



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104683035 B

(45)授权公告日 2017.08.04

(21)申请号 201510062358.1

(22)申请日 2015.02.05

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104683035 A

(43)申请公布日 2015.06.03

(73)专利权人 北京大学
地址 100871 北京市海淀区颐和园路5号北京大学

(72)发明人 朱晓琪 陈章渊 朱立新 陈菲雅
徐永驰

(74)专利代理机构 北京君尚知识产权代理事务所(普通合伙) 11200
代理人 司立彬

(51)Int.Cl.
H04B 10/54(2013.01)

(56)对比文件

- CN 103095378 A, 2013.05.08,
- CN 102324892 A, 2012.01.18,
- CN 102983911 A, 2013.03.20,
- CN 101516143 A, 2009.08.26,
- CN 103457668 A, 2013.12.18,
- CN 1835422 A, 2006.09.20,
- CN 1835424 A, 2006.09.20,

审查员 龙祁峰

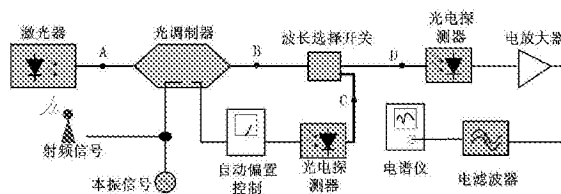
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种用于高频窄带信号的光下变频方法及系统

(57)摘要

本发明涉及一种用于高频窄带信号的光下变频方法及系统,属于光通信领域。本发明包括一光调制器,其信号输入端与一激光光源输出端连接、信号输出端与一波长选择开关的输入端连接,所述波长选择开关的载波输出端经一第一光电检测器与一自动偏置控制器输入端连接、信号输出端经一第二光电检测器与一滤波器连接,所述光调制器的射频输入端与一合波器输出端连接、偏置控制端与所述自动偏置控制器输出端连接,所述合波器的一输入端与一射频信号输出端连接、另一输入端与一本振信号输出端连接;其中,射频信号的带宽同时小于射频信号的频率、本振信号的频率。本发明具有成本低、变频效率高、易于控制等优点。



1. 一种用于高频窄带信号的光下变频方法,其步骤为:

1) 将射频信号和本振信号合波后输入光调制器,对载波信号进行调制;

2) 通过一波长选择开关对调制后的信号进行滤波,将载波输出到一第一光电检测器检波后,经一自动偏置控制器输入到所述光调制器的偏置控制端,从而将所述光调制器偏置控制在载波抑制点;将其余光信号经一第二光电检测器检波后输入到滤波器进行滤波,得到下变频信号;

其中,射频信号带宽同时小于射频信号频率和本振信号频率。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤2)中,所述波长选择开关包括一环形器和一光栅,其中所述环形器的第一端口端与所述光调制器的信号输出端连接,所述环形器的第二端口与所述光栅连接、第三端口与所述第一光电检测器连接;所述光栅的另一端与所述第二光电检测器连接;所述第一端口、第二端口、第三端口为按所述环形器的信号传输方向顺序排列的三个端口;所述光栅的反射波长为所述载波的波长。

3. 如权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述第二光电检测器经一放大器与所述滤波器连接。

4. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述光栅为光纤光栅,所述环形器为三端口光纤环形器;所述滤波器为电滤波器;所述光调制器为马赫-曾德尔强度调制器。

5. 一种用于高频窄带信号的光下变频系统,其特征在于,包括一光调制器,其信号输入端与一激光光源输出端连接、信号输出端与一波长选择开关的输入端连接,所述波长选择开关的载波输出端经一第一光电检测器与一自动偏置控制器输入端连接、信号输出端经一第二光电检测器与一滤波器连接,所述光调制器的射频输入端与一合波器输出端连接、偏置控制端与所述自动偏置控制器输出端连接,所述合波器的一输入端与一射频信号输出端连接、另一输入端与一本振信号输出端连接;其中,射频信号的带宽同时小于射频信号的频率、本振信号的频率;调制器偏置控制在载波抑制点。

6. 如权利要求5所述的系统,其特征在于,所述波长选择开关包括一环形器和一光栅,其中所述环形器的第一端口端与所述光调制器的信号输出端连接,所述环形器的第二端口与所述光栅连接、第三端口与所述第一光电检测器连接;所述光栅的另一端与所述第二光电检测器连接;所述第一端口、第二端口、第三端口为按所述环形器的信号传输方向顺序排列的三个端口;所述光栅的反射波长为所述激光光源的波长。

7. 如权利要求6所述的系统,其特征在于,所述光栅为光纤光栅,所述环形器为三端口光纤环形器。

8. 如权利要求5或6所述的系统,其特征在于,所述第二光电检测器经一放大器与所述滤波器连接。

9. 如权利要求5或6所述的系统,其特征在于,所述合波器为电合波器,所述滤波器为电滤波器;所述光调制器为马赫-曾德尔强度调制器。

一种用于高频窄带信号的光下变频方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种适用于高频窄带信号的光下变频方法及系统。通过一个马赫-曾德尔调制器将本振信号和射频信号调制在光上,再通过光电检测实现下变频,属于微波光子学领域。

背景技术

[0002] 微波光子学主要研究微波信号与光信号之间的相互作用,与传统的微波系统相比具有体积小、重量轻、成本低、不受电磁干扰、非线性性能好、应用带宽大等优点,在宽带无线通信、雷达系统、电子对抗等领域有深入应用。光下变频技术是宽带大动态范围微波光子系统中的关键技术之一。传统方案包括级联两个调制器,或者并联两个调制器,或者使用四波混频的方案。

[0003] 以下是一些已有的光下变频技术:

[0004] [1] 方案1,如图1是浙江大学申请的公开专利,公开号为CN 1835422A。该方案分别在两个级联的马赫-曾德尔强度调制器上调制本振和射频信号,实现下变频。

[0005] [2] 方案2,如图2是北京邮电大学申请的公开专利,公开号为CN 102324892 A。该方案利用一个双平行强度调制器,在两路光波导上分别加入射频和本振信号,然后合为一路,用光电探测器检测下变频信号。

[0006] [3] 方案3,如图3是浙江大学申请的公开专利,公开号为CN 1835424A。是一种基于布里渊散射的微波光子混频方法。

[0007] 现有传统的下变频方案一般需要级联或者并联两个马赫-曾德尔强度调制器,使得方案的成本较高。

发明内容

[0008] 本方案适用于Q波段以上高频窄带信号的下变频。本方案只用了一个马赫-曾德尔强度调制器,降低了下变频系统的成本。本方案适用于射频信号带宽同时小于射频信号频率和本振信号频率的情况,否则会带来下变频信号性能的严重恶化。

[0009] 本发明的技术方案为:

[0010] 一种用于高频窄带信号的光下变频方法,其步骤为:

[0011] 1) 将射频信号和本振信号合波后输入光调制器,对载波信号进行调制;

[0012] 2) 将调制后的信号进行滤波,将载波输出到一第一光电检测器检波后,经一自动偏置控

[0013] 制器输入到所述光调制器的偏置控制端,从而将所述光调制器偏置控制在载波抑制点;

[0014] 将其余光信号经一第二光电检测器检波后输入到滤波器进行滤波,得到下变频信号;

[0015] 其中,射频信号带宽同时小于射频信号频率和本振信号频率。

[0016] 进一步的,所述步骤2)中,通过一波长选择开关对调制后的信号进行滤波,所述波长选择开关包括一环形器和一光栅,其中所述环形器的第一端口端与所述光调制器的信号输出端连接,所述环形器的第二端口与所述光栅连接、第三端口与所述第一光电探测器连接;所述光栅的另一端与所述第二光电探测器连接;所述第一端口、第二端口、第三端口为按所述环形器的信号传输方向顺序排列的三个端口;所述光栅的反射波长为所述激光光源的波长。

[0017] 进一步的,所述第二光电探测器经一放大器与所述滤波器连接。

[0018] 进一步的,所述光栅为光纤光栅,所述环形器为三端口光纤环形器;所述滤波器为电滤波器;所述光调制器为马赫-曾德尔强度调制器。

[0019] 一种用于高频窄带信号的光下变频系统,其特征在于,包括一光调制器,其信号输入端与一激光光源输出端连接、信号输出端与一波长选择开关的输入端连接,所述波长选择开关的载波输出端经一第一光电探测器与一自动偏置控制器输入端连接、信号输出端经一第二光电探测器与一滤波器连接,所述光调制器的射频输入端与一合波器输出端连接、偏置控制端与所述自动偏置控制器输出端连接,所述合波器的一输入端与一射频信号输出端连接、另一输入端与一本振信号输出端连接;其中,射频信号的带宽同时小于射频信号的频率、本振信号的频率。

[0020] 进一步的,所述波长选择开关包括一环形器和一光栅,其中所述环形器的第一端口端与所述光调制器的信号输出端连接,所述环形器的第二端口与所述光栅连接、第三端口与所述第一光电探测器连接;所述光栅的另一端与所述第二光电探测器连接;所述第一端口、第二端口、第三端口为按所述环形器的信号传输方向顺序排列的三个端口;所述光栅的反射波长为所述激光光源的波长。

[0021] 进一步的,所述光栅为光纤光栅,所述环形器为三端口光纤环形器。

[0022] 进一步的,所述第二光电探测器经一放大器与所述滤波器连接。

[0023] 进一步的,所述合波器为电合波器,所述滤波器为电滤波器;所述光调制器为马赫-曾德尔强度调制器。

[0024] 与现有技术相比,本发明的积极效果:

[0025] 1、只用了一个马赫-曾德尔强度调制器,节约了系统的成本。

[0026] 2、只用了一个马赫-曾德尔强度调制器,在不外加放大器的情况下,比调制器串联的下变频方案有更高的变频效率。

[0027] 3、系统结构简单,调制器的偏置控制方法简单可行。

附图说明

[0028] 图1为方案1的结构图;

[0029] 图2为方案2的结构图;

[0030] 图3为方案3的结构图;

[0031] 图4为本发明方案原理图;

[0032] 图5为本发明方案各节点光谱示意图;

[0033] (a) A点光谱示意图, (b) 为B点光谱示意图,

[0034] (c) 为C点光谱示意图, (d) 为D点光谱示意图。

[0035] 图6为下变频实验结果图

[0036] (a) 射频信号, (b) 下变频信号。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图对本发明的方案进行进一步详细描述。

[0038] 本发明的方案原理如图4所示。电合波器的一输入端接射频RF信号, 另一输入端接本振信号, 合波器的输出端接马赫曾德尔调制器的射频输入端; 射频RF信号和本振信号经过电合波器一起调制光信号。调制器偏置控制在载波抑制点。经过调制的光信号进入光环形器和光纤光栅(二者结合作为波长选择开关), 其中光纤光栅的反射波长为激光器的光载波波长, 从而光载波被反射回来进入光电探测器PD后反馈控制调制器的偏置, 其余光信号经过PD检波, 滤波后得到下变频信号。

[0039] 图4中各点的光谱示意图如图5所示。激光器输出单波长激光, 如图5(a)所示。调制器工作在载波抑制点时, 在光谱中调制出2组上下边带, 相对载波分别偏移本振和射频信号的频率, 如图5(b)所示。残余载波被环形器和光纤光栅组成的滤波器反射到节点C后的第一PD上, 如图5(c)所示, 根据残留载波的大小可以反馈控制调制器工作在载波抑制点附近。最后经过光纤光栅的光(如图5(d)所示)被节点D后的第二PD平方律检波转化为电信号。该电信号经过电滤波器选频得到需要的下变频信号。

[0040] 由于调制器偏置在载波抑制点, 本振信号的频率为 ω_{LO} , 射频信号的频率为 ω_{RF} , 则调制器的输出可以表示为式(1)。其中 E_{out} (E_{in}) 是调制器的输出(输入)光的电场形式, A_{LO} , A_{RF} 分别是本振信号和射频信号的振幅, V_{π} 是调制器的半波电压。

$$[0041] \quad E_{out} = E_{in} * \sin\left(\frac{\pi}{2V_{\pi}}(A_{LO} \sin(\omega_{LO}t) + A_{RF} \sin(\omega_{RF}t))\right) \text{ 式(1)}$$

[0042] 经过FBG的滤波后, 经过光电探测器转换后的电信号被滤波后得到的下变频信号S可以表示为式(2)。其中 $J_n(a)$ 是以a为参数的n阶贝塞尔函数, R是光电探测器的响应度, α 是光链路的插入损耗, P_{IN} 是输入调制器的光功率, 即A处输入的光功率。

$$[0043] \quad P_{IF} = 4P_{IN} R \alpha J_1\left(\frac{\pi A_{LO}}{V_{\pi}}\right) J_1\left(\frac{\pi A_{RF}}{V_{\pi}}\right) \cos(\omega_{RF}t - \omega_{LO}t) \text{ 式(2)}$$

[0044] 实验结果:

[0045] 输入信号为44GHz, 功率为-50dBm, 信噪比为29.14dB的射频信号, 将其调制到波长为1550nm的激光上, 经过我们所提出的下变频系统后, 得到频率为4GHz, 功率为-50dBm, 信噪比为23dB的下变频信号, 如图6所示。

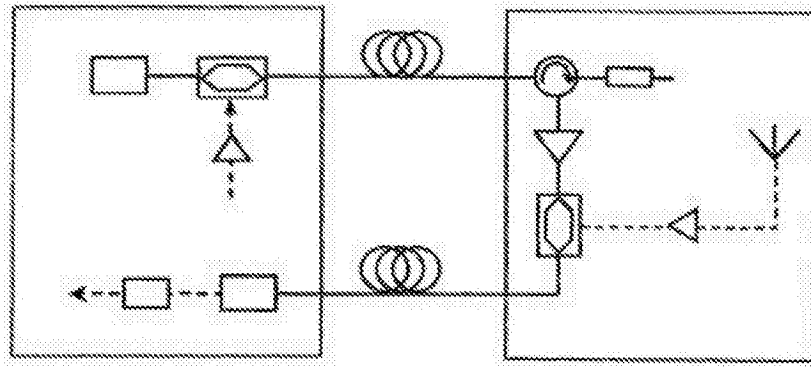


图1

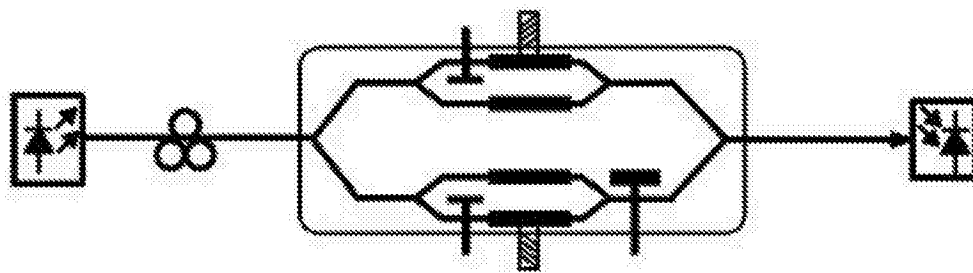


图2

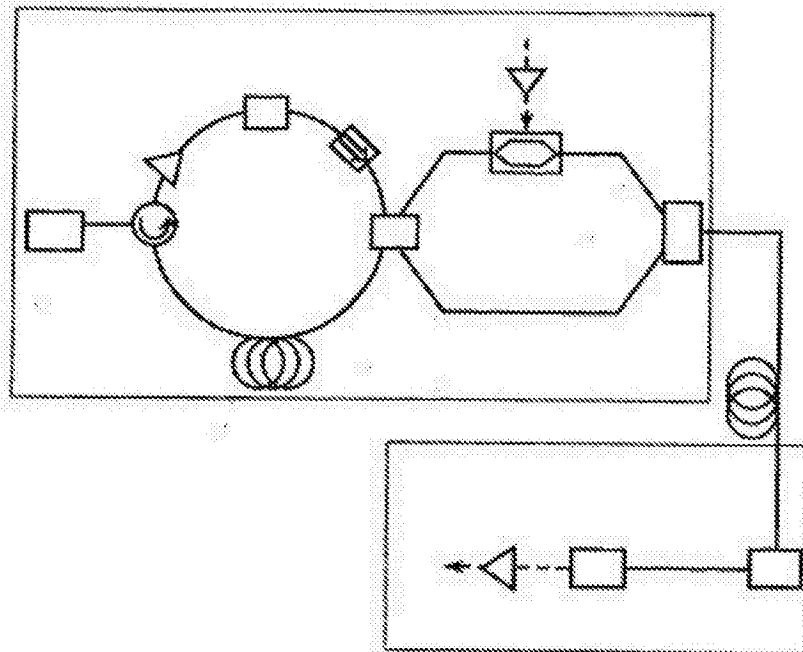


图3

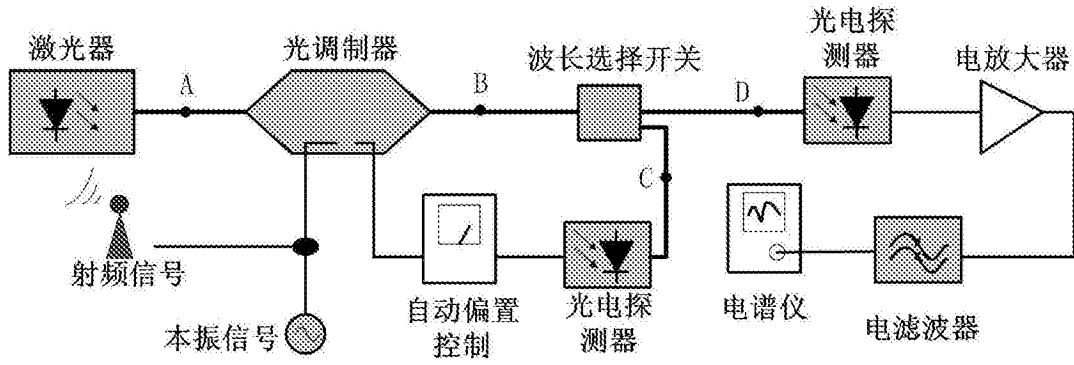


图4

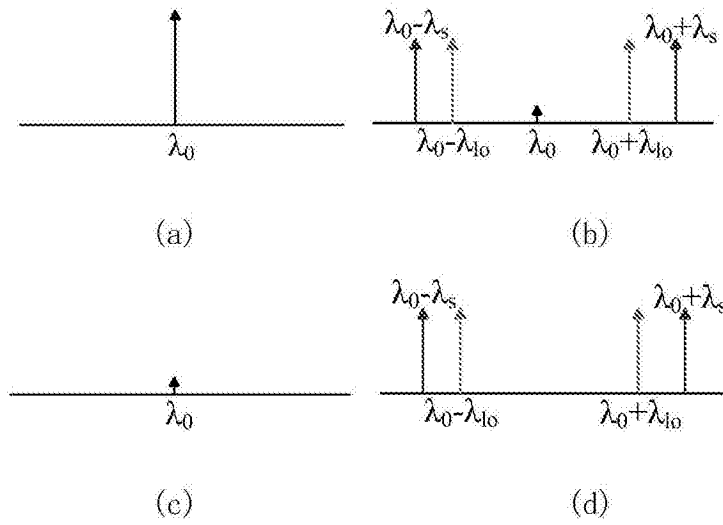


图5

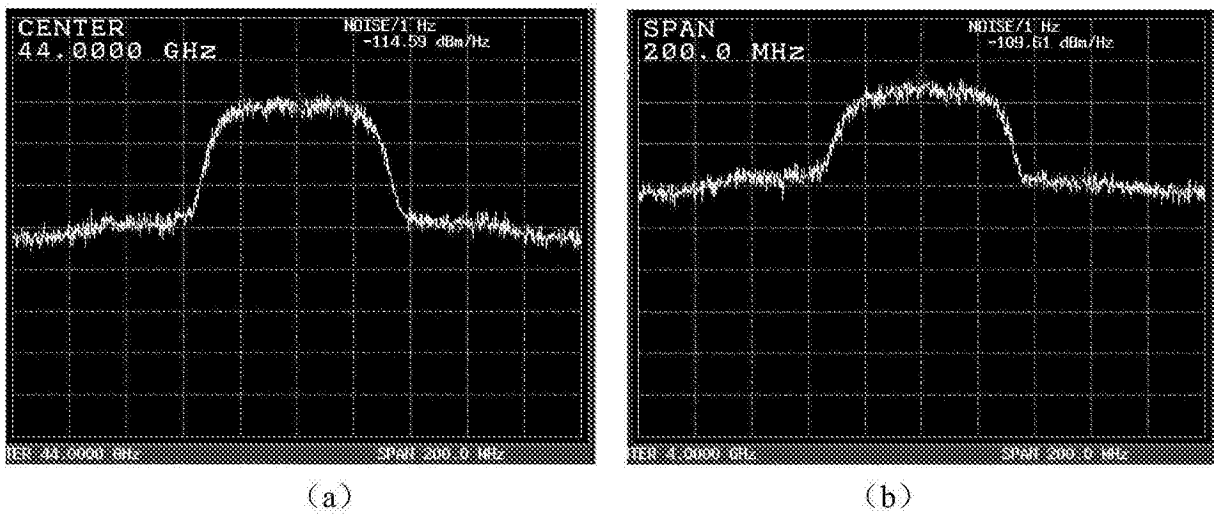


图6