

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01F 23/284 (2006.01)

G01S 13/08 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02804997.7

[45] 授权公告日 2006年8月16日

[11] 授权公告号 CN 1270166C

[22] 申请日 2002.1.4 [21] 申请号 02804997.7

[30] 优先权

[32] 2001. 2. 14 [33] EP [31] 01103402.2

[86] 国际申请 PCT/EP2002/000033 2002.1.4

[87] 国际公布 WO2002/065066 德 2002.8.22

[85] 进入国家阶段日期 2003.8.14

[71] 专利权人 恩德莱斯和豪瑟尔两合公司

地址 德国毛尔堡

[72] 发明人 迪亚特玛·施潘克

审查员 苏爱华

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 武玉琴 顾红霞

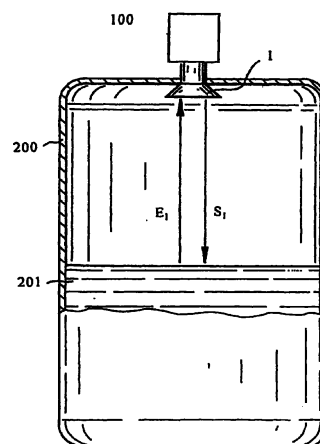
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 5 页

[54] 发明名称

利用微波工作的液位测量装置

[57] 摘要

公开了一种特别是利用微波脉冲串的液位测量装置，以生成代表容器(200)内液位的液位参数 X_H 。所述液位测量装置包括：发射接收单元(2)，其借助于发射信号(S_2)和接收信号(E_2)产生取决于液位的中频信号(ZF)；传感器元件(1)，其在运行过程中，由发射信号(S_2)控制向容器中耦合波(S_1)，特别是脉冲波，并将从容器中的内容物(201)所反射的回波(E_1)转换为接收信号(E_2)。将中频信号(ZF)输入到液位测量装置的控制单元(3)，并以采样序列(AF)的形式存储在易失数据存储单元(33)中。如此，便可以得到对液位测量有用的振幅信息以及相位信息。因此，该装置可以高准确度、特别是能精确到毫米地以及非常快速地测量液位。



1. 一种利用微波的液位测量装置，用以生成代表容器（200）内液位的液位参数（ X_H ），所述液位测量装置包括：

5 发射接收单元（2），其借助于发射信号（ S_2 ）和接收信号（ E_2 ）产生取决于液位的中频信号（ZF）；

传感器元件（1），

在运行过程中，由发射信号（ S_2 ）控制向容器（200）中耦合波（ S_1 ），

10 将从容器（200）中的内容物（201）所反射的回波（ E_1 ）转换为接收信号（ E_2 ）；以及

控制单元（3），其带有易失数据存储器（33），以至少是临时存储代表中频信号（ZF）的采样序列（AF）。

15 2. 如权利要求 1 所述的液位测量装置，其中，通过由采样序列（AF）得到的振幅信息来确定液位参数（ X_H ）。

3. 如权利要求 2 所述的液位测量装置，其中，通过由采样序列（AF）得到的相位信息来确定液位参数（ X_H ）。

20 4. 如权利要求 1-3 之一所述的液位测量装置，

其中，易失数据存储器（33）至少是临时保存第一信号序列（ SIN_{AF} ），所述第一信号序列代表采样序列（AF）与数字正弦波信号序列在数字上的乘积；和/或

25 易失数据存储器（33）至少是临时保存第二信号序列（ COS_{AF} ），所述第二信号序列代表采样序列（AF）与数字余弦波信号序列在数字上的乘积。

5. 如权利要求 4 所述的液位测量装置，

30 其中，易失数据存储器（33）至少是临时保存第一积分信号序列（Q），所述第一积分信号序列代表至少一部分第一信号序列（ SIN_{AF} ）

在数字上的降频；和/或

易失数据存储器（33）至少是临时保存第二积分信号序列（I），所述第二积分信号序列代表至少一部分第二信号序列（ COS_{AF} ）在数字上的降频。

5

6. 如权利要求 4 所述的液位测量装置，

其中，易失数据存储器（33）至少是临时保存第一平均值序列（ $\overline{\text{SIN}_{AF}}$ ），所述第一平均值序列是为了生成第一积分信号序列（Q），并且代表至少一部分第一信号序列（ SIN_{AF} ）的时间平均值的变化；和/或

10

易失数据存储器（33）至少是临时保存第二平均值序列（ $\overline{\text{COS}_{AF}}$ ），所述第二平均值序列是为了生成第二积分信号序列（I），并且代表至少一部分第二信号序列（ COS_{AF} ）的时间平均值的变化。

15

7. 如权利要求 4 所述的液位测量装置，其中，易失数据存储器（33）至少是临时保存与采样序列（AF）的数据记录（ af_j ）的相位所相应的数据记录（ q_j/i_j ），并且在数字上代表第一积分信号序列（Q）的数据记录（ q_j ）被轨迹相同的第二积分信号序列（I）的数据记录（ i_j ）相除。

20

8. 如权利要求 7 所述的液位测量装置，其中，易失数据存储器（33）至少是临时保存第一数字相位序列（Q/I），所述第一数字相位序列与至少一部分中频信号（ZF）的瞬时相位的变化相对应。

25

9. 如权利要求 1-3 之一所述的液位测量装置，其中，易失数据存储器（33）至少是临时保存代表中频信号（ZF）的瞬时振幅的变化的数字包络（ENV）。

30

10. 如权利要求 9 所述的液位测量装置，其中，易失数据存储器（33）至少是临时保存与采样序列（AF）的数据记录（ af_j ）的相位所相应的数据记录（ af_j/env_j ），并且在数字上代表上述数据记录（ af_j ）被

轨迹相同的包络 (ENV) 的数据记录 (env_j) 相除。

11. 如权利要求 9 所述的液位测量装置, 其中, 易失数据存储器 (33) 至少是临时保存第二数字相位序列 (AF/ENV), 所述第二数字相位序列与至少一部分中频信号 (ZF) 的瞬时相位的变化相对应。

12. 一种利用微波的液位测量装置, 用以提供代表容器 (200) 内液位的液位参数 (X_H), 所述液位测量装置包括:

发射接收单元 (2), 其借助于发射信号 (S_2) 和接收信号 (E_2) 产生取决于液位的中频信号 (ZF);

传感器元件 (1),

在运行过程中, 由发射信号 (S_2) 控制向容器 (200) 中耦合波 (S_1), 将从容器 (200) 中的内容物 (201) 所反射的回波 (E_1) 转换为接收信号 (E_2); 以及

控制单元 (3), 其带有易失数据存储器 (33), 以至少是临时存储数字相位序列 (AF/ENV),

其代表中频信号 (ZF) 相对于中频信号 (ZF) 的振幅变化的归一化以及,

其与中频信号 (ZF) 的瞬时相位变化相对应。

20

13. 如权利要求 1 或 12 所述的液位测量装置, 包括中频信号 (ZF) 的对数放大器 (37)。

14. 如权利要求 1 或 12 所述的液位测量装置, 其中, 该液位测量装置利用的微波是微波脉冲串。

25

利用微波工作的液位测量装置

5 技术领域

本发明涉及一种利用微波工作的液位测量装置。

背景技术

10 为了测量，尤其是准连续地测量容器内的液位，例如液槽或集装箱内的液位，就要经常使用利用微波工作的液位测量装置。在利用这种基于雷达原理的液位测量装置对液位进行测量时，通过天线以空间波的形式或者是通过表面波导以导波的形式向待测液位的物质发射电磁波，特别是中心频率约 0.5 至 30GHz 的电磁波。由于在包含物质的容器内电阻抗的不连续，上述波被部分反射，尤其是被物质的表面所
15 反射，并且通过表面波导或者是天线以回波信号返回到液位测量装置。

在上述液位测量装置中，液位的测量通常是基于脉冲雷达方法，其中以几个兆赫的脉冲重复频率向待测物质发射短微波脉冲，即所谓的脉冲串；然后至少有一部分波被物体所反射；最后以上述方式以回
20 波信号返回到所述液位测量装置。微波脉冲的渡越时间，也就是所测的从信号发射的时间到收到回波信号的时间之间的间隔，可以作为待测液位的一种测度。

例如，美国专利 5614911、EP-A 955527 以及 DE-A 4407369 都公开了一种基于脉冲雷达方法的利用微波工作的液位测量装置，其包括：

- 25 - 微波发射接收单元，其借助于脉冲发射信号和接收信号产生取决于液位的模拟中频信号；
- 传感器元件，
- 在运行过程中，由发射信号控制向容器中耦合波，
- 30 -- 将从容器中的内容物所反射的回波转换为接收信号；以及

- 包括中频信号振幅解调器的包络评估单元，用于产生模拟包络信号。

5 如 DE-A 4407369 中所述，包络信号以能使得计数器状态的两个计数的平均值指示取决于液位的渡越时间的方式控制起始触发计数器的状态。如 EP-A955527 中所述，模拟包络信号可以被数字化，然后被方波窗周期调制，临时分区储存。然后产生了包络采样序列，便可以确定信号的发射时间和回波信号的接收时间，进而利用适当的计算技术，尤其是微计算机技术就可以求得渡越时间。

10

如 EP-A 1069438 或者 DE-A 4407369 中所述，已经证明，为了高精度地确定液位，特别是要精确到毫米，在被绘制为包络信号的中频信号的振幅信息之外，还必需知道与发射信号相关的接收信号的相位信息。为了得到上述附加的相位信息，DE-A 4407369 中所述的液位测量装置中还包括相位评估单元，所述相位评估单元带有中频信号模拟积分解调器，以产生代表中频信号实部的模拟第一积分信号，以及代表中频信号虚部的模拟第二积分信号。

15

上述液位测量装置的缺点在于包络信号评估单元和相位评估单元的分立设计。由于上述分立设计，特别是因为基本上采用模拟装置，例如为了提高测量精度和/或评估速度，增加发射信号的脉冲重复频率和/或减少测量和评估循环时间只可能在非常小的范围内进行。另外，为了保证所确定的渡越时间足够准确，所采用的每一个部件都必须属于下述典型的类型，即部件参数变化很小、并且具有很高的长期的稳定性以及必须高精度的连线，因此造价非常高。

20

发明内容

因此，本发明的一个目的在于提供一种液位测量装置，特别是能精确到厘米的液位测量装置，其采用振幅信息和相位信息来进行液位测量，并且在液位测量中评估速度能够大幅度增加。另外，液位测量

25

装置能够适于大规模集成。

为了实现上述目的，本发明的第一个变体是提供一种利用微波，特别是微波脉冲串的液位测量装置，其可以生成代表容器内液位的液位参数，所述液位测量装置包括：

5

- 发射接收单元，其借助于发射信号和接收信号产生取决于液位的中频信号；

- 传感器元件

10

- 在运行过程中，由发射信号控制向容器中耦合波，特别是脉冲波，和

- 将从容器中的内容物所反射的回波转换为接收信号；以及

- 控制单元，其带有易失数据存储器，以至少是临时存储代表中频信号的采样序列。

15

本发明的第二个变体是提供一种利用微波，特别是微波脉冲串的液位测量装置，其可以生成代表容器内液位的液位参数，所述液位测量装置包括：

- 发射接收单元，其借助于发射信号和接收信号产生取决于液位的中频信号；

20

- 传感器元件

- 在运行过程中，由发射信号控制向容器中耦合波，特别是脉冲波

- 将从容器中的内容物所反射的回波转换为接收信号；以及

- 控制单元，其带有易失数据存储器，以至少是临时存储数字

25

相位序列

- 其代表中频信号相对于中频信号的振幅变化的归一化以及

- 其与中频信号的瞬时相位变化相应。

30

在本发明两个变体的第一优选实施例中，液位测量装置包括中频信号的对数放大器。

在本发明的第二个优选实施例中，液位测量装置通过由采样序列得到的振幅信息来确定液位参数。

5 在本发明的第三个优选实施例中，液位测量装置通过由采样序列得到的相位信息来确定液位参数。

10 在本发明的第一个变体的第四个优选实施例中，易失数据存储器至少是临时保存第一信号序列，所述第一信号序列代表采样序列与数字正弦波信号序列在数字上的乘积；和/或第二信号序列，所述第二信号序列代表采样序列与数字余弦波信号序列在数字上的乘积。

15 在本发明的第一个变体的第五个优选实施例中，易失数据存储器至少是临时保存第一积分信号序列，所述第一积分信号序列代表至少一部分第一信号序列在数字上的降频；和/或第二积分信号序列，所述第二积分信号序列代表至少一部分第二信号序列在数字上的降频。

20 在本发明的第一个变体的第六个优选实施例中，易失数据存储器至少是临时保存第一平均值序列，所述第一平均值序列特别是为了生成第一积分信号序列，并且代表至少一部分第一信号序列的时间平均值的变化；和/或第二平均值序列，所述第二平均值序列特别是为了生成第二积分信号序列，并且代表至少一部分第二信号序列的时间平均值的变化。

25 在本发明的第一个变体的第七个优选实施例中，易失数据存储器至少是临时保存与采样序列的数据记录的相位所相应的数据记录，并且在数字上代表第一积分信号序列的数据记录被基本上轨迹相同的第二积分信号序列的数据记录相除。

30 在本发明的第一个变体的第八个优选实施例中，易失数据存储器

至少是临时保存第一数字相位序列，所述第一数字相位序列与至少一部分中频信号的瞬时相位的变化相对应。

5 在本发明的第一个变体的第九个优选实施例中，易失数据存储器至少是临时保存代表中频信号的瞬时振幅的变化的数字包络。

10 在本发明的第一个变体的第十个优选实施例中，易失数据存储器至少是临时保存与采样序列的数据记录的相位所相应的数据记录，并且在数字上代表上述数据记录被基本上轨迹相同的包络的数据记录相除。

15 在本发明的第一个变体的第十一个优选实施例中，易失数据存储器至少是临时保存第二数字相位序列，所述第二数字相位序列与至少一部分中频信号的瞬时相位的变化相对应。

20 本发明的基本思想是生成按数字方式存储的原始数据，即，关于待测容器的最大可能容量信息的数据，特别是关于容器内容物的液位的数据；以及最小可能容量的模拟预处理的数据。随后的评估过程，特别是确定液位的过程基于上述数据。本发明还被预期能得到惊人的共识：尽管增加了对存储器的要求，但是评估速度可以在高准确度的前提下得到重大的提高。

25 本发明的一个优点是，中频信号的变换以及采样序列的处理可以适合以一种非常简单的形式改变边界条件，例如，脉冲重复频率的变化，发射信号的中心频率的漂移，或者是评估循环时间的变化。

30 本发明的另外一个优点是，保证待数字化的中频信号的足够的信噪比所需的电路的数量大大减少。

附图说明

下面结合附图对实施例的描述将会使本发明以及其他的优点更加明确，其中：

图 1 示出了为了测量容器内的液位，安装在容器上的液位测量装置；

5 图 2 是利用微波工作的液位测量装置的功能部件的结构图；

图 3 是图 2 中的液位测量装置改进后的功能部件的机构图；

图 4 示意性地以及以非常简化的形式示出了以数字存储的采样序列，所述采样序列由图 2 中的液位测量装置生成，并代表取决于液位的中频信号；还示出了根据本发明的优选实施例所得出的用于进行液

10 位测量的信号序列；

图 5 示意性地示出了一种能用于图 2 中的液位测量装置处理图 4 中的以数字存储的采样序列的方法的优选实施例；以及

图 6 示意性地以及以非常简化的形式示出了图 4 中以数字存储的采样序列以及根据本发明的另外一个优选实施例由此得到的数字信号

15 序列。

具体实施方式

参见图 1、2，示出了一个利用微波工作的液位测量装置的实施例，在该实施例中，上述液位测量装置安装在容器 200 上，容器 200 可以

20 被物质 201 所填充。

上述液位测量装置基于脉冲雷达方法，通过合适的控制单元 3 来确定容器 200 内物质 201 的液位，并生成代表物质瞬时液位的测量参数 X_H ，例如，数字参数。

25

为此，如图 1 所示的液位测量装置包括传感器元件 1，传感器元件 1 优选地是连接在电子盒 100 上，通过所述传感器元件，经过调制的、比射频载波的频率低的脉冲电磁波 S_1 ，被耦合到包含物质 201 的容器内，因此作为空间波向所述物质发射。习惯地，在这种利用微波

30 工作的液位测量装置中，发射信号 S_2 的中心频率在几千兆赫的范围内，

特别是在 0.5 至 30GHz 的范围内。

5 传感器元件 1 可以是诸如图示发射微波 S_1 的喇叭状天线、杆状天线、抛物状天线或者平面阵列天线。如前所述，可以代替这种平面波的，例如通过波导制导的表面波，也可以用于液位测量。

由于容器内的阻抗不连续，特别是物质 201 表面的阻抗不连续，发射波 S_1 至少部分被反射，因此转换为相应的回波 E_1 ，向回传播，被传感器元件 1 所接收。

10

与传感器元件 1 相连的发射接收单元 2 用于生成和处理线导和相干波包，其有预定的脉冲形状和脉冲宽度，既所谓的脉冲串；以及用于利用脉冲串生成取决于液位的模拟中频信号 ZF。每一个脉冲串的脉冲形状基本上与预定宽度的针状脉冲或半波状脉冲的形状相同；但是，
15 如果需要的话，脉冲串也可以采用其它合适的脉冲形状。

如图 2 所示，发射接收单元 2 设置在电子盒 100 内，其包括电子脉冲串发生器 21，用于产生作为发射信号 S_2 的第一脉冲串序列。习惯上，在这种液位测量装置中，发射信号 S_2 的中心频率约在 0.5-30GHz，
20 其脉冲重复频率设置在几个兆赫的范围内，特别是在 1-10MHz 的范围内；如果需要的话，中心频率和/或脉冲重复频率也可以在上述范围之外。

作为脉冲串发生器 21 第一信号输出的发射信号 S_2 ，通过发射接收单元 2 的方向耦合器 22 被传送到传感器元件 1，上述传感器元件与方向耦合器 22 的第一信号输出相连，并将所述信号转换为发射波 S_1 。实际上，同时，发射信号 S_2 也出现在方向耦合器 22 的第二信号输出。
25

如上所述，以上述方式在待测容器内产生的回波 E_1 ，被液位测量装置的传感器元件 1 所接收，并又转换回作为接收信号 E_2 的第二脉冲
30

串序列，也作为方向耦合器 22 的第二信号输出。因此，发射信号 S_2 与接收信号 E_2 之和，既 S_2+E_2 ，作为方向耦合器 22 的第二输出。

特别是，习惯上在这种液位测量装置中，发射信号 S_2 的中心频率和/或脉冲重复频率被选择为如此之高，以至于直接计算方向耦合器 22 的第二信号输出的信号之和，特别是直接计算渡越时间，实际上是不可能的，或者只可能采用大规模的电路来实现，发射接收单元 2 优选地包括混频器 23，其用于扩展被射频载波所调制的信号之和，这样的话，中心频率和脉冲重复频率可以被转换到约几个千赫的低频范围。

为了扩展信号之和 S_2+E_2 ，后者被从方向耦合器 22 的第二信号输出输入到混频器 23 的第一信号输入。同时，作为本振信号 M_2 的第三脉冲串序列输入到混频器 23 的第二信号输入。本振信号 M_2 的脉冲重复频率可以选择地比发射信号 S_2 的频率稍微低些，但是本振信号 M_2 的中心频率与发射信号 S_2 的中心频率几乎相同。如图 2 所示，信号 M_2 也是由脉冲串发生器 21 所产生，并作为脉冲串发生器的第二信号输出。

通过混频器 23，信号之和被本振信号 M_2 进行振幅调制，然后被低通滤波。信号之和 S_2+E_2 然后被绘制成作为中频信号 ZF 的信号，中频信号 ZF 被关于信号之和的扩展因子所扩展，并且其相应地具有较低的频率。扩展因子等于发射信号 S_2 的脉冲重复频率除以发射信号 S_2 脉冲重复频率与本振信号 M_2 的脉冲重复频率之差。在这种液位测量装置中，以这种方式产生的中频信号 ZF 的中心频率基本上在 50-200KHz 之间，如果需要的话，频率范围也可以选择地或高或低。

如果需要的话，中频信号 ZF 在从发射接收单元 2 输出之前可以，当然可以以一种适当的方式被预放大，因此在形状上更适合于其后续电路的处理。

为了控制发射接收单元 2 以及从中频信号 ZF 得到液位测量参数

X_H , 上述的液位测量装置包括控制单元 3, 所述控制单元 3 也可以设置在电子盒 100 中。

5 根据本发明, 控制单元 3 特别是用于将中频信号 ZF 数字化并分区存储, 因此, 使为了确定液位参数 X_H 的关于中频信号 ZF 的振幅信息以及相位信息以数字的形式表示成为可能。

10 因此, 如图 2 所示, 将中频信号 ZF 以预先规定的顺序以及可调整的截止频率输入到控制单元 3, 优选地是, 采用低通滤波器 31, 例如, RC 无源或有源滤波器。为了避免混淆, 低通滤波器 31 用来对中频信号 ZF 进行频带限制, 因此为了数字化以合适的方式预处理信号。为了实现上述目的, 根据众所周知的尼奎斯特采样法则, 截止频率应该选择为小于采样频率的 0.5 倍, 但是不小于采样频率的 0.2 倍, 中频信号 ZF 的通过部分就是在上述采样频率下被采样。如果中频信号 ZF 已经被以所必须的方式限制频带, 就可以不要低通滤波器 31。

15 低通滤波器 31 的输出与控制单元 3 的 A/D 转换器 32 的信号输入端相连, 其用来将通过低通滤波器 31 的中频信号 ZF, 转换为相应的数字中频信号 ZF_D 。对于 A/D 转换器 32, 只要能在上述的采样频率下被计时, 可以使用任何一种传统的 A/D 转换器, 例如串联的或者并联的转换器。例如, 合适的 A/D 转换器的类型可以是采样 A/D 转换器 LTC 1415 (线性技术公司), 其分辨率为 12 位, 允许的采样频率小于或者等于 1.25MHz。

20 如果 A/D 转换器 32, 例如上述的 LTC 1415, 被设计为只转换正信号值, 则 A/D 转换器 32 的参考电压必须设置为使得转换器的输入端信号 ZF_D 期望的最小的信号值可以设置为至少一位, 特别是最重要的位 (MSB)。换言之, 直流部分必须加到低通滤波器 31 的输出端信号, 这样, 出现在 A/D 转换器 32 的信号就成为了振幅变化的直流信号。

30

根据本发明，如图3所示，低通滤波器31与A/D转换器32通过对数放大器37相连。对数放大器37，例如，模拟装置AD637型或者AD8307型，用来压缩中频信号ZF的振幅信息，保留相位信息。这样的话，例如8位A/D转换器就可以代替上述的12位A/D转换器，达到与其基本上相同的高准确度。例如，如果必须的话，对数放大器37可以直接连接在低通滤波器31之前。

将提供在A/D转换器32的输出端的数字中频信号 ZF_D ，以代表当时中频信号ZF的以数字形式存储的数据记录的有限采样序列AF的形式，通过例如内部数据总线，分区载入控制单元3的易失数据存储器33，如果可能的话，优选地是载入控制单元3的数字液位计算机34。数据存储器33可以是静态存储器或者动态随机存储器。

为了从采样序列AF得到液位参数 X_H ，液位计算机34至少应该有临时通道，特别是读取通道，例如通过内部数据总线，连接到存储数据记录的数据存储器33。如图2所示，液位计算机34优选地是带有微处理器30，其中带有计算程序。

在本发明的优选实施例中，控制单元3还包括存储管理器35，其为独立的支电路，并且其通过例如内部数据总线与微处理器30相连，存储管理器35用来管理数据存储器33，特别是控制数字中频信号 ZF_D 的采样，生成采样序列AF，这样的话，减轻了微处理器30的负担。为了得到的足够的计算速度，存储管理器35优选地是比A/D转换器32的时钟快好多倍，特别是8倍、10倍或者12倍。

存储管理器35优选地是设置在可编程功能存储器中，例如，可编程阵列逻辑(PAL)或者是现场可编程门阵列(FPGA)。如果需要的话，存储管理器35也可以设有微处理器30或者是另外的带有适当的计算程序的微处理器(图中未示出)。

在这样的液位测量装置中，习惯上，存储管理器 35 也可以用于生成几个采样序列的均值或中值。

5 如上所述，基于脉冲雷达技术的液位参数 X_H 的确定是根据取决于液位的回波 E_1 渡越时间的评估，而上述渡越时间可以通过存储在数据存储器 33 中的采样序列 AF 形成的振幅和相位信息高准确度地确定。

10 中频信号 ZF 的振幅信息可以通过采样序列 AF 的数字校正来得到，例如在液位计算机 34 内通过简单地形成采样序列 AF 的所有数据数组 (tuple) 的绝对值，接下来进行最大值查找，在最大值查找过程中，局部极大值的所选数据数组被以数字包络的形式用于制作中频信号 ZF 的振幅变化的模型。对于这种数字形成的包络，渡越时间确定的评估方法对于本领域的普通技术人员来讲是非常熟悉的，参见 EP-A 668488、EP-A 882957、EP-A 1069438、WO-A 94/14037、WO-A 95/08780。
15 但是，如果需要的话，也可以选用对本领域的普通技术人员所熟悉的其它数字振幅解调方法。

20 除了数字包络之外，为了得到相位信息，前面所述的代表数字形式的中频信号 ZF 的实部和虚部的两个积分信号可以从采样序列 AF 得到。为此，例如，采样序列 AF 至少部分地，特别是在先前数字检测有用的回波区域，可以被预定频率的数字正弦波信号序列和数字余弦波信号序列相乘，优选地是该预定频率等于中频信号 ZF 的中心频率，例如，参见图 4，通过液位计算机 34 生成第一数字信号序列 SIN_{AF} 和第二数字信号序列 COS_{AF} ，并将其存储在数据存储器 33 中。

25

为此，必须指出，例如为了得到振幅信息，采用众所周知的关系式

$$ENV = \sqrt{Q^2 + I^2},$$

积分信号序列 Q、I 也可以用于产生上述的数字包络信号 ENV。

30

5 为了生成数字积分信号序列 Q 、 I ，根据众所周知的三角法关系上述的信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} 可以被数字低通滤波，然后被数字转换为相应的振幅或相位参数，通过上述振幅或相位参数就可以直接计算出液位参数 X_H ，参见 DE-A4407369，其中阐述了上述也可以称为积分降频的技术。

10 在用于高准确度地，特别是精确到毫米地确定液位参数 X_H 的本发明的优选实施例中，近似渡越时间的确定，特别是测量精度达到数字中频信号 ZF_D 波长的二分之一或者四分之一范围之内，是根据第一数据记录 env_R 和第二数据记录 env_N 来进行，其中，第一数据记录作为参考点，第二数据记录作为液位回波或者有用的回波。

15 两个数据记录 env_R 和 env_N 部分代表采样序列 AF 在参考点附近区域和有用的回波中的固有振幅信息，两个数据记录 env_R 和 env_N 必须从上述数字包络中选择，这对于基于脉冲雷达技术的液位测量技术的技术人员来讲是熟知的，而且在 DE-A 4407369 或者 EP-A 1069438 中已作了详细地阐述。因此省略了对本步骤的更详细地描述。如果需要的话，数据记录 env_R 和 env_N 也可以从采样序列 AF 中直接得到。

20 为了最终确定代表容器内液位的渡越时间，与在参考点形成的数据数组 q_R/i_R 非常相应的有用回波的数据数组 q_N/i_N 是由数据记录得到的，优选地是通过由两个积分信号序列 Q 、 I 的单个数据记录形成的独立的数据数组 q_j/i_j （其中 j =当前选择的积分数据记录的指数）得到，其中所述积分信号序列 Q 、 I 在数字上代表采样序列 AF 的降频，例如，
25 其以位于预期或者已经确定的第二数据记录 env_N 的指数范围的起始数据数组开始。由此得到的两个数据数组 q_R/i_R 、 q_N/i_N ，可以很容易地重新调节为与渡越时间直接相应的相位参数，例如，重复使用数学上的反正切函数，即， $\arctan(q_R/i_R)$ 、 $\arctan(q_N/i_N)$ 。

30 在本发明的另外一个优选实施例中，液位测量参数 X_H 由首先形成

的所有数据数组 q_j/i_j 或者至少一部分与液位测量相关的数据数组确定，通常是通过积分信号序列 Q 、 I 确定，然后以与中频信号瞬时相位变化相应的相位序列 Q/I 的形式将其存储在数据存储器 33 中。然后，分别考虑到预先确定的参考点和有用回波的数据记录 env_R 、 env_N 是如此的互相适应，使得从各自的相关数据数组 q_R/i_R 、 q_N/i_N 中得到的相位参数在在上述范围内尽可能的一致，参见图 4。

为了优化上述确定积分信号序列 Q 、 I 的方法，在本发明的另外一个优选实施例中，用于评估信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} ，采用液位计算机 34 实施的数字低通滤波器可以优选地被下述方式所取代。两个数字信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} 首先被存储，在例如数据存储器 33 中。在此情况中，数字信号处理可能涉及相当大数量的计算复杂度，并且需要大量的存储空间，代替传统的随后的低通滤波的是，积分信号序列 Q 、 I 是在信号序列 SIN_{AF} 的时间平均值变化以及信号序列 COS_{AF} 的时间平均值变化的基础上确定，其中时间平均值是按周期逐个确定的。优选地是，时间平均值是仅仅在参考点附近的那些区域以及有用回波的区域确定的，例如在第一和/或第二数据记录 env_R 、 env_N 的区域。

使发明者感到惊奇的是，已经证明，两个信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} 的时间平均值的变化无论如何也可以快速地、容易地以数字方式得到，仅仅利用从信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} 中筛选的数据记录，就可以更容易的得到并且需要较少的计算，优选地是，从与第一和/或第二数据记录 env_R 、 env_N 的上述区域相应的局部极大值和局部极小值中筛选，以计算平均值的瞬时变化。

为了生成代表至少一部分信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} 的时间平均值变化的、以数字形式存储的平均值序列 $\overline{SIN_{AF}}$ 、 $\overline{COS_{AF}}$ ，利用代表至少两个所选择的或者计算出的信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} 最大值的第二数据组，以及同样地代表至少两个所选择的或者计算出的信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} 最大值的第二数据组进行特定的线性回归分析，参见图 5。从由

此得到的两组参数，可以得到一种回归函数的规则，所述函数描述信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} 的包络，通过确定代表信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} 包络的两组参数的两个分别匹配的参数的平均值，即， $0.5(a_o+a_u)$ 、 $0.5(b_o+b_u)$ ，则一组用于以函数方式描述平均值瞬时变化规则的参数也可以很容易地得到，例如， $a_o x+b_o$ 、 $a_u x+b_u$ （图 5）。

上述方法特别是基于一种惊人的共识，即使在线性回归的情况下，即尽管平均值的确定非常简单，与第一和/或第二数据记录 env_R 、 env_N 区域内的两个信号序列 SIN_{AF} 、 COS_{AF} 的真实时间平均值相比的测量误差实际上也是非常之小。

采用数字低通滤波的方法与采用平均值的方法的比较实验已经证明，采用第二种方法，计算复杂度可以以 10—50 的因子降低，却能达到同等的测量精度。因此，必须指出，积分信号序列 Q 、 I 的局部极大值或局部极小值的高精度测定也可以通过下述方法求得，即在本申请的申请日之前尚未公开的本申请人的美国专利申请 US60/264028 中所描述的数字数据序列的局部极值的确定方法。

还特别用于从采样序列 AF 求渡越时间时减少所需计算时间和存储空间的本发明的另外一个进步在于，可以不需要生成积分信号序列 Q 、 I ，可以直接从采样序列 AF 得到高精度的实际液位测量所需的相位信息。这可以由以下方式得到，即从包络 ENV 中选择或者从采样序列 AF 中选择数据记录 env_R ，在采样序列 AF 中精确确定数据记录 af_R ，其轨迹或渡越时间位置由相关的数据记录指数所表示，例如，与相关数据记录 env_R 的轨迹或渡越时间位置非常一致，如图 6 所示。通过两组数据记录 af_R 、 env_R 数值的简单相除，与数据记录 af_R 的相位相应的数据数组 af_R/env_R ，特别是与该相位正弦成正比的数组可以非常简单又快速地得到。

但是，如图 6 所示，优选的是在全部包络 ENV 以及全部采样序列

AF 上都进行记录对记录的除法，因此将中频信号 ZF 归一化为被包络 ENV 所表示的振幅变化。为了绘制至少一部分中频信号 ZF 的相位变化，将由此得到的数字相位序列 AF/ENV 存储在数据存储器 33 中。

5 为了确定代表容器内液位的渡越时间，由采样序列 AF 的数据记录 af_j 以及包络数据记录 env_j 所产生的独立的数据数组的记录之比 af_j/env_j (j =当前选择的积分数据记录的指数)，优选的是以例如位于数据记录 env_N 的预定部分和位于采样序列 AF 实际同相的数据记录 af_N 的起始数据记录开始， af_j/env_j 可以用于确定与参考点数据数组 af_R/env_R 非常相应有用回波的数据数组 af_N/env_N 。通过以数字方式运用 arc-sine 函数，与渡越时间测量相关的两组数据数组 af_R/env_R 、 af_N/env_N ，可以很容易地被重新调节为与相位成比例的数据。

15 通过上述的数字除法，采样序列的单个数据记录被相应的相同轨迹的、从而相位相同的包络 ENV 数据记录相除，则与振幅信息一起包含在采样序列 AF 中的相位信息可以与振幅信息分离，并从采样序列 AF 中提取出来。

20 另外一种采用数据数组 af_R/env_R 得出相位信息的方法是从数据记录 env_N 和与采样序列 AF 相应的相同轨迹数据记录 af_N 而确定有用回波的数据数组 af_N/env_N ，将两组数据数组以上述方式重新调节为与相位成比例的数据，生成由此得到的两个参数之间的差值。用中频信号 ZF 的瞬时波长乘以这个相位差，假定在这种类型的液位测量装置中，中频信号 ZF 可能以数字形式存在，就可以对于直接从数据数组 af_N/env_N 得到相位参数确定相应的校正参数。

25 但是，如果需要的话，除了上述所推荐的方法之外的其他方法也可以从采样序列 AF 中以数字方式得到振幅和/或相位信息。

30 对于从采样序列 AF 中确定液位测量参数 X_H 所必需的评估方法，

例如通过从包络 ENV 和相位序列 AF/ENV 或者是积分信号序列 Q、I 所得到的渡液时间获得，可以以本领域的技术人员所熟知的方法求得，例如采用安装在微处理器 30 中的计算程序。所必需的程序代码可以很容易的设置在控制单元 3 的可擦写存储器 36 中，特别是永久存储器，
5 例如 EPROM、闪存 EEPROM 或 EEPROM，微处理器 30 具有与上述存储器相连的读取通道。

在另外的优选实施例中，微处理器 30 设置为数字信号处理器，例如模拟装置 ADSP21065 型。如果需要的话，除了微处理器 30 之外，
10 例如控制单元 3 还可以包括信号处理器。

液位测量装置也可以与现场总线（图中未示出）相连，例如，然后将其连接到远程控制室以及外部电源，其通过内部供给单元 4 供应给液位测量装置。为了向现场总线发送测量装置的数据，特别是所测的液位参数 X_H ，液位测量装置还包括带有适当的数据接口 51 的通信单元 5。
15 另外，通信单元 5 还可以包括显示和控制单元 52，特别是为了显示测量装置的数据和/或允许现场调整液位测量装置。

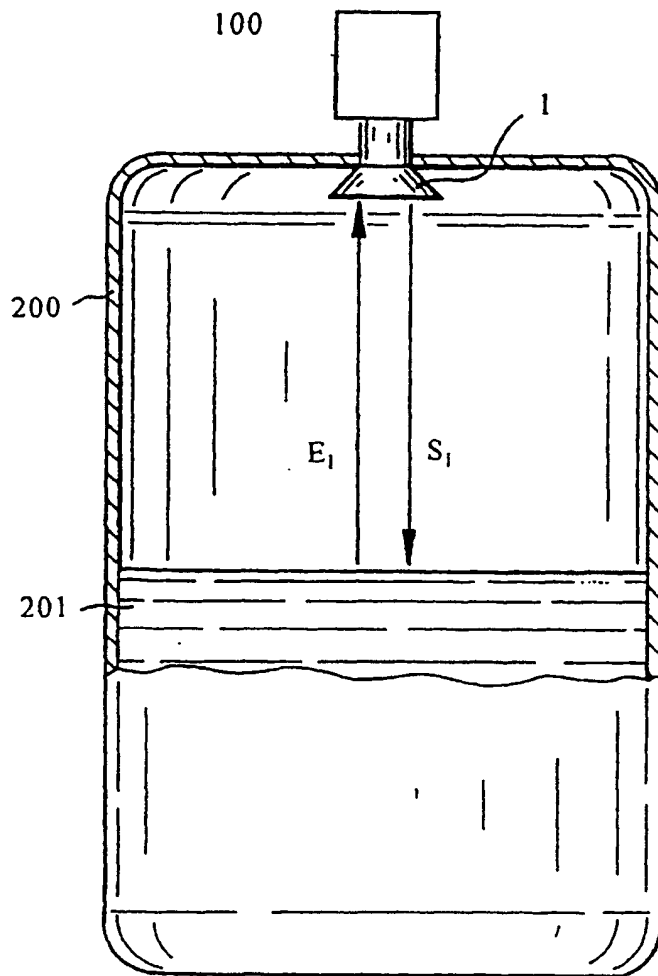


图1

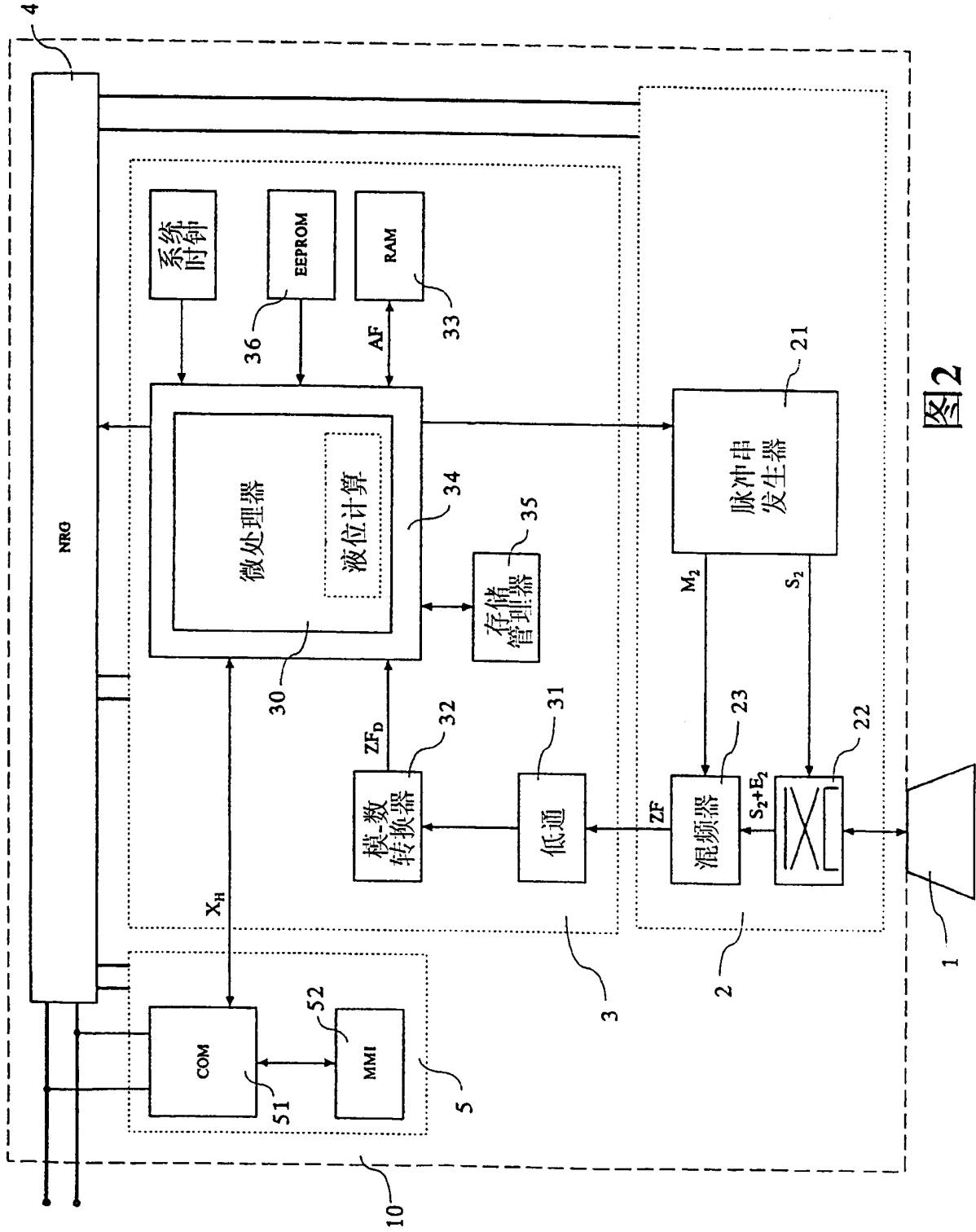


图2

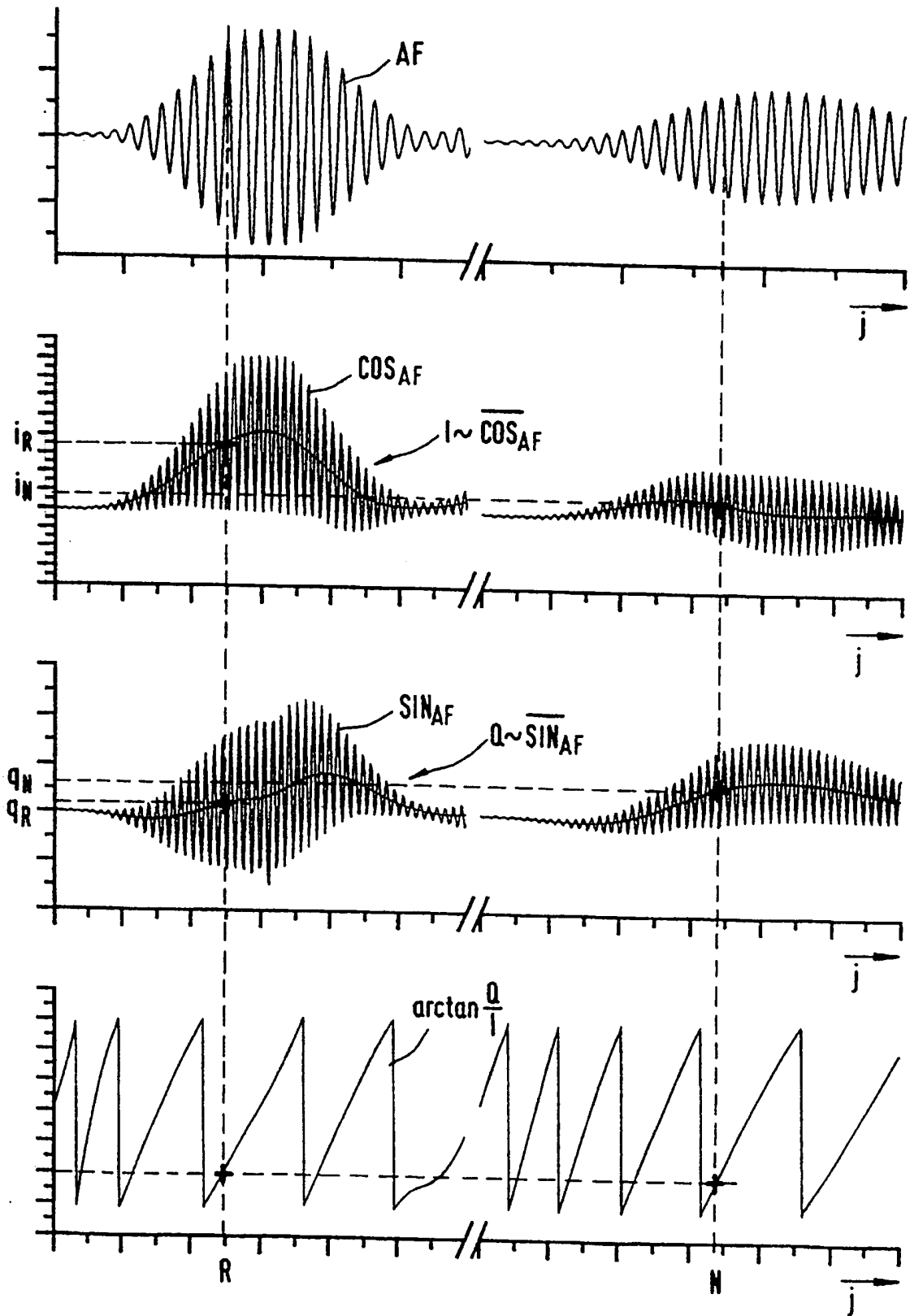


图4

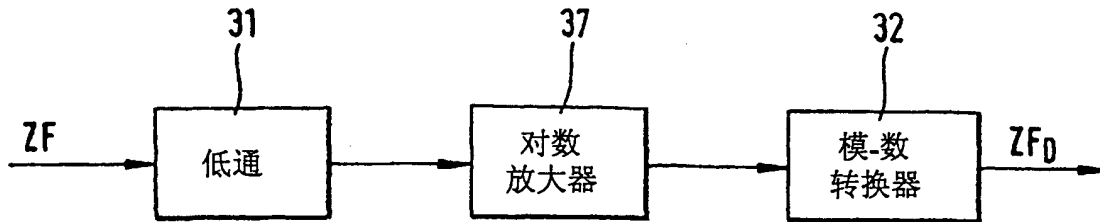


图3

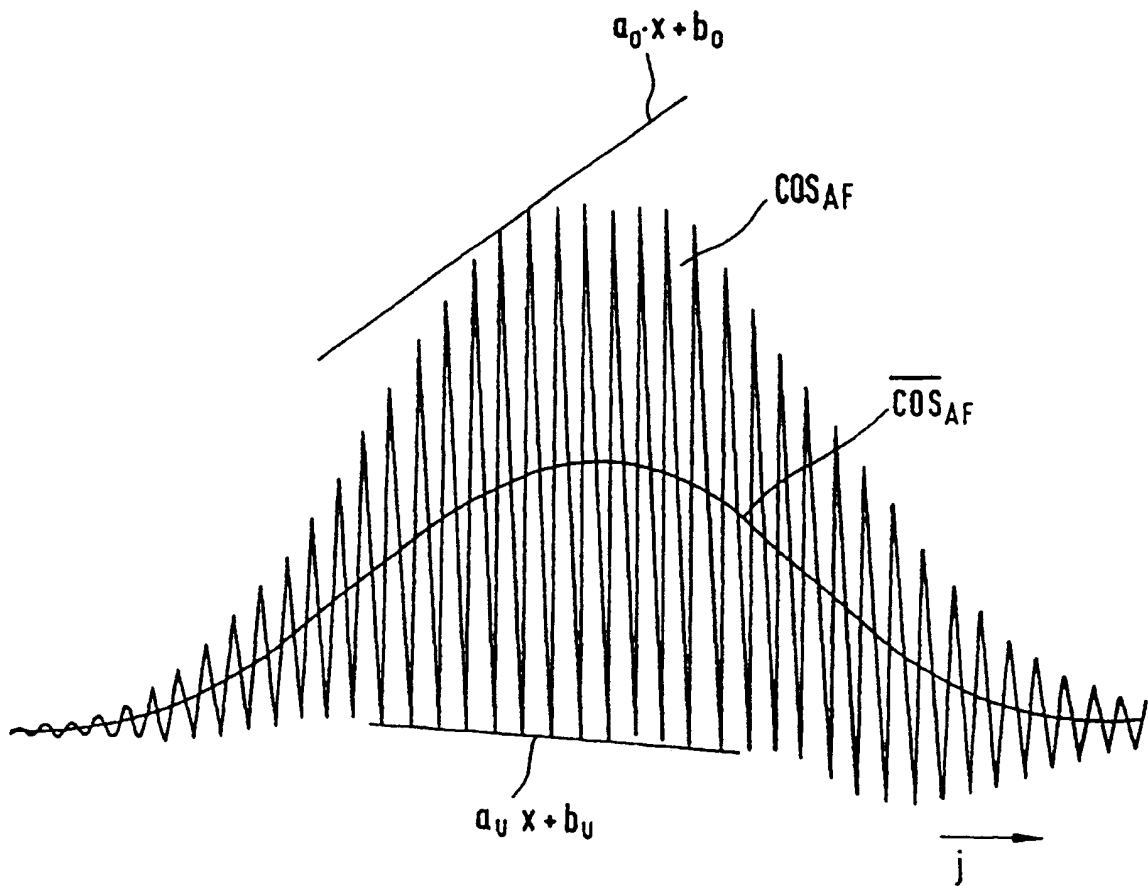


图5

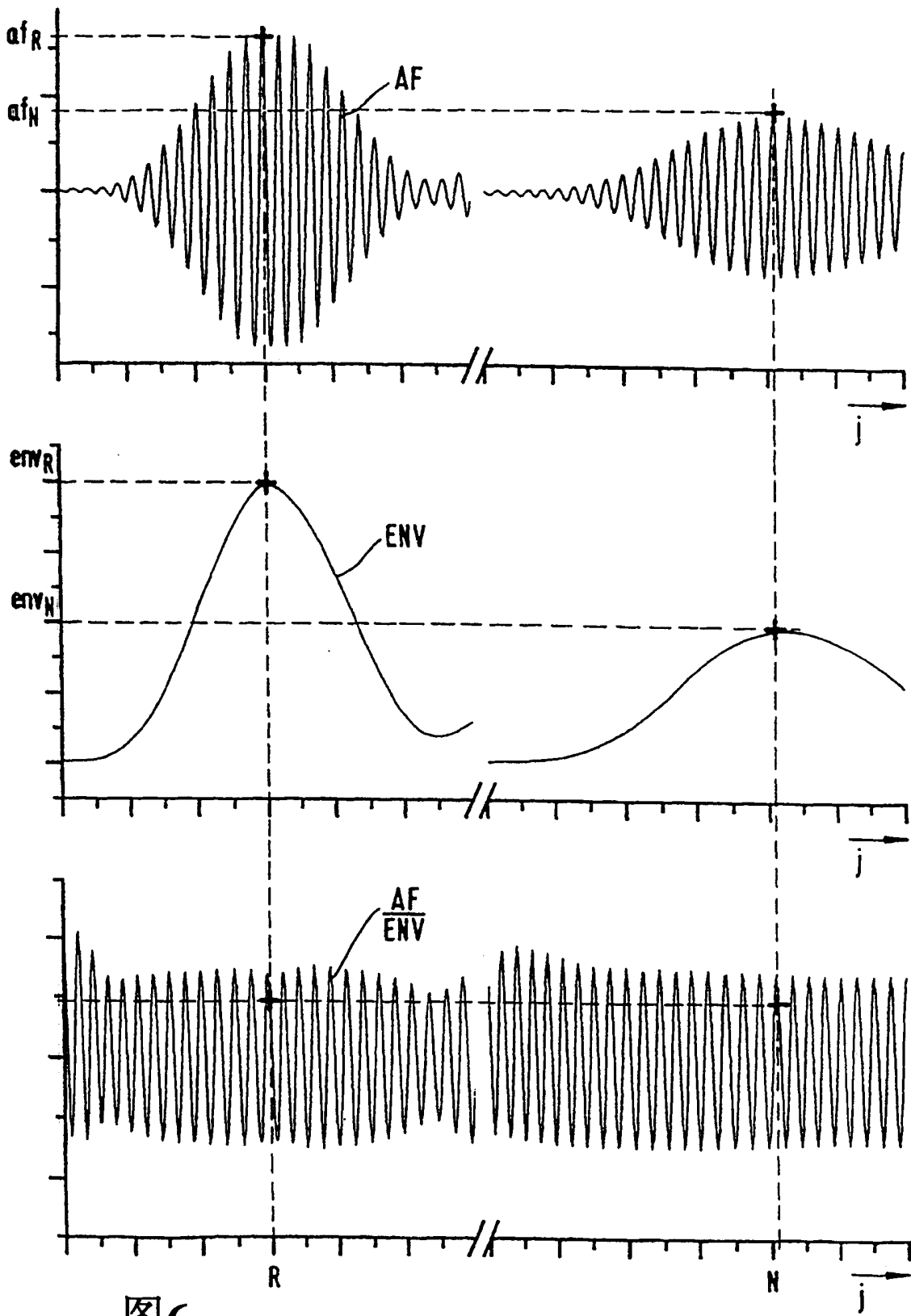


图6