

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01V 1/02

G01V 1/00



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01800205.6

[45] 授权公告日 2005 年 1 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 1186646C

[22] 申请日 2001.2.9 [21] 申请号 01800205.6

[30] 优先权

[32] 2000. 2. 14 [33] FR [31] 00/01792

[86] 国际申请 PCT/FR2001/000379 2001.2.9

[87] 国际公布 WO2001/059481 法 2001.8.16

[85] 进入国家阶段日期 2001.10.12

[71] 专利权人 法兰西气体公司

地址 法国巴黎

[72] 发明人 J·默尼耶

审查员 杨永康

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

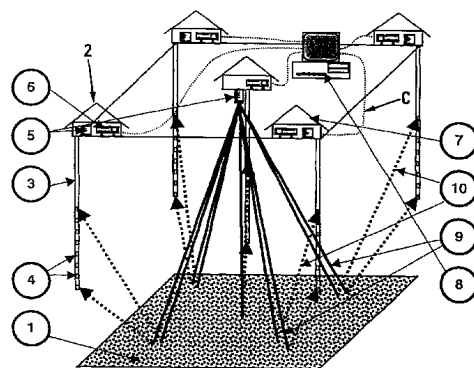
代理人 李家麟

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称 同时使用几个地震源对一个地下区域进行地震监视的方法

[57] 摘要

- 用于对地下区域(1)进行地震监视的方法和系统, 它包括同时使用几个地震振子。 - 例如, 该系统包括几个本地单元, 每个本地单元包括振子(5)、地震拾取天线(2)、本地捕获与处理单元(6), 以及通过正交信号同时控制各振子的中央控制与同步单元(8)。本地单元(6)适合于通过特定的处理来隔绝和重新组建对应于各振子的贡献的地震图。 - 应用: 对生产期间的一个碳氢化合物储库进行监视, 或者, 对用于(例如)存储气体的储库进行监视。



1. 一种用于对地下构架(1)进行地震监视的方法,所述方法包括在该构架中发射地震波、响应于地震波的发射而接收由该构架反射的信号、记录由至少一个地震拾取器(4)接收的信号,以及通过处理所记录的信号来建立地震图,其特征在于,

所述的发射是通过将至少两个同时发射和受正交信号控制的振子(5)与所述构架耦合起来来执行,从而形成一个合成振动信号,所述正交信号基于子波、勒让德多项式或随机系列,或者由在正弦波的基频分量和正弦波的各谐频分量中不同频率的正弦波组成;

所述的处理包括辨别所述振子对所述合成振动信号的各自贡献,以及重构地震图,所述地震图等效于通过分别激励所述振子而获取的地震图。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,辨别振子的各自贡献是通过在施加于所述振子的导频信号的基频处确定合成振动信号的振幅和相位来进行的。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,辨别振子(5)的各自贡献包含用钟形加权因子(13)对所记录的信号进行加权,以及确定合成信号的振幅和相位。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其特征在于,辨别振子的各自贡献包括选择所述信号的傅立叶变换的相应谱线。

5. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,在地震图分离之后通过对所述幅度和相位实施逆傅立叶变换,来重构与各振子对应的地震图。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,使分别施加于各振子的正交导频信号的频率在预定的时间间隔内频移一些频率间隔,以便扫描某一特定的发射频带 $[f_b-f_f]$ 。

7. 一种用于通过在地下构架中发射地震振动、响应于地震波的发射而接收由所述构架反射的信号、记录所接收的信号、以及处理所记录的信号以便形成地震图而对所述地下构架进行地震监视的系统,它包含:

多个本地单元,每个本地单元包括至少一个与所述地下构架耦合的振子(5)和多个用于接收所述信号的诸如天线的传感器(4);

通过实体链或电磁链与各个本地单元连接的一个中央控制与同步单元

(8)，包括产生正交信号并将所述正交信号分别施加于振子(5)从而在所述地下构架中产生一合成振动信号的信号发生器，所述正交信号由其基频分量中以及在其各个谐波中不同频率正弦波组成；以及

用于执行所述振子对所述复合振动信号的各自贡献的辨别以及对地震图的重构的处理装置，所述地震图等效于通过分别激励所述振子而获取的地震图。

8. 如权利要求 7 所述的系统，其特征在于，所述处理装置包括分别设置在各个本地单元中的多个处理器。

9. 如权利要求 7 所述的系统，其特征在于，所述处理装置位于所述中央控制和同步单元(8)中。

同时使用几个地震源对一个地下区域进行地震监视的方法

技术领域

本发明涉及用于对某一地下区域(例如, 一个储库)进行地震监视的方法和装置, 包括同时使用几个地震振子。

技术背景

众所周知, 在生产期间, 通过一种地震系统来长期监视储库(碳氢化合物储库或用于存储气体的储库等)的状态变化。该地震系统包括地震脉冲源或地下发射地震波的地震振子(seismic vibrator), 以及接收装置。该接收装置包括安放在表面或井中并与将被监视的地下构造耦合的地震拾取器。在预定的时间间隔中执行地震探测, 接收由底土层中断反射的波和记录地震图, 以便通过比较来确定因储库的变迁而在其中发生的各种变化。

例如, 在专利 EP-591,037、(US-5,461,594)、FR-2,593,292、(US-4,775,009)、FR-2,728,973、(US-5,724,311)或 FR-2,775,349 中, 描述了各种长期地震监视系统。

专利 FR-2,728,973 和 FR-2,775,349 尤其描述了用于对变迁期间对地下区域(例如, 碳氢化合物储库或气体储库)进行地震监视的系统。如图 1 至 3 所示, 它们包括(例如)一个地震天线 2 的网络, 该网络包括地下钻出的井 3 并按规则间隔安放的一系列地震拾取器 4 中的每个地震拾取器。这个网络可以是规则的(如图 2 所示), 也可以是不规则的。拾取器可以是垂直向的单向地下听音器或多轴地下听音器(三听音器(triphones))和/或水下听音器。地震源 5 位于每一天线 2 的附近。压电类型的振子(例如, 以申请者联合名义提交的专利申请 FR-99/04,001 中所描述的那些振子)可以良好地用作信号源并被永久安装在紧贴每一天线 2 的地方。

由该地震源 5 或由每个地震源 5 产生的地震波向下传播(下行波 9)。这些入射波首先由每口井 3 中的接收器 4 记录。区域断面(地震分界面)上反射的波向上传播。这些上行波 10 也由各接收器 4 记录。上行波和下行波就这样被重叠在地震图上。它们通常通过类似于本领域中普通技术人员所熟知的 VSP(垂

直地震剖面图)的处理方法来进行处理。

地震系统的各信号源可以被顺序启动,只要在每次触发之间具有充分的时间来接收由被勘测区域反射的波即可。也可以采用和同时触发发射相同信号的几个地震源,以便增加所发射的功率。

专利 FR-2,589,587(US-4,780,856)中还描述了一种海洋地震勘测方法,该方法包括由一个振子或同时由几个按照随机码编码的振动信号控制的振子来发射地震波。

发明概述

本发明的方法使得能够对地下构架进行地震监视。它包括:

一通过将至少两个同时发射和由正交信号控制的振子与该构架耦合在该构架中发射地震波,以便形成合成振动信号1,

一根据地震波的发射,接收由该构架反射的信号;

一记录由至少一个地震拾取器接收的信号;以及,

一通过处理所记录的信号(包括辨别振子对合成振动信号的各贡献,以及重新构成等同于将通过分开激励振子来获取的那些地震图)来构成地震图。

例如,将其基频分量和其各个谐频分量中不同频率的正弦信号或基于子波、勒让德多项式或随意系列等的信号用作正交信号。

尤其在所发射的正交信号是正弦波的情况下,通过确定作用于振子的导频信号的基频处合成振动信号的振幅和相位,来(例如)执行对振子的辨别。

例如,辨别振子各项贡献包括用一个钟形(bell)加权的(或渐缩的)因子对所记录的信号进行加权,以及确定合成信号的振幅和相位。

为了辨别振子各项贡献,例如,可通过分别对与各种加权信号相关的复合频谱线的傅立叶变换来进行选择。

例如,通过在其分离之后对与各加权信号相关的频谱线进行逆向傅立叶变换,来重新构成对应于各振子的地震图。

根据一种实施模式,在预定的时间内,分别将作用于各振子的正交导频信号移位某些频率间隔,以扫描某一特定的发射频带。

本发明用于对地下构架进行地震监视的系统包括,在该构架(包括至少两个振子)中发送地震振动的装置、用于产生正交信号并将它们分别应用于振子以便在该构架中产生合成振动信号的装置、根据发射的地震波接收由该构架

反射的信号、记录由接收装置接收的信号、以及处理所记录的信号以建立地震图的装置，它包括至少一台计算机，以便辨别振子对合成振动信号的各项贡献和重新构成等同于将通过分开激励振子来获取的那些地震图。

根据第一种实施模式，该系统包括安放在彼此相隔一段距离的地方并与构架耦合的至少两个本地单元，每个单元包括至少一个地震拾取器、地震振子、用于捕获和处理所接收的信号的本地设备，以及与各单元相连的中央控制与同步单元(包括用来将正交振动导频信号作用于振子的发生器)。

根据另一种实施模式，该系统包括安放在彼此相隔一段距离的地方并与构架耦合的至少两个本地单元，每个单元包括至少一个地震拾取器、一个地震振子，以及通过一种材料(例如，电缆)或非实质链接(无线电)连接到各本地单元的一个中央控制与同步单元，它包括用来形成各种正交振动导频信号的信号发生器，以及用于捕获由各天线接收的信号和重新构成对应于各振子的贡献的地震图的装置。

例如，接收装置包括至少一个天线，该天线包括在构架钻出的井中所安置的几个地震拾取器，并被连接到记录装置。

附图简述

通过阅读后文中非限制性例子的描述并参照附图，读者将了解本发明的方法和系统的其他各种特征与优点。图中：

图 1 用描绘了用于监视地下构架的系统，它包括几个信号发射与捕获单元；

图 2 示出了在表面处监视装置分布的一个例子；

图 3 示出了包括安放形成天线的地震拾取器的信号发射与捕获单元；

图 4 示出了图 1 中监视系统的一种变异形式，其中，地震信号捕获装置被集中在一个中心站；

图 5 示出了用于实现该方法的算法的各个不同阶段；以及，

图 6 示出了两个发射点 X1、X2 与一个公共接收点之间波的路径。

详细描述

本发明的方法使用一系列地震拾取器和由所选不同频率的信号同时激励

的多个振子，在某一地下区域中进行的地震监视操作，从而可辨别从所接收和所记录的信号建立的地震图上的每个信号源所作的贡献。这通常是通过控制各种信号源来实现的，可利用本技术领域中的技术人员众所周知的称作“正交函数”的《正交》信号来表现函数，也可利用众所周知的数字计算技术，例如用逆傅立叶转换，来分离地震图上从各振子捕获的贡献，后文中将通过以下符号进行说明：

• 卷积	*
• 相关	★
• 发射长度	t_s (秒)
• 收听时间	t_e (秒)
• 取样间隔	t_i (秒)
• 初始频率	f_b (赫兹)
• 最终频率	f_f (赫兹)
• 基频	$f_1 = 1/t_e$ (赫兹)
• 线宽	f_d (赫兹)

A - 正交函数

在一段时期 t_s 内，我们考虑由位于点 X_1 和 X_2 (图 6) 处的两个信号源 S_1 和 S_2 发射的频率分别是 f_1 和 f_2 的两个单位正弦信号 P_1 和 P_2 ，其值与 $1/f_1$ 和 $1/f_2$ 相比要大得多。

$$P_1 = \sin 2\pi f_1 t$$

$$P_2 = \sin 2\pi f_2 t$$

在一个接收点 R ，从单独发射的信号源 S_1 接收的信号所记录的地震图是： $T_1 = A_1 \sin(2\pi f_1 t - \Phi_1)$ ，其中的 Φ_1 是相位迟延。

同样，在同一点 R ，从单独发射的 S_2 观察到的地震图是： $T_2 = A_2 \sin(2\pi f_2 t - \Phi_2)$ ，其中的 Φ_2 也是一个相位迟延。

如果 S_1 和 S_2 同时进行发射，则发送的地震波的线性关系是，在 R 处接收的波的地震图是 T_1 和 T_2 的和。

此外，如果 $f_1 \neq f_2$ ，则

$$P_2 \star P_1 = 0 \quad (A)$$

$$T \star P_1 = T_1 \star P_1 \quad (B), \text{ 和}$$

$$T \star P_2 = T_2 \star P_2 \quad (C)。$$

公式(A)表示信号 P_1 和 P_2 的正交性；公式(B)和(C)表示将合成信号 T 分成其两个部分的可能性。该特性在理论上适用于发射任何数量的不同频率的正弦波，或更加精确的说，是发送任何数量的正交信号的信号源，但是，在实践中，由于以下现象，信息源的数量必须受到限制。这些现象是：

a) 不能被忽略的机械信号源的失真。当它发射频率 f_i 时，信号源 S_i 也发射频率为 $2f_i$ 、 $3f_i$... nf_i 的信号。结果，如果 f_i 和 f_j 是信号源阵列的两个信号源 S_i 和 S_j 各自的频率，则我们必须有 $f_i \neq f_j$ ，以及 $f_i \neq 2f_j$ 、 $f_i \neq 3f_j$... $f_i \neq nf_j$ ；

b) 发射长度(t_s)必须被缩减的性质，这是利用通过截取的傅立叶变换的线(脉冲)卷积在频率域中表达的。如果后者是突发的(乘以一矩形波长度 t_s)，则它是一个很宽的衍射函数。如果它是渐变的(例如，乘以钟形(bell)曲线、高斯曲线或 Hanning 函数)，则它是另一个钟形函数，其宽与截取的长度成反比；以及，

c) 信号源的缺陷，这会影响它们的稳定性和所发射的频率的精确性。实践中，可以考虑这种缺陷只对增加线宽有影响。

最简单的正交函数是不同频率的正弦曲线。也可以使用其他的正交函数：基于勒让德多项式、子波、随机系列等的函数。

B - 傅立叶变换的可逆性

现在我们不发射振幅为 A_i 、相位为 Φ_i 以及频率为 f_i 的正弦波 T_i ，如果发射合成信号 P_t (包括 N 个正弦波 $\{f_i, A_i, \Phi_i\}$ 的和， $1 \leq i \leq N$)，那么，所有的频率包含于两个极限频率 f_b 与 f_f 之间包括的频带中，在点 R 处观察到的地震图 T_t 将在频率 f_i 处进行的傅立叶变换时具有与正弦曲线 T_i 的振幅和相位相等的振幅 A_i 和相位 Φ_i 。这样，通过连续发射所有频率 f_b 至 f_f 的正弦波，通过逆傅立叶变换，就可以重新构成地震图 T_t 。

例如，在所有振幅 A_i 等于 1、所有相位 $\Phi_i = 0$ 的情况下，获取的信号 P_t 非常接近由 $[f_b-f_f]$ 范围(扫描)中包含的一个滑频(sliding frequency)信号的交叉相关产生的信号，通常用于地震振动的方法中。根据离散傅立叶变换理论，本技术领域的普通技术人员都知道，如果想在时间 t_e 内收听信号源 S_i ，

则正弦波之间的频率增量是 $\Delta f = 1/t_e$ ，所需正弦波的数量 $N_f = (f_f - f_b)t_e$ 。

因此，如果由各种不同的振子同时发射的正弦波的各个频率都不同，则被安装在该现场中的 N 个振子可以同时通过振动信号来激励。这些振动信号的频率使每个信号源可由以上 N_f 个正弦波中的每个正弦波随时连续启动。根据同时发射的各信号，通过选择合适频率下的谱线来实现对由现场中拾取器接收的信号的分选。

图5示出了该方法的各阶段。各频率 af_0 、 bf_0 、 cf_0 、 df_0 等的正弦导频信号11同时被作用于安装在现场中的各地震源5，选择系数 a 、 b 、 c 、 d 等，从而这些频率彼此不同并与其各自的谐波不同。这些频率是基频 f_0 的整倍数。

通过记录由各天线4的拾取器接收的波而获取的地震图12是将通过按顺序激励信号源5而获取的地震图的线性组合。

然后，通过将所记录的信号乘以钟形加权因子(称作“渐缩因子13”)，对记录的信号进行加权，以便形成渐缩或加权信号14。然后，计算渐缩信号的傅立叶变换的实部15和虚部16。每个部分都包括彼此分离的脉冲。然后，对于每个信号源5而言，只保留形成由该信号源发射的信号的傅立叶变换的复数值的实数17和虚数18。

当信号源发射所有编程的频率时，各数字集17和18构成与该信号源有关的地震图21的实部19和虚部20。该地震图是通过逆傅立叶变换而得到的。

根据该方法的第一个例子，该系统包括多个本地单元LU，每个本地单元包括通过电缆(未示出)连接的天线2和本地捕获与处理装置6(图1、2)；例如，各种振子通过电缆C被连接到中央控制与同步单元8，该单元包括一个信号发生器(未示出)，用来为各振子5生成以上所定义的正交导频信号。

根据另一种实施模式(图4)，各接收天线2通过电缆C连接到中央控制与同步单元8，该单元执行的任务是：为各种信号源5生成合成信号，捕获和记录由拾取器4接收的信号，并处理所捕获的信号。

当然，电缆C一般可由任何材料或非实线的链接(无线电链接、光纤等)所替代。

本地捕获与处理装置6和/或中央控制与同步单元8包括已被编程以进行处理用的计算机(例如PC机)，用于隔绝和重新组建对应于本说明书中所限定的各种振子5的贡献的地震图。

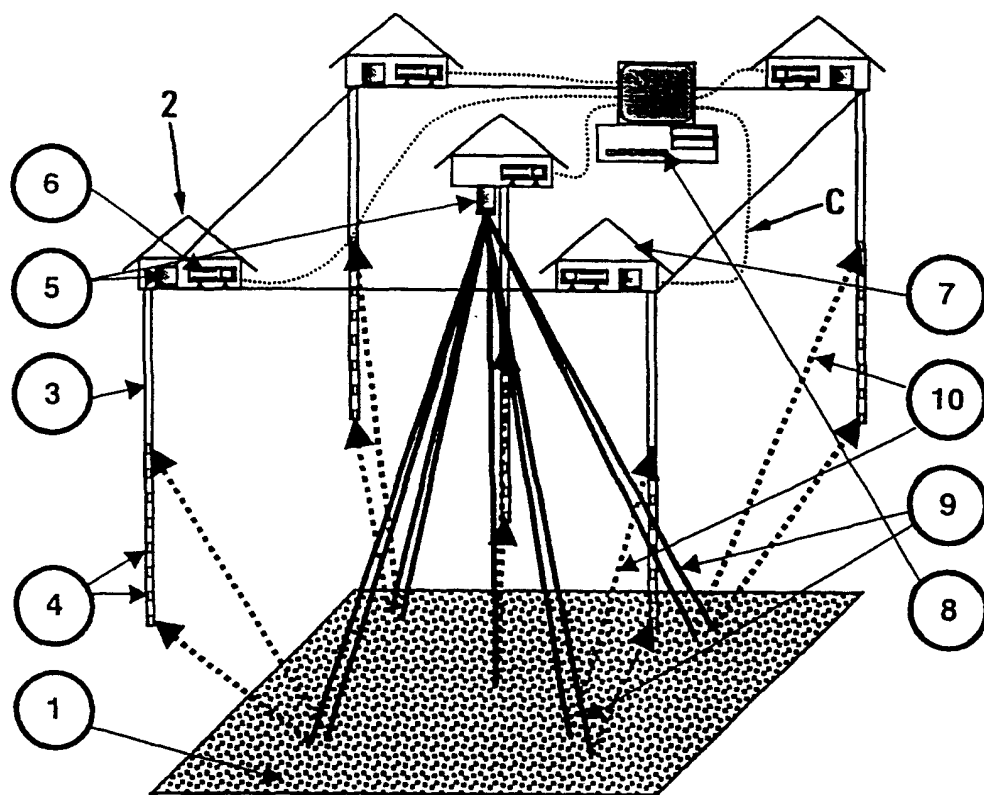


图 1

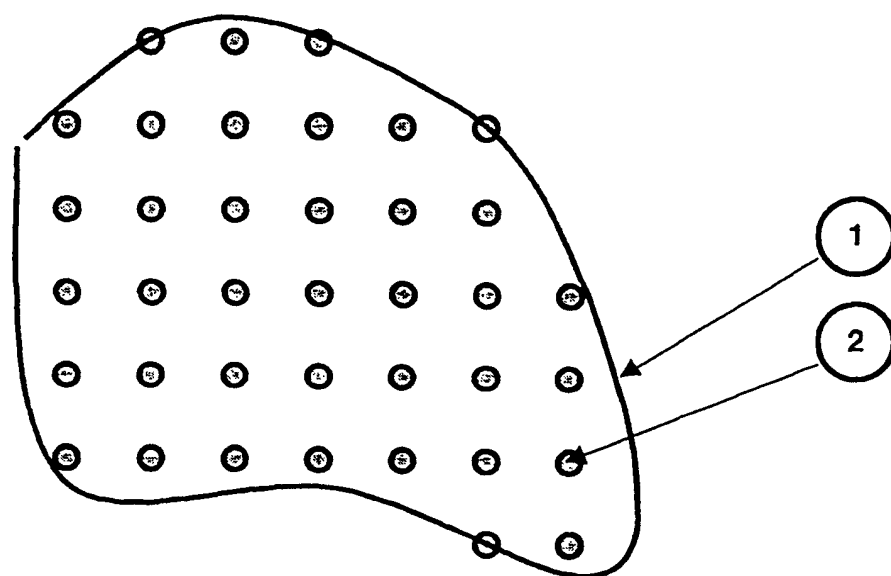


图 2

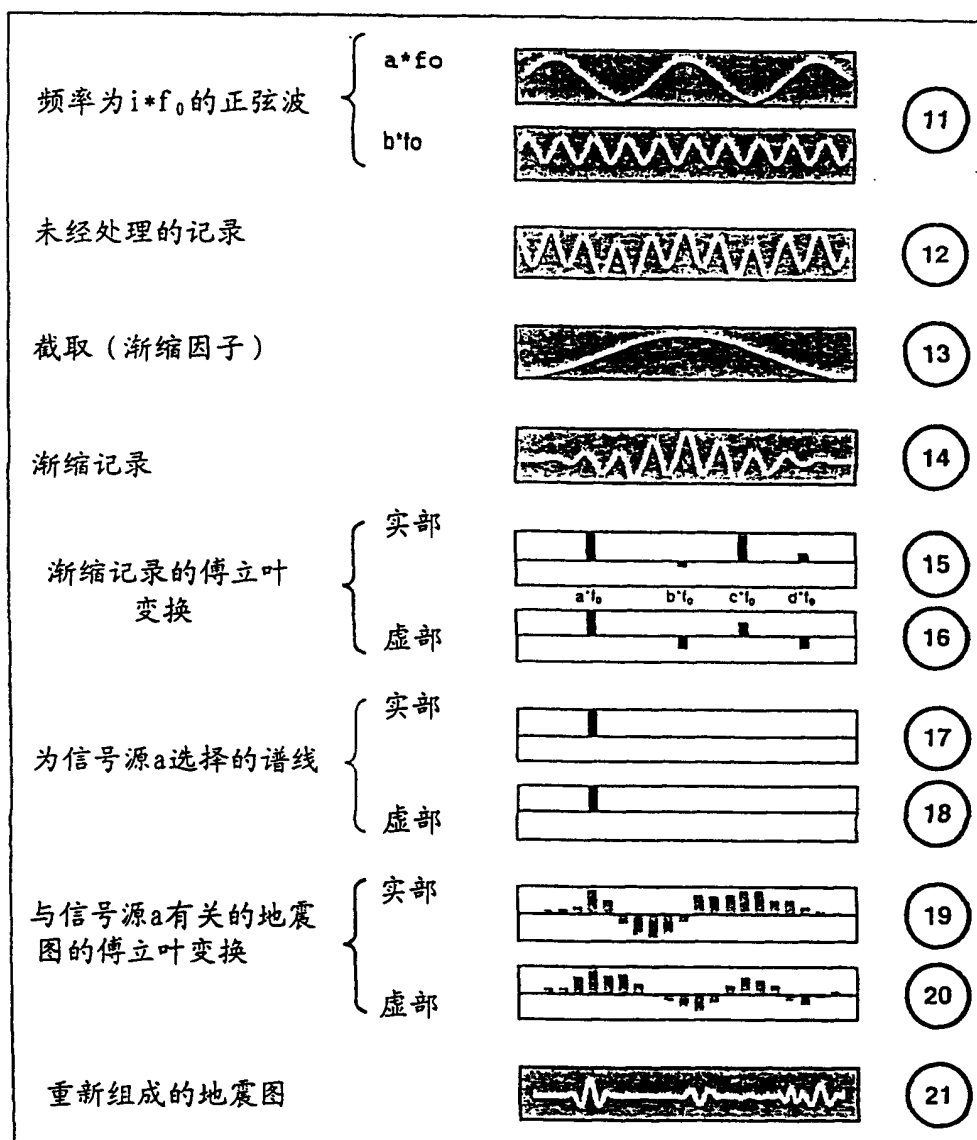


图 5

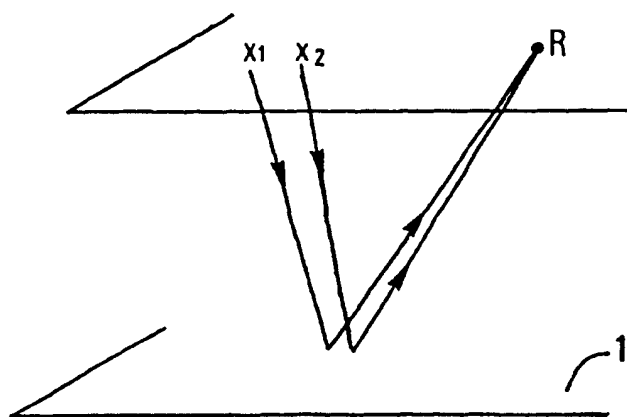


图 6