

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102650524 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 29

(21) 申请号 201210123989. 6

(22) 申请日 2012. 04. 25

(71) 申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 杜士森 张祖琛 李彦 宋凝芳

金靖 肖智 李志敏

(74) 专利代理机构 北京永创新实专利事务所

11121

代理人 赵文利

(51) Int. Cl.

G01C 19/72 (2006. 01)

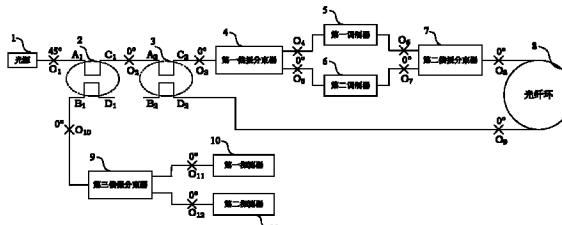
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪

(57) 摘要

本发明公开了一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪，包括光源、第一耦合器、第二耦合器、第一偏振分束器、第一调制器、第二调制器、第二偏振分束器、光纤环、第三偏振分束器、第一探测器和第二探测器；本发明实现了差分双干涉式光纤陀螺的闭环控制；采用了相干特性很弱的宽谱光源，避免了激光光源强相干特性导致的各种杂散波干涉而带来的强噪声；使得 SAGNAC 效应加倍；本发明具有成熟的技术基础，能达到较高的精度要求。



1. 一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪，其特征在于，包括光源、第一耦合器、第二耦合器、第一偏振分束器、第一调制器、第二调制器、第二偏振分束器、光纤环、第三偏振分束器、第一探测器和第二探测器；

光源与第一耦合器的  $A_1$  端以  $45^\circ$  熔接于熔点  $0_1$ ，第一耦合器的  $C_1$  端口与第二耦合器的  $A_2$  端口以  $0^\circ$  熔接于熔点  $0_2$ ，第二耦合器的  $C_2$  端口与第一偏振分束器以  $0^\circ$  熔接于熔点  $0_3$ ，第一偏振分束器的两个输出端分别与第一调制器和第二调制器的一端以  $0^\circ$  熔接于熔点  $0_4$ 、 $0_5$ ，第一调制器和第二调制器的另一端分别与第二偏振分束器的两个输入端以  $0^\circ$  熔接于熔点  $0_6$ 、 $0_7$ ，第二偏振分束器的输出端与保偏光纤环的一端以  $0^\circ$  熔接于熔点  $0_8$ ，第二耦合器的  $D_2$  端与光纤环的另外一端以  $0^\circ$  熔接于熔点  $0_9$ ，第一耦合器的  $B_1$  端与第三偏振分束器的输入端以  $0^\circ$  熔接于熔点  $0_{10}$ ，第三偏振分束器的两个输出端分别与第一探测器和第二探测器以  $0^\circ$  熔接于点  $0_{11}$ 、 $0_{12}$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪，其特征在于，所述的光源选用具有高偏振度的宽谱 SLD 光源，型号为 SLD13。

3. 根据权利要求 1 所述的一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪，其特征在于，所述的第一耦合器和第二耦合器选用保偏耦合器，型号为 PMC-X-2 \* 2-1550-50/50-0-4X 型保偏耦合器。

4. 根据权利要求 1 所述的一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪，其特征在于，所述的第一偏振分束器、第二偏振分束器和第三偏振分束器选用 PBS-1 \* 2-1550-S-N 型偏振分束器。

5. 根据权利要求 1 所述的一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪，其特征在于，所述的第一调制器和第二调制器选用直波导调制器，型号为 PMS 1522-CX-TL。

6. 根据权利要求 1 所述的一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪，其特征在于，所述的光纤环选用保偏光纤环。

7. 根据权利要求 1 所述的一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪，其特征在于，所述的第一探测器和第二探测器选用 PFTM901-001 型光电探测器。

# 一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪

## 技术领域

[0001] 本发明涉及一种在光纤环面积和光纤长度不变的条件下实现 SAGNAC 效应倍增和闭环控制的闭环差分双干涉式光纤陀螺仪，属于光纤陀螺技术领域。

## 背景技术

[0002] 光纤陀螺作为发展极为迅速的一种新型惯性角速度传感器，以其特有的技术和性能优势，如全固态结构、可靠性高、寿命长；启动速度快，响应时间短；测量范围大，动态范围宽；抗冲击、振动，耐化学腐蚀；体积小、重量轻、成本低；适合大批量生产等，已经广泛用于各领域。

[0003] 国际上通用的光纤陀螺形式为单干涉式，即利用一套光路（一个保偏光纤环）的快轴或者慢轴实现 SAGNAC 干涉仪，通过分别按照顺时针（CW）、逆时针（CCW）传播的两束主波列之间的干涉来解算载体转动导致的 SAGNAC 相移。这种干涉仪虽然结构简单，但是随着光纤陀螺应用领域的不断扩展，其体积、重量与精度之间的矛盾日益突出，以现有的技术和工艺水平，在维持精度的前提下，进一步减小体积、重量很难实现突破，反之亦然。

[0004] 差分双干涉式光纤陀螺仪是在一套光路（一个保偏光纤环）中，利用其快轴和慢轴分别实现一个 SAGNAC 干涉仪，这两路干涉仪的输出呈现差分形式，经过差分解算以后，SAGNAC 效应得到加倍。目前，差分双干涉式光纤陀螺仪采用的是开环方案，每路干涉仪输出的光波之间相位差很大，所以必须利用相干特性很好的激光作为光源以实现这些光波之间的干涉，但这导致了各种杂散波之间的干涉，从而开环差分双干涉式光纤陀螺仪的噪声较大且很难抑制。

## 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决上述问题，提出一种在光纤环面积和光纤长度不变的条件下实现 SAGNAC 效应倍增和闭环控制的闭环差分双干涉式光纤陀螺仪。

[0006] 一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪，包括光源、第一耦合器、第二耦合器、第一偏振分束器、第一调制器、第二调制器、第二偏振分束器、光纤环、第三偏振分束器、第一探测器和第二探测器；

[0007] 光源与第一耦合器的 A<sub>1</sub> 端以 45° 熔接于熔点 O<sub>1</sub>，第一耦合器的 C<sub>1</sub> 端口与第二耦合器的 A<sub>2</sub> 端口以 0° 熔接于熔点 O<sub>2</sub>，第二耦合器的 C<sub>2</sub> 端口与第一偏振分束器以 0° 熔接于熔点 O<sub>3</sub>，第一偏振分束器的两个输出端分别与第一调制器和第二调制器的一端以 0° 熔接于熔点 O<sub>4</sub>、O<sub>5</sub>，第一调制器和第二调制器的另一端分别与第二偏振分束器的两个输入端以 0° 熔接于熔点 O<sub>6</sub>、O<sub>7</sub>，第二偏振分束器的输出端与保偏光纤环的一端以 0° 熔接于熔点 O<sub>8</sub>，第二耦合器的 D<sub>2</sub> 端与光纤环的另外一端以 0° 熔接于熔点 O<sub>9</sub>，第一耦合器的 B<sub>1</sub> 端与第三偏振分束器的输入端以 0° 熔接于熔点 O<sub>10</sub>，第三偏振分束器的两个输出端分别与第一探测器和第二探测器以 0° 熔接于点 O<sub>11</sub>、O<sub>12</sub>。

[0008] 由宽谱光源,保偏耦合器,偏振分束器,调制器,保偏光纤环,探测器构成,宽谱光源输出偏振光经过 $45^{\circ}$ 交叉耦合产生了两个幅值相等、偏振方向垂直的光波,分别沿光纤的快、慢轴传播,通过偏振分束器使两路光波分开并在光纤环中相对独立地传播,从而以一套设备实现两套干涉光路,即两套技术成熟的闭环干涉式光纤陀螺并行运转,通过对两路输出信号进行差分运算最终实现对SAGNAC效应的加倍。

[0009] 本发明的优点:

[0010] (1) 实现了差分双干涉式光纤陀螺的闭环控制;

[0011] (2) 采用了相干特性很弱的宽谱光源,避免了激光光源强相干特性导致的各种杂散波干涉而带来的强噪声;

[0012] (3) SAGNAC效应加倍;

[0013] (4) 具有成熟的技术基础,能达到较高的精度要求;

## 附图说明

[0014] 图1是闭环差分双干涉式光纤陀螺结构框图;

[0015] 图2是熔点 $O_1$ 处光波示意图;

[0016] 图3是宽谱光源相干函数;

[0017] 图4是调制器上施加的调制波形;

[0018] 图5是第一探测器处干涉光强与调制相位关系(快轴干涉光路);

[0019] 图6是第二探测器处干涉光强与调制相位关系(慢轴干涉光路)。

[0020] 图中:

[0021] 1-光源 2-第一耦合器 3-第二耦合器

[0022] 4-第一偏振分束器 5-第一调制器 6-第二调制器

[0023] 7-第二偏振分束器 8-光纤环 9-第三偏振分束器

[0024] 10-第一探测器 11-第二探测器

## 具体实施方式

[0025] 下面将结合附图对本发明作进一步的详细说明。

[0026] 本发明是一种基于宽谱光源双折射调制的差分双干涉式闭环光纤陀螺仪,如图1所示,包括光源1、第一耦合器2、第二耦合器3、第一偏振分束器4、第一调制器5、第二调制器6、第二偏振分束器7、光纤环8、第三偏振分束器9、第一探测器10和第二探测器11;

[0027] 光源1与第一耦合器2的 $A_1$ 端以 $45^{\circ}$ 熔接于熔点 $O_1$ ,第一耦合器2的 $C_1$ 端口与第二耦合器3的 $A_2$ 端口以 $0^{\circ}$ 熔接于熔点 $O_2$ ,第二耦合器3的 $C_2$ 端口与第一偏振分束器4以 $0^{\circ}$ 熔接于熔点 $O_3$ ,第一偏振分束器4的两个输出端分别与第一调制器5和第二调制器6的一端以 $0^{\circ}$ 熔接于熔点 $O_4$ 、 $O_5$ ,第一调制器5和第二调制器6的另一端分别与第二偏振分束器7的两个输入端以 $0^{\circ}$ 熔接于熔点 $O_6$ 、 $O_7$ ,第二偏振分束器7的输出端与保偏光纤环8的一端以 $0^{\circ}$ 熔接于熔点 $O_8$ ,第二耦合器3的 $D_2$ 端与光纤环8的另外一端以 $0^{\circ}$ 熔接于熔点 $O_9$ ,第一耦合器2的 $B_1$ 端与第三偏振分束器9的输入端以 $0^{\circ}$ 熔接于熔点 $O_{10}$ ,第三偏振分束器9的两个输出端分别与第一探测器10和第二探测器11以 $0^{\circ}$ 熔接于点 $O_{11}$ 、 $O_{12}$ 。

[0028] 在本发明中,光源1选用具有高偏振度的宽谱SLD光源,型号为SLD13;耦合器

(第一耦合器 2 和第二耦合器 3) 选用保偏耦合器, 型号为深圳朗光公司的 PMC-X-2 \* 2-1550-50/50-0-4X 型保偏耦合器; 偏振分束器(第一偏振分束器 4、第二偏振分束器 7 和第三偏振分束器 9) 选用天津峻烽科技有限公司的 PBS-1 \* 2-1550-S-N 型偏振分束器; 调制器(第一调制器 5 和第二调制器 6) 选用直波导调制器, 型号为 PMS1522-CX-TL; 光纤环 8 选用保偏光纤环; 探测器(第一探测器 10 和第二探测器 11) 选用武汉电信器件有限公司的 PFTM901-001 型光电探测器。

[0029] 光源 1 输出线偏振光 E, 在熔点 O<sub>1</sub> 处由于 45° 交叉耦合产生了幅值相等、偏振方向互相垂直的两个波列 X 和 Y, 如图 2 所示(其中快轴为保偏光纤的快轴方向, 用 X 表示; 慢轴为保偏光纤的慢轴方向, 用 Y 表示); X、Y 这两个波列分别沿保偏光纤的快、慢轴传播, 依次经过第一耦合器 2 和第二耦合器 3 后被第一偏振分束器 4 分开成两个独立的光路, 分别通过第一调制器 5 和第二调制器 6 后又经由第二偏振分束器 7 汇合到同一根保偏光纤中, 各自沿快、慢轴传播进入到光纤环 8; 基于保偏光纤的特性, 两路光波将保持各自的偏振态以不同的速度在光纤中传播, 又考虑到宽谱光源 1 的相干特性(如图 3 所示, 宽谱光源归一化相干度随光程差的增加而迅速减小, 即只有光程差在一定长度内的两束光才会发生干涉, 能有效减小背向瑞利散射、偏振交叉耦合和克尔效应等引起的相干误差)和整体结构的光纤长度, 两个波列在输出端(第一耦合器 2 的 B<sub>1</sub> 端口)不会重合, 相互间也不会发生明显的干涉, 故可将二者看作两个相互独立的干涉光路, 经第三偏振分束器 9 后分别由第一探测器 10 和第二探测器 11 输出信号, 即用一套设备实现两套相对独立的干涉光路, 分别对每一光路运用成熟的单干涉式光纤陀螺的闭环调制技术得到相位信息, 在第一调制器 5 和第二调制器 6 上分别加上如图 4 所示的调制波形, 即以周期性的方波分别对两个相互独立的光路进行调制, 调制相位为  $\Phi_m = \Phi_{m0} \pm \pi/2$ ; 由此得到的两路干涉波形分别如图 5、图 6 所示, 其中图 5 坐标轴上部表示的是第一路干涉仪干涉光强按余弦规律变化, 下部为外加的相位调制波形, 第一探测器 10 的输出波形如右上角所示, 陀螺静止时输出是一条直线, 陀螺旋转时工作点发生移动, 输出变成一个与方波同频的方波信号; 图 6 坐标轴上部表示的是第二路干涉仪干涉光强按余弦规律变化, 下部为外加的相位调制波形, 第二探测器 11 的输出波形如右上角所示, 陀螺静止时输出是一条直线, 陀螺旋转时工作点发生移动, 输出变成一个与方波同频的方波信号, 再对两路结果进行差分运算, 从而在光纤环面积和光纤长度不变的条件下实现 SAGNAC 效应的倍增。

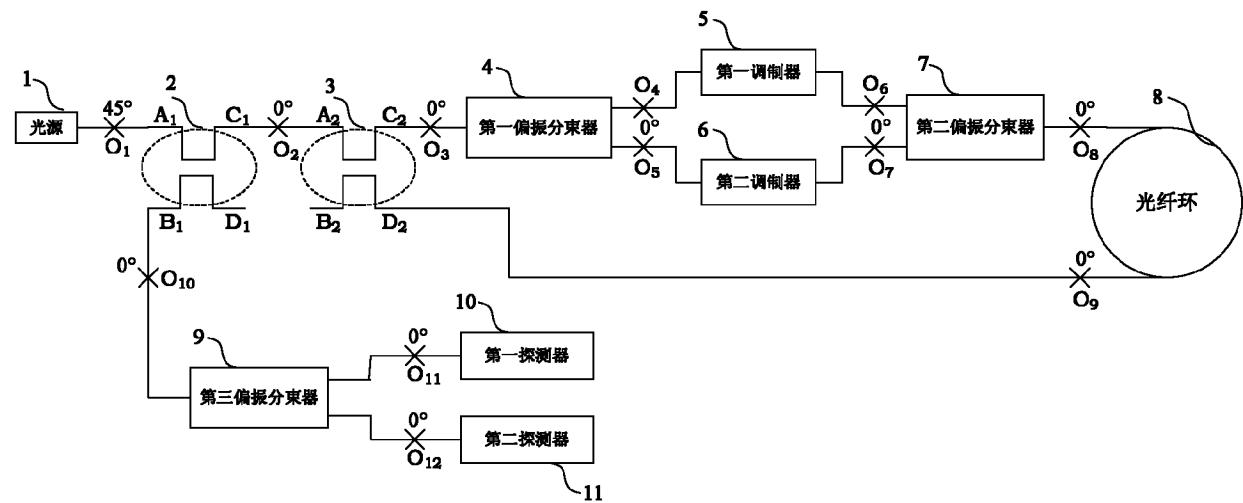


图 1

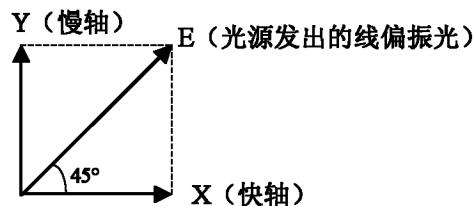


图 2

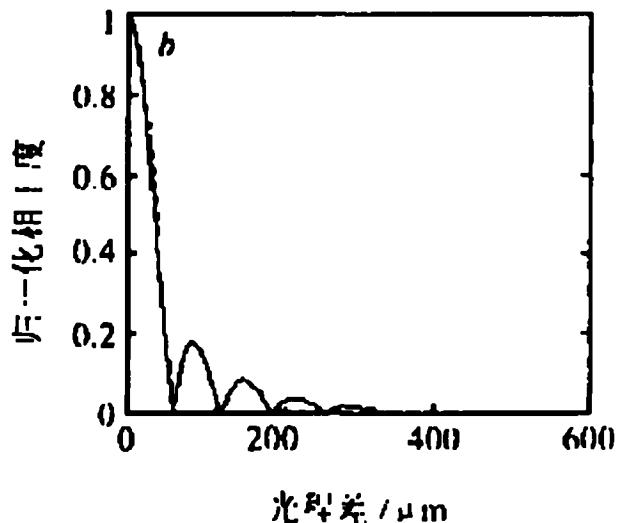


图 3

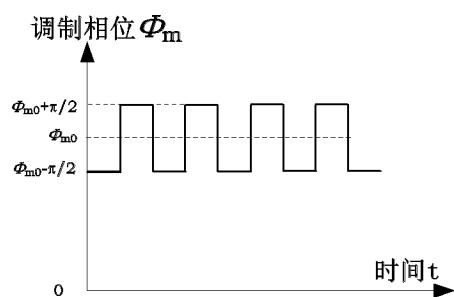


图 4

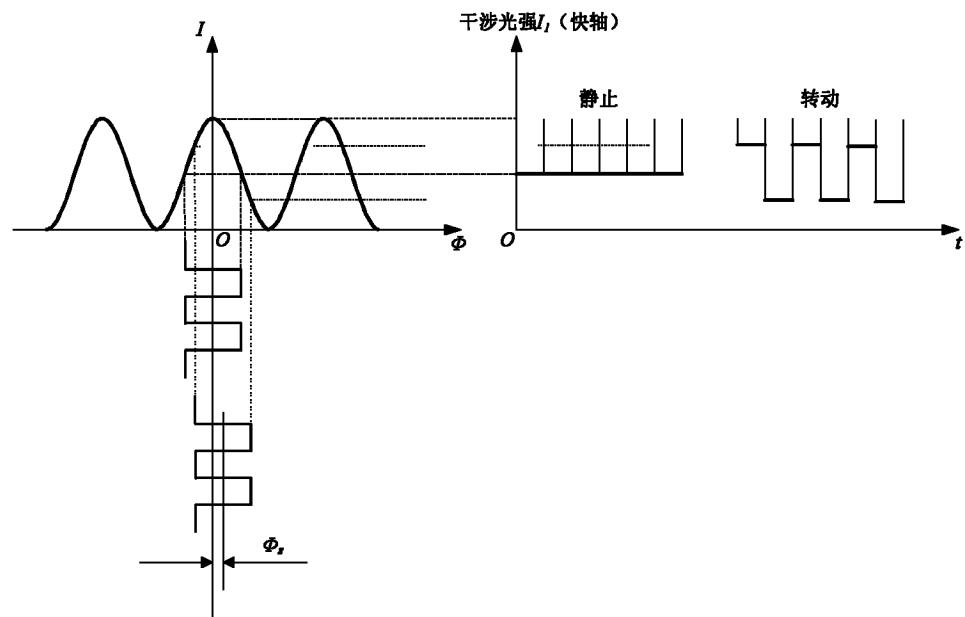


图 5

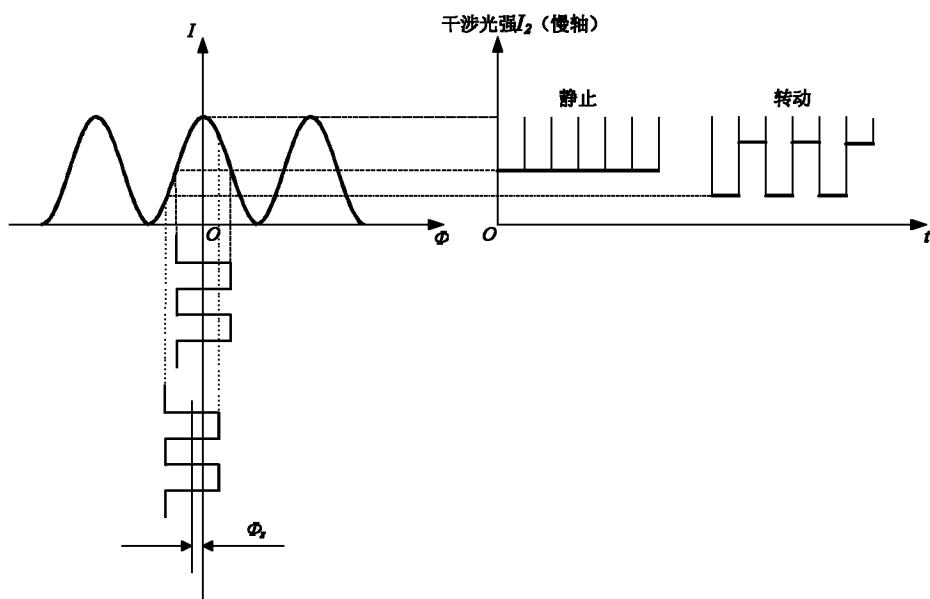


图 6