



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106644159 B

(45) 授权公告日 2024.02.13

(21) 申请号 201611193390.4

G01D 21/02 (2006.01)

(22) 申请日 2016.12.21

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 206573234 U, 2017.10.20

申请公布号 CN 106644159 A

CN 101034007 A, 2007.09.12

(43) 申请公布日 2017.05.10

CN 101929879 A, 2010.12.29

(73) 专利权人 中国电子科技集团公司电子科学  
研究院

CN 105043588 A, 2015.11.11

地址 100041 北京市石景山区双园路11号

CN 103299032 A, 2013.09.11

CN 205426410 U, 2016.08.03

(72) 发明人 蔺博 丁文慧

CN 205691170 U, 2016.11.16

US 2012179378 A1, 2012.07.12

(74) 专利代理机构 工业和信息化部电子专利中  
心 11010

审查员 马邺晨

专利代理师 吴永亮

(51) Int. Cl.

G01K 11/32 (2021.01)

G01L 1/24 (2006.01)

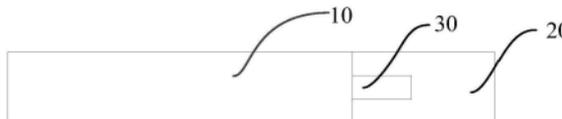
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

光纤传感器、光纤传感器制造方法及光纤传感器测量系统

(57) 摘要

本发明提出了一种光纤传感器、光纤传感器制造方法及光纤传感器测量系统。该光纤传感器包括：第一光纤和第二光纤；所述第一光纤和所述第二光纤均为圆柱体；所述第一光纤的第一横截面与所述第二光纤的第一横截面熔接；所述第一光纤与所述第二光纤同轴；所述第二光纤的第一横截面设置有与所述第二光纤同轴的圆柱形孔。本发明所述一种光纤传感器、光纤传感器制造方法及光纤传感器测量系统，能够通过一个光纤传感器对温度和应力进行双参数测量，有效的减小了测量系统的体积，降低了制造成本；能够适应高温环境的测量；具有体积小、灵敏度高和抗电磁干扰的优点。



1. 一种光纤传感器,其特征在于,包括:第一光纤和第二光纤;  
所述第一光纤和所述第二光纤均为圆柱体;  
所述第一光纤包括纤芯和包层,所述纤芯折射率高于所述包层折射率,以使所述纤芯与所述包层的接触面对光能够全反射;  
所述纤芯为二氧化硅材料的晶体光纤,所述第二光纤为蓝宝石光纤;所述第二光纤的长度为 $10 \sim 6000\mu\text{m}$ ;所述包层设置有多个圆柱形空气柱;  
所述圆柱形空气柱的轴与所述第一光纤的纤芯轴平行;  
所述第一光纤的第一横截面与所述第二光纤的第一横截面熔接;所述第一光纤与所述第二光纤同轴;  
所述第一光纤的第一横截面用于反射所述第一光纤的第二横截面的入射光;  
所述第二光纤的第一横截面设置有与所述第二光纤同轴的圆柱形孔,所述圆柱形孔填充气体为空气;所述圆柱形孔的长度为 $10 \sim 3000\mu\text{m}$ ;所述圆柱形孔的端面直径为 $11 \sim 80\mu\text{m}$ ;  
所述圆柱形孔的底面用于反射所述第一光纤的第二横截面的入射光;  
所述第二光纤的第二横截面用于反射所述第一光纤的第二横截面的入射光。
2. 一种如权利要求1所述的光纤传感器制造方法,其特征在于,包括:  
步骤一,将第一光纤和第二光纤切割为设定长度的圆柱体;所述第一光纤包括纤芯和包层,所述第一光纤为二氧化硅材料的晶体光纤,所述包层设置有多个圆柱形空气柱,所述圆柱形空气柱的轴与所述第一光纤的纤芯轴平行;  
步骤二,通过飞秒激光在所述第二光纤的第一横截面上加工一个与所述第二光纤同轴的圆柱形孔;  
步骤三,通过熔接机将所述第一光纤的第一横截面与所述第二光纤的第一横截面熔接;所述第一光纤与所述第二光纤同轴。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述第二光纤为蓝宝石光纤;所述第二光纤的长度为 $10 \sim 6000\mu\text{m}$ 。
4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述圆柱形孔填充气体为空气;所述圆柱形孔的长度为 $10 \sim 3000\mu\text{m}$ ;所述圆柱形孔的底面直径为 $11 \sim 80\mu\text{m}$ 。
5. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述熔接机的放电时间为0.3秒,所述熔接机的放电电流为4.8mA。
6. 一种光纤传感器测量系统,其特征在于,包括:光源、光谱测量单元、计算单元和权利要求1所述的光纤传感器;  
所述光源和所述光谱测量单元均设置在所述第一光纤的第二端面;  
所述光谱测量单元,用于测量第一反射光与第二反射光的第一相位差;测量第二反射光与第三反射光的第二相位差;  
所述第一反射光为所述第一光纤的第一横截面的放射光;  
所述第二反射光为所述圆柱形孔的底面的放射光;  
所述第三反射光为所述第二光纤的第二横截面的放射光;  
所述计算单元,用于基于所述光谱测量单元测量得到的所述第一相位差和所述第二相位差,计算环境温度和环应力。
7. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述计算单元,具体用于:

基于所述光谱测量单元得到的所述第一相位差,计算所述圆柱形孔的长度;根据所述圆柱形孔的长度与应力的映射关系,得到环境应力;

基于所述光谱测量单元得到的所述第二相位差,计算所述圆柱形孔的底面至所述第二光纤的第二横截面的距离;基于所述距离与温度的映射关系,得到环境温度。

## 光纤传感器、光纤传感器制造方法及光纤传感器测量系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及传感器技术领域,尤其涉及一种光纤传感器、光纤传感器制造方法及光纤传感器测量系统。

### 背景技术

[0002] 在石油开采、化工产业和航空航天等行业的生产过程中,传感器常用于高温环境下的参数测量。当前,高温环境下传感器的通常使用辐射式红外测温仪和贵金属制造的热电偶传感器。但热电偶传感器在高温时抗氧化性能差,长期使用会产生较大误差;辐射式红外测温仪常用于远距离遥测,但其测量精度不高、可靠性差。辐射式红外测温仪和贵金属制造的热电偶传感器两种常用传感器在耐高温能力、尺寸和抗电磁干扰等方面还远远不能满足生产的需求。而光纤传感器具有抗电磁干扰、耐高温、体积小、无源和便于复用等特点,为高温环境下的参数测量提供了一条较佳的解决途径。

[0003] 但现有的光纤传感器无法同时实现温度和应力的双参数测量,从而导致需要两套光纤传感器的测量系统同时应用在一个设备中,这样既占用了设备中过多的空间,又增加了设备的成本。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是,提供一种光纤传感器、光纤传感器制造方法及光纤传感器测量系统,克服现有技术中无法通过一个光纤传感器对温度和应力进行双参数测量的缺陷。

[0005] 本发明采用的技术方案是,所述光纤传感器,包括:第一光纤和第二光纤;

[0006] 所述第一光纤和所述第二光纤均为圆柱体;

[0007] 所述第一光纤的第一横截面与所述第二光纤的第一横截面熔接;所述第一光纤与所述第二光纤同轴;

[0008] 所述第一光纤的第一横截面用于反射所述第一光纤的第二横截面的入射光;

[0009] 所述第二光纤的第一横截面设置有与所述第二光纤同轴的圆柱形孔;

[0010] 所述圆柱形孔的底面用于反射所述第一光纤的第二横截面的入射光;

[0011] 所述第二光纤的第二横截面用于反射所述第一光纤的第二横截面的入射光。

[0012] 进一步的,所述第一光纤包括纤芯和包层;

[0013] 所述纤芯为二氧化硅材料的晶体光纤;所述包层设置有多个圆柱形空气柱;

[0014] 所述圆柱形空气柱的轴与所述第一光纤的纤芯轴平行。

[0015] 进一步的,所述纤芯折射率高于所述包层折射率,以使所述纤芯与所述包层的接触面对光能够全反射。

[0016] 进一步的,所述第二光纤为蓝宝石光纤;所述第二光纤的长度为 $10 \sim 6000\mu\text{m}$ 。

[0017] 进一步的,所述圆柱形孔填充气体为空气;所述圆柱形孔的长度为 $10 \sim 3000\mu\text{m}$ ;所述圆柱形孔的端面直径为 $11 \sim 80\mu\text{m}$ 。

[0018] 本发明还提供一种光纤传感器测量系统,包括:光源、光谱测量单元、计算单元和上述光纤传感器;

[0019] 所述光源和所述光谱测量单元均设置在所述第一光纤的第二端面;

[0020] 所述光谱测量单元,用于测量第一反射光与第二反射光的第一相位差;测量第二反射光与第三反射光的第二相位差;

[0021] 所述第一反射光为所述第一光纤的第一横截面的放射光;

[0022] 所述第二反射光为所述圆柱形孔的底面的放射光;

[0023] 所述第三反射光为所述第二光纤的第二横截面的放射光;

[0024] 所述计算单元,用于基于所述光谱测量单元测量得到的所述第一相位差和所述第二相位差,计算环境温度和应力。

[0025] 进一步的,所述计算单元,具体用于:

[0026] 基于所述光谱测量单元得到的所述第一相位差,计算所述圆柱形孔的长度;根据所述圆柱形孔的长度与应力的映射关系,得到环境应力;

[0027] 基于所述光谱测量单元得到的所述第二相位差,计算所述圆柱形孔的底面至所述第二光纤的第二横截面的距离;基于所述距离与温度的映射关系,得到环境温度。

[0028] 本发明还提供一种光纤传感器制造方法,包括:

[0029] 步骤一,将第一光纤和第二光纤切割为设定长度的圆柱体;

[0030] 步骤二,通过飞秒激光在所述第二光纤的第一横截面上加工一个与所述第二光纤同轴的圆柱形孔;

[0031] 步骤三,通过熔接机将所述第一光纤的第一横截面与所述第二光纤的第一横截面熔接;所述第一光纤与所述第二光纤同轴。

[0032] 进一步的,所述第一光纤为二氧化硅材料的晶体光纤。

[0033] 进一步的,所述第二光纤为蓝宝石光纤;所述第二光纤的长度为10~6000 $\mu\text{m}$ 。

[0034] 进一步的,所述圆柱形孔填充气体为空气;所述圆柱形孔的长度为10~3000 $\mu\text{m}$ ;所述圆柱形孔的底面直径为11~80 $\mu\text{m}$ 。

[0035] 进一步的,所述熔接机的放电时间为0.3秒,所述熔接机的放电电流为4.8mA。

[0036] 采用上述技术方案,本发明至少具有下列优点:

[0037] 本发明所述一种光纤传感器、光纤传感器制造方法及光纤传感器测量系统,能够通过一个光纤传感器对温度和应力进行双参数测量,有效的减小了测量系统的体积,降低了制造成本;能够适应高温环境的测量;具有体积小、灵敏度高和抗电磁干扰的优点。

## 附图说明

[0038] 图1为本发明第一实施例的光纤传感器组成结构示意图;

[0039] 图2为本发明第三实施例的光纤传感器制造方法流程图;

[0040] 图3为本发明第五实施例的光纤传感器测量系统组成结构示意图。

## 具体实施方式

[0041] 为更进一步阐述本发明为达成预定目的所采取的技术手段及功效,以下结合附图及较佳实施例,对本发明进行详细说明如后。

- [0042] 本发明第一实施例,一种光纤传感器,如图1所示,包括以下组成部分:
- [0043] 第一光纤10和第二光纤20。
- [0044] 第一光纤10和第二光纤20均为圆柱体。
- [0045] 第一光纤10的第一横截面与第二光纤20的第一横截面熔接;第一光纤10与第二光纤20同轴。
- [0046] 第一光纤10的第一横截面用于反射第一光纤10的第二横截面的入射光。
- [0047] 第二光纤20的第一横截面设置有与第二光纤20同轴的圆柱形孔30。
- [0048] 圆柱形孔30的底面用于反射第一光纤10的第二横截面的入射光。
- [0049] 第二光纤20的第二横截面用于反射第一光纤10的第二横截面的入射光。
- [0050] 本发明第二实施例,一种光纤传感器,包括以下组成部分:
- [0051] 第一光纤和第二光纤。
- [0052] 第一光纤和第二光纤均为圆柱体。
- [0053] 第一光纤包括纤芯和包层。
- [0054] 其中,纤芯为二氧化硅材料的晶体光纤;包层设置有多个圆柱形空气柱。
- [0055] 圆柱形空气柱的轴与第一光纤的纤芯轴平行。
- [0056] 纤芯折射率高于包层折射率,以使纤芯与包层的接触面对光能够全反射。
- [0057] 第二光纤为蓝宝石光纤;第二光纤的长度为10~6000 $\mu\text{m}$ 。
- [0058] 第一光纤的第一横截面与第二光纤的第一横截面熔接;第一光纤与第二光纤同轴。
- [0059] 第一光纤的第一横截面用于反射第一光纤的第二横截面的入射光。
- [0060] 第二光纤的第一横截面设置有与第二光纤同轴的圆柱形孔。
- [0061] 第二光纤为蓝宝石光纤;第二光纤的长度为10~6000 $\mu\text{m}$ 。
- [0062] 圆柱形孔的底面用于反射第一光纤的第二横截面的入射光。
- [0063] 第二光纤的第二横截面用于反射第一光纤的第二横截面的入射光。
- [0064] 本发明第三实施例,一种光纤传感器制造方法,如图2所示,包括以下具体步骤:
- [0065] 步骤S301,将第一光纤和第二光纤切割为设定长度的圆柱体。
- [0066] 步骤S302,通过飞秒激光在第二光纤的第一横截面上加工一个与第二光纤同轴的圆柱形孔。
- [0067] 步骤S303,通过熔接机将第一光纤的第一横截面与第二光纤的第一横截面熔接;第一光纤与第二光纤同轴。
- [0068] 本发明第四实施例,一种光纤传感器制造方法,包括以下具体步骤:
- [0069] 一种光纤传感器制造方法,其特征在于,包括:
- [0070] 步骤S401,将第一光纤和第二光纤切割为设定长度的圆柱体。
- [0071] 其中,第一光纤为二氧化硅材料的晶体光纤。
- [0072] 第二光纤为蓝宝石光纤;第二光纤的长度为10~6000 $\mu\text{m}$ 。
- [0073] 步骤S402,通过飞秒激光在第二光纤的第一横截面上加工一个与第二光纤同轴的圆柱形孔。
- [0074] 其中,圆柱形孔填充气体为空气;圆柱形孔的长度为10~3000 $\mu\text{m}$ ;圆柱形孔的底面直径为11~80 $\mu\text{m}$ 。

- [0075] 步骤S403,通过熔接机将第一光纤的第一横截面与第二光纤的第一横截面熔接;第一光纤与第二光纤同轴。
- [0076] 其中,熔接机的放电时间为0.3秒,熔接机的放电电流为4.8mA。
- [0077] 本发明第五实施例,一种光纤传感器测量系统,如图3所示,包括以下组成部分:
- [0078] 光源40、光谱测量单元50、计算单元60和光纤传感器70;
- [0079] 光纤传感器70包括:第一光纤10和第二光纤20。
- [0080] 第一光纤10和第二光纤20均为圆柱体。
- [0081] 第一光纤10的第一横截面与第二光纤20的第一横截面熔接;第一光纤10与第二光纤20同轴。
- [0082] 第二光纤20的第一横截面设置有与第二光纤20同轴的圆柱形孔30。
- [0083] 光源40和光谱测量单元50均设置在第一光纤10的第二端面。
- [0084] 光谱测量单元50,用于测量第一反射光与第二反射光的第一相位差;测量第二反射光与第三反射光的第二相位差。
- [0085] 其中,第一反射光为第一光纤10的第一横截面的放射光;
- [0086] 第二反射光为圆柱形孔30的底面的放射光;
- [0087] 第三反射光为第二光纤20的第二横截面的放射光。
- [0088] 计算单元60,用于基于光谱测量单元50测量得到的第一相位差和第二相位差,计算环境温度和环境应力。
- [0089] 本发明第六实施例,一种光纤传感器测量系统,包括以下组成部分:
- [0090] 光源、光谱测量单元、计算单元和光纤传感器;
- [0091] 光纤传感器包括:第一光纤和第二光纤。
- [0092] 第一光纤和第二光纤均为圆柱体。
- [0093] 第一光纤包括纤芯和包层。
- [0094] 其中,纤芯为二氧化硅材料的晶体光纤;包层设置有多个圆柱形空气柱。
- [0095] 圆柱形空气柱的轴与第一光纤的纤芯轴平行。
- [0096] 纤芯折射率高于包层折射率,以使纤芯与包层的接触面对光能够全反射。
- [0097] 第二光纤为蓝宝石光纤;第二光纤的长度为10~6000 $\mu\text{m}$ 。
- [0098] 第一光纤的第一横截面与第二光纤的第一横截面熔接;第一光纤与第二光纤同轴。
- [0099] 第一光纤的第一横截面用于反射第一光纤的第二横截面的入射光。
- [0100] 第二光纤的第一横截面设置有与第二光纤同轴的圆柱形孔。
- [0101] 第二光纤为蓝宝石光纤;第二光纤的长度为10~6000 $\mu\text{m}$ 。
- [0102] 圆柱形孔的底面用于反射第一光纤的第二横截面的入射光。
- [0103] 第二光纤的第二横截面用于反射第一光纤的第二横截面的入射光。
- [0104] 光源和光谱测量单元均设置在第一光纤的第二端面。
- [0105] 光谱测量单元,用于测量第一反射光与第二反射光的第一相位差;测量第二反射光与第三反射光的第二相位差。
- [0106] 其中,第一反射光为第一光纤的第一横截面的放射光;
- [0107] 第二反射光为圆柱形孔的底面的放射光;

[0108] 第三反射光为第二光纤的第二横截面的放射光。

[0109] 计算单元,用于基于光谱测量单元得到的第一相位差,计算圆柱形孔的长度;根据圆柱形孔的长度与应力的映射关系,得到环境应力;基于光谱测量单元得到的第二相位差,计算圆柱形孔的底面至第二光纤的第二横截面的距离;基于该距离与温度的映射关系,得到环境温度。

[0110] 通过具体实施方式的说明,应当可对本发明为达成预定目的所采取的技术手段及功效得以更加深入且具体的了解,然而所附图示仅是提供参考与说明之用,并非用来对本发明加以限制。

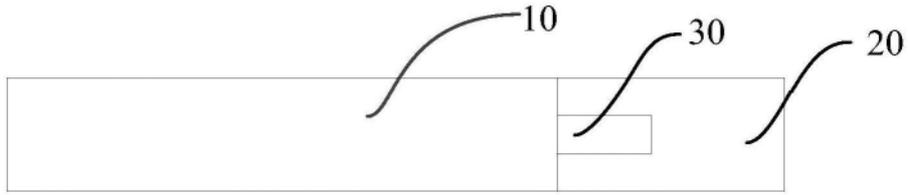


图1

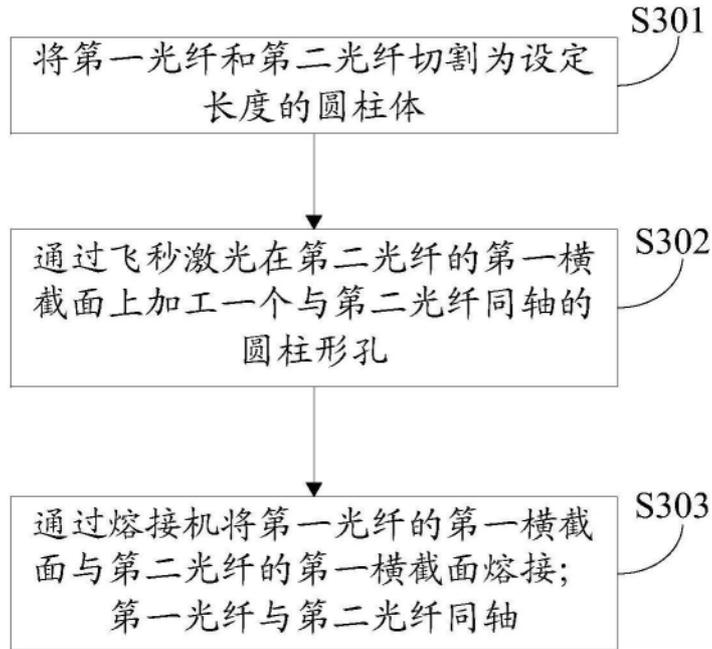


图2

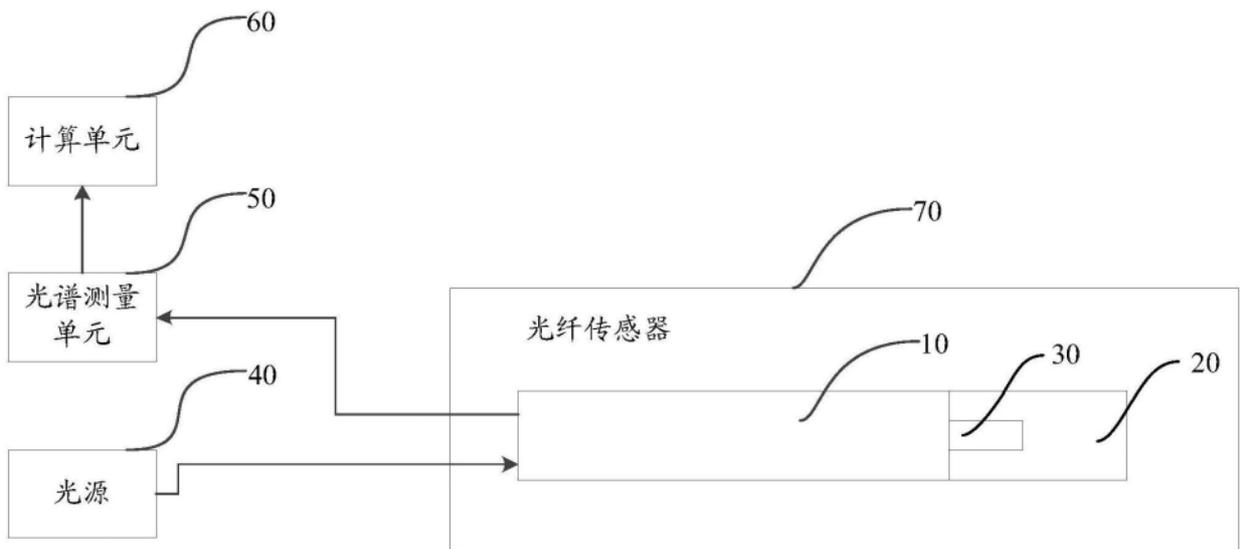


图3