(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105102941 B
(45)授权公告日 2018.05.25

(21)申请号 201480019412.8

(22)申请日 2014.03.27

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105102941 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(30)优先权数据
13163150.9 2013.04.10 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.09.29

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2014/056141 2014.03.27

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2014/166747 DE 2014.10.16

(73)专利权人 VEGA格里沙贝两合公司
地址 德国沃尔法赫

(72)发明人 罗兰·韦勒 卡尔·格里斯鲍姆 米夏埃尔·菲舍尔

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 丁永凡 张春水

(51)Int.Cl.
G01F 23/28(2006.01)

(56)对比文件
US 5504490 A,1996.04.02,全文.
CN 101384886 A,2009.03.11,全文.
EP 2116819 A1,2009.11.11,全文.
CN 101825486 A,2010.09.08,全文.
安飞.基于DSP的FMCW雷达物位计的算法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑》.2010,第6-33页.
张敏 等.小波变换在雷达物位计信号处理中的应用.《自动化仪表》.2011,第32卷(第2期),第23-25页.

审查员 刘盛

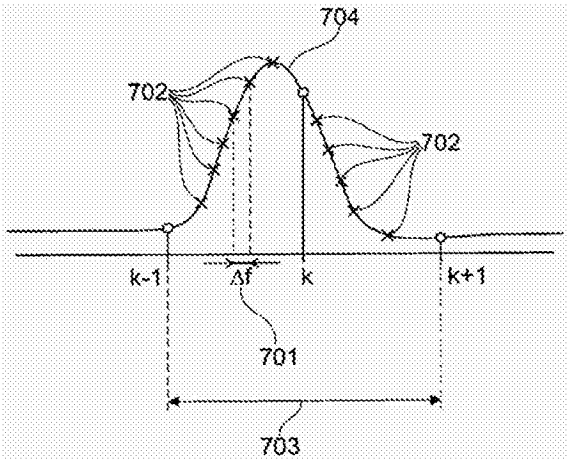
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

以局部不同的分辨率进行的回波曲线确定

(57)摘要

为了通过按照FMCW原理工作的物位测量仪来确定回波曲线,从相应的扫描值中以第一分辨率计算回波曲线。然后利用DTFT逻辑以更高的、第二分辨率来计算回波曲线的特定的部段。由此,能够降低计算回波曲线所必需的耗费。



CN 105102941 B

1.一种用于通过按照间距测量法工作的物位测量仪来确定回波曲线的方法，所述物位测量仪在确定物位期间对由其接收的测量信号进行频谱分析，所述方法具有下述步骤：

检测测量信号，所述测量信号为由所述物位测量仪发出并且至少在介质的表面上反射的发送信号；

将检测到的所述发送信号转换成中频信号；

在离散的时间点扫描所述中频信号；

利用快速傅里叶变换，将通过扫描获得的扫描值从时域变换成频域，并且从所述扫描值中以第一间距计算回波曲线的第一采样点；

利用离散傅里叶变换，从所述扫描值中以比所述第一间距小的第二间距计算所述回波曲线的在所述回波曲线的限定区域之内的部段的其他的第二采样点，所述限定区域相应于与介质的表面相对应的回波的位置，

其中其他的所述第二采样点相对于其相邻的采样点分别具有预设的频率间距Δf，并且所述频率间距Δf沿着所述限定区域变化。

2.根据权利要求1所述的方法，

其中所述发送信号为调频信号、电磁信号或者光信号。

3.根据权利要求1或2所述的方法，

其中所述物位测量仪根据FMCW原理工作。

4.根据权利要求1或2所述的方法，

其中所述限定区域具有刚好三个扫描值；并且

其中这三个扫描值中的中间的扫描值与其他两个扫描值相比具有较大的振幅。

5.一种高分辨率的物位测量仪(401)，所述物位测量仪按照间距测量法工作，所述物位测量仪在确定物位期间对由其接收的测量信号执行频谱分析，所述物位测量仪具有：

用于检测测量信号的天线(102)，所述测量信号为由所述物位测量仪发出并且至少在介质(106)的表面(105)上反射的发送信号(114)；

用于将检测到的所述发送信号转换成中频信号(201)的高频单元(103)；

用于在离散的时间点(302,303,304)扫描所述中频信号的扫描单元(107)；

回波曲线生成单元(402)，用于：

从扫描值中，利用快速傅里叶变换，以第一间距计算回波曲线的第一采样点；

利用离散傅里叶变换，以比所述第一间距小的第二间距计算所述回波曲线的在所述回波曲线的限定区域之内的部段的其他的第二采样点，所述限定区域相应于与介质的表面相对应的回波的位置，

其中其他的所述第二采样点相对于其相邻的采样点分别具有预设的频率间距Δf，并且所述频率间距Δf沿着所述限定区域变化。

6.根据权利要求5所述的高分辨率的物位测量仪(401)，所述物位测量仪构成为用于执行根据权利要求1至4中任一项所述的方法。

7.一种计算机可读介质，在所述计算机可读介质上存储有程序元件，所述程序元件当其在物位测量仪的处理器上执行时推动所述处理器执行根据权利要求1至4中任一项所述的方法。

以局部不同的分辨率进行的回波曲线确定

技术领域

[0001] 本发明涉及一种回波曲线的确定。本发明尤其涉及一种用于通过按照间距测量法工作的物位测量仪来确定回波曲线的方法，所述物位测量仪在确定物位期间对由其接收的测量信号执行频谱分析，并且涉及一种高分辨率的物位测量仪、一种程序元件和一种计算机可读介质。

背景技术

[0002] 本发明所基于的物位测量仪按照间距测量法工作，其中对接收到的测量信号执行频谱分析。

[0003] 在此，例如能够为按照FMCW原理(FMCW:Frequency Modulated Continuous Wave，调频连续波)工作的物位测量仪。其他合适的物位测量仪按照SFCW原理(SFCW:Stepped Frequency Continuous Wave，步进频率连续波)或者其他的间距测量法工作，所述其他的间距测量法在信号评估的范围中需要频谱分析。

[0004] 尤其考虑按照自由辐射雷达原理、引导微波原理、超声测量法、或者也借助于激光束工作的物位测量仪。这种物位测量仪例如能够连接到4mA至20mA的供电装置上。

[0005] 物位测量仪朝向填充物料表面的方向放射发送信号。所述信号随后由填充物料表面并且可能由容器底部、在不同的填充介质之间的分离层或者由容器中的干扰部位反射，并且由物位测量仪接收。

[0006] 随后，经过反射的、被接收的发送信号(下面也称作接收信号或者测量信号)经受信号处理，其中根据所述信号确定物位。

[0007] 在所述信号处理期间，能够对通常为波状的接收信号进行扫描并且随后能够根据扫描值计算所谓的包络曲线，下面也称作回波曲线。随后，能够对包络曲线或者回波曲线进一步进行分析。

[0008] 因此，例如可能的是，在回波曲线中标记局部最大值(下面也称作回波)并且将所述回波标记成发送信号的在填充物料表面上反射的信号分量。在该情况下，所述回波在回波曲线中的位置因此对应于容器中的填充物料表面的实际的、局部的位置。

发明内容

[0009] 本发明的目的是提出一种通过按照间距测量法工作的物位测量仪进行的包络曲线计算，所述物位测量仪在确定物位期间对由其接收的测量信号执行频谱分析，所述包络曲线计算能够以尽可能少的耗费实现尽可能精确地确定物位。

[0010] 该目的通过本发明的特征来实现。本发明的改进方案在下面的描述中得出。

[0011] 根据本发明的第一方面，提出一种用于通过按照间距测量法工作的物位测量仪确定回波曲线的方法，所述物位测量仪在确定物位期间对由其接收的测量信号执行频谱分析。在该方法中，首先检测测量信号，所述测量信号为由物位测量仪发出并且至少在介质的表面上(即尤其在填充物料表面上)反射的发送信号。随后，将检测到的发送信号转换成中

频信号，所述中频信号被在离散的时间点扫描。将通过扫描中频信号获得的扫描值必要时在数字化之后从时域变换成频域。随后，通过变换成频域的扫描值，以第一分辨率形成回波曲线。随后或者同时，以高于第一分辨率的第二分辨率进行回波曲线的位于回波曲线的限定区域之内的部段的计算。

[0012] 换言之，回波曲线的不同部段以不同分辨率计算。以这种方式，可能的是，以较高的分辨率计算回波曲线的非常感兴趣的部段。例如在此能够为包括填充物料回波的区域。

[0013] 也可能的是，以较高的分辨率计算回波曲线的多个部段，例如所有具有回波的部段。在此处要指出的是，回波曲线原则上能够具有多个回波，然而其中仅一个回波归因于发送信号在填充物料表面上的直接反射。其他的回波例如为归因于多次反射、或者归因于在容器内部配件上、在容器底部上、在分离层或者干扰部位上的反射的回波。

[0014] 例如，利用快速傅里叶变换(FFT)以第一分辨率从通过扫描获得的扫描值来计算回波曲线，所述快速傅里叶变换将扫描值变换成频域并且在频域中计算回波曲线的采样点。在此，快速傅里叶变换利用所有通过扫描获得的扫描值，以便以较粗的第一分辨率计算回波曲线。

[0015] 因此，如果根据所述回波曲线以第一分辨率确定回波曲线的例如为填充物料回波的感兴趣的回波所处的部段，那么在回波曲线的该部段中以高于第一分辨率的第二分辨率计算回波曲线的其他的采样点，更确切地说利用离散傅里叶变换(DTFT)。在此，离散傅里叶变换也使用全部通过扫描获得的扫描值。

[0016] 在此，将“分辨率”在频域中分别理解成相邻的采样点的距离。因此，在较低的第一分辨率中，该间距与在较高的第二分辨率中相比更大。

[0017] 换言之，即回波曲线的第一分辨率的采样点利用快速傅里叶变换从通过扫描获得的扫描值中计算，此后回波曲线的在回波曲线的第二分辨率的部段中的其他采样点利用离散傅里叶变换也从上述扫描值中计算。

[0018] 不需要所谓的“补零”。通过(随后)应用离散傅里叶变换，能够(补充)计算回波曲线的任意多个附加的采样点。也能够提出：利用离散傅里叶变换(DTFT)计算回波曲线的各个附加的中间值。所述中间值不必是等距的。由此，计算耗费能够减少。

[0019] 根据本发明的一个实施方式，回波曲线中的应以较高的分辨率计算回波曲线部段的区域能够由物位测量仪自动地标记和规定。因此，物位测量仪能够通过分析首先粗略分辨的回波曲线来规定局部最大值所处的位置并且选择所述最大值中的一个或者多个最大值，以便围绕所述最大值以较高的分辨率计算回波曲线的部段。该部段的长度同样也能够自动地确定。

[0020] 也能够提出，用户能够自己规定回波曲线中的应以较高的分辨率计算的部段所处的限定的区域。尤其能够提出，用户规定应以较高的分辨率计算回波曲线的多少部段。例如能够提出，用户预定其仅对物位回波和容器底部的回波感兴趣。因此，将这两个回波在粗略分辨的回波曲线中标记，并且然后在下述步骤中，将两个回波所处的两个回波曲线部段以高分辨率计算。

[0021] 例如能够借助物位测量仪的数字信号处理器的支持来计算粗略分辨的回波曲线。能够以非常精细扫描的分辨率计算回波曲线的在回波曲线的限定区域之内的部段。

[0022] 根据本发明的一个实施方式，发送信号为调频信号、电磁信号或者光信号。

[0023] 根据本发明的另一个实施方式，物位测量仪按照FMCW原理工作。所述物位测量仪也能够构成为按照SFCW原理工作。

[0024] 根据本发明的另一个实施方式，利用离散傅里叶变换(Discrete Time Fourier Transformation，DTFT)以提高的第二分辨率来计算回波曲线的位于回波曲线的限定区域之内的部段。

[0025] 用于时间离散信号的傅里叶变换(DTFT)将暂时的、时间离散的信号映射到(理论上)连续的频谱上。因此，计算规则允许利用中频信号的通过扫描获得的采样点在连续的频谱中确定任意可预设的频率的值。因此，通过重复地实施计算规则，能够确定频域中的多个采样点，所述多个采样点相对于相邻采样点尤其也具有任意小的频率差。以该方式，在频域中能够以非常精细的分辨率确定回波曲线部段。

[0026] 根据本发明的另一个方面，回波曲线的位于限定区域之内的部段的计算通过计算回波曲线在该限定区域中的其他采样点来进行。

[0027] 所述其他采样点相对于其相邻的采样点例如分别具有预设的频率间距Δf。也能够提出，采样点相互间的频率间距沿该部段变化，例如在该部段的中部与在其边缘区域相比更小。

[0028] 根据本发明的另一个实施方式，回波曲线的限定区域相应于与介质的表面相对应的回波的位置，尤其是物位回波，所述物位回波相应于填充物料表面的位置。

[0029] 根据本发明的另一个实施方式，限定区域具有刚好三个扫描值，其中三个扫描值中的中间的扫描值与其他两个扫描值相比具有较大的振幅。

[0030] 限定区域也能够具有四个、五个或者更多个扫描值，取决于所述限定区域应该有多宽。

[0031] 属于限定区域的扫描值的数量例如能够取决于：与回波曲线的其他区域的扫描值的振幅相比，其振幅有多大。例如，可能的是，具有多于三个扫描值的扩展的宽的回波也在较大的区域中高分辨率地计算，相反地，窄的回波引起限定区域变窄。

[0032] 根据本发明的另一个实施方式，根据在时域中确定的扫描值以第一分辨率计算回波曲线利用快速傅里叶变换来进行。

[0033] 根据本发明的另一个方面，提出一种高分辨率的物位测量仪，所述物位测量仪按照间距测量法工作，所述间距测量法在确定物位期间对测量信号执行频谱分析。高分辨率的物位测量仪具有用于检测由物位测量仪发出并且至少在介质的表面上反射的发送信号(测量信号)的天线。此外，设有用于将检测到的发送信号转换为中频信号的高频单元以及用于在离散的时间点扫描中频信号的扫描单元。

[0034] 此外，物位测量仪具有回波曲线生成单元，所述回波曲线生成单元能够将通过扫描获得的扫描值从时域变换成频域并且能够根据变换成频域的扫描值以第一分辨率计算回波曲线以及以高于第一分辨率的第二分辨率计算回波曲线的在回波曲线的限定区域之内的部段。

[0035] 高分辨率的物位测量仪尤其能够为按照FMCW原理工作的物位测量仪。物位测量仪尤其能够构成为实施在上文中和在下文中描述的方法。

[0036] 根据本发明的另一个方面，提出一种程序元件，所述程序元件当其在物位测量仪的处理器上执行时推动处理器执行在上文中和在下文中描述的方法。

[0037] 根据本发明的另一个方面，提出一种计算机可读介质，在所述计算机可读介质上存储程序单元，所述程序元件当其在物位测量仪的处理器上执行时推动处理器执行在上文中和在下文中描述的方法。

[0038] 程序元件能够是软件的一部分，所述软件存储在物位测量仪的处理器上。在此，处理器同样能够是本发明的主题。此外，本发明包括一种程序元件，所述程序元件从一开始就用于本发明，以及也包括一种程序元件，所述程序元件通过更新(Update)推动现有的程序元件使用本发明。

[0039] 下面参考附图来描述本发明的实施例。

附图说明

[0040] 图1示出装入容器的物位测量仪。

[0041] 图2A在时域中示出中频信号(差拍信号)，所述中频信号归因于由物位测量仪接收的、反射的发送信号。

[0042] 图2B示出图2A的转换成频域的中频信号。

[0043] 图3A在时域中示出对中频信号的扫描。

[0044] 图3B示出图3A的转换成频域的信号。

[0045] 图4示出根据本发明的一个实施例的物位测量仪。

[0046] 图5示出根据本发明的一个实施例的方法的流程图。

[0047] 图6在频域中示出回波曲线的扫描值。

[0048] 图7示出根据本发明的一个实施例在回波曲线的限定的范围之内对图6的回波曲线的其他的采样点的计算。

具体实施方式

[0049] 附图中的描述是示意的并且不是按照比例的。如果在下面对不同附图的附图描述中使用相同的附图标记，那么这些附图标记表示相同的或者相似的元件。但是，相同的或者相似的元件也能够通过不同的附图标记来表示。

[0050] 图1示出以物位雷达的形式的物位测量仪101，所述物位测量仪安装在容器中或安装在容器上。

[0051] 在此要指出的是，下面描述的方法也能够由其他的物位测量仪来实施，所述其他的物位测量仪在信号评估的范围中用于光谱分析，如基于引导微波原理工作的物位测量仪、超声测量仪或者激光测量仪。

[0052] 图1的物位测量仪例如是FMCW雷达仪。FMCW物位测量法由于现在可用的集成的高频组件在W带(75GHz至110GHz)中进行物位测量时是尤其重要的。但是，该方法也能够在全部其他频带中使用。

[0053] 物位测量仪101经由天线102朝向填充物料表面105的方向放射由高频单元103产生的并且在其频率方面经过调制的发送信号104。发送信号在介质106的表面105上反射，并且随后朝向物位测量仪101的方向传播，在那里所述发送信号由天线102再次接收并且转发给高频单元103。

[0054] 在高频单元103中，将接收信号利用当前发送的信号转换成中频信号，所述中频信

号基本上仅还具有低频信号分量。

[0055] 图2A示例性地示出由物位测量仪101从接收到的、反射的发送信号(测量信号)和发送的发送信号中产生的中频信号或差拍信号201，其振幅205关于其信号渡越时间t 207来绘制。

[0056] 在长度T_M的测量周期期间，由高频单元103(参见图1)连续地提供中频信号201。

[0057] 在测量周期期间，与高频单元103连接的模数转换器107对所提供的中频信号201进行扫描，并且将中频信号201的从中得到的数字化的振幅值存储在此处未示出的、但是包含在物位测量仪101中的存储器中。

[0058] 在实际测量周期结束之后，回波曲线生成单元108从中频信号的保存的振幅值中计算回波曲线，其中在该步骤中，与方法相关地，将中频信号从时域转化成频域能够是适当的。

[0059] 图2B中的曲线202示出将中频信号201这样转换成频域的结果。在此，信号202的振幅206关于频率f 208来绘制。

[0060] 在另一个步骤中，将这样获得的回波曲线202转发给评估单元109(参见图1)，所述评估单元根据已知的方法标记以极大概率与填充物料表面105上的反射相对应的回波203并且将其传递给测量单元110。

[0061] 测量单元110利用有效回波203的和回波曲线202的粗略的频率位置来确定能够与回波脉冲203相关联的精确的频率。在该步骤中，再次使用已知的方法。一方面，能够确定回波脉冲203的最大值的位置($f_{目标}$204)。此外，也可能的是，选择其他的测量点，例如上升的回波边沿的点，所述点相对于回波脉冲203的最大值刚好具有-3dB的振幅差。

[0062] 借助于已知的方程，能够将这样确定的频率值204转变成距离值112。

[0063] 将所述距离值d在物位测量仪101的输出单元111中必要时还线性化和缩放并且随后以数字形式经由HART线路、现场总线、现场总线基础(FF)、以太网、USB接口和/或也以模拟形式经由4…mA回线在适当的接口113上向外提供。

[0064] 在图2B中示出的关系示出理想情况，所述理想情况在对信号进行数字处理时仅能够近似实现。图3A说明进行数字信号处理时的问题。

[0065] 由于在模数转换器107中的扫描，由高频单元103提供的、长度T_M的时间连续的差拍信号201仅在特定的时间点302、303、304等检测。

[0066] 在图3A中，通过相应的圆305、306、307等标记在此确定的值。

[0067] 例如，利用快速傅里叶变换(FFT)将所述值转换成频域。从中确定的值在图3B中示出。

[0068] 计算出的值具有$1/T_M$的频率间隔。通过快速傅里叶变换，差拍信号201的频率连续的频谱202仅针对单独的频率值计算(见图3B中的圆标记)。

[0069] 当在测量仪101中处理信号传播周期时，现在，确定有效回波203的最大值的错误值301，从中由于相关的频率值与实际的目标频率204的偏差得到相对大的测量误差。

[0070] 为避免所述内容，能够使用所谓的补零。在此，在快速傅里叶变换的计算之前，将振幅值为0的其他的扫描值以计算的方式添加给实际的差拍信号。由此，在执行FFT之后，得到回波曲线202的其他的计算的采样点。

[0071] 因此，例如能够检测差拍信号的直至4096个实际的扫描值(或者甚至更多)。因此，

对于计算三个其他的中间值，必须3次将4096个零添加给信号。因此，从4096个值的变换变成16384个值的变换，这一方面对包含在物位测量仪中的存储器的大小提出高的要求，并且另一方面也能够导致非常长的计算时间和由此造成的高的能量消耗。

[0072] 在对回波曲线的精确度的要求还更高的情况下，耗费相应地大程度地提高。

[0073] 对补零替选地，能够执行下述方法，所述方法能够实现确定中频信号301的频谱202的任意多的采样点，而在此对为此必需的存储空间的要求没有过度地提高。

[0074] 应用所述方法尤其在能量优化的双线测量仪的领域中是有利的。

[0075] 图4示出与图1相比经过修改的物位测量仪401。该物位测量仪与图1的物位测量仪的区别在于经过修改的回波曲线生成单元402和经过修改的测量单元403，所述回波曲线生成单元和所述测量单元经由数据线404彼此连接。

[0076] 在此要指出的是，具有物位测量仪401的不同的信号处理单元也能够集成在单个单元中。

[0077] 图5示例性地示出能够在根据本发明的一个实施例的物位测量仪401中执行的过程。

[0078] 此外，图6和图7说明下面描述的方法的重要的中间结果。

[0079] 该方法在开始状态501(参见图5)中开始。如在传统的物位测量仪中那样，首先，在步骤502中产生、数字化并且在物位测量仪401的存储器中保存差拍曲线。

[0080] 在可选的步骤503中，将以数字形式存在的差拍信号用已知的窗口函数、例如汉明窗口、巴特利特窗口或者其他窗口加权。窗口函数的使用能够改进频谱范围中的显示。

[0081] 在步骤504中，将经过修改的回波曲线生成单元402的差拍信号(参见图4)利用快速傅里叶变换转换成频谱范围。在此，物位测量仪401的硬件构造对此可能以特殊的类型和方式胜任，例如利用具有用于FFT计算的特定的硬件单元的数字信号处理器。

[0082] 在步骤505中，根据已知的方法确定与填充物料表面相对应的回波203的位置。回波的位置例如能够通过频谱范围中的数值方面的最大值601的频率来限定。在步骤506中，经过修改的测量单元403确定具有最大振幅的先前标记的扫描值601的相邻的两个、三个、四个或者更多个扫描值602、603的频率值。由此假设：所述扫描值为填充物料回波203的扫描值。

[0083] 将所述频率值传送给图4的物位测量仪的经过修改的回波曲线生成单元402，然后所述回波曲线生成单元在可预设的频率场701中(参见图7)计算在填充物料回波203的区域中的回波曲线202的其他的采样点702并且将其传送给经过修改的测量单元403。

[0084] 然后，根据所述其他的采样点702，能够在限定的区域703之内以较高的分辨率计算回波曲线的部段704。

[0085] 为此所使用的方法作为离散时间傅里叶变换(DTFT)已知。所述计算的结果与结合补零的快速傅里叶变换的结果相一致，其中后者由于对此变得必需的加零而需要大量的存储器要求，所述存储器要求尤其在市售的、能量优化的数字信号处理器解决方案中能够是非常有限的。

[0086] 在步骤507中，测量单元403根据已知的方法利用附加计算出的采样点702确定与填充物料表面(参见图4)105的间距112。该方法在输出测量值508之后结束。

[0087] 补充地，要指出的是，“包括”和“具有”不排除其他的元件和步骤，并且“一”或者

“一个”不排除多个。此外，要指出的是，参照上述实施例中的一个实施例描述的特征或者步骤也能够与其他在上文中描述的实施例的其他的特征或者步骤组合使用。实施例中的附图标记不视为是限制性的。

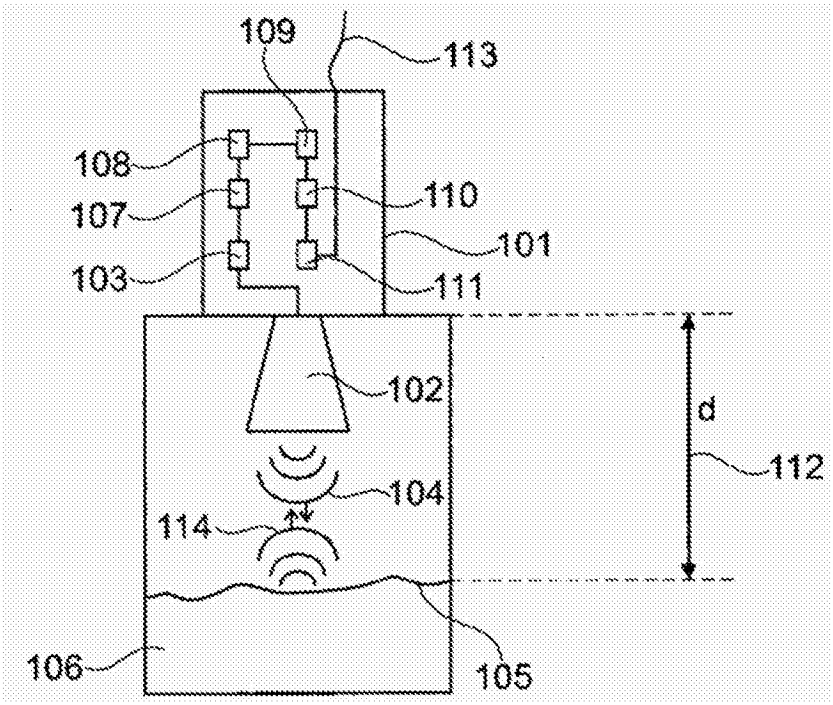

109
113
108
107
103
110
101
111
102
d
112
104
114
106
105

图1

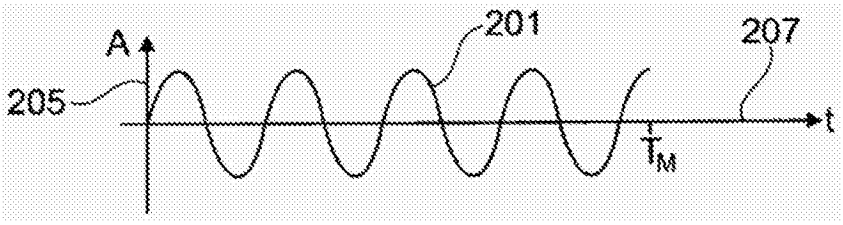

A
201
207
205
t
T_M

图2A

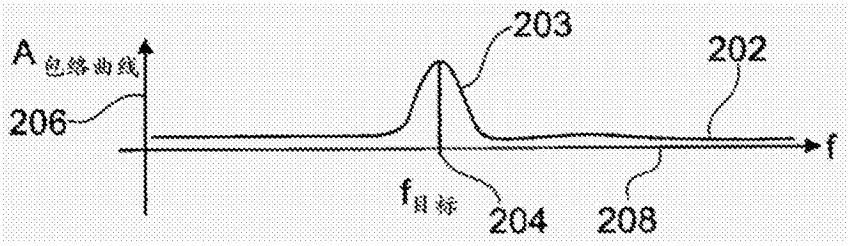

203
202
A 包络曲线
206
f
$f_{目标}$
204
208

图2B

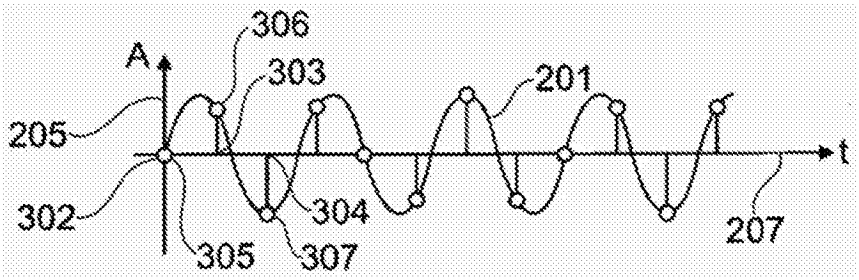

306
A
303
201
205
t
302
304
207
305
307

图3A

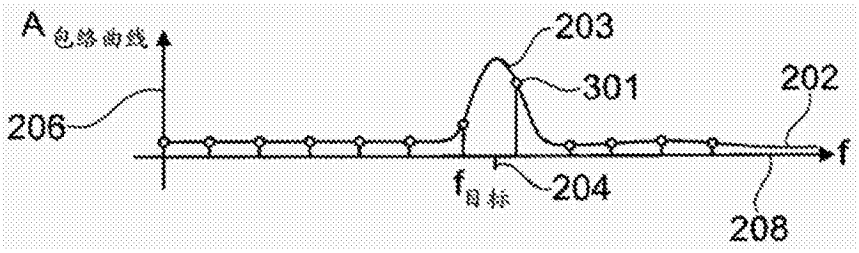

A 包络曲线
203
301
202
206
f
f目标
204
208

图3B

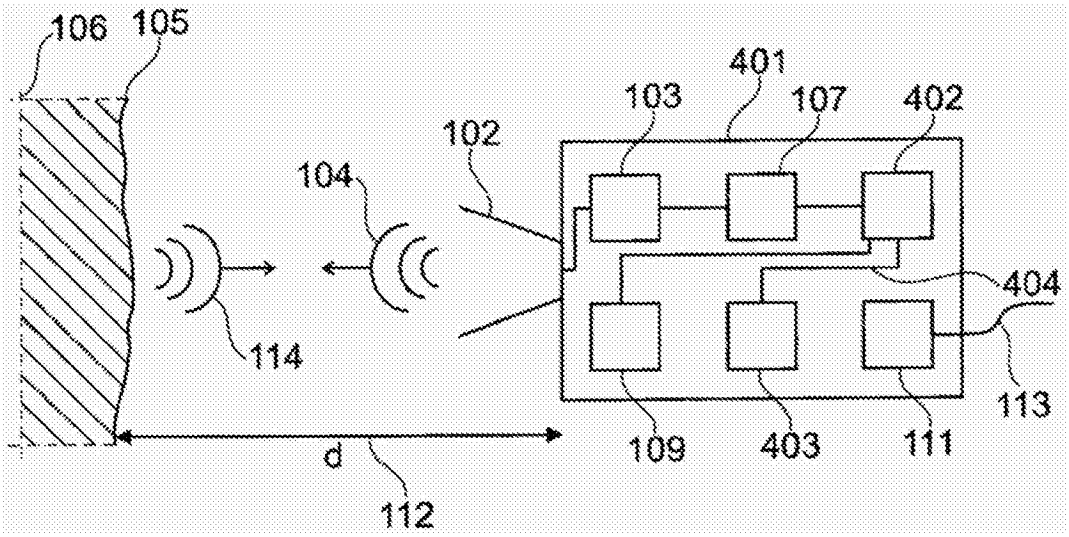

106
105
401
103
107
402
102
104
404
114
113
109
403
111
d
112

图4

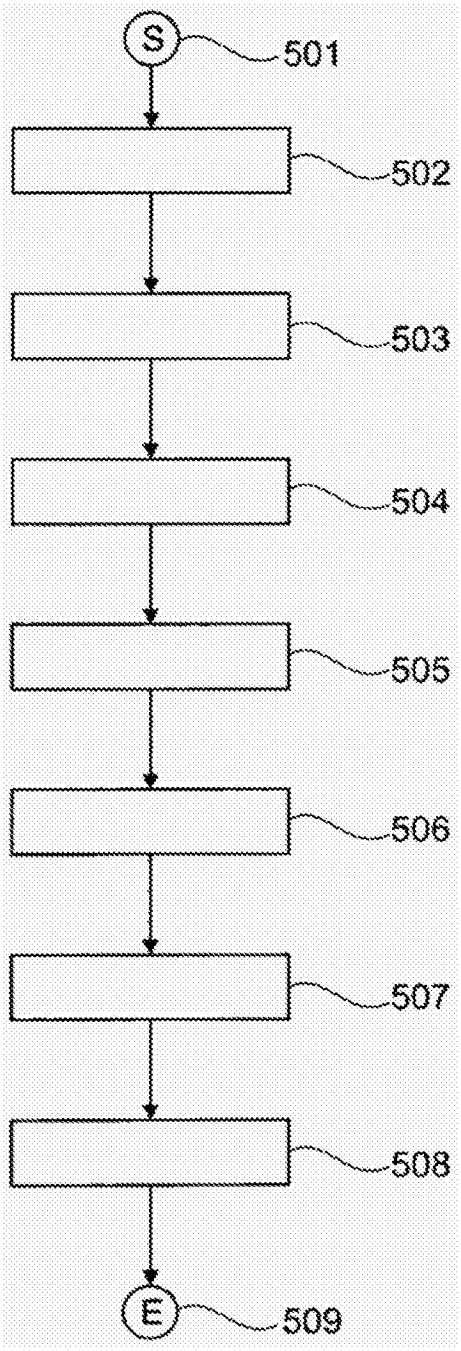


图5

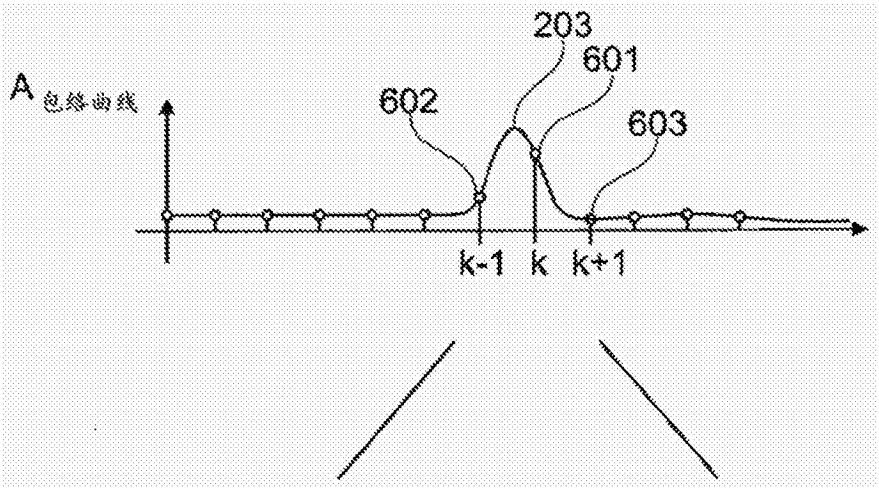


图6

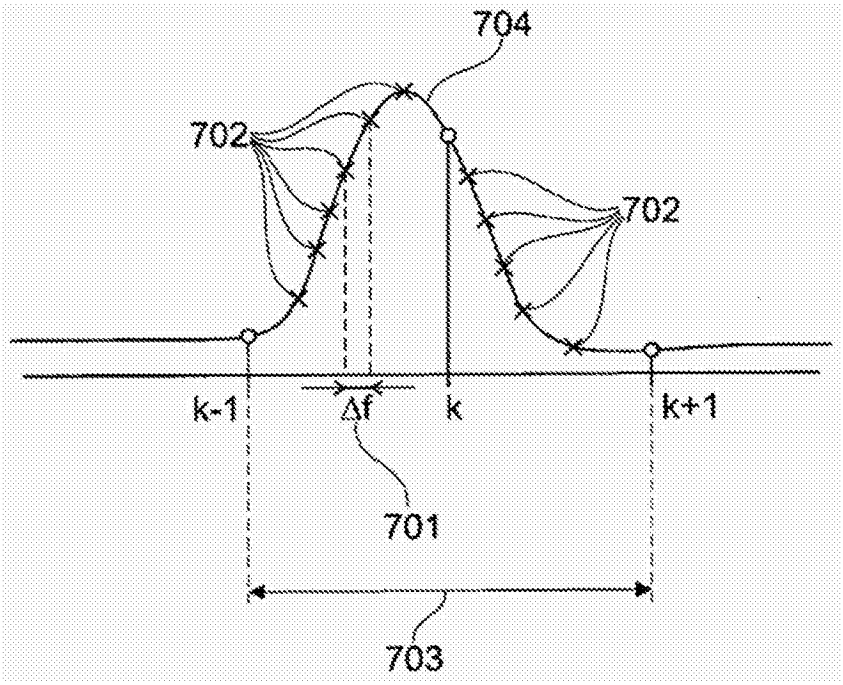


图7