

(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
2018 年 3 月 8 日 (08.03.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/041183 A1

(51) 国际专利分类号:
G02F 1/09 (2006.01) **G02F 1/095** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/099820

(22) 国际申请日: 2017 年 8 月 31 日 (31.08.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610798713.6 2016年8月31日 (31.08.2016) CN

(71) 申请人: 深圳大学(SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

(72) 发明人: 欧阳征标(OUYANG, Zhengbiao); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 郑耀贤 (ZHENG, Yaoxian); 中

国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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,

(54) Title: MAGNETIC SURFACE FAST WAVE DIRECTION-CONTROLLABLE PHOTODIODE WITH LEAKLESS MAGNETO-OPTICAL THIN FILM

(54) 发明名称: 无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管

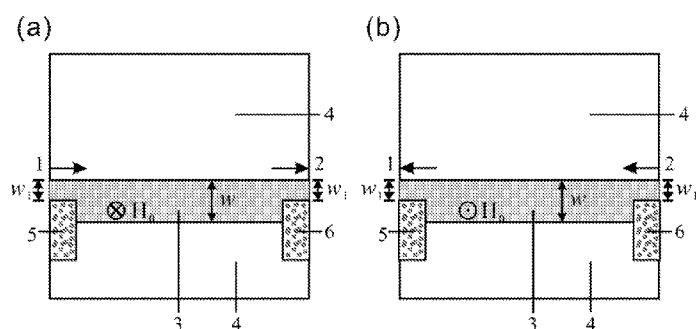


图 1

(57) Abstract: Disclosed is a magnetic surface fast wave direction-controllable photodiode with a leakless magneto-optical thin film, comprising an optical input port (1, 2), an optical output port (1, 2), a magneto-optical thin film (3), a background medium (4), two wave-absorbing layers (5, 6) and a controllable bias magnetic field (H_0). The magneto-optical thin film (3) is arranged in the background medium (4). The magneto-optical thin film (3) uses a magneto-optical material. The photodiode and an isolator are composed of the magneto-optical material and the background medium (4). The left end of the photodiode and the isolator is the optical input port (1) or the optical output port (1), and the right end thereof is the optical output port (2) or the optical input port (2). The surfaces of the magneto-optical material and the background medium (4) are provided with magnetic surface fast waves. The controllable bias magnetic field (H_0) is arranged at the magneto-optical thin film (3). The photodiode has a simple structure, is convenient to implement, has a high optical transmission efficiency, is small in size, is convenient to integrate, is applicable to large-scale optical path integration, and has broad application prospects.

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: 一种无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管, 包括一个光输入端口(1、2)、一个光输出端口(1、2)、一个磁光薄膜(3)、背景介质(4)、两个吸波层(5、6)和一个可控偏置磁场(H_0), 磁光薄膜(3)设置于背景介质(4)中, 磁光薄膜(3)采用磁光材料, 光二极管和隔离器由磁光材料和背景介质(4)构成, 光二极管和隔离器的左端为光输入端口(1)或光输出端口(1), 其右端为光输出端口(2)或光输入端口(2), 磁光材料与背景介质(4)的表面处为磁表面快波, 磁光薄膜(3)处设置有可控偏置磁场(H_0)。光二极管具有结构简单、便于实现、光传输效率高、体积小、便于集成, 适合应用于大规模光路集成, 具有广泛的应用前景。

无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管

技术领域

本发明涉及一种磁光材料、表面波和光二极管，更具体地说，本发明涉及一种无泄漏磁光材料空隙波导磁表面快波方向可控光二极管。

背景技术

光二极管和隔离器是一种只允许光往一个方向传播的光学器件，应用于阻止不必要的光反馈。传统的光二极管和隔离器的主元件是法拉第旋光器，应用了法拉第效应（磁光效应）作为其工作原理。传统的法拉第隔离器由起偏器、法拉第旋光器和检偏器组成。这种器件结构复杂，通常被应用在自由空间的光系统中。对于集成光路，光纤或波导等集成光器件都是非偏振维持系统，会导致偏振角的损耗，因而不适用法拉第隔离器。

发明内容

本发明的目的是克服现有技术中的不足之处，提供一种结构简单有效，光传输效率高，体积小，便于集成的无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管。

本发明的目的通过下述技术方案予以实现。

本发明无泄漏磁光材料薄膜波导磁表面快波方向可控光二极管包括一个光输入端口、一个光输出端口、一个磁光薄膜、背景介质、

两个吸波层和一个可控偏置磁场；所述磁光薄膜设置于背景介质中；所述磁光薄膜采用磁光材料；所述光二极管和隔离器由磁光材料和背景介质构成；所述光二极管和隔离器的左端为光输入端口或输出端口，其右端为光输出端口或输入端口；所述磁光材料与背景介质的表面处为磁表面快波；所述磁光薄膜处设置有可控偏置磁场。

所述磁表面快波光二极管由磁光薄膜设置于背景介质中构成。

所述光二极管由磁光薄膜与背景介质的分界面构成光波导可单向传输光信号。

所述磁光薄膜与背景介质的分界面为直波导结构；所述直波导为TE工作模式波导。

所述磁光材料为磁光玻璃或者各种稀土元素掺杂的石榴石和稀土-过渡金属合金薄膜等材料。

所述背景介质材料为工作波透明的材料。

所述背景介质为普通介质材料、空气或玻璃。

所述吸波层为相同或不同的吸波材料；所述吸波材料为聚氨酯、石墨、石墨烯、炭黑、碳纤维环氧树脂混合体、石墨热塑性材料混合体、硼纤维环氧树脂混合体、石墨纤维环氧树脂混合体、环氧聚硫、硅橡胶、尿烷、氟弹性体、聚醚醚酮、聚醚砜、聚芳砜或者聚乙烯亚胺。

所述两个吸波层均分别与所述直波导表面的距离为 $1/4$ 至 $1/2$ 波长；所述两个吸波层的厚度均分别不小于 $1/4$ 波长。

所述偏置磁场由电流方向可控电磁铁或永久磁铁产生，永久磁铁

能旋转。

本发明适合应用于大规模光路集成，具有广泛的应用前景。它与现有技术相比，具有如下积极效果。

1. 结构简单，便于实现。
2. 光传输效率高。
3. 体积小，便于集成。

附图说明

图 1 为无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管的结构图。

图中 1 (a): 光输入端 1 光输出端 2 磁光薄膜 3 (磁光材料薄膜) 背景介质 4 第一吸波层 5 第二吸波层 6 偏置磁场 $\oplus H_0$ (里) 偏置磁场 $\odot H_0$ (外) 磁光材料薄膜厚度 w 吸波层与波导之间的距离 w_1

图中 1 (b): 光输出端 1 光输入端 2 磁光薄膜 3 (磁光材料薄膜) 背景介质 4 第一吸波层 5 第二吸波层 6 偏置磁场 $\odot H_0$ (外) 磁光材料薄膜厚度 w 吸波层与波导之间的距离 w_1

图 2 为无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管的向右单向导通工作原理图。

图 3 为无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管的向左单向导通工作原理图。

图 4 为无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管的正反向传输效率随光波频率变化的第一种实施例曲线图。

图 5 为无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管的正反向

传输效率随光波频率变化的第二种实施例曲线图。

图 6 为无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管的正反向传输效率随光波频率变化的第三种实施例曲线图。

具体实施方式

下面结合附图与实施例对本发明作进一步的阐述：

如图 1 所示，本发明无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管包括一个光输入端口 1、一个光输出端口 2、一个磁光薄膜 3、背景介质 4、第一吸波层 5、第二吸波层 6 和一个可控偏置磁场 H_0 ，磁表面快波光二极管由磁光材料薄膜 3 设置于背景介质 4 中构成，磁光薄膜 3 采用磁光材料，即磁光材料薄膜，磁光材料薄膜 3 与背景介质 4 交界面为光能量主要集中的区域，由磁光材料薄膜 3 与背景介质 4 的分界面构成光波导可单向传输光信号，即为光二极管，光二极管和隔离器磁光材料和背景介质 4 构成。磁光材料为磁光玻璃或者各种稀土元素掺杂的石榴石和稀土-过渡金属合金薄膜等材料；磁光材料薄膜 3 与背景介质 4 的分界面为直波导结构，本发明波导为 TE 工作模式波导；如图 1 (a) 所示光二极管和隔离器的左端为光输入端口 1，其右端为光输出端口 2；如图 1 (b) 所示光二极管的右端为光输入端口 2，其左端为光输出端口 1；磁光材料薄膜 3 与背景介质 4 的表面处为磁表面快波；背景介质材料可以采用工作波透明的材料，也可以采用普通介质材料、空气或玻璃。磁光材料薄膜 3 处设置有偏置磁场 H_0 ，即偏置磁场 $\oplus H_0$ (里) 或偏置磁场 $\odot H_0$ (外)，偏置磁场 H_0 由电流方向可控的电磁铁产生或者由能旋转的永久磁铁提供，方向为将决

定二极管的导通方向,通过控制电流方向来改变光二极管的导通方向,或者通过旋转永久磁铁来改变。通过电磁铁电流控制磁光材料外加磁场方向垂直纸面向里,光二极管和隔离器的左端为光输入端 1,其右端为光输出端 2,二极管将从端口 1 到端口 2 导通;当外加控制磁场方向垂直纸面向外,二极管的右端为光输入端 2,其左端为光输出端 1,光二极管将从端口 2 到端口 1 导通。第一吸波层 5 和第二吸波层 6 为相同或不同的吸波材料,吸波材料为聚氨酯、石墨、石墨烯、炭黑、碳纤维环氧树脂混合体、石墨热塑性材料混合体、硼纤维环氧树脂混合体、石墨纤维环氧树脂混合体、环氧聚硫、硅橡胶、尿烷、氟弹性体、聚醚醚酮、聚醚砜、聚芳砜或者聚乙烯亚胺;第一吸波层 5 和第二吸波层 6 均分别与波导表面之间的距离 w_1 为 $1/4$ 至 $1/2$ 波长;第一吸波层 5 和第二吸波层 6 的厚度均分别不小于 $1/4$ 波长。

磁光材料与介质界面所产生的磁表面波是一种类似于金属表面等离子激元 (SPP) 的现象。磁光材料在偏置静磁场的作用下,磁导率为张量形式,同时,在一定的光波段范围内,其有效折射率为负值。因而,磁光材料的表面能够产生一种导波,且具有单向传播的性能,称为磁表面波 (表面磁极化子波, SMP)。

本发为无泄漏磁光材料薄膜波导磁表面快波光二极管,该器件是基于磁光材料所具有的非互易性,结合磁光材料-介质界面能够产生表面波的特性所研究出的具有优异性能的光二极管和隔离器。该器件通过磁光材料提供偏置静磁场,磁光材料薄膜设置于背景介质中和吸波层的组合,使得磁光材料-介质界面产生的磁表面快波来进行光的

单向传输，利用电流方向可控的电磁铁来控制光二极管的导通方向。同时，吸波层吸收无用波，消除光路干扰。

本发明技术方案是基于磁光材料所具有的光非互易性和磁光材料-介质界面所具有独特的可传导表面波特性的设计。该技术方案的基本原理如下：

磁光材料是一种具有磁各向异性的材料，由外加静磁场导致磁光材料内部的磁偶极子按同一方向排列，进而产生磁偶极矩。磁偶极矩将和光信号发生强烈的相互作用，进而产生光的非互易性传输。在方向为垂直纸面向外的偏置磁场 H_0 的作用下，磁光材料的磁导率张量为：

$$[\mu_i] = \begin{pmatrix} \mu_r & i\mu_k & 0 \\ -i\mu_k & \mu_r & 0 \\ 0 & 0 & \mu_0 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

磁导率张量的矩阵元由以下方程组给出：

$$\mu_r = \mu_0 \left(1 + \frac{\omega_m(\omega_0 - i\alpha\omega)}{(\omega_0 - i\alpha\omega)^2 - \omega^2} \right), \quad \mu_k = \mu_0 \frac{\omega_m\omega}{(\omega_0 - i\alpha\omega)^2 - \omega^2}, \quad \omega_0 = \mu_0\gamma H_0, \quad \omega_m = \mu_0\gamma M_s, \quad (2)$$

其中， μ_0 为真空中的磁导率， γ 为旋磁比， H_0 为外加磁场， M_s 为饱和磁化强度， ω 为工作频率， α 为损耗系数。若改变偏置磁场的方向为垂直纸面向里，则 H_0 和 M_s 将改变符号。

磁光材料-介质界面所产生的磁表面波则可以根据磁光材料的磁导率张量和麦克斯韦方程组求解得出。满足表面波（为 TE 波）在界面存在的电场和磁场应当有如下的形式：

$$\mathbf{E}_i = \begin{pmatrix} e_{xi} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} e^{i(k_z z + k_{yi} y - \omega t)}, \quad \mathbf{H}_i = \begin{pmatrix} 0 \\ h_{yi} \\ h_{zi} \end{pmatrix} e^{i(k_z z + k_{yi} y - \omega t)} \quad (3)$$

其中 $i = 1$ 代表磁光材料区域, $i = 2$ 代表介质区域。代入麦克斯韦方程组:

$$\nabla \times \mathbf{E}_i = -\mathbf{j} \frac{\partial E_{xi}}{\partial z} - \mathbf{k} \frac{\partial E_{xi}}{\partial y} = -\frac{\partial \mathbf{B}_i}{\partial t}, \quad \nabla \times \mathbf{H}_i = -\frac{\partial \mathbf{D}_i}{\partial t}, \quad (4)$$

再根据本构关系式和边界条件,可得出关于磁表面波的波矢 k_z 的超越方程:

$$\frac{\mu_e}{\mu_0} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 - k_z^2} + \sqrt{\omega^2 \mu_e \varepsilon_1 - k_z^2} - \frac{j\mu_k}{\mu_r} k_z = 0, \quad (5)$$

其中, $\mu_e = (\mu_r^2 - \mu_k^2) / \mu_r$ 为磁光材料的有效磁导率。此超越方程可以由数值解法求解,最终得到 k_z 的值。也可从方程看出,由于方程包含 $\mu_k k_z$ 的项,所以,磁表面波具有非互易性(单向传播)。而从方程的解可以得出,当改变磁场为反向时,光二极管的导通方向也变为相反方向。

可见,在磁光材料薄膜 3 处加入偏置磁场,并且由电流控制电磁铁磁场方向,并使用普通介质材料或、空气或玻璃作为背景材料,那么将构成有效的光二极管。如图 2 所示,采用钇铁石榴石(YIG)作为磁各向异性材料,背景介质 4 为空气($n_0 = 1$),磁光薄膜 3 的偏置磁场大小为 900Oe,磁光薄膜 3 的尺寸长 $l = 50\text{mm}$,厚 $w = 22.5\text{mm}$,第一吸波层 5 和第二吸波层 6 均分别与波导之间的距离为 $w_1 = 5\text{mm}$,工作频率 f 由磁光材料和介质的介电常数 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ 和磁导率 $[\mu_1], \mu_2$ 所决定,工作频率为 $f = 6\text{GHz}$, YIG 材料损耗系数 $\alpha = 3 \times 10^{-4}$ 。磁光材料薄膜 3 所加的磁场垂直纸面向里,当光波从端口 1 输入时,在磁光材

料与介质界面产生单向正向传输的磁表面波，最后从光波端口 2 输出，即方向可控二极管向右单向导通；当光波从端口 2 输入时，由于磁表面波的非互易性导致光波无法在器件内部反向传输，从而无法从输出端口 1 输出。输出端口 1 没有任何光波输出，光能量已全部在输入端口 2 处被阻挡。光二极管的导通方向由外加磁场的方向所决定，如图 3 所示，采用钇铁石榴石（YIG）作为磁各向异性材料，背景介质 4 为空气（ $n_0 = 1$ ），磁光薄膜 3 的偏置磁场大小为 900Oe，偏置磁场方向为垂直纸面向外，磁光薄膜 3 的尺寸长 $l = 50\text{mm}$ ，其厚度 $w = 22.5\text{mm}$ ，第一吸波层 5 和第二吸波层 6 均分别与波导之间的距离为 $w_1 = 5\text{mm}$ ，YIG 材料损耗系数 $\alpha = 3 \times 10^{-4}$ 工作频率 f 由磁光材料和介质的介电常数 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ 和磁导率 $[\mu_1], \mu_2$ 所决定，工作频率为 $f = 6\text{GHz}$ 。磁场方向垂直纸面向外，二极管的导通方向是相反的。当光波从端口 1 输入时，由于器件的非互易性导致其内部无法传播反向的光波，输出端口 2 没有任何光波输出，光能量已全部在输出端口 1 处被阻挡；当光波从端口 2 输入时，光波能够在器件内部产生磁表面波，继而从输出端口 1 输出，即方向可控二极管向右单向导通。

本发明无泄漏磁光薄膜磁表面快波光二极管采用磁光材料薄膜设置于背景介质材料中，磁光材料薄膜 3 的尺寸长度 l 和厚度 w 可以灵活地根据实际工作波长和实际需求进行选择。改变尺寸对器件性能无大的影响。下面结合附图给出三个实施例，在实施例中采用钇铁石榴石（YIG）作为磁各向异性材料，偏置磁场大小为 900Oe，磁场方向为垂直纸面向里，磁光材料薄膜厚度为 w ，第一吸波层 5 和第二吸波

层 6 均分别与波导之间的距离为 $w_1 = 5\text{mm}$ ，YIG 材料损耗系数 $\alpha = 3 \times 10^{-4}$ 工作频率 f 由磁光材料和介质的介电常数 ε_1 ， ε_2 和磁导率 $[\mu_1]$ ， μ_2 所决定。

实施例 1

参照图 1 (a) 和 (b)，磁表面快波方向可控光二极管由磁光薄膜 3 设置于背景介质 4 中构成，背景介质 4 为空气 ($n_0 = 1$)，磁光薄膜厚度为 $w = 5\text{mm}$ 。在工作频段内，通过电磁铁电流控制磁光材料外加磁场方向垂直纸面向里，光二极管将从输入端口 1 到输出端口 2 导通；相反，控制磁场方向垂直纸面向外，光二极管将从输入端口 2 到输出端口 1 导通。此两种情况的正反向传输效率相同。参照图 4，直波导结构的光二极管和隔离器的工作频率范围是 $5.00\text{GHz} \sim 7.41\text{GHz}$ 。在工作频率范围内，考虑材料损耗，光二极管和隔离器最高达到正反向传输隔离度为 29.1dB ，正向传输插入损耗为 0.0079dB 。

实施例 2

参照图 1，磁表面快波方向可控光二极管由磁光薄膜 3 设置于背景介质 4 中构成，背景介质 4 为空气 ($n_0 = 1$)，磁光薄膜的厚度为 $w = 7\text{mm}$ 。在工作频段内，通过电磁铁电流控制磁光材料外加磁场方向垂直纸面向里，光二极管将从端口 1 到端口 2 导通；相反，控制磁场方向垂直纸面向外，光二极管将从端口 2 到端口 1 导通。此两种情况的正反向传输效率相同。参照图 5，直波导结构的光二极管和隔离器的工作频率范围是 $5.00\text{GHz} \sim 7.41\text{GHz}$ 。在工作频率范围内，考虑材料损耗，光二极管和隔离器最高能达到正反向传输隔离度为 31.0dB ，

正向传输插入损耗为 0.0082dB。

实施例 3

参照图 1，磁表面快波方向可控光二极管由磁光薄膜 3 设置于背景介质 4 中构成，背景介质 4 为玻璃 ($n_0 = 1.5$)，磁光薄膜厚度为 $w = 5\text{mm}$ 。在工作频段内，通过电磁铁电流控制磁光材料外加磁场方向垂直纸面向里，光二极管将从端口 1 到端口 2 导通；相反，控制磁场方向垂直纸面向外，光二极管将从端口 2 到端口 1 导通。此两种情况的正反向传输效率相同。参照图 6，直波导结构的光二极管和隔离器的工作频率范围是 5.00GHz ~ 7.41GHz。在工作频率范围内，考虑材料损耗，光二极管和隔离器最高达到正反向传输隔离度为 22.1dB，正向传输插入损耗为 0.0399dB。

由图 4、图 5 和图 6 不同参数的磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管的传输效率曲线图可以得到磁光薄膜波导所传输磁表面快波的光频率范围，即方向可控光二极管的工作频率范围。从结果可知，本发明基于磁光材料薄膜波导的磁表面快波方向可控光二极管是能够有效工作的。

以上所述本发明在具体实施方式及应用范围均有改进之处，不应理解为对本发明限制。

权利要求书

1.一种无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管，其特征在于：其包括一个光输入端口、一个光输出端口、一个磁光薄膜、背景介质、两个吸波层和一个可控偏置磁场；所述磁光薄膜设置于背景介质中；所述磁光薄膜采用磁光材料；所述光二极管和隔离器由磁光材料和背景介质构成；所述光二极管和隔离器的左端为光输入端口或光输出端口，其右端为光输出端口或光输入端口；所述磁光材料与背景介质的表面处为磁表面快波；所述磁光薄膜处设置有可控偏置磁场。

2.按照权利要求 1 所述的无泄漏磁光薄膜磁表面快波光二极管，其特征在于：所述磁表面快波光二极管由磁光薄膜设置于背景介质中构成。

3.按照权利要求 1 所述的无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管，其特征在于：所述光二极管由磁光材料与背景介质的分界面构成光波导可单向传输光信号。

4.按照权利要求 1 所述的无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管，其特征在于：所述磁光薄膜与背景介质的分界面为直波导结构；所述直波导为 TE 工作模式波导。

5.按照权利要求 4 所述的无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管，其特征在于：所述磁光材料为磁光玻璃或者各种稀土元素掺杂的石榴石和稀土-过渡金属合金薄膜等材料。

6.按照权利要求 1 所述的无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管，其特征在于：所述背景介质材料为工作波透明的材料。

7.按照权利要求 1 所述的无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控

光二极管,其特征在于:所述背景介质为普通介质材料、空气或玻璃。

8.按照权利要求 1 所述的无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管,其特征在于:所述吸波层为相同或不同的吸波材料;所述吸波材料为聚氨酯、石墨、石墨烯、炭黑、碳纤维环氧树脂混合体、石墨热塑性材料混合体、硼纤维环氧树脂混合体、石墨纤维环氧树脂混合体、环氧聚硫、硅橡胶、尿烷、氟弹性体、聚醚醚酮、聚醚砜、聚芳砜或者聚乙烯亚胺。

9.按照权利要求 1 所述的无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管,其特征在于:所述两个吸波层均分别与所述直波导表面的距离为 $1/4$ 至 $1/2$ 波长;所述两个吸波层的厚度均分别不小于 $1/4$ 波长。

10.按照权利要求 1 所述的无泄漏磁光薄膜磁表面快波方向可控光二极管,其特征在于:所述偏置磁场由电流方向可控电磁铁或永久磁铁产生,永久磁铁能旋转。

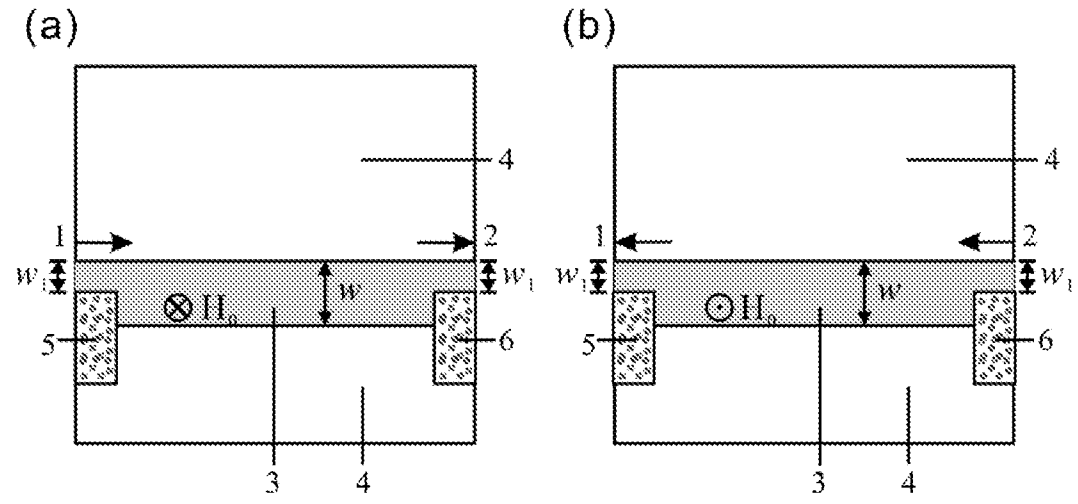


图 1

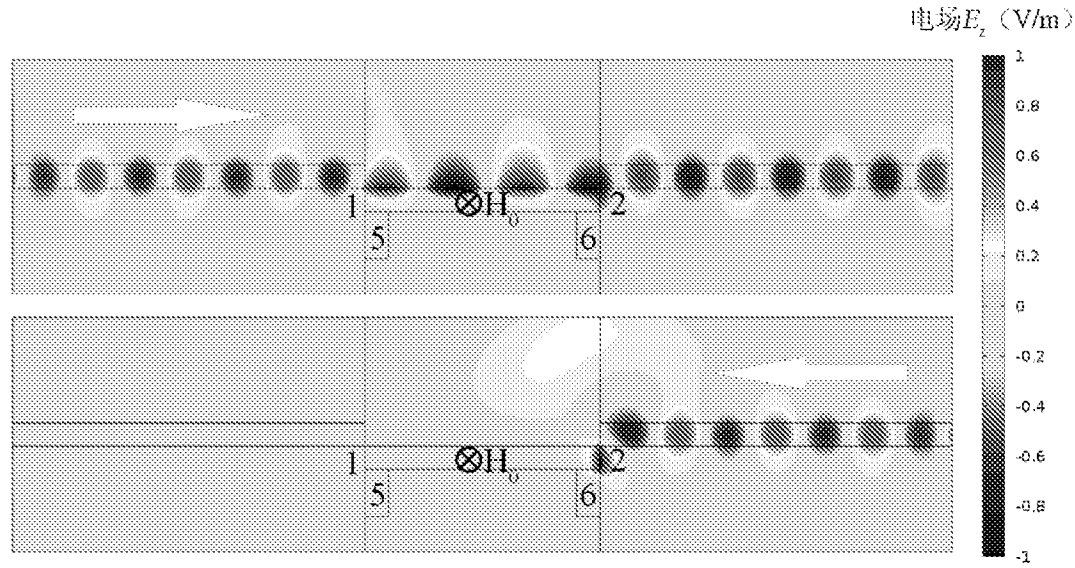


图 2

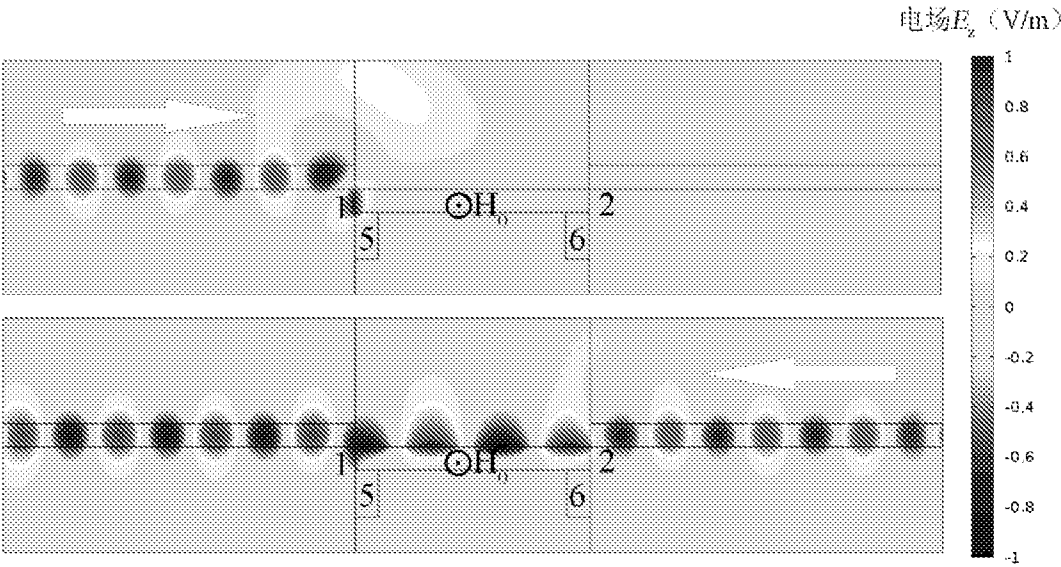


图 3

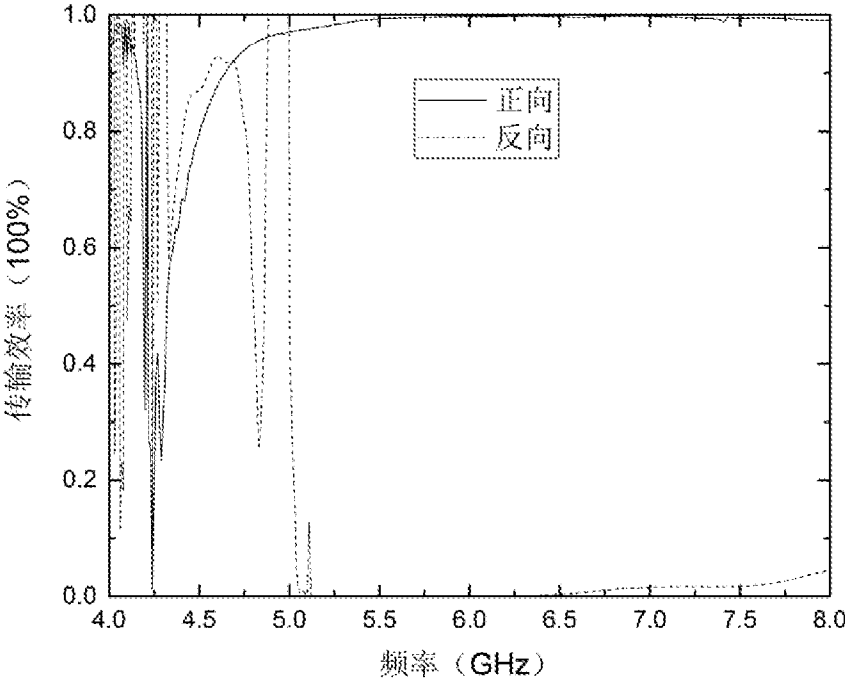


图 4

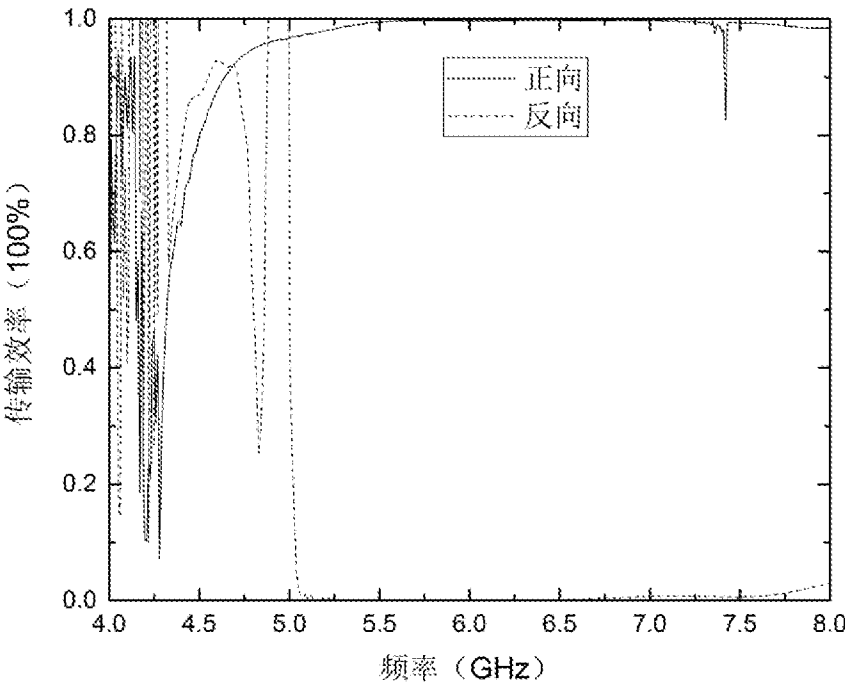


图 5

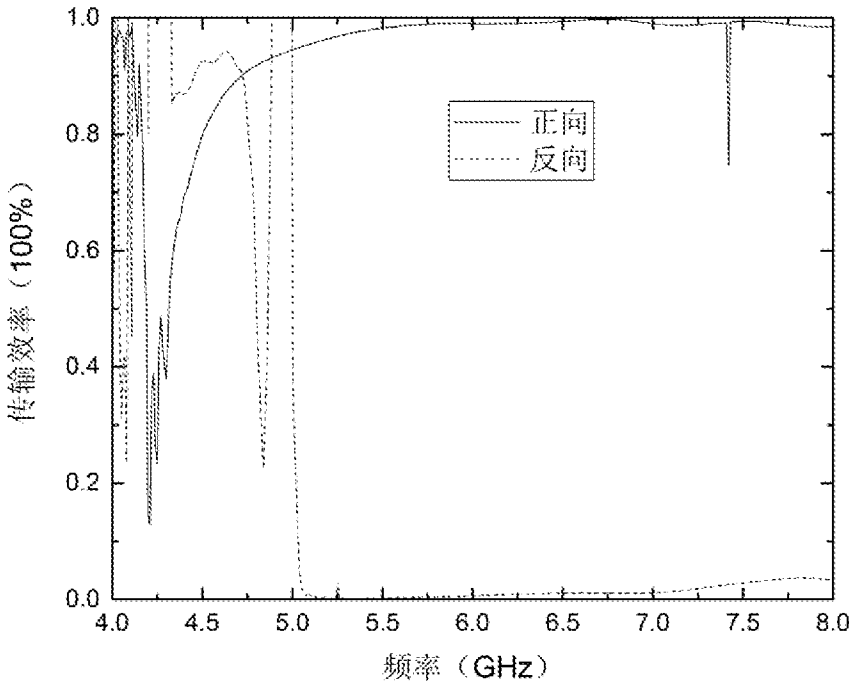


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/099820

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F 1/09 (2006.01) i; G02F 1/095 (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)

G02F 1/-

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: 深圳大学, 欧阳征标, 郑耀贤, 磁光, 法拉第, 旋光, 二极管, 隔离, 波导, 单向, 吸光, 杂波, 杂光, magneto optic+, magnet+, optic+, faraday, diode?, isolat+, one 1w way, waveguide

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 106405885 A (OUYANG, Zhengbiao), 15 February 2017 (15.02.2017), claims 1-10, and figure 1	1-10
PX	CN 106226925 A (OUYANG, Zhengbiao), 14 December 2016 (14.12.2016), description, paragraphs [0005]-[0014], and claims 1-10, and figure 1	1-10
A	EP 1102285 A2 (MINEBEA CO., LTD.), 23 May 2001 (23.05.2001), description, paragraphs [0002]-[0004] and [0020]-[0033], and figure 1	1-10
A	CN 101788720 A (SUPERXON TECHNOLOGY (CHENGDU) CO., LTD.), 28 July 2010 (28.07.2010), entire document	1-10
A	CN 103891068 A (ALCATEL-LUCENT), 25 June 2014 (25.06.2014), entire document	1-10
A	CN 101261372 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 10 September 2008 (10.09.2008), entire document	1-10
A	US 2011158578 A1 (YOKOI, H.), 30 June 2011 (30.06.2011), entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"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	"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
"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)	"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
"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	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 30 October 2017	Date of mailing of the international search report 29 November 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer CHU, Xiaohui Telephone No. (86-10) 61648293

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/099820

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 106405885 A	15 February 2017	None	
CN 106226925 A	14 December 2016	None	
EP 1102285 A2	23 May 2001	JP 2001194639 A	19 July 2001
		CA 2324676 A1	27 April 2001
CN 101788720 A	28 July 2010	None	
CN 103891068 A	25 June 2014	WO 2013057138 A1	25 April 2013
		EP 2769445 B1	13 April 2016
		KR 101604559 B1	17 March 2016
		CN 103891068 B	29 June 2016
		JP 2014532980 A	08 December 2014
		TW 201333582 A	16 August 2013
		KR 20140064988 A	28 May 2014
		FR 2981803 B1	08 January 2016
		EP 2769445 A1	27 August 2014
		FR 2981803 A1	26 April 2013
		TW I491952 B	11 July 2015
		US 9106046 B2	11 August 2015
		US 2014247477 A1	04 September 2014
		JP 5873181 B2	01 March 2016
CN 101261372 A	10 September 2008	CN 100557483 C	04 November 2009
US 2011158578 A1	30 June 2011	JP WO2010023738 A1	26 January 2012
		WO 2010023738 A1	04 March 2010
		US 8306371 B2	06 November 2012

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/099820

A. 主题的分类

G02F 1/09(2006.01)i; G02F 1/095(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)

G02F1/-

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; 深圳大学, 欧阳征标, 郑耀贤, 磁光, 法拉第, 旋光, 二极管, 隔离, 波导, 单向, 吸光, 杂波, 杂光, magnetooptic+, magnet+, optic+, faraday, diode?, isolat+, one lw way, waveguide

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 106405885 A (欧阳征标) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 权利要求1-10, 附图1	1-10
PX	CN 106226925 A (欧阳征标) 2016年 12月 14日 (2016 - 12 - 14) 说明书第[0005]-[0014]段, 权利要求1-10, 附图1	1-10
A	EP 1102285 A2 (MINEBEA CO., LTD.) 2001年 5月 23日 (2001 - 05 - 23) 说明书第[0002]-[0004]段, [0020]-[0033]段, 附图1	1-10
A	CN 101788720 A (成都优博创技术有限公司) 2010年 7月 28日 (2010 - 07 - 28) 全文	1-10
A	CN 103891068 A (阿尔卡特朗讯) 2014年 6月 25日 (2014 - 06 - 25) 全文	1-10
A	CN 101261372 A (浙江大学) 2008年 9月 10日 (2008 - 09 - 10) 全文	1-10
A	US 2011158578 A1 (YOKOI, HIDEKI) 2011年 6月 30日 (2011 - 06 - 30) 全文	1-10

☐ 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

2017年 10月 30日

国际检索报告邮寄日期

2017年 11月 29日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(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

受权官员

褚晓慧

电话号码 (86-10)61648293

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/099820

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	106405885	A	2017年 2月 15日	无			
CN	106226925	A	2016年 12月 14日	无			
EP	1102285	A2	2001年 5月 23日	JP	2001194639	A	2001年 7月 19日
				CA	2324676	A1	2001年 4月 27日
CN	101788720	A	2010年 7月 28日	无			
CN	103891068	A	2014年 6月 25日	WO	2013057138	A1	2013年 4月 25日
				EP	2769445	B1	2016年 4月 13日
				KR	101604559	B1	2016年 3月 17日
				CN	103891068	B	2016年 6月 29日
				JP	2014532980	A	2014年 12月 8日
				TW	201333582	A	2013年 8月 16日
				KR	20140064988	A	2014年 5月 28日
				FR	2981803	B1	2016年 1月 8日
				EP	2769445	A1	2014年 8月 27日
				FR	2981803	A1	2013年 4月 26日
				TW	I491952	B	2015年 7月 11日
				US	9106046	B2	2015年 8月 11日
				US	2014247477	A1	2014年 9月 4日
				JP	5873181	B2	2016年 3月 1日
CN	101261372	A	2008年 9月 10日	CN	100557483	C	2009年 11月 4日
US	2011158578	A1	2011年 6月 30日	JP	WO2010023738	A1	2012年 1月 26日
				WO	2010023738	A1	2010年 3月 4日
				US	8306371	B2	2012年 11月 6日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)