



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107607104 B

(45)授权公告日 2020.02.14

(21)申请号 201710777351.7

(22)申请日 2017.08.31

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107607104 A

(43)申请公布日 2018.01.19

(73)专利权人 中国兵器工业导航与控制技术研究  
所

地址 100089 北京市海淀区车道沟10号

(72)发明人 于全福 张超 徐建明 杨添舒  
范顺飞 王知 陈中杰 张辰

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

代理人 李坤

(51)Int.Cl.

G01C 19/64(2006.01)

(56)对比文件

CN 103743391 A,2014.04.23,

CN 1811359 A,2006.08.02,

CN 103411601 A,2013.11.27,

CN 104075704 A,2014.10.01,

CN 101482412 A,2009.07.15,

审查员 朱先花

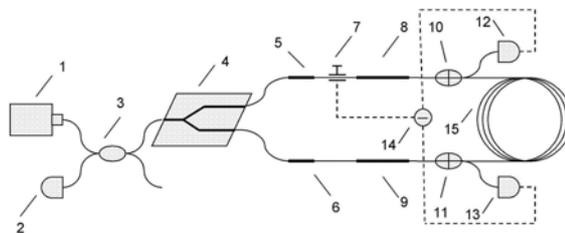
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

低偏振误差的消偏型光纤陀螺

(57)摘要

本公开提供了一种低偏振误差的消偏型光纤陀螺,光源发出的光经耦合器分成两路光,其中一路光由集成光学调制器分成第一路光和第二路光,第一路光经第一消偏器进入光纤环,第二路光经第二消偏器进入光纤环;偏振反馈控制器基于第一消偏器和第二消偏器输出光的光强差消除偏振误差。本公开通过在现有的消偏型光纤陀螺光路中加入了偏振反馈控制器,使光纤环输入输出端的两个消偏器具有相同的对轴角度,由此降低了光纤陀螺的偏振误差,提高了消偏型光纤陀螺的精度以及光纤陀螺的零偏稳定性,也使得消偏型光纤陀螺更能发挥其成本低的优势。



1. 一种低偏振误差的消偏型光纤陀螺,包括:光源、耦合器、集成光学调制器、第一消偏器、第二消偏器、光纤环和偏振反馈控制器;其中,

所述光源发出的光经所述耦合器分成两路光,其中一路光由所述集成光学调制器分成第一路光和第二路光,所述第一路光经所述第一消偏器进入所述光纤环,所述第二路光经所述第二消偏器进入所述光纤环;

所述偏振反馈控制器基于所述第一消偏器和第二消偏器输出光的光强差消除偏振误差;

所述第一消偏器包括第一保偏光纤和第三保偏光纤;所述第二消偏器包括第二保偏光纤和第四保偏光纤;

所述偏振反馈控制器包括:光纤偏振控制器、第一偏振分束器、第二偏振分束器、第二探测器、第三探测器和差分器;

所述光纤偏振控制器连接于所述第一保偏光纤与第三保偏光纤之间;

所述第一偏振分束器的输入端与所述第三保偏光纤的输出端对轴相连,所述第一偏振分束器的快轴输出端与所述光纤环相连,慢轴输出端与所述第二探测器相连;

所述第二偏振分束器的输入端与所述第四保偏光纤的输出端对轴相连,所述第二偏振分束器的快轴输出端与所述光纤环相连,慢轴输出端与所述第三探测器相连;

所述第二探测器与第三探测器的输出端与所述差分器的两个输入端相连,所述差分器的输出端与所述光纤偏振控制器相连。

2. 如权利要求1所述的消偏型光纤陀螺,

所述第一路光进入所述第一保偏光纤,然后经所述光纤偏振控制器进入所述第三保偏光纤,所述第二路光进入所述第二保偏光纤,然后进入所述第四保偏光纤;

所述第一偏振分束器将沿第三保偏光纤慢轴的波列传输至第二探测器,所述第二偏振分束器将沿第四保偏光纤慢轴的波列传输至第三探测器;

所述第二探测器探测沿第三保偏光纤慢轴波列的第一光强,所述第三探测器探测沿第四保偏光纤慢轴波列的第二光强;

所述差分器计算第一光强与第二光强的光强差,控制光纤偏振控制器,使第一保偏光纤输出的光偏振方向旋转,使第一保偏光纤与第三保偏光纤的主轴夹角和第二保偏光纤与第四保偏光纤的主轴夹角相同。

3. 如权利要求1所述的消偏型光纤陀螺,所述第一保偏光纤主轴与第三保偏光纤主轴的夹角成 $45^\circ$ ,所述第二保偏光纤主轴与第四保偏光纤主轴的夹角也成 $45^\circ$ ;所述第三保偏光纤长度是第一保偏光纤长度的两倍,所述第四保偏光纤长度是第二保偏光纤长度的两倍。

4. 如权利要求1所述的消偏型光纤陀螺,除所述第一保偏光纤、第二保偏光纤、第三保偏光纤、第四保偏光纤,其余器件由单模光纤连接;所述光纤环由单模光纤绕制。

5. 如权利要求1所述的消偏型光纤陀螺,所述光源为掺铒光纤光源。

6. 如权利要求1所述的消偏型光纤陀螺,所述光纤偏振控制器为全动态光纤偏振控制的光学集成器件。

7. 如权利要求1所述的消偏型光纤陀螺,所述集成光学调制器为Y波导集成光学调制器。

8. 如权利要求1所述的消偏型光纤陀螺,所述耦合器为 $2\times 2$ 单模光纤耦合器。

## 低偏振误差的消偏型光纤陀螺

### 技术领域

[0001] 本公开涉及光学陀螺仪表技术领域,尤其涉及一种采用偏振控制的消偏回路的低偏振误差消偏型光纤陀螺。

### 背景技术

[0002] 光纤陀螺是一种基于萨格奈克效应引起的相位变化来进行旋转速率测量的全固态光纤传感器。由于具有寿命长、质量轻、测量范围大、可快速启动等优势,自1976年第一个光纤陀螺样机被实现以来,光纤陀螺经历了飞速的发展和广泛的应用。光纤陀螺已经逐渐地替代传统的机械陀螺,成为惯性导航领域的主流器件。目前,中高精度的光纤陀螺大多采用保偏光纤技术,以此用来减小偏振非互易所引起的零偏误差。但中高精度的光纤陀螺一般要采用1~2km甚至更长的光纤线圈,这使得保偏光纤线圈的成本在整个光纤陀螺成本中占有非常大的比例,这一点会影响中高精度光纤陀螺的推广和应用。因此采用单模光纤的消偏技术对中高精度光纤陀螺更具吸引力,仍然备受关注。

[0003] 目前消偏型光纤陀螺普遍所采用的结构是在单模光纤线圈的两端各加入一个消偏器。消偏器一般采用洛埃特(Lyot)结构,即两段保偏光纤以主轴方向成 $45^\circ$ 焊接,第二段保偏光纤的长度是第一段的两倍,而且长度差要远大于保偏光纤的消偏长度,这使得进入消偏器的任意偏振入射光都可以产生沿第二段光纤快慢轴传播的相同强度的两束光,而且是去相干的。当光经过Y波导的偏振器时,总有稳定的1/2光功率通过,进而沿单模光纤引起的偏振非互易就不再对陀螺零偏产生影响。然而在实际的消偏陀螺中,消偏器的两段保偏光纤主轴之间的夹角并不能保证精确的 $45^\circ$ 焊接,这仍会使消偏陀螺引入偏振误差,因此,如何消除消偏型光纤陀螺的偏振误差、提高消偏型光纤陀螺的精度成为本领域有待解决的技术问题。

[0004] 公开内容

[0005] (一)要解决的技术问题

[0006] 本公开提供了一种低偏振误差的消偏型光纤陀螺,其包括能够对消偏器的保偏光纤主轴夹角进行控制的反馈回路,从而可以降低消偏器对轴不完美所引起的偏振误差。

[0007] (二)技术方案

[0008] 本公开提供了一种低偏振误差的消偏型光纤陀螺,包括:光源、耦合器、集成光学调制器、第一消偏器、第二消偏器、光纤环和偏振反馈控制器;其中,所述光源发出的光经所述耦合器分成两路光,其中一路光由所述集成光学调制器分成第一路光和第二路光,所述第一路光经所述第一消偏器进入所述光纤环,所述第二路光经所述第二消偏器进入所述光纤环;所述偏振反馈控制器基于所述第一消偏器和第二消偏器输出光的光强差消除偏振误差。

[0009] 在本公开的一些实施例中,所述第一消偏器包括第一保偏光纤和第三保偏光纤;所述第二消偏器包括第二保偏光纤和第四保偏光纤。

[0010] 在本公开的一些实施例中,所述偏振反馈控制器包括:光纤偏振控制器、第一偏振

分束器、第二偏振分束器、第二探测器、第三探测器和差分器；所述光纤偏振控制器连接于所述第一保偏光纤与第三保偏光纤之间；所述第一偏振分束器的输入端与所述第三保偏光纤的输出端对轴相连，所述第一偏振分束器的快轴输出端与所述光纤环相连，慢轴输出端与所述第二探测器相连；所述第二偏振分束器的输入端与所述第四保偏光纤的输出端对轴相连，所述第二偏振分束器的快轴输出端与所述光纤环相连，慢轴输出端与所述第三探测器相连；所述第二探测器与第三探测器的输出端与所述差分器的两个输入端相连，所述差分器的输出端与所述光纤偏振控制器相连。

[0011] 在本公开的一些实施例中，所述第一路光进入所述第一偏光纤，然后经所述光纤偏振控制器进入所述第三保偏光纤，所述第二路光进入所述第二偏光纤，然后进入所述第四保偏光纤；所述第一偏振分束器将沿第三保偏光纤慢轴的波列传输至第二探测器，所述第二偏振分束器将沿第四保偏光纤慢轴的波列传输至第三探测器；所述第二探测器探测沿第三保偏光纤慢轴波列的第一光强，所述第三探测器探测沿第四保偏光纤慢轴波列的第二光强；所述差分器计算第一光强与第二光强的光强差，控制光纤偏振控制器，使第一保偏光纤输出的光偏振方向旋转，使第一保偏光纤与第三保偏光纤的主轴夹角和第二保偏光纤与第四保偏光纤的主轴夹角相同。

[0012] 在本公开的一些实施例中，所述第一保偏光纤主轴与第三保偏光纤主轴的夹角成 $45^\circ$ ，所述第二保偏光纤主轴与第四保偏光纤主轴的夹角也成 $45^\circ$ ；所述第三保偏光纤长度是第一保偏光纤长度的两倍，所述第四保偏光纤长度是第二保偏光纤长度的两倍。

[0013] 在本公开的一些实施例中，除所述第一保偏光纤、第二保偏光纤、第三保偏光纤、第四保偏光纤，其余器件由单模光纤连接；所述光纤环由单模光纤绕制。

[0014] 在本公开的一些实施例中，所述光源为掺铒光纤光源。

[0015] 在本公开的一些实施例中，所述光纤偏振控制器为全动态光纤偏振控制的光学集成器件。

[0016] 在本公开的一些实施例中，所述集成光学调制器为Y波导集成光学调制器。

[0017] 在本公开的一些实施例中，所述耦合器为 $2 \times 2$ 单模光纤耦合器。

[0018] (三)有益效果

[0019] 从上述技术方案可以看出，本公开的低偏振误差的消偏型光纤陀螺具有以下有益效果：通过在现有的消偏型光纤陀螺光路中加入了偏振反馈控制器，使光纤环输入输出端的两个消偏器具有相同的对轴角度，由此降低了光纤陀螺的偏振误差，提高了消偏型光纤陀螺的精度以及光纤陀螺的零偏稳定性，也使得消偏型光纤陀螺更能发挥其成本低的优势。

## 附图说明

[0020] 图1为本公开实施例的消偏型光纤陀螺的结构示意图。

[0021] 符号说明

[0022] 1-光源；2-第一探测器；3-耦合器；4-集成光学调制器；5-第一保偏光纤；6-第二保偏光纤；7-光纤偏振控制器；8-第三保偏光纤；9-第四保偏光纤；10-第一偏振分束器；11-第二偏振分束器；12-第二探测器；13-第三探测器；14-差分器；15-光纤环。

## 具体实施方式

[0023] 下面将结合实施例和实施例中的附图,对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述。显然,所描述的实施例仅仅是本公开一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本公开中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本公开保护的范围。

[0024] 对采用两个消偏器的光纤陀螺进行偏振误差理论分析可知,最大偏振误差  $\varphi_{\text{error}}$  与两个消偏器各自两段保偏光纤主轴间夹角  $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$  之差有关,可表示为

$$[0025] \quad \varphi_{\text{error}} \propto \sin(\gamma_1 - \gamma_2) \quad (1)$$

[0026] 从公式(1)可知,只要保证两个消偏器的保偏光纤主轴夹角满足  $\gamma_1 = \gamma_2$ ,就可以大大降低偏振误差对消偏型光纤陀螺精度的影响。

[0027] 基于上述分析,本公开实施例提供了一种低偏振误差的消偏型光纤陀螺,参见图1,包括:光源1、第一探测器2、耦合器3、集成光学调制器4、第一保偏光纤5、第二保偏光纤6、光纤偏振控制器7、第三保偏光纤8、第四保偏光纤9、第一偏振分束器10、第二偏振分束器11、第二探测器12、第三探测器13、差分器14和光纤环15。

[0028] 光源1采用宽谱光源,优选为掺铒光纤光源,以满足中高精度的光纤陀螺。

[0029] 耦合器3第一输入端经单模光纤连接光源1,光源1发出的光经过耦合器3分成等份的两路光。

[0030] 集成光学调制器4的输入端经单模光纤连接耦合器3的第一输出端,第一探测器2经单模光纤连接耦合器3的第二输出端。耦合器3将其中一路光输入集成光学调制器4,该路光由集成光学调制器4起偏分束后又形成两路光:第一路光与第二路光。

[0031] 由单模光纤连接的第一保偏光纤5和第三保偏光纤8组成第一消偏器,由单模光纤连接的第二保偏光纤6和第四保偏光纤9组成第二消偏器。第一消偏器、第二消偏器分别连接在光纤环15的两端,光纤环15采用单模光纤。第一保偏光纤5经单模光纤连接集成光学调制器4的第一输出端,第二保偏光纤6经单模光纤连接集成光学调制器4的第二输出端。

[0032] 第一保偏光纤5主轴与第三保偏光纤8主轴的夹角成 $45^\circ$ ,第二保偏光纤6主轴与第四保偏光纤9主轴的夹角也成 $45^\circ$ 。第三保偏光纤5长度是第一保偏光纤8长度的两倍,第四保偏光纤9长度是第二保偏光纤6长度的两倍。为了达到消偏的目的和提高鲁棒性,第一保偏光纤5和第二保偏光纤6的长度远大于光纤环15的退相干长度。

[0033] 本实施例的消偏型光纤陀螺,光纤偏振控制器7、第一偏振分束器10、第二偏振分束器11、第三探测器13和差分器14组成偏振反馈控制器。其中,光纤偏振控制器7连接于第一保偏光纤5与第三保偏光纤8之间,第一偏振分束器10的输入端与第三保偏光纤8的输出端对轴相连,第一偏振分束器10的快轴输出端与光纤环15相连,慢轴输出端与第二探测器12相连。第二偏振分束器11的输入端与第四保偏光纤9的输出端对轴相连,第二偏振分束器11的快轴输出端与光纤环15相连,慢轴输出端与第三探测器13相连。第二探测器12与第三探测器13的输出端与差分器的两个输入端相连,差分器14的输出端与光纤偏振控制器7相连。由第一保偏光纤5、第二保偏光纤6、第三保偏光纤8、第四保偏光纤9、第一偏振分束器10、第二偏振分束器11、第二探测器12、第三探测器13、差分器14和光纤偏振控制器7构成带偏振反馈的消偏控制回路,从而降低了消偏型光纤陀螺的偏振误差。

[0034] 集成光学调制器4的第一路光进入第一偏光纤5,然后经光纤偏振控制器7进入第

三保偏光纤8;第二路光进入第二偏光纤6,然后进入第四保偏光纤9。由于第三保偏光纤8和第四保偏光纤9的长度分别是第一保偏光纤5和第二保偏光纤6长度的两倍,而且均远大于光波的退相干长度,所以从第三保偏光纤8和第四保偏光纤9分别输出4份光波,且两两分布在光纤的快慢轴上,实现消偏。

[0035] 若第一保偏光纤5与第三保偏光纤8的主轴夹角和第二保偏光纤6与第四保偏光纤9的主轴夹角完全相同,则第二探测器12与第三探测器13探测的光强相等。然而实际的消偏型光纤陀螺,消偏器的上述两个主轴夹角并不能保证完全相等,所以仍会使消偏型光纤陀螺引入偏振误差。

[0036] 本实施例的消偏型光纤陀螺,第一保偏分束器10与第三保偏光纤8对轴焊接,第二保偏分束器11与第四保偏光纤9对轴焊接,第二探测器12和第三探测器13接收的都是慢轴方向的光强。差分器14将第二探测器12与第三探测器13所探测的光强做差,光纤偏振控制器7由该光强差控制,使第一保偏光纤5出射的光偏振主轴旋转,使第一保偏光纤5与第三保偏光纤8的主轴夹角和第二保偏光纤6与第四保偏光纤9的主轴夹角完全相同,根据公式(1)可知,从而大大降低了消偏型光纤陀螺的偏振误差,完成了偏振反馈控制,提高了消偏型光纤陀螺的精度。

[0037] 由此可知,从集成光学调制器4输出的任意偏振方向的光波在经过第一消偏器和第二消偏器后,偏振分量被分解为沿第三保偏光纤8快慢轴对称分布的四个波列,以及沿第四保偏光纤9快慢轴对称分布的四个波列。其中慢轴方向的两个波列可被探测器探测。通过测量第三保偏光纤8慢轴和第四保偏光纤9慢轴输出光的强度差,以此控制光纤偏振控制器7,使第一保偏光纤5输出的光偏振方向旋转,直到第三保偏光纤8和第四保偏光纤9慢轴输出光的强度差为0,从而完成偏振控制反馈,既达到了消偏目的,又减小了偏振误差。

[0038] 在本公开中,光纤偏振控制器7选用全动态光纤偏振控制的集成器件;光纤环15由单模光纤绕制;集成光学调制器4为Y波导集成光学调制器;耦合器3为 $2 \times 2$ 单模光纤耦合器。除第一保偏光纤5、第二保偏光纤6、第三保偏光纤8、第四保偏光纤9,其余的光路部件都由单模光纤连接和绕制。

[0039] 至此,已经结合附图对本实施例进行了详细描述。依据以上描述,本领域技术人员应当对本公开有了清楚的认识。

[0040] 需要说明的是,在附图或说明书正文中,未绘示或描述的实现方式,均为所属技术领域普通技术人员所知的形式,并未进行详细说明。此外,上述对各元件的定义并不仅限于实施例中提到的各种具体结构、形状或方式,本领域普通技术人员可对其进行简单地更改或替换,例如:

[0041] (1) 实施例中提到的方向用语,例如“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”等,仅是参考附图的方向,并非用来限制本公开的保护范围;

[0042] (2) 上述实施例可基于设计及可靠度的考虑,彼此混合搭配使用或与其他实施例混合搭配使用,即不同实施例中的技术特征可以自由组合形成更多的实施例。

[0043] 以上所述的具体实施例,对本公开的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本公开的具体实施例而已,并不用于限制本公开,凡在本公开的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本公开的保护范围之内。

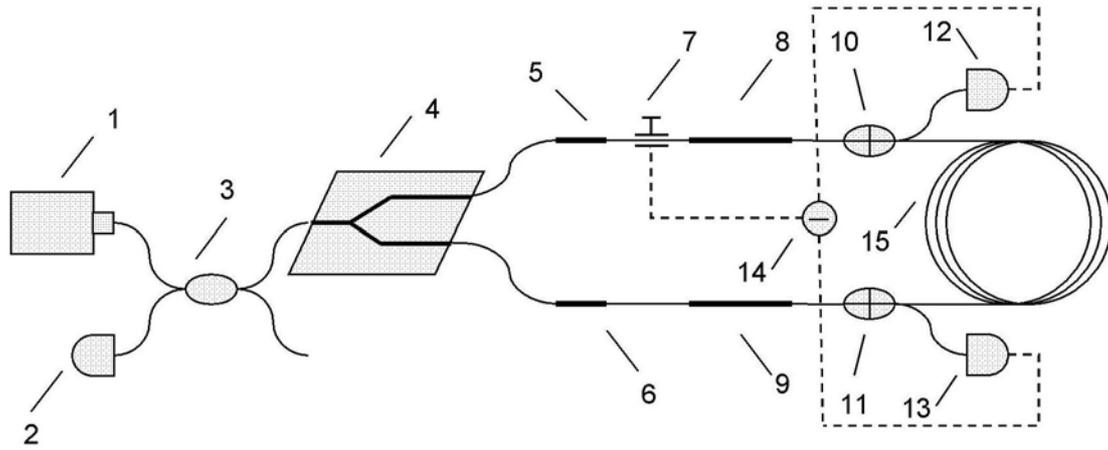


图1