(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 101836091 A
(43)申请公布日 2010.09.15

(21)申请号 200880112699.3
(22)申请日 2008.10.01
(30)优先权数据
60/976,615 2007.10.01 US
(85)PCT申请进入国家阶段日
2010.04.22
(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2008/078444 2008.10.01
(87)PCT申请的公布数据
WO2009/046103 EN 2009.04.09
(71)申请人 维伯-米特有限公司
地址 美国新罕布什尔州
(72)发明人 罗尼·拉文 卡罗斯·卡瓦略 托马斯·米斯克尔 文森特·里佐
(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理事务所(普通合伙) 11270
代理人 张颖玲
(51)Int.Cl.
G01F 23/00(2006.01)

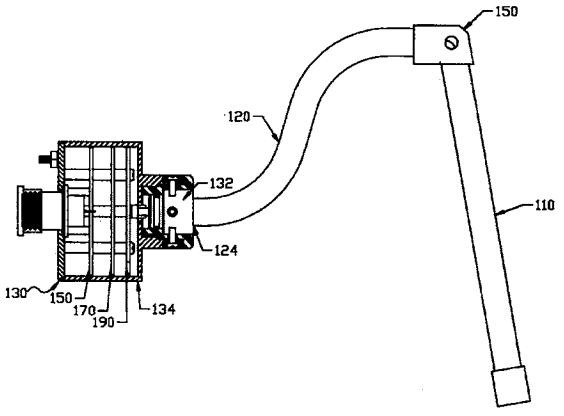
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 8 页

(54)发明名称

用于准确测量器皿中流体液位的系统和方法

(57)摘要

本发明提供了一种用于准确测量器皿中流体液位的系统和方法。一般来说,系统含有延长部,同轴形状的臂,以及含有发射器和接收器的传感器,其中所述延长部是中空的同轴管,所述发射器能产生并发射穿过延长部和所述臂的激励电磁脉冲,所述接收器用于接收反射脉冲,所述延长部的近端以一种方式连接臂的远端,从而为所述传感器提供的电磁脉冲产生波导。



CN 101836091 A

1. 一种用于准确测量器皿中流体液位的系统，其特征在于，包括：

延长部，所述延长部为中空的同轴管；

同轴形状的臂；以及

包含发射器和接收器的传感器，所述发射器能产生和发射穿过所述延长部和所述臂的激励电磁脉冲，所述接收器用于接收反射脉冲；

其中所述延长部的近端以一种方式连接所述臂的远端，从而为所述传感器提供的电磁脉冲产生波导。

2. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述延长部和所述臂的外壳由阻抗已知的导电材料制成。

3. 如权利要求 2 所述的系统，其特征在于，所述臂填充有阻抗已知的电介质。

4. 如权利要求 3 所述的系统，其特征在于，所述电介质的阻抗与空气阻抗或被测量的所述流体的阻抗相似。

5. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述传感器还包括电源电路、数字逻辑和模拟电路。

6. 如权利要求 5 所述的系统，其特征在于，所述电源电路中包括的电子元件被设计为防止高能信号传播至所述系统测量的所述流体。

7. 如权利要求 5 所述的系统，其特征在于，所述模拟电路进一步包括所述发射器和所述接收器。

8. 如权利要求 5 所述的系统，其特征在于，所述数字逻辑还包括处理器，其中该处理器进一步包括：

为启动所述发射器发送所述激励电磁脉冲而配置的逻辑；以及

为使所述接收器与所述发射脉冲同步而配置的逻辑。

9. 如权利要求 8 所述的系统，其特征在于，发送所述激励电磁脉冲的所述发射器的启动是通过所述处理器中的时钟信号实现的，其中发送相同的时钟信号给所述接收器。

10. 如权利要求 8 所述的系统，其特征在于，所述处理器进一步包括为确定所述流体的温度而配置的逻辑，所述流体的温度通过测量所述流体的实际介电常数并将所述流体的实际测量介电常数与含有已知介电常数值的流体表进行比较来确定。

11. 如权利要求 8 所述的系统，其特征在于，进一步包括用以确定所述流体的温度的热敏电阻，其中所述处理器能确定所述流体的所述介电常数并将所述介电常数与所述流体的温度相关联。

12. 如权利要求 8 所述的系统，其特征在于，所述处理器进一步包括为确定所述流体的液位而配置的逻辑，所述流体的液位通过所述激励电磁脉冲到所述延长部的所述端的进程时间来确定。

13. 如权利要求 8 所述的系统，其特征在于，所述处理器能确定所述流体的介电常数，其中所述流体的温度已知，所述处理器进一步包括：

为测量浸没在所述流体中的所述延长部的感知长度而配置的逻辑；以及

为通过所述感知长度与内含所述流体的所述延长部的真实长度之比计算所述流体的所述介电常数而配置的逻辑。

14. 如权利要求 8 所述的系统，其特征在于，所述处理器进一步包括：

为确定流体当前液位而配置的逻辑；以及

为通过将所述流体当前液位保持在扫描窗口中来跟踪流体当前液位而配置的逻辑，其中调整该扫描窗口的计时将所述流体当前液位保持所述窗口中。

15. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，进一步包括低通滤波器以及用于改变所述激励电磁脉冲的幅值以弥补因二极管变化而导致信号改变的相关逻辑。

16. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述臂是 S 形。

17. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述臂是同轴电缆。

18. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述系统进一步包括将所述系统连接至航空器电路的连接器。

19. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述延长部，臂和传感器包括用于减少辐射敏感性或传输的组件。

20. 一种用于准确测量器皿中流体液位的系统，其特征在于，包括：

延长部，所述延长部为中空同轴管；以及

传感器，所述传感器包括能产生和发射穿过所述延长部的激励电磁脉冲的发射器，以及接收反射脉冲的接收器，

其中所述延长部的形状为所述传感器提供的电磁脉冲产生了波导。

21. 一种使用带有传输线和传感器的装置来准确测量器皿中流体液位的方法，其特征在于，所述传感器包括能产生和发射穿过所述传输线的激励电磁脉冲的发射器，和将高速反射波形转换为较低速“等时”波形以进行处理的混叠采样接收器，使用的方法包含以下步骤：

扫描部分或全部位于流体内的传输线长度，以确定流体沿传输线所在的位置，也称为流体当前液位；

通过识别流体液位检测点来跟踪所述流体液位，所述流体液位检测点位于所述混叠采样接收器的扫描窗口输出的所述较低速“等时”波形中；

调整所述混叠采样接收器的扫描窗口以跟踪脉冲反射等时表示内的检测点，

其中所述反射波形中的所述检测点代表在表示流体液位的所述脉冲反射波形中的位置。

22. 如权利要求 21 所述的方法，其特征在于，使用所述准确测量流体液位的方法检测较低速时间波形上的其他兴趣点。

23. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于，所述其他兴趣点是所述传输线的末端部分。

用于准确测量器皿中流体液位的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本发明要求 2007 年 10 月 1 日申请、序列号为 60/976,615 的美国临时专利申请“TIME DOMAIN REFLECTROMETRY(时域反射测量法)”的优先权,其全文作为参考并入本申请。

技术领域

[0003] 本发明通常涉及流体传感器,尤其涉及能平衡多种情况以提供准确流体液位读数的流体液位传感器。

背景技术

[0004] 在很多不同领域,需要知道器皿内流体的当前液位。确定器皿内流体的当前液位的一种方法是使用时域反射计 (TDR)。如本领域普通技术人员所知,TDR 分析包括使用具有陡沿的能量阶跃或脉冲的传播,也称为询问或激励信号,该信号沿波导进入系统,还包括对该系统反射的能量随后进行观测。通过分析反射的波导的幅值、持续时间和形状,可确定传播系统中阻抗变化的特性。

[0005] 遗憾的是,保持流体液位的准确测量很难。如前所述,在 TDR 系统中询问信号沿传输线传播。穿过不同介质的传输线将在各部分含有不同的电介质。因此,反射的波形将会有中断,这些中断发生时表示沿传输线的电介质发生改变。此外,传统的 TDR 系统在某一时段连续扫过整条传输线,所述时段对应接收到始发信号的反射的时间,其中该始发信号是从传输线的一端传播到另一端。每当需要新的液位指示时,就重复这个过程,这是一种处理负担,由此会产生要求使用额外能源的高耗费系统。

[0006] 当前,需要一种准确、可靠并安全地测量容器中流体量的方法。这样的流体可包括,例如,燃油箱里面包含的挥发性流体。因此,工业中存在此前未被解决的需求,以解决上述缺陷与不足。

发明内容

[0007] 本发明的实施例提供了一种准确测量器皿中流体液位的系统和方法。从结构上简述,该系统的众多实施例中的一个可实现如下。该系统含有延长部,同轴形状的臂,以及包含发射器和接收器的传感器,其中所述延长部是中空的同轴管,所述发射器能产生并发射穿过所述延长部和所述臂的激励电磁脉冲,所述接收器用于接收反射脉冲,所述延长部的近端以一种方式连接所述臂的远端,从而为所述传感器提供的电磁脉冲产生波导。

[0008] 本系统与方法还提供了一种使用带有传输线和传感器的装置来准确测量流体液位的方法,其中传感器包括能产生并发射穿过传输线的激励电磁脉冲的发射器,以及将高速反射波形转换为较低速“等时”波形以进行处理的混叠采样接收器,使用的方法包含以下步骤 :扫描部分或全部位于流体内的传输线的长度,以确定流体沿传输线所在的位置,也称为流体当前液位 ;通过识别流体液位检测点来跟踪流体液位,所述流体液位检测点位于混

叠采样接收器的扫描窗口输出的较低速“等时”波形中；以及调整混叠采样接收器的扫描窗口以跟踪脉冲反射等时表示内的检测点，其中所述反射波形中的检测点代表在表示流体液位的脉冲反射波形中的位置。

[0009] 在研读以下附图和详细说明后，对本领域技术人员来说，本发明的其他系统、方法、特性以及优点是显而易见的。所有这些其他的系统、方法、特性和优点均包含在本说明书和本发明范围内，受所附权利要求的保护。

附图说明

[0010] 结合以下附图，本发明的诸多方面能够被更好地理解。附图中的组件不是一定按比例的，为了清楚地阐释本发明的原理而做了些强调。此外，在附图中，相同的附图标记代表在各附图中的相应部件。

[0011] 图 1 是根据本发明第一典型实施例的探测器的示意图；

[0012] 图 2 是图 1 探测器的剖视示意图；

[0013] 图 3 是探测器各部分在组装前的分解剖视示意图；

[0014] 图 4 是进一步说明被探测器的数字 PCB 定义的功能与逻辑的示意图；

[0015] 图 5 是进一步说明被探测器的模拟 PCB 定义的功能与逻辑的示意图；

[0016] 图 6 是图 1 探测器的延长部的示例示意图，用于在流体温度已知时确定流体的介电常数；

[0017] 图 7 是根据本发明第一典型实施例的探测器扫描并锁定流体液位的方法的流程图；

[0018] 图 8 是低通滤波器的示例示意图。

具体实施方式

[0019] 本发明是一种能准确确定器皿或容器中的流体液位的流体液位探测器。为示范目的，本探测器被描述为能放置在燃油箱内的燃油液位探测器。在本示例中，燃油液位探测器可被用来提供箱内燃气面或油液位的准确测量结果。但是，需要注意的是，流体类型和器皿类型不限于当前描述。

[0020] 图 1 是根据本发明第一典型实施例的探测器 100 的示意图。如图 1 所示，探测器 100 包含延长部 110、成形的臂 120 以及传感器 130。延长部 110 是一个中空的同轴管。延长部 110 成形并延长从而能放置在燃油箱内，其中延长部 110 的远端 112 伸入到燃油箱的底部，此时延长部 110 的位置可确定。如下详述，延长部 110 有中空部能使流体进入延长部 110，流体通过远端 112 进入中空部以确定流体液位。

[0021] 延长部 110 的近端 114 连接臂 120 的远端 122。延长部 110 与臂 120 之间以一种方式连接，使得臂 120 与延长部 110 的结合能为传感器 130 提供的电磁脉冲产生波导。此外，延长部 110 与臂 120 的结合在形状上是同轴的。图 1 示出了本发明一个可选实施例的连接延长部 110 与臂 120 的连接器 150，探测器 100 也可被制成延长部 110 与臂 120 为一体。

[0022] 延长部 110 与成形的臂 120 的外壳由阻抗已知的导电材料制成，例如，但不限于，铝。需要注意的是，也可使用其他金属。臂 120 填充有电介质，例如，但不限于，特氟纶

(Teflon)。特氟纶填充物是固体电介质。根据本发明，使用特氟纶填充物有至少两个目的。第一，如下详述，特氟纶填充物提供阻抗匹配，第二，特氟纶能防止流体进入到探测器 100 的非测量部，从而消除因探测器 100 内的多个流体液位产生的多余反射。

[0023] 根据本发明，电磁激励信号，在此也称为询问信号，由传感器 130 发送到传输线，其中传输线包括臂 120 与延长部 110 的结合，且一直延续到延长部 110 的远端 112。传输线具有三个部分。传输线的第一部分是从激励源，例如传感器 130，至探测器 100 的顶部，也称为臂 120 的远端 122（也是可测量区的开始）。传输线的第二部分是从探测器 100 的顶部（臂 120 的远端 122）至探测器 100 的底部，也称为延长部 110 的远端 112。传输线的第二部分也称为可测量区。传输线的第三部分是从探测器 100 的底部至可测量区的传输尽头，该传输经过该尽头，或至可测量区的远端 112。如下详述，传输线的第三部分，可选择性地放置在此处以允许被测介质阻抗匹配。

[0024] 需要注意的是，同轴形状并部分地填充有特氟纶或类似物的探测器 100 具有多个优点，例如，但不限于，允许上至测量区的不变阻抗，并限定测量区。此外，这使得探测器 100 能水平地设置在流体液位之下，而没有来自流体的多个反射。进一步地，这种配置提供了湿—干面隔离。更进一步地，这种配置还提供了将延长部 110 连接至传感器 130 的机械机制，从而提供了更稳固的结构。

[0025] 根据本发明的第一典型实施例，探测器 100 的臂 120 呈“S”状。需要注意的是，臂的形状可与此处描述的不同。当前揭示的形状是有益的，因为臂 120 的轮廓允许探测器 100 放置在燃油箱的入口边缘，例如在机翼上，同时探测器 100 的延长部 110 深入燃油箱内部，传感器 130 则留在燃油箱的外面。然而，需要注意的是，臂 120 可为其他形状以适应探测器 100 所应用的燃油箱的位置。需要注意的是，臂 120 的曲线形状使得探测器 100 在箱内能侧面放置。可选择地，臂 120 可为金属线，或者探测器 100 甚至可不包括臂 120，而是传感器 130 至延长部 110 为直接连接。

[0026] 传感器 130 连接至臂 120 的近端部 124。图 2 和图 3 更好地示出了传感器 130，其中图 2 是探测器 100 的剖视示意图，图 3 是探测器 100 各部分组装前的分解剖视示意图。根据本实施例，传感器 130 通过轴环 132 连接至臂 120 的近端部 124。轴环 132 连接臂 120 的近端部 124 和传感器 130 的外壳 134。如图 3 所示，轴环 132 可通过公 / 母连接而连接至臂 120，其间具有第一轴环 O- 圈 138，用以在轴环 132 与臂 120 之间提供气密密封，以防止来自箱内的流体进入。当然，在轴环 132 与臂 120 之间也可使用其他连接类型。

[0027] 轴环 132 连接至外壳 134，从而完成外壳 134 与臂 120 之间的连接。轴环 132 与外壳 134 之间的连接可通过多种方法来提供，例如，但不限于，使用一组轴环螺钉 142 和第二轴环 O- 圈 144。

[0028] 虽然外壳 134 的形状并非功能性的，但外壳 134 的确覆盖了多个物体。如图 2 和图 3 所示，一组印刷电路板 (PCB) 位于外壳 134 内。具体地，第一 PCB150，第 PCB 170 以及第三 PCB 190 位于外壳 134 内。第一 PCB 150 是电源 PCB。第一 PCB 150 含有电源，因此可为探测器 100 供电。第一 PCB 150 上的电子元件被设计为防止高能信号传播到流体。

[0029] 第二 PCB 170 是其上具有数字逻辑的数字 PCB，例如，但不限于，处理器，该处理器例如，但不限于，数字信号处理器 (DSP)172。下面参考图 4 和其他附图详细描述 DSP 172 执行的功能和 DSP 172 内的其他数字逻辑。需要注意的是，这里描述的是一种 DSP 的应用，但

这只是为了示范的目的，还可补充任何处理器。

[0030] 第三 PCB 190 是具有发射器和接收器模拟电路的模拟 PCB，使探测器 100 能发射和接收信号。下面将参考图 5 详述模拟电路执行的功能。

[0031] 第一 PCB 150、第二 PCB 170 以及第三 PCB 190 是堆叠排列的，一组堆叠螺丝 146 将该 PCB 150、PCB 170 和 PCB 190 定位在外壳 134 内。还提供了盖子 160，用来将传感器 130 所容之物密封在外壳 134 内。需要注意的是，传感连接器 162 部分地位于传感器的外壳 134 内。传感连接器 162 为探测器 100 与航空器界面之间的连接提供了接口。

[0032] 根据本发明的可选实施例，电源电路、发射与接收逻辑以及数字逻辑均可位于同一 PCB 上，或者位于三块以上或以下 PCB 上。

[0033] 如上所述，图 4 是进一步示出数字 PCB 170 定义的功能与逻辑的示意图。此外，图 5 是进一步示出模拟 PCB 190 定义的功能与逻辑的示意图。下面是对传感器 130 的描述，特别是针对第二 PCB 170 和第三 PCB 190。

[0034] 图 5 示出了模拟发射与接收信道的基本实施例。如图 4 所示，数字信号处理器 (DSP)172 用来扫描、跟踪并分析相关数据。提供来自 DSP 172(图 4) 的时钟信号给输入 A(图 5)，用于发起发射脉冲并使模拟 PCB 190 上的接收器与发射脉冲同步。该信号触发发射器 192 发出沿臂 120 的激励脉冲。该脉冲沿延长部 110 一路传播至延长部的远端 112。来自远端 112 的结果反射返回传播并被接收器 194 捕获。该信号被低频缓冲器 195 过滤和缓冲，并被送至 DSP 172 转换为数字信号，由输出 D 进行解析。

[0035] 向接收器 194 提供用于发起发射脉冲的相同时钟信号。在接收器 194 处，该时钟信号被移相器 196 移相 (延迟) 一定量，延迟的量由输入 B 上的 DSP 172(图 4) 控制。接收器脉冲因此被 DSP 172(图 4) 延迟，并对延长部 110 长度进行空间扫描。

[0036] 发射器脉冲与接收器脉冲之间的实际延迟量被延迟检测器 198 检测，并作为直流电压通过输出 C 送回至 DSP 172。这能够使 DSP 172 关闭环路从而对扫描功能完全控制。这样，可任意扫描或跟踪特定的不连续。

[0037] 发射器 192 的功能由元件晶体管 Q1、电阻器 R48、电容器 C5 和电阻器 R7 执行。这里，晶体管 Q1 作为开关将电容器 C5 中存储的能量耦合到传输线上。电阻器 R7 将发射器 192 与接收器 194 分离。接收器 194 的功能由元件接收器 R36、二极管 D2、电容器 C6、电阻器 R8、电容器 C7、晶体管 Q2 和电阻器 R55 执行。电阻器 R55 和电阻器 R8 为电容器 C6 提供充电路径。晶体管 Q2 作为开关将电容器 C6 中存储的能量耦合到电阻器 R8 上，从而通过电容器 C7 打开二极管 D2。反过来，电容器 C7 充电并存储传输线上的电压，也称为对传输线采样。

[0038] 图 4 示出了数字 PCB 170。DSP 172 发送时钟信号，通过输出 A 触发发射器 192 和接收器 194。延迟量通过数模转换器 (DAC)180 信号由 DSP 172 控制，所述信号通过输出 B 送至模拟 PCB 190。

[0039] 接收器 194 与发射器 192 脉冲间的延迟量通过进入输入 C 的电压被模数转换器 ADC 1(175) 感知，并被转换为数字值由 DSP 172 读取。DSP 172 用该信号确定发射器 192 与接收器 194 间的延迟，并为闭环跟踪目的调整延迟控制输出。

[0040] 反馈给 DSP 172 的另一个模拟信号含有来自探测器 (输入 D) 延长部 110 的反射波。该信号反馈进入模数转换器 ADC 2(174)。该信号从该转换器数字化地馈入 DSP 172 以

用于分析。

[0041] 采样接收器自动增益调整

[0042] 应当注意到，因为不同的环境因素，接收器 194 的信号幅值可能会受到不利的影响。这将导致液位检测不准确。根据本发明的可选实施例，这些效果可以通过随发射器 192 的输出成比例增加激励响应的幅值得以补偿。具体地，如图 8 中示例所示，将 D 处输出信号（图 5）馈入低通滤波器 193，该信号为在对已知值采样过程中所获。较佳地，低通滤波器 193 与接收器 194 和发射器 192 分开放置，但仍位于传感器 130 内。将得到的 DC 值加入到一个预定的偏差，放大，然后加上（或减去）-Vee，如图 5 所示。通过变换 -Vee，我们可以改变发射脉冲的幅值，从而补偿 D 处信号因二极管变换而引起的减弱（增强）。

[0043] 用于匹配 TDR 级测量探测器的阻抗的分割电介质

[0044] 如上所述，探测器 100 的臂 120 由阻抗已知的电介质填充。由阻抗已知电介质填充的探测器 100 的臂 120 阻止被测流体进入探测器 100 的臂 120。另外，如果流体可以进入该探测器的臂 120，那么从传感器 130 中传到臂 120 和探测器 100 的延长部 110 的激励信号将会不连续。具体地，每次当流体遇到激励信号时，信号中就会出现不连续。因此，确保没有流体进入探测器 100 的臂 120 有助于将不连续最小化。根据本发明，将不连续最小化可以通过用已知阻抗的电介质填充臂 120 来实现。根据本发明的一个优选实施例，电介质阻抗与空气阻抗或液位尚待确定的流体的阻抗相似。

[0045] 根据本探测器 100，激励信号首先从传感器 130 传输到探测器 100 可测量部分的顶端。如果传输线第一部分的阻抗，即探测器 100 的臂 120，与第一介质的阻抗相匹配，例如空气阻抗，那么探测器第一部分和探测器第二部分之间，即延长部 110，就不会有不想要的不连续。

[0046] 介质间边缘处的不连续，例如在空气和液位尚待确定的流体之间，将引起激励信号的期待反射由传感器 130 处理。如上所述，按计划，该反射不会在阻抗匹配的探测器 100 的顶端和底部产生任何不想要的额外反射。部分激励信号继续传输到第二介质，也就是液位尚待确定的流体，然后进入流体中延长部 110 的远端 112。

[0047] 传输线第三部分的阻抗可以调整到与第二介质阻抗值，也就是流体阻抗，相匹配。总而言之，探测器 100 顶端处的阻抗与空气阻抗匹配，探测器 100 底部的阻抗与液位尚待确定的流体阻抗匹配。应当注意到阻抗匹配可以通过传感器 130、探测器 100 的几何形状或电介质材料调整来实现。该激励信号在无任何不连续的情况下传输到传输线第三部分，模糊液位的检测。

[0048] 因此，在探测器 100 的设计中，用于填充臂 120、空气和流体的材料最好都具备相似的电介质。电介质的相似性能减少激励信号的不连续，该激励信号是由传感器 130 发射，经探测器 100 的臂 120 传输到探测器 100 的延长部 110，然后进入液位尚待确定的流体中。

[0049] 使用行程时间进行流体温度测量

[0050] 当前探测器 100 的物理属性和功能允许探测器 100 提供流体的温度测量。此过程在此详细描述并通过 DSP 172 执行。具体地，在流体液位测量监控过程中，通常最好还要知道流体温度。知道流体温度可有助于过程控制或调整自身流体液位读数，以用于补偿因温度导致的流体体积变化。当前探测器 100 减少了使用分离的独立的温度传感器的先验需要，相应地，集成了温度测量传感器的属性和探测器 100 的液位测量属性，使得探测器拥有

较少的配线，并且对该过程较少干涉，从而更加可靠。

[0051] 通过已知流体（例如空气或燃气）在不同温度下的介电常数，被测流体的温度可以通过测量流体实际介电常数和通过将所测量实际介电常数与已知介电常数值表做对比而被推算出来。举例来说，例如，考虑一种碳氢化合物流体。信号在某一温度下介电常数为 ε_1 的流体中的传输速度如方程 1 所示。

[0052] $$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_1}}$$ （方程 1）

[0053] 方程 1 中，C 为光速。

[0054] 当流体温度改变时，它的介电常数也改变至 ε_2。

[0055] 传输速度间的关系可以通过方程 2 表示。

[0056] $$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}$$ （方程 2）

[0057] 在方程 2 中，ε_1 例如是在 25℃时的介电常数，ε_2 是在未知温度 T 时的介电常数。方程 2 可以重写为如方程 3 所示。

[0058] $$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2$$ （方程 3）

[0059] 已知 ε_1 和 V_1，然后通过使用含有该特定流体在不同温度下的 ε_r 值的查找表格，可找到流体的实际温度 T。选择性地，如方程 4 所示，如果已知流体列 L 的真实长度和感知的长度 L’（测量到的从流体表面到箱底的行程时间），可以计算出流体在当前温度（不管温度为何）的介电常数 ε_T：

[0060] $$\varepsilon_T = \left(\frac{L'}{L}\right)^2$$ （方程 4）

[0061] 通过在查找表格中查找 ε_T 和 ε（ε 是该流体在 25℃时的介电常数），可以判断出流体的温度。

[0062] 应当注意到，本发明的可选实施例可在原位温度进行测量以补偿因温度变化而导致的电介质改变。举例来说，根据本发明第二典型实施例，热敏电阻可放置于探测器 100 的测量部分直接与被测量流体接触。热敏电阻的主要特性是其能够随着所经受温度的改变而改变阻抗。探测器 100 的传感器 130 则检测热敏电阻的阻抗变化，并且将这种阻抗变化与流体温度关联起来。

[0063] 可选地，根据本发明第三典型实施例，热敏电阻还可以放置在测量部分内，但是，感知热敏电阻阻抗的电路需要与探测器 100 相连。

[0064] 通过流体内行程的脉冲时间对流体液位进行判断

[0065] 无论传输线的特征阻抗何时改变，传输到传输线的脉冲将部分或全部地被反射回传输口。传输线的特征阻抗将随着电介质改变。不同的传输线几何结构（同轴、平行线等）对不同电介质中的特征阻抗变化有不同的关联。对给定的一种传输线几何结构，传输线中的电介质改变会引起特征阻抗可以预见的改变。

[0066] 一种液位测量系统，探测器 100 被设计为拥有穿过不同电介质的传输线。该传输线在它的末端（断路或短路）有非常大的阻抗改变。传输线中这种非常大的阻抗改变会在

其末端引起非常强的反射。

[0067] 一种液位测量系统可以在放置于已知电介质的介质中的传输线内传输脉冲。该脉冲部分距离的传输会在空气中（空气电介质）进行，另一部分距离的传输会在一种介质中（介质电介质）进行。利用方程 1 可以确定每一种介质的传播速度。已知传输的总距离（传输线长度）。通过分析反射的波形，可以测量出从传输线开始经两类电介质到传输线末端大阻抗失配处的传输时间。介质中的传输距离可以通过下面方程 5 推导获得，该方程假定该速度在空气中是 C。

[0068] $|H| = [D-C(T)]/[1-sqrt(\varepsilon_m)]$ （方程 5）

[0069] 在方程 4 中：

[0070] D ＝在空气和介质中的传输总距离，此为介质的长度或高度；

[0071] C ＝光速；

[0072] ε_m ＝介质的介电常数；

[0073] T ＝脉冲或信号从传输线空气电介质部分和传输线介质电介质部分传输到所述传输线末端的传输总时间；

[0074] H ＝介质高度＝只在传输线介质电介质部分的传输距离；

[0075] sqrt ＝平方根。

[0076] 温度已知的情况下获得 TDR 中的介电常数

[0077] 图 6 是探测器 100 的延长部 110 的示例示意图，其目的是确定流体的介电常数，其中该流体的温度为已知。已知长度 L，即延长部 110 的长度，同时通过反射时间，在此或称为行程时间，来测量长度 L1，即其中有空气的延长部 110 的长度，和长度 L2，即其中有流体的延长部 110 的长度。

[0078] 根据本发明，探测器 100 还可以用于确定流体的介电常数，其中流体温度为已知。这个过程在此详细描述并由 DSP 172 执行。如果流体温度已知，则流体的介电常数可通过测量浸在流体中的同轴管（延长部 110）的感知长度被推算出来。因为该管，或延长部 110 的真实长度是已知的，此温度下的流体介电常数可根据感知长度与流体列（图 6 中的 L2）的真实长度之比计算获得。方程 4 可以用于进一步解释。

[0079] 使用针对此特定流体的温度和介电常数 ε_t 查找表，可以确定在 25℃时的介电常数 ε。此外，如果理论介电常数 ε 与上面实际的介电常数 ε_T 不同，可将二者相比较以检测出流体中可能的杂质。

[0080] 获得并锁定液位

[0081] 根据本发明第一典型实施例，为了提供快速流体液位扫描同时缩短传感器处理时间，探测器 100 能够跟踪流体液位。具体地，在目前的流体液位测量中，探测器 100 具有非常高速的反射波形，需要对它们进行分析以确定因液位变化引起的电介质材料中位置的变化。图 7 是根据本发明第一典型实施例的探测器 100 扫描和锁定流体液位的方法的流程图 300。

[0082] 应当注意的是，任何过程描述或流程图方框应视为代表模块、片段、代码部，或包含用于该过程中执行特定逻辑功能的一个或多个指令的步骤，并且其他替换实施方式也包含在本发明范围中，如本发明技术领域普通技术人员所知，在这些实施方式中可不以所显示或讨论的顺序来执行功能，包括可大体上同时执行或以相反顺序执行，这取决于所涉及

的功能性。

[0083] 与连续扫描延长部 110 的总长度来做液位检测不同，如方框 302 所示，本探测器 100 通过使用激励信号对延长部 100 的总长度进行一次扫描，以确定流体在探测器 100 的延长部 110 的位置，也称为流体当前液位。一种分析高速波形，如传感器 130 提供的询问（激励）信号的方法，是使用混叠采样系统来产生较低速“等时”波形。探测器 100 可以保留原始的非常快速的周期波形形状并以非常低的速率呈现该波形。沿着一个重复波形扫过一个很狭窄的采样点可以实现此效果。每当高速波形重复时，传感器 130 便可获得该波形的一个狭窄样本。每隔固定时间，采样窗口及时延迟以便对高速波形的下一片段进行采样。经过多个波形后，样本由传感器 130 合并成一个较慢的代表了原始高速波形的形式，此波形适宜由 DSP 172 处理。

[0084] 通过分析等时波形，可以定位感兴趣的反射位置。感兴趣的反射代表了探测器 100 的延长部 110 上的流体当前液位。如方框 304 所示，一旦当前液位确定，可通过只在位于前面周期的感兴趣反射附近创建高速波形的等时表示对流体液位进行跟踪。如方框 306 所示，周期性地调整扫描窗口计时以保持感兴趣的反射在扫描窗口内。

[0085] 只扫描流体液位可以预料的位置并跟踪该液位大大缩短了所需的传感器处理时间。减少了传感器处理时间，便可允许以更快的系统响应速率来确定流体液位。这使得系统花费更少，功耗更低。

[0086] 航空应用中具有低射频 (Radio Frequency，RF) 发射 / 敏感性的本质安全的同轴 TDR

[0087] 使用金属同轴管（臂 120 和延长部 110 的组合）为 TDR 设备提供低射频发射的独特优势。这对航空应用而言是极其重要的，因为航空仪器对辐射噪声极为敏感。这也使得 TDR（易感性）不太可能接收射频。

[0088] 这在浸没于易燃流体的情况下还有另外一个好处。电火花可以点燃传输线所浸没的流体。通过将延长部 110 的内导体笼罩在金属外管内，可以防止内导体与装有流体的箱体间产生火花。通过将外管电连接到箱体上，可以防止箱体与延长部 110 间的电势差，因此，减少火花的可能性。

[0089] 传送给被测燃料的能源量受限于电容器 C5（图 5）。该电容器阻止直流电进入燃料中。唯一的能量传送是以脉冲形式进行的。这种脉冲能量有限，由 C5 的电容量决定。通过保持低电容量，可保持进入流体的能量在引燃所需能量的临界值之下。

[0090] 另一个安全特性是添加了电压浪涌抑制器给电源，该电源为探测器 100 提供能量，并将输入传输到探测器 100。这些限制了在短路或瞬态过电压情况下可到达燃料的能源量。

[0091] 应该强调指出，本发明上述实施例仅为本发明的较佳实施例而已，只为清楚理解本发明的各种原理。在不实质偏离本发明精神和原理的情况下可对上述实施例做出多种变化和修改。所有这些修改和变化均包括在本公开和本发明范围内并受权利要求的保护。

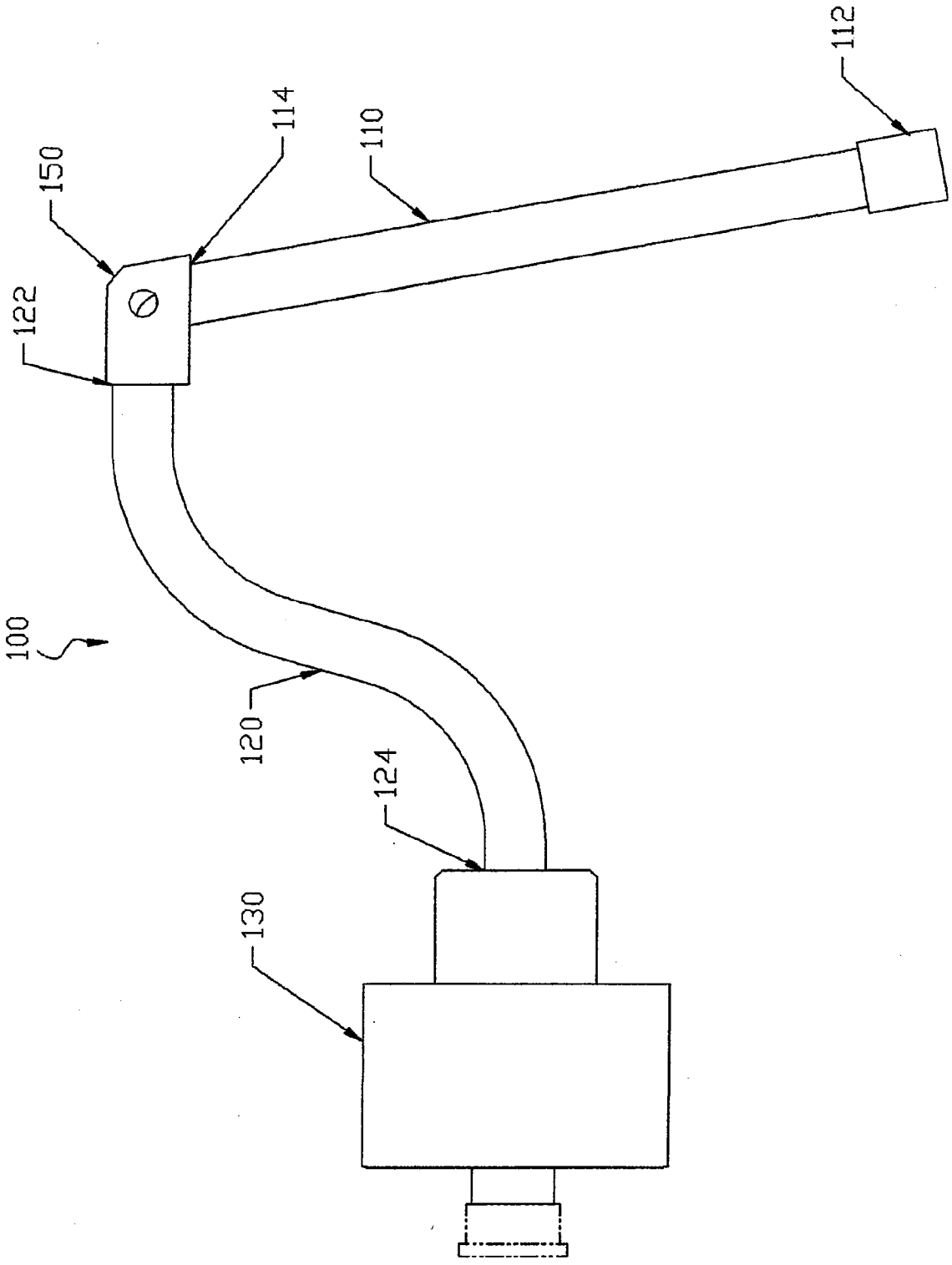


图 1

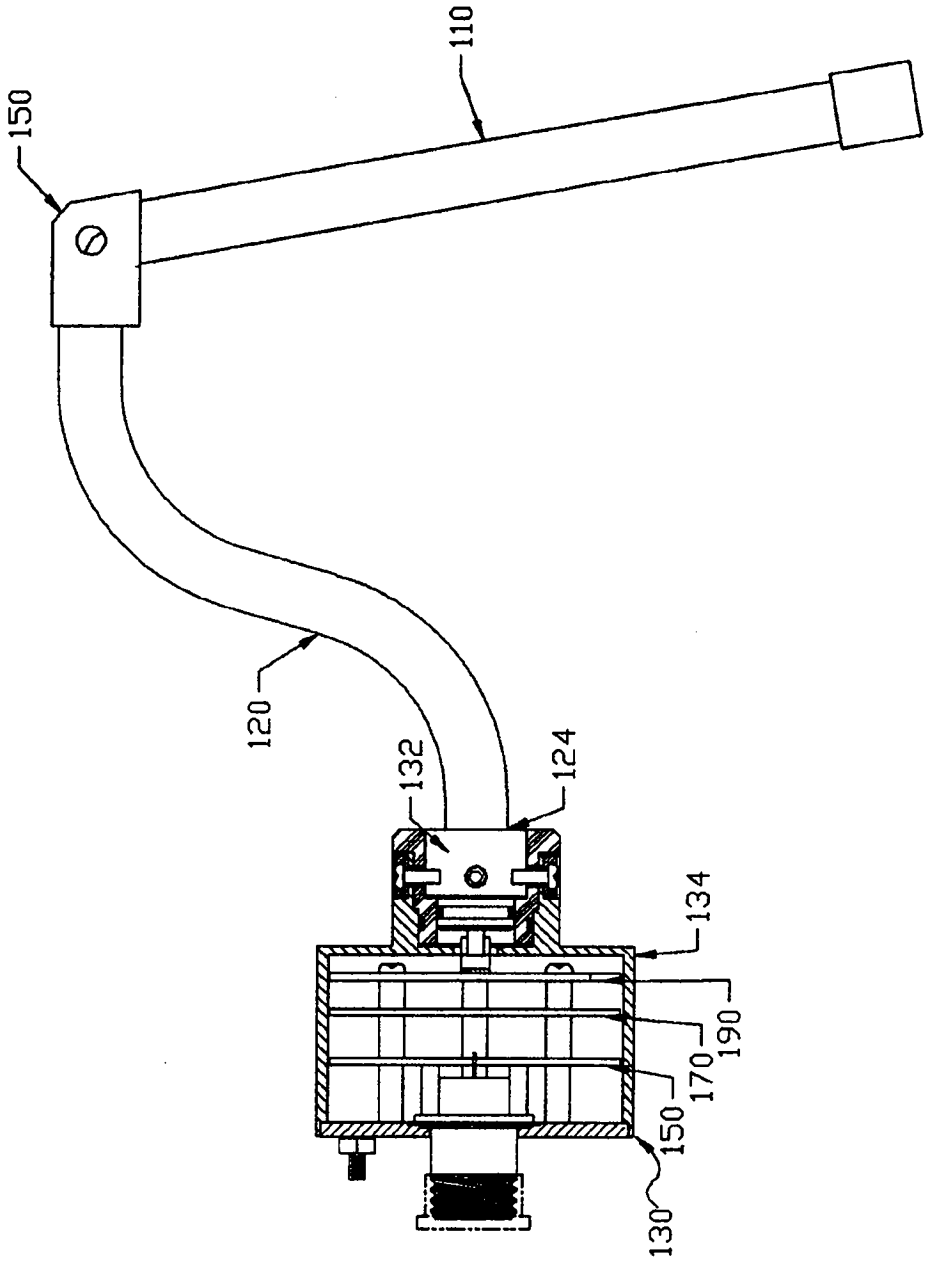


图 2

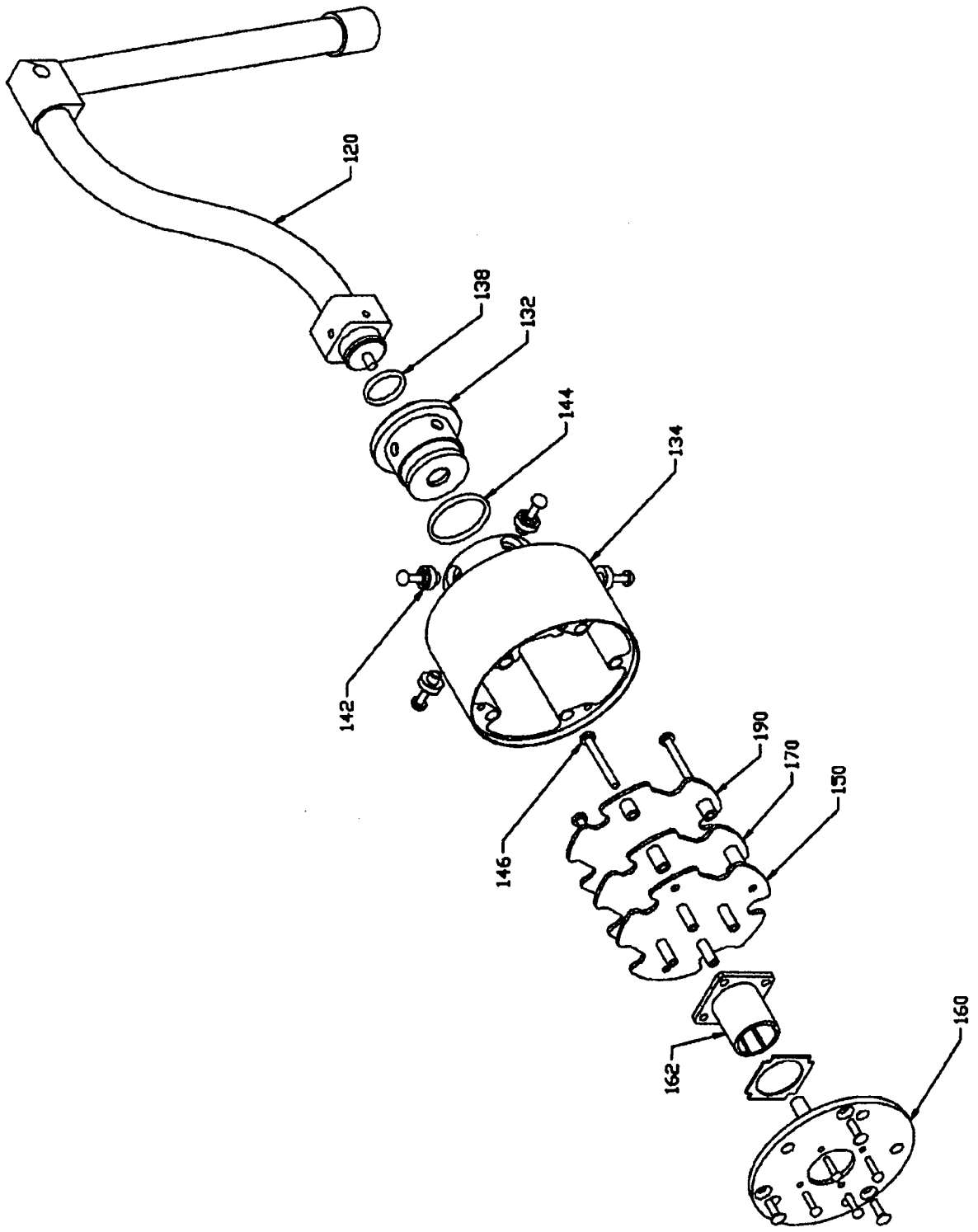


图 3

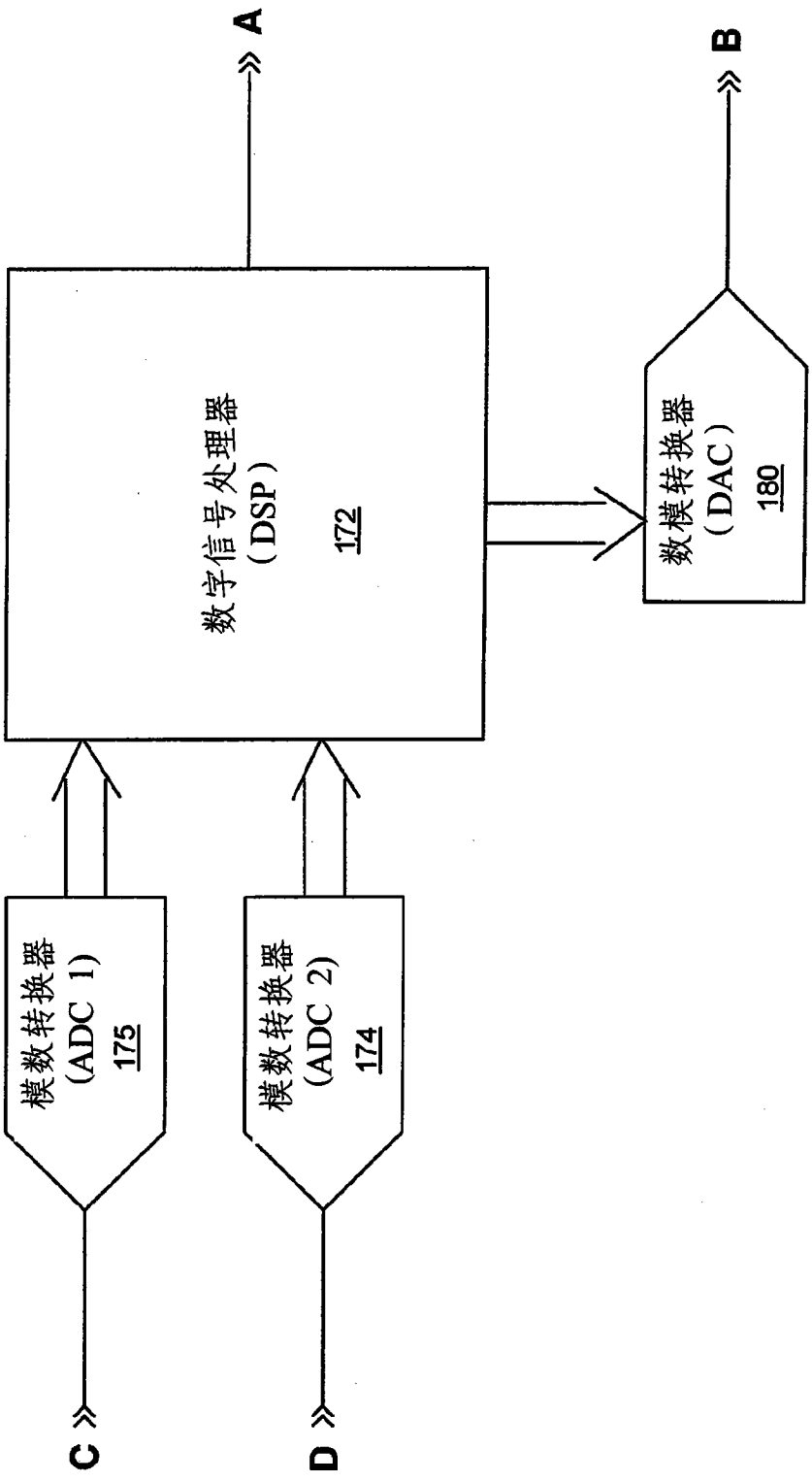

A
B
数字信号处理器
(DSP)
172
数模转换器
(DAC)
180
模数转换器
(ADC 1)
175
模数转换器
(ADC 2)
174
C
D

图 4

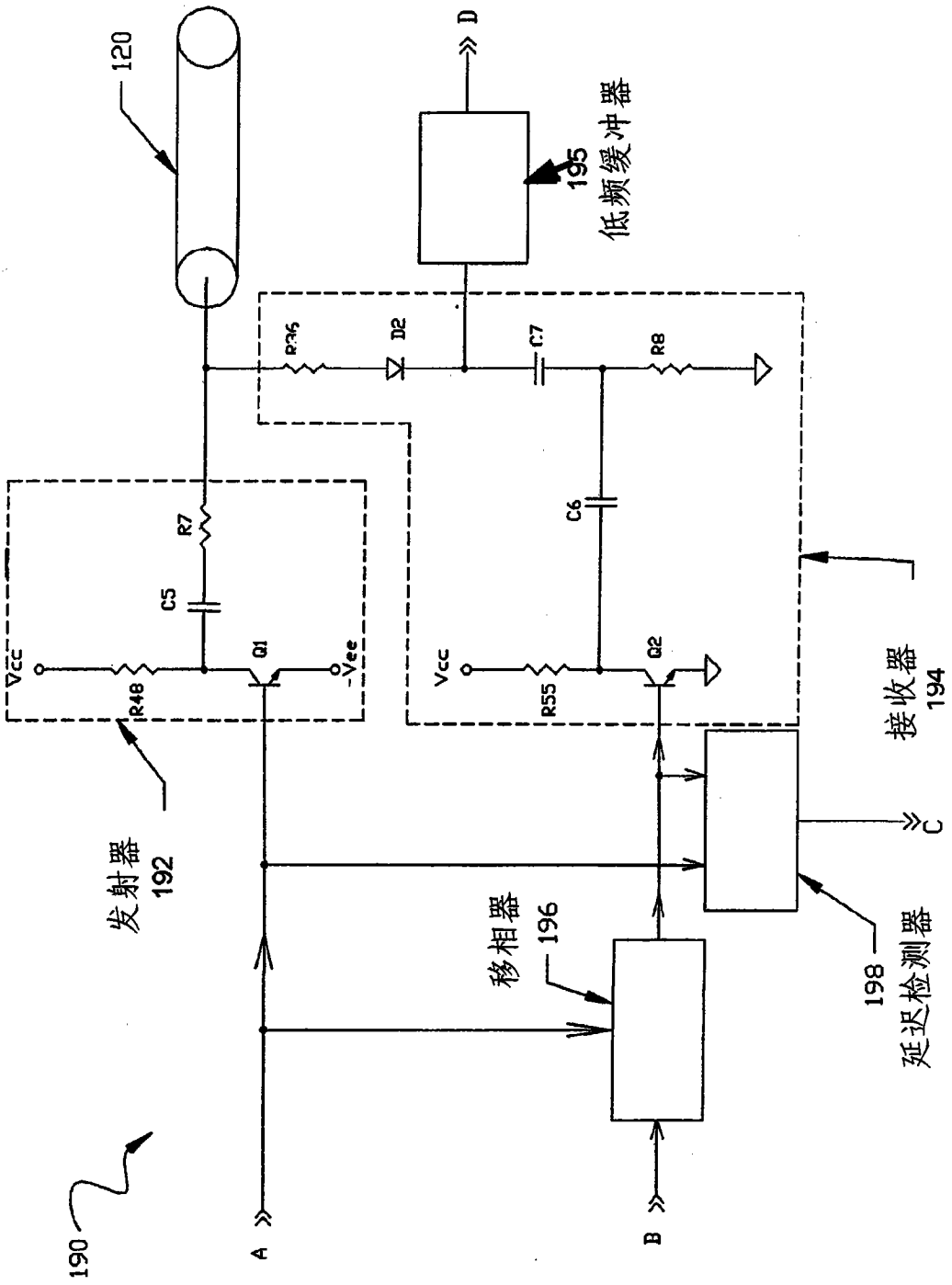

120
D
195
低频缓冲器
R35
D2
C7
R8
C6
R7
C5
Vcc
Q1
-Vee
R48
Vcc
Q2
R55
接收器
194
发射器
192
C
移相器
196
198
延迟检测器
190
A
B

图 5

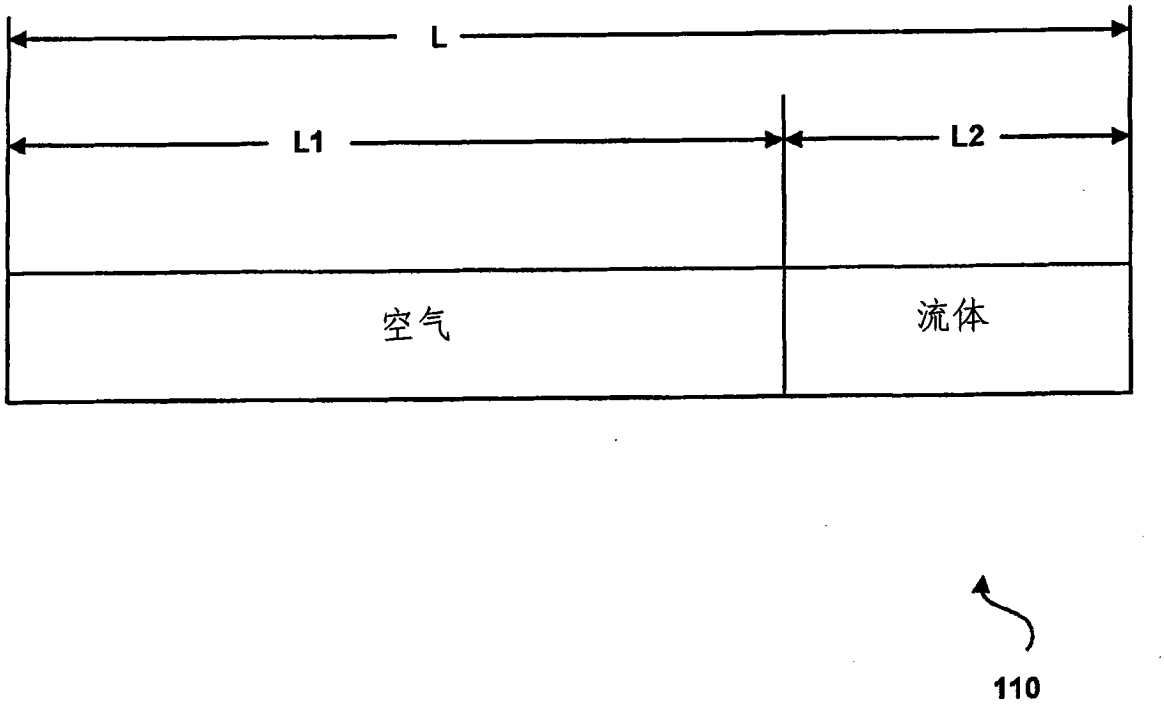


图 6

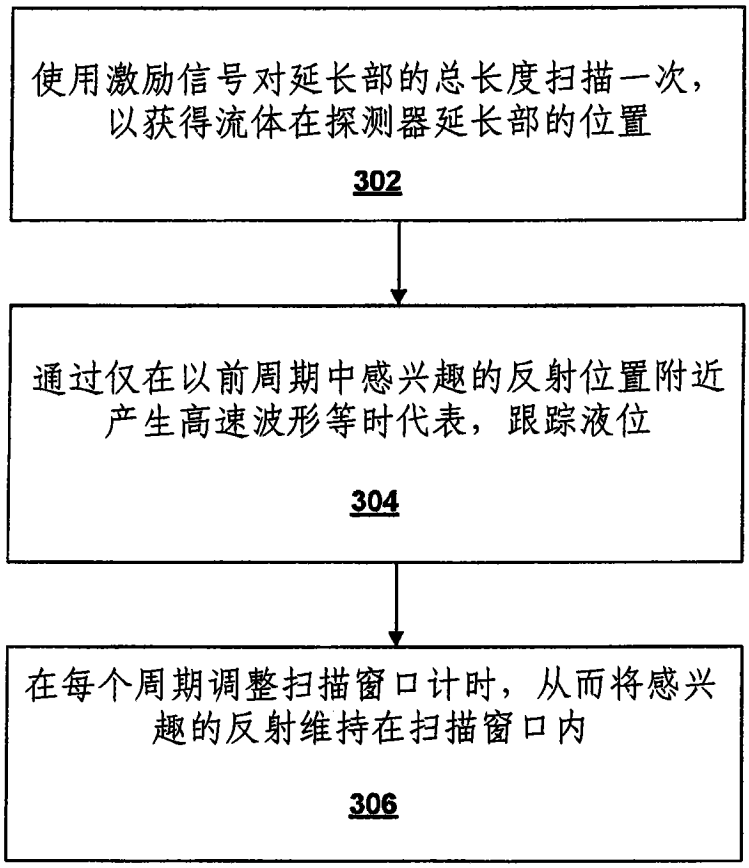

使用激励信号对延长部的总长度扫描一次，以获得流体在探测器延长部的位置
302
通过仅在以前周期中感兴趣的反射位置附近产生高速波形等时代表，跟踪液位
304
在每个周期调整扫描窗口计时，从而将感兴趣的反射维持在扫描窗口内
306
300

图 7

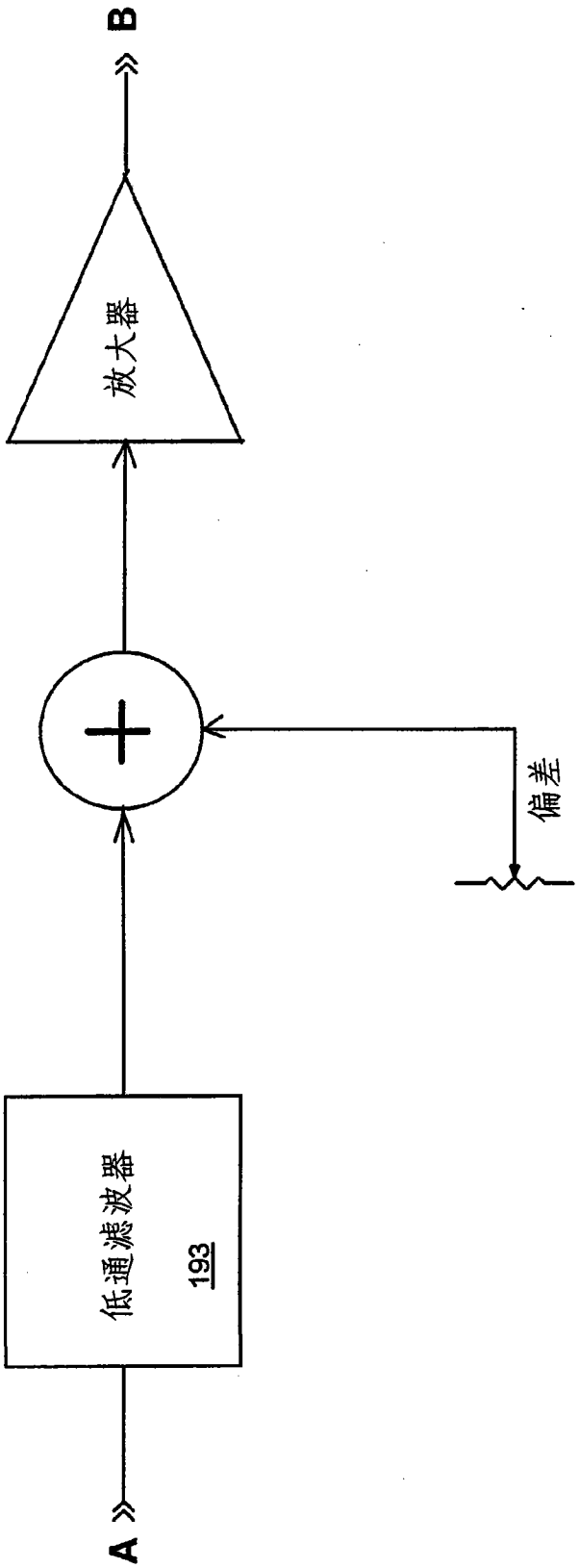


图 8