



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102016524 B

(45) 授权公告日 2012.06.06

(21) 申请号 200980116643.X

(22) 申请日 2009.05.13

(30) 优先权数据

12/122,016 2008.05.16 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.11.09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/SE2009/050539 2009.05.13

(87) PCT申请的公布数据

W02009/139716 EN 2009.11.19

(73) 专利权人 罗斯蒙特雷达液位股份公司

地址 瑞典哥德堡

(72) 发明人 O·爱德沃森

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038

代理人 高青

(51) Int. Cl.

G01F 23/284 (2006.01)

G01F 25/00 (2006.01)

G01S 13/08 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101033996 A, 2007.09.12, 全文.

CN 1535374 A, 2004.10.06, 全文.

US 2005/0024259 A1, 2005.02.03, 全文.

DE 10217934 A1, 2003.11.06, 全文.

EP 1801549 A2, 2007.06.27, 全文.

US 5249463 A, 1993.10.05, 全文.

审查员 杨彬

权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 4 页

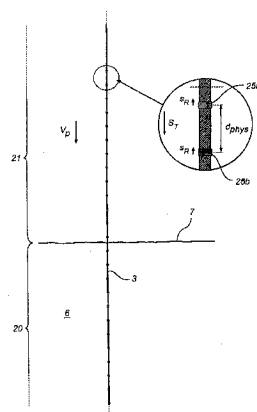
(54) 发明名称

使用带有周期性排列的基准阻抗转变元件的波导结构的雷达液位计系统

(57) 摘要

一种用于确定包含在储罐中的产品的填充液位的雷达液位计系统,所述雷达液位计系统包含:收发机,用于生成、发射和接收一个频率范围内的电磁信号;波导结构,被安排成延伸到包含在储罐中的产品中,将来自所述收发机的发射信号引导朝向所述产品的表面,并引导由所述发射电磁信号所遇到的阻抗转变处的反射引起的回波信号回到所述收发机,所述回波信号包括由所述表面处的反射引起的表面回波信号;沿所述波导结构基本上周期性设置的多个基准阻抗转变元件,其中,相邻基准阻抗转变元件之间的距离被选择成使得在每个所述基准阻抗转变元件处反射所述发射信号而引起的信号组合形成具有在所述频率范围内的频率的基准信号;以及与所述收发机相连接的处理电路,用于根据所述基准信号的所述频率和相邻基准阻抗转变元件之间的所述距离来确定所述电磁信号在储罐内产品的所述表面上方的媒体中的传播速度,并根据所述表面回波信号和

所述传播速度来确定所述填充液位。



1. 一种用在雷达液位计系统 (1) 中的波导结构 (3 ;30 ;34 ;38), 用于引导一个频率范围内的发射电磁信号 (S_T) 朝向并进入到包含在储罐 (5) 中的物料 (6) 中, 并沿所述波导结构 (3 ;30 ;34 ;38) 反向引导由所述发射电磁信号 (S_T) 所遇到的阻抗转变处的反射引起的回波信号,

所述波导结构 (3 ;30 ;34 ;38) 包含沿所述波导结构 (3 ;30 ;34 ;38) 周期性设置的多个基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b), 其中, 相邻基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b) 之间的距离被选择成使得在每个所述基准阻抗转变元件处反射发射信号 (S_T) 而引起的信号 (s_R) 组合形成具有在所述频率范围内的频率的基准信号,

从而能够根据所述基准信号的所述频率和相邻基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b) 之间的所述距离来确定所述发射电磁信号 (S_T) 在储罐 (5) 内的媒体中的传播速度。

2. 按照权利要求 1 所述的波导结构 (3 ;30 ;34 ;38), 其中, 每个基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b) 被配置成反射其功率相对于所述发射信号 (S_T) 的功率低于 -20dB 的回波信号 (s_R)。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的波导结构 (3 ;30 ;34 ;38), 其中, 对于每个基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b), 相邻基准阻抗转变元件之间的所述距离小于 1 米。

4. 按照权利要求 1 或 2 所述的波导结构 (3 ;30 ;34 ;38), 其中, 对于所述多个基准阻抗转变元件, 相邻基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b) 之间的所述距离的标准偏差低于所述距离的平均值的 1%。

5. 按照权利要求 1 或 2 所述的波导结构 (3 ;30 ;34 ;38), 其中, 沿所述波导结构 (3 ;30 ;34 ;38) 设置至少 10 个基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b)。

6. 按照权利要求 1 或 2 所述的波导结构 (3), 其中, 所述波导结构是单线探针 (3)。

7. 按照权利要求 6 所述的波导结构 (3), 其中, 每个所述基准阻抗转变元件 (25a-b) 由附于所述单线探针 (3) 的反射结构形成。

8. 按照权利要求 1 或 2 所述的波导结构 (34), 其中, 所述波导结构是具有内导体 (35a) 和外导体 (35b) 的同轴波导 (34)。

9. 按照权利要求 8 所述的波导结构 (34), 其中, 每个所述基准阻抗转变元件 (36a-b) 由被安排成隔开所述内导体 (35a) 和外导体 (35b) 的间隔结构形成。

10. 按照权利要求 1 或 2 所述的波导结构 (30), 其中, 所述波导结构是包含一对导体 (31a-b) 的双线探针 (30)。

11. 按照权利要求 10 所述的波导结构 (30), 其中, 每个所述基准阻抗转变元件 (32a-b) 由用于隔开所述导体 (31a-b) 的隔离元件形成。

12. 按照权利要求 1 或 2 所述的波导结构 (38), 其中, 所述波导结构是用于引导天线所发射的信号的正止管 (38)。

13. 按照权利要求 12 所述的波导结构 (38), 其中, 每个所述基准阻抗转变元件 (39a-b) 由在所述正止管 (38) 的壁中形成的至少一个凹部 (39a-b) 形成。

14. 一种用于确定包含在储罐 (5) 中的产品 (6) 的填充液位的雷达液位计系统 (1), 所述雷达液位计系统包含:

收发机 (10), 用于生成、发射和接收一个频率范围内的电磁信号;

按照权利要求 1 到 13 的任何一项所述的波导结构 (3 ;30 ;34 ;38), 被安排成延伸到包含在储罐 (5) 中的所述产品中, 并且将来自所述收发机的发射信号 (S_T) 引导朝向所述产品 (6) 的表面, 并将由所述发射电磁信号 (S_T) 所遇到的阻抗转变处的反射引起的回波信号引导回到所述收发机 (10), 所述回波信号包括由所述表面处的反射引起的表面回波信号 ; 以及

与所述收发机 (10) 相连接的处理电路 (11), 用于根据所述基准信号的所述频率和相邻基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b) 之间的所述距离来确定所述电磁信号在储罐 (5) 内产品 (6) 的所述表面 (7) 上方的媒体中的传播速度, 并根据所述表面回波信号和所述传播速度来确定所述填充液位。

15. 一种用于确定包含在储罐 (5) 中的产品 (6) 的填充液位的方法, 所述方法包含 :

生成和发射 (401) 一个频率范围内的电磁信号 (S_T) ;

使发射的电磁信号 (S_T) 沿延伸朝向并进入到包含在储罐 (5) 中的所述产品 (6) 中的波导结构 (3 ;30 ;34 ;38) 传播 (402), 所述波导结构 (3 ;30 ;34 ;38) 包含沿所述波导结构 (3 ;30 ;34 ;38) 周期性设置的多个基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b), 其中, 相邻基准阻抗转变元件之间的距离被选择成使得在每个所述基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b) 处反射发射电磁信号 (S_T) 而引起的信号 (s_R) 组合形成具有在所述频率范围内的频率的基准信号 ;

接收 (403) 由所述发射电磁信号 (S_T) 所遇到的阻抗转变处的反射引起的回波信号 (s_R), 所述回波信号包含所述基准信号和由产品 (6) 的所述表面 (7) 处的反射引起的表面回波信号 ;

根据所述基准信号的所述频率和相邻基准阻抗转变元件 (25a-b ;32a-b ;36a-b ;39a-b) 之间的所述距离来确定 (404) 所述电磁信号在储罐 (5) 内产品 (6) 的所述表面 (7) 上方的媒体中的传播速度 ; 以及

根据所述表面回波信号和所述传播速度来确定 (405) 所述填充液位。

16. 按照权利要求 15 所述的方法, 其中, 生成和发射电磁信号包含 :

频率调制所述电磁信号。

17. 按照权利要求 16 所述的方法, 其中, 频率调制所述电磁信号包含 :

在第一频率扫描中, 以第一扫描速率跨越排除了所述基准信号的频率的第一频率范围 (Δf_m) 扫描所述电磁信号的频率 ; 以及

在第二频率扫描中, 以低于所述第一扫描速率的第二扫描速率跨越包括所述基准信号的频率的第二频率范围 ($\Delta f_a ; \Delta f_b$) 扫描所述电磁信号的频率。

18. 按照权利要求 17 所述的方法, 其中, 所述第二扫描速率低于所述第一扫描速率的 50%。

19. 按照权利要求 17 或 18 所述的方法, 其中, 所述第二频率范围 ($\Delta f_a ; \Delta f_b$) 小于所述第一频率范围 (Δf_m)。

20. 按照权利要求 19 所述的方法, 其中, 所述第二频率范围 ($\Delta f_a ; \Delta f_b$) 小于所述第一频率范围 (Δf_m) 的 50%。

21. 按照权利要求 17 或 18 所述的方法, 进一步包含 :

通过组合所述回波信号和指示所述发射电磁信号 (S_T) 的信号来确定中频信号 (S_{IF}) ;

分析与所述第二频率扫描相对应的中频信号 (S_{IF2} ; S_{IF3}) 以确定所述基准信号的频率;
以及

分析与所述第一频率扫描相对应的中频信号 (S_{IF1}) 以确定指示所述填充液位的频移。

22. 按照权利要求 21 所述的方法, 其中:

在时域中分析与所述第二频率扫描相对应的所述中频信号 (S_{IF2} ; S_{IF3}); 并且
在频域中分析与所述第一频率扫描相对应的所述中频信号 (S_{IF1})。

使用带有周期性排列的基准阻抗转变元件的波导结构的雷达液位计系统

技术领域

[0001] 本发明涉及使用诸如探针或静止管的波导结构的雷达液位计系统,所述雷达液位计系统用于确定包含在储罐中的产品的填充液位。

背景技术

[0002] 雷达液位计 (RLG) 系统广泛用于确定包含在储罐中的产品的填充液位。雷达液位计一般通过非接触式测量或接触式测量来进行,在非接触式测量中,向包含在储罐中的产品辐射电磁信号;接触式测量通常被称为导波雷达 (GWR),其通过利用诸如探针或静止管的波导结构将电磁信号引导到产品中。波导结构一般被安排成从储罐的顶部垂直延伸到储罐的底部。也可以将波导结构安排在测量管,即所谓的测量室中,该测量管与储罐的外壁连接,并且与储罐的内部流体连通。

[0003] 发射的电磁信号在产品的表面被反射,并且反射信号被包含在雷达液位计系统中的接收机或收发机接收。根据发射信号和反射信号,可以确定到产品表面的距离。

[0004] 更具体地说,到产品表面的距离一般根据电磁信号的发射与在储罐中的气氛和其中包含的产品之间的界面上反射的电磁信号的接收之间的时间来确定。为了确定产品的实际填充液位,根据上述时间(所谓的飞行时间)和电磁信号的传播速度来确定基准位置到表面的距离。

[0005] 当前在市场上销售的大多数雷达液位计系统是根据脉冲的发射与其在产品表面上的反射的接收之间的时间差来确定到包含在储罐中的产品的表面的距离的所谓脉冲式雷达液位计系统,或是根据由时间差引起的发射调频信号与其在表面上的反射之间的相位差来确定到表面的距离的系统。后一种类型的系统一般被称为 FMCW(调频连续波)型的系统。

[0006] 需要知道传播速度以便根据飞行时间来确定填充液位,所述传播速度由各种因素确定,诸如波导结构的配置和储罐内的环境状况。这种环境状况例如包括包含在储罐中的产品的表面上方的气氛的成分。

[0007] 对于适用于极高精度(诸如,0.1%或更低)的雷达液位计系统,储罐气氛将影响传播速度。举例来说,标准空气中的传播速度比真空中慢大约0.03%,而加压烃类气体具有较大影响,例如,10bar 压强下的丙烷具有较大影响(1%)。

[0008] US 6867729 和 US 5249463 公开了被设计成针对储罐中产品表面上方的气氛中的变化蒸气浓度进行补偿的不同系统。

[0009] US 6867729 中公开的液位测量系统通常以相对较低增益工作,以确定包含在储罐中的物料的物料液位,并且周期性地以相对较高增益工作,以确定到在探针的预期感测区上方沿探针设置的目标标记的距离。所确定的到目标标记的距离被用于针对物料液位上方的蒸气的特性来补偿所确定的物料液位。

[0010] US 5249463 中公开的测量水位的液位测量系统包含在最大水位上方配有一对隔

开的基准非连续体的探针。该基准非连续体之间的测量距离与已知距离之间的差被用于提供与水位上方的蒸气的介电常数的变化无关的水位测量结果。

[0011] 尽管能够确定储罐气氛中的传播速度,但诸如 US 6867729 和 US5249463 中公开的基准反射体将在它们附近产生某种干扰,影响雷达液位计系统的测量精度。通常,校准回波太强并且干扰填充液位测量,或太弱并且受表面回波干扰。

发明内容

[0012] 鉴于现有技术的上述及其它缺点,本发明的一般目的是提供一种改进的雷达液位计系统及方法,尤其是能够进行更高精度填充液位确定的雷达液位计系统及方法。

[0013] 按照本发明的第一方面,这些及其它目的通过一种用于确定包含在储罐中的产品的填充液位的雷达液位计系统来实现,所述雷达液位计系统包含:收发机,用于生成、发射和接收一个频率范围内的电磁信号;波导结构,被安排成延伸到包含在储罐中的产品中,引导来自所述收发机的发射信号朝向产品的表面,并引导由所述发射电磁信号所遇到的阻抗转变处的反射引起的回波信号回到所述收发机,所述回波信号包括由所述表面处的反射引起的表面回波信号;沿所述波导结构基本上周期性设置的多个基准阻抗转变元件,其中,相邻基准阻抗转变元件之间的距离被选择成使得在每个基准阻抗转变元件处反射所述发射信号而引起的信号组合形成具有在所述频率范围内的频率的基准信号;以及与所述收发机连接的处理电路,用于根据所述基准信号的频率和相邻基准阻抗转变元件之间的距离来确定所述电磁信号在储罐内产品表面上方的媒体中的传播速度,并根据所述表面回波信号和所述传播速度来确定填充液位。

[0014] 按照本发明的第二方面,上述及其它目的通过一种用在雷达液位计系统中的波导结构来实现,所述波导结构用于将一个频率范围内的发射电磁信号引导朝向并进入到包含在储罐中的物料中,并沿所述波导结构反向引导由所述电磁信号所遇到的阻抗转变处的反射引起的回波信号,所述波导结构包含沿所述波导结构基本上周期性设置的多个基准阻抗转变元件,其中,相邻基准阻抗转变元件之间的距离被选择成使得在每个基准阻抗转变元件处反射所述发射信号而引起的信号组合形成具有在所述频率范围内的频率的基准信号,从而能够根据所述基准信号的频率和相邻基准阻抗转变元件之间的距离来确定所述电磁信号在储罐内的媒体中的传播速度。

[0015] 所述储罐可以是能够容纳产品的任何容器或器皿,并且可以是金属的、部分或完全非金属的、开口的、半开口的、或封闭的。

[0016] 所述“收发机”可以是能够发射和接收电磁信号的一个功能单元,也可以是包含分立的发射器和接收机单元的系统。

[0017] 所述波导结构可以是适合引导由所述收发机发射的电磁信号的任何结构。适当波导结构的例子包括单线探针、双线探针、同轴探针、所谓的静止管等。所述波导结构可以是大致刚性或柔性的,并且可以由诸如不锈钢的金属、诸如 PTFE 的塑料、或其组合制成。

[0018] 本发明基于如下认识:通过设置具有多个基本上周期性排列的基准阻抗转变元件的波导结构,可以实现储罐内待计量产品上方的媒体中的传播速度的良好确定,而几乎不影响所述雷达液位计系统进行的填充液位确定的精度,其中,每个基准阻抗转变元件导致非常弱的回波信号,但合起来导致仅一个窄频率范围内的强反射信号,这个频率范围由相

邻基准阻抗转变元件之间的距离确定。

[0019] 从而,可以在没有干扰表面回波信号的风险的情况下,获得指示电磁信号在产品表面上方的媒体,例如,储罐气氛中的传播速度的易确定强基准信号。因此,不必在弱得难以可靠地确定的基准回波信号与强得干扰填充液位确定的基准回波信号之间进行现有技术系统的权衡。

[0020] 为了实现这种多个弱回波信号能够针对给定频率组合形成一个强回波信号的效果,可以将反射结构排列成针对所述频率范围内的所述给定频率,相邻基准阻抗转变元件之间的距离按照如下关系对应于多个半波长:

$$[0021] \quad d = n \frac{\lambda}{2}; n = 1, 2, 3, \dots,$$

[0022] 其中, d 是相邻反射结构之间的距离, λ 是与基准信号的频率相对应的、电磁信号传播通过的媒体中的波长。

[0023] 应该注意到,在该上下文中,可以将其中设置有基准阻抗转变元件的波导结构看作在一般微波文献中公知的一种“周期性结构”或“电磁带隙结构”。

[0024] 一般说来,电磁带隙 (EBG, Electromagnetic Band Gap) 结构可以是任何类型的传输线,只要沿其长度具有机械周期性(周期长度-在这种情况下,相邻基准阻抗转变元件之间的距离-是一个基本参数)即可,诸如以周期性方式具有较厚部分的单线传输线。例如,在 Robert Collins 的教科书“Foundations for microwave engineering (IEEE Press 2001)”中提及了这样的一般性 EBG 结构。被构建成周期性结构(或 EBG 结构)的传输线的特征是:物理周期性被转换为电磁波的按照频率的周期性传输行为。在低频(机械周期的长度与对应于使用频率的波长相比较短),传输线的行为像连续线(具有平均厚度等),而在周期与波长相当或大于波长的频率,传输线具有极具特征的行为,诸如交错的通带和阻带。与周期性结构的具体细节无关,在任何情况下,通带和阻带内的频率的传输/反射特性之间存在显著差异。正是将这种差异用在本发明的各个方面中,以获得有关传输线上和传输线周围的状况的信息(特别是传播速度)。对于适合实现本发明的周期性结构,带有周期性和相同基准阻抗转变元件的传输线/波导结构是优选的,并且来自单个这样的基准阻抗转变元件的反射通常很小,或者甚至根本检测不到,而总反射却很大,但只出现在特定频带内。由于沿线的电损耗(对于任何波导结构都存在,尤其当波导结构由诸如不锈钢的不良导体制成时),阻带不是完美的阻带,而是在非常窄的频带上具有诸如强反射的特有行为的频带。

[0025] 为了保证填充液位确定不受由基准阻抗转变元件处的反射引起的回波信号干扰,可以将每个基准阻抗转变元件配置成反射其功率相对于发射信号的功率低于 -20dB 的回波信号。通过将每个基准阻抗转变元件配置成提供相对于发射信号的功率低至 -30 到 -50dB 的反射,甚至可获得更有利的结果。

[0026] 从而,所述雷达液位计系统的范围可以保持在一个令人满意的水平,甚至对于长波导结构(深罐)也一样,因为只有少量发射功率被每个基准阻抗转变元件反射。此外,功率损耗被限制到一个小频率范围内,这个小频率范围可以被选择成在通常用于确定表面回波信号的频率范围之外。应当发生功率损耗的频率范围可以通过选择相邻基准阻抗转变元件之间的距离来选择。

[0027] 对于某些类型的波导结构,特别是由诸如不锈钢的不良电导体制成的探针,由沿波导结构的“正常”传导引起的功率损耗限制了产生有用结果的相邻基准阻抗转变元件之间的距离。例如,相邻基准阻抗转变元件之间的距离可能小于 1 米,从而可以获得独特的基准信号。

[0028] 为了使基准信号更容易区分,并且为了提高传播速度的确定精度,基准信号代表相对窄的峰或脉冲是有利的。以下述方式安排基准阻抗转变元件至少可以部分达到这个目的,即对于多个基准阻抗转变元件,使相邻基准阻抗转变元件之间的间隔的标准偏差低于相邻基准阻抗转变元件之间的距离的平均值的 1%。

[0029] 原则上,增加沿波导结构设置的基准阻抗转变元件的数量将提高基准信号的质量,并因此提高传播速度的确定质量。为此,预计沿波导结构设置至少 10 个基准阻抗转变元件将能够以至少令人满意的精度确定传播速度。此外,预计增加基准阻抗转变元件的数量将进一步改善传播速度的确定。

[0030] 按照一个实施例,所述波导结构可以是单线探针。每个基准阻抗转变元件可以由附于所述单线探针的反射结构形成。这样的反射结构可以例如被形成附在探针上的导电或绝缘圆柱壳。可替代地,所述基准阻抗转变元件可以通过在探针中形成适当凹部来实现。

[0031] 按照另一个实施例,所述波导结构可以是具有内导体和外导体的同轴波导。在这种情况下,每个反射结构可由被安排成隔开所述内外导体的间隔结构有利地形成。

[0032] 这样的间隔结构可以由诸如塑料材料或陶瓷的电介质有利地制成。各种这样的适当结构当前被用于隔开同轴波导的内外导体。

[0033] 按照进一步的实施例,所述波导结构可以是包含一对导体的双线探针。在这种情况下,每个基准阻抗转变元件可由隔开所述导体的隔离元件有利地形成。

[0034] 按照又一个实施例,所述波导结构可以是静止管,那么每个基准阻抗转变元件可由静止管壁中的至少一个凹部有利地形成。这样的凹部可以例如是盲孔或通孔。

[0035] 此外,包括在按照本发明各种实施例的雷达液位计系统中的收发机可适用于发射频率在所述频率范围内随时间变化的基本连续信号。这样的雷达液位计系统一般被称为 FMCW 系统。应该注意到,根据应用,所述频率可以连续变化或步进变化。

[0036] 在这样的系统中,可以以这样的方式有利地排列所述基准阻抗转变元件,使得所述基准信号具有接近所述频率范围的端点的频率。例如,所述基准信号可以在对应于,比方说,所述频率范围的 80% 的中心范围之外。从而,可以提高区分所述基准信号的能力。

[0037] 按照另一个实施例,包括在按照本发明各种实施例的雷达液位计系统中的收发机可适用于发射电磁脉冲。所述脉冲可以是所谓的 DC 脉冲,或可以调制在所述频率范围内的载波上。

[0038] 当在脉冲式雷达液位计系统中确定填充液位时,通常在时域中估计反射回波信号。然而,通过将估计加入频域中,能够确定基准信号的频率,并因此能够确定传播速度。根据包含微弱周期性回波的时域信号,傅里叶变换等将在频域中针对基准信号(来自基准阻抗转变元件的回波信号的总和)的频率展示强尖峰。

[0039] 根据本发明的第三个方面,上述及其它目的通过一种用于确定包含在储罐中的产品的填充液位的方法来实现,所述方法包含:生成和发射一个频率范围内的电磁信号;使发射的电磁信号沿延伸到包含在储罐中的产品中的波导结构传播,所述波导结构包含沿所

述波导结构基本上周期性设置的多个基准阻抗转变元件,相邻基准阻抗转变元件之间的距离被选择成使得在每个基准阻抗转变元件处反射所述发射电磁信号而引起的信号组合形成具有在所述频率范围内的频率的基准信号;接收由所述发射电磁信号所遇到的阻抗转变处的反射引起的回波信号,所述回波信号包含所述基准信号和由所述产品表面处的反射引起的表面回波信号;根据所述基准信号的频率和相邻基准阻抗转变元件之间的距离来确定所述电磁信号在储罐内产品表面上方的媒体中的传播速度;并且根据所述表面回波信号和所述传播速度来确定所述填充液位。

[0040] 有利的是,生成和发射电磁信号可以包括频率调制所述电磁信号。例如,诸如 FMCW 系统的所谓调频雷达液位计 (RLG) 系统的情况,以及将脉冲调制在载波上的所谓脉冲式雷达液位计系统的情况。

[0041] 在调频 RLG 系统的情况下,频率调制所述电磁信号的步骤可以有利地包含如下步骤:在第一频率扫描中,以第一扫描速率跨越排除了所述基准信号的频率的第一频率范围扫描所述电磁信号的频率;以及在第二频率扫描中,以低于所述第一扫描速率的第二扫描速率跨越包括所述基准信号的频率的第二频率范围扫描所述电磁信号的频率。

[0042] 尽管所述基准信号的确切频率通常是未知的,但一般可以根据相邻基准阻抗转变元件之间的已知距离、和储罐内的产品上方的媒体的电特性的近似知识来确定包括所述基准信号的频率的一个窄频率范围。

[0043] 可以以低扫描速率扫描这个窄频率范围,即第二频率范围,以便能够精确地确定所述基准信号的频率,从而也能够精确地确定所述传播速率。

[0044] 例如,所述第二扫描速率可以低于所述第一扫描速率的 50%。

[0045] 如上所述,所述第二频率范围可以有利地小于所述第一频率范围,诸如,小于所述第一频率范围的 50%,或者甚至小于所述第一频率范围的 10%。

[0046] 在该上下文中应该提一下,所述第一频率范围通常可以是发射(或接收)信号的中心频率的 10% 左右。

[0047] 此外,用于调频 RLG 系统的方法可以进一步包含如下步骤:通过组合所述回波信号和指示所述发射电磁信号的信号来确定中频信号;分析与所述第二频率扫描相对应的中频信号以确定所述基准信号的频率;以及分析与所述第一频率扫描相对应的中频信号以确定指示填充液位的频移。

[0048] 此外,有利的是,可以在时域中分析与所述第二频率扫描相对应的中频信号;并且可以在频域中分析与所述第一频率扫描相对应的中频信号。

[0049] 所述中频信号有时也被称为拍频信号。

[0050] 与按照本发明的本方面的方法相关联的进一步特点和效果很大程度上类似于在上面针对本发明的第一和第二方面描述的那些。

附图说明

[0051] 现在参照示出本发明当前优选实施例的附图对本发明的这些及其它方面作更详细描述,在附图中:

[0052] 图 1a 示意性地示例了安装在一个示范性储罐中的按照本发明一个实施例的雷达液位计系统;

- [0053] 图 1b 是包含在图 1a 中的雷达液位计系统中的测量电子单元的示意性示例；
- [0054] 图 1c 是包含在图 1a 中的雷达液位计系统中的探针的一部分的示意性剖面图；
- [0055] 图 2a 示意性地示例了由图 1a 的雷达液位计的一个实施例中的收发机发射的示范性调频信号；
- [0056] 图 2b 示意性地示例了将图 2a 中的信号与反射所发射信号而引起的接收信号相混合所得的示范性中频信号；
- [0057] 图 3a-d 示意性地示例了带有反射结构的不同示范性波导结构；以及
- [0058] 图 4 是示意性示例了按照本发明的方法的一个实施例的流程图。

具体实施方式

[0059] 在当前的详细描述中，主要参照利用单线探针的 FMCW（调频连续波）型导波雷达（GWR）液位计系统来讨论按照本发明的雷达液位计系统的各种实施例。应该注意到，这决不会限制本发明的范围，本发明可同样应用于包括诸如双线探针、同轴探针、静止管等的各种其它类型的波导结构的雷达液位计系统。此外，本发明不限于 FMCW 型的雷达液位计系统，而是可以同样好地在脉冲式雷达液位计系统中实现，其中，可以分析接收的回波脉冲以确定基准信号的频率，并从而确定储罐中包含在其中的产品的表面上方的媒体中的传播速度。

[0060] 图 1a 示意性地示例了包含测量电子单元 2 和探针 3 的按照本发明一个实施例的雷达液位计系统 1。将雷达液位计系统 1 设置在部分填充有待计量产品 6 的储罐 5 上。通过分析被探针 3 引导到产品 6 的表面 7 的发射信号 S_T 和从表面 7 传回来的反射信号 S_R ，测量电子单元 2 可以确定基准位置（诸如储罐顶面）与产品 6 的表面 7 之间的距离，从而可以推算出填充液位。应该注意到，尽管本文讨论了包含单一产品 6 的储罐 5，但可以以相似方式确定沿探针到任何物料界面的距离。

[0061] 如图 1b 示意性示例的，电子单元 2 包含：收发机 10 和处理单元 11，其中，收发机 10 用于发射和接收电磁信号，处理单元 11 与收发机 10 相连接，用于控制收发机和处理收发机所接收的信号，以确定储罐 5 中的产品 6 的填充液位。此外，处理单元 11 可经由接口 12 与用于模拟和 / 或数字通信的外部通信线 13 相连接。此外，尽管图 1b 中未示出，雷达液位计系统 1 通常可与外部电源相连接，或可以通过外部通信线 13 供电。可替代地，可以将雷达液位计系统 1 配置成进行无线通信。

[0062] 在图 1c 中，示出了包含被淹没部分 20 和未被淹没部分 21 的一段探针 3。从图 1c 中可以看出，沿探针 3 基本上周期性地设置了反射结构 25a-b（为了清楚起见，只有两个反射结构用标号表示出来）形式的多个基准阻抗转变元件。如图 1c 示意性示例的，每个反射结构 25a-b 反射具有很小功率，比方说，发射信号 S_T 的功率的 -30dB 到 -60dB 的回波信号 s_R 。如图 1c 所示，通过排列大量反射结构并在相邻反射结构之间具有适当距离，由每个反射结构反射的回波信号 s_R 针对给定频率组合形成可明显区分的回波信号 S_R ，所述给定频率取决于相邻反射结构之间的电距离。通过确定该频率，可以推算出相邻反射结构 25a-b 之间的电距离。在已知相邻反射结构 25a-b 之间的物理距离的情况下，可以确定传播速度。使用如此确定的传播速度，可以高精度地确定包含在储罐 5 内的产品 6 的填充液位。

[0063] 为了示例所提出的由带有基本上周期性设置的基准阻抗转变元件的波导结构构

成的周期性结构,我们可以考虑,例如,在 0.5-1GHz 的频率范围内用作表面波导(单线探针)的 6mm 不锈钢线 3。当每隔 300mm 将一个金属圆柱壳 25a-b 附在线 3 上时,将获得每隔 500MHz 的特殊周期性结构行为。如果输入阻抗(300 Ω 左右)是匹配的,则每隔 500MHz(半波长是 300mm)将发生窄带反射。如果每个圆柱壳 25a-b 具有 1mm 的壁厚,则单线探针 3 的阻抗在每个圆柱壳处将本地减小 1.5% 左右。给定圆柱壳的长度为 5-10mm(或长达 20-30mm),则由所有圆柱壳 25a-b 的组合反射引起的基准信号的功率具有比发射信号 S_T 的功率低 10-20dB 左右的功率,该基准信号与来自烃类液体表面的反射处于相同的范围内,但只在总频率范围的 0.1-0.2% 的频带内。来自单个圆柱壳 25a-b 的反射 s_R 是发射信号 S_T 的功率的 -50 到 -60dB 左右,并且根据系统灵敏度,这样弱的反射可能测量到,也可能测量不到。

[0064] 现在参照图 2a-b,针对 FMCW 系统来说明确定储罐 5 内的传播速度 v_{prop} 的雷达液位计系统 1 的一些实施例的操作。

[0065] 图 2a 示意性地示出了 FMCW 型雷达液位计系统中收发机 10 所发射的示范性调频信号,所述 FMCW 型雷达液位计系统包含如上面结合图 1c 所述,设有基准阻抗转变元件 25a-b 的单线探针 3 形式的周期性结构。为了能够确定包含在储罐 5 中的产品 6 的填充液位,收发机 10 在测量频率范围 Δf_m 上扫描发射信号的频率。在图 2a 中,示出了三个这样的频率扫描周期 t_{s1} 、 t_{s2} 和 t_{s3} 。

[0066] 在这些频率扫描周期的第一 t_{s1} 与第二 t_{s2} 之间,进行覆盖测量频率范围 Δf_m 之外的相对较窄频带 Δf_a 和 Δf_b 的较慢频率扫描。

[0067] 在当前示范性雷达液位计系统中,相邻基准阻抗转变元件 25a-b 之间的距离已经被选择成使得对于较低频带 Δf_a 内的频率和较高频带 Δf_b 内的频率出现干扰峰。

[0068] 在 FMCW 型的雷达液位计系统中,将接收的电磁信号与发射的电磁信号(的副本)混合,以产生中频信号(有时也被称为拍频信号)。然后,将示意性地示例在图 2b 中的这个中频信号 S_{IF} 用于确定包含在储罐 5 中的产品 6 的填充液位。

[0069] 参照图 2b,可以看出,中频信号 S_{IF} 包含基本正弦部分 S_{IF1} 、低频峰 S_{IF2} 和高频峰 S_{IF3} 。通过在频域中研究所述基本正弦部分(例如,将 FFT 应用于图 2b 的时域信号),可以获得发射信号 S_T 与表面回波信号之间的频移,从中可以推算出到储罐 5 中的产品 6 的表面 7 的电距离。

[0070] 而且,通过确定低频峰和高频峰 S_{IF2} 和 S_{IF3} 分别所处的频率 f_1 和 f_2 ,可以使用如下关系来确定储罐气氛中的传播速度 v_{prop} :

[0071] $v_{prop} = 2f_1 \cdot d_{physical}$, 或 $v_{prop} = f_2 \cdot d_{physical}$, 其中,

[0072] v_{prop} 是电磁信号在储罐 5 中的产品 6 的表面 7 上方的媒体中的传播速度;

[0073] $d_{physical}$ 是相邻基准阻抗转变元件 25a-b 之间的物理距离;

[0074] f_1 是与第一波长相对应的频率,在该频率发生在基准阻抗转变元件 25a-b 处反射的回波信号之间的干扰;以及

[0075] f_2 是与第二波长相对应的频率,在该频率发生在基准阻抗转变元件 25a-b 处反射的回波信号之间的干扰。

[0076] 根据包括在雷达液位计系统 1 中的波导结构的类型,可以以各种形式来设置沿波导结构排列的反射结构。

[0077] 下面,参照图 3a-d 来描述设有反射结构的几种示范性波导结构。

[0078] 图 3a 再次示意性地示例了设有管道部分 25a-b 形式的基准阻抗转变元件的单线探针 3 的一部分。

[0079] 图 3b 示意性地示例了包含第一探针导体 31a 和第二探针导体 31b 的双线探针 30 的一部分。双线探针 30 设有将第一探针导体 31a 和第二探针导体 31b 隔开的间隔结构 32a-b 形式的基准阻抗转变元件。

[0080] 图 3c 示意性地示例了包含内导体 35a 和外导体 35b 的同轴探针 34 的一部分。同轴探针 34 设有将内导体 35a 和外导体 35b 隔开的间隔结构 36a-b 形式的基准阻抗转变元件。

[0081] 最后,图 3d 示意性地示例了设有凹部 39a-b 形式的基准阻抗转变元件的静止管 38 的一部分。

[0082] 现在参照图 4 中的示意性流程图描述按照本发明的方法的一个实施例。

[0083] 在第一步骤 401 中,由包含在雷达液位计系统 1 的测量电子单元 2 中的收发机 10 生成和发射电磁信号。随后,在步骤 402 中,使用设有周期性基准阻抗转变元件 25a-b 的波导结构 3 朝向包含在储罐 5 中的产品 6 的表面 7 传播发射信号。如上所述,基准阻抗转变元件 25a-b 之间的距离已被选择成使得来自每个基准阻抗转变元件的很弱的回波信号组合形成一个窄频率范围内的可检测基准信号。在下面的步骤 403 中,由收发机 10 接收所述基准信号和在储罐 5 中的产品 6 的表面 7 处反射发射的电磁信号 S_r 而引起的表面回波信号。此后,在步骤 404 中,包括在雷达液位计系统 1 中的处理电路 11 使用所述基准信号的频率来确定产品的表面上方的媒体(例如,储罐气氛)中的传播速度 v_{prop} ,并且在步骤 405 中,处理电路 11 最终根据所述表面回波信号和在步骤 404 中确定的传播速度 v_{prop} 来确定储罐 5 中的产品 6 的填充液位。

[0084] 本领域的普通技术人员应该认识到,本发明决不会局限于上述的优选实施例。例如,雷达液位计系统可以是脉冲式系统,或者可以不同地配置示范性 FMCW 系统的扫描。此外,基准阻抗转变元件未必以外部结构的形式设置,而是可以设置成内部结构,诸如物料界面或凹部的凹入处。

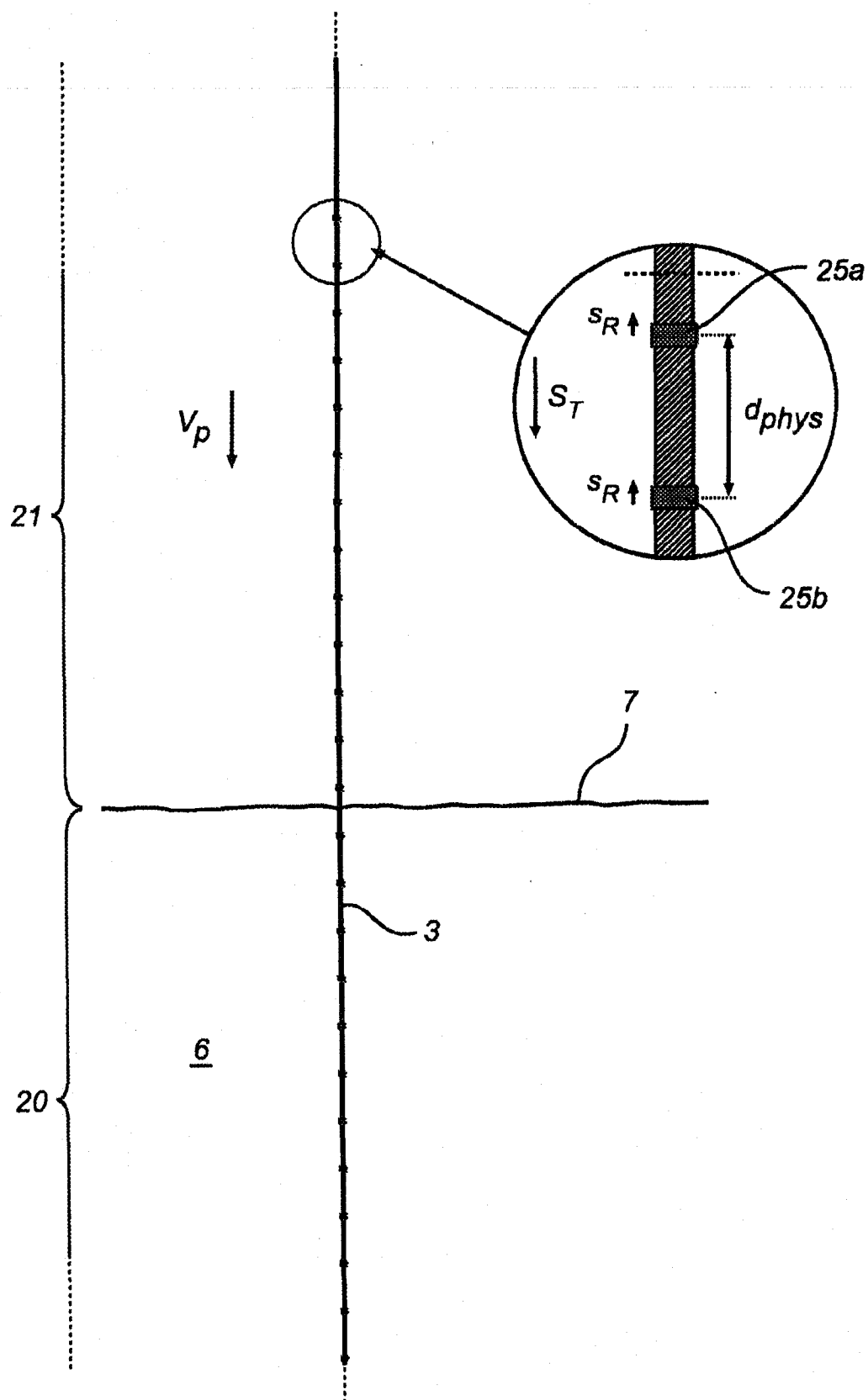


图 1c

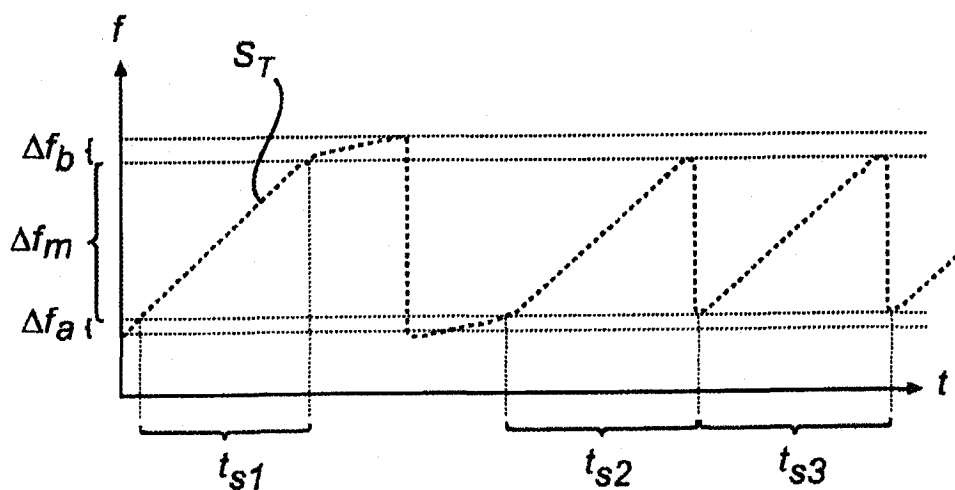


图 2a

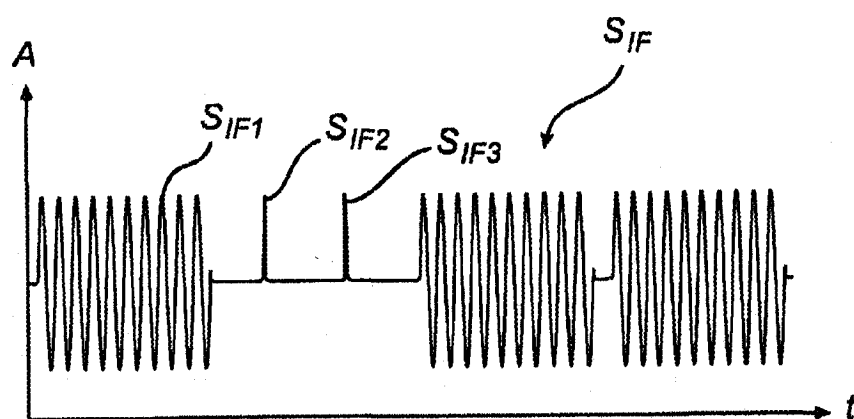


图 2b

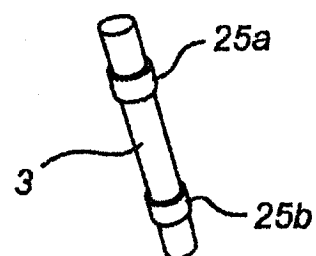


图 3a

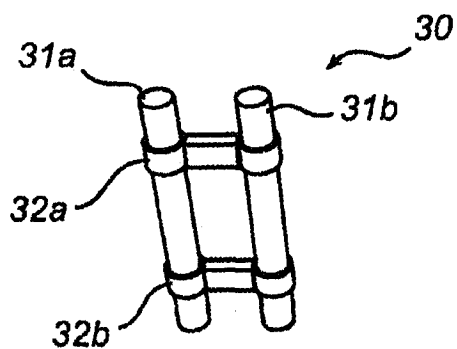


图 3b

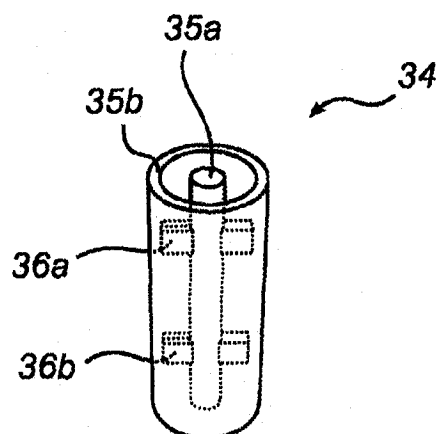


图 3c

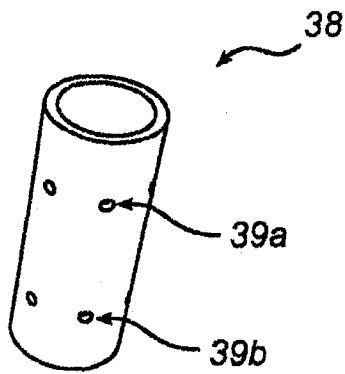


图 3d

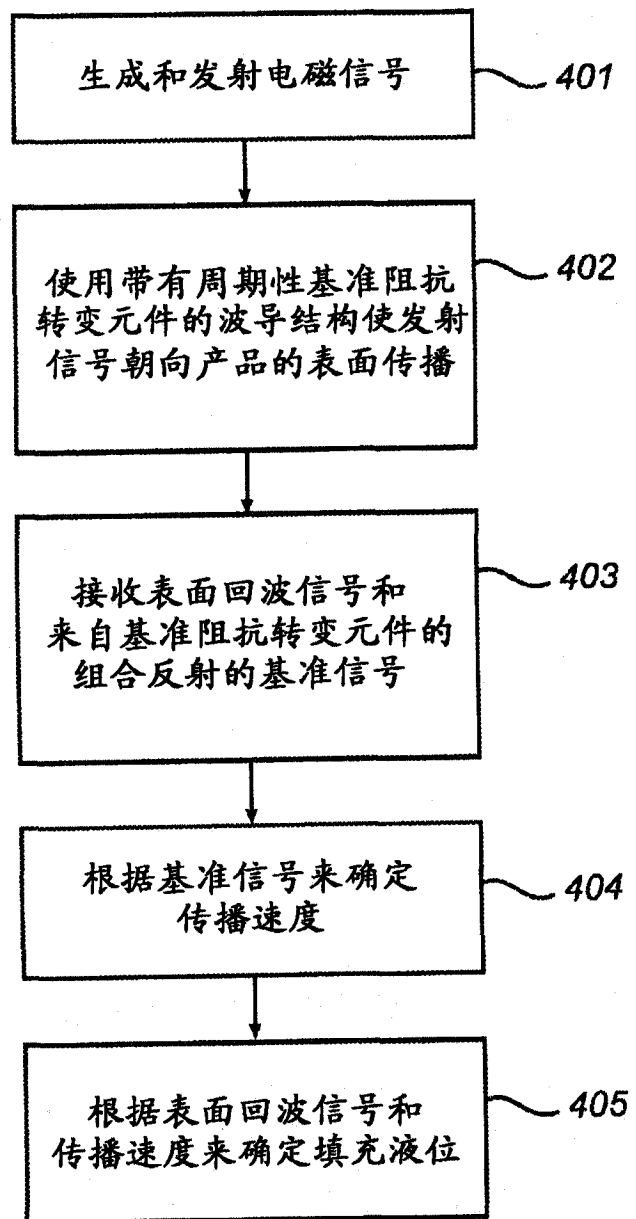


图 4