



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106067650 A  
(43)申请公布日 2016. 11. 02

(21)申请号 201610560011.4  
(22)申请日 2016.07.15  
(71)申请人 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  
(72)发明人 郭露 张瑞康 陆丹 潘碧玮  
陈光灿 赵玲娟 王圩  
(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 任岩  
(51)Int. Cl.  
H01S 1/02(2006.01)

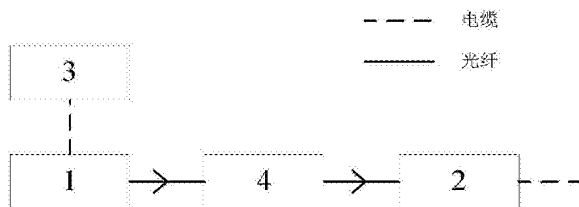
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置

## (57)摘要

一种基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,包括:任意波形发生器,用于提供随时间变化的电信号;放大反馈激光器,与所述任意波形发生器电性连接,用于依据所述随时间变化的电信号输出模式间距变化的双波长激光;以及光电探测器,接收所述的模式间距变化的双波长激光,并产生啁啾微波,该啁啾微波产生装置结构简单、稳定性好、调谐方便。



1. 一种基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,其特征在于,包括:  
任意波形发生器(3),用于提供随时间变化的电信号;  
放大反馈激光器(1),与所述任意波形发生器(3)电性连接,用于依据所述随时间变化的电信号输出模式间距变化的双波长激光;以及  
光电探测器(2),接收所述的模式间距变化的双波长激光,并产生啁啾微波。
2. 根据权利要求1所述的基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,其特征在于:所述放大反馈激光器(1)包括分布反馈布拉格区(11)、相区(12)和放大反馈区(13);  
所述放大反馈区(13)和分布反馈布拉格区(11)分别位于所述相区(12)两侧,所述放大反馈区(13)和所述相区(12)构成外腔;  
所述分布反馈布拉格区(11)由恒定电流源注入第一正向电流,所述放大反馈区(13)接收任意波形发生器(3)发出的电信号,所述相区(12)悬空或由恒定电流源注入第二正向电流,所述放大反馈激光器(1)在任意波形发生器(3)的调制下输出模式间距变化的双波长激光。
3. 根据权利要求2所述的基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,其特征在于:所述分布反馈布拉格区(11)和放大反馈区(13)采用相同带隙波长的材料。
4. 根据权利要求3所述的基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,其特征在于:相区(12)采用带隙波长相对放大反馈区(13)蓝移80-100nm的材料。
5. 根据权利要求1所述的基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,其特征在于,还包括:  
光隔离器(4),设置于所述放大反馈激光器(1)与所述光电探测器(2)之间,防止双波长激光反馈回所述放大反馈激光器(1)。
6. 根据权利要求5所述的基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,其特征在于:  
所述光隔离器(4)集成至所述放大反馈激光器(1)内。
7. 根据权利要求1至6中任一所述的基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,其特征在于:  
所述任意波形发生器(3)为输出电信号的形状、周期和/或幅值可调的波形发生器,其中:  
通过调节输出电信号的形状实现啁啾微波形状的调节;  
通过调节输出电信号的周期实现啁啾微波周期的调节;  
通过调节输出电信号的幅值实现啁啾微波带宽的调节。
8. 根据权利要求1至6中任一所述的基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,其特征在于:所述随时间变化的电信号为三角波或正弦波。
9. 根据权利要求1至6中任一所述的基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,其特征在于:所述放大反馈激光器(1)为单片集成的集成式半导体放大反馈激光器。

## 基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于微波技术领域,特别涉及基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置。

### 背景技术

[0002] 在脉冲雷达中,雷达的探测距离与脉冲持续时间成正比,而探测精度与脉冲持续时间成反比,因此早期脉冲雷达存在探测距离和探测精度的矛盾。为了解决这一问题,新型脉冲压缩雷达被提出。脉冲压缩雷达采用啁啾微波作为发射信号,通过将雷达能量分布在宽谱信号中的方式,保证了雷达的探测距离;在接收端利用匹配滤波器对回波信号进行匹配滤波,能大幅缩小回波信号的脉宽,保证了探测精度。因此,啁啾微波的产生技术具有重要的研究价值。现有基于电子学的产生方案受限于电子瓶颈,很难产生高频、大带宽的啁啾微波信号。而基于光子学的方法相比之下能够实现更高的载频和更大的带宽,同时还具有抗电磁干扰和低损耗等优点,已成为研究热点。

[0003] 基于光子学的方法主要包含频时映射法和拍频法两大类。频时映射法的基本原理是对宽谱激光在频域进行整形,再经色散介质完成频时映射,最后经光电探测器得到啁啾微波。渥太华大学提出了多种基于频时映射的方案,包括利用Sagnac环对光谱进行正弦型整形、再经过高阶色散介质(Chao Wang and Jianping Yao,IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques,2008,56(2):542-553);或利用叠加的啁啾光纤布拉格光栅(SI-CFBGs)对光谱进行非线性整形、再经过线性色散介质(Chao Wang and Jianping Yao,IEEE Photonics Technology Letters,2008,20(11):882-884)等。这类方案都能产生高频和大带宽的啁啾微波,然而缺点是高阶色散介质和SI-CFBGs都需要进行精确设计,对工艺提出了很高的要求,同时啁啾微波的中心频率和带宽的可调谐性能差。

[0004] 基于拍频法的方案包括直流光和扫频光拍频以及扫频光和扫频光拍频两种。中国台湾Jin-Wei Shi等人利用直流光与扫频光拍频的方式,分别得到了89~103GHz和0~40GHz的啁啾微波(J.-W. Shi, F.-M. Kuo, et al., IEEE Photonics Journal, 2012, 4(1): 215-223; Jih-Min Wun, Chia-Chien Wei, et al., Optics Express, 2013, 21(9): 11475-11481)。但是这种方案需要用到两个分立的激光器,输出啁啾微波稳定性较差。上海交通大学利用扫频光和扫频光拍频的方式得到了0-40GHz的线性啁啾微波(Hao Zhang, Weiwu Zou, Jianping Chen, Optics Letters, 2015, 40(6): 1085-1088),两束扫频光由同一锁模激光器经过不同滤波器和不同色散系数的色散介质得到,从而可以调谐中心频率和带宽。然而这种方案需要用到多个滤波器和色散系数可调的色散介质,结构复杂,价格昂贵。

### 发明内容

[0005] (一)要解决的技术问题

[0006] 鉴于上述技术问题,为了克服上述现有技术的不足,本发明提出了一种基于集成式半导体放大反馈激光器的啁啾微波产生装置。

[0007] (二)技术方案

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置。该啁啾微波产生装置包括:任意波形发生器,用于提供随时间变化的电信号;放大反馈激光器,与前述任意波形发生器电性连接,用于依据所述随时间变化的波形的电信号输出模式间距变化的双波长激光;以及光电探测器,接收所述的模式间距变化的双波长激光,并产生啁啾微波。

[0009] (三)有益效果

[0010] 从上述技术方案可以看出,本发明至少具有以下有益效果之一:

[0011] (1)采用任意波形发生器控制放大反馈激光器,改变放大反馈激光器输出的双波长激光的模式间距,通过光电探测器输出啁啾微波。不需要使用锁模激光器、滤波器或高阶色散元件等复杂器件,结构简单、稳定性好、调谐方便、成本低廉且易于实现。

[0012] (2)放大反馈激光器的具体结构使得放大反馈激光器可以输出模式间距可变的双波长激光。

### 附图说明

[0013] 图1为本发明实施例1中基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置的结构示意图;

[0014] 图2为图1中放大反馈激光器的结构示意图;

[0015] 图3为本发明实施例2中基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置的结构示意图;

[0016] 图4(a)为图1中当任意波形发生器输出幅值从1.30V到1.60V缓慢变化的电压信号时放大反馈激光器输出的静态光谱图;

[0017] 图4(b)为图1中当任意波形发生器输出幅值从1.30V到1.60V缓慢变化的电压信号时放大反馈激光器输出的双波长激光的模式间距图;

[0018] 图5(a)为图1中当任意波形发生器输出1MHz的三角波信号时,任意波形发生器输出电压图;

[0019] 图5(b)为图1中当任意波形发生器输出如图5(a)所示信号时,输出啁啾微波信号的时域波形图;

[0020] 图5(c)为图5(b)中时域波形的短时傅里叶变换谱图;

[0021] 图5(d)为图5(b)中时域波形第一个周期的自相关谱图。

[0022] **【主要元件】**

[0023] 1-放大反馈激光器; 2-光电探测器; 3任意波形发生器;

[0024] 4-光隔离器; 11-分布反馈布拉格区; 12-相区;

[0025] 13-放大反馈区。

### 具体实施方式

[0026] 在对本发明进行介绍之前,首先对其设计原理进行说明。

[0027] 放大反馈激光器包括分布反馈布拉格区、相区和放大反馈区,其中相区和放大反馈区共同构成外腔,根据Lang-Kobayashi模型(Roy Lang and KonRoh Kobayashi, IEEE Journal of Quantum Electronics, 1980, QE-16(3):347-355),外腔激光器可工作在双模状态,即输出双波长的激光,该双波长激光的模式间距与反馈光强度和延时时间有关(Biwei Pan, Lu Guo, et al., Applied Optics, 2016, 55(11):2930-2935)。改变放大反馈区

的电压或电流可改变光反馈强度,从而改变双波长激光的模式间距。因此,当放大反馈区的电压变化时,输出双波长激光的模式间距也不断变化,将输出双波长激光通过光电探测器,就可以将拍频信号转化为电信号,输出啁啾微波。

[0028] 由于双波长激光的模式间距与放大反馈区所加电压不满足严格的线性关系,因此当需要输出严格的线性啁啾微波时,可以采用两种方式:一是将任意波形发生器的输出电压范围取在双波长激光的模式间距与电压关系较为线性的区域,此时可认为双波长激光的模式间距与电压满足线性关系;二是可以对任意波形发生器的输出电压进行精细调节,保证输出啁啾微波的频率随时间线性变化,利用放大反馈激光器作为啁啾微波产生的核心器件,无需外部光环路即可产生高频的啁啾微波。

[0029] 本发明某些实施例于后方将参照所附图做更全面性地描述,其中一些但并非全部的实施例将被示出。实际上,本发明的各种实施例可以许多不同形式实现,而不应被解释为限于此数所阐述的实施例;相对地,提供这些实施例使得本发明满足适用的法律要求。

[0030] 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,对本发明进一步详细说明。

[0031] 实施例1:

[0032] 本实施例提供了一种放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,如图1所示,该啁啾微波产生装置包括放大反馈激光器1、任意波形发生器3及光电探测器2。

[0033] 任意波形发生器3与放大反馈激光器1采用电缆连接,为放大反馈激光器1提供电信号,可以为电压信号或电流信号,控制放大反馈激光器1输出的双波长激光的模式间距不断变化。

[0034] 放大反馈激光器1与光电探测器2采用光纤连接,光电探测器2接收放大反馈激光器1输出的模式间距不断变化的双波长激光,并将双波长激光的拍频信号转换为电信号,输出啁啾微波。

[0035] 放大反馈激光器1优选为单片集成的集成式半导体放大反馈激光器,其具体结构如附图2所示,放大反馈激光器1包括分布反馈布拉格区11、相区12和放大反馈区13,放大反馈区13和分布反馈布拉格区11分别位于相区12两侧,放大反馈区13和相区12构成外腔,分布反馈布拉格区11和放大反馈区13采用相同带隙波长的材料,相区12采用带隙波长相对放大反馈区13蓝移80-100nm的材料,可通过量子阱混杂或者对接完成带隙波长的蓝移,降低激光在相区12的损耗。在具体实施过程中,放大反馈激光器1的分布反馈布拉格区11由恒定电流源注入第一正向电流,放大反馈区13由任意波形发生器3控制,加载正向偏压,相区12悬空或由恒定电流源注入第二正向电流。放大反馈激光器1各区加载不同电流,形成双波长激光,由分布反馈布拉格区11的端面输出。实现双波长激光输出时,放大反馈激光器1首先需要找到双模工作状态,通过调节分布反馈布拉格区11和相区12的电流,实现放大反馈激光器1工作在双模模式,输出双波长激光。

[0036] 任意波形发生器3产生随时间变化的电信号,可以为电压信号或电流信号,通过电缆加载的放大反馈激光器1的放大反馈区13,在任意波形发生器3的调制作用下,放大反馈激光器1内反馈光的强度随时间而变化,从而放大反馈激光器1输出的双波长激光的模式间距亦随时间变化。

[0037] 放大反馈激光器1输出的双波长激光通过光纤传输至光电探测器2,光电探测器2

将双波长激光的拍频信号转换为电信号,输出啁啾微波至电缆。

[0038] 调节任意波形发生器3输出电信号的形状、幅度和周期,可以改变放大反馈激光器1输出的双波长激光的模式间距,进而改变输出啁啾微波的形状、周期和带宽,即可以控制任意波形发生器3得到需要的啁啾微波。

[0039] 实施例2:

[0040] 本实施例提供了一种基于放大反馈激光器的啁啾微波产生装置,如图3所示,相较于实施例1,区别仅在于在放大反馈激光器1与光电探测器2之间增设光隔离器4,以降低光纤接头处的光反馈回放大反馈激光器1造成不良影响。

[0041] 本实施例中放大反馈激光器1输出的双波长激光经光纤传输至光隔离器4,再经光纤传输至光电探测器2,光电探测器2将双波长激光的拍频信号转换为电信号,输出啁啾微波至电缆。

[0042] 本实施例中的光隔离器4可以集成至放大反馈激光器1内,即放大反馈激光器1封装时包含了光隔离器4。

[0043] 以下是基于实施例2中的啁啾微波产生装置的测试,具体如下:

[0044] 当任意波形发生器输出幅值从1.30V到1.60V缓慢变化的电压信号,测量的放大反馈激光器1输出的静态光谱如图4(a)所示,频谱仪测量的双波长激光的模式间距如图4(b)所示。

[0045] 当任意波形发生器输出1MHz的三角波信号,测量的任意波形发生器输出电压如图5(a)所示,对应的啁啾微波信号的时域波形如图5(b),时域波形的短时傅里叶变换谱如图5(c)所示,时域波形第一个周期的自相关谱5(d)所示。所得啁啾微波的带宽为3.4GHz(频率范围为31.4GHz~34.8GHz),脉冲持续时间为1 $\mu$ s,时间带宽积为 $3.4 \times 10^3$ ,压缩比为 $2.6 \times 10^3$ 。

[0046] 需要说明的是,在附图或说明书正文中,未绘示或描述的实现方式,均为所属技术领域普通技术人员所知的形式,并未进行详细说明。此外,上述对各元件和方法的定义并不仅限于实施例中提到的各种具体结构、形状或方式

[0047] 还需要说明的是,本文可提供包含特定值的参数的示范,但这些参数无需确切等于相应的值,而是可在可接受的误差容限或设计约束内近似于相应值。

[0048] 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。

[0049] 需要说明的是,在附图或说明书正文中,未绘示或描述的实现方式,均为所属技术领域普通技术人员所知的形式,并未进行详细说明。此外,上述对各元件和方法的定义并不仅限于实施例中提到的各种具体结构、形状或方式,本领域普通技术人员可对其进行简单地更改或替换。

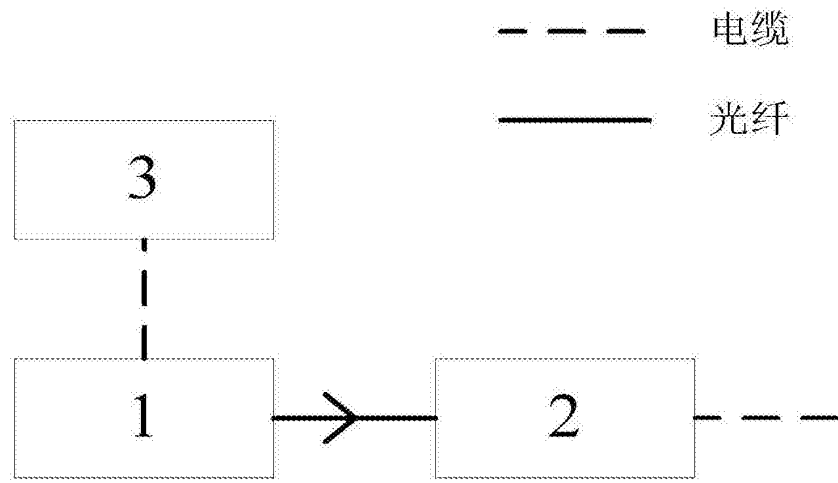


图1

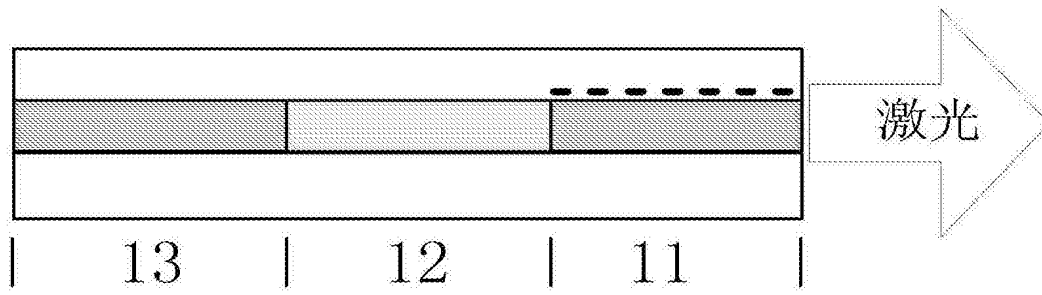


图2

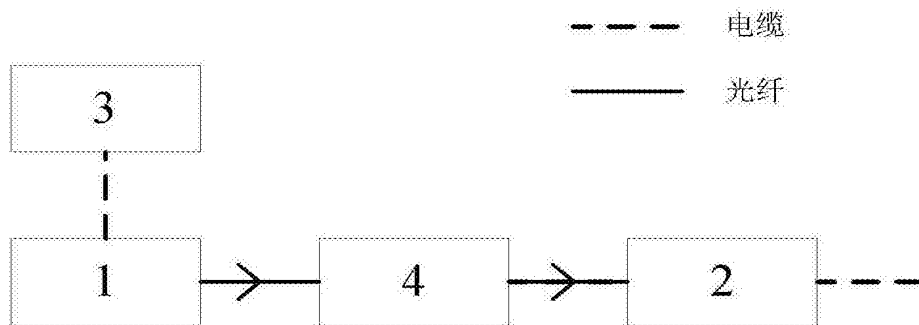


图3

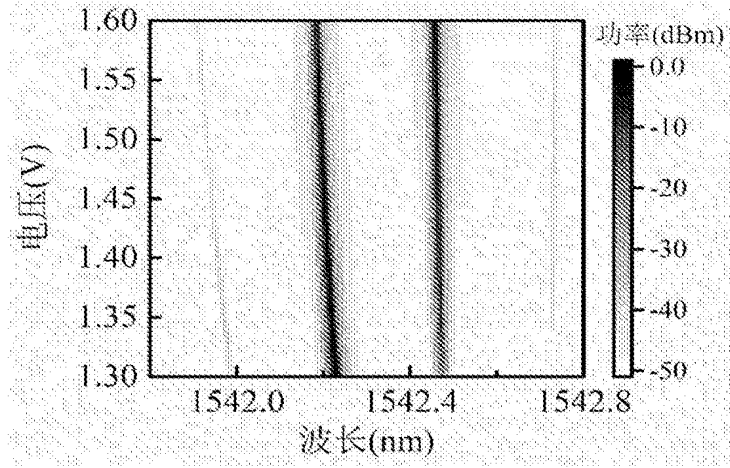


图4(a)

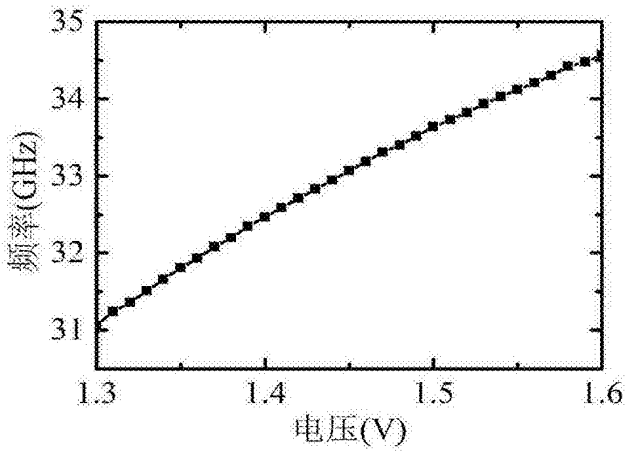


图4(b)

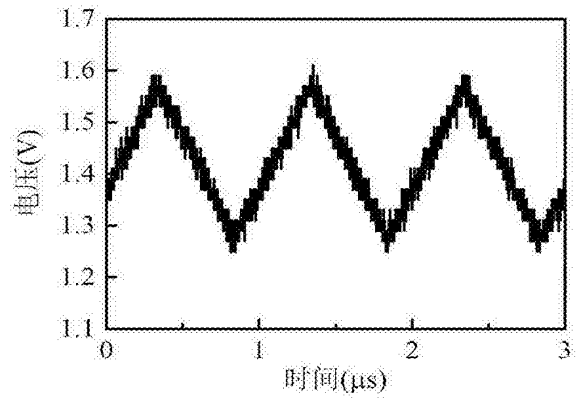


图5(a)

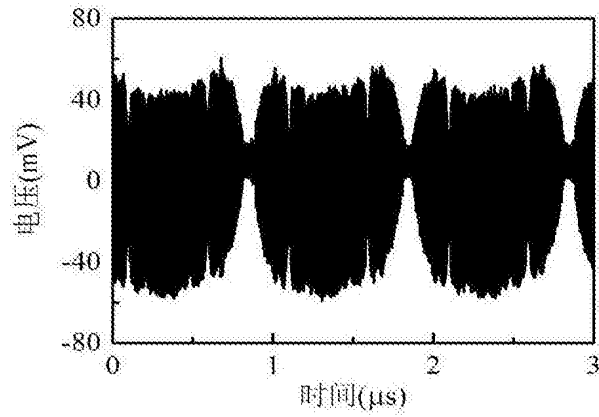


图5(b)



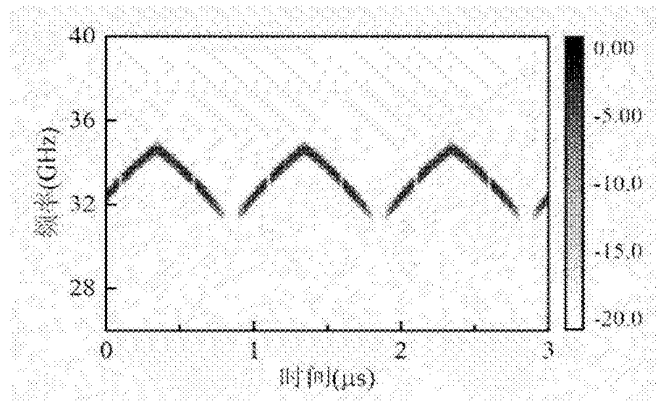


图5(c)

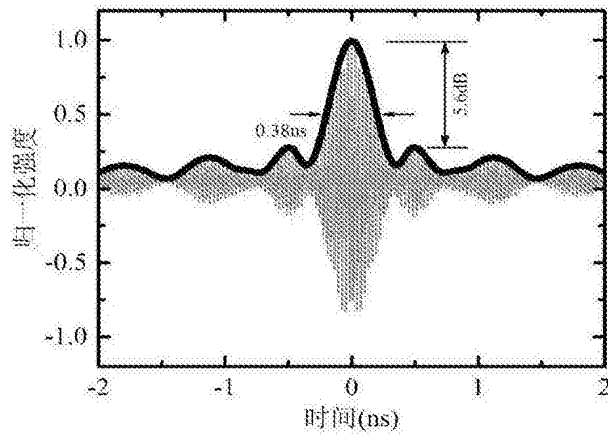


图5(d)