



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112039597 B

(45) 授权公告日 2021.05.28

(21) 申请号 202010838087.5

CN 109474340 A, 2019.03.15

(22) 申请日 2020.08.19

CN 109756274 A, 2019.05.14

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 108768528 A, 2018.11.06

申请公布号 CN 112039597 A

CN 111416662 A, 2020.07.14

(43) 申请公布日 2020.12.04

CN 111064522 A, 2020.04.24

(73) 专利权人 西安电子科技大学

CN 110571627 A, 2019.12.13

地址 710000 陕西省西安市雁塔区太白南路2号

CN 109861645 A, 2019.06.07

CN 108365896 A, 2018.08.03

(72) 发明人 武增艳 曹长庆 曾晓东 冯喆珺  
闫旭 王婷 吴谨 吴启凡 (续)

CN 106209257 A, 2016.12.07

CN 102136864 A, 2011.07.27

CN 110011174 A, 2019.07.12

CN 111130643 A, 2020.05.08

(74) 专利代理机构 北京慕达星云知识产权代理  
事务所(特殊普通合伙)  
11465

CN 101582721 A, 2009.11.18

CN 101599800 A, 2009.12.09

CN 109616855 A, 2019.04.12

代理人 曹鹏飞

CN 103368654 A, 2013.10.23

CN 110011174 A, 2019.07.12

CN 111010172 A, 2020.04.14

(51) Int.Cl.

H04B 10/556 (2013.01)

应祥岳,徐铁峰,李军,文化锋,张秀普.基于级联双平行MZM的16倍频光生毫米波技术.《光电子激光》.2017,

彭继慎,温禄淳.基于级联调制器的24倍频毫米波信号产生.《半导体光电》.2016, (续)

(56) 对比文件

US 2017357110 A1, 2017.12.14

US 10135544 B1, 2018.11.20

US 2019212472 A1, 2019.07.11

US 2018351684 A1, 2018.12.06

CN 104022830 A, 2014.09.03

CN 105162523 A, 2015.12.16

审查员 张丹

权利要求书2页 说明书8页 附图3页

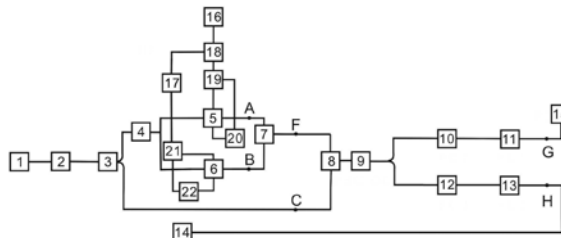
(54) 发明名称

一种16倍频毫米波信号的光学产生方法与装置

电的放大器,进而降低了系统成本,简化了系统结构,也不需要滤波器等波长选择器件,降低了对器件匹配性的要求。

(57) 摘要

本发明公开了一种16倍频毫米波信号的光学产生方法与装置,装置包括:连续激光器、第一偏振控制器、偏振分束器、第一光分路器、第一马赫-曾德尔调制器、第二马赫-曾德尔调制器、合路器、偏振光束合路器、光学耦合器、第二偏振控制器、第一偏振器、第三偏振控制器、第二偏振器、发光二极管、光电二极管。本发明使产生高频/极高频信号所需要的设备频率指标大大降低,并且该方法不需要高功率光放大器,不需要



CN 112039597 B

[接上页]

(72) 发明人 黄自强

(56) 对比文件

姚欣,吴谨.无源毫米波成像系统设计研究.  
《现代电子技术》.2010,

Wei Li;Wen Ting Wang;Ning Hua  
Zhu.Photonic Generation of Radio-  
Frequency Waveforms Based on Dual-

Parallel Mach-Zehnder Modulator.《IEEE  
Photonics Journal》.2014,

Beilei Wu;Jiun-Yu Sung;Jih-Heng Yan;  
Mu Xu;Jing Wang.Polarization-Insensitive  
Remote Access Unit for Radio-Over-Fiber  
Mobile Fronthaul System by Reusing  
Polarization Orthogonal Light Waves.《IEEE  
Photonics Journal》.2015,

1. 一种16倍频毫米波信号的光学产生装置,其特征在于,包括:连续激光器(1)、第一偏振控制器(2)、偏振分束器(3)、第一光分路器(4)、第一马赫-曾德尔调制器(5),第二马赫-曾德尔调制器(6)、合路器(7)、偏振光束合路器(8)、光学耦合器(9)、第二偏振控制器(10)、第一偏振器(11)、第三偏振控制器(12)、第二偏振器(13)、发光二极管(14)、光电二极管(15);其中,

所述连续激光器(1)的输出端与第一偏振控制器(2)输入端相连,所述第一偏振控制器(2)输出端与偏振分束器(3)的输入端相连,所述偏振分束器(3)的上路输出端与第一分路器(4)的输入端口相连;所述第一光分路器的第一输出端与第一马赫-曾德尔调制器(5)输入端口相连,所述第一光分路器的第二输出端与第二马赫-曾德尔调制器(6)输入端口相连;第一马赫-曾德尔调制器(5)和第二马赫-曾德尔调制器(6)的输出端与合路器(7)的输入端相连;所述合路器(7)的输出端和偏振分束器(3)的下路输出端与偏振光束合路器(8)的输入端相连;所述偏振光束合路器(8)的输出端与光学耦合器(9)的输入端相连;所述光学耦合器(9)的第一输出端与第二偏振控制器(10)的输入端口相连,所述第二偏振控制器(10)的输出端与第一偏振器(11)的输入端相连,所述第一偏振器(11)的输出端与光电二极管(15)相连;所述光学耦合器的第二输出端与第三偏振控制器(12)的输入端相连,所述第三偏振控制器(12)的输出端与第二偏振器(13)的输入端相连,所述第二偏振器(13)的输出端与发光二极管(14)相连;

还包括:射频信号源(16)、第一移相器(17)、第一电分路器(18)、第二电分路器(19)、第二移相器(20)、第三电分路器(21)、第三移相器(22),其中,

所述射频信号源(16)的输出端与第一电分路器(18)输入端相连,所述第一电分路器的第一输出端与第二电分路器(19)输入端相连;所述第二电分路器的第一输出端与第二移相器(20)输入端相连,所述第二移相器(20)输出端与第一马赫-曾德尔调制器(5)下臂的射频输入端口相连,所述第二电分路器(19)的第二输出端与第一马赫-曾德尔调制器(5)上臂的射频输入端口相连;所述第一电分路器(18)的第二输出端与第一移相器(17)的输入端口相连,所述第一移相器(17)的输出端口与第三电分路器(21)输入端相连;所述第三电分路器(21)的第一输出端与第二马赫-曾德尔调制器(6)上臂的射频输入端口相连;所述第三电分路器的第二输出端与第三移相器(22)输入端相连,所述第三移相器(22)输出端与第二马赫-曾德尔调制器(6)下臂的射频输入端口相连。

2. 根据权利要求1所述的一种16倍频毫米波信号的光学产生装置,其特征在于,第二移相器(20)对第一马赫-曾德尔调制器(5)上下臂的的射频信号产生 $\pi$ 相移差。

3. 根据权利要求1所述的一种16倍频毫米波信号的光学产生装置,其特征在于,第一移相器(17)对射频源的射频信号产生 $\frac{\pi}{2}$ 相移差。

4. 根据权利要求1所述的一种16倍频毫米波信号的光学产生装置,其特征在于,第一偏振器(11)的主轴由第二偏振控制器(10)控制,使第一偏振器(11)与偏振光束合路器(8)的一个主轴成 $165^\circ$ 对齐。

5. 根据权利要求1所述的一种16倍频毫米波信号的光学产生装置,其特征在于,第二偏振器(13)的主轴由第三偏振控制器控制,使第二偏振器(13)与偏振光束合路器(8)的一个主轴成 $90^\circ$ 对齐。

6. 一种16倍频毫米波信号的光学产生方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1:从连续激光器发出的角频率为 $\omega_0$ 的光波经过第一偏振控制器,再经过偏振分束器将光分成两个正交偏振方向;其中上路光为x方向,下路光为y方向;

S2:上路光经第一光分路器分成两路光,两路光分别注入到对应的第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器中,同时射频信号源发出的射频信号经电分路器分成两路,一路射频信号直接驱动第一马赫-曾德尔调制器,另一路射频信号经过移相器移相 $\pi/2$ 后驱动第二马赫-曾德尔调制器;然后,第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器的输出经合路器汇聚到一起;

S3:下路光未进行任何调制,与合路器的输出一起注入偏振光束合路器;然后,两个光信号由偏振光束合路器偏振复用,并保持其主轴偏振光束合路器的一个主轴一致;信号再经由单模光纤传输到基站端;在基站端,光信号通过光学耦合器分为上下完全相同的两支路;

S4:在上支路,光信号注入第二偏振控制器,再经第二偏振控制器后注入第一偏振器;第一偏振器的主轴由第二偏振控制器与偏振光束合路器的一个主轴成 $\alpha$ 角度对齐,以抑制光学载波,只留下两个八阶边带;然后,两个八阶边带被光电二极管进行光电探测,通过光电探测器进行拍频得到十六倍频的毫米波信号;

S5:在下支路,光信号注入第三偏振控制器,再经第三偏振控制器后注入第二偏振器;第二偏振器的主轴由第三偏振控制器与偏振光束合路器的一个主轴成 $90^\circ$ 对齐,用于恢复纯光学载波;然后,纯光载波注入发光二极管被重复使用以为中心站提供光源。

7. 根据权利要求6所述的一种16倍频毫米波信号的光学产生方法,其特征在于,第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器都被偏置在最大传输点,来抑制奇数阶边带的产生,且第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器的调制指数均设置为 $\beta$ 抑制正负四阶边带的产生。

8. 根据权利要求7所述的一种16倍频毫米波信号的光学产生方法,其特征在于,第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器间存在 $\pi/2$ 的相位差,上下路的正负二、六、十阶边带相位相反,正负八阶边带同相,两路光信号叠加后,上下路正负二、六、十阶边带抵消,正负八阶边带增强,经过第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器进行射频调制后的两路光波相干叠加后,其光成分主要为两个八阶边带和中心载波。

## 一种16倍频毫米波信号的光学产生方法与装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于光生毫米波技术领域,更具体的说是涉及一种16倍频毫米波信号的光学产生方法与装置。

### 背景技术

[0002] 自上世纪八十年代诞生到2020年,移动通信技术将大体经历5代的发展历程。到2014年底,第四代移动通信技术(4G)网络已经覆盖超过340个城市。4G能够以超过100Mbps的速率传输数据、高质量的图像、音频以及视频等,速率比家用宽带ADSL(ADSL,Asymmetric Digital Subscriber Line)高约25倍,能够满足大部分用户对无线服务的要求。在更新换代的过程中,人们对通信技术的要求越来越严苛,这些都对移动通信系统的通信容量、传输速率提出了高要求,进而促进了第五代移动通信技术(5G)技术的产生与发展。理论上讲,5G的网速将达到4G的10到100倍,但是由于无线频谱资源的有限性及无线频段的日益拥挤,为扩充无线通信的容量,就要求提高系统工作频率,向更高的微波/毫米波频段扩展。但也正因为毫米波的频率比较高,因此在空气中传播时受大气的吸收以及水分尘雾等多种因素影响而严重衰减,传播损耗非常大,导致信号传输的范围很小,无线信道很短仅适合短距离传播,这种局限性使高频毫米波通信系统中的基站覆盖范围受到严重限制。传统的毫米波通信系统结构为多基站分布式覆盖,即在系统中布置大量的微小基站。但由于基站中的上下变频技术所需的器件十分昂贵,数目较多的基站会带来高昂的成本。为了解决远距离传输毫米波信号和高成本多基站分布覆盖的问题,光纤传输与无线传输逐渐走向融合并形成一门新兴学科技术——微波光子技术。微波光子技术之一允许微波/毫米波信号在光纤中进行传输,这样的传输链路称作光纤无线(Radio-over-Fiber,ROF)链路。由于光纤传输具有抗干扰性强、高带宽及传输损耗小等特点,ROF链路非常适合用于高频微波/毫米波信号的远距离传输。

[0003] RoF通信系统中,最重要的问题是怎样生成高质量光载毫米波。传统毫米波的产生方式比较直接,主要是用电域倍频器将低频信号进行多次倍频从而产生高频毫米波。然而实现这个过程还要利用辅助锁相环等其他器件,整个倍频结构较为复杂,成本也十分昂贵,限制了该方案的大规模实际应用。相对电学方法,光学方法更容易获得高带宽、高速的微波/毫米波信号。

[0004] 常用的光生毫米波信号方法有直接调制法、外调制法和光学外差法等。与直接调制技术相比,基于外部调制的方法具有更高的调制带宽,可调谐性强、稳定性高、频率响应度高;与光外差调制方法相比,无需使用相位相关性很强的激光源。此外,外部调制方法生成的光载毫米波拍频后生成的毫米波信号频谱纯度很高,非常有利于远距离光纤传输。

[0005] 在ROF系统中,由于铌酸锂调制器具有良好的频率响应以及稳定性,可以直接将射频信号调制到光载波上,从而得到广泛使用。铌酸锂调制器又分为相位调制器和强度调制器。通过将铌酸锂强度调制器偏置到不同的传输点,可以实现双边带调制,单边带调制,载波抑制调制以及抑制奇数阶边带调制等。此后利用光纤光栅、光滤波器以及光交织滤波器

等,产生高倍频的毫米波信号。但是由于光滤波器件一般具有波长依赖性,对于器件的匹配性要求较高,另外由于滤波器的自身局限性,滤波会降低整个系统的传输质量,因此如何降低滤波带来的损失成了一个问題。

## 发明内容

[0006] 为了解决背景技术中所存在的技术问题,本发明提出了一种16倍频毫米波信号的光学产生方法与装置,使产生高频/极高频信号所需要的设备频率指标大大降低,并且该方法不需要高功率光放大器,不需要电的放大器,进而降低了系统成本,简化了系统结构,也不需要滤波器等波长选择器件,降低了对器件匹配性的要求。

[0007] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 一种16倍频毫米波信号的光学产生装置,包括:连续激光器、第一偏振控制器、偏振分束器、第一光分路器、第一马赫-曾德尔调制器,第二马赫-曾德尔调制器、合路器、偏振光束合路器、光学耦合器、第二偏振控制器、第一偏振器、第三偏振控制器、第二偏振器、发光二极管、光电二极管;其中,

[0009] 所述连续激光器的输出端与第一偏振控制器输入端相连,所述第一偏振控制器输出端与偏振分束器的输入端相连,所述偏振分束器的上路输出端与第一分路器的输入端口相连;所述第一光分路器的第一输出端与第一马赫-曾德尔调制器输入端口相连,所述第一光分路器的第二输出端与第二马赫-曾德尔调制器输入端口相连;第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器的输出端与合路器输入端相连;所述合路器的输出端和偏振分束器的下路输出端与偏振光束合路器的输入端相连;所述偏振光束合路器的输出端与光学耦合器的输入端相连;所述光学耦合器的第一输出端与第二偏振控制器的输入端口相连,所述第二偏振控制器的输出端与第一偏振器的输入端相连,所述第一偏振器的输出端与光电二极管相连;所述光学耦合器的第二输出端与第三偏振控制器的输入端相连,所述第三偏振控制器的输出端与第二偏振器的输入端相连,所述第二偏振器的输出端与发光二极管相连。

[0010] 优选的,还包括:射频信号源、第一移相器、第一电分路器、第二电分路器、第二移相器、第三电分路器、第三移相器,其中,

[0011] 所述射频信号源的输出端与第一电分路器输入端相连,所述第一电分路器的第一输出端与第二电分路器输入端相连;所述第二电分路器的第一输出端与第二移相器输入端相连,所述第二移相器输出端与第一马赫-曾德尔调制器下臂的射频输入端口相连,所述第二电分路器的第二输出端与第一马赫-曾德尔调制器上臂的射频输入端口相连;所述第一电分路器的第二输出端与第一移相器的输入端口相连,所述第一移相器的输出端口与第三电分路器输入端相连;所述第三电分路器的第一输出端与第二马赫-曾德尔调制器上臂的射频输入端口相连;所述第三电分路器的第二输出端与第三移相器输入端相连,所述第三移相器输出端与第二马赫-曾德尔调制器下臂的射频输入端口相连。

[0012] 优选的,第二移相器对第一马赫-曾德尔调制器上下臂的的射频信号产生 $\pi$ 相移差。

[0013] 优选的,第一移相器对射频源的射频信号产生 $\pi/2$ 相移差。

[0014] 优选的,第一偏振器的主轴由第二偏振控制器控制,使第一偏振器与偏振光束合

路器的一个主轴成 $165^\circ$ 对齐。

[0015] 优选的,第二偏振器的主轴由第三偏振控制器控制,使第二偏振器与偏振光束合路器的一个主轴成 $90^\circ$ 对齐。

[0016] 一种16倍频毫米波信号的光学产生方法,包括如下步骤:

[0017] S1:从连续激光器发出的角频率为 $\omega_0$ 的光波经过第一偏振控制器,再经过偏振分束器将光分成两个正交偏振方向;其中上路光为x方向,下路光为y方向;

[0018] S2:上路光经第一光分路器分成两路光,两路光分别注入到对应的第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器中,同时射频信号源发出的射频信号经电分路器分成两路,一路射频信号直接驱动第一马赫-曾德尔调制器,另一路射频信号经过移相器移相 $\pi/2$ 后再驱动第二马赫-曾德尔调制器;然后,第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器的输出经合路器汇聚到一起;

[0019] S3:下路光未进行任何调制,与合路器的输出一起注入偏振光束合路器;然后,两个光信号由偏振光束合路器偏振复用,并保持其主轴偏振光束合路器的一个主轴一致;信号再经由单模光纤传输到基站端;在基站端,光信号通过光学耦合器分为上下完全相同的两支路;

[0020] S4:在上支路,光信号注入第二偏振控制器,再经第二偏振控制器后注入第一偏振器;第一偏振器的一个主轴由第二偏振控制器与偏振光束合路器的一个主轴成 $\alpha$ 角度对齐,以抑制光学载波,只留下两个八阶边带;然后,两个八阶边带被光电二极管进行光电探测,通过光电探测器进行拍频得到十六倍频的毫米波信号。

[0021] S5:在下支路,光信号注入第三偏振控制器,再经第三偏振控制器后注入第二偏振器;第二偏振器的一个主轴由第三偏振控制器与偏振光束合路器的一个主轴成 $90^\circ$ 对齐,用于恢复纯光学载波;然后,纯光载波注入发光二极管被重复使用以为中心站提供光源。

[0022] 优选的,第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器都被偏置在最大传输点,来抑制奇数阶边带的产生,且第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器的调制指数均设置为 $\beta$ 抑制正负四阶边带的产生。

[0023] 优选的,第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器间存在 $\pi/2$ 的相位差,上下路的正负二、六、十阶边带相位相反,正负八阶边带同相,两路光信号叠加后,上下路正负二、六、十阶边带抵消,正负八阶边带增强,经过第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器进行射频调制后的两路光波相干叠加后,其光成分主要为两个八阶边带和中心载波。

[0024] 本发明的有益效果在于:

[0025] 1、本发明提出了一种提出了基于偏振复用和波长重用产生十六倍频光生毫米波的方法,利用两个并联的马赫-曾德尔调制器的非线性特性和干涉叠加特性,在适当的直流偏置电压下,产生了频率为本振信号频率十六倍的光毫米波信号,使产生高频/极高频信号所需要的设备频率指标大大降低,进而降低了系统成本和射频本振信号的频率和调制器的响应频率要求。现有系统的倍频系数仅为1,即当输入端RF信号频率为5GHz,拍频产生的电信号频率依然为5GHz,这就违背了最初利用大带宽毫米波信号的初衷,但是利用本发明技术方案,可以产生80GHz的毫米波信号。

[0026] 2、现在很多传统方法都是利用光纤光栅、光滤波器以及光交织滤波器等,产生高

倍频的毫米波信号。但是由于光滤波器件一般具有波长依赖性,限制整个系统的带宽,对于器件的匹配性要求较高,另外由于滤波器的自身局限性,滤波会降低整个系统的传输质量。本发明不需要使用任何滤波器,设备简单,具有很强的实际可操作性。

[0027] 3、本发明既可以产生16倍频的光学毫米波,又可以恢复出中心载波为中心在提供光源,一个系统实现了多种功能。

## 附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0029] 图1附图为本发明装置的结构示意图。

[0030] 图2附图为本发明两路光信号叠加后的光信号幅度与相位的输出光谱示意图。

[0031] 图3附图为本发明第一马赫-曾德尔调制器、第二马赫-曾德尔调制器合路输出的光谱仿真示意图。

[0032] 图4附图为本发明产生16倍频毫米波的仿真实验效果图。

[0033] 图5附图为本发明恢复中心载波的仿真实验效果图。

[0034] 其中,图中,

[0035] 1-连续激光器;2-第一偏振控制器;3-偏振分束器;4-第一光分路器;5-第一马赫-曾德尔调制器;6-第二马赫-曾德尔调制器;7-合路器;8-偏振光束合路器;9-光学耦合器;10-第二偏振控制器;11-第一偏振器;12-第三偏振控制器;13-第二偏振器;14-发光二极管;15-光电二极管;16-射频信号源;17-第一移相器;18-第一电分路器;19-第二电分路器;20-第二移相器;21-第三电分路器;22-第三移相器。

## 具体实施方式

[0036] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0037] 实施例1

[0038] 请参阅附图1,本发明提供了一种16倍频毫米波信号的光学产生装置,包括:连续激光器1、第一偏振控制器2、偏振分束器3、第一光分路器4、第一马赫-曾德尔调制器5,第二马赫-曾德尔调制器6、合路器7、偏振光束合路器8、光学耦合器9、第二偏振控制器10、第一偏振器11、第三偏振控制器12、第二偏振器13、发光二极管14、光电二极管15、射频信号源16、第一移相器17、第一电分路器18、第二电分路器19、第二移相器20、第三电分路器21、第三移相器22;其中,

[0039] 连续激光器1的输出端与第一偏振控制器2输入端相连,第一偏振控制器2输出端与偏振分束器3的输入端相连,偏振分束器3的上路输出端与第一分路器4的输入端口相连;第一光分路器的第一输出端与第一马赫-曾德尔调制器5输入端口相连,第一光分路器的第



二输出端与第二马赫-曾德尔调制器6输入端口相连;射频信号源16的输出端与第一电分路器18输入端相连,第一电分路器的第一输出端与第二电分路器19输入端相连;第二电分路器的第一输出端与第二移相器20输入端相连,第二移相器20输出端与第一马赫-曾德尔调制器5下臂的射频输入端口相连,第二移相器20对第一马赫-曾德尔调制器5上下臂的的射频信号产生 $\pi$ 相移差。第二电分路器19的第二输出端与第一马赫-曾德尔调制器5上臂的射频输入端口相连;第一电分路器18的第二输出端与第一移相器17的输入端口相连,第一移相器17的输出端口与第三电分路器21输入端相连;第一移相器17对射频源的射频信号产生 $\pi/2$ 相移差。第三电分路器21的第一输出端与第二马赫-曾德尔调制器6上臂的射频输入端口相连;第三电分路器的第二输出端与第三移相器22输入端相连,第三移相器22输出端与第二马赫-曾德尔调制器6下臂的射频输入端口相连。第一马赫-曾德尔调制器5和第二马赫-曾德尔调制器6的输出端与合路器7的输入端相连;第一马赫-曾德尔调制器5和第二马赫-曾德尔调制器6都被偏置在最大传输点,从而抑制奇数阶边带的产生,而且考虑到第一类贝塞尔函数的特性,第一马赫-曾德尔调制器5和第二马赫-曾德尔调制器6的调制指数设置为7.59。合路器7的输出端和偏振分束器3的下路输出端与偏振光束合路器8的输入端相连;偏振光束合路器8的输出端与光学耦合器9的输入端相连;光学耦合器9的第一输出端与第二偏振控制器10的输入端口相连,第二偏振控制器10的输出端与第一偏振器11的输入端相连,第一偏振器11的输出端与光电二极管15相连;第一偏振器11的主轴由第二偏振控制器10控制,使得其与偏振光束合路器8的一个主轴成 $165^\circ$ 对齐,以抑制光学载波,只留下两个八阶边带。光电二极管15拍频生成16倍频毫米波,射频载波抑制比为23.66dB。光学耦合器的第二输出端与第三偏振控制器12的输入端相连,第三偏振控制器12的输出端与第二偏振器13的输入端相连,第二偏振器13的输出端与发光二极管14相连。第二偏振器13的主轴由第三偏振控制器12控制,使得其与偏振光束合路器8的一个主轴成 $90^\circ$ 对齐,用于恢复纯光学载波,发光二极管14为中心站提供光源。

[0040] 本实施例中,第一马赫-曾德尔调制器5和第二马赫-曾德尔调制器6具有相同的结构和性能。

[0041] 本实施例中,第一马赫-曾德尔调制器5和第二马赫-曾德尔调制器6均为铌酸锂材料制作的马赫-曾德尔调制器,具有独立的射频信号输入端口和偏置端口。

[0042] 本实施例中,第二移相器20可以连接在第一马赫——曾德尔调制器5的上臂或者下臂;第三移相器22可以连接在第二马赫——曾德尔调制器6的上臂或者下臂。

[0043] 本实施例中,第一移相器17输出端可以连接在第一马赫-曾德尔调制器5输入端或者第二马赫-曾德尔调制器6输入端。

[0044] 本发明提出了一种提出了基于偏振复用和波长重用产生十六倍频光生毫米波的方法,利用两个并联的马赫-曾德尔调制器的非线性特性和干涉叠加特性,在适当的直流偏置电压下,产生了频率为本振信号频率十六倍的光毫米波信号,使产生高频/极高频信号所需要的设备频率指标大大降低,进而降低了系统成本和射频本振信号的频率和调制器的响应频率要求。现有系统的倍频系数仅为1,即当输入端RF信号频率为5GHz,拍频产生的电信号频率依然为5GHz,这就违背了最初利用大带宽毫米波信号的初衷,但是利用本发明技术方案,可以产生80GHz的毫米波信号。

[0045] 现在很多传统方法都是利用光纤光栅、光滤波器以及光交织滤波器等,产生高倍

频的毫米波信号。但是由于光滤波器件一般具有波长依赖性,限制整个系统的带宽,对于器件的匹配性要求较高,另外由于滤波器的自身局限性,滤波会降低整个系统的传输质量。本发明不需要使用任何滤波器,设备简单,具有很强的实际可操作性。

[0046] 本发明既可以产生16倍频的光学毫米波,又可以恢复出中心载波为中心在提供光源,一个系统实现了多种功能。

[0047] 本发明主要用于光无线接入 (ROF) 网络中光载毫米波的产生,利用两个单驱动铌酸锂马赫-曾德尔调制器实现16倍频毫米波信号生成和波长重用。在没有任何光学滤波器的情况下,可生成较纯净的16倍频毫米波信号,并且纯净光载波被重用于为中心站提供光源。本发明不需要滤波器等滤波设备,从而不会限制整个系统的带宽。此外,本发明使产生高频/极高频信号所需要的设备频率指标大大降低,进而降低了系统成本。本发明16倍频毫米波信号的光学产生方法与装置简单,成本低,在光无线通信、微波光子及光纤传感中均具有应用潜力。

[0048] 实施例2

[0049] 本发明还提供了一种16倍频毫米波信号的光学产生方法,包括如下步骤:

[0050] S1:从连续激光器发出的角频率为 $\omega_0$ 的光波经过第一偏振控制器,再经过偏振分束器将光分成两个正交偏振方向即x方向和y方向;其中上路光为x方向,下路光为y方向;

[0051] S2:上路光经第一光分路器分成两路光,两路光分别注入到对应的第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器中,第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器都被偏置在最大传输点,来抑制奇数阶边带的产生,且第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器的调制指数均设置为 $\beta$ 抑制正负四阶边带的产生。同时射频信号源发出的射频信号经电分路器分成两路,一路射频信号直接驱动第一马赫-曾德尔调制器,另一路射频信号经过移相器移相 $\pi/2$ 后再驱动第二马赫-曾德尔调制器;然后,第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器的输出经合路器汇聚到一起;此时,因为上下路第一马赫-曾德尔调制器和第二马赫-曾德尔调制器引入了 $\pi/2$ 的相位差,所以上下路的正负二、六、十阶边带相位相反,正负八阶边带同相,这样两路光信号叠加后,上下路正负二、六、十阶边带抵消,正负八阶边带增强,如图2所示,所以经过调制器进行射频调制后的两路光波相干叠加后,其光成分主要为两个八阶边带和中心载波。

[0052] S3:下路光未进行任何调制,与合路器的输出一起注入偏振光束合路器;然后,两个光信号由偏振光束合路器偏振复用,并保持其主轴偏振光束合路器的一个主轴一致;信号再经由单模光纤传输到基站端;在基站端,光信号通过光学耦合器分为上下完全相同的两支路;

[0053] S4:在上支路,光信号注入第二偏振控制器,再经第二偏振控制器后注入第一偏振器;第一偏振器的主轴由第二偏振控制器与偏振光束合路器的一个主轴成 $\alpha$ 角度对齐,以抑制光学载波,只留下两个八阶边带;然后,两个八阶边带被光电二极管进行光电探测,通过光电探测器进行拍频得到十六倍频的毫米波信号。

[0054] S5:在下支路,光信号注入第三偏振控制器,再经第三偏振控制器后注入第二偏振器;第二偏振器的主轴由第三偏振控制器与偏振光束合路器的一个主轴成 $90^\circ$ 对齐,用于恢复纯光学载波;然后,纯光载波注入发光二极管被重复使用以为中心站提供光源。

[0055] 实施例3

[0056] 一种16倍频毫米波信号的光学产生方法的具体实施步骤如下：

[0057] 步骤一、可调光源产生工作频率 $f_0$ 为193.1THz，工作波长为1550nm以及线宽为0.5MHz的连续光波，连续光波经分先经过第一偏振控制器光器，用于调节两路正交信号功率比。然后光波再经过偏振分束器将光分成两个正交偏振方向即x方向和y方向，其中上路光为x方向，下路光为y方向。

[0058] 步骤二、上路光x方向经第一光分路器分成两路光，两路光分别注入到对应的两个马赫-曾德尔调制器中，两个马赫-曾德尔调制器的半波电压均设置为3.2V，并且两个马赫-曾德尔调制器都被偏置在最大传输点，从而抑制奇数阶边带的产生。而且考虑到第一类贝塞尔函数的特性，两个马赫-曾德尔调制器的调制指数设置为7.59，从而抑制正负四阶边带的产生。同时射频信号源发出的10GHz的本振信号射频信号经电分路器分成两路，一路射频信号直接驱动第一马赫-曾德尔调制器，另一路射频信号经过移相器移相 $\pi/2$ 后再驱动第二马赫-曾德尔调制器。然后，两个马赫-曾德尔调制器的输出经合路器汇聚到一起。此时，因为上下路两个马赫-曾德尔调制器引入了 $\pi/2$ 的相位差，所以上下路的正负二、六、十阶边带相位相反，正负八阶边带同相，这样两路光信号叠加后，上下路正负二、六、十阶边带抵消，正负八阶边带增强，所以经过调制器进行射频调制后的两路光波相干叠加后，其光成分主要为两个八阶边带和中心载波。

[0059] 步骤三、下路光y方向未进行任何调制，它与步骤2中合路器输出的两个八阶边带和中心载波一起注入偏振光束合路器。然后，两个光信号由偏振光束合路器偏振复用，并保持其主轴偏振光束合路器的主轴一致。此后信号经由色散值为17ps/nm/km的10.5km标准单模光纤传输到基站端。在基站端，光信号通过光学耦合器分为上下完全相同的两支路。

[0060] 步骤四、在上支路，光信号注入第二偏振控制器，再经第二偏振控制器后注入第一偏振器。第一偏振器的主轴由第二偏振控制器控制，使得其与偏振光束合路器的一个主轴成 $165^\circ$ 对齐，以抑制光学载波，只留下两个八阶边带。然后，两个八阶边带被光电二极管进行光电探测，通过光电探测器进行拍频得到十六倍频的毫米波信号，从图4可以看出射频载波抑制比为23.66dB。

[0061] 步骤五、在下支路，光信号注入第三偏振控制器，再经第三偏振控制器后注入第二偏振器。第二偏振器的主轴由第三偏振控制器控制，使得其与偏振光束合路器的一个主轴成 $90^\circ$ 对齐，用于恢复纯光学载波，如图5所示。然后，纯光载波经10.5公里的标准单模光纤传送到发光二极管以为中心站提供光源。

[0062] 本发明利用基于偏振复用和波长重用的ROF系统来产生十六倍频毫米波。主体部分利用两个铌酸锂马赫-曾德尔调制器的相干叠加特性和非线性特性实现了两个八阶边带。本发明不需要使用任何滤波器，因此不限制整个系统的带宽，对于器件的匹配性要求较低，不需要考虑滤波器的自身局限性，即不会降低整个系统的传输质量。该方法设备简单，具有很强的实际可操作性。降低了毫米波系统中对光电调制器和射频本振的频率要求，且产生的毫米波信号频率纯净度高。该发明使得高频、极高频毫米波信号的产生有了更实际的操作性。

[0063] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言，由于其与实施例公开的方法相对应，所以描述的比较简单，相关之处参见方法部分说

明即可。

[0064] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

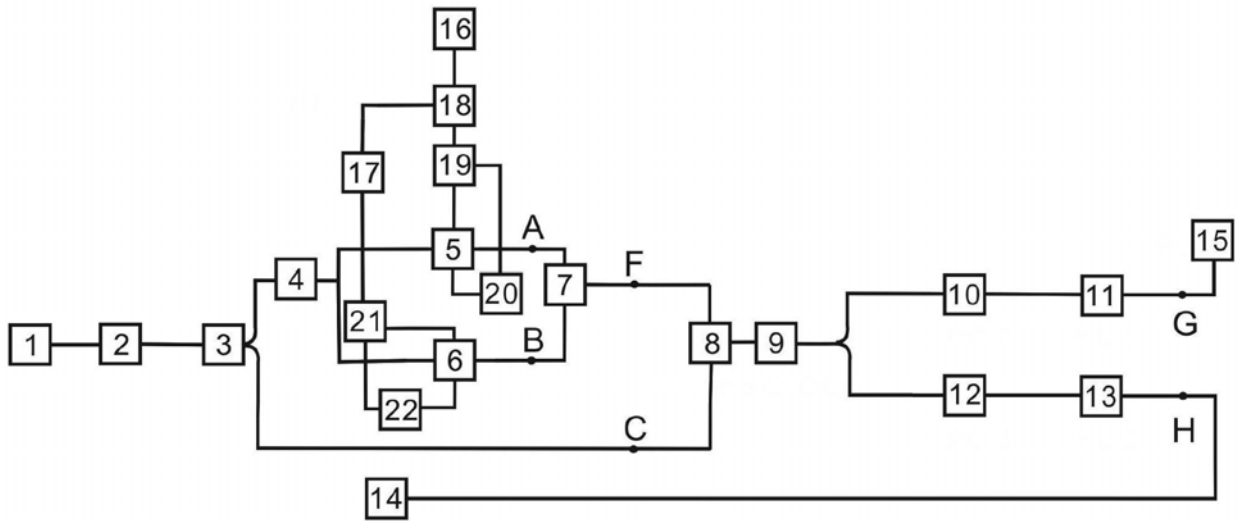


图1

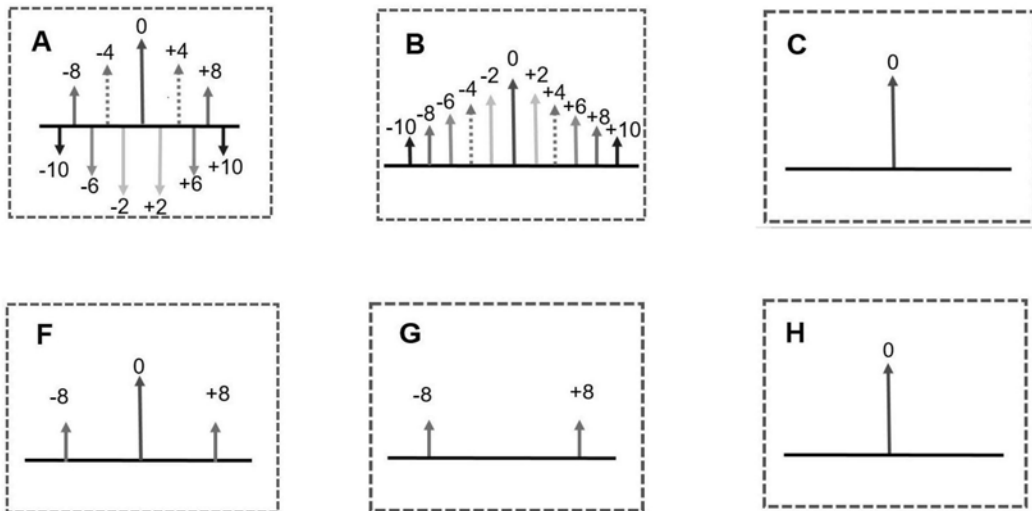


图2

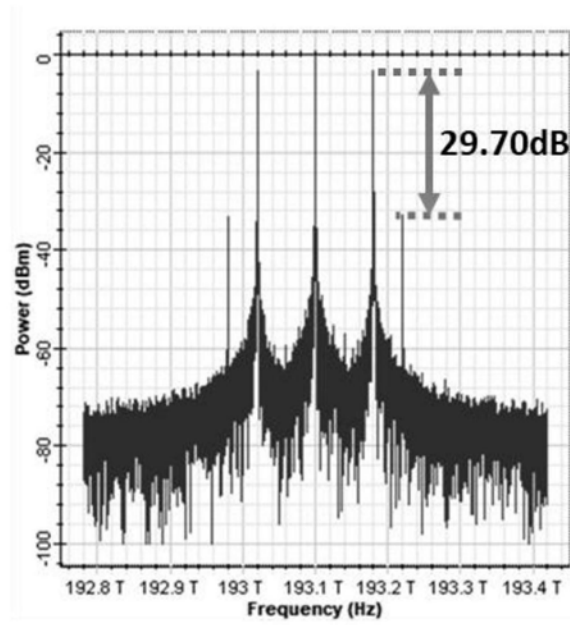


图3

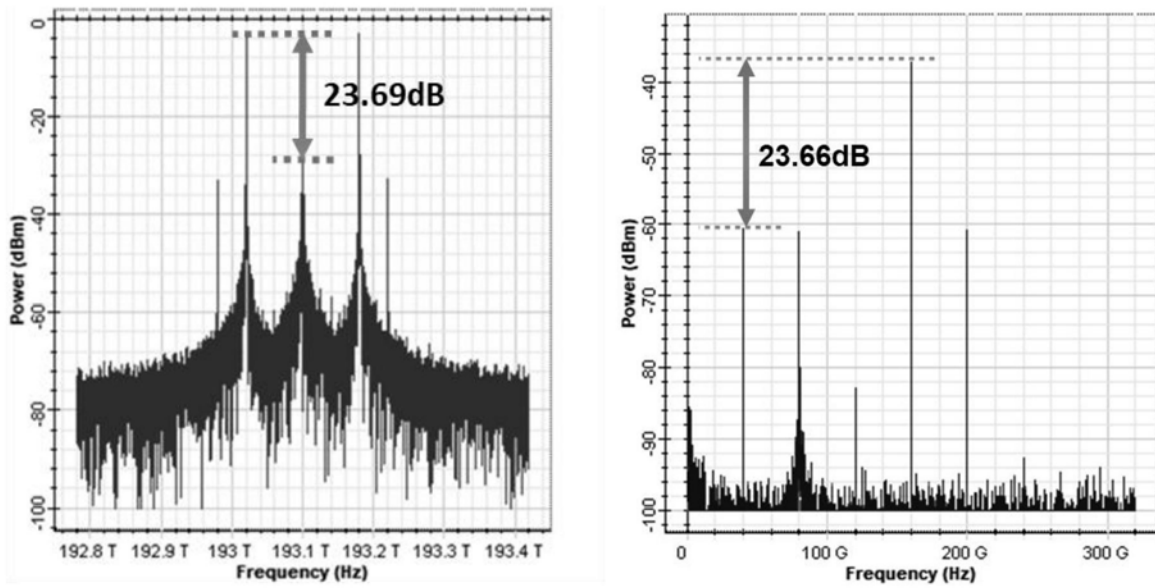


图4

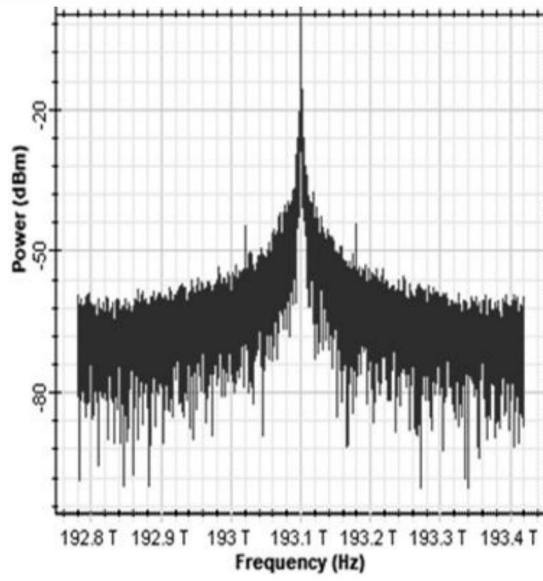


图5