步骤12,对材料进行镀膜,镀膜的靶材包括可以产生光学效应的金、银、铝,镀膜的工艺包括热蒸镀、磁控溅射,镀膜的厚度 $10\text{nm}\sim 100\text{nm}$,如附图2所示;

[0038] 步骤(二)包括:

[0039] 步骤21,设计加工结构图形包括可以产生光学效应的矩形,正方形,圆形以及各种多边形等周期性或非周期结构,如附图3所示,周期 $100\text{nm}\sim 10\mu\text{m}$,结构总体尺寸大于 $5\mu\text{m}$ (满足测量精度即可);

[0040] 步骤22,将镀膜后材料放置于微纳结构加工设备中对其进行加工,加工方式包括激光加工、高能粒子束加工、电火花加工以及传统机械加工;

[0041] 步骤(三)包括:

[0042] 步骤31,将加工后样品固定于待测物体表面,使二者不产生相对移动;

[0043] 步骤32,分别测量物体位移前后以及位移过程中的光谱,获得光谱的特征曲线;

[0044] 步骤33,通过光谱特征峰的位置计算物体的位移量。

[0045] 如图1所示,探测器结构包括光谱探测器1-1,光学成像系统1-2,微结构加工区域1-3,待测样品1-4,光谱仪光源1-5,半反半透镜1-6,其中样品移动方向为V。由1-5发出的光源经过半反半透镜1-2后再由光学成像系统1-2经行聚焦后照射在样品1-3表面,其光学信号再经由光学系统1-2返回并最终由光谱探测器1-1获得特征信号。

[0046] 如图2所示,材料镀膜结构包括上层的镀层2-1和下层的基底材料2-2。其中2-1镀层厚度 $10\text{nm}\sim 100\text{nm}$,2-2基底材料主要指光滑平整材料,包括石英玻璃或单晶硅等,优选材料为石英玻璃。

[0047] 如图3所示, W_1 、 H_1 和 T_2 为特征图形一的长、宽和周期, W_2 、 H_2 和 T_2 为特征图形二的长、宽和周期, W 和 H 的范围 $10\text{nm}\sim 1000\text{nm}$,周期 T 范围 $100\text{nm}\sim 10\mu\text{m}$,结构总体尺寸大于 $5\mu\text{m}$ 。

[0048] 如图4所示,光谱检测结果其中a、b、c分别代表样品移动到不同位置时获得的光谱特征谱峰位置。横坐标为波长,单位为纳米,纵坐标为相对光强。

[0049] 优选地,步骤(一)中的基底材料选择厚度是 0.5mm 的石英玻璃材料,并将其制备成边长为 9.2mm 的正方形;对材料进行磁控溅射镀膜,镀膜的靶材选用纯度为 99.999% 的金材料,镀膜厚度为 50nm 设计加工结构图形,如图5所示,单元结构中 $W_1=50\text{nm}$, $H_1=25\text{nm}$, $W_2=80\text{nm}$, $H_2=25\text{nm}$, $T_1=200\text{nm}$, $T_2=200\text{nm}$;总体加工结构为长 $28\mu\text{m}$ 宽 $14\mu\text{m}$ 的矩形;将镀膜后材料置于聚焦离子束纳米加工设备中,按照设计要求加工图形,完成微结构光学位移传感器的制备。微结构光学位移传感器制备后,将其固定在被测物体表面,如图1所示,当被测物体

沿位移方向V发生位置变化时,通过光谱仪测得被测物体位置移动过程中的光谱变化,获得特征光谱,从而计算被测物体位移量如附图6所示,特征峰从568.97nm移动至615.37nm,其对应的位移量为14 μ m。

[0050] 依据本发明的第二方面,提供一种使用上述基于微结构阵列的光学位移传感器制造方法制造的传感器用于检测微小位移的方法,其包括下述步骤:

[0051] (1) 将加工后的微结构传感器与被测物固定;

[0052] (2) 利用光谱仪测量传感器位移前后以及过程中光谱特征峰位的变化;

[0053] (3) 利用光谱的特征位置变化计算被测物体的位移量。

[0054] 其中,使用上述基于微结构阵列的光学位移传感器制造方法制造的传感器用于检测微小位移的方法中的步骤(3)中光谱仪采用透射式或反射式测量方式,步骤(2)中光谱仪的波长大于400nm。

[0055] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。本领域普通的技术人员可以理解,在不背离所附权利要求定义的本发明的精神和范围的情况下,可以在形式和细节中做出各种各样的修改。

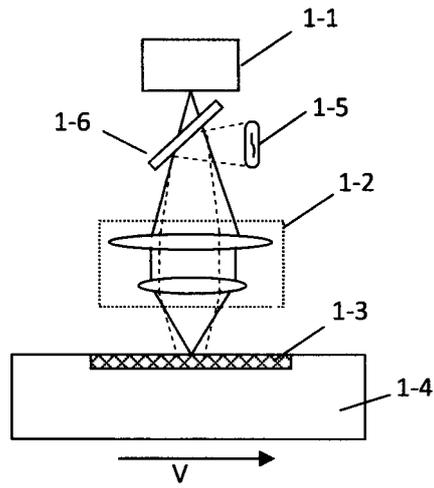


图1

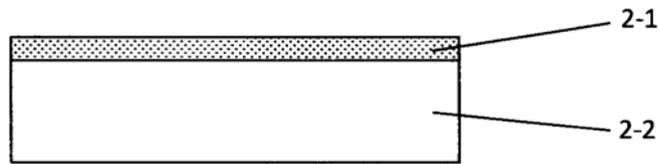


图2

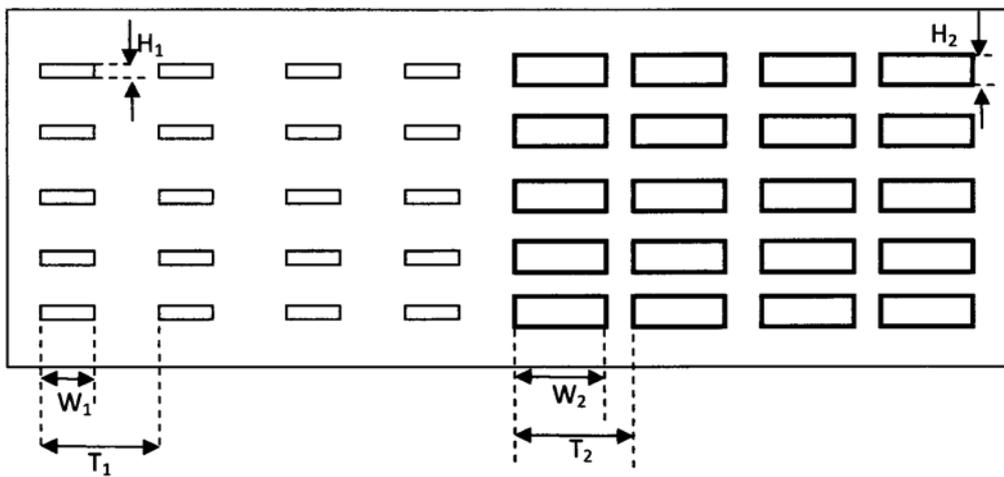


图3

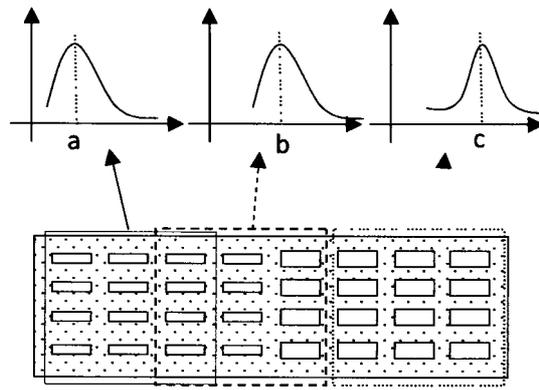


图4

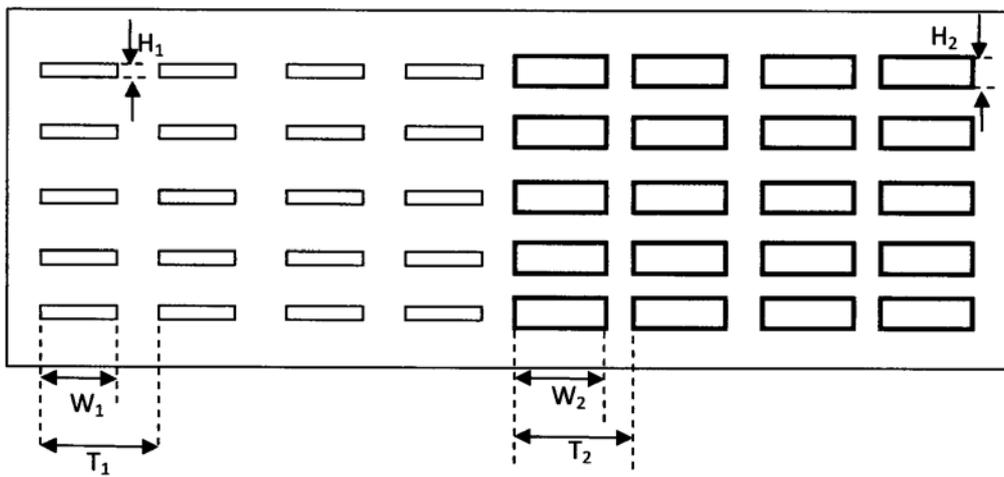


图5

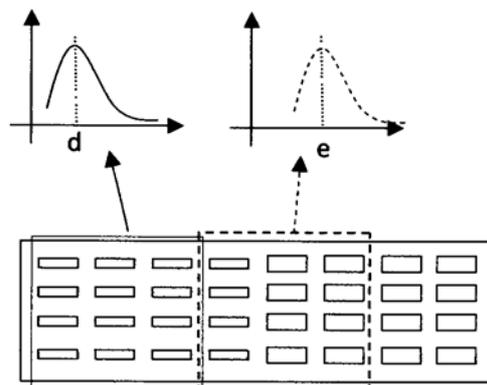


图6