

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04L 27/36 (2006.01)

H04B 1/707 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810033865.2

[43] 公开日 2008 年 9 月 17 日

[11] 公开号 CN 101267424A

[22] 申请日 2008.2.26

[21] 申请号 200810033865.2

[71] 申请人 上海大学

地址 200444 上海市宝山区上大路 99 号

[72] 发明人 郑国莘 冯金振

[74] 专利代理机构 上海上大专利事务所

代理人 何文欣

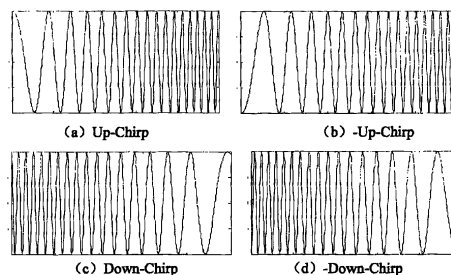
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称

基于扫频脉冲的超宽带无线通信调制方法

[57] 摘要

本发明涉及一种基于扫频脉冲的超宽带无线通信调制方法。它采用扫频脉冲的二进制正交键控于移相键控联合调制，将正交键控与直接调制相结合，在不引入交叠技术的同时，提高了在与二进制正交键控调制具有相同时间宽度的扫频脉冲条件下的数据传输速率，避免了由脉冲交叠带来的码间干扰，为性能更加优良的基于扫频脉冲的超宽带调制及多址方法的出现开辟了广阔的空间。



1. 一种基于扫频脉冲的超宽带无线通信调制方法,其特征在于采用基于扫频脉冲的二进制正交键控与移相键控联合调制 Chirp-BOK-BPSK,将二进制正交键控 BOK 与直接调制 DM 相结合,在不引入交叠技术的同时提高了与 BOK 调制具有相同时间宽度的扫频脉冲条件下的数据传输速率,避免了由交叠技术带来的码间干扰;具体操作步骤如下:

步骤1: 发射机首先对二进制数据 b_n 进行串并变换,成为两路信号分别表示为 b_{2n+1} 、 b_{2n+2} 并且每路数据比特的时间宽度变为原来的两倍即 T_s 。

步骤2: 在完成串并变换之后,利用其中一路二进制数据 b_{2n+1} 调制扫频脉冲的正反相位,实现基于扫频脉冲的二进制正交键控与移相键控联合调制 Chirp-BOK-BPSK 的二进制相位 BPSK 调制。发射机的输出信号 $s(t)$ 如下式:

$$s(t) = \sum_{n=0}^{\infty} b_{2n+1} a(t) \cos[2\pi(f_0 + b_{2n+2} \frac{\mu}{2} t)t] \quad (n - \frac{1}{2})T_s < t < (n + \frac{1}{2})T_s$$

式中 $a(t)$ 为扫频脉冲信号的包络,在这里取

$$a(t) = \begin{cases} 1, (n - 1/2)T_s < t < (n + 1/2)T_s \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

f_0 为扫频脉冲的中心频率, μ 为扫频脉冲的扫频斜率,其值等于 B/T_s , t 为时间, b_{2n+1}

与 b_{2n+2} 分别表示二进制数据 b_n 的第奇数位比特和第偶数位比特;

步骤3: 利用另外一路二进制数据 b_{2n+2} 调制扫频脉冲的正负扫频斜率,实现基于扫频脉冲的二进制正交键控与移相键控联合调制 Chirp-BOK-BPSK 的二进制正交键控 BOK 调制,发射机的输出信号如下式:

$$s(t) = \sum_{n=0}^{\infty} b_{2n+1} a(t) \cos[2\pi(f_0 + b_{2n+2} \frac{\mu}{2} t)t] \quad (n - \frac{1}{2})T_s < t < (n + \frac{1}{2})T_s$$

经过以上三个步骤之后,两个比特的信息已分别被调制到了扫频脉冲的相位和扫频斜率上,既完成了 Chirp-BOK-BPSK 调制,已调制的扫频脉冲的时间宽度为 T_s ,而每一个经过调制的扫频脉冲携带两个比特数据,所以数据传输速率为 $2/T_s$ 。

2. 根据权利要求1所述的基于扫频脉冲的超宽带无线通信调制方法,其特征在于所

述的发射机为基于扫频脉冲的二进制正交键控与移相键控联合调制 Chirp-BOK-BPSK的发射机，其结构是：一个串并变换器（31）的一个输出直接输入到一个乘法器（35），而另一个输出经一个快速选择电路（32）和两个并联的扫频脉冲发生器（33，34）分别产生Up-Chirp和Down-Chirp，之后输入所述的乘法器（35）。

3. 根据权利要求2所述的基于扫频脉冲的超宽带无线通信调制方法，其特征在于与所述的发射机配套使用的接收机为基于扫频脉冲的二进制正交键控与移相键控联合调制 Chirp-BOK-BPSK 的接收机，其结构是：两个乘法器（41，42）分别经两个积分器（43，44）和两个采样器（45，46）后连接一个判决器（47）。

基于扫频脉冲的超宽带无线通信调制方法

技术领域

本发明专利涉及一种基于扫频脉冲的超宽带无线通信调制方法，属通信领域。

背景技术

超宽带 (UWB) 是近年来兴起并快速发展的一项无线通信技术，是当前国际上研究热点之一。相对带宽大于 25% 或者在 3.1GHz~10.6GHz 频段内系统带宽大于 500MHz 的无线通信系统被称为超宽带通信系统。有别于以正弦波为载波的传统无线通信系统，由于调制带宽被扩展至几个 GHz 量级上，从而系统能够在占有极低功率谱密度的基础上，以极高的速率进行数据传输。同时 UWB 还具有低成本、低能量损耗、低捕获率、穿透力强，抗多径等优点，因此 UWB 技术的出现，在不占用现在已经拥挤不堪的频谱资源情况下，提供了一种全新的语音和数据通信方式。UWB 技术在短距无线宽带接入，室内成像精确定位及军事通信领域具有广阔的应用价值。

目前 UWB 主要存在两种物理层技术方案。一种是基于无线脉冲 (IR) 的直接序列扩频 (DSS) 实体层技术规格建议；另一种则是基于多载波正交频分复用实体层标准技术规格建议。基于无线脉冲 (IR) 的直接序列扩频 (DSS) 的 UWB 系统是通过发射和接收具有亚纳秒级的脉冲信号来传输信息。它以每秒数十兆的速率发射和接收脉宽小于 1ns 的窄脉冲信号，信息通过脉冲位置调制 (PPM)、脉冲幅度调制 (PAM) 或其他调制方式调制到精确确定时的脉冲串中去。另一种是基于多载波正交频分复用 (OFDM) 的 UWB 系统，其中每个子带带宽为 528MHz，分 128 个子载波，各子载波之间相互正交，将信息比特分别调制到所有子载波上进行传输。

除此，还有一种正处于研究起步阶段的 UWB 物理层技术已经引起一些组织和企业的关注，即基于扫频脉冲 (Chirp) 的超宽带通信。Chirp 信号是一种扩频信号，在一个 Chirp 信号周期内表现出线性调频的特性，信号频率随着时间的变化而线性的变化，因为 Chirp 信号的频率在一个信号周期内会“扫过”一定的带宽，所以 Chirp 信号又被形象地称为“扫频信号”。Chirp 信号的扫频特性可以应用在通信领域，表达数据符号，达到扩频的效果。这种用 Chirp 信号进行扩频的通信方式被称为 Chirp 扩频 (CSS)。

目前基于 Chirp 的超宽带调制方式主要有二进制正交键控 (BOK) 和直接调制

(DM)。二进制正交键控调制是在发射端产生 Up-Chirp 和 Down-Chirp 信号来表示输入数据；而直接调制采用一路 Chirp 信号来表达数据符号，数据符号可以是二进制符号，也可以是通过各种调制方式得到的多进制符号。由于 Up-Chirp 和 Down-Chirp 信号存在一定的相关性导致在室内密集多经环境下，性能急剧下降。而直接调制方式虽然可以利用交叠技术提高数据速率，但在同步不理想的情况下也存在较大码间干扰。

发明内容

本发明的目的在于针对已有技术存在的缺陷，提供了一种基于扫频脉冲的超宽带无线通信调制方法，称为基于扫频脉冲的二进制正交键控与移相键控联合调制，以下简称为 Chirp-BOK-BPSK 调制，在不引入脉冲交叠技术的同时提高了与 BOK 调制具有相同时间宽度的扫频脉冲条件下的数据传输速率，避免了由交叠技术带来的码间干扰，同时也为新的基于 Chirp 的 UWB 高效的调制方式的提出开辟了广阔的空间。

本发明第二个目的在于提供了一种实现 Chirp-BOK-BPSK 调制的发射机。

本发明第三个目的在于提供了一种 Chirp-BOK-BPSK 调制信号的接收机。

为达到以上目的，本发明采用以下技术方案：本发明采用基于扫频脉冲的二进制正交键控与移相键控联合调制 Chirp-BOK-BPSK，将二进制数据信息调制到扫频脉冲的正反相位和正反调频斜率上，因此一个扫频脉冲的信息量为 2 比特，属四进制调制。假设要发送的二进制数据为 $b_n \in \{-1, 1\}$ （下标 n 表示第 n 个二进制数据， $n \in (0, +\infty)$ ），其中每一位数据持续时间为 $T_s/2$ ，若令二进制数据 b_n 的第偶数位数据比特 b_{2n+2} 调制发送脉冲正负扫频斜率，二进制数据 b_n 的第奇数位比特 b_{2n+1} 调制发送符号的正反相位，则发射机的输出信号 $s(t)$ 可表示如下：

$$s(t) = \sum_{n=0}^{\infty} b_{2n+1} a(t) \cos[2\pi(f_0 + b_{2n+2} \frac{\mu}{2} t)t] \quad (n - \frac{1}{2})T_s < t < (n + \frac{1}{2})T_s \quad (1)$$

其中 $a(t)$ 为扫频脉冲信号的包络，在这里取

$$a(t) = \begin{cases} 1, (n - 1/2)T_s < t < (n + 1/2)T_s \\ 0, \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

f_0 为扫频脉冲的中心频率， μ 为扫频脉冲的扫频斜率，其值等于 B/T_s ， t 为时间。

根据二进制数据对 $\{b_{2n+2}, b_{2n+1}\}$ 的取值，信号的时域波形共有四种可能的状态分别表

示如下：

$$\begin{aligned}\{+1,+1\} \quad s_1(t) &= a(t) \cos[2\pi(f_0 + \frac{\mu}{2}t)t] \\ \{+1,-1\} \quad s_2(t) &= a(t) \cos[2\pi(f_0 - \frac{\mu}{2}t)t] \\ \{-1,+1\} \quad s_3(t) &= -a(t) \cos[2\pi(f_0 + \frac{\mu}{2}t)t] \\ \{-1,-1\} \quad s_4(t) &= -a(t) \cos[2\pi(f_0 - \frac{\mu}{2}t)t]\end{aligned}$$

所以Chirp-BOK-BPSK调制为四进制调制，整个调制过程包括串并变换、二进制相位调制以及二进制正交键控调制三个步骤，详写如下：

步骤1：发射机首先对二进制数据 b_n 进行串并变换，成为两路信号分别表示为 b_{2n+1} 、 b_{2n+2} 并且每路数据比特的时间宽度变为原来的两倍即 T_s 。

步骤2：在完成串并变换之后，利用其中一路二进制数据 b_{2n+1} 调制扫频脉冲的正反相位，实现Chirp-BOK-BPSK调制中的二进制相位BPSK调制。即（1）式中等号右边的带有下划线的 b_{2n+1} 项，重写如下，

$$s(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \underline{b_{2n+1}} a(t) \cos[2\pi(f_0 + \underline{b_{2n+2}} \frac{\mu}{2}t)t] \quad (n - \frac{1}{2})T_s < t < (n + \frac{1}{2})T_s \quad (3)$$

式中 b_{2n+1} 与 b_{2n+2} 分别表示二进制数据 b_n 的第奇数位比特和第偶数位比特，其他参数与式（1）中相同。

步骤3：利用另外一路二进制数据 b_{2n+2} 调制扫频脉冲的正负扫频斜率，实现Chirp-BOK-BPSK调制中的二进制正交键控BOK调制，即（1）式中等号右边带有下划线的 b_{2n+2} 项，重写如下

$$s(t) = \sum_{n=0}^{\infty} b_{2n+1} a(t) \cos[2\pi(f_0 + \underline{b_{2n+2}} \frac{\mu}{2}t)t] \quad (n - \frac{1}{2})T_s < t < (n + \frac{1}{2})T_s \quad (4)$$

经过以上三个步骤之后，两个比特的信息已分别被调制到了扫频脉冲的相位和扫频斜率上，既完成了Chirp-BOK-BPSK调制。已调制的扫频脉冲的时间宽度为 T_s ，而每一个经过调制的扫频脉冲携带两个比特数据，所以数据传输速率为 $2/T_s$ 。

本发明的发射机为一种实现Chirp-BOK-BPSK调制的发射机，如图3。其主要结构是包括一个串并转换电路（31），将数据转换成两路并行数据，实现本调制方法中的

步骤1；正负扫频斜率选择电路（32），根据输入的二进制数据 b_{2n+2} 来选择具有正扫频斜率的扫频脉冲 (Up-Chirp) $\cos[2\pi(f_0 + \mu t/2)t]$ 和负扫频斜率扫频脉冲 (Down-Chirp) $\cos[2\pi(f_0 - \mu t/2)t]$ ，实现本调制方法中步骤3。

本发明的接收机为一种接收Chirp-BOK-BPSK调制信号的接收机，如图4。其主要结构包括两个相乘器4（1）与4（2），两个积分器4（3）与4（4），两个采样电路4（5）与4（6）和一个判决器4（7），如图3所示。其中相乘器和积分器组成一个匹配滤波器，采样电路用以在扫频脉冲整周期时刻 ($t = nT_s$) 进行采样，判决器对采样到的数据进行判决解调出发射数据。整个接收机结构如图4所示。

本发明的有益效果是：本发明提供的超宽带调制方法引入了基于扫频脉冲的二进制正交键控调制与直接调制相结合的技术，在不引入扫频脉冲交叠技术的情况下提高了单纯的 BOK 调制或者单纯的 BPSK 调制的数据速率，同时也为性能更加优良的基于扫频脉冲的超宽带调制及多址方法的出现开辟了广阔的空间。

附图说明

图1是Chirp-BOK-BPSK调制中，扫频脉冲的频率变化与二进制数据的关系。其中，1为二进制数据+1时对应的扫频脉冲频率与时间的关系曲线，2为二进制数据-1时对应的扫频脉冲扫频率与时间的关系曲线。

图2是Chirp-BOK-BPSK调制中，扫频脉冲的相位与二进制数据的关系。其中，21为二进制数据+1时，对应得扫频脉冲的相位与时间的关系曲线，22为二进制数据-1时，对应得扫频脉冲的相位与时间的关系曲线。

图3是基于Chirp-BOK-BPSK调制的发射机原理图。其中，31为一个串并转换器，输入为一串信号输出两路并行信号，32为快速选择电路，根据输入的二进制数据 b_{2n+2} ，选择Up-Chirp与Down-Chirp中的一个作为输出，33为扫频脉冲发生器件，用以产生Up-Chirp脉冲，34为扫频脉冲发生器件，用以产生Down-Chirp脉冲，35为乘法器，跟据输入的二进制数据 b_{2n+1} 对扫频脉冲进行调相。

图4是基于Chirp-BOK-BPSK调制的接收机原理图。其中，41为乘法器，其输入端为接收信号 $r(t)$ 与本地模板信号 $\phi_1(t)$ ，42为乘法器，其输入为接收信号 $r(t)$ 与本地模板信号 $\phi_2(t)$ ，43为积分电路，对 $r(t)$ 与 $\phi_1(t)$ 的乘积进行积分，44为积分电路，对 $r(t)$

与 $\phi_2(t)$ 的乘积进行积分, 45为采样电路, 在 $t = nT_s$ (n 为整数) 时刻对积分电路43的输入进行采样, 46为采样电路, 在 $t = nT_s$ (n 为整数) 时刻对积分电路4的输入进行采样, 47为一个判决器, 其输入为采样电路46和采样电路47的输出, 用以恢复原始数据 b_n 。

图5是时间上被压缩的具有极高时间带宽积的波形图。

图6是时间上被扩散的波形图。

图7是 Chirp-BOK-BPSK 调制信号的时域波形图。其中, (a) 是 Up-Chirp 波形, (b) 是 -Up-Chirp 波形, (c) 是 Down-Chirp 波形, (d) 是 -Down-Chirp 波形。

具体实施方式

本发明的一个优选实施例结合附图说明如下:

参见图1和图2, 本基于扫频脉冲的超宽带通信调制方法, 采用扫频脉冲的二进制正交键控与移相键控联合调制 Chirp-BOK-BPSK, 将二进制正交键控 BOK 与直接调制 DM 相结合, 在不引入交叠技术的同时提高了与 BOK 调制具有相同时间宽度的扫频脉冲条件下的数据传输速率, 避免了由交叠技术带来的码间干扰; 具体操作步骤如下:

Chirp-BOK-BPSK 调制是靠扫频脉冲不同的扫频斜率及其相位来传送二进制数据信息的一种调制方式, 是四进制调制。设输入到 Chirp-BOK-BPSK 调制器的二进制数据信息为: $b_n \in \{-1, 1\}$, $n \in [0, +\infty)$, 设每比特数据的时间宽度为 $T_s/2$; $a(t)$ 为矩形脉冲, 或者能够减小码间干扰的波形 (如三角脉冲、升余弦脉冲、高斯脉冲等), 为表达简单, $a(t)$ 取矩形波形:

$$a(t) = \begin{cases} 1, (n-1/2)T_s < t < (n+1/2)T_s \\ 0, \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

因 Chirp-BOK-BPSK 调制为四进制调制, 因此在数据输入调制器之前, 首先对二进制数据 b_n 进行串并变换, 成为奇数位比特和偶数位比特两路信号分别表示为 b_{2n+1} 、 b_{2n+2} 并且每路数据比特的时间宽度变为原来的两倍即 T_s , 然后利用 b_{2n+1} 调制扫频脉冲的正反相位, 而 b_{2n+2} 调制扫频脉冲的正负扫频斜率, 扫频脉冲的时间宽度为 T_s , 这样每一个经过调制的扫频脉冲将会携带两个比特数据, 所以数据传输速率为 $2/T_s$ 。因此调制器根据输入比特的不同共有四种不同的扫频波形输出, 分别表示数

据信息为+1+1、+1-1、-1+1和-1-1时的信号表达式：

$$s_1(t) = a(t) \cos[2\pi(f_0 + \frac{\mu}{2}t)t], (n-1/2)T_s < t < (n+1/2)T_s$$

$$s_2(t) = a(t) \cos[2\pi(f_0 - \frac{\mu}{2}t)t], (n-1/2)T_s < t < (n+1/2)T_s$$

$$s_3(t) = -a(t) \cos[2\pi(f_0 + \frac{\mu}{2}t)t], (n-1/2)T_s < t < (n+1/2)T_s$$

$$s_4(t) = -a(t) \cos[2\pi(f_0 - \frac{\mu}{2}t)t], (n-1/2)T_s < t < (n+1/2)T_s.$$

本实施例的发射机为基于扫频脉冲的二进制正交键控与移相键控联合调制 Chirp-BOK-BPSK的发射机，如图3所示。Chirp-BOK-BPSK发射机主要有串并变换电路(31)、正负扫频选择电路(32)、扫频脉冲发生器(33、34)和一个乘法器(35)组成。其中串并转换电路将输入的二进制数据 b_n 转换成两路 b_{2n+1} 、 b_{2n+2} 并将其时间宽度变为原来的两倍；正负扫频选择电路根据数据 b_{2n+2} 选择正扫频斜率脉冲或者负扫频斜率脉冲；扫频脉冲发生器分别用来产生正扫频斜率脉冲、负扫频斜率脉冲；乘法器的主要作用是实现扫频脉冲的相位调制，其两个输入分别为数据 b_{2n+1} 和(33)或者(34)产生的一个扫频脉冲波形，其输出即为已调制的Chirp-BOK-BPSK信号。

本实施例的接收机为基于扫频脉冲的二进制正交键控与移相键控联合调制 Chirp-BOK-BPSK的接收机，如图4所示。相干解调模块主要实现对接收到的已调扫频脉冲的压缩，当接收到的脉冲于本地模板信号相匹配时产生具有极高时间带宽积的扫频脉冲如图(5)，否则接收到的脉冲将会在时间上被扩散，如图(6)所示。采样电路在 $t = nT_s$ 处对已压缩的脉冲进行采样。判决器根据采样电路的两路输出进行判决进而恢复出原始数据 b_n 。

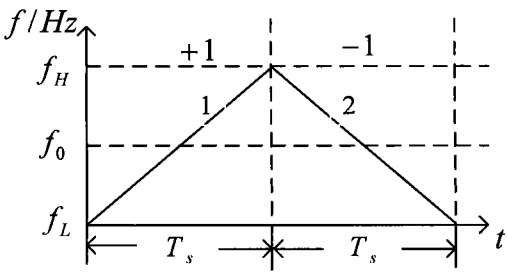


图 1

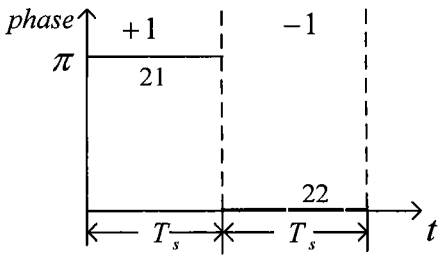


图 2

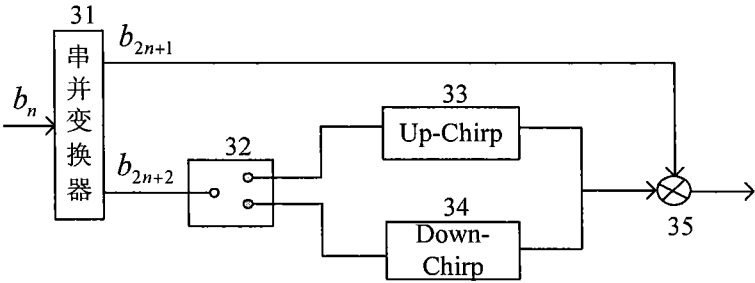


图 3

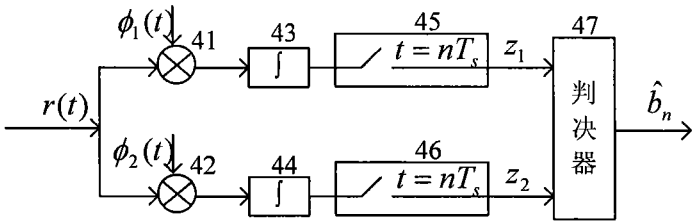


图 4

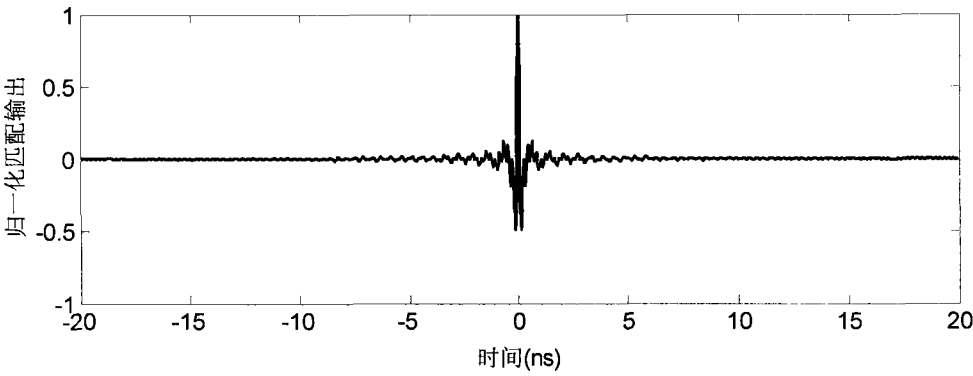


图 5

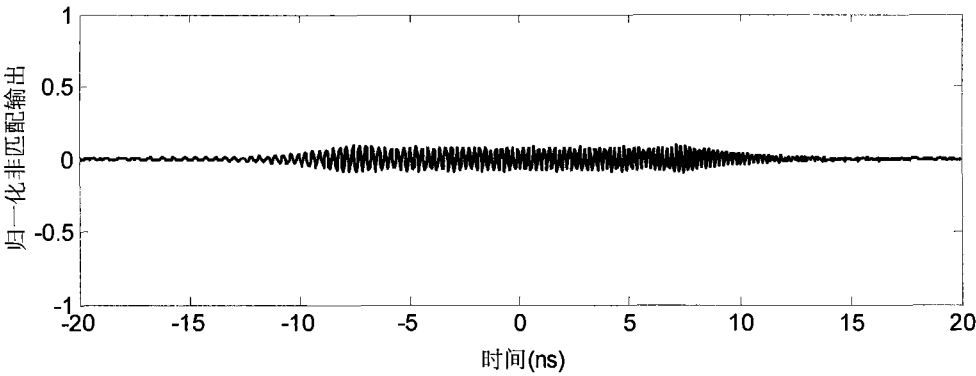


图 6

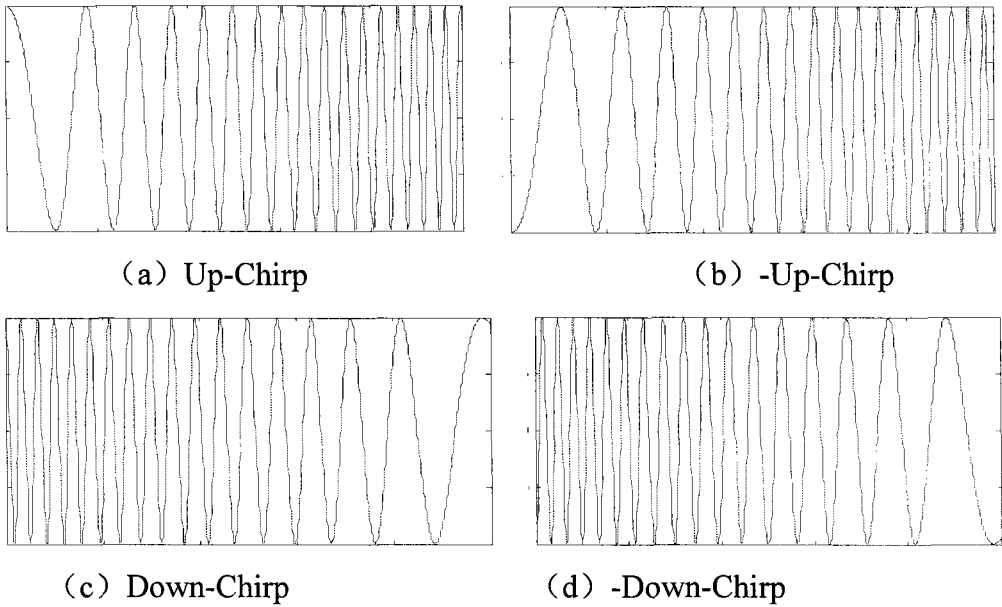


图 7