

# (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 3 日 (03.02.2022)

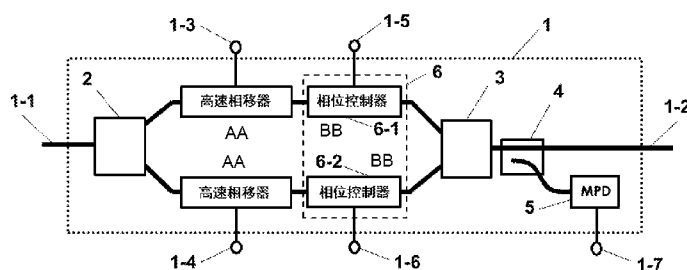


(10) 国际公布号  
**WO 2022/022157 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
**G02F 1/03** (2006.01) **G02F 1/01** (2006.01) 武汉市东湖开发区关东工业园烽火路光通信产业大楼二楼, Hubei 430000 (CN)。
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/101052 (72) 发明人: 余胜 (YU, Sheng); 中国湖北省武汉市东湖高新技术开发区高新四路 6 号, Hubei 430000 (CN)。 曹权 (CAO, Quan); 中国湖北省武汉市东湖高新技术开发区高新四路 6 号, Hubei 430000 (CN)。
- (22) 国际申请日: 2021 年 6 月 18 日 (18.06.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
202010726755.5 2020 年 7 月 25 日 (25.07.2020) CN
- (71) 申请人: 烽火通信科技股份有限公司 (FIBERHOME TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖高新技术开发区高新四路 6 号, Hubei 430000 (CN)。 武汉飞思灵微电子技术有限公司 (WUHAN FISILINK MICROELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国湖北省
- (74) 代理人: 深圳市六加知识产权代理有限公司 (LIUJIA CHINA IP LAW OFFICE); 中国湖北省武汉市洪山区光谷大道 3 号未来之光 5 栋 401 室李燕南, Hubei 430074 (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,

(54) Title: AUTOMATIC BIAS CONTROL APPARATUS AND METHOD FOR DIRECT-MODULATION AND DIRECT-DETECTION OPTICAL MODULATOR

(54) 发明名称: 一种直调直检光调制器自动偏压控制装置和方法



CC 高速相移器的相位同加载电压的关系:  $\varphi_{RF} = \frac{\pi V}{V_{\pi}}$

DD 相位控制器的相位同加载电压的关系:  $\varphi_{phase} = \phi(V)$

图 1

AA High-speed phase shifter  
BB Phase controller  
CC Relationship between a phase of a high-speed phase shifter and a loaded voltage:  $\varphi_{RF} = \pi V / V_{\pi}$   
DD Relationship between a phase of a phase controller and a loaded voltage:  $\varphi_{phase} = \phi(V)$

(57) Abstract: Disclosed in the present invention is an automatic bias control apparatus for a direct-modulation and direct-detection optical modulator. Two independent phase controllers are provided in a Mach-Zehnder modulator and are connected in series to high-speed phase shifters in the modulator; independent phase control signals are respectively loaded on the two phase controllers to control a static phase difference between two modulation arms; moreover, a monitoring detector is present for monitoring the magnitude of output optical power. A locking effect of an automatic bias control solution for a direct-modulation and direct-detection optical modulator provided in the present invention is irrelevant to the linearity of the phase controllers, thus this solution can be adapted to conventional lithium niobate modulators and can also applicable to modulators made of a semiconductor base material, such as modulators made of a silicon-based or III-V material; the locking precision of the automatic bias control solution for a direct-modulation and direct-detection optical modulator provided in the present invention is not greatly affected by the stability of optical power of a laser and the consistency of the responsivity of a detector, thus the locking precision is high. The present invention also provides a corresponding automatic bias control method.

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, 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: 本发明公开了一种直调直检光调制器自动偏压控制装置, 在马赫曾德尔调制器内存在两个独立的相位控制器, 所述相位控制器与调制器内的高速相移器串联; 分别在两个相位控制器上加载独立的相位控制信号用来控制两个调制臂之间的静态相位差; 同时有一个监测探测器用来监测输出光功率的大小。本发明提供的直调直检光调制器自动偏压控制方案的锁定效果同相位控制器的线性度无关, 能适应于传统地砷酸锂型调制器, 也能适用于半导体基材的调制器, 比如硅基或者III V族材料的调制器; 本发明提供的直调直检光调制器自动偏压控制方案的锁定精度受激光器光功率的稳定性以及探测器响应度一致性的影响不大, 锁定精度高。本发明还提供了相应的自动偏压控制方法。

## 一种直调直检光调制器自动偏压控制装置和方法

### 技术领域

本发明属于光通信技术领域，更具体地，涉及一种直调直检光调制器自动偏压控制装置和方法。

### 背景技术

在光通信领域中，直调直检技术由于其成本低廉，系统简单，被广泛应用到接入网、数据中心互联等中短距的传输系统中。随着通信速率不断攀升，传统分立的光器件在成本和功耗上逐渐适应不了光通信系统越来越高的成本和功耗的要求，因此以半导体工艺拓展开的小型化紧凑型光器件逐渐被市场认可和接受，应用量不断加大，其中硅光、III V 族复合半导体技术是典型的代表。高质量的直调直检系统，往往会采用马赫曾德尔调制器作为电光转换的媒介，而马赫曾德尔调制器需要将两个调制臂的静态相位差稳定在在  $\pi/2$  或者  $3\pi/2$  的位置时，才能达到最优的直调直检效果。为了达到这个效果，需要设计一套装置和控制方法来控制调制器相位控制的偏压，锁定上述两个调制臂的静态相位差。

关于偏压控制，传统基于铌酸锂调制器已经有了一些的方案：

一种方案是采用探测绝对光功率的方式，但是该方式的准确性会受到激光器光功率的稳定性和探测器响应度一致性的影响；

另一种方案是在调制器上的控制单元增加导频信号，获取导频信号相关的一阶导和二阶导信息，例如 CN106209252A，CN122034C 等专利中所涉及到方案。然而这种方案要达到它的锁定效果，前提条件是调制器的相位控制单元的相位响应特性是线性的；这个条件在传统铌酸锂调制器上是成立的，因为铌酸锂材料是基于线性电光效应实现相位控制的，而基于半导体

材料的相位响应往往是非线性的，例如硅光调制器往往采用热光相移器，其相位响应同电压大致呈平方关系，所以它并不能推广到这些紧凑型的器件上。

因此，需要有一套能够同时适用于各类材料体系的直调直检光调制器自动偏压控制方案。

## 发明内容

针对现有技术的以上缺陷或改进需求，本发明提供了一种直调直检光调制器自动偏压控制装置和方法，其目的在于，能够广泛适用于各种材料的马赫曾德尔调制器的锁定，并且具有较高的锁定精度。

按照本发明的一个方面，提供了一种直调直检光调制器自动偏压控制装置，在马赫曾德尔调制器内存在两个独立的相位控制器，所述相位控制器与调制器内的高速相移器串联；分别在两个相位控制器上加载独立的相位控制信号用来控制两个调制臂之间的静态相位差；同时有一个监测探测器用来监测输出光功率的大小。

本发明的一个实施例中，所述装置各个部件的功能材料可以基于铌酸锂，硅基，或III V族复合半导体等基材。

本发明的一个实施例中，所述两个独立的相位控制器分别位于两个不同的调制臂，或者两个独立的相位控制器位于同一个调制臂。

本发明的一个实施例中，所述马赫曾德尔调制器的输出端为  $2 \times 1$  合束器，所述  $2 \times 1$  合束器后连接一个耦合分束器，该耦合分束器分出主通道的一部分光并送到所述监测探测器。

本发明的一个实施例中，所述马赫曾德尔调制器的输出端为  $2 \times 2$  分束器，所述  $2 \times 2$  分束器的一个分束为主输出通道，另外一个分束输出到所述监测探测器。

本发明的一个实施例中，所述直调直检光调制器自动偏压控制装置采用分立器件搭建，或者直调直检光调制器自动偏压控制装置各器件集成

在同一基材上。

本发明的一个实施例中，在上述两个独立的相位控制器的直流电压上分别叠加上不同频率的导频信号，导频频率分别为  $f_1$  和  $f_2$ ，通过解析监测探测器中  $|f_1-f_2|$  或者  $f_1+f_2$  处频率分量的信号，并通过控制两个独立相位控制器上的直流电压的大小，使得  $|f_1-f_2|$  或者  $f_1+f_2$  处的频率分量稳定在幅度最小值或者相位跳变点的位置，此时，调制器的工作状态即可以稳定在最佳工作点。

本发明的一个实施例中，所述导频信号是正弦波或余弦波，或者是具有奇对称特性的波形。

本发明的一个实施例中，通过解析监测探测器中  $|f_1-f_2|$  或者  $f_1+f_2$  处频率分量的信号，具体为：采用强度探测，或者幅度和相位同时探测。

按照本发明的另一方面，还提供了一种基于上述直调直检光调制器自动偏压控制装置的自动偏压控制方法，包括：

在第一相位控制器和第二相位控制器上分别加载直流电压  $V_{DC1}$  和  $V_{DC2}$ ，并且在第一相位控制器和第二相位控制器上分别加载频率为  $f_1$  和  $f_2$  的导频信号  $V_{dither1}$  和  $V_{dither2}$ ；

固定  $V_{DC1}$ ，以  $\Delta u_1$  为电压步进，从小到大扫描  $V_{DC2}$ ，保证该路的光学相位变化大于  $\pi$ ，同时记录监测探测器输出信号中  $|f_1-f_2|$  或者是  $f_1+f_2$  分量处的幅度和相位；

记录监测信号达到极小值并且相位发生跳变时候的电压值，并根据相位跳变的情况记录特征，相位由正到负的电压点记录为  $V_-$ ，相位由负到正的电压点记录为  $V_+$ ；

设定锁定的步进电压为  $\Delta u_2$ ，然后根据锁定电压的位置选择锁定策略。

本发明的一个实施例中，所述根据锁定电压的位置选择锁定策略，包括：

如果将电压锁定在  $V_-$  附近，则令  $V_{DC2}=V_-$ ，同时监测输出信号中  $|f_1-f_2|$  或者是  $f_1+f_2$  频率分量处的相位，如果相位为正，则  $V_{DC2}=V_{DC2}+\Delta u_2$ ，反之则

$V_{DC2}=V_{DC2}-\Delta u_2$ ; 如果将电压锁定在  $V_+$  附近, 则令  $V_{DC2}=V_+$ , 同时监测输出信号中  $|f_1-f_2|$  或者是  $f_1+f_2$  频率分量处的相位, 如果相位为正, 则  $V_{DC2}=V_{DC2}-\Delta u_2$ , 反之则  $V_{DC2}=V_{DC2}+\Delta u_2$ 。

总体而言, 通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比, 具有如下有益效果:

(1) 本发明提供的直调直检光调制器自动偏压控制方案的锁定效果同相位控制器的线性度无关, 能适应于传统地铌酸锂型调制器, 也能适用于半导体基材的调制器, 比如硅基或者 III V 族材料的调制器;

(2) 本发明提供的直调直检光调制器自动偏压控制方案的锁定精度受激光器光功率的稳定性以及探测器响应度一致性的影响不大, 锁定精度高。

## 附图说明

图 1 是本发明中调制器自动偏压控制装置的第一种实施例;

图 2 是本发明中调制器自动偏压控制装置的第二种实施例;

图 3 是本发明中调制器自动偏压控制装置的第三种实施例;

图 4 是本发明中利用上述装置, 对调制器自动偏压控制的方法说明;

图 5(a)是利用传统二阶导数的方法锁定铌酸锂调制器的锁定效果曲线;

图 5(b)是利用本发明方法锁定铌酸锂调制器的锁定效果曲线;

图 6(a)是利用传统二阶导数的方法锁定硅光调制器的锁定效果曲线;

图 6(b)是利用本发明方法锁定硅光调制器的锁定效果曲线;

图 7 是本发明中利用上述方法进行自动偏压稳定的样例流程说明;

在所有附图中, 相同的附图标记用来表示相同的元件或结构, 其中:

1-调制器自动偏压控制装置; 2-输入侧  $1\times 2$  分束器;

3-输出侧  $2\times 1$  合束器; 4-光耦合分束器;

5-监测探测器; 6-相位控制单元;

7-输出侧  $2\times 2$  光分束器;

1-1-调制器输入端口; 1-2-调制器输出端口;

1-3-正向高速差分输入口；1-4-反向高速差分输入口；  
1-5-第一相位控制器电压控制端口；1-6-第二相位控制器电压控制端口；  
1-7-监测探测器信号输出端口；6-1-第一相位控制器；  
6-2-第二相位控制器。

## 具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

### 实施例 1

本发明实施例提供了一种直调直检光调制器自动偏压控制装置，在马赫曾德尔调制器内存在两个独立的相位控制器，所述相位控制器与调制器内的高速相移器串联；分别在两个相位控制器上加载独立的相位控制信号用来控制两个调制臂之间的静态相位差；同时有一个监测探测器用来监测输出光功率的大小。

### 实施例 2

如图 1 所示，本发明实施例提供了一种直调直检光调制器自动偏压控制装置，通过调制器输入端口 1-1、输入侧 1×2 分束器 2、两个调制臂和输出侧 2×1 合束器 3 形成马赫曾德尔调制器结构。

在两个调制臂上除了高速相移器以外，还增加相位控制单元 6，用于控制两个调制臂之间的静态相位差。更具体地，相位控制单元 6 在上下两个调制臂分别设置独立的相位控制器，分别为第一相位控制器 6-1 和第二相位控制器 6-2，第一相位控制器 6-1 和第二相位控制器 6-2 可以分别通过独立

的第一相位控制器电压控制端口 1-5 和第二相位控制器电压控制端口 1-6 进行独立控制。3 输出的光再通过一个耦合分束器 4 分出小部分(分光比 1~20%)给到监测探测器 5, 5 的输出电流信号通过信号输出端口 1-7 输出到后面的检测电路。调制器大部分的光通过调制器输出端口 1-2 输出。

### 实施例 3

如图 2 所示, 本发明实施例提供了另一种直调直检光调制器自动偏压控制装置, 与图 1 不同的是, 两个独立的相位控制器(第一相位控制器 6-1 和第二相位控制器 6-2) 位于同一调制臂上。

### 实施例 4

如图 3 所示, 本发明实施例还提供了一种直调直检光调制器自动偏压控制装置, 同图 1 不同的是, 输出侧的  $2\times 1$  合束器可以采用  $2\times 2$  的分束器 7 代替, 并且无需再用耦合分束器 4 分光, 而直接将 7 的一个分束与监测探测器 5 相连, 而将 7 的另一个分束通过输出端口 1-2 输出。

可选地, 上述直调直检光调制器自动偏压控制装置采用分立器件搭建, 或者直调直检光调制器自动偏压控制装置的各器件集成在同一基材上;

可选地, 上述自动偏压控制装置所各个部件的功能材料可以是基于砷酸锂, 硅基, 或 III V 族复合半导体等基材。

上述自动偏压控制装置的原理如图 4 所示, 调制器在工作时, 激光器通过 1-1 端口将直流光输入到调制器, 调制信号通过高速差分输入端口 1-3 和 1-4 加载到调制器上对直流光进行调制, 在两个独立的相位控制器电压输入端口均加上独立的直流偏置和导频信号, 具体地, 在第一相位控制器电压输入端口 1-5 加上第一直流偏置  $V_{DC1}$  和频率为第一频率  $f_1$  的导频信号, 在第二相位控制器电压输入端口 1-6 加上第二直流偏置  $V_{DC2}$  和频率为第二频率  $f_2$  的导频信号, 调制后的光, 被监测探测器 5 探测, 并通过信号输出端

口 1-7 输出信号, 先通过跨组放大电路将电流信号转换成电压信号, 然后通过滤波器(该滤波器可以模拟滤波器或者是数字滤波器)提取信号中位于 $|f_1-f_2|$ 或者是 $f_1+f_2$ 频率分量的信号, 并监测它们的幅值和相位。控制直流偏置 $V_{DC1}$ 或 $V_{DC2}$ , 使得 $|f_1-f_2|$ 或者是 $f_1+f_2$ 分量处的信号保持在幅度最小值或者相位发生跳变的点, 此时调制器的两臂的光学相位偏置则正好偏置在 $\pi/2$ 或者 $3\pi/2$ 的位置。

通过解析监测探测器中 $|f_1-f_2|$ 或者 $f_1+f_2$ 处频率分量的信号, 具体为: 采用强度探测, 或者幅度和相位同时探测。

所述导频信号可以是正弦波或余弦波, 或者是具有奇对称特性的波形, 例如方波, 三角波等信号。

## 实施例 5

为了从原理上说明本发明专利的有效性、有益效果和工作过程, 下面对调制器工作点的稳定过程进行数学推导:

如图 1, 图 2 和图 3 中所示, 调制器高速相移器的相位响应可以表示成同高速电压信号线性关系 $\varphi_{RF}=\pi V/V_\pi$ , 其中 $V_\pi$ 为调制半波电压, 而对于相位控制器, 其相位响应可以用一个专用函数 $\Phi(V)$ 来表示, 对于铌酸锂调制器,  $\Phi(V)$ 是关于电压的一个线性函数, 对半导体类型的调制器 $\Phi(V)$ 往往是较为复杂的非线性函数, 比如说采用热光效应的相移器, 这个关系是平方关系。

基于上述设定, 马赫曾德尔调制器的输出信号的强度 $P_I$ 可以表示为:

$$P_I = \frac{1}{2} P_{in} (1 + \cos(\frac{\pi V_{RF}}{V_\pi} + \Phi(V_{DC1} + V_{dither1}) \mp \Phi(V_{DC2} + V_{dither2}))) \quad (1)$$

这里 $P_{in}$ 表示的是调制器输入光功率,  $V_{RF}$ 表示的是高速调制电压,  $V_{DC1}$ 为第一相移臂的直流电压,  $V_{DC2}$ 为第二相移臂的直流电压,  $V_{dither1}$ 为第一相移臂上的导频信号,  $V_{dither2}$ 为第二相移臂上的导频信号。要注意的是, 为了表达的简单, 整个推导中忽略了光损耗。

式(1)中的 $\mp$ 分别代表图1和图2中的实施例情况。在图1的实施例中，由于两个相位控制器分别位于调制器的两臂，调制器的静态相位差为两个相位控制器对应的相移值相减；在图2的实施例中，由于两个相位控制器位于调制器的同一干涉臂，调制器的静态相位差为两个相位控制器对应的相移值相加。后面的推导会采用同样的表达方式，其意义相同。

我们令  $V_{dither1}$  和  $V_{dither2}$  分别为频率式  $f_1$  和  $f_2$  的正弦信号，幅度分别为  $a_{dither1}$  和  $a_{dither2}$ ，实际上在具体实施中，只要采用具有奇对称特性的周期信号都可以达到本方案效果。因此有：

$$V_{dither1} = a_{dither1} \sin(2\pi f_1 t) \quad (2)$$

$$V_{dither2} = a_{dither2} \sin(2\pi f_2 t) \quad (3)$$

将(1)式进一步展开可以知道：

$$P_1 = \frac{1}{2} P_{in} (1 + \cos(\frac{\pi V_{RF}}{V_\pi}) \cos[\Phi(V_{DC1} + V_{dither1}) \mp \Phi(V_{DC2} + V_{dither2})] - \sin(\frac{\pi V_{RF}}{V_\pi}) \sin[\Phi(V_{DC1} + V_{dither1}) \mp \Phi(V_{DC2} + V_{dither2})]) \quad (4)$$

由于监测探测器输出是光信号的低频变化分量，所以其输出信号是高速信号  $V_{RF}$  相关项关于时间的平均，于是监测探测器输出信号  $S_1$  可以表示为：

$$S_1 = \frac{1}{2} R P_{in} (1 + \langle \cos(\frac{\pi V_{RF}}{V_\pi}) \rangle \cos(\Phi(V_{DC1} + V_{dither1}) \mp \Phi(V_{DC2} + V_{dither2}))) \quad (5)$$

这里的  $R$  表示的是监测探测器的响应度。

本方案中探测信号为  $|f_1 - f_2|$  或者是  $f_1 + f_2$  处的分量，将(5)式关于  $V_{dither1}$  和  $V_{dither2}$  进行广义泰勒展开，并将(2)和(3)带入泰勒展开的结果，于是可以得到各个频率分量处的信号幅度。

其中频率分量位于  $|f_1 - f_2|$  处的信号幅度为：

$$a_{|f_1 - f_2|} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 S_1}{\partial V_{DC1} \partial V_{DC2}} a_{dither1} a_{dither2} \quad (6)$$

其中频率分量位于  $f_1+f_2$  处的信号幅度为:

$$a_{f_1+f_2} = -a_{|f_1-f_2|} = -\frac{1}{2} \frac{\partial^2 S_1}{\partial V_{DC1} \partial V_{DC2}} a_{dither1} a_{dither2} \quad (7)$$

通过式(6)和式(7)可以看到,  $|f_1-f_2|$  和  $f_1+f_2$  处的信号幅度大小相同, 符号相反, 且都正比于  $S_1$  关于  $V_{DC1}$  和  $V_{DC2}$  的偏导。更具体地, 该偏导数可以表示为:

$$\frac{\partial^2 S_1}{\partial V_{DC1} \partial V_{DC2}} = \pm \frac{1}{2} R P_{in} < \cos\left(\frac{\pi V_{RF}}{V_\pi}\right) > \cos(\Phi(V_{DC1}) \mp \Phi(V_{DC2})) \frac{d\Phi(V_{DC1})}{dV_{DC1}} \frac{d\Phi(V_{DC2})}{dV_{DC2}} \quad (8)$$

从(10)式可以看出, 可以看到只要满足  $\cos(\Phi(V_{DC1}) \mp \Phi(V_{DC2})) = 0$ , 则监测信号就为零, 而此时相对应地是, 两个臂的静态相位差  $\Phi(V_{DC1}) \mp \Phi(V_{DC2})$  刚好是  $\pi/2$  或者  $3\pi/2$ , 为最佳相位偏置地位置。

从上面地推导还可以得出,  $|f_1-f_2|$  或者是  $f_1+f_2$  均可作为相位锁定地指征信号, 他们之间的区别只是信号相位刚好相反而已, 实际应用中, 可根据需要选择频率点。

作为对比, 这里也给出了基于传统导频方案的信号光强度同各个电压的关系。该方案只有一个控制端口, 和一种导频信号, 其相位控制单元的直流电压为  $V_{DC}$ , 对应导频信号电压为  $V_{dither}$ , 这种情况下, 调制器输出的功率为:

$$P_2 = \frac{1}{2} P_{in} (1 + \cos\left(\frac{\pi V_{RF}}{V_\pi} + \Phi(V_{DC} + V_{dither})\right)) \quad (9)$$

同样的原理, 可以得出监测探测器的输出信号  $S_2$  为:

$$S_2 = \frac{1}{2} R P_{in} (1 + < \cos\left(\frac{\pi V_{RF}}{V_\pi}\right) > \cos(\Phi(V_{DC} + V_{dither})) ) \quad (10)$$

其中  $V_{dither}$  为频率是  $f_0$ , 幅度为  $a_0$  的正弦信号:

$$V_{dither} = a_0 \sin(2\pi f_0 t) \quad (11)$$

传统方案中, 锁定信号往往基于锁定信号的二阶导数探测信号的二阶导数, 其同输出信号中导频的倍频分量  $a_{2f_0}$  相关, 即:

$$a_{2f_0} = -\frac{1}{4} \frac{d^2 S_2}{dV_{DC}^2} a_0^2 \quad (12)$$

其中，二阶导数可以表示为：

$$\frac{d^2 S_2}{dV_{DC}^2} = -\frac{1}{2} RP_{in} \cos\left(\frac{\pi V_{RF}}{V_\pi}\right) [\cos(\Phi(V_{DC})) \left(\frac{d\Phi(V_{DC})}{dV_{DC}}\right)^2 + \sin(\Phi(V_{DC})) \frac{d^2 \Phi(V_{DC})}{dV_{DC}^2}] \quad (13)$$

可以看到(13)中包含了相位控制器响应函数的二阶导数项，只要二阶导不为零，即相位响应非线性的情况时，当  $\cos(\Phi(V_{DC})) = 0$ ，即相位偏置  $\Phi(V_{DC})$  为  $\pi/2$  或者  $3\pi/2$  时，监测信号不为零，所以该监测信号不能作为调制器锁定的指征。

为了更直观的理解上述数学过程，我们仿真计算了两种情况，第一种情况相位控制器响应函数是  $\Phi(V) = V$ ，第二种情况相位控制器响应函数为  $\Phi(V) = V^2$  的情况，前者用于描述铌酸锂基材等利用线性电光效应的相位控制器的特性，后者常常用于描述利用热光效应的相位控制器的特性，比如说硅光调制器。

在第一种相位响应的情况下，为了模拟传统基于单一变量二阶导数的方法效果，我们假设初始  $V_{DC} = 0$ ，然后在上面叠加一个频率为 50Hz，幅度为  $0.025\pi$  的导频信号。我们根据(10)计算出监测探测器中频率为 100Hz 处的信号幅度来表征二阶导数(13)的强度，扫描  $V_{DC}$ ，并绘制出 100Hz 处信号幅度同相位偏置  $\Phi(V_{DC})$  的关系如图 5(a)所示。采用本发明方案时，初始设定  $V_{DC1} = 1$  同时  $V_{DC2} = 1$ ，然后在上面叠加一个频率为 50Hz 和 60Hz，幅度为  $0.025\pi$  的导频信号，我们根据(5)计算出监测探测器中频率为 10Hz 和 110Hz 处的信号幅度，扫描  $V_{DC1}$ ，并绘制出 10Hz 和 110Hz 处的信号幅度同相位偏置  $\Phi(V_{DC1}) - \Phi(V_{DC2})$  的关系，结果如图 5(b)所示。

可以看到，在相位响应为线性的情况下，基于传统二阶导数和本发明方案都能达到锁定效果，检测信号在  $\pi/2$  或者  $3\pi/2$  的时候为零，且符号发生跳变。

在第二种相位响应的情况下，基于同样的仿真条件和计算方法，我们计算了传统基于单一变量二阶导数的方案和本发明方案的检测信号幅度，结果分别绘制在图 6(a)和图 6(b)中。

可以看到，在相位响应为非线性的情况下，基于传统方案无法达到锁定效果，即检测信号在  $\pi/2$  或者  $3\pi/2$  的时候不为零，而采用本发明方案依然能够达到锁定效果。合频和差频的差异仅仅是符号相反而已。

上述推导和计算结果说明了本发明方案的有效性，同时说明相对传统方案，本发明方案的锁定效果不依赖相位控制器的线性度，应用更为广泛。

## 实施例 6

在图 5(b)和图 6(b)中值得注意到的是，在利用本发明方案进行调制器状态锁定的时候，检测信号的幅度的符号在锁定点附近会发生正负跳变，这也就意味着，检测信号的相位在此处发生 180 度跳变，因此，我们可以通过检测信号的相位来判断锁定点应该移动的方向。我们定义幅度为正的时候为正相位，符号为负的时候为负相位，利用这个特性，我们提出了一种示例性的锁定流程，如图 7 所示。整个锁定过程可以采用如下步骤：

第一步，在第一相位控制器（具体为第一相位控制器电压控制端口 1-5）和第二相位控制器（具体为第二相位控制器电压控制端口 1-6）上分别加载直流电压  $V_{DC1}$  和  $V_{DC2}$ ，并且在第一相位控制器和第二相位控制器上分别加载频率为  $f_1$  和  $f_2$  的导频信号  $V_{dither1}$  和  $V_{dither2}$ 。

第二步，固定  $V_{DC1}$ ，以  $\Delta u_1$  为电压步进，从小到大扫描  $V_{DC2}$ （这里只是举例，固定  $V_{DC2}$  扫描  $V_{DC1}$  亦可）保证该路的光学相位变化大于  $\pi$ ，同时记录监测探测器输出信号中  $|f_1-f_2|$  或者是  $f_1+f_2$  处的分量的幅度和相位。

第三步，记录监测信号达到极小值并且相位发生跳变时候的电压值，并根据相位跳变的情况记录特征，相位由正到负的电压点记录为  $V_-$ ，相位由负到正的电压点记录为  $V_+$ 。

第四步，设定锁定的步进电压为  $\Delta u_2$ ，然后根据锁定电压的位置选择锁定策略：如果将电压锁定在  $V_-$  附近，则令  $V_{DC2}=V_-$ ，同时监测输出信号中  $|f_1-f_2|$  或者是  $f_1+f_2$  频率分量处的相位，如果相位为正，则  $V_{DC2}=V_{DC2}+\Delta u_2$ ，反之则  $V_{DC2}=V_{DC2}-\Delta u_2$ ；如果将电压锁定在  $V_+$  附近，则令  $V_{DC2}=V_+$ ，同时监测输出信号中  $|f_1-f_2|$  或者是  $f_1+f_2$  频率分量处的相位，如果相位为正，则  $V_{DC2}=V_{DC2}-\Delta u_2$ ，反之则  $V_{DC2}=V_{DC2}+\Delta u_2$ 。

以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

## 权利要求书

1、一种直调直检光调制器自动偏压控制装置，其特征在于，在马赫曾德尔调制器内存在两个独立的相位控制器，所述相位控制器与调制器内的高速相移器串联；分别在两个相位控制器上加载独立的相位控制信号用来控制两个调制臂之间的静态相位差；同时有一个监测探测器用来监测输出光功率的大小。

2、如权利要求1所述的直调直检光调制器自动偏压控制装置，其特征在于，所述装置各个部件的功能材料可以基于铌酸锂，硅基，或III V族复合半导体等基材。

3、如权利要求1或2所述的直调直检光调制器自动偏压控制装置，其特征在于，所述两个独立的相位控制器分别位于两个不同的调制臂，或者两个独立的相位控制器位于同一个调制臂。

4、如权利要求1或2所述的直调直检光调制器自动偏压控制装置，其特征在于，所述马赫曾德尔调制器的输出端为 $2\times 1$ 合束器，所述 $2\times 1$ 合束器后连接一个耦合分束器，该耦合分束器分出主通道的一部分光并送到所述监测探测器。

5、如权利要求1或2所述的直调直检光调制器自动偏压控制装置，其特征在于，所述马赫曾德尔调制器的输出端为 $2\times 2$ 分束器，所述 $2\times 2$ 分束器的一个分束为主输出通道，另外一个分束输出到所述监测探测器。

6、如权利要求1或2所述的直调直检光调制器自动偏压控制装置，其特征在于，所述直调直检光调制器自动偏压控制装置采用分立器件搭建，或者直调直检光调制器自动偏压控制装置各器件集成在同一基材上。

7、如权利要求1或2所述的直调直检光调制器自动偏压控制装置，其特征在于，在上述两个独立的相位控制器的直流电压上分别叠加上不同频率的导频信号，导频频率分别为 $f_1$ 和 $f_2$ ，通过解析监测探测器中 $|f_1-f_2|$ 或者

$f_1+f_2$  处频率分量的信号，并通过控制两个独立相位控制器上的直流电压的大小，使得 $|f_1-f_2|$ 或者 $f_1+f_2$ 处的频率分量稳定在幅度最小值或者相位跳变点的位置，此时，调制器的工作状态即可以稳定在最佳工作点。

8、如权利要求 7 所述的直调直检光调制器自动偏压控制装置，其特征在于，所述导频信号是正弦波或余弦波，或者是具有奇对称特性的波形。

9、如权利要求 7 所述的直调直检光调制器自动偏压控制装置，其特征在于，通过解析监测探测器中 $|f_1-f_2|$ 或者 $f_1+f_2$ 处频率分量的信号，具体为：采用强度探测，或者幅度和相位同时探测。

10、基于权利要求 1-9 任一项所述直调直检光调制器自动偏压控制装置的自动偏压控制方法，其特征在于，包括：

在第一相位控制器和第二相位控制器上分别加载直流电压  $V_{DC1}$  和  $V_{DC2}$ ，并且在第一相位控制器和第二相位控制器上分别加载频率为  $f_1$  和  $f_2$  的导频信号  $V_{dither1}$  和  $V_{dither2}$ ；

固定  $V_{DC1}$ ，以  $\Delta u_1$  为电压步进，从小到大扫描  $V_{DC2}$ ，保证该路的光学相位变化大于  $\pi$ ，同时记录监测探测器输出信号中 $|f_1-f_2|$ 或者是 $f_1+f_2$ 分量处的幅度和相位；

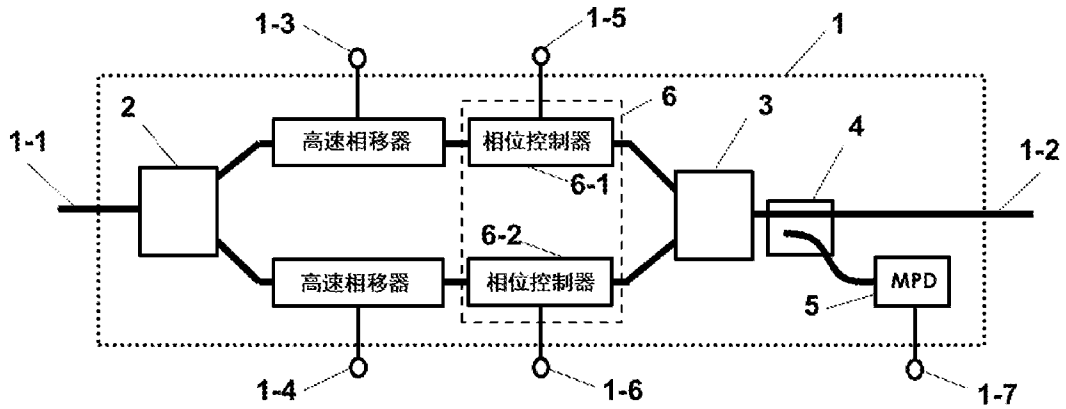
记录监测信号达到极小值并且相位发生跳变时候的电压值，并根据相位跳变的情况记录特征，相位由正到负的电压点记录为  $V_-$ ，相位由负到正的电压点记录为  $V_+$ ；

设定锁定的步进电压为  $\Delta u_2$ ，然后根据锁定电压的位置选择锁定策略。

11、如权利要求 10 所述的自动偏压控制方法，其特征在于，所述根据锁定电压的位置选择锁定策略，包括：

如果将电压锁定在  $V_-$  附近，则令  $V_{DC2}=V_-$ ，同时监测输出信号中 $|f_1-f_2|$ 或者是 $f_1+f_2$ 频率分量处的相位，如果相位为正，则  $V_{DC2}=V_{DC2}+\Delta u_2$ ，反之则  $V_{DC2}=V_{DC2}-\Delta u_2$ ；如果将电压锁定在  $V_+$  附近，则令  $V_{DC2}=V_+$ ，同时监测输出信号中 $|f_1-f_2|$ 或者是 $f_1+f_2$ 频率分量处的相位，如果相位为正，则  $V_{DC2}=V_{DC2}-\Delta u_2$ ，

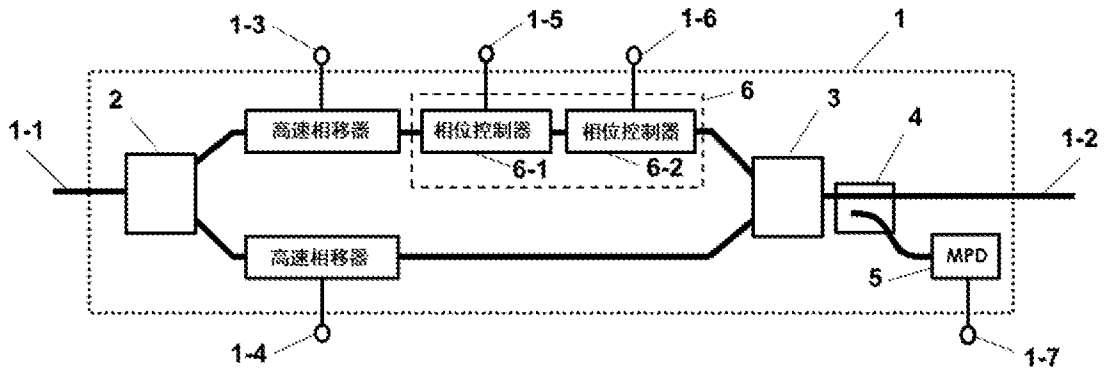
反之则  $V_{DC2}=V_{DC2}+\Delta u_2$ 。



高速相移器的相位同加载电压的关系:  $\varphi_{RF} = \frac{\pi V}{V_{\pi}}$

相位控制器的相位同加载电压的关系:  $\varphi_{phase} = \phi(V)$

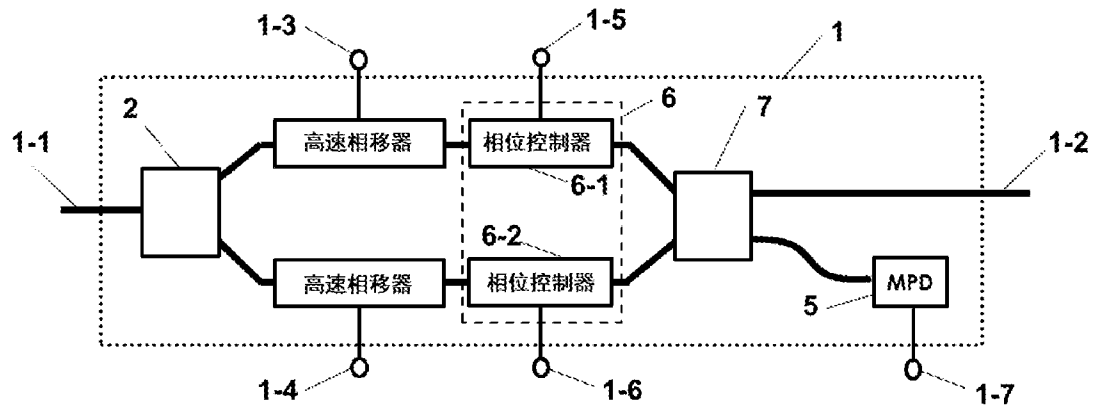
图 1



高速相移器的相位同加载电压的关系:  $\varphi_{RF} = \frac{\pi V}{V_{\pi}}$

相位控制器的相位同加载电压的关系:  $\varphi_{phase} = \phi(V)$

图 2



高速相移器的相位同加载电压的关系:  $\varphi_{RF} = \frac{\pi V}{V_{\pi}}$

相位控制器的相位同加载电压的关系:  $\varphi_{phase} = \phi(V)$

图 3

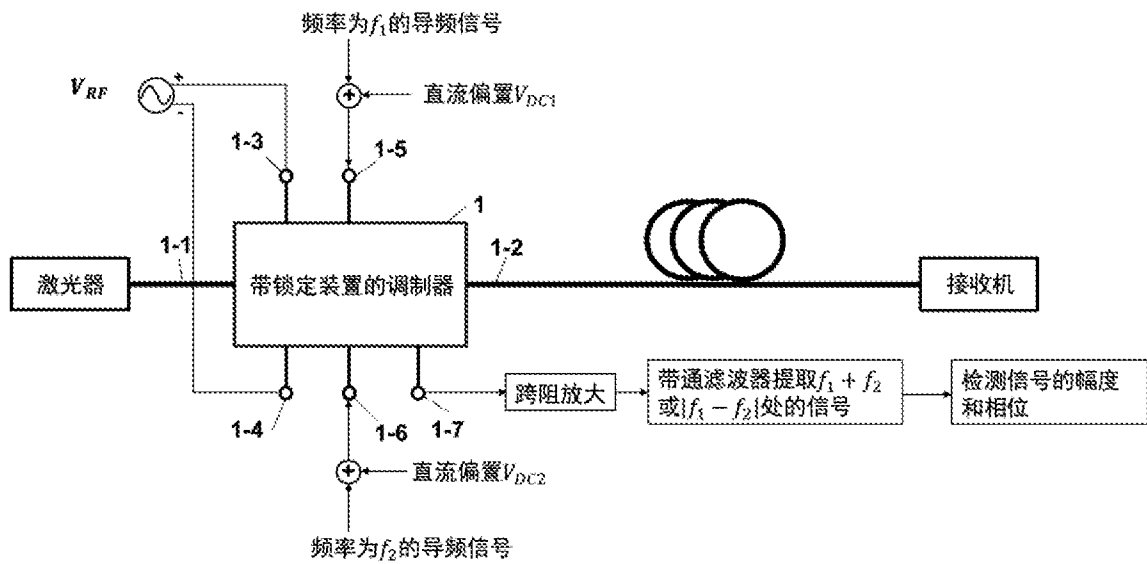


图 4

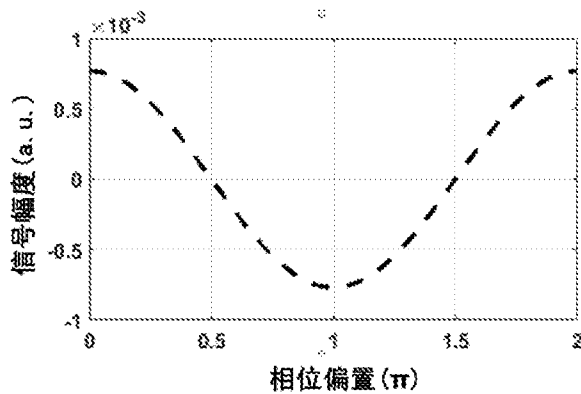


图 5(a)

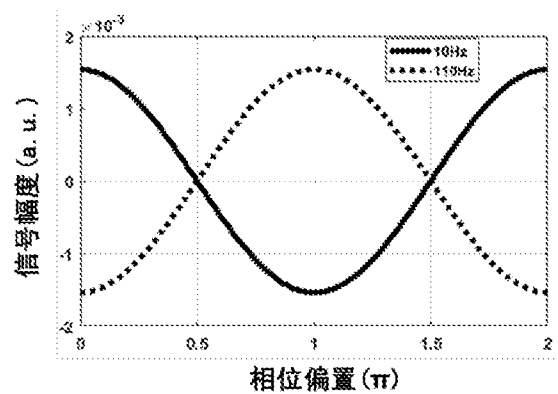


图 5(b)

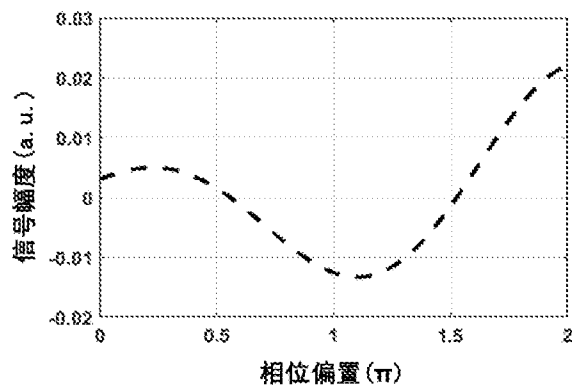


图 6(a)

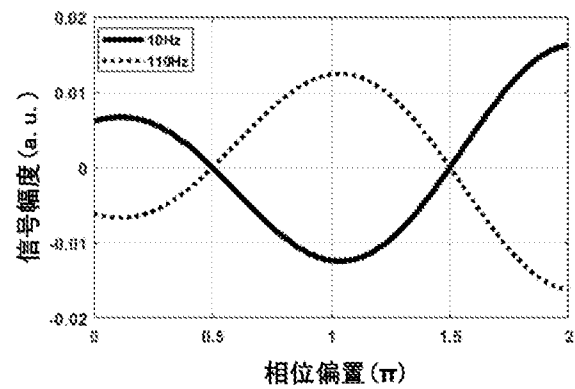


图 6(b)

在第一相位控制器（具体为第一相位控制器电压控制端口1-5）和第二相位控制器（具体为第二相位控制器电压控制端口1-6）上分别加载直流电压 $V_{DC1}$ 和 $V_{DC2}$ ，并且在第一相位控制器和第二相位控制器上分别加载频率为 $f_1$ 和 $f_2$ 的导频信号 $V_{dither1}$ 和 $V_{dither2}$

固定 $V_{DC1}$ ，以 $\Delta u_1$ 为电压步进，从小到大扫描 $V_{DC2}$ （这里只是举例，固定 $V_{DC2}$ 扫描 $V_{DC1}$ 亦可）保证该路的光学相位变化大于 $\pi$ ，同时记录监测探测器输出信号中 $|f_1 - f_2|$ 或者是 $f_1 + f_2$ 处的分量的幅度和相位。

记录监测信号达到极小值并且相位发生跳变时候的电压值，并根据相位跳变的情况记录特征，相位由正到负的电压点记录为 $V_-$ ，相位由负到正的电压点记录为 $V_+$ 。

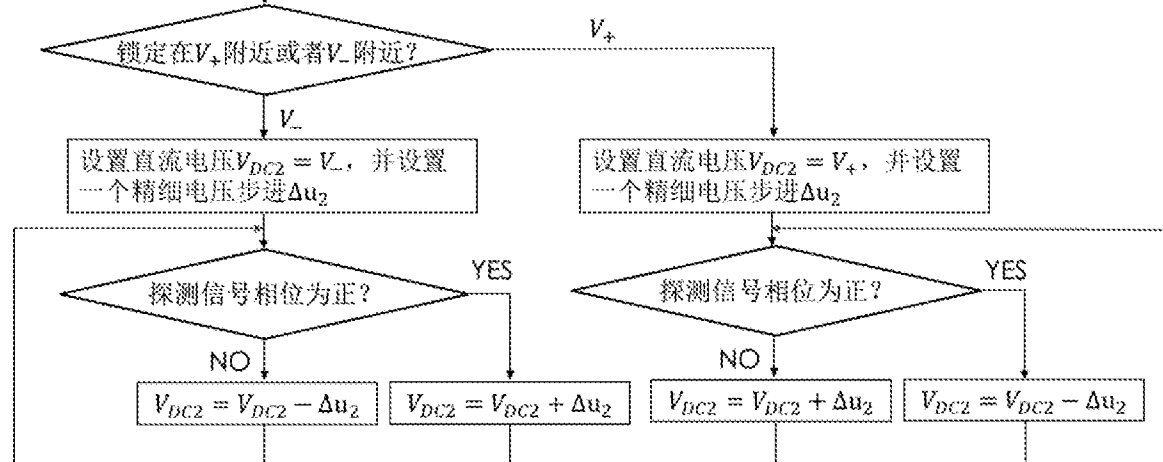


图 7

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/101052

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G02F 1/03(2006.01)i; G02F 1/01(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)

G02F1

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)

CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI: 马赫, 相位差, 静态, 相位, 控制, 偏压, 导频, 独立, 臂, 频率, 不同, mach-zehnder, machzehnder, MZ, phase, control, independent+, frequency, differ+

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                      | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 111929929 A (FIBERHOME TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD. et al.) 13 November 2020 (2020-11-13)<br>claims 1-11                 | 1-11                  |
| X         | JP 2008197639 A (FUJITSU LTD.) 28 August 2008 (2008-08-28)<br>description, paragraphs [0013]-[0073], and figures 1-15                   | 1-11                  |
| X         | US 2016065310 A1 (FUJITSU OPTICAL COMPONENTS LTD.) 03 March 2016 (2016-03-03)<br>description, paragraphs [0043]-[0082], and figures 4-8 | 1-11                  |
| A         | CN 111064523 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 24 April 2020 (2020-04-24)<br>entire document                       | 1-11                  |
| A         | JP 2014010188 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORPORATION) 20 January 2014 (2014-01-20)<br>entire document                              | 1-11                  |



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

29 July 2021

Date of mailing of the international search report

25 August 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**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2021/101052**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|------------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 111929929  | A  | 13 November 2020                     | None                    |            |    |                                      |
| JP                                        | 2008197639 | A  | 28 August 2008                       | JP                      | 4893637    | B2 | 07 March 2012                        |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 8582981    | B2 | 12 November 2013                     |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2008187324 | A1 | 07 August 2008                       |
| US                                        | 2016065310 | A1 | 03 March 2016                        | US                      | 9762331    | B2 | 12 September 2017                    |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2016050963 | A  | 11 April 2016                        |
| CN                                        | 111064523  | A  | 24 April 2020                        | None                    |            |    |                                      |
| JP                                        | 2014010188 | A  | 20 January 2014                      | JP                      | 5806173    | B2 | 10 November 2015                     |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/101052

| <b>A. 主题的分类</b><br>G02F 1/03 (2006.01) i; G02F 1/01 (2006.01) i<br><br>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>B. 检索领域</b><br>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)<br>G02F1<br><br>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献<br><br>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))<br>CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI: 马赫, 相位差, 静态, 相位, 控制, 偏压, 导频, 独立, 臂, 频率, 不同, mach-zehnder, machzehnder, MZ, phase, control, independent+, frequency, differ+                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     |                                  |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |
| <b>C. 相关文件</b> <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 111929929 A (烽火通信科技股份有限公司 等) 2020年 11月 13日 (2020 - 11 - 13)<br/>权利要求1-11</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 2008197639 A (FUJITSU LTD) 2008年 8月 28日 (2008 - 08 - 28)<br/>说明书第[0013]-[0073]段, 附图1-15</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2016065310 A1 (FUJITSU OPTICAL COMPONENTS LTD) 2016年 3月 3日 (2016 - 03 - 03)<br/>说明书第[0043]-[0082]段, 附图4-8</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111064523 A (北京邮电大学) 2020年 4月 24日 (2020 - 04 - 24)<br/>全文</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2014010188 A (NIPPON TELEGRAPH &amp; TELEPHONE) 2014年 1月 20日 (2014 - 01 - 20)<br/>全文</td> <td>1-11</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 111929929 A (烽火通信科技股份有限公司 等) 2020年 11月 13日 (2020 - 11 - 13)<br>权利要求1-11 | 1-11 | X | JP 2008197639 A (FUJITSU LTD) 2008年 8月 28日 (2008 - 08 - 28)<br>说明书第[0013]-[0073]段, 附图1-15 | 1-11 | X | US 2016065310 A1 (FUJITSU OPTICAL COMPONENTS LTD) 2016年 3月 3日 (2016 - 03 - 03)<br>说明书第[0043]-[0082]段, 附图4-8 | 1-11 | A | CN 111064523 A (北京邮电大学) 2020年 4月 24日 (2020 - 04 - 24)<br>全文 | 1-11 | A | JP 2014010188 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 2014年 1月 20日 (2014 - 01 - 20)<br>全文 | 1-11 |
| 类 型*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                                                                                                                   | 相关的权利要求                          |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |
| PX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | CN 111929929 A (烽火通信科技股份有限公司 等) 2020年 11月 13日 (2020 - 11 - 13)<br>权利要求1-11                                                                                                          | 1-11                             |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | JP 2008197639 A (FUJITSU LTD) 2008年 8月 28日 (2008 - 08 - 28)<br>说明书第[0013]-[0073]段, 附图1-15                                                                                           | 1-11                             |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | US 2016065310 A1 (FUJITSU OPTICAL COMPONENTS LTD) 2016年 3月 3日 (2016 - 03 - 03)<br>说明书第[0043]-[0082]段, 附图4-8                                                                         | 1-11                             |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CN 111064523 A (北京邮电大学) 2020年 4月 24日 (2020 - 04 - 24)<br>全文                                                                                                                         | 1-11                             |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | JP 2014010188 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 2014年 1月 20日 (2014 - 01 - 20)<br>全文                                                                                                  | 1-11                             |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |
| <input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                     |                                  |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |
| <table border="0"> <tr> <td>           * 引用文件的具体类型:<br/>           “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br/>           “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br/>           “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)<br/>           “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br/>           “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<br/>           “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<br/>           “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<br/>           “&amp;” 同族专利的文件         </td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                     |                                  | * 引用文件的具体类型:<br>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>“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)<br>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同族专利的文件 |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |
| * 引用文件的具体类型:<br>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>“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)<br>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 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                       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |
| 2021年 7月 29日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                     | 2021年 8月 25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)<br>中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088<br>传真号 (86-10)62019451                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                     | 沈婷婷<br><br>电话号码 (86-512)88997293 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                                            |      |   |                                                                                           |      |   |                                                                                                             |      |   |                                                             |      |   |                                                                                    |      |

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/101052

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利             | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------------------|----------------|
| CN          | 111929929  | A  | 2020年 11月 13日  | 无                |                |
| JP          | 2008197639 | A  | 2008年 8月 28日   | JP 4893637 B2    | 2012年 3月 7日    |
|             |            |    |                | US 8582981 B2    | 2013年 11月 12日  |
|             |            |    |                | US 2008187324 A1 | 2008年 8月 7日    |
| US          | 2016065310 | A1 | 2016年 3月 3日    | US 9762331 B2    | 2017年 9月 12日   |
|             |            |    |                | JP 2016050963 A  | 2016年 4月 11日   |
| CN          | 111064523  | A  | 2020年 4月 24日   | 无                |                |
| JP          | 2014010188 | A  | 2014年 1月 20日   | JP 5806173 B2    | 2015年 11月 10日  |