

一种抑制传感器死区的分布式光纤SAGNAC定位传感器

申请号: [200910117125.1](#)

申请日: 2009-06-23

申请(专利权)人 [中国科学院安徽光学精密机械研究所](#)
地址 [230031安徽省合肥市蜀山湖路350号](#)
发明(设计)人 [夏营威 张 龙 朱 灵 吴晓松 李志刚 朱 震 范彦平 刘勇 王 安](#)
主分类号 [G01D5/26\(2006.01\)I](#)
分类号 [G01D5/26\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 [101581586](#)
公开(公告)日 [2009-11-18](#)
专利代理机构 [安徽合肥华信知识产权代理有限公司](#)
代理人 [余成俊](#)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910117125.1

[43] 公开日 2009年11月18日

[11] 公开号 CN 101581586A

[22] 申请日 2009.6.23

[21] 申请号 200910117125.1

[71] 申请人 中国科学院安徽光学精密机械研究所
地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路350号

[72] 发明人 夏营威 张龙 朱灵 吴晓松
李志刚 朱震 范彦平 刘勇
王安

[74] 专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理有限公司
代理人 余成俊

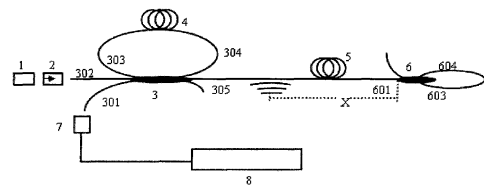
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

[54] 发明名称

一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器

[57] 摘要

本发明涉及一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：包括第一光纤耦合器和第二光纤耦合器，所述第一光纤耦合器的进光端口为第二端口，出光端口为第一、第三、第四、第五、第六端口；第一光纤耦合器的第三、第四端口通过延迟光纤相互连接，所述第一光纤耦合器的第一端口其前方设有光电探测单元，所述光电探测单元的输出信号接入 A/D 变换数字采集卡，所述 A/D 变换数字采集卡与计算机电连接；还包括有传感光纤、第二光纤耦合器；所述第一光纤耦合器的第二端口前方设有参考光源，参考光源与第二端口之间设有光隔离器。本发明减少了插入损耗，通过合理的选择延迟光纤的长度既可以抑制传感光纤中的传感死区，又可以消除信号解调中出现的伪零频点，并提高了信噪比。



1、一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：包括第一光纤耦合器和第二光纤耦合器，所述第一光纤耦合器的进光端口为第二端口，出光端口为第一、第三、第四、第五、第六端口；第一光纤耦合器的第三、第四端口通过延迟光纤相互连接，所述第一光纤耦合器的第一端口其前方设有光电探测单元，所述光电探测单元的输出信号接入 A/D 变换数字采集卡，所述 A/D 变换数字采集卡与计算机电连接；还包括有传感光纤，所述第一光纤耦合器的第五端口与传感光纤的一个端口连接，所述传感光纤的另一个端口与所述第二光纤耦合器的一个端口连接，所述第二光纤耦合器上还有另外的两个端口之间通过光纤连接；所述第一光纤耦合器的第二端口前方设有参考光源，参考光源与第二端口之间设有光隔离器。

2、根据权利要求 1 所述的一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：所述第一光纤耦合器共有六个端口，为 3×3 结构，其中有一个端口空置。

3、根据权利要求 1 所述的一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：所述第二光纤耦合器共有四个端口，为 2×2 结构，其中有一个端口空置。

4、根据权利要求 1 所述的一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：所述第一光纤耦合器和第二光纤耦合器皆为单模光纤耦合器。

5、根据权利要求 1 所述的一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：所述光电探测单元包括依次电连接的光电探测器、前置放大器和高通滤波电路，光信号进入光电探测器后，被光电探测器转换为电信号，再依次经过前置放大器和高通滤波电路，传送至 A/D 变换数字采集卡。

一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器

技术领域

本发明涉及光学传感器领域，尤其是一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器。

背景技术

在光纤 Sagnac 干涉仪中，从光源出来的光经耦合器分为两束，分别沿光纤环的顺时针和逆时针方向传播，当光纤中某点受到外界变化的扰动，使通过该点光束产生相位变化。两相向传播的光是在不同时刻经过该点，使得产生的附加相位变化量不相等，当两相向传播的光回到耦合器时发生干涉，通过解调该信号可以得到相关的位置信息。由于两路产生干涉的光在同一光路中传播，只是传播方向相反，因而避免了其他干涉结构中调整光路的困难，降低了对光源相干长度的要求，且对环境中缓慢变化的噪声如温度的变化不敏感。基于 Sagnac 干涉的传感器具有灵敏度和分辨率高、体积小、重量轻、耐腐蚀、结构简单、抗电磁干扰能力强且能在易燃易爆环境下可靠运行，易于感应被测参量，灵敏度高，响应快，动态范围大，传输损耗低的优点，因此具有实现长距离多参量监测的固有优势，在光纤陀螺、光纤周界安全监测、管道泄漏监测等方面有广泛应用。

在分布式光纤传感器中，由于光纤光路中的各种光纤双折射、光纤弯曲损耗、光纤扭曲等干扰，光源的光强度波动，光电探测器的噪声，电路及数据采集卡的噪声等，使传感光路在没有受到外界的扰动时，得到的光信号有一定的幅度波动。当光路受到扰动时，如果因扰动而产生的干涉信号幅度小于系统中的噪声时，则此时有用信号会湮没在噪声当中，无法解调出扰动位置，这就是传感死区。而目前的大多数基于 Sagnac 的分布式光纤传感器没有考虑传感死区问题，更没有提出消除传感死区的办法。一般的单轴式光纤 Sagnac 分布式传感器是通过在光纤轴的端面镀膜或加反射镜的方法来实现光的循环，但镀膜的光纤头存在镀膜不均匀、极易受到磨损、长久挥发等问题，且会影响光的传输质量，需要高质量镀膜以及加保护头等措施，这无形之中增加了成本和复杂度；加反射镜会增加插入损耗，也很难实现光的全反射，造成干涉信号强度减弱，降低了信号的信噪比，对

信号解调不利。

发明内容

本发明的目的是提供一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，以解决传统技术存在传感死区，以及传统技术的光循环容易导致干涉信号强度减弱的问题。

为了达到上述目的，本发明所采用的技术方案为：

一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：包括第一光纤耦合器和第二光纤耦合器，所述第一光纤耦合器的进光端口为第二端口，出光端口为第一、第三、第四、第五、第六端口；第一光纤耦合器的第三、第四端口通过延迟光纤相互连接，所述第一光纤耦合器的第一端口其前方设有光电探测单元，所述光电探测单元的输出信号接入 A/D 变换数字采集卡，所述 A/D 变换数字采集卡与计算机电连接；还包括有传感光纤，所述第一光纤耦合器的第五端口与传感光纤的一个端口连接，所述传感光纤的另一个端口与所述第二光纤耦合器的一个端口连接，所述第二光纤耦合器上还有另外的两个端口之间通过光纤连接；所述第一光纤耦合器的第二端口前方设有参考光源，参考光源与第二端口之间设有光隔离器。

所述的一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：所述第一光纤耦合器共有六个端口，为 3×3 结构，其中有一个端口空置。

3、根据权利要求 1 所述的一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：所述第二光纤耦合器共有四个端口，为 2×2 结构，其中有一个端口空置。

4、根据权利要求 1 所述的一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：所述第一光纤耦合器和第二光纤耦合器皆为单模光纤耦合器。

5、根据权利要求 1 所述的一种抑制传感器死区的分布式光纤 sagnac 定位传感器，其特征在于：所述光电探测单元包括依次电连接的光电探测器、前置放大器和高通滤波电路，光信号进入光电探测器后，被光电探测器转换为电信号，再依次经过前置放大器和高通滤波电路，传送至 A/D 变换数字采集卡。

本发明中，光隔离器保证光束单向传输的一种器件，防止光路中出现的反射光对光源带来的危害。第一光纤耦合器和第二光纤耦合器都是单模光纤耦合器，分别为 3×3 的和 2×2 的结构，这样可以使分光比均匀。光电探测单元的功能是将光信号转换为电信号并进行放大和滤波，因此包括一个光电探测器、前置放大器和高通滤波电路，光电探测器的响应波长应在光源发射的光信号波段，可以是PIN光电二极管。

本发明具有以下特点和优点：

1) 本发明采用全光纤器件，光电探测器带有尾纤，可与光纤直接熔接，减少了插入损耗。

2) 本发明通过合理的选择延迟光纤的长度既可以抑制传感光纤中的传感死区，又可以消除信号解调中出现的伪零频点。

3) 本发明通过一个 2×2 光纤耦合器构成光纤环形镜，实现光反射，降低了制作工艺的复杂性，提高了信噪比。

附图说明

图1为本发明结构示意图。

图2为光路有干扰及无干扰时的信号，其中：

图2a为光路的中点处无扰动时的信号。图2b为光路的中点处有扰动时的信号。

图3为扰动后及变换后的FFT干扰信号，其中：

图3a为扰动后的干涉信号。图3b为FFT变换后的干扰信号。

图4为处理后的信号，其中：

图4a为小波去噪及邻域平均后的信号。图4b为分段最小二乘法拟合后信号。

具体实施方式

参见图1，一种抑制传感器死区的分布式光纤sagnac定位传感器，设置有光源1、光隔离器2，光隔离器2是保证光束单向传输的一种器件，防止光路中出现的反射光对光源带来的危害。包括分别带有多个端口的第一光纤耦合器3和第二光纤耦合器6，第一光纤耦合器3和第二光纤耦合器6皆为单模光纤耦合器，两个光纤耦合器的端口分别对称分布在光纤耦合器的两侧，第一光纤耦合器3共有六个端口，为 3×3 结构，其中有端口306空置，第二光纤耦合器6共有四

个端口，为 2×2 结构，其中有一个端口 602 空置。第一光纤耦合器 3 的端口 302 为进光端口，光源 1 发出的光经过光隔离器 2 后，射入第一光纤耦合器 3 的进光端口 302。第一光纤耦合器 3 的另外两个端口 303、304 通过延迟光纤 4 相互连接，第一光纤耦合器 3 的端口 301 其前方设有光电探测单元 7，光电探测单元 7 与 A/D 变换数字采集卡电连接，A/D 变换数字采集卡与计算机 8 电连接，光电探测单元 7 包括依次电连接的光电探测器、前置放大器和高通滤波电路，光电探测器可选用 PIN 光电二极管，光信号进入光电探测器后，被光电探测器转换为电信号，再依次经过前置放大器和高通滤波电路，传送至 A/D 变换数字采集卡。还包括有传感光纤 5，第一光纤耦合器 3 的端口 305 与传感光纤 5 的一个端口连接，传感光纤 5 的另一个端口与第二光纤耦合器 6 的端口 601 连接，第二光纤耦合器上还有两个端口 603、604 通过光纤连接。

光源 1 发出的光，经过光隔离器 2 后进入第一光纤耦合器 3，由于第一光纤耦合器 3 的分光作用，一部分光从端口 304 进入延迟光纤 4，还有一部分光进入传感光纤 5。进入传感光纤的光从第二光纤耦合器 6 的端口 601 进入后分别从端口 603 与端口 604 出射，因这两端口已相连则这两端的光又全都从相对的端口 604 与 603 进入第二光纤耦合器 6，部分光从端口 601 出射，出射的光又从传感光纤 5 到达第一光纤耦合器 3，经第一光纤耦合器 3 的分光作用一部分从 303 进入延迟光纤 4，从端口 303 进入延迟光纤 4 的光又从端口 304 进入第一光纤耦合器 3；从端口 304 进入延迟光纤 4 的光从端口 303 进入第一光纤耦合器后一部分光从端口 305 进入传感光纤 5 后经第二光纤耦合器 6 的反射，沿传感光纤 5 从端口 305 进入第一光纤耦合器 3 与前一路光发生干涉，干涉信号从第一光纤耦合器的端口 301 出射，被光电探测单元 7 接收变为电信号，后送入计算机 8 进行信号解调。由于第一光纤耦合器 3 的分光作用，在整个光路中除了这两路相干光外还存在其他的相干光，但每经过一次第一光纤耦合器 3 的分光，信号的强度就要降低，使得这些剩余相干光的干涉信号与主相干光的干涉信号值相比很小，可以忽略不计，这样整个干涉系统可以只考虑主相干光。

当传感光纤 5 上某一点受到外界扰动时，扰动会对通过该点的光产生一个相位扰动，表示为： $\varphi(t) = \varphi_0 \sin(\omega t + \gamma)$ ， φ_0 为扰动相位的幅值， γ 为常数， ω 是扰动信号频率，相干光中每路光分别通过扰动点的次数为两次，则干涉信号可表

示为： $I = B \cos(\varphi(t_4, x) + \varphi(t_3, x) - \varphi(t_2, x) - \varphi(t_1, x) + \Delta\phi)$

式中 B 为不同的常数， $\Delta\phi$ 为光路固有的相位差， t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 是光路上同一点不同的扰动时刻。由于在没有扰动时系统输出的信号存在一定的波动，若干涉信号的变化幅度小于此噪声，则信号湮没在噪声当中，这就是传感死区现象。而当扰动点位于光路的中点位置，即 $t_2=t_3$ 时得到的相位差最小。因此要消除死区现象，就必须使扰动时刻 t_4 与 t_1 分开足够大，而使最小扰动相位差值增大。通过增加延迟光纤的长度 L_2 可使 t_4 ($t_4 = t_1 + \frac{L_2 + 2x}{v}$ ，其中 x 为扰动点位置， v 为光在光纤中的传播速度) 与 t_1 差值增大，可估算出 $L_2 \geq 44.44\text{m}$ 就可以消除死区。

干涉信号中的相位差可表示为：

$$\Delta\phi = 2 \sin \frac{\omega L_2}{2v} \cos(\omega(t - \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4}) + \Delta\gamma) \cos \omega \frac{x}{v}$$

$\Delta\gamma$ 为相位常数，一般的扰动产生的相位调制信号是一宽频信号，当 $\omega \frac{x}{v} = \frac{\pi}{2} + N\pi$ 时或 $\frac{\omega L_2}{2v} = M\pi$ 时 (N, M 为整数)， $\Delta\phi$ 为零，此时干涉信号的强度为零，满足上述第一个条件的频率值称为零频点。由于扰动信号在 50KHZ 以上能量很弱，所以只要使 $\frac{\omega L_2}{2v} = M\pi$ 决定的伪零频点大于 50KHZ 既 $L_2 \leq 4000\text{m}$ 或滤除此式决定的伪零频点，系统中选择的 L_2 长度为 2000m，从图 2 中可以看到该传感器消除了传感死区。从信号频谱图图上寻找零频点 f_k 就可以确定扰动点的位置：

$$x = \frac{c}{4nf_k} + \frac{kc}{2nf_k} \quad (k \text{ 为整数})。$$

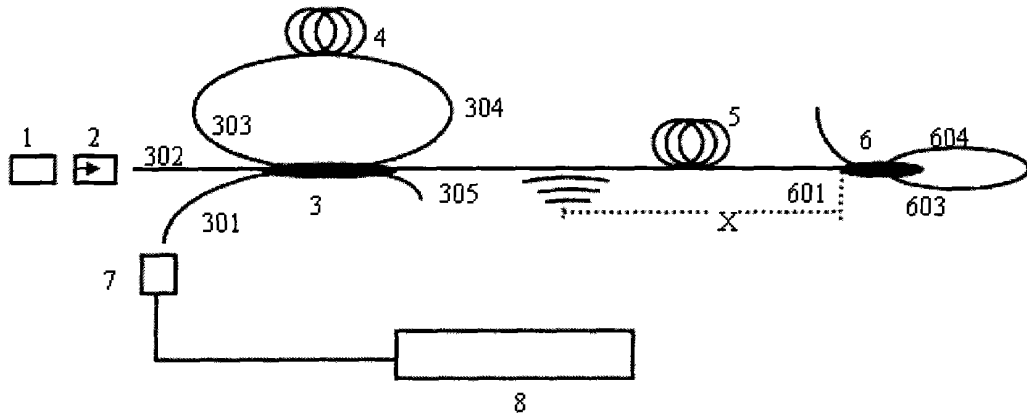


图 1

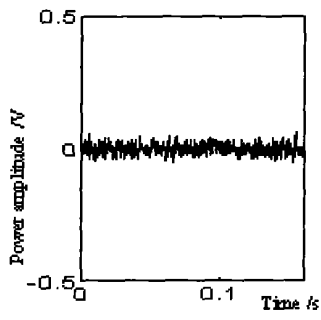


图 2a

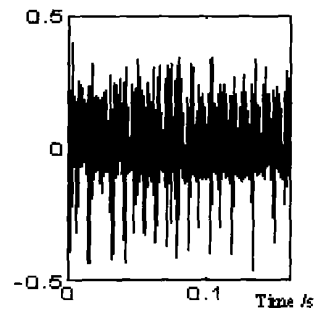


图 2b

图 2

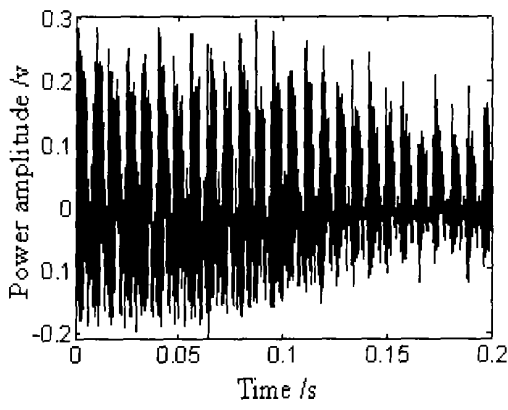


图 3a

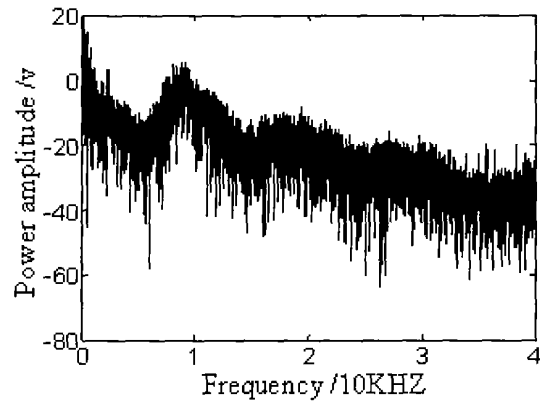


图 3b

图 3

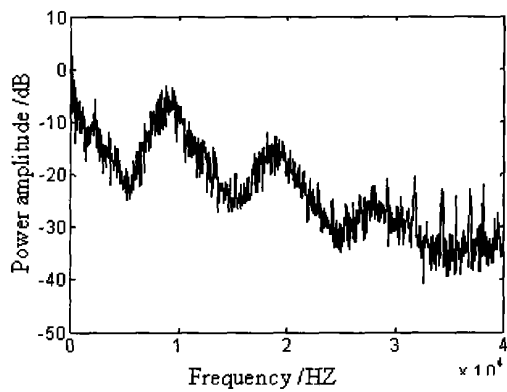


图 4a

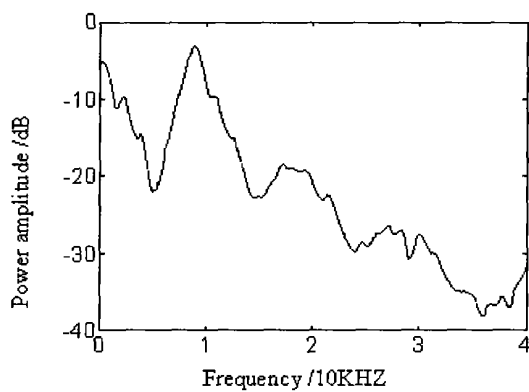


图 4b

图 4