



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106093525 B

(45)授权公告日 2018.09.25

(21)申请号 201610472240.0

G01D 5/34(2006.01)

(22)申请日 2016.06.23

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106093525 A

CN 101598748 A, 2009.12.09,
CN 101871959 A, 2010.10.27,
CN 104635019 A, 2015.05.20,
US 7723977 B2, 2010.05.25,
CN 101344540 A, 2009.01.14,
CN 104764926 A, 2015.07.08,

(43)申请公布日 2016.11.09

(73)专利权人 华中科技大学
地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

审查员 蒋帆

(72)发明人 朱本鹏 李家普 欧阳君 王鲜然
李俊宇 刘项力 陈实 杨晓非

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 张建伟

(51)Int. Cl.

G01R 19/00(2006.01)

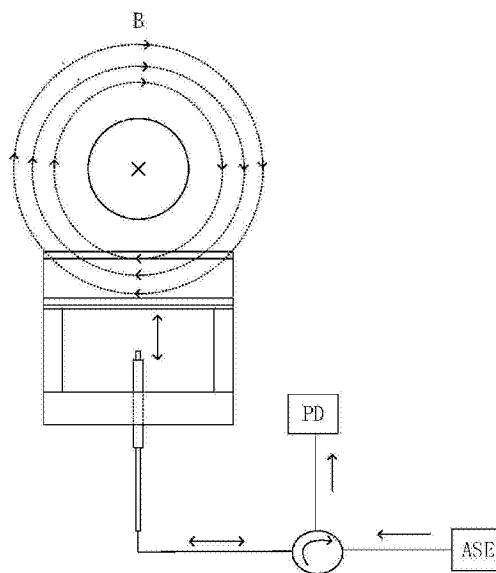
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种基于微位移测量的电流传感器

(57)摘要

本发明公开了一种基于微位移测量的电流传感器及其制作方法,包括磁致伸缩反射面和光纤。其中制作方法包括以下步骤:选取长方形的金属玻璃(metglass)并进行清洗;在metglass上、下表面各溅射一层一定厚度的磁致伸缩薄膜;在metglass下表面溅射一层一定厚度的高反膜;在metglass下表面两端用环氧树脂各粘贴一个非磁性金属块;在两个非磁性金属块的另一端用环氧树脂粘贴一块正中带有通孔的非磁性金属板;将光纤通过一个非磁性金属管,再将它们通过非磁性金属板的孔,使光纤端面与高反膜之间保持合适的距离,这样在光纤端面与高反膜之间就形成了一个光纤法布里-珀罗干涉仪。本发明方法工艺简单,操作方便,制造的传感器灵敏度较高。



1. 一种基于微位移测量的电流传感器,其特征在于,包括磁致伸缩反射面和光纤,其中:

所述磁致伸缩反射面为长方形金属玻璃metglass的一个表面上生成的厚度为300~500nm的高反膜,该高反膜与基底之间,以及metglass的另一面,设置有一层厚度为1000nm~2000nm磁致伸缩薄膜;

所述高反膜两端各设有一个非磁性金属块,两个金属块的另一面,固定一个尺寸与metglass对应的非磁性金属板;所述非磁性金属板的正中间设有一个通孔,用于光纤穿过;

所述光纤从通孔穿入,并固定在非磁性金属板上;光纤端面精细切割,与高反膜平行且距离不大于10 μ m,两者构成法布里-珀罗干涉仪。

2. 根据权利要求1所述的电流传感器,其特征在于,所述非磁性金属板通孔内嵌有非磁性金属管,其内径与光纤外径相当,其外径与通孔内径相当,用于固定光纤。

3. 根据权利要求1或2所述的电流传感器,其特征在于,所述非磁性金属板的强度,以保证磁致伸缩薄膜发生形变时非磁性金属板不会发生形变为原则。

4. 根据权利要求1或2所述的电流传感器,其特征在于,所述磁致伸缩薄膜包括但不限于巨磁致伸缩材料Terfenol-D薄膜。

5. 根据权利要求1或2所述的电流传感器,其特征在于,所述高反膜包括但不限于铝薄膜、银薄膜;所述非磁性金属块、板、管的材料包括但不限于铜。

6. 一种基于微位移测量的电流传感器的制作方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

(1) 选取长方体形状的金属玻璃metglass;

(2) 将所述metglass清洗干净,然后用射频磁控溅射仪在其上、下表面各溅射一层厚度为1000nm~2000nm磁致伸缩薄膜,形成磁致伸缩薄膜metglass片;然后再在下表面用射频磁控溅射仪溅射一层厚度为300~500nm的高反膜,形成一个光信号的高反射表面;

(3) 在所述的磁致伸缩薄膜metglass下表面距离两端合适的位置处各固定一个非磁性金属块;

(4) 在两个非磁性金属块的另一面固定一块强度适宜的非磁性金属板,其平面尺寸与metglass相同;在该非磁性金属板的正中间钻一个适应光纤穿入的通孔,金属板的面积尺寸与metglass相同;

(5) 将光纤穿过非磁性金属板上的通孔,使光纤端面与高反膜之间保持合适的距离,然后将光纤与非磁性金属板固定,这样在光纤端面与高反膜之间就形成了一个光纤法布里-珀罗干涉仪。

7. 根据权利要求6所述的制作方法,其特征在于,所述步骤(5)中光纤与非磁性金属板通孔之间,设有一个非磁性金属管,该金属管内径与光纤相当,外径与通孔内径相当,用于光纤固定,并且光纤端面穿出金属管口一定的距离。

8. 根据权利要求7所述的制作方法,其特征在于,磁致伸缩薄膜上表面距离被测电流回路的距离不大于5cm。

9. 根据权利要求6或7所述的制作方法,其特征在于,所述metglass的长、宽、厚尺寸为20mm \times 5mm \times 0.025mm。

10. 根据权利要求7所述的制作方法,其特征在于,非磁性金属管有一定的长度,且与非磁性金属板垂直,以保证光纤端面与高反膜面保持平行。

一种基于微位移测量的电流传感器

技术领域

[0001] 本发明属于微位移测量的电流传感器领域,更具体地,涉及一种光纤法布里-珀罗干涉仪微位移测量的电流传感器及其制作方法。

背景技术

[0002] 法布里-珀罗干涉技术的应用和研究已有100多年的历史,1899年法国物理学家法布里和珀罗创制了以他们名字命名的法布里-珀罗干涉仪(F-P干涉仪),F-P干涉技术理论上讲,只要这个物理量能够引起F-P腔腔长变化,就可以用F-P干涉技术测量,当然都是通过位移测量来实现的,利用法布里-珀罗干涉仪制成的传感器具有反应灵敏,测量精度高等优点,可以实现位移的纳米级测量,结构简单紧凑,自准直,节省元器件,因此得到了广泛的应用。

[0003] 将光学方法应用于电流检测早在上世纪60年代就已出现,经历50多年时间的发展。光学电流传感器从调制方式上可分为基于光强调制的反射式多芯光纤光学电流传感器和基于偏振态调制的光学玻璃型和全光纤型。这中方法可以充分利用光信号传输中不容易受电磁干扰、稳定性好的优点;但对于光强调制和偏振态调制的光学电流传感器共同存在的不足是电流测量的灵敏度不够高,而本发明提出的基于法布里-珀罗干涉技术微位移测量的电流传感器可以实现高灵敏度测量。

发明内容

[0004] 针对以上技术问题及现有的需求,本发明提供了一种基于微位移测量的电流传感器及其制作方法制备方法,其目的在于制备一种高灵敏度、结构简单的电流传感器,由此解决高效测量电流的技术问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提出一种基于微位移测量的电流传感器,其包括磁致伸缩反射面和光纤,其中:

[0006] 所述磁致伸缩反射面为长方体金属玻璃metglass的一个表面上生成的厚度为300~500nm的高反膜,该高反膜与基底之间,以及metglass的另一面,设置有一层厚度为1000nm~2000nm磁致伸缩薄膜;

[0007] 所述磁致伸缩反射面两端各设有一个非磁性金属块,两个金属块的另一面,固定一个尺寸与metglass对应的非磁性金属板;所述非磁性金属板的正中间设有一个通孔,用于光纤穿过;

[0008] 所述光纤从通孔穿入,并固定在非磁性金属板上;光纤端面精细切割,与高反膜的距离不大于10 μ m,两者构成法布里-珀罗干涉仪。

[0009] 相应地,本发明提出该电流传感器的制作方法,包括以下步骤:

[0010] (1) 选取长方体形状的金属玻璃metglass;

[0011] (2) 将所述metglass清洗干净,然后用射频磁控溅射仪在其上、下表面各溅射一层厚度为1000nm~2000nm磁致伸缩薄膜,形成磁致伸缩薄膜metglass片;然后再在下表面用

射频磁控溅射仪溅射一层厚度为300~500nm的高反膜,形成一个光信号的高反射表面;

[0012] (3) 在所述的磁致伸缩薄膜metglass下表面距离两端合适的位置处各粘贴一个尺寸与metglass对应的非磁性金属块;

[0013] (4) 在两个非磁性金属块的另一面粘贴一块强度适宜的非磁性金属板,再在非磁性金属板的正中间钻一个适应光纤穿入的通孔,金属板的面积尺寸与metglass对应;

[0014] (5) 将光纤穿过非磁性金属板上的通孔,使光纤端面与高反膜之间保持合适的距离,然后将光纤与非磁性金属板固定,这样在光纤端面与高反膜之间就形成了一个光纤法布里-珀罗干涉仪。

[0015] 进一步的,所述非磁性金属板通孔内嵌有非磁性金属管,其内径与光纤外径相当,其外径与通孔内径相当,用于固定光纤,确保光纤端面与反射面的平行。

[0016] 进一步的,所述光纤端面要穿出非磁性金属管口1mm以上,以防止金属管影响光信号的传播;

[0017] 进一步的,所述非磁性金属块的厚度,以保证磁致伸缩薄膜发生形变不会导致光纤端面与磁致伸缩反射面接触,所述非磁性金属板的厚度,以保证磁致伸缩薄膜发生形变时非磁性金属板不会发生形变为原则,即非磁性金属板要有一定的强度。

[0018] 进一步的,所述磁致伸缩薄膜包括但不限于巨磁致伸缩材料Terfenol-D薄膜。

[0019] 进一步的,所述高反膜包括但不限于铝薄膜、银薄膜。

[0020] 进一步的,所述非磁性金属块、板、管的材料包括但不限于铜。

[0021] 进一步的,所述非磁性金属板通孔直径和非磁性金属管的直径与光纤的直径相近,以保证光纤端面与高反膜之间平行,光纤端面与高反膜之间的距离不能大于10 μ m。

[0022] 进一步的,所述磁致伸缩薄膜上表面距离被测电流回路的距离不大于5cm,以便于磁场的测量,具体距离和所测电流强度相关。

[0023] 进一步的,非磁性金属管有一定的长度,且与非磁性金属板垂直,以保证光纤端面与高反膜面保持平行;

[0024] 进一步的,所述metglass的长、宽、厚尺寸为20mm \times 5mm \times 0.025mm。

[0025] 由奥斯特发现的电生磁理论可知,如果一条直的金属导线通过电流,那么在导线周围的空间将产生圆形磁场,导线中流过的电流越大,产生的磁场越强,磁场成圆形,围绕导线周围。它是利用磁致伸缩材料对变化的磁信号产生形变,而法布里-珀罗干涉仪可以测量磁致伸缩材料的形变,它是利用光纤端面与磁致伸缩材料之间构成一个F-P腔,当磁致伸缩材料发生形变时,F-P腔的腔长发生变化,此时F-P腔的输出光的参量随之变化,通过对这参量的分析,从而解调出位移信息,从而实现位移的测量,而位移是和磁信号对应,磁信号又和电流信号对应,至此完成了电流信号至磁信号再到光信号的传感。

[0026] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0027] 1) 利用了法布里-珀罗干涉技术对位移变化的高灵敏性特点,通过法布里-珀罗干涉腔实现微位移测量,从而实现电流的测量,技术方案新颖;;

[0028] 2) 采用的光纤法布里-珀罗干涉技术灵敏度很高,传统光强调制反射型微位移测量灵敏度为5 μ m,而法布里-珀罗干涉技术微位移测量的灵敏度可以达到几十个纳米,相比之下,灵敏度至少提高了2个数量级;

- [0029] 3) 制备的微位移测量的电流传感头性能稳定,在各种环境下都能保持很好的性能,并且制作的传感头携带方便,可以固定在测试环境中也可以移动至其他测试环境中;
- [0030] 4) 使用的材料造价低廉,工艺流程简单易用,大大减少了生产成本。

附图说明

- [0031] 图1(a)-(c)为在metglass上、下表面溅射磁致伸缩薄膜以及溅射高反膜的过程;
- [0032] 图2(a)-(c)为将非磁性金属块和金属板固定在高反膜上的示意图;
- [0033] 图3(a)-(c)是将光纤穿过非磁性金属管示意图;
- [0034] 图4为本发明构成的法布里-珀罗干涉腔;
- [0035] 图5为基于本发明完成的微位移测量的电流传感器的使用原理示意图。

具体实施方式

[0036] 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仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0037] 图1(a)是metglass,图1(b)是在metglass上、下两个表面做的磁致伸缩薄膜,图1(c)是在metglass下表面的磁致伸缩薄膜上溅射了一层高反膜。

[0038] 图2(a)是在metglass高反膜面两端各粘贴一块非磁性金属块,图2(b)是在非磁性金属板的正中间钻一个直径适宜的孔,图2(c)是将钻了孔的金属板粘贴到非磁性金属块的另一端。

[0039] 图3(a)是单模光纤,图3(b)是内孔直径和光纤相当的非磁性金属管,图3(c)是将单模光纤通过非磁性金属管,并使光纤端面出金属管口1mm,同时将光纤与金属管固定,并使单模光纤的端面与高反膜之间保持平行,他们之间的距离为10 μ m。

[0040] 图4是将非磁性金属管穿过非磁性金属板正中间的孔,并使金属管与金属板之间固定,使光纤端面与高反膜之间形成一个光纤法布里-珀罗干涉腔。

[0041] 图5是本发明完成的基于微位移测量的电流传感器的使用原理示意图,图中的“ \times ”代表电流方向是垂直纸面向里的,那个大的实线圆圈代表通电导线;图中的B表示通电导线产生的磁场,虚线表示磁场的分布情况,虚线上的箭头表示磁场的方向;图中的实线箭头表示光的传播方向,图中那个包含一个弯曲箭头的圆圈是环形器,它的作用是改变光的传播方向,使光按照所需要的方向传播;图中的ASE代表放大自发辐射光源,PD代表光电探测器。

[0042] 当所测电流回路有电流通过时,在导线周围会产生一个绕导线的环形磁场,磁场方向平行于磁致伸缩薄膜表面,并沿着磁致伸缩薄膜的长度方向;当磁场作用在磁致伸缩薄膜上时,会使得磁致伸缩薄膜发生形变,电流越大,形变越大。磁致伸缩薄膜的两端是固定的,所以薄膜会向中间拱起来,从而导致光纤法布里-珀罗干涉腔的腔长发生了变化;当光信号射到光纤端面时,由于空气的折射率与光纤的折射率不一样,会导致有一部分光被光纤端面反射回来一部分光透过光纤端面,透过光纤端面的光信号射到高反膜上而被反射,并沿着原路返回,进而射进光纤里面与开始被光纤端面反射的光发生干涉;由于磁致伸

缩效应,光纤法布里-珀罗干涉腔的腔长发生了变化,使得被高反膜反射的光信号的光程发生了变化,从而导致两束相干光的相位差发生变化,进而导致干涉信号的光强也发生变化,通过光电探测器可以检查这个光强信号的变化,进一步知道磁致伸缩薄膜的形变量,从而实现电流的测量。

[0043] 实例步骤:

[0044] 1) 切片,切取长为20mm,宽5mm的metglass片;

[0045] 2) 洗片,将切好的metglass片进行清洗,首先用丙酮超声清洗10min,然后用乙醇超声清洗10min,最后用去离子水超声清洗10min。

[0046] 3) 磁致伸缩薄膜的制备,用射频磁控溅射仪在metglass片上、下表面各溅射一层Terfenol-D薄膜,厚度为2 μ m。溅射参数:溅射时间为45min(在此功率下这么长的时间内可以生长2 μ m的薄膜),真空度为 7×10^{-4} Pa以下,靶间距为7cm,溅射功率300W,气压为3.5mTorr,基片采用水冷方式。

[0047] 4) 高反膜的制备,用射频磁控溅射仪在metglass片下表面溅射一层铝薄膜,为了实现高效反射,溅射的高反膜的厚度为500nm。溅射参数:溅射时间为12min(在此功率下这么长的时间内可以生长500nm的薄膜),真空度为 7×10^{-4} Pa以下,靶间距为7cm,溅射功率300W,气压为3.5mTorr,基片采用水冷方式。

[0048] 5) 非磁性金属块和金属板的制备,切取一块尺寸为5mm \times 2.5mm \times 10mm(尺寸分别为长、宽、高,这里的长、宽和metglass宽、长对应)的非磁性金属块和一块20mm \times 5mm \times 2mm(尺寸分别为长、宽、厚,这里的长、宽和metglass长、宽对应),并在金属板的正中间钻一个直径为1mm的孔,将非磁性金属块和非磁性金属板按照图2的方式粘贴好。所述非磁性金属材料包括但不限于铜、铝以及铝合金。

[0049] 6) 用光纤切割刀将单模光纤的一个端面切平整,取一个长为20mm直径为0.21mm的非磁性金属管,将单模光纤刚才切割了的那端穿过非磁性金属管,并使单模光纤露出金属管1mm,以避免金属管干扰,然后将金属管穿过金属板,使光纤端面与高反膜之间平行,并保持10 μ m的距离,腔长在这个范围内光纤法布里-珀罗干涉仪的干涉效果明显,至此光纤端面与高反膜之间形成了一个光纤法布里-珀罗干涉腔。

[0050] 可知本发明提供了一种基于微位移测量的电流传感器的制备工艺流程。其工艺流程简单,不仅制备了磁致伸缩薄膜、高反膜,而且设计了一种光纤法布里-珀罗干涉腔,并通过仿真分析,证明这是一种行之有效的方案。

[0051] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

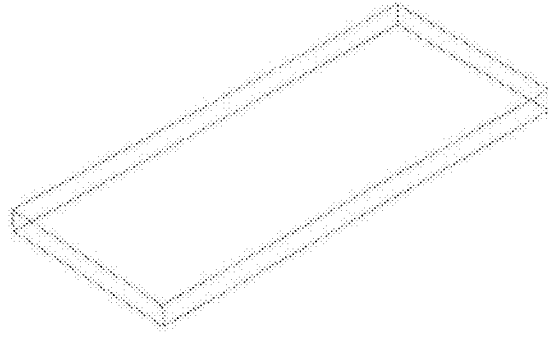


图1 (a)

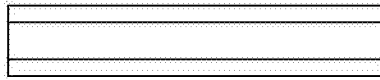


图1 (b)

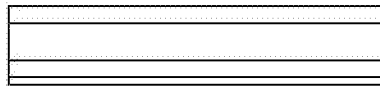


图1 (c)

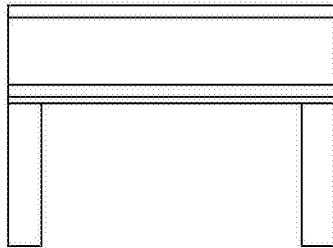


图2 (a)

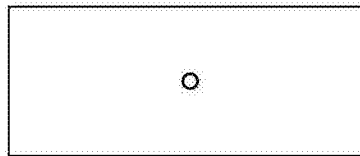


图2 (b)

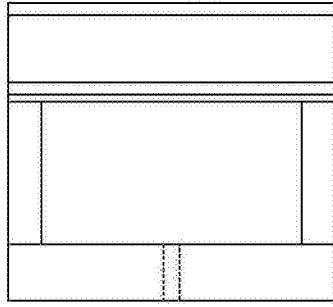


图2(c)



图3(a)



图3(b)



图3(c)

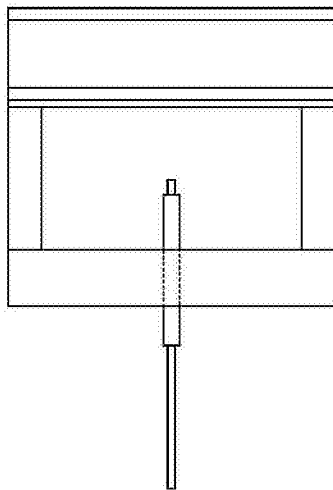


图4

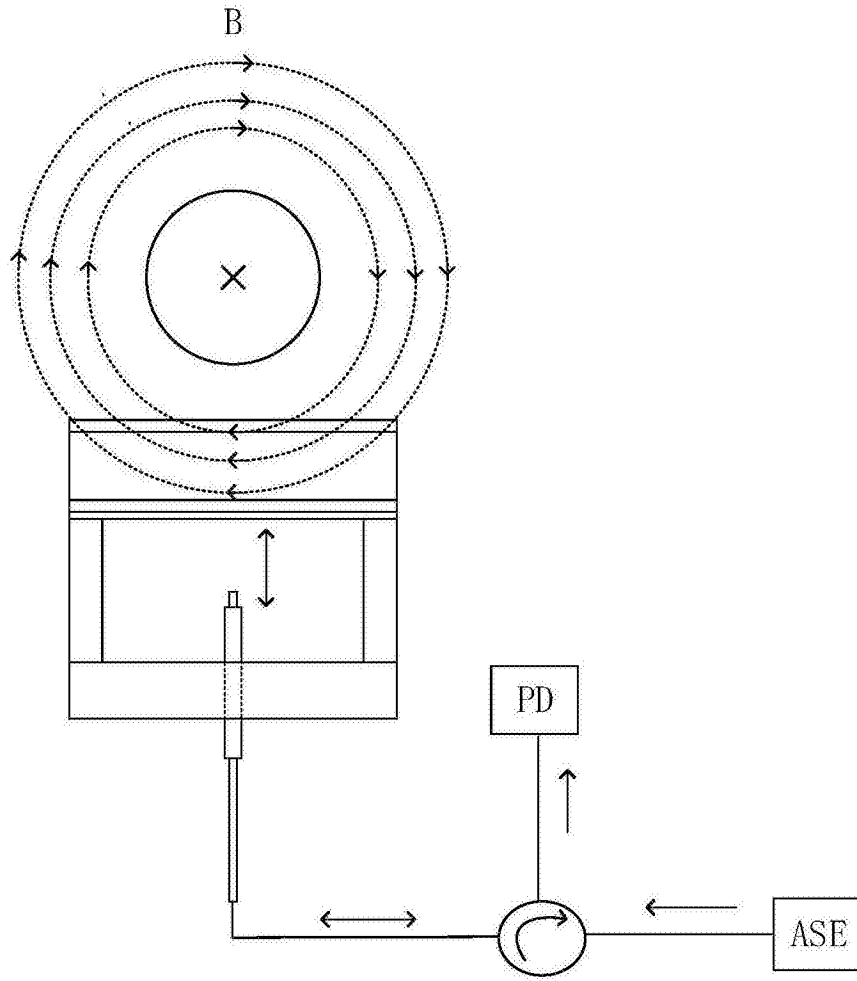


图5