(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
2020 年 11 月 19 日 (19.11.2020)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2020/228498 A1

(51) 国际专利分类号:
G01R 33/032 (2006.01) *G01R 33/00* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/086127

(22) 国际申请日: 2020 年 4 月 22 日 (22.04.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910391741.X 2019年5月13日 (13.05.2019) CN

(71) 申请人: 浙江大学(ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。

(72) 发明人: 余玄(SHE, Xuan); 中国浙江省杭州市余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。 姚俊杰(YAO, Junjie); 中国浙江省杭州市余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。 陈侃(CHEN, Kan); 中国浙江省杭州市余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。 黄腾超(HUANG, Tengchao); 中国浙江省杭州市余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。 舒晓武(SHU, Xiaowu); 中国浙江省杭州余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。

(74) 代理人: 杭州求是专利事务所有限公司(HANGZHOU QIUSHI PATENT OFFICE CO.,LTD.); 中国浙江省杭州市玉古路147号黄鸿年科技综合大楼215室/林超, Zhejiang 310013 (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, 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。

(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,

(54) **Title:** CHIP TYPE THREE-DIMENSIONAL MAGNETIC FIELD SENSOR

(54) 发明名称: 一种芯片式三维磁场传感器

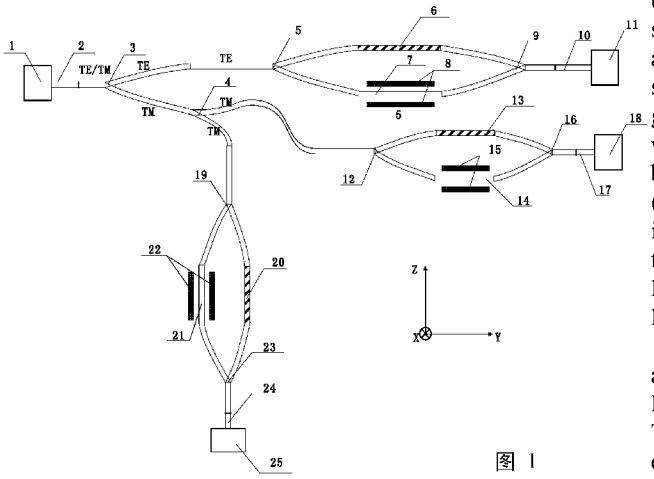


图 1

(57) **Abstract:** A chip type three-dimensional magnetic field sensor, comprising a light source (1), an input straight waveguide (2), a polarization beam splitting waveguide (3), a 1:1 power beam splitter (4), three 1:2 type Y waveguides, three 2:1 type Y waveguides, three output straight waveguides, three magneto-optical waveguides and three photodetectors. The light source (1) outputs broad-spectrum depolarized light into the input straight waveguide (2), and the light is divided into TE polarized light and TM polarized light through the polarization beam splitting waveguide (3); the TE polarized light is divided into two beams of TE polarized light through a first 1:2 type Y waveguide (5); the TM polarized light is divided into two beams of TM polarized light through the 1:1 power beam splitter (4); the TM polarized light propagating along a positive Y direction is divided into two beams of TM polarized light through a second 1:2 type Y waveguide (12); and the TM polarized light propagating along the negative Z direction is divided into two beams of TM polarized light having equal power through a third 1:2 type Y waveguide (19). The three axes of the three-dimensional magnetic field sensor are monolithically integrated, the sensor thus has high device integration level, small size, simple manufacturing process, and high reliability and environmental adaptability.

WO 2020/228498 A1

[见续页]

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))。

(57) 摘要: 一种芯片式三维磁场传感器，包括光源（1）、输入直波导（2）、偏振分束波导（3）、1:1功率分束器（4）、三个1:2型Y波导、三个2:1型Y波导、三个输出直波导、三个磁光波导和三个光电探测器；光源（1）输出宽谱消偏光到输入直波导（2），经偏振分束波导（3）分为TE偏振光和TM偏振光，TE偏振光经第一1:2型Y波导（5）分为两束TE偏振光；TM偏振光经1:1功率分束器（4）分成两束TM偏振光，沿正Y方向传播的TM偏振光经第二1:2型Y波导（12）分为两束TM偏振光；沿负Z方向传播的TM偏振光经第三1:2型Y波导（19）分为等功率的两束TM偏振光。三维磁场传感器的三轴为单片集成，器件集成度高，尺寸小，制作工艺简单，具有高的可靠性和环境适应性。

一种芯片式三维磁场传感器

技术领域

本发明属于集成光学和磁场传感领域，尤其涉及一种芯片式三维磁场传感器。

背景技术

磁场传感器在日常交通、地球物理、军事国防以及生物医疗等众多领域都发挥着重要作用。例如，飞机采用磁场传感器实现高可靠的无接触信息交换，才得以保证飞行的高度安全；各种钢铁、稀有金属和有色金属等矿场资源都可以通过磁场传感器进行定位，从而大大降低探矿成本；通过检测领海的地磁场分布，对比原始地磁场数据可以推断出附近是否有核潜艇，以保障国家安全；高灵敏度磁场传感器甚至可以对人的心脑电波进行扫描并绘制心脑电磁图谱，以辅助医疗诊断等等。

经过人们的不断探索，大量不同种类的磁场传感器被研发出来并投入使用。纵观所有磁场传感器，霍尔器件和磁阻传感器的磁场灵敏度都比较低，线圈传感器、磁通门、质子磁力仪、光泵和超导量子干涉仪的磁场灵敏度都较高，在10-9T 以上。在高灵敏度磁场传感器中，线圈传感器有一定的局限性，只能测量变化率较高的动态变化磁场，而不能测量直流磁场或者变化率低的磁场。磁通门和质子磁力仪的耗能十分严重，且其频率受自身原理的限制，不能适应高频率的发展趋势。光泵则尺寸更大，更昂贵，耗能更多（几瓦），且维护不便。超导量子干涉仪的灵敏度最高为 10-15 T，但需要低温苛刻的环境，只能应用于实验室里。随着科技的不断发展，人们急切需要开发出更加优异的磁场传感器，比如灵敏度更高、频率更高、耗能更低，稳定性更高、体积更小等。

发明内容

为了解决背景技术中的问题，本发明提供一种三轴单片集成、集成度高、尺寸小、制备工艺简单、易于封装的芯片式三维磁场传感器。

本发明采用的技术方案如下：

本发明包括光源、输入直波导、偏振分束波导、1:1 功率分束器、三个 1:2 型 Y 波导、三个 2:1 型 Y 波导、三个输出直波导、三个磁光波导和三个光电探测器；三个 1:2 型 Y 波导分别为第一 2:1 型 Y 波导、第二 2:1 型 Y 波导和第三 2:1 型 Y 波导，三个 2:1 型 Y 波导分别为第一 2:1 型 Y 波导、第二 2:1 型 Y 波导和第三 2:1 型 Y 波导，三个输出直波导分别为第一输出直波导、第二输出直波导和第三输出直波导，三个磁光波导分别为第一磁光波导、第二磁光波导和第

三磁光波导，三个光电探测器分别为第一光电探测器、第二光电探测器和第三光电探测器；

输入直波导与偏振分束波导的输入端口相连，偏振分束波导的一个输出端口依次经第一 1:2 型 Y 波导、第一 2:1 型 Y 波导、第一输出直波导连接至第一光电探测器作为一个传感轴，第一 1:2 型 Y 波导的两个输出端口分别经第一磁光波导和第一直波导连接至第一 2:1 型 Y 波导的两个输入端口；偏振分束波导的另一个输出端口与 1:1 功率分束器的输入端口相连，1:1 功率分束器的一个输出端口依次经第二 1:2 型 Y 波导、第二 2:1 型 Y 波导、第二输出直波导连接至第二光电探测器作为一个传感轴，第二 1:2 型 Y 波导的两个输出端口分别经第二磁光波导和第二直波导连接至第二 2:1 型 Y 波导的两个输入端口；1:1 功率分束器的另一个输出端口依次经第三 1:2 型 Y 波导、第三 2:1 型 Y 波导、第三输出直波导连接至第三光电探测器作为一个传感轴，第三 1:2 型 Y 波导的两个输出端口分别经第三磁光波导和第三调制电极连接至第三 2:1 型 Y 波导的两个输入端口；第一直波导的两侧设有第一调制电极，第二直波导的两侧设有第二调制电极，第三直波导的两侧设有第三调制电极。

光源输出宽谱消偏光至输入直波导，经偏振分束波导分为 TE 偏振光和 TM 偏振光，且 TE 偏振光和 TM 偏振光均沿水平方向传播；TE 偏振光经第一 1:2 型 Y 波导分为等功率的两束 TE 偏振光，其中一束 TE 偏振光依次经第一 1:2 型 Y 波导上分支、第一磁光波导、第一 2:1 型 Y 波导上分支后与另一束依次经第一 1:2 型 Y 波导下分支、第一直波导、第一 2:1 型 Y 波导下分支的 TE 偏振光在第一 2:1 型 Y 波导的单端口汇合，之后耦合进第一光电探测器；

TM 偏振光经 1:1 功率分束器分成等功率的两束分别沿水平方向和竖直方向传播的 TM 偏振光；沿水平方向传播的 TM 偏振光经第二 1:2 型 Y 波导分为等功率的两束 TM 偏振光，其中一束 TM 偏振光依次经第二 1:2 型 Y 波导上分支、第二磁光波导、第二 2:1 型 Y 波导上分支后与另一束依次经第二 1:2 型 Y 波导下分支、第二直波导、第二 2:1 型 Y 波导下分支的 TM 偏振光在第二 2:1 型 Y 波导的单端口汇合，之后耦合进第二光电探测器；沿竖直方向传播的 TM 偏振光经第三 1:2 型 Y 波导分为等功率的两束 TM 偏振光，其中一束 TM 偏振光依次经第三 1:2 型 Y 波导左分支、第三直波导、第三 2:1 型 Y 波导左分支后与另一束依次经第三 1:2 型 Y 波导右分支、第三磁光波导、第三 2:1 型 Y 波导右分支的 TM 偏振光在第三 2:1 型 Y 波导的单端口汇合，之后耦合进第三光电探测器。

所述的输入直波导、偏振分束波导、1:1 功率分束器、第一 1:2 型 Y 波导、

第一直波导、第一 2:1 型 Y 波导、第一输出直波导、第二 1:2 型 Y 波导、第二直波导、第二 2:1 型 Y 波导、第二输出直波导、第三 1:2 型 Y 波导、第三直波导、第三 2:1 型 Y 波导、第三输出直波导均为脊波导，集成于铌酸锂单晶薄膜层表面，铌酸锂单晶薄膜层位于二氧化硅缓冲层表面，二氧化硅缓冲层位于硅衬底表面，二氧化硅缓冲层位于铌酸锂单晶薄膜层和硅衬底之间。

所述第一调制电极、第二调制电极、第三调制电极形成于铌酸锂单晶薄膜层表面。

所述的第一磁光波导、第二磁光波导和第三磁光波导均由上包层、下包层和位于上下包层之间的芯层组成；芯层和上下包层设置空气的包层；第一磁光波导的芯层主要由磁光材料与铌酸锂材料键合形成，第一磁光波导的上包层和下包层均由二氧化硅材料制成；第二磁光波导和第三磁光波导的芯层均由铌酸锂材料制成，第二磁光波导和第三磁光波导的上包层均由磁光材料制成、下包层均由二氧化硅材料制成。

所述的第一磁光波导、第二磁光波导和第三磁光波导分别传感三维坐标轴中三个不同方向的磁场强度，第一磁光波导传感 X 方向的磁场强度、第二磁光波导传感 Z 方向的磁场强度、第三磁光波导传感 Y 方向的磁场强度。

所述的光源采用 SLD 光源或 ASE 光源，三个传感轴的光路分别采用马赫曾德干涉仪的对称结构，两干涉臂等长。

本发明的有益效果：

1）本发明的光源采用宽谱光源，三个传感轴的光路分别采用马赫曾德干涉仪的对称结构，两干涉臂等长，检测由磁场引起的两干涉臂的相位差，不受光源光强波动的影响，有效避免光学系统中寄生效应引起的误差，光学噪声小。

2）本发明的三维磁场传感器三轴单片集成，器件集成度高、尺寸小、制作工艺简单、易于封装、适于批量生产。

附图说明

图 1 是本发明的结构示意图；

图 2 是脊波导的截面示意图；

图 3 是第一磁光波导的截面示意图；

图 4 是第二磁光波导的截面示意图；

图 5 是第三磁光波导的截面示意图。

图中：1、光源，2、输入直波导，3、偏振分束波导，4、1:1 功率分束器，5、第一 1:2 型 Y 波导，6、第一磁光波导，7、第一直波导，8、第一调制电极，9、第一 2:1 型 Y 波导，10、第一输出直波导，11、第一光电探测器，12、第二

1:2 型 Y 波导，13、第二磁光波导，14、第二直波导，15、第二调制电极，16、第二 2:1 型 Y 波导，17、第二输出直波导，18、第二光电探测器，19、第三 1:2 型 Y 波导，20、第三磁光波导，21、第三直波导，22、第三调制电极，23、第三 2:1 型 Y 波导，24、第三输出直波导，25、第三光电探测器，26、铌酸锂单晶薄膜层，27、二氧化硅缓冲层，28、硅衬底，29、磁光材料，30、空气、31、铌酸锂，32、二氧化硅。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

如图 1 所示，本发明包括光源 1、输入直波导 2、偏振分束波导 3、1:1 功率分束器 4、三个 1:2 型 Y 波导、三个 2:1 型 Y 波导、三个输出直波导、三个磁光波导和三个光电探测器；输入直波导 2 与偏振分束波导 3 的输入端口相连，偏振分束波导 3 的一个输出端口依次经第一 1:2 型 Y 波导 5、第一 2:1 型 Y 波导 9、第一输出直波导 10 连接至第一光电探测器 11，第一 1:2 型 Y 波导 5 的两个输出端口分别经第一磁光波导 6 和第一直波导 7 连接至第一 2:1 型 Y 波导 9 的两个输入端口；偏振分束波导 3 的另一个输出端口与 1:1 功率分束器 4 的输入端口相连，1:1 功率分束器 4 的一个输出端口依次经第二 1:2 型 Y 波导 12、第二 2:1 型 Y 波导 16、第二输出直波导 17 连接至第二光电探测器 18，第二 1:2 型 Y 波导 12 的两个输出端口分别经第二磁光波导 13 和第二直波导 14 连接至第二 2:1 型 Y 波导 16 的两个输入端口；1:1 功率分束器 4 的另一个输出端口依次经第三 1:2 型 Y 波导 19、第三 2:1 型 Y 波导 23、第三输出直波导 24 连接至第三光电探测器 25，第三 1:2 型 Y 波导 19 的两个输出端口分别经第三磁光波导 20 和第三调制电极 22 连接至第三 2:1 型 Y 波导 23 的两个输入端口；第一直波导 7 的两侧设有第一调制电极 8，第二直波导 14 的两侧设有第二调制电极 15，第三直波导 21 的两侧设有第三调制电极 22。

光源 1 输出宽谱消偏光至输入直波导 2，经偏振分束波导 3 分为 TE 偏振光和 TM 偏振光，且 TE 偏振光和 TM 偏振光均沿水平方向传播；TE 偏振光经第一 1:2 型 Y 波导 5 分为等功率的两束 TE 偏振光，其中一束 TE 偏振光依次经第一 1:2 型 Y 波导 5 上分支、第一磁光波导 6、第一 2:1 型 Y 波导 9 上分支后与另一束依次经第一 1:2 型 Y 波导 5 下分支、第一直波导 7、第一 2:1 型 Y 波导 9 下分支的 TE 偏振光在第一 2:1 型 Y 波导 9 的单端口汇合，之后耦合进第一光电探测器 11；TM 偏振光经 1:1 功率分束器 4 分成等功率的两束分别沿正 Y 方向传播和沿负 Z 方向传播的 TM 偏振光；沿正 Y 方向传播的 TM 偏振光经第二 1:2 型 Y 波导 12 分为等功率的两束 TM 偏振光，其中一束 TM 偏振光依次经第二

1:2 型 Y 波导 12 上分支、第二磁光波导 13、第二 2:1 型 Y 波导 16 上分支后与另一束依次经第二 1:2 型 Y 波导 12 下分支、第二直波导 14、第二 2:1 型 Y 波导 16 下分支的 TM 偏振光在第二 2:1 型 Y 波导 16 的单端口汇合，之后耦合进第二光电探测器 18；沿负 Z 方向传播的 TM 偏振光经第三 1:2 型 Y 波导 19 分为等功率的两束 TM 偏振光，其中一束 TM 偏振光依次经第三 1:2 型 Y 波导 19 左分支、第三直波导 21、第三 2:1 型 Y 波导 23 左分支后与另一束依次经第三 1:2 型 Y 波导 19 右分支、第三磁光波导 20、第三 2:1 型 Y 波导 23 右分支的 TM 偏振光在第三 2:1 型 Y 波导 23 的单端口汇合，之后耦合进第三光电探测器 25。

如图 2 所示，输入直波导 2、偏振分束波导 3、1:1 功率分束器 4、第一 1:2 型 Y 波导 5、第一直波导 7、第一 2:1 型 Y 波导 9、第一输出直波导 10、第二 1:2 型 Y 波导 12、第二直波导 14、第二 2:1 型 Y 波导 16、第二输出直波导 17、第三 1:2 型 Y 波导 19、第三直波导 21、第三 2:1 型 Y 波导 23、第三输出直波导 24 均为脊波导，集成于铌酸锂单晶薄膜层 26 表面，铌酸锂单晶薄膜层 26 位于二氧化硅缓冲层 27 上表面，二氧化硅缓冲层 27 位于硅衬底 28 上表面，硅衬底 28 位于最底层。其中，硅衬底厚度为 0.2~1 毫米；二氧化硅缓冲层厚度为 1~10 微米，铌酸锂单晶薄膜厚度 0.2~2 微米。

第一调制电极 8、第二调制电极 15、第三调制电极 22 形成于铌酸锂单晶薄膜层 26 上表面。

如图 3、图 4、图 5 所示，第一磁光波导 6、第二磁光波导 13、第三磁光波导 20 分别沿图 3、图 4、图 5 坐标方向布置，且第一磁光波导 6、第二磁光波导 13、第三磁光波导 20 分别对 X、Z、Y 方向的磁场敏感。第一磁光波导 6、第二磁光波导 13 和第三磁光波导 20 均由上包层、下包层和位于上下包层之间的芯层组成，且上下包层与芯层的位置关系；芯层和上下包层设置空气 30 的包层；第一磁光波导 6 的芯层主要由磁光材料 29 与铌酸锂 31 材料键合形成，第一磁光波导 6 的上包层和下包层均由二氧化硅 32 材料制成；第二磁光波导 13 和第三磁光波导 20 的芯层均由铌酸锂 31 材料制成，第二磁光波导 13 和第三磁光波导 20 的上包层均由磁光材料 29 制成、下包层均由二氧化硅 27 材料制成，其中第二磁光波导 13 沿 Y 方向，第三磁光波导 20 沿 Z 方向。由第一磁光波导 6 传感 X 方向的磁场强度、第二磁光波导 13 传感 Z 方向的磁场强度、第三磁光波导 20 传感 Y 方向的磁场强度。

实施例：

本实例输入的宽谱消偏光光源采用 ASE 光源，输出功率为 5 毫瓦，中心波长为 1550 纳米，3dB 半高谱宽 40 纳米。硅衬底 28 厚度为 0.5 毫米、二氧化硅

缓冲层 27 厚度为 2 微米、铌酸锂单晶薄膜 26 厚度为 0.6 微米。磁光材料 29 选用掺铈钇铁石榴石(Ce:YIG)，Ce:YIG 的法拉第旋转角取$\theta_F = 7.0 \times 10^{-3}\mu m$，磁光系数$f_1 = -8.63 \times 10^{-8}$(A/m)，饱和磁化强度 M_s 达到 95.5 kA/m，有效折射率 $n_{Ce:YIG}$=2.22。

输入直波导、偏振分束波导、1:1 功率分束器、第一 1:2 型 Y 波导、第一直波导、第一 2:1 型 Y 波导、第一输出直波导、第二 1:2 型 Y 波导、第二直波导、第二 2:1 型 Y 波导、第二输出直波导、第三 1:2 型 Y 波导、第三直波导、第三 2:1 型 Y 波导、第三输出直波导均为脊波导，波导宽度为 0.8 微米，脊高 0.3 微米。第一调制电极、第二调制电极、第三调制电极的电极长度为 10 毫米，电极与脊波导的间距为 2 微米。第一磁光波导、第二磁光波导、第三磁光波导的长度均为 10mm。由第一磁光波导传感 X 方向的磁场强度、第二磁光波导传感 Z 方向的磁场强度、第三磁光波导传感 Y 方向的磁场强度。

权利要求书

1、一种芯片式三维磁场传感器，其特征在于：包括光源（1）、输入直波导（2）、偏振分束波导（3）、1:1 功率分束器（4）、三个 1:2 型 Y 波导、三个 2:1 型 Y 波导、三个输出直波导、三个磁光波导和三个光电探测器；

输入直波导（2）与偏振分束波导（3）的输入端口相连，偏振分束波导（3）的一个输出端口依次经第一 1:2 型 Y 波导（5）、第一 2:1 型 Y 波导（9）、第一输出直波导（10）连接至第一光电探测器（11）作为一个传感轴，第一 1:2 型 Y 波导（5）的两个输出端口分别经第一磁光波导（6）和第一直波导（7）连接至第一 2:1 型 Y 波导（9）的两个输入端口；偏振分束波导（3）的另一个输出端口与 1:1 功率分束器（4）的输入端口相连，1:1 功率分束器（4）的一个输出端口依次经第二 1:2 型 Y 波导（12）、第二 2:1 型 Y 波导（16）、第二输出直波导（17）连接至第二光电探测器（18）作为一个传感轴，第二 1:2 型 Y 波导（12）的两个输出端口分别经第二磁光波导（13）和第二直波导（14）连接至第二 2:1 型 Y 波导（16）的两个输入端口；1:1 功率分束器（4）的另一个输出端口依次经第三 1:2 型 Y 波导（19）、第三 2:1 型 Y 波导（23）、第三输出直波导（24）连接至第三光电探测器（25）作为一个传感轴，第三 1:2 型 Y 波导（19）的两个输出端口分别经第三磁光波导（20）和第三调制电极（22）连接至第三 2:1 型 Y 波导（23）的两个输入端口；第一直波导（7）的两侧设有第一调制电极（8），第二直波导（14）的两侧设有第二调制电极（15），第三直波导（21）的两侧设有第三调制电极（22）。

2、根据权利要求 1 所述的一种芯片式三维磁场传感器，其特征在于：光源（1）输出宽谱消偏光至输入直波导（2），经偏振分束波导（3）分为 TE 偏振光和 TM 偏振光，且 TE 偏振光和 TM 偏振光均沿水平方向传播；TE 偏振光经第一 1:2 型 Y 波导（5）分为等功率的两束 TE 偏振光，其中一束 TE 偏振光依次经第一 1:2 型 Y 波导（5）上分支、第一磁光波导（6）、第一 2:1 型 Y 波导（9）上分支后与另一束依次经第一 1:2 型 Y 波导（5）下分支、第一直波导（7）、第一 2:1 型 Y 波导（9）下分支的 TE 偏振光在第一 2:1 型 Y 波导（9）的单端口汇合，之后耦合进第一光电探测器（11）；

TM 偏振光经 1:1 功率分束器（4）分成等功率的两束分别沿水平方向和竖直方向传播的 TM 偏振光；沿水平方向传播的 TM 偏振光经第二 1:2 型 Y 波导（12）分为等功率的两束 TM 偏振光，其中一束 TM 偏振光依次经第二 1:2 型 Y 波导（12）上分支、第二磁光波导（13）、第二 2:1 型 Y 波导（16）上分支后

与另一束依次经第二 1:2 型 Y 波导（12）下分支、第二直波导（14）、第二 2:1 型 Y 波导（16）下分支的 TM 偏振光在第二 2:1 型 Y 波导（16）的单端口汇合，之后耦合进第二光电探测器（18）；沿竖直方向传播的 TM 偏振光经第三 1:2 型 Y 波导（19）分为等功率的两束 TM 偏振光，其中一束 TM 偏振光依次经第三 1:2 型 Y 波导（19）左分支、第三直波导（21）、第三 2:1 型 Y 波导（23）左分支后与另一束依次经第三 1:2 型 Y 波导（19）右分支、第三磁光波导（20）、第三 2:1 型 Y 波导（23）右分支的 TM 偏振光在第三 2:1 型 Y 波导（23）的单端口汇合，之后耦合进第三光电探测器（25）。

3、根据权利要求 1 所述的一种芯片式三维磁场传感器，其特征在于：所述的输入直波导（2）、偏振分束波导（3）、1:1 功率分束器（4）、第一 1:2 型 Y 波导（5）、第一直波导（7）、第一 2:1 型 Y 波导（9）、第一输出直波导（10）、第二 1:2 型 Y 波导（12）、第二直波导（14）、第二 2:1 型 Y 波导（16）、第二输出直波导（17）、第三 1:2 型 Y 波导（19）、第三直波导（21）、第三 2:1 型 Y 波导（23）、第三输出直波导（24）均为脊波导，集成于铌酸锂单晶薄膜层（26）表面，铌酸锂单晶薄膜层（26）位于二氧化硅缓冲层（27）表面，二氧化硅缓冲层（27）位于硅衬底（28）表面，二氧化硅缓冲层（27）位于铌酸锂单晶薄膜层（26）和硅衬底（28）之间。

4、根据权利要求 3 所述的一种芯片式三维磁场传感器，其特征在于：所述第一调制电极（8）、第二调制电极（15）、第三调制电极（22）形成于铌酸锂单晶薄膜层（26）表面。

5、根据权利要求 1 所述的一种芯片式三维磁场传感器，其特征在于：所述的第一磁光波导（6）、第二磁光波导（13）和第三磁光波导（20）均由上包层、下包层和位于上下包层之间的芯层组成；第一磁光波导（6）的芯层主要由磁光材料（29）与铌酸锂（31）材料键合形成，第一磁光波导（6）的上包层和下包层均由二氧化硅（32）材料制成；第二磁光波导（13）和第三磁光波导（20）的芯层均由铌酸锂（31）材料制成，第二磁光波导（13）和第三磁光波导（20）的上包层均由磁光材料（29）制成、下包层均由二氧化硅（27）材料制成。

6、根据权利要求 5 所述的一种芯片式三维磁场传感器，其特征在于：所述的第一磁光波导（6）、第二磁光波导（13）和第三磁光波导（20）分别传感三维坐标轴中三个不同方向的磁场强度。

7、根据权利要求 1 所述的一种芯片式三维磁场传感器，其特征在于：所述的光源（1）采用 SLD 光源或 ASE 光源，三个传感轴的光路分别采用马赫曾德干涉仪的对称结构，两干涉臂等长。

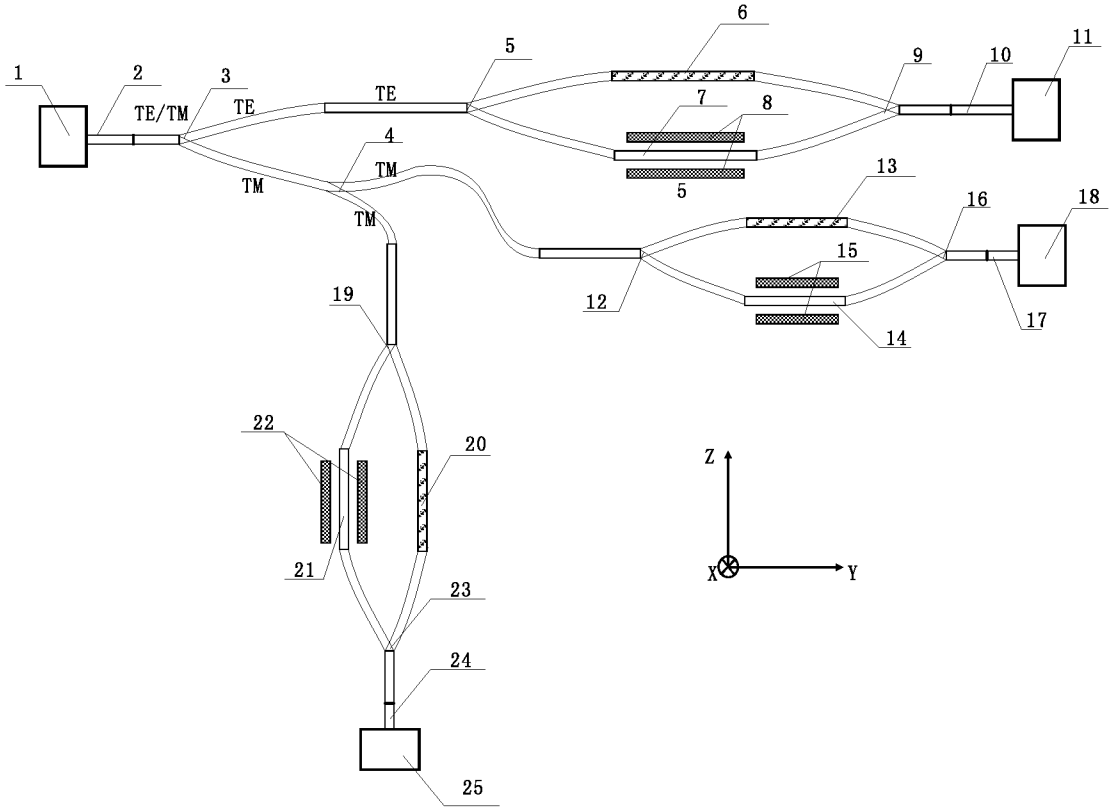

1
2
3
TE/TM
TE
TE
5
6
7
8
9
10
11
4
TM
TM
TM
5
13
16
18
15
12
14
17
19
22
20
21
23
24
25
Z
X
Y

图 1

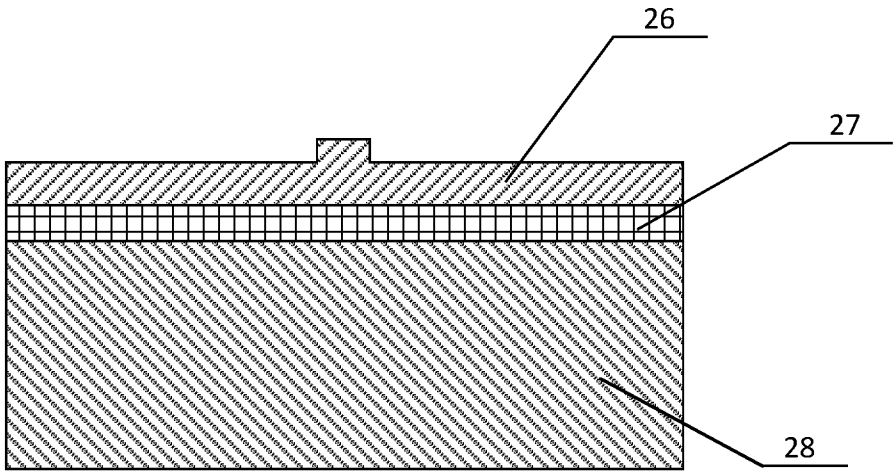

26
27
28

图 2

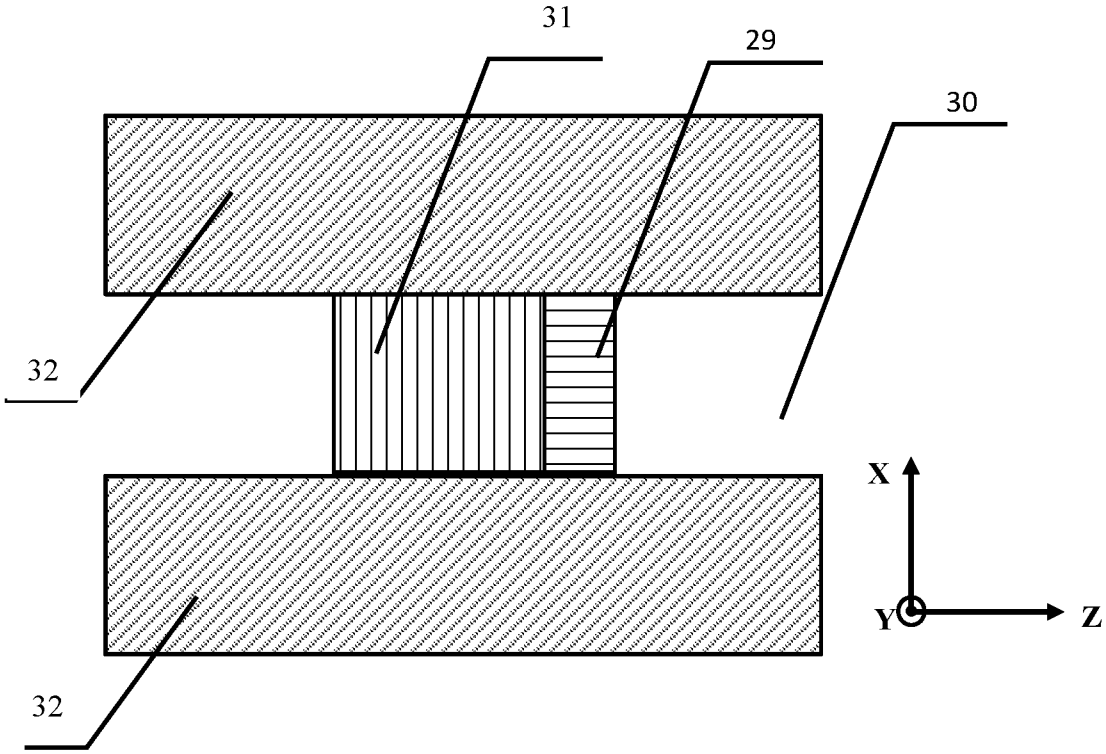


图 3

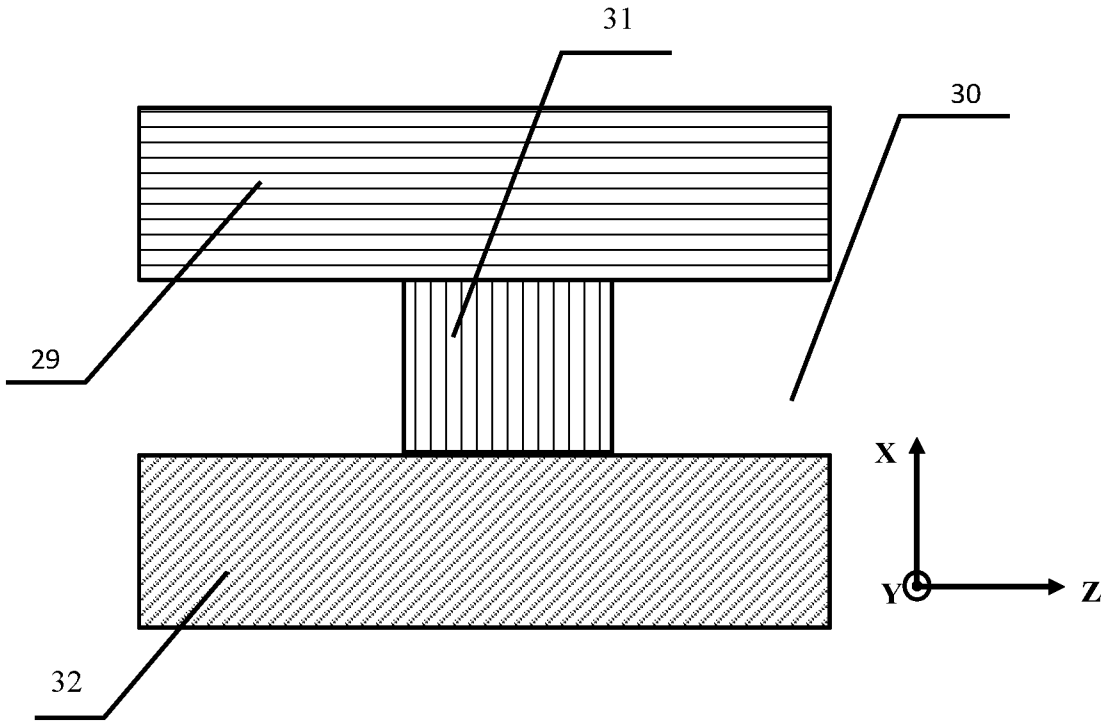


图 4

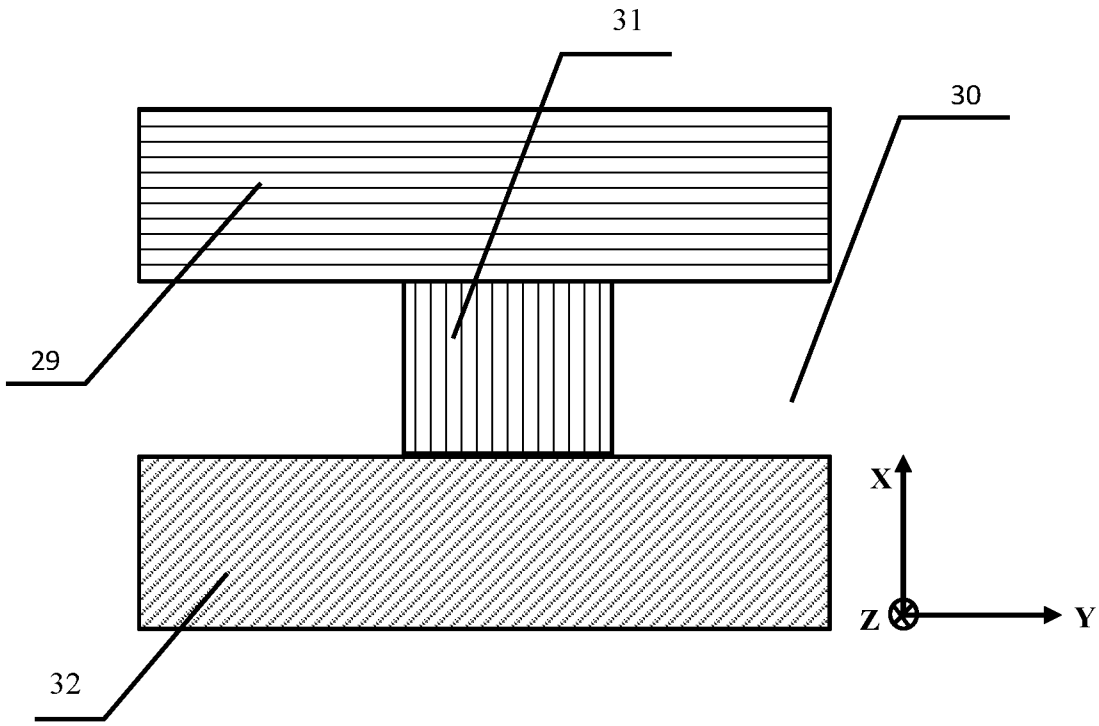


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/086127

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 33/032(2006.01)i; G01R 33/00(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)

G01R

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, EPODOC, WPI, CNKI: 浙江大学, 佘玄, 姚俊杰, 陈侃, 黄腾超, 舒晓武, 磁场, 传感器, 三维, 波导, 偏振, 光源, 磁光波导, 直波导, 电极, 光电探测器, 光电转换, 轴, 层, 铌酸锂; magnetic, sensor, 3D, waveguide, polariz+, light source, magneto-optical, straight, electrode, photodetect+, axis, layer, lithium, niobate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110133546 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 16 August 2019 (2019-08-16) claims 1-7	1-7
A	CN 1731149 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 08 February 2006 (2006-02-08) description, pages 2-4, and figures 1-4	1-7
A	CN 201159780 Y (SOUTHEAST UNIVERSITY) 03 December 2008 (2008-12-03) entire document	1-7
A	CN 103438882 A (CHINA NORTH INDUSTRIES INSTITUTE OF NAVIGATION AND CONTROL TECHNOLOGY) 11 December 2013 (2013-12-11) entire document	1-7
A	CN 107918061 A (KUNMING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 17 April 2018 (2018-04-17) entire document	1-7
A	US 6841994 B1 (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 11 January 2005 (2005-01-11) entire document	1-7

☐ 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	Date of mailing of the international search report
28 June 2020	**20 July 2020**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/086127

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 110133546 A	16 August 2019	None	
CN 1731149 A	08 February 2006	CN 100432658 C	12 November 2008
CN 201159780 Y	03 December 2008	None	
CN 103438882 A	11 December 2013	CN 103438882 B	10 February 2016
CN 107918061 A	17 April 2018	None	
US 6841994 B1	11 January 2005	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2020/086127

A. 主题的分类

G01R 33/032(2006.01)i; G01R 33/00(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)

G01R

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, EPODOC, WPI, CNKI：浙江大学，佘玄，姚俊杰，陈侃，黄腾超，舒晓武，磁场，传感器，三维，波导，偏振，光源，磁光波导，直波导，电极，光电探测器，光电转换，轴，层，铌酸锂；magnetic, sensor, 3D, waveguide, polariz+, light source, magneto-optical, straight, electrode, photodetect+, axis, layer, lithium, niobate

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
PX	CN 110133546 A (浙江大学) 2019年 8月 16日 (2019-08-16) 权利要求1-7	1-7
A	CN 1731149 A (浙江大学) 2006年 2月 8日 (2006-02-08) 说明书第2-4页，附图1-4	1-7
A	CN 201159780 Y (东南大学) 2008年 12月 3日 (2008-12-03) 全文	1-7
A	CN 103438882 A (中国兵器工业导航与控制技术研究所) 2013年 12月 11日 (2013-12-11) 全文	1-7
A	CN 107918061 A (昆明理工大学) 2018年 4月 17日 (2018-04-17) 全文	1-7
A	US 6841994 B1 (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 2005年 1月 11日 (2005-01-11) 全文	1-7

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 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	国际检索报告邮寄日期
2020年 6月 28日	2020年 7月 20日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
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	徐泽昕
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-（10）-53962570

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/086127

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 110133546 A	2019年 8月 16日	无	
CN 1731149 A	2006年 2月 8日	CN 100432658 C	2008年 11月 12日
CN 201159780 Y	2008年 12月 3日	无	
CN 103438882 A	2013年 12月 11日	CN 103438882 B	2016年 2月 10日
CN 107918061 A	2018年 4月 17日	无	
US 6841994 B1	2005年 1月 11日	无	