



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105099558 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201510476783. 5

(22) 申请日 2015. 07. 29

(71) 申请人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市太白南路 2 号

申请人 西安空间无线电技术研究所

(72) 发明人 刘文雅 文爱军 高永胜 蒋炜

(51) Int. Cl.

H04B 10/25(2013. 01)

H04L 27/20(2006. 01)

H04L 27/36(2006. 01)

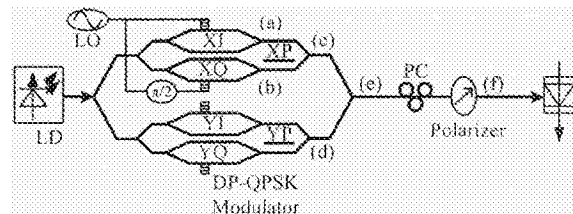
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

利用 DP-QPSK 调制器产生八倍频毫米波的装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种利用双偏振正交相移键控 (DP-QPSK) 调制器产生八倍频毫米波的装置及方法, 该发明涉及微波技术领域及光通信技术领域, 主要应用于高频毫米波的生成。所述该方法如附图所示, 包括光源、射频信号源、DP-QPSK 调制器、移相器、电分路器、偏振控制器、起偏器以及光电探测器。利用 DP-QPSK 调制器两个子调制器 X-QPSK 和 Y-QPSK 的非线性特性和干涉叠加特性, 在 X-QPSK 的 X-QPSK 的 XI 和 XQ 两个子调制器以及主调制器均工作在最大点时, 通过适当调节偏振控制器, 即可产生八倍频毫米波信号, 使产生高频 / 极高频信号所需的射频频率指标大大降低, 进而降低了系统成本。本方法避免了滤波器的使用, 频率调节性很好。同时, 生成的信号相位噪声和频谱纯度很好。



1. 利用 DP-QPSK 调制器产生八倍频毫米波的装置,包括光源、射频信号源、DP-QPSK 调制器、移相器、电分路器、偏振控制器、起偏器以及光电探测器;所述 DP-QPSK 调制器设置在光源的出射光路上,其特征在于:所述 DP-QPSK 调制器的输出端与偏振控制器连接,所述偏振控制器的输出端与起偏器连接,所述起偏器与光电探测器相连接;

所述 DP-QPSK 调制器的 X-QPSK 的下臂射频端口连接有对微波信号产生相移的电移相器,电移相器引入  $90^\circ$  相移,所述电移相器的输入端与电分路器的一个输出端连接,所述电分路器的另一个输出端与 X-QPSK 的上臂射频端口连接,所述电分路器的输入端输入微波信号,X-QPSK 的两个子调制器均工作在最大点,X-QPSK 的主调制器工作在最大点,X-QPSK 子调制器输出为载波和正负四阶边带;

所述 DP-QPSK 调制器的 Y-QPSK 的上下臂子调制器均不加射频信号,Y-QPSK 子调制器输出仅包括光载波,DP-QPSK 输出经过偏振控制器和起偏器后,光电探测器输出为八倍频信号。

2. 根据权利要求 1 所述的光学产生微波八倍频信号的装置,其特征在于:所述电移相器可以连接在 DP-QPSK 调制器的 X-QPSK 调制器的上臂射频端口与电分路器的一个输出端口之间或者下臂射频端口与电分路器的一个输出端口之间。

3. 根据权利要求书 1 所述的光学产生微波八倍频信号的装置,其特征在于:所述 DP-QPSK 调制器与光电探测器之间设置只有偏振控制器和起偏器。

4. 根据权利要求书 1 所述的利用 DP-QPSK 调制产生八倍频毫米波的装置,其特征在于:所述 DP-QPSK 调制器包括 X-QPSK 和 Y-QPSK 两个双平行马赫-曾德尔调制器(DPMZM),DPMZM 调制器均包括三个马赫-曾德尔调制器,其中一个马赫-曾德尔调制器作为主调制器,另外两个马赫-曾德尔调制器作为子调制器嵌在主调制器中。

5. 根据权利要求 4 所述的利用 DP-QPSK 调制器产生八倍频毫米波的装置,其特征在于:所述的 X-QPSK 和 Y-QPSK 调制器具有相同的结构和性能。

6. 根据权利要求 5 所述的利用 DP-QPSK 调制器产生八倍频毫米波的装置,其特征在于:所述 X-QPSK 和 Y-QPSK 调制器具有独立的射频信号输入端口和偏置端口,另外还有一个主偏置端口。

## 利用 DP-QPSK 调制器产生八倍频毫米波的装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光通信技术领域和微波技术领域,尤其涉及一种利用光通信技术中比较成熟的基于外调制技术产生八倍频毫米波信号的方法。

### 背景技术

[0002] 随着科技的不断进步,尤其是信息技术快速的更新换代,具有频谱纯度高、射频稳定性高、相位噪声低等高质量的微波信号的产生技术成为微波应用的关键。高质量的微波信号在很多领域具有广泛的应用,如:雷达系统、无线通信系统以及电子对抗系统。然而,对于传统的电子技术,毫米波信号的产生面临带宽瓶颈,并且在同轴电缆或者空气中传输毫米波信号会产生很大的损耗,这不利于电信号的传送。因此在宽带无线通信系统中,光载射频(ROF)技术作为一种非常具有潜力的方案已经被积极的研究。

[0003] 无论在军事还是民事方面的应用,都要求微波系统具有带宽大、动态范围大以及灵敏度高等特点。尤其是在军事雷达以及电子对抗领域对微波系统的要求也会越来越高。同时,随着信息复杂度的提高、信息量越来越丰富、因此对信息系统的性能提出了更高、更严格的要求,尤其对微波系统中的信号源的频率稳定度以及频谱的纯度提出了越来越高的要求。因此,产生高频率、高频谱纯度、带宽可调谐以及相位噪声低的微波信号显得至关重要。

[0004] 在 ROF 系统中高频毫米波的产生是一个非常关键的问题,传统电域方法很难甚至几乎无法完成非常复杂的极高频毫米波信号的生成,其主要是因为电域一般使用晶体振荡器通过倍频锁相产生高频毫米波信号,由于电子器件的速率瓶颈和工艺的局限性很难产生高频率、高质量的信号。另外,使用电域方法产生高频毫米波信号对器件有非常高的要求,复杂的加工制作工艺可能会大大降低器件的性能。

[0005] 现有的毫米波产生方案有光外差法,外调制法,基于非线性效应四波混频效应法和受激布里渊散射法。在所有这些研究方法中,基于铌酸锂马赫曾德尔调制器的外调制方案通常被认为是最为可靠和有效的方法。因为在外调制倍频方法中所使用的本振源和调制器等微波器件的频率响应都大大降低,而且在光电探测器中进行拍频的两个光波均来自同一激光源具有非常好的相位相干性。因此,外调制技术成为了产生毫米波信号的首选技术。

### 发明内容

[0006] 为了解决背景技术中所存在的技术问题,本发明提出了一种利用双偏振正交相移键控(DP-QPSK)调制器产生八倍频毫米波的方法,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,并且通过调节射频幅度,可以获得较高的射频杂散抑制比。

[0007] 本发明的技术解决方案是:利用 DP-QPSK 调制器产生八倍频毫米波的装置,其特征在于:所述装置包括光源、射频信号源、DP-QPSK 调制器、移相器、电分路器、偏振控制器、起偏器以及光电探测器;光源的输出端口与 DP-QPSK 调制器相连,射频信号源的输出端与

电分路器输入端相连,电分路器的一个输出端与 DP-QPSK 调制器的一个射频输入端口相连,另一个输出端与移相器的输入端相连,移相器的输出端与 DP-QPSK 调制器的另一个射频输入端口相连,DP-QPSK 调制器的输出端与偏振控制器相连,偏振控制器的输出与起偏器相连,起偏器的输出输入到光电探测器的输入端。

[0008] 上述 DP-QPSK 调制器由两个 QPSK 调制器以及一个偏振光合束器构成。

[0009] 上述两个 QPSK 调制器分别为 X-QPSK 和 Y-QPSK,两个 QPSK 调制器并联。

[0010] 上述两个 QPSK 调制器均包括三个马赫-曾德尔调制器,其中一个马赫-曾德尔调制器作为主调制器,另外两个马赫-曾德尔调制器作为子调制器嵌在主调制器中。

[0011] 上述子调制器具有独立的射频信号输入端口和偏置端口;另外还有一个主偏置端口,可用来调节两个子调制器的输出相位差。

[0012] 利用 DP-QPSK 调制器产生八倍频毫米波的方法,其特征在于:所述方法包括以下步骤:

- 1) 从激光器发出的波长为  $\lambda$  的线偏振光波经过保偏光纤入射到 DP-QPSK 调制器中;
- 2) 频率为  $f$  的射频本振经电分路器分成功率相同的两路,一路驱动 X-QPSK 调制器的 XI 子调制器,另一路经过移相器移相  $\pi/2$  后驱动 X-QPSK 调制器的 XQ 子调制器;
- 3) X-QPSK 调制器的 XI 和 XQ 两个子调制器均偏置在其传输曲线的最大点,主调制器偏置在最大点。调制器 XI 和 XQ 之间引入了  $\pi/2$  的相位差,因此上下路的正负二阶边带的相位差为  $\pi$ ,正负四阶边带同相,这样两路光信号叠加后,上下路正负二阶边带抵消,正负四阶边带增强;
- 4) DP-QPSK 调制器的 Y-QPSK 调制器不加载射频以及直流信号,从而只输出光载波信号;
- 5) X-QPSK 调制器和 Y-QPSK 调制器输出的光信号经过一个 PBC 进行耦合后输出;
- 6) 调节偏振控制器,使光信号经过起偏器后,光载波得到抑制;
- 7) 起偏器输出纯净的正负四阶边带,二者之间的频率间隔为  $8f$ ,通过光电探测器进行拍频得到射频驱动信号的八倍频信号。

[0013] 本发明提出了一种新型八倍频光生毫米波的方法,该方案利用 DP-QPSK 调制器的非线性特性和干涉叠加特性,产生了频率为本振信号频率八倍的光毫米波信号,大大降低了射频本振信号的频率和调制器的响应频率要求。比如,我们只需要频率为 3GHz 的射频本振信号,就可以产生 24GHz 的毫米波信号。本发明发备简单,具有很强的实际可操作性。该结构不需要固定相位调制指数,可以灵活调节射频信号幅度,抑制杂散边带,获得较高的边带抑制比。同时该结构不需要使用任何滤波器,因此可以应用到 WDM 系统中。

## 附图说明

[0014] 图 1 为本发明利用 DP-QPSK 调制器产生频率八倍于本振信号的毫米波的原理图;

图 2 为图 1 的各处光信号幅度与相位的输出光谱示意图;

图 3 为实验中通过 3GHz 本振产生的八倍频光谱;

图 4 为实验中光毫米波信号通过高速光电探测器后,拍频得到的 24GHz 本振信号频谱图;

图 5 为实验生成的 24GHz 本振信号的相位噪声与 3GHz 本振源相位噪声的对比图;

## 具体实施方式

[0015] 下面结合附图对本发明的实施例作详细说明：本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施，给出了详细的实施方式和具体的操作过程，但本发明的保护范围不限于下述的实施例：

如图 1 所示，本实施例中，装置包括：光源 1、射频信号源 2、DP-QPSK 调制器 3、移相器 4、电分路器 5、偏振控制器 6、起偏器 7、光电探测器 8。光源 1 的输出端口与 DP-QPSK 调制器 3 相连，射频信号源 2 的输出端与电分路器 5 输入端相连，电分路器 5 的一个输出端与 DP-QPSK 调制器 3 的 X-QPSK 调制器的 XI 子调制相连，电分路器 5 的另一个输出端经过移相器 4 之后与 DP-QPSK 调制器 3 的 X-QPSK 调制器的 XQ 子调制相连，DP-QPSK 调制器 3 输出获得光载波和正负四阶边带，DP-QPSK 调制器 3 输出后与偏振控制器 6 相连，偏振控制器 6 输出后与起偏器 7 相连，经过起偏器 7 后，输出的光信号光载波被抑制，只留下正负四阶边带，然后，起偏器 7 的输出端与光电探测器 8 的输入端相连。最后，经光电探测器 8 拍频后，在输出端得到了八倍频的毫米波信号。

[0016] 本实例中，方法的具体实施步骤是：

步骤一、光源产生工作波长  $\lambda$  为 1552.153nm 的连续光波，连续光波输入到半波电压为 3.5V 的 DP-QPSK 调制器，射频信号源输出 3GHz 的本振信号经电分路器后分成功率相等的两路，一路用于驱动 DP-QPSK 调制器的 X-QPSK 调制器的 XI 子调制，另一路通过移相器移相  $\pi/2$  后驱动 DP-QPSK 调制器的 X-QPSK 调制器的 XQ 子调制；

步骤二、设置 DP-QPSK 调制器的 X-QPSK 调制器的 XI 子调制器的偏置电压为 0V，DP-QPSK 调制器的 X-QPSK 调制器的 XQ 子调制器的偏置电压为 0V，X-QPSK 调制器主调制器的偏置电压为 0V。X-QPSK 调制器的 XI 子调制器输出主要包含光载波、正负二阶边带以及正负四阶边带，X-QPSK 调制器的 XQ 子调制器输出主要包含光载波、正负二阶边带以及正负四阶边带，Y-QPSK 调制器输出光载波；

步骤三、由于驱动 XI 与 XQ 两个子调制器的射频信号具有  $\pi/2$  的相位差，因此 MI 调制器输出的正负二阶与 XQ 调制器输出的正负二阶具有  $\pi$  的相位差，而正负四阶边带同相，因此在 X-QPSK 调制器的输出端正负二阶边带相互抵消，正负四阶边带增强。Y-QPSK 调制器输出光载波。因此在 DP-QPSK 调制器的输出端，只有光载波和正负四阶边带；

步骤四、调节偏振控制器，使由 DP-QPSK 调制器输出的光谱中的光载波得到抑制，这样经过起偏器后，光谱中只留下较纯净的 4 阶边带和 +4 阶边带。

步骤五、起偏器输出的光信号射入光电探测器进行光电转换，从而产生了频率为 24GHz 的毫米波信号。由图 4 可以看出该方案获得了频率为 24GHz 的电谱，射频杂散抑制比达到了 12.68dB。由图 5 可以看出该方案生成的八倍频微波信号具有较好的相位噪声特性，与射频元本振的相位噪声恶化 18dB。

[0017] 综上，本发明由于利用了 DP-QPSK 调制器的相干叠加特性和非线性特性实现了毫米波八倍频信号的产生。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。

[0018] 总之，以上所述实施方案仅为本发明的较佳实施例而已，并非仅用于限定本发明

的保护范围,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在本发明公开的内容上,还可以做出若干等同变形和替换,毫米波的频率范围不限于 24GHz,如果使用 5GHz 的射频本振,该系统可以产生 40GHz 的毫米波信号,这些等同变形和替换以及频率范围的调整也应视为本发明保护的范畴。

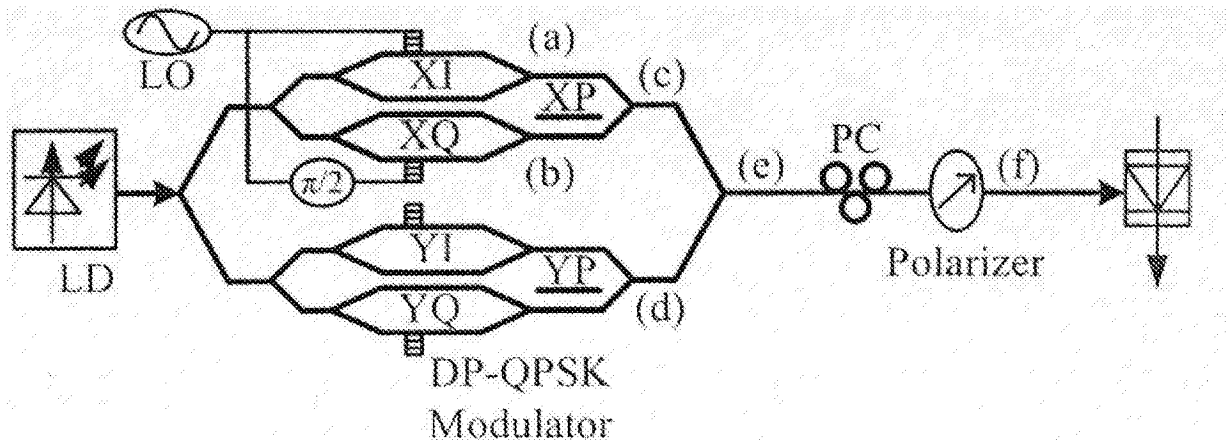


图 1

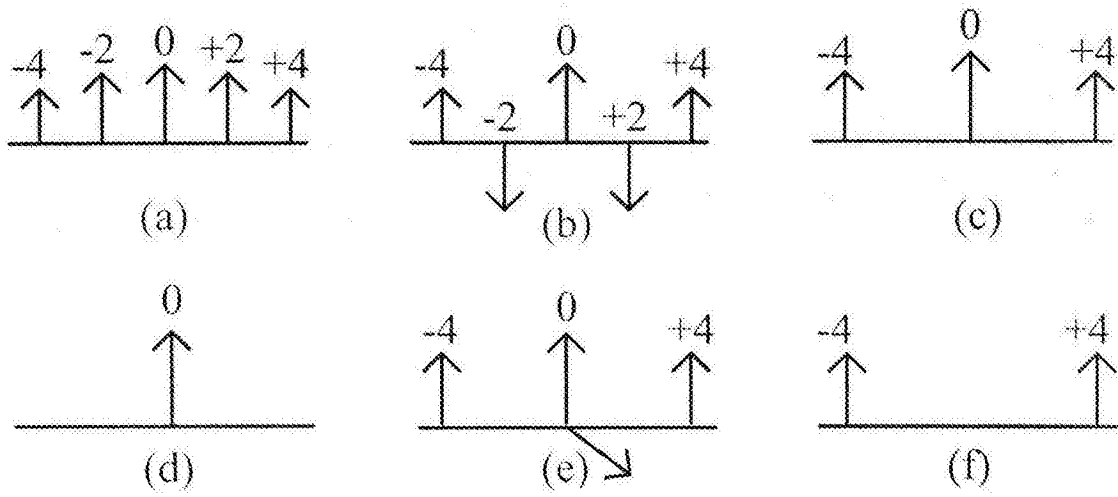


图 2

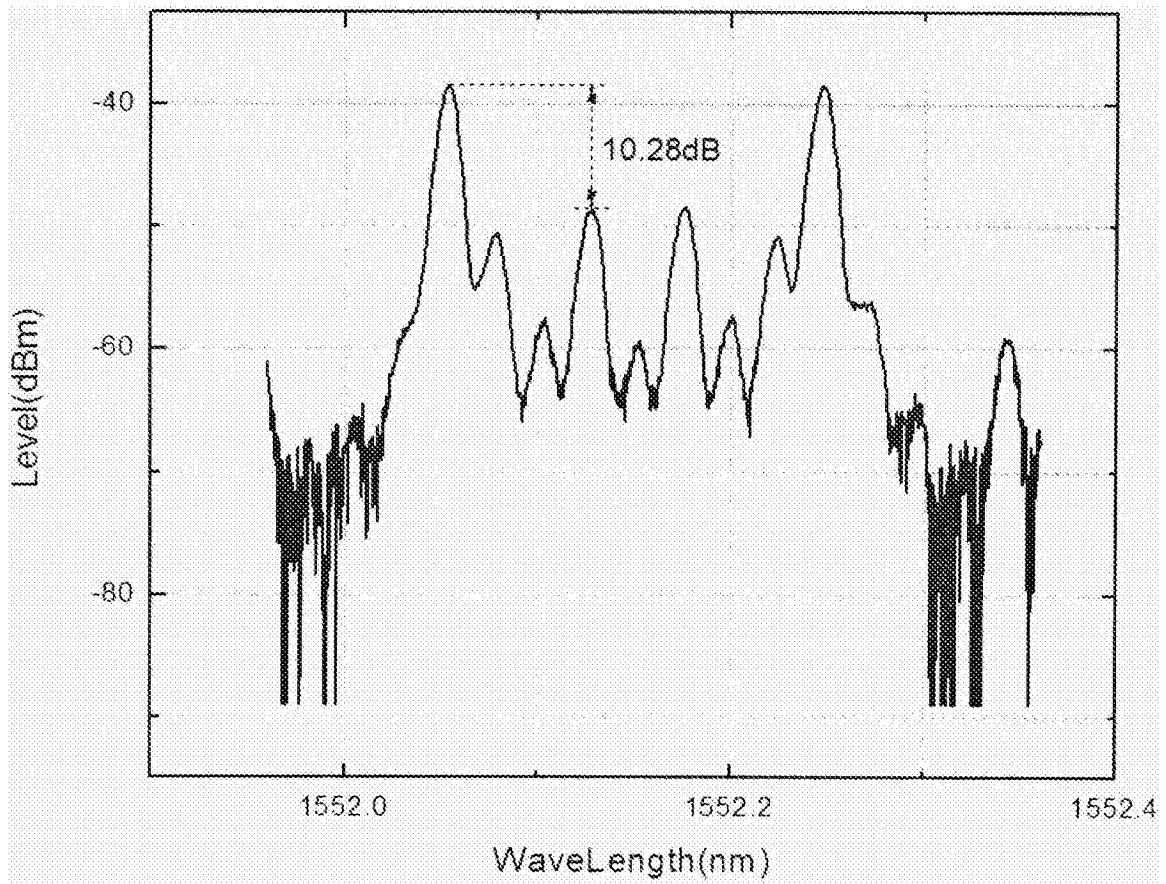


图 3



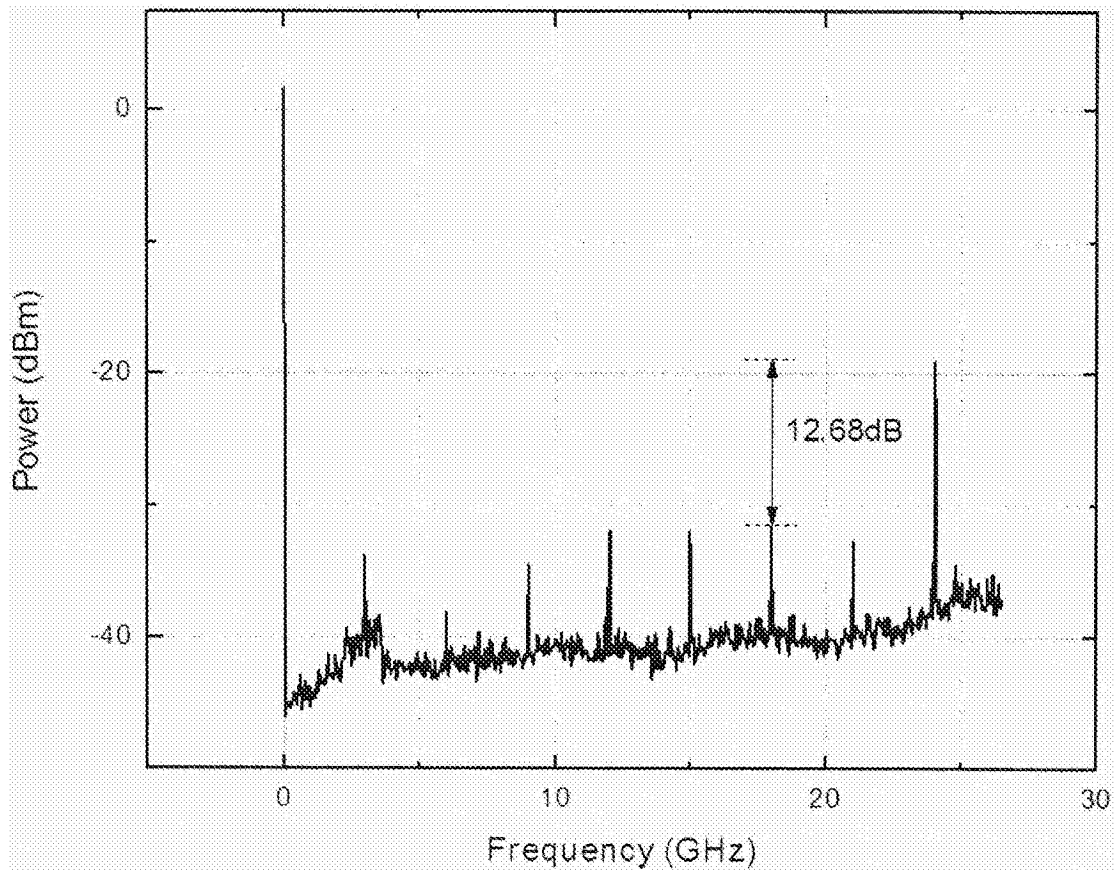


图 4

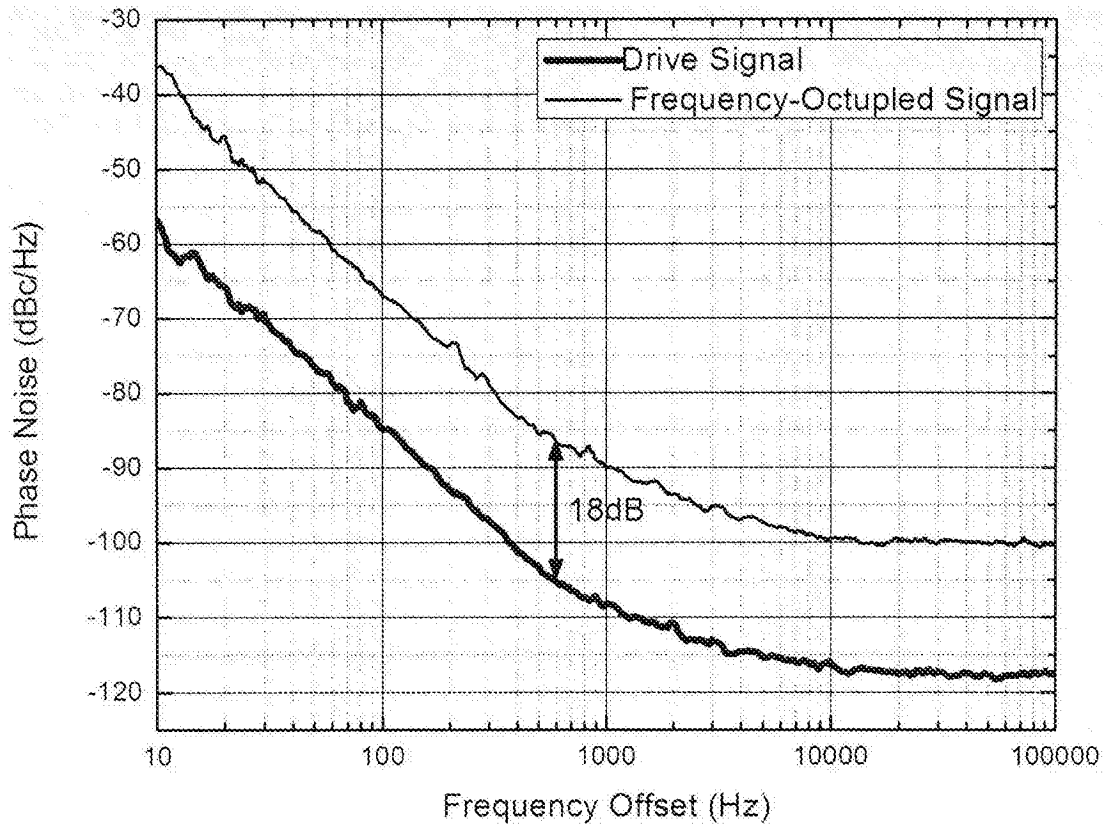


图 5