

(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
2024 年 3 月 7 日 (07.03.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/045491 A1

- (51) 国际专利分类号:
G02F 1/01 (2006.01) **G02B 6/12** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/074088
- (22) 国际申请日: 2023 年 2 月 1 日 (01.02.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211055192.7 2022年8月30日 (30.08.2022) 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: 张明 (ZHANG, Ming); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 886 号, Zhejiang 310058 (CN)。戴道铨 (DAI, Daoxian); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 886 号, Zhejiang 310058 (CN)。吴庆博 (WU, Qingbo); 中国浙江省杭州市西湖区

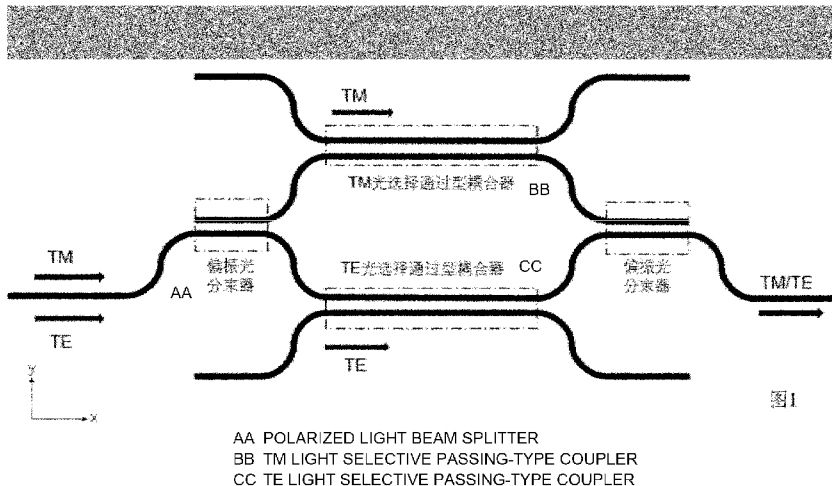
余杭塘路 886 号, Zhejiang 310058 (CN)。高山 (GAO, Shan); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 886 号, Zhejiang 310058 (CN)。

(74) 代理人: 杭州求是专利事务所有限公司 (HANGZHOU QIUSHI PATENT); 中国浙江省杭州市西湖区古墩路 701 号紫金广场 C 座 1506 室王丹俐, Zhejiang 310030 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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: ON-CHIP POLARIZER BASED ON PHASE CHANGE MATERIAL-SILICON HYBRID INTEGRATED WAVEGUIDE

(54) 发明名称: 一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器



(57) Abstract: An on-chip polarizer based on a phase change material-silicon hybrid integrated waveguide. Initial polarized light is input into an input end of a polarized light beam splitter; a first output end of the polarized light beam splitter is connected to a first input end of a TE light selective passing-type coupler, and a second output end of the polarized light beam splitter is connected to a first input end of a TM light selective passing-type coupler; a first output end of the TE light selective passing-type coupler and a first output end of the TM light selective passing-type coupler are connected to two input ends of a polarized light beam combiner; and an output end of the polarized light beam combiner outputs final polarized light. A crystalline state or an amorphous state of a phase change material on a directional coupler of a hybrid waveguide is controlled by means of an electrode, such that the selective passing of TE light or TM light can be realized.

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, 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, ME, 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: 一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器, 初始偏振光输入到偏振光分束器的输入端, 偏振光分束器的第一输出端与TE光选择通过型耦合器的第一输入端相连, 偏振光分束器的第二输出端与TM光选择通过型耦合器的第一输入端相连, TE光选择通过型耦合器的第一输出端和TM光选择通过型耦合器的第一输出端与偏振光合束器的两个输入端相连, 偏振光合束器的输出端输出最终偏振光, 通过电极控制混合波导的定向耦合器上相变材料的晶态或者非晶态, 可以实现TE光或TM光的选择性通过。

一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器

技术领域

本发明属于光通信领域的一种片上起偏器，具体涉及一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器。

背景技术

光通信作为一种新兴技术，引起了广泛关注并且发展迅速，其以大容量，低功耗和可重构等优点，有望未来代替电互联技术。光网络以大容量以及可拓展特性，已经成为下一代高速宽带网络的首选，越来越受到人们的青睐。

众所周知，硅光子芯片与 CMOS 工艺兼容，具有实现超大规模光子集成芯片的潜力，近年来备受关注。硅光子器件的制备，无需高投入就可以实现低成本的批量生产，具有巨大的发展空间。

相变材料是一类具有特殊性质的材料，其性质是存在两种十分稳定的状态，我们称之为晶态与非晶态，相变材料可以在这两种状态之间可逆地转换。相变材料应用于如电子，物理和材料等诸多领域，尤其是在光储存领域取得了商业化成功，比如储存数据的光盘，数字多功能光盘和蓝光光盘等。

由于相变材料可以在晶态与非晶态之间相互转换，且不需要其他能量维持该特性，因此可以应用于光的谐振，转换和储存等方面。相变材料拥有很好的电学特性和光学特性，并且其拥有纳米级的相态转换速度，可以大大减少反应时间以及能源消耗。相变材料的晶态与非晶态的转换可以通过电脉冲或光脉冲的方法实现。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是实现器件的低功耗，减少集成器件之间的热串扰，避免集成光子器件在调控时需要持续供能的问题。本发明提出了一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，该起偏器采用相变材料辅助硅波导，再与其他集成光子器件组合，形成一个成熟且实用的基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器。本发明通过调节相变材料状态实现偏振光的选择性通过，避免了持续加热，极大缩减了在控制光路时的能耗，不仅更利于节约能源，还可以大大减少集成光学器之间的热串扰。本发明的片上起偏器具有技术实现简

单、性质稳定、结构紧凑等优点，便于片上集成，制作简单并且相变材料的制作工艺非常成熟等优点，有强的实用性，可广泛适用于光通信、光传感、光存储、光量子计算、光量子信息处理和人工智能等领域中，有广阔的应用和发展前景。

本发明解决如上技术问题所采用的技术方案为：

本发明包括偏振光分束器、TE 光选择通过型耦合器、TM 光选择通过型耦合器和偏振光合束器，初始偏振光输入到偏振光分束器的输入端，偏振光分束器的第一输出端与 TE 光选择通过型耦合器的第一输入端相连，偏振光分束器的第二输出端与 TM 光选择通过型耦合器的第一输入端相连，TE 光选择通过型耦合器的第一输出端和 TM 光选择通过型耦合器的第一输出端与偏振光合束器的两个输入端相连，偏振光合束器的输出端输出最终偏振光。

所述 TE 光选择通过型耦合器和 TM 光选择通过型耦合器的结构相同，包括硅衬底、二氧化硅包层、混合波导和第一传输波导；硅衬底和二氧化硅包层上下层叠布置，二氧化硅包层中嵌装有混合波导和第一传输波导，混合波导和第一传输波导之间平行且间隔布置，第一传输波导的两端分别作为耦合器的第一输入端和第一输出端；所述混合波导由电极层、第一硅波导和第一相变材料层组成，第一硅波导和第一相变材料层相连，第一相变材料层与电极层相连，第一硅波导的两端分别作为耦合器的第二输入端和第二输出端。

所述第一相变材料层设置在第一硅波导外侧面和/或内部，第一相变材料层设置在第一硅波导外侧面的上表面、下表面、左表面、右表面或者两个表面及以上；第一相变材料层设置在第一硅波导外侧面时，电极层设置在第一相变材料层远离第一硅波导的一面；第一相变材料层设置在第一硅波导内部时，电极层嵌装在第一相变材料层中。

所述第一相变材料层为金属氧化物、硫属化合物或者有机相变材料。

所述的电极层的材料为金、铜、铝或氧化铟锡。

所述第一传输波导与第一硅波导为硅波导或掺杂波导。

所述偏振光分束器与 TE 光选择通过型耦合器之间、偏振光合束器与 TE 光选择通过型耦合器之间、偏振光分束器与 TM 光选择通过型耦合器之间、偏振光合束器与 TM 光选择通过型耦合器之间还通过连接波导进行连接。

所述连接波导为直波导或弯曲波导。

所述第一传输波导和/或第一硅波导为直波导或弯曲波导。

基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器工作原理：利用覆盖在相变材料上的电极层，对相变材料进行调控，通过焦耳热来诱导相变材料在晶态和非

晶态之间进行转换，由于晶态和非晶态下有效折射率的实部和虚部有较大差异，以此来控制 TE 或 TM 光的选择性通过。相变材料在非晶态状态下，混合波导与传输波导组成的定向耦合器中相位匹配，此时两根波导之间发生耦合，传输波导中的 TM (TE) 光耦合到混合波导中，此时没有 TM(TE)光传输到偏振合成器中，达到了偏振选择的目的。而当相变材料转换为晶态时，有效折射率急剧增大，混合波导与传输波导发生相位失配，两者之间没有耦合，TM(TE)光可以通过传输波导，经传输波导到达偏振合束器后，再经输出光纤输出。因此，通过在混合波导上的电极层施加适当的电脉冲信号即可实现相变材料在晶态和非晶态之间的转换，从而实现片上的偏振选择。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：

1.本发明将相变材料与硅波导相结合，形成混合波导，可以通过相变材料的折射率变化，控制 TE 光或 TM 光的选择性通过，具有非常高的实用性。

2.基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，仅在转换相变材料状态时消耗能量，状态一经转换不需要施加任何能量即可维持稳定状态，符合集成光子器件的发展趋势。

3.基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，理论上可以通过结构设计对任意波长的光进行调控，且损耗比较小，具有广阔的应用前景。

4.与传统的片上集成光子器件相比，前者需要施加持续能量来维持材料状态，容易产生热串扰，使芯片性能下降，基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，不需要持续供能，可以大大减少热量对集成器件带来的干扰。

5.由于相变材料虚部的存在，会对光有一定的吸收。与其他相变材料混合集成光子器件相比，本发明中覆盖相变材料层的混合波导仅起到辅助作用，不参与目标光的传输，极大的避免了相变材料对光的吸收。

附图说明

图 1 为本发明基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器的俯视示意图。

图 2 为本发明基于相变材料-硅混合集成波导的 TE 光选择通过型耦合器模剖视示意图。

图 3 为本发明基于相变材料-硅混合集成波导的 TM 光选择通过型耦合器模剖视示意图。

图 4 为本发明基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器的 3D 模型图。

图 5 为本发明基于相变材料-硅混合集成波导的 TE 光选择通过型耦合器实施例 1 的光场分布图。

图 6 为本发明基于相变材料-硅混合集成波导的 TM 光选择通过型耦合器实施例 1 的光场分布图。

图中：硅衬底 1，二氧化硅包层 2，第一硅波导 3，第一传输波导 4，第一相变材料层 5，第二相变材料层 6，第二硅波导 7，第二传输波导 8。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明作进一步阐述，但不应以此限制本发明的保护范围。

如图 1 和图 4 所示，本发明包括偏振光分束器、TE 光选择通过型耦合器、TM 光选择通过型耦合器和偏振光合束器，初始偏振光经输入光纤输入到偏振光分束器的输入端，输入光纤一般为单模光纤，偏振光分束器的第一输出端与 TE 光选择通过型耦合器的第一输入端相连，TE 光选择通过型耦合器的第二输入端空置，偏振光分束器的第二输出端与 TM 光选择通过型耦合器的第一输入端相连，TM 光选择通过型耦合器的第二输入端空置，TE 光选择通过型耦合器的第一输出端和 TM 光选择通过型耦合器的第一输出端与偏振光合束器的两个输入端相连，TE 光选择通过型耦合器的第二输出端和 TM 光选择通过型耦合器的第二输出端空置或与其他光纤相连，偏振光合束器的输出端经输出光纤后输出最终偏振光。偏振光合成器与偏振光分束器的结构极相同，但是将输入端与输出端反接，可将上下两路的光合成后由输出光纤输出。

TE 光选择通过型耦合器和 TM 光选择通过型耦合器的结构相同，包括硅衬底 1、二氧化硅包层 2、混合波导和第一传输波导 4；硅衬底 1 和二氧化硅包层 2 上下层叠布置，二氧化硅包层 2 中嵌装有混合波导和第一传输波导 4，混合波导和第一传输波导 4 之间平行且间隔布置，第一传输波导 4 的两端分别作为耦合器的第一输入端和第一输出端；混合波导由电极层、第一硅波导 3 和第一相变材料层 5 组成，第一硅波导 3 和第一相变材料层 5 相连，第一相变材料层 5 与电极层相连，第一相变材料层 5 第一硅波导 3 的两端分别作为耦合器的第二输入端和第二输出端。第一硅波导 3 两端的端面分别与第一传输波导 4 两端的端面齐平。

第一相变材料层 5 设置在第一硅波导 3 外侧面和/或内部，第一相变材料层 5 设置在第一硅波导 3 外侧面的上表面、下表面、左表面、右表面或者两个外表面及以上；第一相变材料层 5 设置在第一硅波导 3 外侧面时，电极层设置在第一相变材料层 5 远离第一硅波导 3 的一面，即电极层与第一硅波导 3 不接触；第一相变材料层 5 设置在第一硅波导 3 内部时，电极层嵌装在第一相变材料层 5

中，即电极层与第一硅波导 3 不接触。

电极层的材料为金(Au)、铜(Cu)、铝(Al)或氧化铟锡(ITO)。

相变材料为金属氧化物、硫属化合物或者有机相变材料，包括但不限于：
GeSbTe-225、 Sb_2S_3 、 Sb_2Se_3 、GSST、 VO_2 、Si、 $\text{Ge}_x\text{Sb}_y\text{Te}_z$ 。

第一传输波导 4 与第一硅波导 3 为硅波导或掺杂波导(如氮化硅)。第一传输波导 4 和/或第一硅波导 3 为直波导或弯曲波导，具体形状根据实际需求进行设置。

输入光纤与偏振光分束器之间、偏振光分束器与 TE 光选择通过型耦合器之间、偏振光合束器与 TE 光选择通过型耦合器之间、偏振光分束器与 TM 光选择通过型耦合器之间、偏振光合束器与 TM 光选择通过型耦合器之间以及偏振光合束器与输出光纤之间还通过连接波导进行连接。连接波导为直波导或弯曲波导。

图 2 为本发明基于相变材料-硅混合集成波导的 TE 光选择通过型耦合器模剖视示意图，图中展示了以硅为衬底，上包层和下包层皆为二氧化硅，以二氧化硅作为上包层的目的是为了更方便加电极层，使相变材料上产生焦耳热，进而使相变材料在晶态和非晶态之间相互转换，左边为相变材料-硅混合波导，右边为传输波导。相变材料在非晶态状态下，混合波导与传输波导组成的定向耦合器中相位匹配，此时两根波导之间发生耦合，传输波导中的 TM (TE) 光耦合到混合波导中，此时没有 TM(TE)光传输到偏振合成器中，达到了偏振选择的目的。而当相变材料转换为晶态时，有效折射率急剧增大，混合波导与传输波导发生相位失配，两者之间没有耦合，TM(TE)光可以通过传输波导（硅波导），经传输波导到达偏振合束器后，再经输出光纤输出。因此，通过在混合波导两端的电极施加适当的电脉冲信号即可实现相变材料在晶态和非晶态之间的转换，从而实现片上的偏振选择。

参阅图 3，图 3 为本发明基于相变材料-硅混合集成波导的 TM 光选择通过型耦合器模剖视示意图，左边为传输波导，右边为混合波导，同样通过电极控制相变材料的晶态和非晶态进而实现两根波导之间的相位匹配或相位失配，用来控制目标光的传输。

本发明的具体实施例如下：

在此具体实施例中，硅衬底 1 的厚度为 $5\mu\text{m}$ ，二氧化硅包层 2 的高度为 $2\mu\text{m}$ 。

在此具体实施例中，相变材料为 $\text{Ge}_x\text{Sb}_y\text{Te}_z$ (GST)，该材料在晶态时的有效折射率实部为 7.00531，有效折射率的虚部为 $1.08939i$ ，该材料在非晶态时的有效折射率实部为 4.21048，有效折射率的虚部为 $0.0566i$ 。

在此具体实施例中，偏振光分（合）束器中的波导，第一传输波导 4 和第二传输波导 8，混合波导中第一硅波导 3 和第二硅波导 7 的高度均相同，均为 220nm，且上述波导的上表面平齐，第一相变材料层 5 和第二相变材料层 6 的高度相同，均为 40nm。但波导宽度各不相同。在 TE 光定向耦合器 DC1 中，第一传输波导 4 的宽度为 600nm，混合波导中第一硅波导 3 的宽度为 500nm，第一相变材料层 5 的宽度为 260nm。在 TM 光定向耦合器 DC2 中，第二传输波导 8 的宽度为 730nm，第二硅波导 7 的宽度为 360nm，第二相变材料层 6 的宽度为 180nm。

本发明的设计目标是使该起偏器的损耗更小，消光比更高，考虑到消光比，器件占地面积和插入损耗等方面的影响，TE 光选择通过型耦合器的总长为 80 μ m，TM 光选择通过型耦合器的总长为 60 μ m。TE 光选择通过型耦合器中，在传输波导宽度 $W_1=600\text{nm}$ 的情况下，将相变材料（GST）层设计为弯曲结构，来避免信号光反射，设计总长为 80 μ m，其中最左边为直波导长度为 5 μ m，其次是弯曲波导长度为 20 μ m，高度为 4 μ m，中间为直波导长度为 30 μ m，然后再连接弯曲波导 20 μ m，高度为 4 μ m，最后为直波导长度 5 μ m，整个 TE 光选择通过型耦合器结构中心对称。TM 光选择通过型耦合器中，在传输波导宽度 $W_1=730\text{nm}$ 的情况下，将相变材料（GST）层设计为弯曲结构，来避免信号光反射，设计总长为 60 μ m，其中最左边为直波导长度为 5 μ m，其次是弯曲波导长度为 20 μ m，高度为 4 μ m，中间为直波导长度为 10 μ m，然后再连接弯曲波导 20 μ m，高度为 4 μ m，最后为直波导长度 5 μ m，整个 TE 光选择通过型耦合器结构中心对称。

在外加电压的作用下，相变材料 GST 发生从非晶态到晶态的转变，由于晶态与非晶态的折射率差距比较大，故采用较短的波导就可以 TE 光或 TM 光的选择性通过。图 5 为基于相变材料-硅混合集成波导的 TE 光选择通过型耦合器的光场分布图，图 6 为基于相变材料-硅混合集成波导的 TM 光选择通过型耦合器的光场分布图。

综上，因此当相变材料受到电极施加的电压信号激励时，GST 相变材料性质发生转变，导致混合波导的有效折射率发生改变，引起相位匹配或失配，最终实现光的调制。本发明的应用价值：基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器具有能耗低，不需要持续供能维持状态，便于片上集成，损耗较低，相互之间无串扰等特点，非常适用于可重构光学器件和光子信息处理等十分热门的研究领域。

上述实施例用来解释说明本发明，而不是对本发明进行限制，在本发明的精神和权利要求的保护范围内，对本发明作出的任何修改和改变，都落入本发

明的保护范围。

权利要求书

1、一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，其特征在于，包括偏振光分束器、TE 光选择通过型耦合器、TM 光选择通过型耦合器和偏振光合束器，初始偏振光输入到偏振光分束器的输入端，偏振光分束器的第一输出端与 TE 光选择通过型耦合器的第一输入端相连，偏振光分束器的第二输出端与 TM 光选择通过型耦合器的第一输入端相连，TE 光选择通过型耦合器的第一输出端和 TM 光选择通过型耦合器的第一输出端与偏振光合束器的两个输入端相连，偏振光合束器的输出端输出最终偏振光。

2、根据权利要求 1 所述的一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，其特征在于，所述 TE 光选择通过型耦合器和 TM 光选择通过型耦合器的结构相同，包括硅衬底（1）、二氧化硅包层（2）、混合波导和第一传输波导（4）；硅衬底（1）和二氧化硅包层（2）上下层叠布置，二氧化硅包层（2）中嵌装有混合波导和第一传输波导（4），混合波导和第一传输波导（4）之间平行且间隔布置，第一传输波导（4）的两端分别作为耦合器的第一输入端和第一输出端；所述混合波导由电极层、第一硅波导（3）和第一相变材料层（5）组成，第一硅波导（3）和第一相变材料层（5）相连，第一相变材料层（5）与电极层相连，第一硅波导（3）的两端分别作为耦合器的第二输入端和第二输出端。

3、根据权利要求 2 所述的一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，其特征在于，所述第一相变材料层（5）设置在第一硅波导（3）外侧面和/或内部，第一相变材料层（5）设置在第一硅波导（3）外侧面的上表面、下表面、左表面、右表面或者两个表面及以上；第一相变材料层（5）设置在第一硅波导（3）外侧面时，电极层设置在第一相变材料层（5）远离第一硅波导（3）的一面；第一相变材料层（5）设置在第一硅波导（3）内部时，电极层嵌装在第一相变材料层（5）中。

4、根据权利要求 2 或 3 所述的一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，其特征在于，所述第一相变材料层（5）为金属氧化物、硫属化合物或者有机相变材料。

5、根据权利要求 2 或 3 所述的一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，其特征在于，所述的电极层的材料为金、铜、铝或氧化铟锡。

6、根据权利要求 1 所述的一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，其特征在于，所述第一传输波导（4）与第一硅波导（3）为硅波导或掺杂波导。

7、根据权利要求1所述的一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，其特征在于，所述偏振光分束器与TE光选择通过型耦合器之间、偏振光合束器与TE光选择通过型耦合器之间、偏振光分束器与TM光选择通过型耦合器之间、偏振光合束器与TM光选择通过型耦合器之间还通过连接波导进行连接。

8、根据权利要求7所述的一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，其特征在于，所述连接波导为直波导或弯曲波导。

9、根据权利要求2所述的一种基于相变材料-硅混合集成波导的片上起偏器，其特征在于，所述第一传输波导（4）和/或第一硅波导（3）为直波导或弯曲波导。

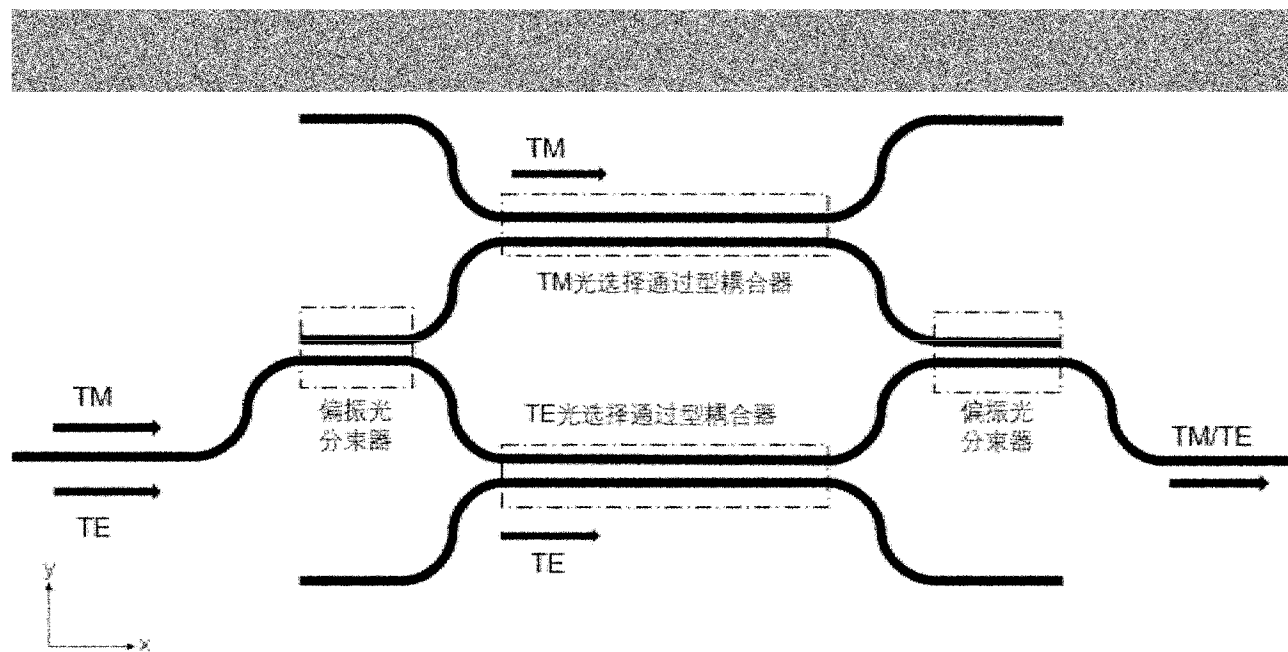


图1

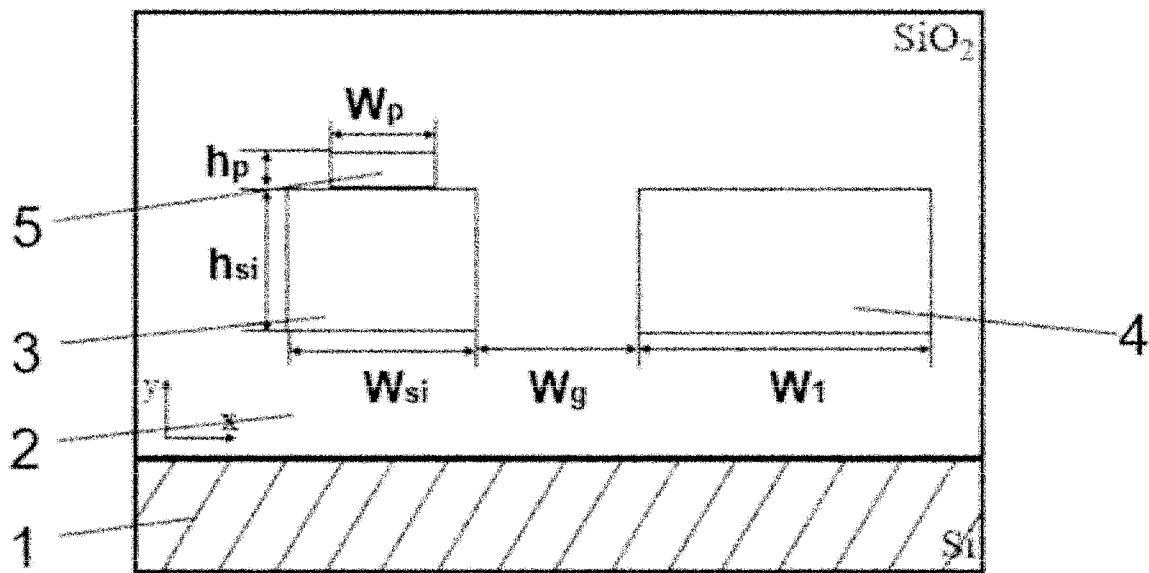


图2

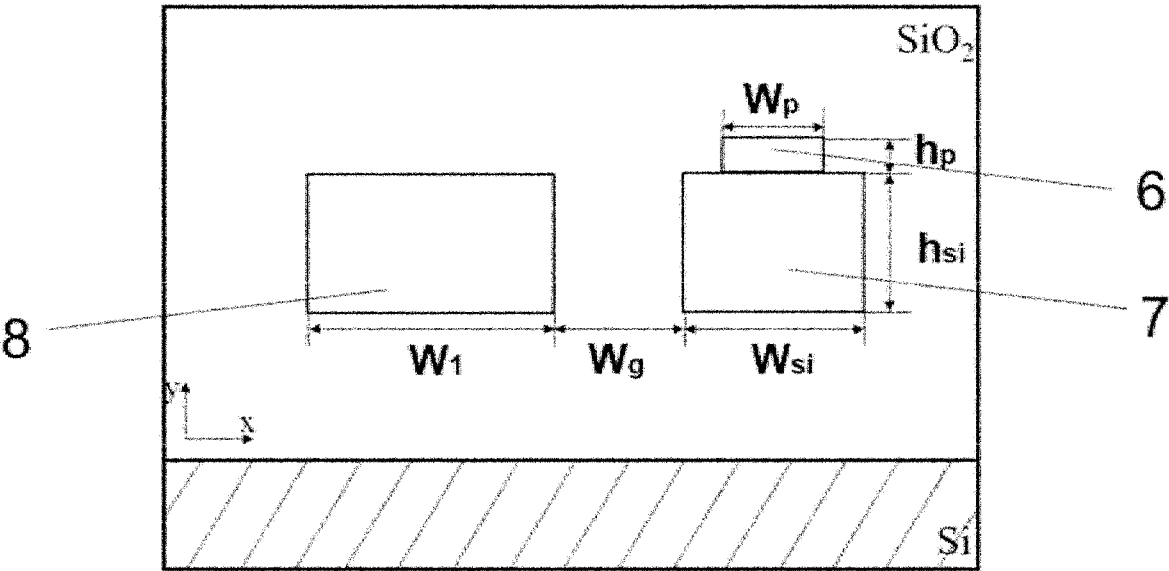


图3

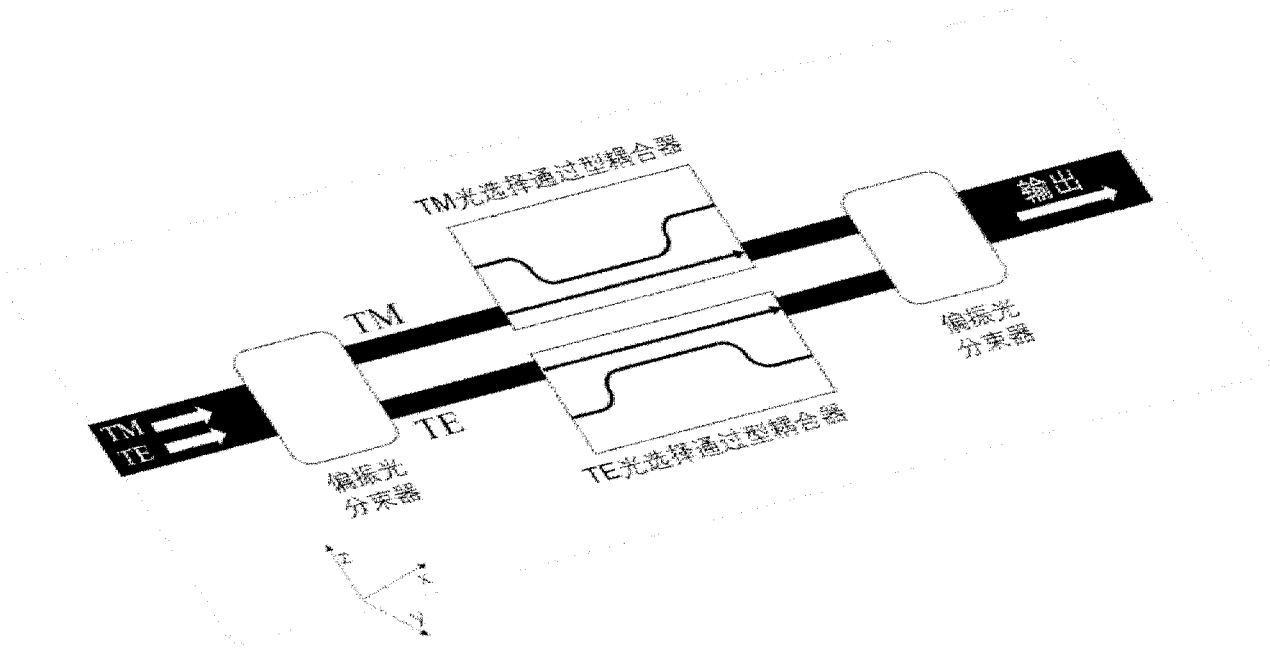


图4

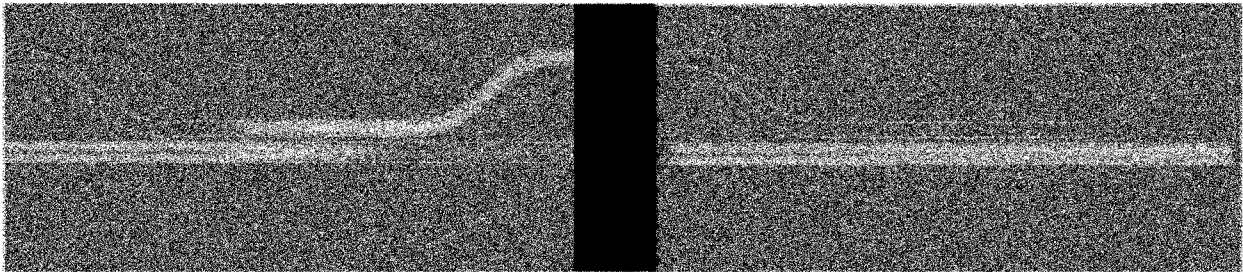


图 5

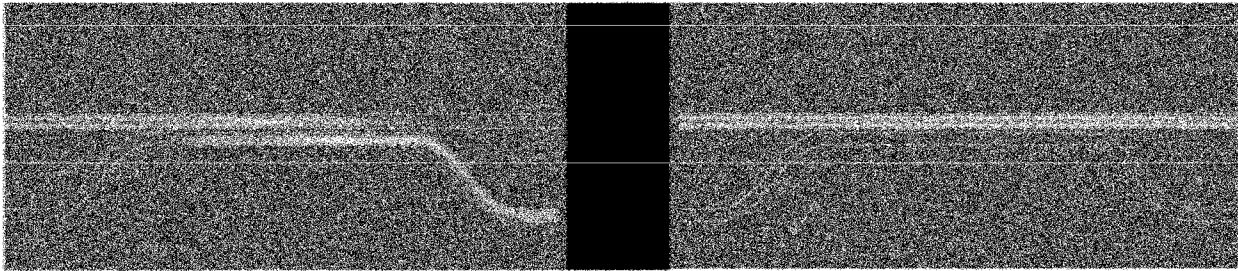


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/074088

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G02F1/01(2006.01)i; G02B6/12(2006.01)n 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,G02B Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched cnabs, cntxt, cnki, ven, entxt, ustxt, wotxt, web of science: 相变, 起偏, 偏振, 波导, phase, polarize?, waveguide, silicon, TE, TM Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 111999957 A (NINGBO UNIVERSITY) 27 November 2020 (2020-11-27) description, paragraphs 0026-0034, and figures 1-10	1-9
X	CN 114815324 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY) 29 July 2022 (2022-07-29) description, paragraphs 0030-0074, and figures 1-7	1-9
PX	CN 115308837 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 08 November 2022 (2022-11-08) description, paragraphs 0032-0047, and figures 1-6	1-9
A	CN 217181269 U (SOOCHOW UNIVERSITY) 12 August 2022 (2022-08-12) description, paragraphs 0019-0026, and figures 1-6	1-9
A	JP 2009128718 A (KEIO GIJUKU) 11 June 2009 (2009-06-11) description, paragraphs 0018-0021, and figures 1-5	1-9
A	US 10996398 B1 (GLOBALFOUNDRIES US INC.) 04 May 2021 (2021-05-04) description, column 2, line 20 to column 6, line 42, and figures 1-10A	1-9
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 31 May 2023		Date of mailing of the international search report 02 June 2023
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/074088

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111999957	A	27 November 2020	None			
CN	114815324	A	29 July 2022	None			
CN	115308837	A	08 November 2022	None			
CN	217181269	U	12 August 2022	None			
JP	2009128718	A	11 June 2009	JP	5083732	B2	28 November 2012
US	10996398	B1	04 May 2021	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/074088

A. 主题的分类

G02F1/01 (2006.01)i; G02B6/12 (2006.01)n

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)

G02F, G02B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

cnabs, cntxt, cnki, ven, entxt, ustxt, wotxt, web of science: 相变, 起偏, 偏振, 波导, phase, polarize?, waveguide, silicon, TE, TM

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))

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

X

CN 111999957 A (宁波大学) 2020年11月27日 (2020 - 11 - 27)
说明书第0026-0034段, 图1-10

1-9

X

CN 114815324 A (中山大学) 2022年7月29日 (2022 - 07 - 29)
说明书第0030-0074段, 图1-7

1-9

PX

CN 115308837 A (浙江大学) 2022年11月8日 (2022 - 11 - 08)
说明书第0032-0047段, 图1-6

1-9

A

CN 217181269 U (苏州大学) 2022年8月12日 (2022 - 08 - 12)
说明书第0019-0026段, 图1-6

1-9

A

JP 2009128718 A (KEIO GIJUKU) 2009年6月11日 (2009 - 06 - 11)
说明书第0018-0021段, 图1-5

1-9

A

US 10996398 B1 (GLOBALFOUNDRIES US INC) 2021年5月4日 (2021 - 05 - 04)
说明书第2栏第20行至第6栏第42行, 图1-10A

1-9

☐ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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

2023年5月31日

国际检索报告邮寄日期

2023年6月2日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

殷雪

电话号码 (+86) 010-62085514

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/074088

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	111999957	A	2020年11月27日	无	
CN	114815324	A	2022年7月29日	无	
CN	115308837	A	2022年11月8日	无	
CN	217181269	U	2022年8月12日	无	
JP	2009128718	A	2009年6月11日	JP 5083732 B2	2012年11月28日
US	10996398	B1	2021年5月4日	无	