



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112797972 A

(43) 申请公布日 2021.05.14

(21) 申请号 202011483276.1

(22) 申请日 2020.12.15

(71) 申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 缪立军 闫景涛 石锦 黄腾超
车双良 舒晓武

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 林松海

(51) Int. Cl.

G01C 19/72 (2006.01)

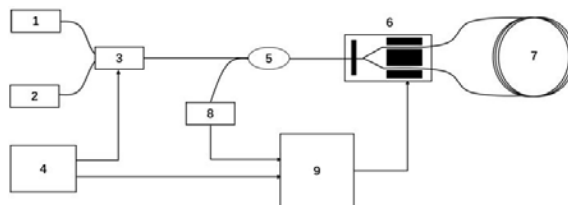
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

双波长交互式绕行的光纤陀螺装置及设计方法

(57) 摘要

本发明公开了双波长交互式绕行的光纤陀螺装置及设计方法,装置主要结构包括两个光源以及光纤1×2光开关、光开关驱动器、光纤耦合器、Y型多功能集成光学器件、保偏光纤敏感线圈、光电探测器、信号处理单元。在传统干涉式光纤陀螺的结构基础上采用了两个波长不同的光源,光源的输出端分别与光纤1×2光开关一侧的两路端口连接,并利用光开关驱动器以特定频率切换光开关状态使两个光源交替进入光纤陀螺光路系统,发生干涉之后由信号处理单元解算出单个切换周期内载体的实时角速度信息,通过差分运算消除温度效应等漂移。与现有技术相比,本发明能够有效抑制环境因素导致的误差,对光纤陀螺性能的提升和应用领域的拓展具有重要意义。



1. 一种双波长交互式绕行的光纤陀螺装置,其特征在于,包括波长为 λ 的第一光源(1)、波长为 $\lambda + \Delta\lambda$ 的第二光源(2)、光纤 1×2 光开关(3)、光开关驱动器(4)、光纤耦合器(5)、Y型多功能集成光学器件(6)、保偏光纤敏感线圈(7)、光电探测器(8)、信号处理单元(9);

所述光纤 1×2 光开关(3)由光开关驱动器(4)驱动并以特定频率在两种状态间切换,交替连接光纤陀螺系统与第一光源(1)或第二光源(2),连通过的一路光源发出的光经光纤耦合器(5)进入Y型多功能集成光学器件(6)被一分为二,分别以顺时针方向和逆时针方向经过保偏光纤敏感线圈(7)后返回Y型多功能集成光学器件(6)重新合成一路光形成干涉,干涉信号经过光纤耦合器(5)进入光电探测器(8)转变为电信号,由信号处理单元(9)采集处理后产生偏置和反馈电压加载到Y型多功能集成光学器件(6)上的相位调制器,同时结合光开关驱动器(4)生成控制信号的时序,解算出第一光源(1)与第二光源(2)在单个切换周期内相应的载体转速信息并作差分处理用于光纤陀螺输出,结合具体的标度因数计算出载体角速度。

2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述的第一光源(1)与第二光源(2)采用同类型宽谱光源,谱宽均为50nm。

3. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述的光纤耦合器(5)采用保偏耦合器。

4. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述的Y型多功能集成光学器件(6)为铌酸锂集成光学调制器,由起偏器、相位调制器以及Y波导组成,尾纤为保偏光纤。

5. 一种双波长交互式绕行的光纤陀螺设计方法,其特征在于,对两路光的干涉信号分别进行闭环探测时,共用光纤陀螺,在单个切换周期内视作受到同样的环境因素影响,所测相移中包含相等的环境漂移误差量,通过差分运算消除该项,输出的相位差表示为:

$$\Delta\phi = \frac{4\pi RL}{\lambda(\lambda + \Delta\lambda)c} \cdot \Delta\lambda \cdot \omega,$$

式中: R 为光纤环半径, L 为光纤环长, c 为真空光速, ω 为载体角速度,理论上 $\Delta\phi$ 中不包含任何环境误差,环境因素的影响被降至最低。

6. 根据权利要求5所述的设计方法,其特征在于,光开关驱动器产生TTL控制电平后分为两路,一路用于驱动光纤 1×2 光开关,另一路由信号处理单元进行实时采集,并参照光纤 1×2 光开关的切换速度判断当前所解调角度信息对应的实际波长。

双波长交互式绕行的光纤陀螺装置及设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤陀螺技术领域,具体是双波长交互式绕行的光纤陀螺装置及设计方法。

背景技术

[0002] 惯性导航是一种信息全面、实时连续、自主性好、抗干扰性强的载体多方位信息感知技术,在国防和民用层面占有重要地位。陀螺仪作为惯性系统的核心器件,主要用于敏感运动载体相对惯性空间的角运动,在感知精确位置和方向等方面发挥关键性作用。光纤陀螺以光纤传感线圈,集成光学器件和信号处理电路为基础,利用Sagnac效应实现对运动载体转动角速度高精度检测。与传统的机电陀螺相比,光纤陀螺无运动和磨损部件,且具有理论精度高、启动时间短、动态范围大以及成本低、体积小、寿命长等优势,目前正逐渐成为惯性导航系统应用的首选,已被世界许多国家应用到深空、潜海、采矿等众多领域。

[0003] 为进一步提升光纤陀螺的性能,各国研究人员都开展了深入的探索,时至今日,对光纤陀螺的研究已形成成熟的体系。在高精度光纤陀螺的研制中,通常会通过增加光纤的长度以累积角速度对应的Sagnac相移,但是这在导致成本、体积和绕制工艺难度增加的同时,还会引入由温度等环境因素在光纤环中产生的非互易相位差,而这种相位差会对Sagnac相移造成干扰且无法单独分离出来,在很大程度上限制了光纤陀螺的精度和应用。因此,亟需一种能够降低甚至彻底消除环境因素影响方案以提升光纤陀螺的稳定性,这对于光纤陀螺技术的发展具有重要意义。

发明内容

[0004] 本发明解决的技术问题在于克服光纤陀螺性能受环境因素的影响,提出双波长交互式绕行的光纤陀螺装置及设计方法,本发明所述技术方案通过对进入光纤陀螺系统的光源波长作高速切换和选择,在信号处理中引入差分运算消除温度漂移等因素的影响,大幅提升了光纤陀螺的性能。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

一种光纤陀螺双波长交互式绕行的光路设计方法,包括波长为 λ 的第一光源、波长为 $\lambda + \Delta\lambda$ 的第二光源、光纤 1×2 光开关、光开关驱动器、光纤耦合器、Y型多功能集成光学器件、保偏光纤敏感线圈、光电探测器、信号处理单元;光纤 1×2 光开关由光开关驱动器驱动并以特定频率在两种状态间切换,交替连接光纤陀螺系统与第一光源或第二光源,连通后的一路光源发出的光经光纤耦合器进入Y型多功能集成光学器件被一分为二,分别以顺时针方向和逆时针方向经过保偏光纤敏感线圈后返回Y型多功能集成光学器件重新合成一路光形成干涉,干涉信号经过光纤耦合器进入光电探测器转变为电信号,由信号处理单元采集处理后产生偏置和反馈电压加载到Y型多功能集成光学器件上的相位调制器,同时结合光开关驱动器生成控制信号的时序,解算出第一光源与第二光源在单个切换周期内相应的载体转速信息并作差分处理用于光纤陀螺输出,结合具体的标度因数计算出载体角速度。

[0006] 作为本发明的优选实施方式,第一光源与第二光源采用同类型宽谱光源,谱宽均为50nm,光纤耦合器采用保偏耦合器,Y型多功能集成光学器件为铌酸锂集成光学调制器,由起偏器、相位调制器以及Y波导组成,尾纤为保偏光纤。

[0007] 本发明对两路光的干涉信号分别进行闭环探测时,由于共用光纤陀螺系统的缘故,在单个切换周期内可视作受到同样的环境因素影响,所测相移中包含相等的环境漂移误差量,通过差分运算可以消除该项,输出的相位差表示为:

$$\Delta\phi = \frac{4\pi RL}{\lambda(\lambda + \Delta\lambda)c} \cdot \Delta\lambda \cdot \omega,$$

式中: R 为光纤环半径, L 为光纤环长, c 为真空光速, ω 为载体角速度,理论上 $\Delta\phi$ 中不包含任何环境误差,环境因素的影响被降至最低。

[0008] 本发明另外提供一种光纤陀螺双波长交互式绕行的装置,光开关驱动器产生TTL控制电平后分为两路,一路用于驱动光纤 1×2 光开关,另一路由信号处理单元进行实时采集,并参照光纤 1×2 光开关的切换速度判断当前所解调角度信息对应的实际波长。

[0009] 与现有技术相比,本发明的有益效果:

本发明与典型的光纤陀螺结构相比,仅需要增加一个与自身光源性能相近但是波长不同的光源和一个光纤 1×2 光开关及驱动器,通过以特定时序切换光开关状态,实现两种工作波长在一个光纤陀螺系统中交互式绕行,利用差分逻辑运算降低甚至彻底消除温度效应等因素的影响,从而真正意义上提高对环境的适应性,同时光路中不同光束之间不存在相互干扰,不会因此对载体角速度的测量精度造成影响,是一种成本低、性能优越的光纤陀螺装置。

附图说明

[0010] 图1是双波长交互式绕行的光纤陀螺装置的一种结构示意图;

其中,第一宽谱光源1、第二宽谱光源2、光纤 1×2 光开关3、光开关驱动器4、光纤耦合器5、Y型多功能集成光学器件6、保偏光纤敏感线圈7、光电探测器8、信号处理单元9。

[0011] 图2是本发明所涉及的信号处理逻辑示意图。

[0012] 图3是不同波长的两个激光光源交互式绕行的光纤陀螺装置;

其中,第一激光光源10、第二激光光源11、电光相位调制器12、运算放大器13、高斯白噪声源14。

具体实施方式

[0013] 下面结合附图和具体实施例对本发明作详细说明,以本发明技术方案为前提进行实施,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0014] 实施例1

图1为双波长交互式绕行的光纤陀螺装置,该光纤陀螺包括波长为1530nm的第一宽谱光源1和波长为1560nm的第二宽谱光源2,谱宽均为50nm,以及光纤 1×2 光开关3、光开关驱动器4、光纤耦合器5、Y型多功能集成光学器件6、保偏光纤敏感线圈7、光电探测器8、信号处理单元9,光学器件均为保偏器件。

[0015] 光纤 1×2 光开关3由光开关驱动器4产生TTL控制电平驱动并以特定频率在两种状态间切换,从而交替连接光纤陀螺系统与两个光源,连通后光源发出的光经光纤耦合器5进入Y型多功能集成光学器件6被一分为二,分别以顺时针方向和逆时针方向经过保偏光纤敏感线圈7后返回Y型多功能集成光学器件6重新合成一路光形成干涉,干涉信号经过光纤耦合器5进入光电探测器8转变为电流信号。如图2所示,主要包括对光开关驱动器4的驱动信号实时采集,光电探测器8的电流信号前置放大和模数转换,载体转速信息的解算与输出以及经由数模转换电路实现的闭环反馈和偏置调制。电流信号由信号处理单元9经过前置放大和模数转换后,一方面产生偏置和反馈电压加载到Y型多功能集成光学器件6上的相位调制器,另一方面结合光开关驱动器4生成控制信号的时序,解算出两种波长在单个切换周期内的干涉探测信号并作差分处理用于光纤陀螺输出,结合具体的标度因数计算出载体角速度。由于共模抑制作用,理论上陀螺输出结果中不包含任何环境误差,可以将环境因素的影响降至最低。

实施例2

图3为另一种双波长交互式绕行的光纤陀螺装置,该光纤陀螺在实施例1的基础上,将光源替换为两个不同波长的半导体稳频激光光源10与11,并在光纤 1×2 光开关3后增加了外部相位调制系统,包括电光相位调制器12、运算放大器13、高斯白噪声源14。采用半导体激光光源的优点是成本低、波长稳定性好、相对强度噪声低,但是窄线宽光源会使光纤陀螺具有较大的长期漂移,因此在激光光源进入光纤陀螺系统前需要预先进行调制展宽。由光纤 1×2 光开关3通过切换而选择的光源进入电光相位调制器12的光学输入端,高斯白噪声源14产生的电信号经运算放大器13放大后进入电光相位调制器12的电学输入端,光束经调制展宽进入到光纤陀螺系统中。之后对于光束的传输与干涉信号的处理和实施例1相同。与实施例1相比,实施例2能够在同样抑制环境误差的基础上实现更佳标度因数稳定性,该特性具体由半导体激光光源的波长稳定性所决定,通常可达0.1ppm量级。

[0016] 以上所述实施例只是本发明的技术构思及一种较佳的方案,并不能限制本发明的保护范围。有关技术领域的普通技术人员根据本发明,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,还可以做出各种等效变换或修饰。因此凡采取等同替换或等效变换的方式所获得的技术方案,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

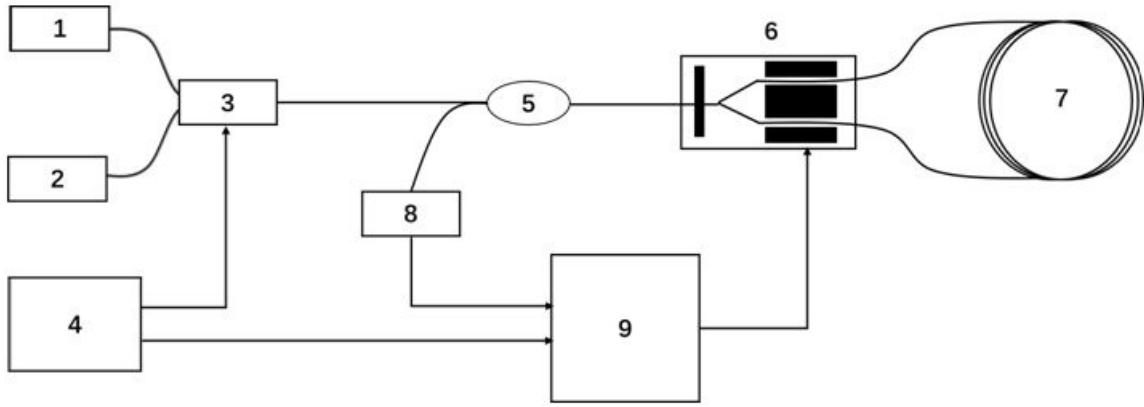


图1

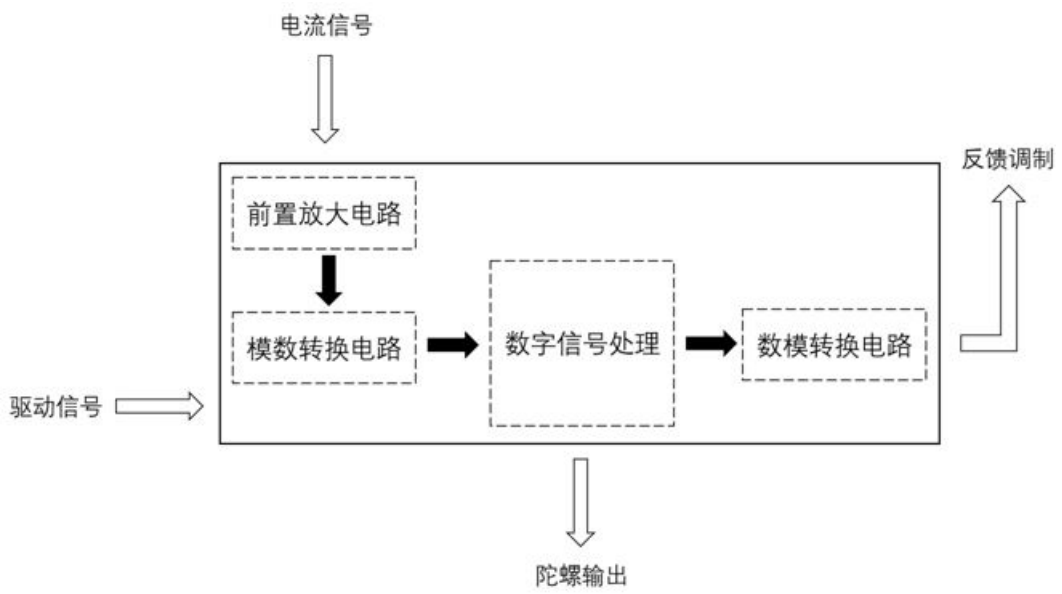


图2

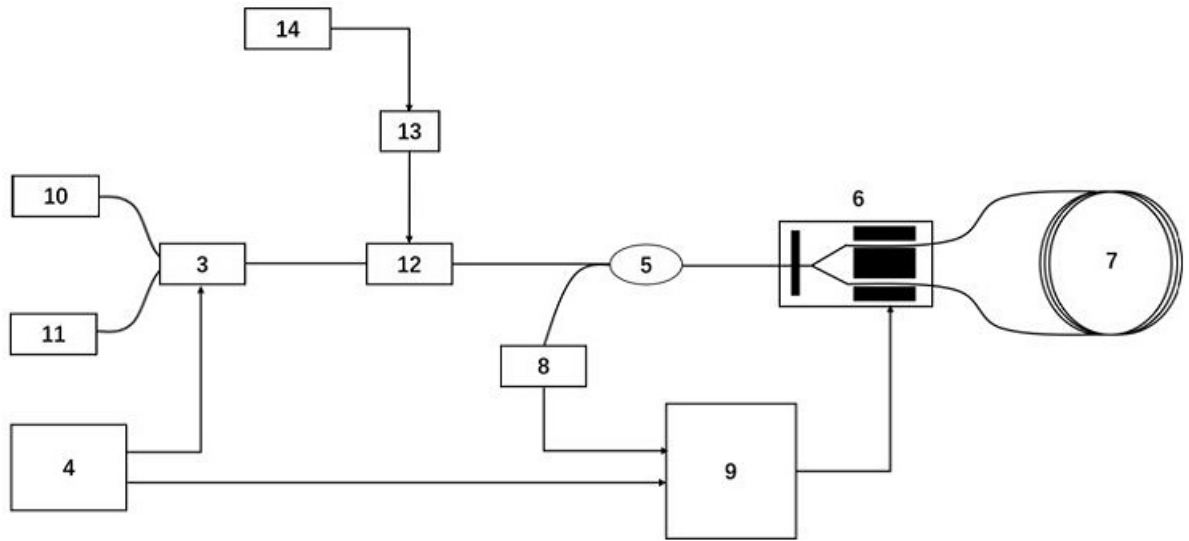


图3