



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111012356 A

(43)申请公布日 2020.04.17

(21)申请号 201911170865.1

(22)申请日 2019.11.26

(71)申请人 武汉纺织大学

地址 430200 湖北省武汉市江夏区阳光大道1号武汉纺织大学电子与电气工程学院

(72)发明人 丁磊 余烈 肖适 王骏

(74)专利代理机构 北京同辉知识产权代理事务所(普通合伙) 11357

代理人 孙艳敏

(51)Int.Cl.

A61B 5/11(2006.01)

A61B 5/107(2006.01)

A61B 5/103(2006.01)

G01D 5/353(2006.01)

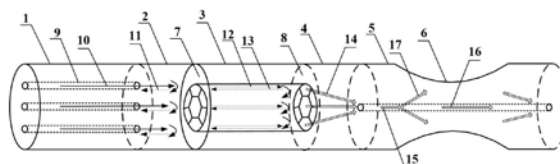
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统和方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统和方法,涉及步态检测与识别领域,该系统包括光源模块、光纤耦合模块、探测解调模块、信号处理模块、上位机模块和若干微纳光纤复合传感器;其中,微纳光纤复合传感器包括顺次连接的多芯光纤、光子晶体光纤和单模光纤,所述单模光纤上设置有拉锥区,所述多芯光纤与光子晶体光纤的连接之处为第一坍塌区,所述光子晶体光纤与单模光纤的连接之处为第二坍塌区。本发明能够避免传感器在测量过程中被交叉影响,从而进行多信息融合的三维步态检测与识别,有效的提高测量精度及识别率。



1. 一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统,其特征在於:包括光源模块、光纤耦合模块、探测解调模块、信号处理模块、上位机模块和若干微纳光纤复合传感器;

所述光源模块用于提供扫频光信号并发送至光纤耦合模块;所述光纤耦合模块用于将扫频光信号耦合成若干束扫频光信号并传输至相对应的微纳光纤复合传感器,所述光纤耦合模块耦合出的扫频光信号路数与微纳光纤复合传感器的数量一致;

所述微纳光纤复合传感器被固定于待测者的足底,膝盖关节,髌关节等处,用于探测相关部位的二维弯曲度、温度、应力和压力等运动信息并发送给探测解调模块;

所述探测解调模块用于解调微纳光纤复合传感器在探测过程中输出的光信号并发送给信号处理模块;所述信号处理模块用来将探测解调模块输出的电信号进行采样和算法处理后,传输至上位机模块,所述上位机模块将接收到的信号进行存储、显示和分析;

其中,微纳光纤复合传感器包括顺次连接的多芯光纤(1)、光子晶体光纤(3)和单模光纤(5),所述单模光纤(5)上设置有拉锥区(6),所述多芯光纤(1)与光子晶体光纤(3)的连接之处为第一坍塌区(2),所述光子晶体光纤(3)与单模光纤(5)的连接之处为第二坍塌区(4)。

2. 如权利要求1所述的一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统,其特征在於:所述第一坍塌区(2)与光子晶体光纤(3)相对应的一面为第一熔接面(7),所述第二坍塌区(4)与光子晶体光纤(3)相对应的一面为第二熔接面(8)。

3. 如权利要求2所述的一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统,其特征在於:所述多芯光纤(1)包括至少两根纤芯(9),所述纤芯(9)内的基模光信号(10)传递至第一熔接面(7)时,分为第一反射信号(11)和第一透射信号(12),所述第一反射信号(11)反射至多芯光纤(1)方向,第一透射信号(12)穿过光子晶体光纤(3)传递至第二熔接面(8)时,分为第二反射信号(13)和第二透射信号(14),所述第二反射信号(13)反射至多芯光纤(1)方向并与第一反射信号(11)发生干涉形成第一干涉输出信号(18),所述第一干涉输出信号(18)输出至探测解调模块;

所述第二透射信号(14)进入第二坍塌区(4),并在第二坍塌区(4)耦合形成耦合信号(15)进入单模光纤(5),耦合信号(15)在单模光纤(5)的拉锥区(6)前端耦合为拉锥基模光信号(16)和激发的若干第一包层模光信号(17),所述拉锥基模光信号(16)沿单模光纤(5)的纤芯传递,若干所述第一包层模光信号(17)在拉锥区(6)前端激发、后端耦合至单模光纤(5)的纤芯并与拉锥基模光信号(16)发生干涉形成第二干涉输出信号(19),所述第二干涉输出信号(19)输出至探测解调模块。

4. 如权利要求1所述的一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统,其特征在於:所述微纳光纤复合传感器的制备方法包括以下步骤:

S1、利用光纤熔接机手动模式调节多芯光纤(1)与光子晶体光纤(3)在X轴、Y轴相对位置至光功率值最大,此时,光子晶体光纤(3)的纤芯与多芯光纤(1)的纤芯(9)完全对准,焊接多芯光纤(1)和光子晶体光纤(3),将多芯光纤(1)切割至200~800um;

S2、将光子晶体光纤(3)远离多芯光纤(1)的一端与拉锥后的单模光纤(5)焊接。

5. 如权利要求4所述的一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统,其特征在於:所述光子晶体光纤(3)与单模光纤(5)焊接时,将单模光纤(5)远离光子晶体光纤(3)的一端与光谱仪连接,调节干涉条纹至对比度最大时进行焊接。

6. 如权利要求4所述的一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统,其特征在于:所述光纤耦合模块与每个微纳光纤复合传感器之间均设置有隔离器(20)和光环形器(21)。

7. 一种基于权利要求1至6中任一项所述系统的微纳光纤复合传感的步态检测与识别方法,其特征就在于:包括以下步骤:

S1、将微纳光纤复合传感器固定在测试者身体相应之处,对微纳光纤复合传感器的二维弯曲度、温度、应力和压力探测值进行标定;

S2、被测试者行走,微纳光纤复合传感器采集相应数据并通过光纤耦合模块、探测解调模块传递至信号处理模块进行处理。

8. 如权利要求7所述的一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别方法,其特征就在于:步骤S1中所述对微纳光纤复合传感器的二维弯曲度、温度、应力和压力探测值进行标定包括以下步骤:

a、利用方向弯曲检测装置测试出微纳光纤复合传感器内部光信号波长漂移和方向弯曲度的对应关系:分别探测弯曲方向为 0° 、 90° 和 180° 下,曲率 $0m^{-1}$ 、 $0.5m^{-1}$ 、 $1m^{-1}$ 、 $1.5m^{-1}$ 、 $2m^{-1}$ 、 $2.5m^{-1}$ 、 $3m^{-1}$ 、 $3.5m^{-1}$ 、 $4m^{-1}$ 、 $4.5m^{-1}$ 、 $5m^{-1}$ 下波长漂移值;

b、根据不同弯曲方向和曲率下相对应的波长漂移值,按公式 $y_1 = a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 + b_1$,计算出系数 a_1 、 a_2 、 b_1 值,建立波长漂移-弯曲方向曲率方程;

c、利用横向应力检测装置测试出微纳光纤复合传感器内部透射和反射光信号波长漂移和压力的对应关系:将至少三个标准砝码分别放置在微纳光纤复合传感器上,读取并记录每组砝码对应的微纳光纤复合传感器内部透射和反射光信号波长漂移值;

d、根据不同砝码相对应的波长漂移值,按公式 $y_2 = a_2 \times x_2 + b_2$,计算出系数 a_2 、 b_2 值,建立波长漂移-重量方程;

e、利用应力检测装置测试出微纳光纤复合传感器内部透射光信号波长漂移和应力的对应关系:将至少三个标准砝码分别挂置在微纳光纤复合传感器上,读取并记录每组砝码对应的微纳光纤复合传感器内部透射和反射光信号波长漂移值;

f、根据不同砝码相对应的波长漂移值,按公式 $y_2 = a_2 \times x_2 + b_2$,计算出系数 a_2 、 b_2 值,建立波长漂移-重量方程。

9. 如权利要求7所述的一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别方法,其特征就在于:信号处理模块进行数据处理包括滤波去噪处理和解算;

其中,滤波去噪处理包括以下步骤:

判定波长漂移点为孤立点,提取测试应力、压力和弯曲相应的数据,提取 n 包测试应力的数据,以4包数据为单位构建 2×2 滤波窗口,按此窗口统计窗内有效波长漂移点,以阈值 t 为判断标准,若有效点数大于阈值,则计数加1,最后得到前后 n 包数据的的计数和,若计数和大于阈值 t ,则表明为有效数据点,采用滤波算法对当前 2×2 窗口进行滤波,若计数和小于阈值 t ,则此包数据置0,进行下一个波长漂移点的判断。

一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及步态检测与识别领域,具体涉及一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统和方法。

背景技术

[0002] 作为人体固有的生理特征,步态可在智能假肢、智能监控、临床医学、康复治疗、运动分析等众多领域发挥其作用。通过步态检测与识别,可以对运动人体的行为进行分析,进而实现对特殊人群的异常行为或状态进行跟踪检测。

[0003] 根据获取信息方式的不同,识别步态的方式包括图像识别和运动传感器识别,图像识别是基于视觉的识别方式,通过对视频图像序列进行一系列处理,实现自身动作的身份识别,是一种非接触式的信息采集技术,适合远距离的步态识别,通常用于机场等公共场所的安检系统,图像识别在使用时,容易受到光照、场景、角度、遮挡等环境因素的影响,且现有算法的识别准确率较低。

[0004] 运动传感器识别是基于非视觉的识别方式,该方式通过将传感器放置在人体的相应位置,利用传感器进行数据采集,再对采集到的数据进行分析处理来识别步态,传感器信号分析算法相对简便,系统简单,实时性好,且基于运动传感器的步态识别相对于基于图像的分析系统而言简单易行,还能够有效避免外界环境带来的干扰。

[0005] 近年来公开的基于运动传感器的步态检测与识别的文献大多集中在一维检测,即传感器对足底压力、关节角度或者运动加速度进行单一测量,这种检测方式所得到的信号较单一,步态识别率有限。

[0006] 在此基础上发展出的多种传感器并行采集人体运动信号(足底压力,膝盖关节角度,髋关节角度等),进行多信息融合的三维步态检测与识别是一种全新的探测机理,为步态识别算法开辟了新的模型,逐渐成为一种更有效的步态检测与识别方法。

[0007] 光纤传感器由于其体积小、灵敏度高、抗干扰能力强等特点在传感监测领域受到广泛关注。常用的光纤传感器包括干涉型传感器、光栅型传感器、拉曼或布里渊散射的分布式传感器、点阵式或准分布式的传感器,在实际探测过程中,人体在运动时诸如温度、应力、弯曲角度等参量同时作用于传感器,需要传感器对多个参量同时进行探测并且结果互不干扰,排除交叉影响,才能得到较准确的数据。

[0008] 公开号为CN102512185A的发明专利申请公开了“一种穿戴式足部健康测量方法”,其包括一种内嵌光纤光栅传感器的鞋垫,用于测量足部运动时8个关节骨骼对鞋垫的压力,在使用时,同一个光纤光栅传感器的透射或反射波长漂移会同时受到温度、压力、横向应力、弯曲角度和加速度交叉的影响,该方法未说明如何解决光纤光栅传感器在测量过程中被交叉影响的方法,测量效果有限,准确度较低。

[0009] 公开号为CN202096210U的发明专利公开了“一种基于足底压力的无线步态测量仪”,该测量仪实际为采用薄膜压阻型压力传感器的步态检测鞋垫,该测量仪采用基于足底压力的一维探测机理,通过无线的方式进行数据的传输,与采用三维步态检测与识别的方

法相比,识别率不足。

[0010] 公开号为CN106913342A的发明专利申请公开了“一种基于光纤光栅和压力传感器的步态测试系统和方法”,该方法利用光纤光栅测试上下肢表面压力和足底压力,利用压力传感器测试足底压力作为校验标准的步态检测方法,同时测试使用者不同身体部位的压力。但是,该方法也没有说明如何避免光纤光栅传感器在测量过程中被交叉影响,导致测量结果准确度有限。

[0011] 公开号为CN202522352U的发明专利公开了“一种基于光纤光栅的脚底压力测量装置”,该装置利用光纤光栅测量足底压力,测量方式为一维测量,且未说明如何解决光纤光栅传感器在测量过程中被交叉影响的方法,测量效果有限。

发明内容

[0012] 针对现有技术中存在的缺陷,本发明的目的在于提供一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统和方法,能够避免测量过程中传感器相互影响,能够进行多信息融合的三维步态检测与识别,测量精度较高。

[0013] 为达到以上目的,本发明采取的技术方案是:

[0014] 一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统,包括光源模块、光纤耦合模块、探测解调模块、信号处理模块、上位机模块和若干微纳光纤复合传感器;

[0015] 所述光源模块用于提供扫频光信号并发送至光纤耦合模块;所述光纤耦合模块用于将扫频光信号耦合成若干束扫频光信号并传输至相对应的微纳光纤复合传感器,所述光纤耦合模块耦合出的扫频光信号路数与微纳光纤复合传感器的数量一致;

[0016] 所述微纳光纤复合传感器被固定于待测者的足底,膝盖关节,髌关节等处,用于探测相关部位的二维弯曲度、温度、应力和压力等运动信息并发送给探测解调模块;

[0017] 所述探测解调模块用于解调微纳光纤复合传感器在探测过程中输出的光信号并发送给信号处理模块;所述信号处理模块用来将探测解调模块输出的电信号进行采样和算法处理后,传输至上位机模块,所述上位机模块将接收到的信号进行存储、显示和分析;

[0018] 其中,微纳光纤复合传感器包括顺次连接的多芯光纤、光子晶体光纤和单模光纤,所述单模光纤上设置有拉锥区,所述多芯光纤与光子晶体光纤的连接之处为第一坍塌区,所述光子晶体光纤与单模光纤的连接之处为第二坍塌区。

[0019] 进一步的,所述第一坍塌区与光子晶体光纤相对应的一面为第一熔接面,所述第二坍塌区与光子晶体光纤相对应的一面为第二熔接面。

[0020] 进一步的,所述多芯光纤包括至少两根纤芯,所述纤芯内的基模光信号传递至第一熔接面时,分为第一反射信号和第一透射信号,所述第一反射信号反射至多芯光纤方向,第一透射信号穿过光子晶体光纤传递至第二熔接面时,分为第二反射信号和第二透射信号,所述第二反射信号反射至多芯光纤方向并与第一反射信号发生干涉形成第一干涉输出信号,所述第一干涉输出信号输出至探测解调模块;

[0021] 所述第二透射信号进入第二坍塌区,并在第二坍塌区耦合形成耦合信号进入单模光纤,耦合信号在单模光纤的拉锥区前端耦合为拉锥基模光信号和若干激发的第一包层模光信号,所述拉锥基模光信号沿单模光纤的纤芯传递,若干所述第一包层模光信号在拉锥区前端发散、后端汇聚至单模光纤的纤芯并与拉锥基模光信号耦合干涉形成第二干涉输出

信号,所述第二干涉输出信号输出至探测解调模块。

[0022] 进一步的,所述微纳光纤复合传感器的制备方法包括以下步骤:

[0023] S1、利用光纤熔接机手动模式调节多芯光纤与光子晶体光纤在X轴、Y轴相对位置至光功率值最大,此时,光子晶体光纤的纤芯与多芯光纤的纤芯完全对准,焊接多芯光纤和光子晶体光纤,将多芯光纤切割至200~800um;

[0024] S2、将光子晶体光纤远离多芯光纤的一端与拉锥后的单模光纤焊接。

[0025] 进一步的,所述光子晶体光纤与单模光纤焊接时,将单模光纤远离光子晶体光纤的一端与光谱仪连接,调节干涉条纹至对比度最大时进行焊接。

[0026] 进一步的,所述光纤耦合模块与每个微纳光纤复合传感器之间均设置有隔离器和光环形器。

[0027] 一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别方法,包括以下步骤:

[0028] S1、将微纳光纤复合传感器固定在测试者身体相应之处,对微纳光纤复合传感器的二维弯曲度、温度、应力和压力探测值进行标定;

[0029] S2、被测试者行走,微纳光纤复合传感采集相应数据并通过光纤耦合模块、探测解调模块传递至信号处理模块进行处理。

[0030] 进一步的,步骤S1中所述对微纳光纤复合传感器的二维弯曲度、温度、应力和压力探测值进行标定包括以下步骤:

[0031] a、利用方向弯曲检测装置测试出微纳光纤复合传感器内部光信号波长漂移和方向弯曲度的对应关系:分别探测弯曲方向为 0° 、 90° 和 180° 下,曲率 $0m^{-1}$ 、 $0.5m^{-1}$ 、 $1m^{-1}$ 、 $1.5m^{-1}$ 、 $2m^{-1}$ 、 $2.5m^{-1}$ 、 $3m^{-1}$ 、 $3.5m^{-1}$ 、 $4m^{-1}$ 、 $4.5m^{-1}$ 、 $5m^{-1}$ 下波长漂移值;

[0032] b、根据不同弯曲方向和曲率下相对应的波长漂移值,按公式 $y_1 = a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 + b_1$,计算出系数 a_1 、 a_2 、 b_1 值,建立波长漂移-弯曲方向曲率方程;

[0033] c、利用横向应力检测装置测试出微纳光纤复合传感器内部透射和反射光信号波长漂移和压力的对应关系:将至少三个标准砝码分别放置在微纳光纤复合传感器上,读取并记录每组砝码对应的微纳光纤复合传感器内部透射和反射光信号波长漂移值;

[0034] d、根据不同砝码相对应的波长漂移值,按公式 $y_2 = a_2 \times x_2 + b_2$,计算出系数 a_2 、 b_2 值,建立波长漂移-重量方程;

[0035] e、利用应力检测装置测试出微纳光纤复合传感器内部透射光信号波长漂移和应力的对应关系:将至少三个标准砝码分别挂置在微纳光纤复合传感器上,读取并记录每组砝码对应的微纳光纤复合传感器内部透射和反射光信号波长漂移值;

[0036] f、根据不同砝码相对应的波长漂移值,按公式 $y_2 = a_2 \times x_2 + b_2$,计算出系数 a_2 、 b_2 值,建立波长漂移-重量方程。

[0037] 进一步的,信号处理模块进行数据处理包括滤波去噪处理和解算;

[0038] 其中,滤波去噪处理包括以下步骤:

[0039] 判定波长漂移点为孤立点,提取测试应力、压力和弯曲相应的数据,提取n包测试应力的数据,以4包数据为单位构建 2×2 滤波窗口,按此窗口统计窗内有效波长漂移点,以阈值t为判断标准,若有效点数大于阈值,则计数加1,最后得到前后n包数据的的计数和,若计数和大于阈值t,则表明为有效数据点,采用滤波算法对当前 2×2 窗口进行滤波,若计数和小于阈值t,则此包数据置0,进行下一个波长漂移点的判断。

[0040] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0041] (1) 本发明中的一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统,包括光源模块、光纤耦合模块、探测解调模块、信号处理模块、上位机模块和若干微纳光纤复合传感器;微纳光纤复合传感器包括顺次连接的多芯光纤、光子晶体光纤和单模光纤,单模光纤上设置有拉锥区,多芯光纤与光子晶体光纤的连接之处为第一坍塌区,光子晶体光纤与单模光纤的连接之处为第二坍塌区,在使用时,光纤内各纤芯探测的物理量能够相互独立,可根据实际的应用需求灵活选择所需要探测的物理量;微纳光纤复合传感器能够并行探测不同的参数,避免不同数据间的交叉影响,能够同时探测二维方向弯曲、温度、应力和压力,进而能够在增加测量数量对象的基础上,提高测量精度,实现多源三维的步态检测与识别。

[0042] (2) 本发明中的一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统,目前公开利用光纤进行步态检测的方式主要利用光栅型传感器。然而,在实际应用过程中,诸如温度、应力、弯曲度、压力等参量同时作用于传感器,需要传感器能够避免交叉影响,探测结果互不干扰。另一方面,随着光纤传感技术应用领域的进一步扩展,需要对温度、应力、弯曲度、压力等参量同时探测。因此,具备探测温度、应力、弯曲度、压力等参量的复合型的光纤传感器具有巨大的应用价值。

附图说明

[0043] 图1为本发明实施例中基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统的结构示意图;

[0044] 图2为本发明实施例中微纳光纤复合传感器的内部结构及光路传输图;

[0045] 图3为本发明实施例中基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统的光路传输图;

[0046] 图4为本发明实施例中信号处理模块的结构框图;

[0047] 图5为本发明实施例中基于空间域的多源曲线偏移步态识别算法流程图。

[0048] 图中:1-多芯光纤,2-第一坍塌区,3-光子晶体光纤,4-第二坍塌区,5-单模光纤,6-拉锥区,7-第一熔接面,8-第二熔接面,9-纤芯,10-基模光信号,11-第一反射信号,12-第一透射信号,13-第二反射信号,14-第二透射信号,15-耦合信号,16-拉锥基模光信号,17-第一包层模光信号,18-第一干涉输出信号,19-第二干涉输出信号,20-隔离器,21-光环形器。

具体实施方式

[0049] 以下结合附图对本发明的实施例作进一步详细说明。

[0050] 参见图1和图2示,本发明实施例提供一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别系统,包括光源模块、光纤耦合模块、探测解调模块、信号处理模块、上位机模块和若干微纳光纤复合传感器,光纤耦合模块与每个微纳光纤复合传感器之间均设置有隔离器20和光环形器21。

[0051] 光源模块用于提供扫频光信号并发送至光纤耦合模块;光纤耦合模块用于将扫频光信号耦合成若干束扫频光信号并传输至相对应的微纳光纤复合传感器,光纤耦合模块耦合出的扫频光信号路数与微纳光纤复合传感器的数量一致,光纤耦合模块通过光纤与微纳

光纤复合传感器连接。

[0052] 微纳光纤复合传感器被固定于待测者的足底,膝盖关节,髌关节等处,用于探测相关部位的二维弯曲度、温度、应力和压力等运动信息并发送给探测解调模块,具体的固定位置根据实际需要设置。

[0053] 探测解调模块用于解调微纳光纤复合传感器在探测过程中输出的光信号并发送给信号处理模块;信号处理模块用来将探测解调模块输出的电信号进行采样和算法处理后,传输至上位机模块,上位机模块将接收到的信号进行存储、显示和分析。

[0054] 其中,微纳光纤复合传感器包括顺次连接的多芯光纤1、光子晶体光纤3和单模光纤5,单模光纤5上设置有拉锥区6,多芯光纤1与光子晶体光纤3的连接之处为第一坍塌区2,光子晶体光纤3与单模光纤5的连接之处为第二坍塌区4,第一坍塌区2与光子晶体光纤3相对应的一面为第一熔接面7,第二坍塌区4与光子晶体光纤3相对应的一面为第二熔接面8。

[0055] 参见图3所示,多芯光纤1内至少有两根纤芯9,纤芯9内的基模光信号10(以其中一根纤芯9中的光路为例)传递至第一熔接面7时,分为第一反射信号11和第一透射信号12,第一反射信号11反射至多芯光纤1方向,第一透射信号12穿过光子晶体光纤3传递至第二熔接面8时,分为第二反射信号13和第二透射信号14,第二反射信号13反射至多芯光纤1方向并与第一反射信号11发生干涉形成第一干涉输出信号18,第一干涉输出信号18输出至探测解调模块。

[0056] 第二透射信号14进入第二坍塌区4,并在第二坍塌区4耦合形成耦合信号15进入单模光纤5,耦合信号15在单模光纤5的拉锥区6前端耦合为拉锥基模光信号16和激发的若干发散的第一包层模光信号17,拉锥基模光信号16沿单模光纤5的纤芯传递,若干第一包层模光信号17在拉锥区6前端激发、后端耦合至单模光纤5的纤芯并与拉锥基模光信号16发生干涉形成第二干涉输出信号19,第二干涉输出信号19输出至探测解调模块。

[0057] 在实际使用中,多芯光纤1内的纤芯9数量根据实际需要设置,本实施例中,以三芯光纤为例进行详细说明。

[0058] 参见图2所示,以三芯光纤为例,多芯光纤1内传播的多束光信号通过坍塌区进入空芯光子晶体光纤3,由于空气和二氧化硅之间的折射率存在差异,因此当三束光信号进入空芯光子晶体光纤3时在第一坍塌区2会分别产生第一反射光信号18: I_{1-1} 、 I_{2-1} 和 I_{3-1} ;通过空芯光子晶体光纤3后进入第二坍塌区4时产生第二反射光信号19: I_{1-2} 、 I_{2-2} 和 I_{3-2} ,第二反射光信号19与第一反射光信号18进行干涉,此时构成了微纳光纤复合传感器的法布里-珀罗干涉(FPI)部分,该部分各光信号干涉强度可以表示成:

$$[0059] \quad \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{1-1} & I_{1-2} & \sqrt{I_{1-1} \cdot I_{1-2}} \\ I_{2-1} & I_{2-2} & \sqrt{I_{2-1} \cdot I_{2-2}} \\ I_{3-1} & I_{3-2} & \sqrt{I_{3-1} \cdot I_{3-2}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \cos \gamma_i \end{bmatrix} \quad \text{公式一}$$

[0060] 公式一中, I_1 、 I_2 和 I_3 分别表示三束光信号干涉强度, γ_i 代表第*i*束光信号间的相位差,当空芯光子晶体光纤透射光信号耦合进入锥形单模光纤后,其中基模光信号耦合为包层模光信号和部分基模光信号,在锥形单模光纤另一端再次耦合基模光信号,此时干涉强度 I_4 可以表示成:

$$[0061] \quad I_4 = \alpha \cdot I_{co} + \beta \cdot I_{cl} + 2\alpha \cdot \beta \sqrt{I_{co} + I_{cl}} \cos\left(\frac{2\pi \cdot n_i \cdot L}{\lambda}\right) \quad \text{公式二}$$

[0062] 公式二中, α 和 β 代表级联耦合系数, L 代表干涉长度, I_{co} 和 I_{cl} 代表拉锥单模光纤中马赫增德尔干涉(MZI)部分中基模和包层模光强, n_i 表示在级联结构中基模和第 i 阶包层模的有效折射率差。

[0063] 当二维弯曲、应力、温度和压力作用在微纳光纤复合传感器上时, FPI部分反射光谱会发生漂移, MZI部分透射光谱会发生漂移。因此, 将微纳光纤复合传感器固定于被测试者身体的某些部位, 通过探测反射和透射谐振波长变化, 对FPI和MZI的探测部分进行补偿, 使其相互独立互不干扰, 能够对被测试者步态特征进行多源三维识别判断。

[0064] 参见图2和图3所示, 扫频光源模块产生测试所需的扫频光信号并发送至光纤耦合模块, 光纤耦合模块根据被测部位数(微纳光纤复合传感器数量)耦合若干扫频光信号, 本发明实施例中耦合成6束扫频光信号, 每束扫频光信号通过单模光纤传输至相应的隔离器20, 以保证光信号传输方向的单向性, 经过隔离器20的光信号被传输至相对应的光环形器21, 光环形器21将相应的光信号传入相对应的微纳光纤复合传感器, 微纳光纤复合传感器所采集的第二干涉输出信号19直接传输至探测解调模块, 第一干涉输出信号18反射至相对应的光环形器21后, 经由光环形器21传递至探测解调模块。

[0065] 探测解调模块将第一干涉输出信号18、第二干涉输出信号19的波长变化值解调成电信号并传输至信号处理模块进行处理, 信号处理模块将处理完后的信号通过总线传输至上位机。

[0066] 参见图4所示, 数字信号处理模块包括 n 路AD采集单元, 主处理器, 数据编码单元, 数据存储单元, 算法处理器和总线, AD采集单元, 数据编码单元, 数据存储单元, 算法处理器和总线均与主处理器连接, 算法处理器与数据存储单元连接。其中, AD采集单元的路数与微纳光纤复合传感器的数量相同, 用于采集相对应的微纳光纤复合传感器所发送的第一干涉输出信号18、第二干涉输出信号19并发送至主处理器进行预处理, 同时, 主处理器还作为高速接口协调数字信号处理单元内部的信号传输, 算法处理器将经过主处理器预处理的数字信号进行基于空间域的多源曲线偏移步态识别算法处理, 数据存储单元用于存储主处理器和算法处理器在工作过程中需要暂存的数据, 数据编码单元将主处理器和算法处理器处理完毕的数字信号进行相关数据分类编码处理, 通过总线传输至上位机。

[0067] 主处理器和算法处理器之间的数据交换流程如下:

[0068] a、主处理器从AD采集单元获取第一包数字信号(包括第一干涉输出信号18和第二干涉输出信号19), 将第一包数字信号进行滤波预处理后存放在数据存储单元。

[0069] c、算法处理器将存放在数据存储单元的第一包数据取出, 进行相关图像算法处理, 同时主处理器从AD采集单元获取第二包数字信号, 经过滤波预处理后存放在数据存储单元。

[0070] d、算法处理单元将处理好的第一包数据传输给主处理器后, 从数据存储单元读取暂存的第二包数据。

[0071] e、主处理器将算法处理器传输的第一包数据进行基于空间域的多源曲线偏移步态识别算法模型处理, 完毕后通过总线传输给上位机。

[0072] 同时, 算法处理器将第二包数据进行基于空间域的多源曲线偏移步态识别算法处

理后传输给主处理器,主处理器传输给数据编码单元进行编码后通过总线传输给上位机。

[0073] 参见图5所示,步骤e中基于空间域的多源曲线偏移步态识别算法包括:将多路微纳光纤复合传感器采集的数据进行运动分割,提取不同数据类型的特征,并对其进行标准化校准,从而建立不同数据类型的标准运动特征,将特征数据置于特征空间计算,包括相似性聚类、特征提取以及合并特征向量,将计算后的特征空间进行学习方式建模,包括:特征提取、模糊判断、子空间匹配、步态相似性度量、最大相似性、最终达到人体识别。

[0074] 微纳光纤复合传感器运动分割包括结合在时域、频域和谱域采用曲线偏移最邻近算法进行步态检测和识别以及基于向量机的步态检测和识别。

[0075] 特征提取包括将用于测试足底压力的微纳光纤复合传感器所测试的压力数据在时域、频域和谱域内的提取;将用于测试因肌肉伸缩而产生压力与应力的数据在时域、频域和谱域内的提取;将用于测试膝盖,髌关节等身体部位因弯曲产生的方向弯曲数据在时域、频域和谱域内的提取。

[0076] 对数据进行滤波去噪处理主要用于去除因微纳光纤复合传感器在探测过程中所采集的孤立的波长漂移点,具体步骤如下:

[0077] 其中,滤波去噪处理包括以下步骤:

[0078] 步骤一、快速判断波长漂移点是否孤立,若是,转入步骤二,否则进行下一个波长漂移值的判断。

[0079] 其中,快速判断波长漂移点是否是孤立点的方法如下:在时域上将选取若干个波长观测点,将选取的波长观测点前后的漂移值进行对比,若漂移值大于均值,则将该波长观测点进行剔除,若漂移值小于均值,则将该波长观测点保留。

[0080] 步骤二、将存储的特征参数按测试量进行分类提取,分别提取出测试应力、压力和二维弯曲等数据。

[0081] 提取n包测试应力的数据,以4包数据为单位构建 2×2 滤波窗口,按此统计窗内有效波长漂移点,以阈值t为判断标准,若有效点数大于阈值,则计数加1,最后得到前后n包数据的计数和,若计数和大于阈值t,则表明为有效数据点,采用滤波算法对当前 2×2 窗口进行滤波,若计数和小于阈值t,则此包数据置0,转入步骤三。

[0082] 步骤三、判断是否所有数据均处理完毕,若是,结束滤波,否则,转入步骤一。

[0083] 微纳光纤复合传感器的制备方法包括以下步骤:

[0084] A、将需要焊接的多芯光纤1连接至光源,多芯光纤1的另一端直接和光功率计相连,保证在进行焊接过程中的实时监测。

[0085] 利用光纤熔接机手动模式调节多芯光纤1与光子晶体光纤3在X轴、Y轴相对位置至光功率值最大,此时,光子晶体光纤3的纤芯与多芯光纤1的纤芯9完全对准,焊接多芯光纤1和光子晶体光纤3,将多芯光纤1切割至 $200 \sim 800 \mu\text{m}$ 。

[0086] S2、将光子晶体光纤3远离多芯光纤1的一端与拉锥后的单模光纤5焊接,光子晶体光纤3与单模光纤5焊接时,单模光纤5远离光子晶体光纤3的一端连接至光谱仪,通过观察光谱仪中干涉条纹对比度的变化进行调节,调节干涉条纹至对比度最大时进行焊接。

[0087] 本发明还提供一种基于微纳光纤复合传感的步态检测与识别方法,包括以下步骤:

[0088] S1、将微纳光纤复合传感器固定在测试者身体相应之处,对微纳光纤复合传感器

的二维弯曲度、温度、应力和压力的探测值进行标定。

[0089] S2、被测试者行走,微纳光纤复合传感器采集相应数据并通过光纤耦合模块、探测解调模块传递至信号处理模块进行处理。

[0090] 微纳光纤复合传感器进行数据分割和识别,提取特征参数后,将特征参数存入数据库,对所采集到的相应数据进行滤波去噪处理和解算。

[0091] 步骤S1中对微纳光纤复合传感器的二维弯曲度、温度、应力和压力的探测值进行标定包括以下步骤:

[0092] a、利用方向弯曲检测装置测试出微纳光纤复合传感器内部光信号波长漂移和方向弯曲度的对应关系:分别探测弯曲方向为 0° 、 90° 和 180° 下,曲率 0m^{-1} 、 0.5m^{-1} 、 1m^{-1} 、 1.5m^{-1} 、 2m^{-1} 、 2.5m^{-1} 、 3m^{-1} 、 3.5m^{-1} 、 4m^{-1} 、 4.5m^{-1} 、 5m^{-1} 下波长漂移值;

[0093] b、根据不同弯曲方向和曲率下相对应的波长漂移值,按公式 $y_1 = a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 + b_1$,计算出系数 a_1 、 a_2 、 b_1 值,建立波长漂移-弯曲方向曲率方程;

[0094] c、利用压力检测装置测试出微纳光纤复合传感器内部透射和反射光信号波长漂移和压力的对应关系:将至少三个标准砝码分别放置在微纳光纤复合传感器上,读取并记录每组砝码对应的微纳光纤复合传感器内部透射和反射光信号波长漂移值;

[0095] d、根据不同砝码相对应的波长漂移值,按公式 $y_2 = a_2 \times x_2 + b_2$,计算出系数 a_2 、 b_2 值,建立波长漂移-重量方程;

[0096] e、利用应力检测装置测试出微纳光纤复合传感器内部透射光信号波长漂移和应力的对应关系:将至少三个标准砝码分别挂置在微纳光纤复合传感器上,读取并记录每组砝码对应的微纳光纤复合传感器内部透射和反射光信号波长漂移值;

[0097] f、根据不同砝码相对应的波长漂移值,按公式 $y_2 = a_2 \times x_2 + b_2$,计算出系数 a_2 、 b_2 值,建立波长漂移-重量方程。

[0098] 微纳光纤复合传感器固定在被测试者所需测试部位(通常为足部、膝盖关节和髌关节等处,其中足部可以是产生应力和压力变化的足底或产生角度变化的脚踝)。

[0099] 本发明不仅局限于上述最佳实施方式,任何人在本发明的启示下都可得出其他各种形式的产品,但不论在其形状或结构上作任何变化,凡是具有与本发明相同或相近似的技术方案,均在其保护范围之内。

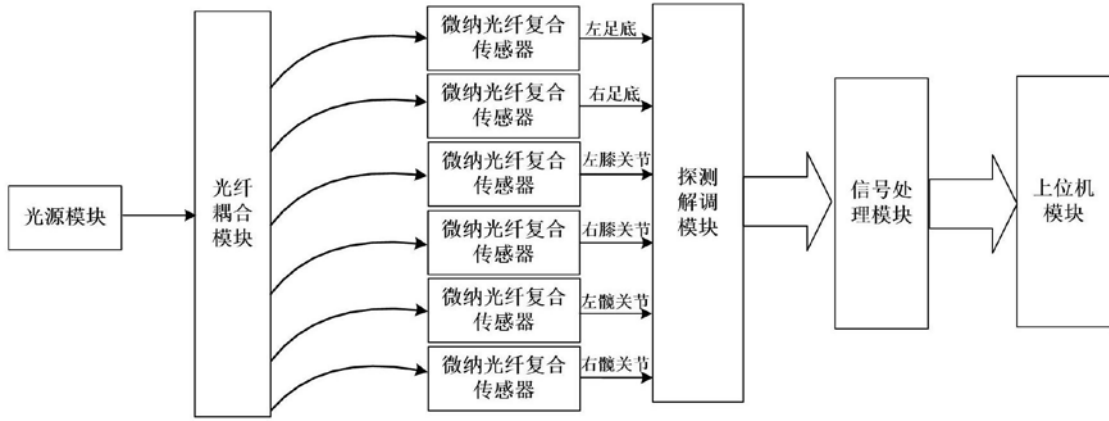


图1

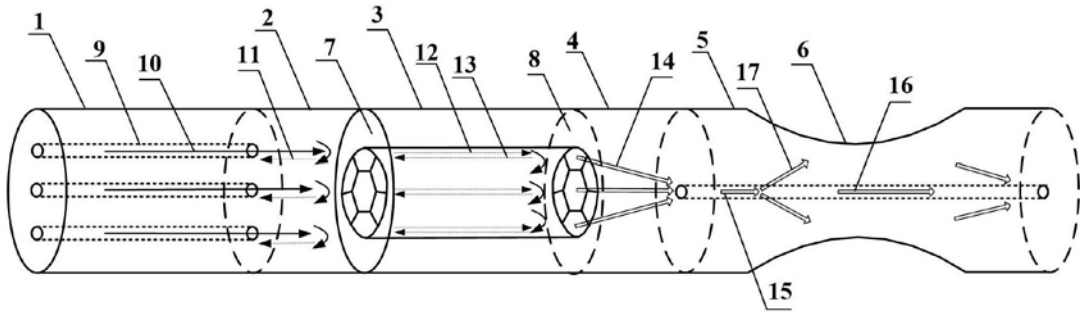


图2

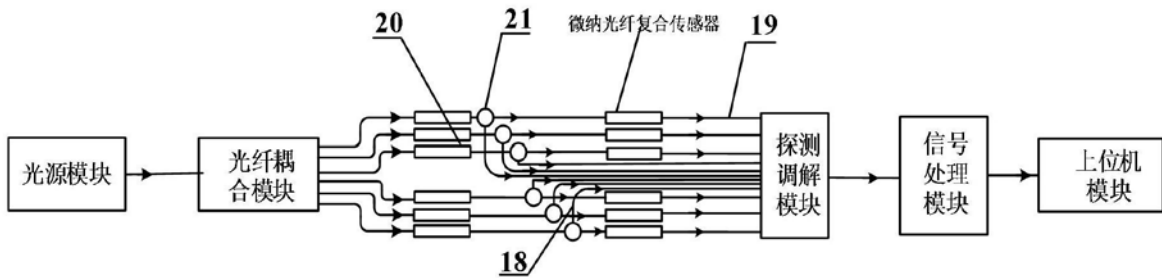


图3

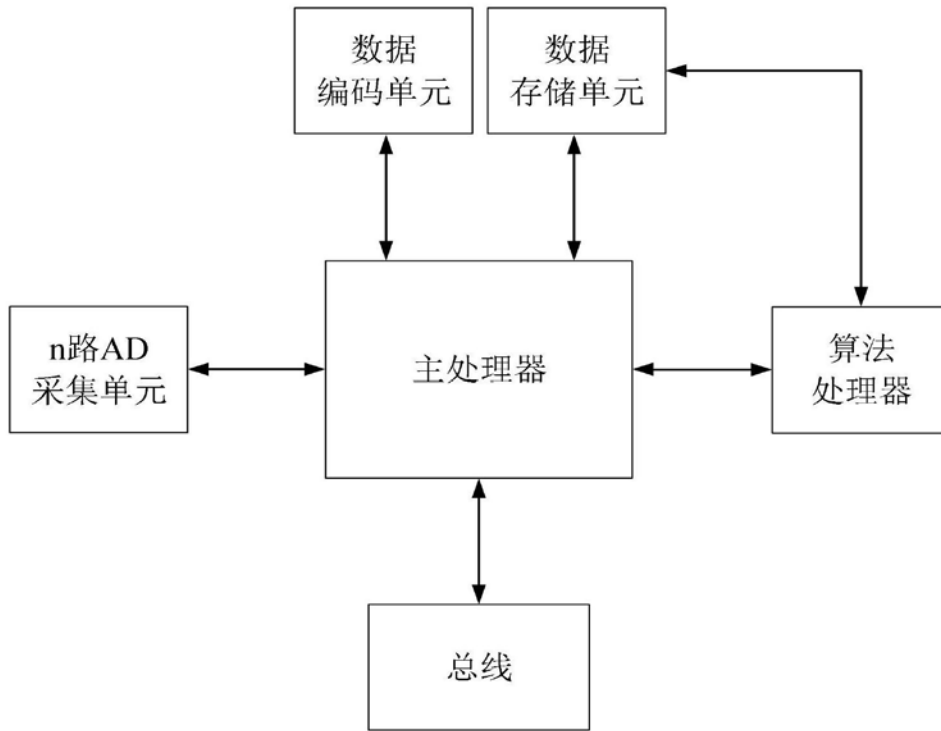


图4

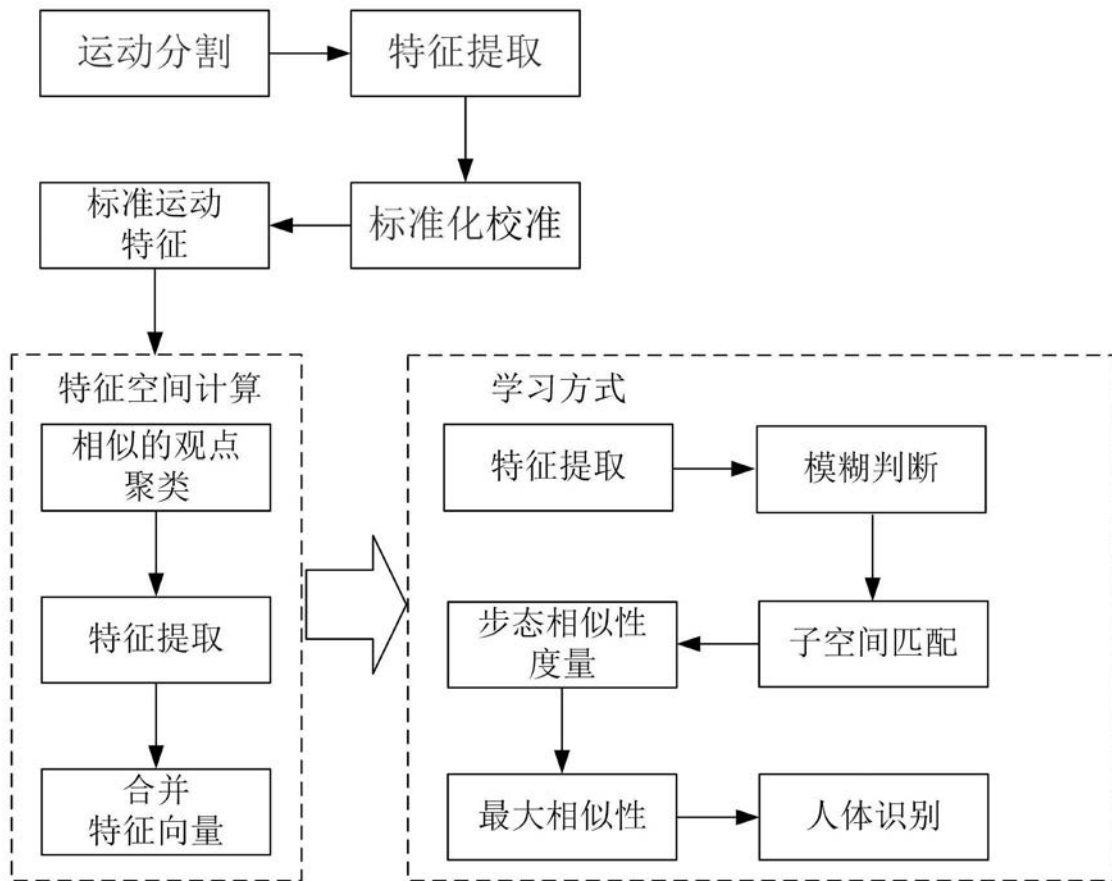


图5