



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109193318 B

(45)授权公告日 2020.04.21

(21)申请号 201811343880.7

H01S 3/098(2006.01)

(22)申请日 2018.11.12

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109193318 A

- CN 106526899 A, 2017.03.22, 全文.
- CN 103166706 A, 2013.06.19, 全文.
- CN 102571144 A, 2012.07.11, 全文.
- CN 105928634 A, 2016.09.07, 全文.
- CN 102163795 A, 2011.08.24, 全文.
- US 6850712 B1, 2005.02.01, 全文.

(43)申请公布日 2019.01.11

(73)专利权人 中国科学院半导体研究所  
地址 100083 北京市海淀区清华东路甲35号

审查员 肖霞

(72)发明人 李明 刘大鹏 林志星 祝宁华

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 张宇园

(51) Int. Cl.

H01S 3/00(2006.01)

H01S 3/10(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

基于锁模激光器的上下变频系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于锁模激光器的上下变频系统,包括:锁模激光器输出激光,送入光滤波器进行滤波后输出滤波激光,该滤波激光进入色散补偿光纤得到光信号,再进入光耦合器进行分束,该信号被分为两路:一路进入双驱动双偏振马赫增德尔调制器实现输入频率的载波抑制单边带调制然后输出;另一路进入可调光延迟线通过调节该路的延时控制两路拍频间隔实现频率变化然后输出;两路信号输出后输入光耦合器实现合束,最后进入光电探测器实现上下两路信号的拍频,得到新的频率。本发明基于锁模激光器的上下变频系统,上下变频范围大,基本由光电探测器的带宽决定,可达60GHz或更高;可以实现上下变频,变频的范围准连续可调,得到信号稳定且质量高。



1. 一种基于锁模激光器的上下变频系统,其特征在于,包括:

锁模激光器输出激光,送入光滤波器进行滤波后输出滤波激光,所述滤波激光进入色散补偿光纤得到光信号,再进入光耦合器进行分束,所述信号被分为两路:

一路进入双驱动双偏振马赫增德尔调制器实现输入频率的载波抑制单边带调制然后输出;

另一路进入可调光延迟线通过调节该路的延时控制两路拍频间隔实现频率变化然后输出;

所述两路信号输出后输入光耦合器实现合束,最后进入光电探测器实现上下两路信号的拍频,得到新的频率。

2. 根据权利要求1所述的基于锁模激光器的上下变频系统,其特征在于,所述锁模激光器为被动锁模激光器或主动锁模激光器或具有产生微环光学频率梳的功能的器件。

3. 根据权利要求1所述的基于锁模激光器的上下变频系统,其特征在于,所述锁模激光器模式之间相位锁定,具有10nm以上的光谱范围,重复频率为Hz量级到百GHz量级。

4. 根据权利要求1所述的基于锁模激光器的上下变频系统,其特征在于,所述光滤波器为基于光纤法布里珀罗谐振腔的可调光滤波器。

5. 根据权利要求1所述的基于锁模激光器的上下变频系统,其特征在于,所述色散补偿光纤具有和锁模激光器重复频率相匹配的长度和负色散系数。

6. 根据权利要求1所述的基于锁模激光器的上下变频系统,其特征在于,所述的光耦合器具有分光作用,实现系统中光的分束和合束。

7. 根据权利要求1所述的基于锁模激光器的上下变频系统,其特征在于,所述双驱动双偏振马赫增德尔调制器是基于铌酸锂材料的调制器或替换为光信号发射机。

8. 根据权利要求1所述的基于锁模激光器的上下变频系统,其特征在于,所述可调光延迟线是基于空间光传输的光延迟线,实现百皮秒量级的延时。

9. 根据权利要求1所述的基于锁模激光器的上下变频系统,其特征在于,所述光电探测器是锗硅或磷化铟材料制作的光电探测器。

## 基于锁模激光器的上下变频系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微波光子学技术领域,尤其涉及一种基于锁模激光器的上下变频系统。

### 背景技术

[0002] 微波的变频技术十分重要,但传统方法得到高频率的微波信号需要多次变频,系统复杂且成本高昂。而微波光子变频技术被广泛地应用在军用设施和民用设施等多个场景,如雷达系统、卫星通信系统、电子对抗系统、光通信系统当中,意义重大。微波光子变频技术具有抗电磁干扰、可调谐、大带宽等优势,所以产生了许多基于微波光子技术的变频方案。

[0003] 目前基于微波光子技术的变频方案主要有,基于直调激光器和马赫增德尔干涉结构的频率到强度调制的转换,这种方案结构简单但变频范围较窄,仅10GHz左右;基于单个或多个级联强度调制器实现变频,这种方案受到调制器传输曲线的影响容易产生其它频率的杂波;基于光电探测器的非线性效应来实现变频,这种方案多用于上变频系统当中。

[0004] 综上,相对于传统的微波变频技术,基于微波光子系统的变频技术具有明显的优势。然而目前主流的微波光子变频系统存在着变频范围较窄、信号纯度较低、应用场景局限等不足。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的上述不足,本发明的主要目的在于提供一种基于锁模激光器的上下变频系统,以期至少部分地解决上述技术问题中的至少之一。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的技术方案如下:

[0007] 本发明提供了一种基于锁模激光器的上下变频系统,包括:

[0008] 锁模激光器输出激光,送入光滤波器进行滤波后输出滤波激光,该滤波激光进入色散补偿光纤得到光信号,再进入光耦合器进行分束,该信号被分为两路:

[0009] 一路进入双驱动双偏振马赫增德尔调制器实现输入频率的载波抑制单边带调制然后输出;

[0010] 另一路进入可调光延迟线通过调节该路的延时控制两路拍频间隔实现频率变化然后输出;

[0011] 两路信号输出后输入光耦合器实现合束,最后进入光电探测器实现上下两路信号的拍频,得到新的频率。

[0012] 进一步的,锁模激光器为被动锁模激光器或主动锁模激光器或具有产生微环光学频率梳的功能的器件。

[0013] 进一步的,锁模激光器模式之间相位锁定,具有10nm以上的光谱范围,重复频率为Hz量级到百GHz量级。

[0014] 进一步的,光滤波器为基于光纤法布里珀罗谐振腔的可调光滤波器。

[0015] 进一步的,色散补偿光纤具有和锁模激光器重复频率相匹配的长度和负色散系数。

[0016] 进一步的,光耦合器具有分光作用,实现系统中光的分束和合束。

[0017] 进一步的,双驱动双偏振马赫增德尔调制器是基于铌酸锂材料的调制器或替换为光信号发射机。

[0018] 进一步的,可调光延迟线是基于空间光传输的光延迟线,实现百皮秒量级的延时。

[0019] 进一步的,光电探测器是锗硅或磷化铟材料制作的光电探测器。

[0020] 进一步的,本发明提供的上下变频系统为以上描述中任一器件或结构构成,或基于以上描述中任一器件或结构但具有与之不同的数量、形状、尺寸或配置构成。

[0021] 基于上述技术方案可知,本发明提供的基于锁模激光器的上下变频系统具有如下有益结果:

[0022] (1) 基于锁模激光器的上下变频系统,上下变频范围大,基本由光电探测器的带宽决定,可达60GHz或更高;

[0023] (2) 基于锁模激光器的上下变频系统,可以实现上下变频,变频的范围准连续可调,得到信号稳定且质量高。

## 附图说明

[0024] 图1是本发明一实施例的基于锁模激光器的上下变频系统的结构示意图;

[0025] 图2是本发明一实施例的基于锁模激光器的上下变频系统的实现原理图;

[0026] 图3是本发明一实施例的基于锁模激光器的上下变频系统的变频结果图。

[0027] 图中:

[0028] 锁模激光器1 光滤波器2 色散补偿光纤3

[0029] 光耦合器4 双驱动双偏振马赫增德尔调制器5

[0030] 可调光延迟线6 光耦合器7 光电探测器8

## 具体实施方式

[0031] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明作进一步的详细说明。

[0032] 本发明基于微波光子技术,提供一实施例详细介绍本发明基于锁模激光器(MLL)的上下变频系统的工作原理,本实施例中,请参照图1及图2,通过光滤波器滤得一定宽度MLL的光谱并经过色散补偿光纤拉伸光谱,得到准连续的频时对应关系,之后分成两路,一路用DDP-MZM进行载波抑制单边带调制(CS-SSB)加载待变频的频率,另一路可调光延迟线进行延时,利用同一时刻的频率才可拍频,使用可调光延迟线调节延时改变频率间隔,最后两路光进入光电探测器拍频,从而实现了上下变频,变频结果请参照图3。

[0033] 本发明另一示例性实施例,如图1所示,介绍了基于锁模激光器的上下变频系统的器件结构,包括:

[0034] 锁模激光器1输出激光,送入光滤波器2进行滤波后输出滤波激光,该滤波激光进入色散补偿光纤3得到光信号,再进入光耦合器4进行分束,该信号被分为两路:

[0035] 一路进入双驱动双偏振马赫增德尔调制器5实现输入频率的载波抑制单边带调制

然后输出；

[0036] 另一路进入可调光延迟线6通过调节该路的延时控制两路拍频间隔实现频率变化然后输出；

[0037] 两路信号输出后输入光耦合器7实现合束，最后进入光电探测器8实现上下两路信号的拍频，得到新的频率。

[0038] 以下对各组成部件的结构作详细说明：

[0039] 一些实施例中，锁模激光器为被动锁模激光器或主动锁模激光器或具有产生微环光学频率梳的功能的器件。

[0040] 一些实施例中，锁模激光器模式之间相位锁定，具有10nm以上的光谱范围，重复频率为Hz量级到百GHz量级。

[0041] 本实施例中，锁模激光器1例如可以是基于光纤的主动锁模激光器或者被动锁模激光器，具有相位锁定、范围宽的光谱和一定的重复频率间隔，其重复频率由锁模激光器的种类和具体结构决定，可以从Hz量级到几百GHz量级，因其具体结构为本领域技术人员所熟知，故在此不作赘述。

[0042] 一些实施例中，光滤波器为基于光纤法布里珀罗谐振腔的可调光滤波器。

[0043] 本实施例中，光滤波器2，具有滤出一定宽度光谱范围的作用，例如可以是基于光纤法布里珀罗谐振腔的可调光滤波器，具有高精度度，带宽可调，因其具体结构为本领域技术人员所熟知，故在此不作赘述。

[0044] 一些实施例中，色散补偿光纤具有和锁模激光器重复频率相匹配的长度和负色散系数。

[0045] 本实施例中，色散补偿光纤3，在系统工作波段具有大的负色散系数，根据锁模激光器的重复频率决定，例如可以是基于采用高相对折射率差和采用多包层结构，以便增加光纤中基模的负波导色散，因具体结构为本领域技术人员所熟知，故在此不作赘述。

[0046] 一些实施例中，光耦合器具有分光作用，实现系统中光的分束和合束。

[0047] 本实施例中，光耦合器4和7，光耦合器对光学环路部分中的光进行分束和合束的作用，实现系统中两光路在时间上的对准，例如可以是基于倏逝波耦合的定向耦合器或基于多模干涉效应的多模干涉耦合器等具有分光作用的耦合器，具有严格的分光比，满足等功率分光比，因其具体结构为本领域技术人员所熟知，故在此不作赘述。

[0048] 一些实施例中，双驱动双偏振马赫增德尔调制器是基于铌酸锂材料的调制器或替换为光信号发射机。

[0049] 本实施例中，双驱动双偏振马赫增德尔调制器5，工作带宽满足输入频率且能够实现载波抑制单边带调制，例如可以是基于铌酸锂材料的调制器，该种调制器具有偏振态的复用，且每个调制器的臂上均可以加载驱动信号，实现载波抑制单边带调制的功能，因其具体结构为本领域技术人员所熟知，故在此不作赘述。

[0050] 一些实施例中，可调光延迟线是基于空间光传输的光延迟线，实现百皮秒量级的延时。

[0051] 本实施例中，可调光延迟线6，通过调节一路的延时来控制两路拍频间隔，实现频率的变化，例如可以是基于空间光传输的光延迟线，通过空间距离的调整来改变光传播的光程，从而实现可调的光延时的功能，其调节精度高，延时范围大，延时一般可以达到几百

皮秒量级,因具体结构为本领域技术人员所熟知,故在此不作赘述。

[0052] 一些实施例中,光电探测器是锗硅或磷化铟材料制作的光电探测器。

[0053] 本实施例中,光电探测器8,实现上下两路信号的拍频,得到新的频率,例如可以是锗硅、磷化铟等材料制作的大带宽、高响应度的光电探测器,基本决定了本系统上变频的最大频率范围,因具体结构为本领域技术人员所熟知,故在此不作赘述。

[0054] 一些实施例中,本发明提供的上下变频系统为以上描述中任一器件或结构构成,或基于以上描述中任一器件或结构但具有与之不同的数量、形状、尺寸或配置构成。

[0055] 至此,已对本实施例基于锁模激光器的上下变频系统说明完毕。此外,上述对各元件和方法的定义并不仅限于实施方式中提到的各种具体结构、形状或方式,本领域的普通技术人员可对其结构进行简单地熟知地替换,如:系统中的锁模激光器可以替换成其它具有产生光学频率梳的功能的器件,如微环光学频率梳等;系统中的光滤波器可以采用不同的带宽,只需要和后面器件参数匹配即可;系统中的双驱动双偏振马赫增德尔调制器可以更换成如光信号发射机等模块,只需实现载波抑制单边带调制即可。并且,所附的附图是简化过且作为例示用。附图中所示的器件数量、形状及尺寸可依据实际情况而进行修改,且器件的配置可能更为复杂。

[0056] 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。

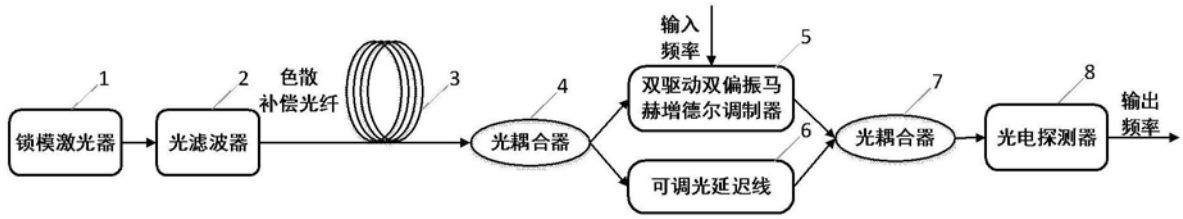


图1

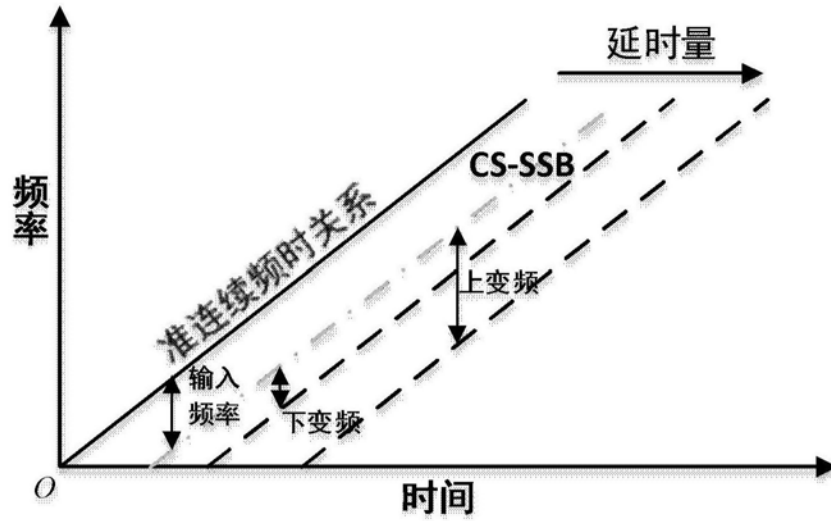


图2

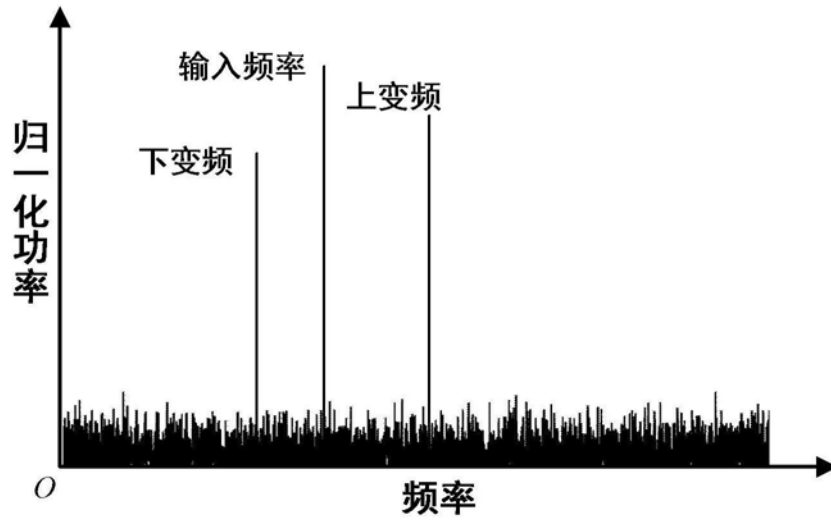


图3