

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 2 月 10 日 (10.02.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/028281 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01C 19/72 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/108784
- (22) 国际申请日: 2021 年 7 月 28 日 (28.07.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202010782885.0 2020 年 8 月 6 日 (06.08.2020) CN
- (71) 申请人: 大连理工大学(DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。
- (72) 发明人: 荆振国(JING, Zhenguo); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 彭伟(PENG, Wei); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 李昂(LI, Ang); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 刘悦

莹(LIU, Yueying); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 刘强(LIU, Qiang); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 黄致远(HUANG, Zhiyuan); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 张杨(ZHANG, Yang); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: WHITE LIGHT INTERFEROMETRIC FIBER OPTIC GYROSCOPE BASED ON RHOMBIC OPTICAL PATH DIFFERENCE BIASING STRUCTURE

(54) 发明名称: 一种基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪

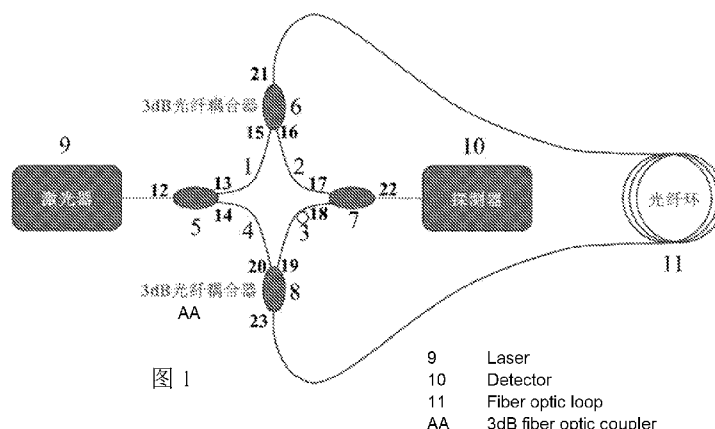


图 1

(57) Abstract: A white light interferometric fiber optic gyroscope based on a rhombic optical path difference biasing structure comprises a laser (9), a rhombic optical path difference biasing structure, a fiber optic loop (11), and a detector (10). The white light interferometric fiber optic gyroscope based on a rhombic optical path difference biasing structure uses an all-fiber optic structure, simplifies the complexity of a gyroscopic system, reduces the overall costs, and implements the linear output of a rotational speed signal using a white light interferometric demodulation algorithm.

(57) 摘要: 一种基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪, 包括激光器 (9)、菱形光程差偏置结构、光纤环 (11)、探测器 (10)。基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪采用了全光纤结构, 简化陀螺系统复杂性, 降低了整体成本; 利用白光干涉解调算法实现转速信号线性输出。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪

技术领域

本发明涉及一种基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，属于光纤陀螺技术领域。

背景技术

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一经问世便引起许多科研机构的关注。与传统机械陀螺相比，光纤陀螺无运动部件和磨损部件，为全固态仪表，具有成本低、寿命长、质量轻、体积小、动态范围大、精度应用覆盖面广、抗电磁干扰等优点。与激光陀螺相比，光纤陀螺无需几千伏的点火电压，无需克服自锁用的机械抖动装置，无需超高精度的光学加工，无需非常严格的气体密封，装配工艺简便。光纤陀螺是一种结构简单、潜在成本低、潜在精度高的新型全固态惯性器件。

光纤陀螺按其光学工作原理可以分为三类：干涉型光纤陀螺、谐振型光纤陀螺和受激布里渊散射型光纤陀螺。其中干涉型光纤陀螺技术成熟程度以及产品商业化程度最高，其商业产品按照零偏误差从高到低分为速率级、战术级、惯性级、战略级，并广泛应用于交通运输、军事装备、空间定位等领域。

发明内容

本发明的目的在于提出一种基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其具有全光纤结构、算法解调速度快、转速信号线性输出、系统成本低、陀螺体积小等突出优点。

本发明的技术方案：

一种基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，包括激光器、菱形光程差偏置结构、光纤环和探测器；

所述菱形光程差偏置结构为4个分光比为50:50的光纤耦合器构成或采用基于平面光波导(Planar Lightwave Circuit, PLC)技术的菱形光程差偏置结构;所述的光纤型菱形光程差偏置结构包括4个分光比为50:50的光纤耦合器以及连接各光纤耦合器的光纤;第一光纤耦合器与第二光纤耦合器之间、第二光纤耦合器与第三光纤耦合器之间、第三光纤耦合器与第四光纤耦合器之间、第四光纤耦合器与第一光纤耦合器之间分别通过第一光纤、第二光纤、第三光纤和第四光纤相连成环;其中,第一光纤、第二光纤、第三光纤和第四光纤的长度不一致来引入光程差偏置 d ;

所述激光器通过第五光纤与第一光纤耦合器相连,所述探测器通过第六光纤与第三光纤耦合器相连;

所述光纤环两端分别与第二光纤耦合器与第四光纤耦合器相连。

所述激光器为波长扫描激光器或宽谱光源激光器。

所述探测器为同步探测器或光谱仪。

所述的光纤环为单模光纤或保偏光纤,光纤环数量为1个或2个。

可选的,所述的菱形光程差偏置结构可后接光带通滤波器。

可选的,所述的光带通滤波器可为但不限于一进二出的 CWDM 粗波分复用器,光带宽通道可为但不仅限于 1520nm-1540nm 以及 1540nm-1560nm。

本发明的有益效果:本发明所述基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺其具有全光纤结构易于加工装配、算法解调速度快、转速信号线性输出、系统成本低、电学系统简单、陀螺体积小等突出优点。

附图说明

图1是基于单环结构的白光干涉光纤陀螺结构图;

图2是基于单环结构的白光干涉光纤陀螺转速-腔长差图;

图 3 是基于 PLC 技术的菱形光程差偏置结构图；

图 4 是基于双环差分结构的白光干涉光纤陀螺结构图。

图中：1 第一光纤；2 第二光纤；3 第三光纤；4 第四光纤；5 第一光纤耦合器；6 第二光纤耦合器；7 第三光纤耦合器；8 第四光纤耦合器；9 激光器；10 探测器；11 第一光纤环；12 第一光纤耦合器的第一端口；13 第一光纤耦合器的第二端口；14 第一光纤耦合器的第三端口；15 第二光纤耦合器的第一端口；16 第二光纤耦合器的第二端口；17 第三光纤耦合器的第一端口；18 第三光纤耦合器的第二端口；19 第四光纤耦合器的第一端口；20 第四光纤耦合器的第二端口；21 第二光纤耦合器的第三端口；22 第三耦合器的第三端口；23 第四光纤耦合器第三端口；24 第一光纤耦合器的第四端口；25 第二光纤耦合器的第四端口；26 第二光纤环；27 第四带通滤波器；28 第二带通滤波器；29 第一端口；30 第二端口；31 第三端口；32 第四端口；33 第一波导；34 第二波导；35 第三波导；36 第四波导。

具体实施方式

以下结合技术方案和附图详细叙述本发明的具体实施方式。

本发明提供了一种基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，根据所用的光纤环数量不同，光纤陀螺仪可分为单环型或双环差分型。

实施例 1：

其示意图如图 1 所示，包括激光器 9、第一光纤耦合器 5、第二光纤耦合器 6、第三光纤耦合器 7、第四光纤耦合器 8、第一光纤环 11、探测器 10；

激光器 9 的光输出端与第一光纤耦合器的第一端口 12 通过单模光纤连接，第一光纤耦合器的第二端口 13 通过第一光纤 1 与第二光纤耦合器的第一端口 15 连接，第一光纤耦合器的第三端口 14 通过第四光纤 4 与第四光纤耦合器的第二

端口 20 连接，第二光纤耦合器的第三端口 21 通过第一光纤环 11 与第四光纤耦合器第三端口 23 连接，第三光纤耦合器的第二端口 18 通过第三光纤 3 与第四光纤耦合器的第一端口 19 连接，第三光纤耦合器的第一端口 17 通过第二光纤 2 与第二光纤耦合器的第二端口 16 连接，第三耦合器的第三端口 22 与同步探测器或光谱仪通过单模光纤连接。

本发明中第一光纤耦合器 5 与第二光纤耦合器 6 之间的连接第一光纤 1、第二光纤耦合器 6 与第三光纤耦合器 7 之间的连接第二光纤 2、第三光纤耦合器 7 与第四光纤耦合器 8 之间的连接第三光纤 3、第四光纤耦合器 8 与第一光纤耦合器的第四端口 24 之间的连接第四光纤 4 组成了光纤型菱形光程差偏置结构。

本发明中激光器 9 为波长扫描激光器或宽谱光源，所述探测器 10 为同步探测器或光谱仪。探测器探测到的干涉光谱光强为：

$$I = I_0 \cos(1 + \phi_s)$$

在该结构中，利用四个 1*2 光纤耦合器的组合实现了顺时针传播光和逆时针传播光的光程差偏置。

对于顺时针传播的光，从光源出发，所传播行进的路线为：

激光器 9-第一光纤耦合器 5-第一光纤 1-第二光纤耦合器 6-第一光纤环 11-第四光纤耦合器 8-第三光纤 3-第三光纤耦合器 7-探测器 10；

对于逆时针传播的光，从光源出发，所传播行进的路线为：

激光器 9-第一光纤耦合器 5-第四光纤 4-第四光纤耦合器 8-第一光纤环 11-第二光纤耦合器 6-第二光纤 2-第三光纤耦合器 7-探测器 10；

其中造成光程差偏置，不互易的光路部分分别为：

顺时针：第一光纤 1-第二光纤耦合器 6-第一光纤环 11-第四光纤耦合器 8-第三光纤 3；

逆时针：第四光纤 4-第四光纤耦合器 8-第一光纤环 11-第二光纤耦合器 6-第二光纤 2；

考虑第二光纤耦合器 6 和第四光纤耦合器 8 和第一光纤环 11 为两个光路的公共部分，可以计在互易的光路部分内。

这样顺时针光路和逆时针光路不互易的光路部分为：

顺时针：第一光纤 1-第三光纤 3；

逆时针：第四光纤 4-第二光纤 2；

这样，在设计结构光路的时候，可以在顺时针第一光纤 1-第三光纤 3 光路组合和逆时针第四光纤 4-第二光纤 2 光路组合之间引入数十 μm 至数 mm 范围内的光程差异 d ，从而满足白光干涉信号解调方式中参与干涉的两束光光程差偏置的要求。

对于顺时针传输光和逆时针传输光，由于光纤环的旋转而引起的赛格耐克相移

$$\phi_s = \frac{4\pi RL}{\lambda c} \Omega$$

其中 L 为光纤长度， R 为光纤环半径， λ 为光波长， c 为真空中光速， Ω 为角速度。

对于第一光纤环 11，顺时针传输光和逆时针传输光相干涉，所产生的干涉光谱为：

$$I_a(\lambda) = E + F \cos\left(\frac{4\pi d}{\lambda} + \frac{4\pi RL}{\lambda c} \Omega\right) = E + F \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda} \left(d + \frac{RL}{c} \Omega\right)\right)$$

通过对干涉光谱进行处理，可以得到第一光纤环 11 的顺时针传输光与逆时针传输光的光程差为：

$$D_a = d + \frac{RL}{c} \Omega$$

d 为引入的已知光程差, L 为光纤长度, R 为光纤环半径, c 为真空中光速均为确定已知量, 进而可以得到角速度 Ω 。

如图 2 所示为基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪的定速转台转速测量实验, 从图中可以看到随着转台转速与光纤陀螺解调出的腔长差值为线性关系。该实验表明基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪可以实现转速测量功能。

可选地, 所述菱形光程差偏置结构可以采用平面光波导(Planar Lightwave Circuit, PLC)技术来实现菱形光程差偏置结构。PLC 平面光波导是采用半导体工艺制作, 光波导位于芯片的上表面, 在芯片中可以集成分路、合路等光路由功能。在芯片两端分别耦合输入端以及输出端的多通道光纤阵列并进行封装。PLC 平面光波导技术是当前实现光纤分路器、阵列波导光栅等光纤器件的主流成熟技术。可以通过光波导结构设计, 将菱形光程差偏置结构所需要的分路、合路和光程差偏置等光路由功能集成在一片 PLC 平面光波导中, 实现结构紧凑、单芯片的菱形光程差偏置结构 PLC 器件。如图 4 所示, 在菱形光程差偏置结构 PLC 器件的波导设计结构中, 第一波导 33、第二波导 34、第三波导 35 和第四波导 36 四段光波导长度不完全一致, 满足偏置光程差 $d = \{\text{第一光纤 } 1 + \text{第三光纤 } 3\} - \{\text{第四光纤 } 4 + \text{第二光纤 } 2\}$ 的设计要求, d 在数十 μm 至数 mm 范围内。第一端口 29、第二端口 30、第三端口 31 和第四端口 32 分别和相应的输入输出光纤对准耦合。

采用上述结构后, 本具体实施例产生的有益效果为: 本具体实施例所述的一种基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪, 具有结构简单, 算法简便, 工作稳定, 在复杂电磁环境下输出稳定的优点。

实施例 2:

其示意图如图 3 所示, 包括激光器 9、第一光纤耦合器 5、第二光纤耦合器 6、第三光纤耦合器 7、第四光纤耦合器 8、第一光纤环 11、第二光纤环 26、第一带通滤波器 27、第二带通滤波器 28、探测器 10;

激光器 9 的光输出端与第一光纤耦合器的第一端口 12 通过单模光纤进行连接, 第一光纤耦合器的第二端口 13 通过第一光纤 1 与第二光纤耦合器的第一端口 15 连接, 第一光纤耦合器的第三端口 14 通过第四光纤 4 与第四光纤耦合器的第二端口 20 连接, 第二光纤耦合器的第四端口 25 通过光纤与光第二带通滤波器 28 连接, 第二光纤耦合器的第三端口 21 通过第一光纤环 11 与光第一带通滤波器 27 连接, 第三光纤耦合器的第二端口 18 通过第三光纤 3 与第四光纤耦合器的第一端口 19 连接, 第三光纤耦合器的第一端口 17 通过光纤 2 与第二光纤耦合器的第二端口 16 连接, 第三耦合器的第三端口 22 与同步探测器或光谱仪(10)通过单模光纤连接, 第四光纤耦合器的第二端口 20 通过第四光纤 4 与第一光纤耦合器的第三端口 14 连接, 第一光纤耦合器的第四端口 24 通过第二光纤环 26 与光第二带通滤波器 28 连接, 第四光纤耦合器 8 的第三端口 23 与光第一带通滤波器 27 连接, 同时探测器 10 接收光纤陀螺干涉信号。

本发明中激光器 9 为波长扫描激光器或宽谱光源, 所述探测器 10 为同步探测器或光谱仪。探测器探测到的干涉光谱光强为:

$$I = I_0 \cos(1 + \phi_s)$$

本发明中第一光纤耦合器 5(5)、第二光纤耦合器 6、第二带通滤波器 28、第一光纤环 11、第三光纤耦合器 7、第二光纤环 26、第四光纤耦合器 8、第一带通滤波器 27 组成两个赛格耐克干涉仪, 通过对反向传输光波的干涉光谱进行差分运算处理, 提取所需的赛格耐克相移 ϕ_s 绝对值。

本发明中第一光纤耦合器 5 与第二光纤耦合器 6 之间的连接第一光纤 1、第

二光纤耦合器 6 与第三光纤耦合器 7 之间的连接第二光纤 2、第三光纤耦合器 7 与第四光纤耦合器 8 之间的连接第三光纤 3、第四光纤耦合器 8 与第一光纤耦合器的第四端口 24 之间的连接第四光纤 4 组成了光纤型菱形光程差偏置结构。为了满足白光干涉信号解调方式，在光路：第一光纤 1-第三光纤 3 与光路：第四光纤 4-第二光纤 2 之间引入数十 μm 至数 mm 范围内的光程差偏置 d 。

本发明中利用白光干涉信号解调方式来提取光纤陀螺旋转角速度 Ω 。光经过所述第一光纤环 11 和光纤 2(12)的路径为顺时针传播方向与逆时针传播方向。对于第一光纤环 11 其顺时针传播的光，从光源出发，所传播行进的路线为：

激光器 9-第一光纤耦合器 5-第一光纤 1-第二光纤耦合器 6-第一光纤环 11-第一带通滤波器 27-第四光纤耦合器 8-第三光纤 3-第三光纤耦合器 7-探测器 10

其逆时针传播的光，从光源出发，所传播行进的路线为：

激光器 9-第一光纤耦合器 5-第四光纤 4-第四光纤耦合器 8-第一带通滤波器 27-第一光纤环 11-第二光纤耦合器 6-第二光纤 2-第三光纤耦合器 7-探测器 10

其中造成光程差偏置，不互易的光路部分分别为：

顺时针：第一光纤 1-第二光纤耦合器 6-第一光纤环 11-第四光纤耦合器 8-第三光纤 3

逆时针：第四光纤 4-第四光纤耦合器 8-第一光纤环 11-第二光纤耦合器 6-第二光纤 2

考虑第二光纤耦合器 6-第四光纤耦合器 8 和第一光纤环 11 为两个光路的公共部分，可以计在互易的光路部分内。

这样顺时针光路和逆时针光路不互易的光路部分为：

顺时针：第一光纤 1-第三光纤 3

逆时针：第四光纤 4-第二光纤 2

对于第二光纤环 26，其顺时针传输光的光路为：

激光器 9-第一光纤耦合器 5-第四光纤 4-第四光纤耦合器 8-第二光纤环 26-第二带通滤波器 28-第二光纤耦合器 6-第二光纤 2-第三光纤耦合器 7-探测器 10

其逆时针传输光的光路为：

激光器 9-第一光纤耦合器 5-光纤(1)-第二光纤耦合器 6-第二带通滤波器 28-第二光纤环 26-第四光纤耦合器 8-第三光纤 3-第三光纤耦合器 7-探测器 10

对于第二光纤环 26，顺时针光路和逆时针光路不互易的光路部分为：

顺时针：第四光纤 4-第二光纤 2；

逆时针：第一光纤 1-第三光纤 3；

如果第一光纤环 11 顺时针光路与逆时针光路的偏置光程差为 d ，那么第二光纤环 26 顺时针光路与逆时针光路第二光纤环 26 顺时针光路与逆时针光路偏置光程差为 $-d$ 。

对于顺时针传输光和逆时针传输光，由于光纤环的旋转而引起的赛格耐克相移

$$\phi_s = \frac{4\pi RL}{\lambda c} \Omega$$

其中 L 为光纤长度， R 为光纤环半径， λ 为光波长， c 为真空中光速， Ω 为角速度。

对于第一光纤环 11，顺时针传输光和逆时针传输光相干涉，所产生的干涉光谱为：

$$I_a(\lambda) = E + F \cos\left(\frac{4\pi d}{\lambda} + \frac{4\pi RL}{\lambda c} \Omega\right) = E + F \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda} \left(d + \frac{RL}{c} \Omega\right)\right)$$

通过对干涉光谱进行处理，可以得到第一光纤环 11 的顺时针传输光与逆时针传输光的光程差为：

$$D_a = d + \frac{RL}{c} \Omega$$

对于第二光纤环 26，顺时针传输光和逆时针传输光相干涉，所产生的干涉光谱为

$$\begin{aligned} I_b(\lambda) &= G + H \cos\left(\frac{4\pi \cdot (-d)}{\lambda} + \frac{4\pi RL}{\lambda c} \Omega\right) = G + H \cos\left(\frac{4\pi d}{\lambda} - \frac{4\pi RL}{\lambda c} \Omega\right) \\ &= G + H \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda} \left(d - \frac{RL}{c} \Omega\right)\right) \end{aligned}$$

通过对干涉光谱进行处理，可以得到第二光纤环 26 的顺时针传输光与逆时针传输光的光程差为：

$$D_b = d - \frac{RL}{c} \Omega$$

将 D_a 和 D_b 这一对差分信号进行相减 $D_a - D_b$ 可以消除共模成分偏置光程差 d 的影响，得到所需要的差模成分：

$$D_a - D_b = \frac{2RL}{c} \Omega$$

L 为光纤长度， R 为光纤环半径， c 为真空中光速均为确定已知量，进而可以得到角速度 Ω 。

本实施例中连接第一光纤环 11 的光第一带通滤波器 27 的通带设置为 1520-1540nm，连接第二光纤环 26 的光第二带通滤波器 28 的通带可以设置为 1540-1560nm。这样，通过激光器 9 和探测器 10，就可以同时得到 1520-1540nm 波长范围内第一光纤环 11 的干涉光谱，和 1540-1560nm 波长范围内第二光纤环 26 的干涉光谱，两者互相不影响。

可选地，所述菱形光程差偏置结构可以采用平面光波导(Planar Lightwave Circuit, PLC)技术来实现菱形光程差偏置结构。如图 4 所示，在菱形光程差偏置结构 PLC 器件的波导设计结构中，第一波导 33、第二波导 34、第三波导 35 和

第四波导 36 四段光波导长度不完全一致，满足偏置光程差 $d = \{\text{第一光纤 } 1 + \text{第三光纤 } 3\} - \{\text{第四光纤 } 4 + \text{第二光纤 } 2\}$ 的设计要求， d 在数十 μm 至数 mm 范围内。第一端口 29、第二端口 30、第三端口 31 和第四端口 32 分别和相应的输入输出光纤对准耦合。

采用上述结构后，本具体实施例产生的有益效果为：本具体实施例所述的一种基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，具有零漂小，结构稳定，算法简便，抗环境干扰能力强，在复杂电磁环境下输出稳定等优点。

尽管前面公开的内容示出了本发明的示例型实施例，但应注意，在不背离权利要求限定的本发明的范围的前提下，可以进行多种改变和修改。根据这里描述的发明实施例的结构，权利要求的组成元件可以用任何功能等效的元件替代。因此，本发明的保护范围应当由所附的权利要求书的内容确定。

权利要求书

1.一种基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其特征在于，该基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪包括激光器、菱形光程差偏置结构、光纤环和探测器；

所述的光纤型菱形光程差偏置结构包括4个分光比为50:50的光纤耦合器以及连接各光纤耦合器的光纤；第一光纤耦合器与第二光纤耦合器之间、第二光纤耦合器与第三光纤耦合器之间、第三光纤耦合器与第四光纤耦合器之间、第四光纤耦合器与第一光纤耦合器之间分别通过第一光纤、第二光纤、第三光纤和第四光纤相连成环；其中，第一光纤、第二光纤、第三光纤和第四光纤的长度不一致来引入光程差偏置 d ；

所述激光器通过第五光纤与第一光纤耦合器相连，所述探测器通过第六光纤与第三光纤耦合器相连；

所述光纤环两端分别与第二光纤耦合器与第四光纤耦合器相连。

2.根据权利要求1所述的基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其特征在于，所述激光器为波长扫描激光器或宽谱光源激光器。

3.根据权利要求1或2所述的基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其特征在于，所述探测器为同步探测器或光谱仪。

4.根据权利要求1或2所述的基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其特征在于，所述的光纤环为单模光纤或保偏光纤，光纤环数量为1个或2个。

5.根据权利要求3所述的基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其特征在于，所述的光纤环为单模光纤或保偏光纤，光纤环数量为1个或2个。

6.根据权利要求1、2或5所述的基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其特征在于，所述的菱形光程差偏置结构后接光带通滤波器。

7.根据权利要求3所述的基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其特

征在于，所述的菱形光程差偏置结构后接光带通滤波器。

8.根据权利要求 4 所述的基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其特征在于，所述的菱形光程差偏置结构后接光带通滤波器。

9.根据权利要求 6 所述的基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其特征在于，所述的光带通滤波器为一进二出的 CWDM 粗波分复用器，光带宽通道为 1520nm-1540nm 或 1540nm-1560nm。

10.根据权利要求 7 或 8 所述的基于菱形光程差偏置结构的白光干涉光纤陀螺仪，其特征在于，所述的光带通滤波器为一进二出的 CWDM 粗波分复用器，光带宽通道为 1520nm-1540nm 或 1540nm-1560nm。

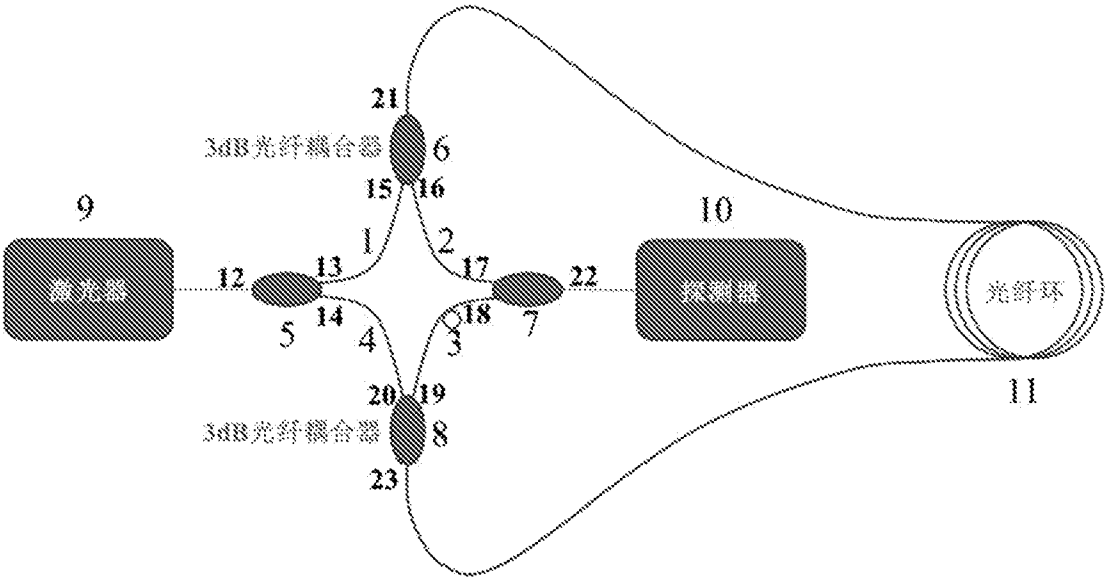


图 1

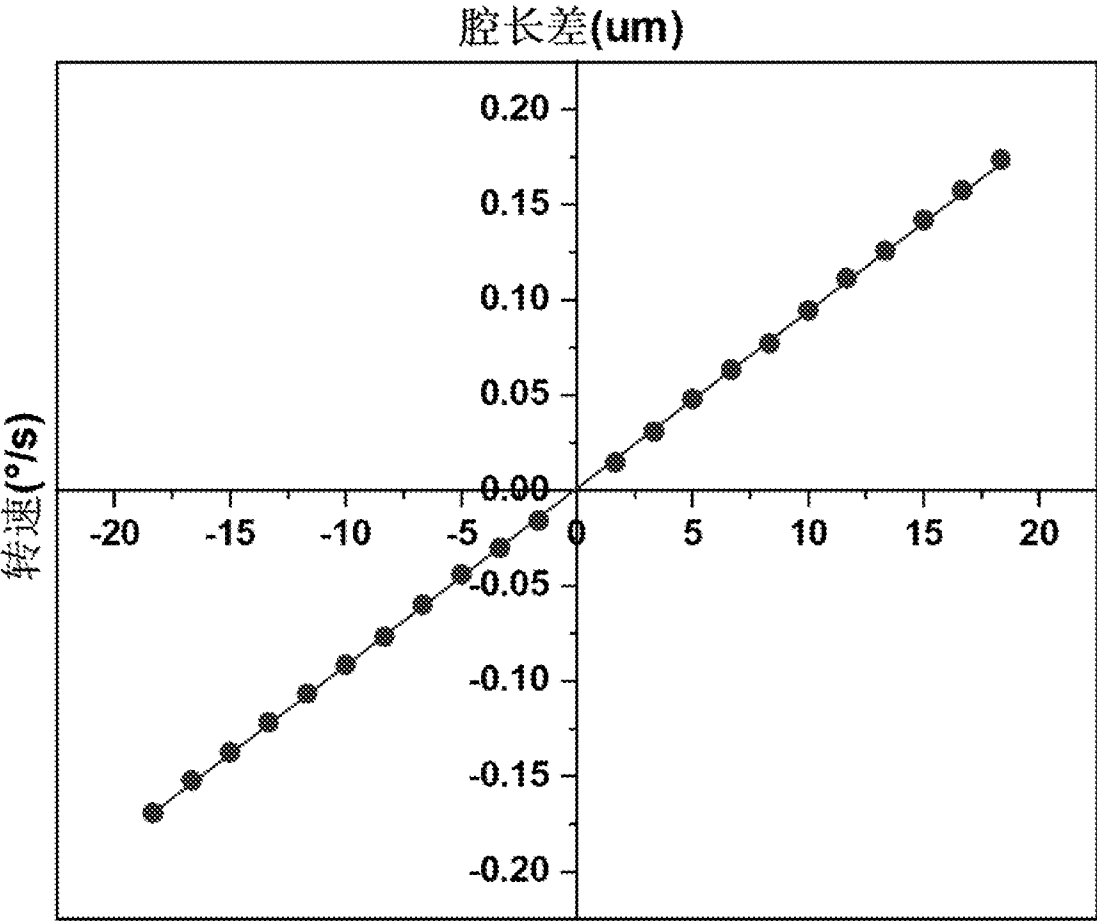


图 2

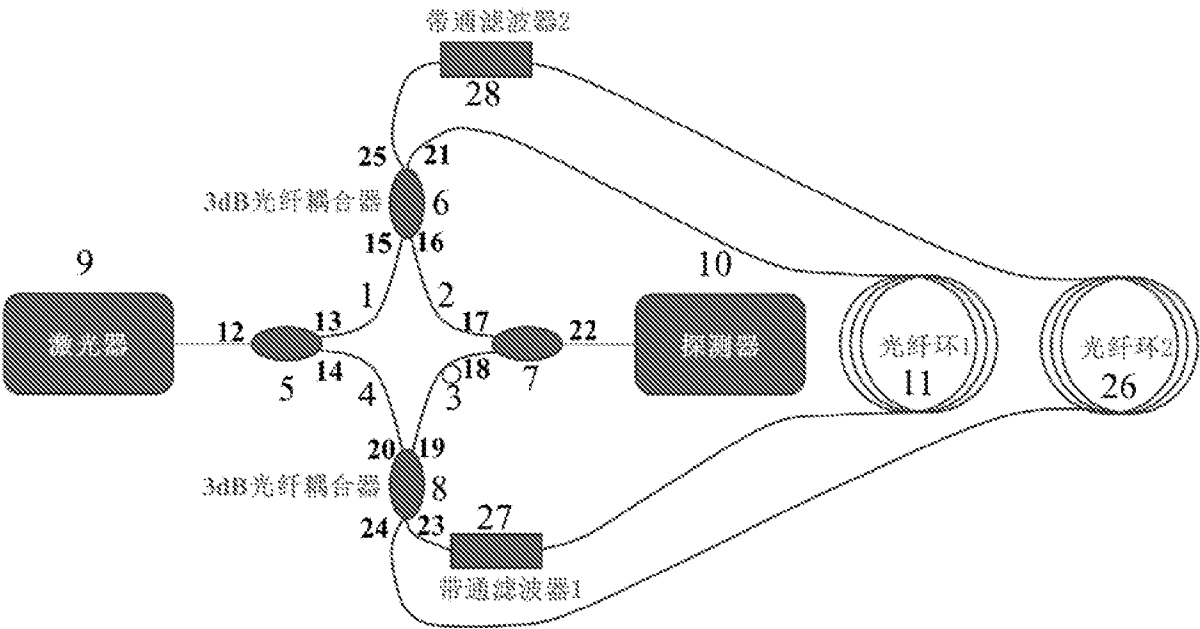


图 3

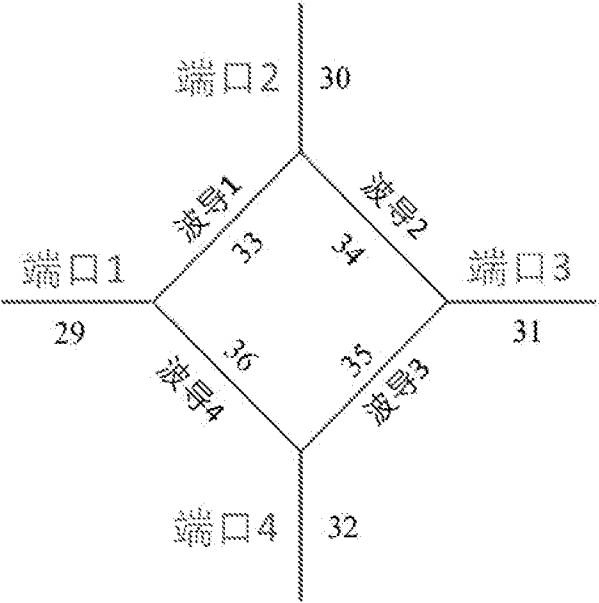


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/108784

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C 19/72(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C19/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: JING ZH*G*, PENG W*, LI A*, LIU Y*Y*, LIU Q*, HUANG ZH*Y*, ZHANG Y*, 光带通, 波分复用, CWDm, 两, 光纤环, 光纤陀螺, IFOG, 双, 干涉, 环, 圈, 菱形, coil, fiber, optic+, gyro+, interfero+, two, 2nd, second, filter+, coupler, rhombic+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111947641 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 17 November 2020 (2020-11-17) claims 1-10	1-10
X	Jesse Zheng. "All-fiber single-mode fiber frequency-modulated continuous-wave Sagnac gyroscope" <i>Optics Letters</i> , Vol. 30, No. 1, 01 January 2005 (2005-01-01), ISSN: 0146-9592, pp. 17-19	1-3
Y	Jesse Zheng. "All-fiber single-mode fiber frequency-modulated continuous-wave Sagnac gyroscope" <i>Optics Letters</i> , Vol. 30, No. 1, 01 January 2005 (2005-01-01), ISSN: 0146-9592, pp. 17-19	4-5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 September 2021

Date of mailing of the international search report

28 October 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/108784

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	张超 等 (ZHANG, Chao et al.). "复用双轴光纤陀螺仪 (Multiplexed Double-Axis Fiber Optic Gyroscope)" 浙江大学学报 (工学版) (<i>Journal of Zhejiang University (Engineering Science)</i>), Vol. 47, No. 12, 31 December 2013 (2013-12-31), ISSN: 1008-973X, page 2185, and figure 1	4-5
A	CN 101360969 A (ZHENG, Gang) 04 February 2009 (2009-02-04) entire document	1-10
A	CN 102128621 A (PEKING UNIVERSITY) 20 July 2011 (2011-07-20) entire document	1-10
A	US 2014218739 A1 (BERGH, Ralph A.) 07 August 2014 (2014-08-07) entire document	1-10
A	EP 1096227 A1 (SAGEM S.A.) 02 May 2001 (2001-05-02) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/108784

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111947641	A	17 November 2020	None			
CN	101360969	A	04 February 2009	US	2010165350	A1	01 July 2010
				WO	2007076600	A1	12 July 2007
				CN	101360969	B	22 June 2011
				CA	2531177	A1	30 June 2007
CN	102128621	A	20 July 2011	None			
US	2014218739	A1	07 August 2014	WO	2009103015	A2	20 August 2009
				US	9103676	B2	11 August 2015
				US	2011037972	A1	17 February 2011
				US	8497994	B2	30 July 2013
				EP	2250462	A2	17 November 2010
EP	1096227	A1	02 May 2001	EP	1096227	B1	03 July 2013
				FR	2800456	A1	04 May 2001
				FR	2800456	B1	28 December 2001

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/108784

A. 主题的分类 G01C 19/72 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G01C19/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: JING ZH*G*, PENG W*, LI A*, LIU Y*Y* , LIU Q*, HUANG ZH*Y*, ZHANG Y*, 光带通, 波分复用, CWDM, 两, 光纤环, 光纤陀螺, IFOG, 双, 干涉, 环, 圈, 菱形, coil, fiber, optic+, gyro+, interfero+, two, 2nd, second, filter+, coupler, rhombic+																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 111947641 A (大连理工大学) 2020年 11月 17日 (2020 - 11 - 17) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>Jesse Zheng. "All-fiber single-mode fiber frequency-modulated continuous-wave Sagnac gyroscope" OPTICS LETTERS, 第30卷, 第1期, 2005年 1月 1日 (2005 - 01 - 01), ISSN: 0146-9592, 第17-19页</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>Jesse Zheng. "All-fiber single-mode fiber frequency-modulated continuous-wave Sagnac gyroscope" OPTICS LETTERS, 第30卷, 第1期, 2005年 1月 1日 (2005 - 01 - 01), ISSN: 0146-9592, 第17-19页</td> <td>4-5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>张超等. "复用双轴光纤陀螺仪" 浙江大学学报 (工学版), 第47卷, 第12期, 2013年 12月 31日 (2013 - 12 - 31), ISSN: 1008-973X, 第2185页, 图1</td> <td>4-5</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 111947641 A (大连理工大学) 2020年 11月 17日 (2020 - 11 - 17) 权利要求1-10	1-10	X	Jesse Zheng. "All-fiber single-mode fiber frequency-modulated continuous-wave Sagnac gyroscope" OPTICS LETTERS, 第30卷, 第1期, 2005年 1月 1日 (2005 - 01 - 01), ISSN: 0146-9592, 第17-19页	1-3	Y	Jesse Zheng. "All-fiber single-mode fiber frequency-modulated continuous-wave Sagnac gyroscope" OPTICS LETTERS, 第30卷, 第1期, 2005年 1月 1日 (2005 - 01 - 01), ISSN: 0146-9592, 第17-19页	4-5	Y	张超等. "复用双轴光纤陀螺仪" 浙江大学学报 (工学版), 第47卷, 第12期, 2013年 12月 31日 (2013 - 12 - 31), ISSN: 1008-973X, 第2185页, 图1	4-5
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
PX	CN 111947641 A (大连理工大学) 2020年 11月 17日 (2020 - 11 - 17) 权利要求1-10	1-10															
X	Jesse Zheng. "All-fiber single-mode fiber frequency-modulated continuous-wave Sagnac gyroscope" OPTICS LETTERS, 第30卷, 第1期, 2005年 1月 1日 (2005 - 01 - 01), ISSN: 0146-9592, 第17-19页	1-3															
Y	Jesse Zheng. "All-fiber single-mode fiber frequency-modulated continuous-wave Sagnac gyroscope" OPTICS LETTERS, 第30卷, 第1期, 2005年 1月 1日 (2005 - 01 - 01), ISSN: 0146-9592, 第17-19页	4-5															
Y	张超等. "复用双轴光纤陀螺仪" 浙江大学学报 (工学版), 第47卷, 第12期, 2013年 12月 31日 (2013 - 12 - 31), ISSN: 1008-973X, 第2185页, 图1	4-5															
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td> "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件													
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件																
国际检索实际完成的日期 2021年 9月 27日		国际检索报告邮寄日期 2021年 10月 28日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 徐建营 电话号码 86-(10)53962421															

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 101360969 A (郑刚) 2009年 2月 4日 (2009 - 02 - 04) 全文	1-10
A	CN 102128621 A (北京大学) 2011年 7月 20日 (2011 - 07 - 20) 全文	1-10
A	US 2014218739 A1 (BERGH, Ralph A.) 2014年 8月 7日 (2014 - 08 - 07) 全文	1-10
A	EP 1096227 A1 (SAGEM S.A.) 2001年 5月 2日 (2001 - 05 - 02) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/108784

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	111947641	A	2020年 11月 17日	无			
CN	101360969	A	2009年 2月 4日	US	2010165350	A1	2010年 7月 1日
				WO	2007076600	A1	2007年 7月 12日
				CN	101360969	B	2011年 6月 22日
				CA	2531177	A1	2007年 6月 30日
CN	102128621	A	2011年 7月 20日	无			
US	2014218739	A1	2014年 8月 7日	WO	2009103015	A2	2009年 8月 20日
				US	9103676	B2	2015年 8月 11日
				US	2011037972	A1	2011年 2月 17日
				US	8497994	B2	2013年 7月 30日
				EP	2250462	A2	2010年 11月 17日
EP	1096227	A1	2001年 5月 2日	EP	1096227	B1	2013年 7月 3日
				FR	2800456	A1	2001年 5月 4日
				FR	2800456	B1	2001年 12月 28日