

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G10K 11/30

G01F 1/66



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01820174.1

[43] 公开日 2004年3月3日

[11] 公开号 CN 1479917A

[22] 申请日 2001.11.23 [21] 申请号 01820174.1

[30] 优先权

[32] 2000.11.30 [33] DE [31] 10059566.9

[86] 国际申请 PCT/DE01/04426 2001.11.23

[87] 国际公布 WO02/45074 德 2002.6.6

[85] 进入国家阶段日期 2003.6.6

[71] 申请人 兰迪斯 + GYR 有限公司

地址 德国纽伦堡

[72] 发明人 D·佩普

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

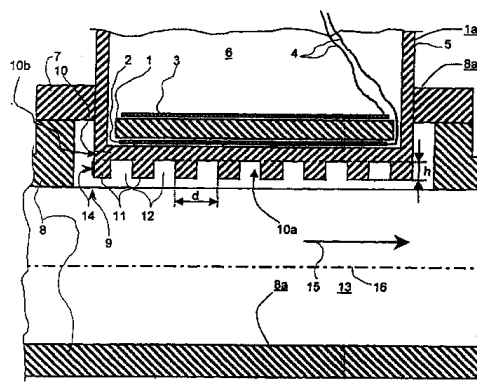
代理人 张民华

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 2 页

[54] 发明名称 超声转换器及超声流量计

[57] 摘要

本发明的目的是提供一种超声转换器(1a)，该转换器允许通过横向超声波检验测量管(8)。为此目的，转换器(1a)包括一置入在媒质和超声波发生器之间的相位衍射栅(14)。所述相位衍射栅包含不同的声速的区域。超声转换器(1a)最好用于流量计上。



ISSN 1008-4274

1. 一种超声转换器，它用于将超声波衍射入媒质(13)，它具有超声发生器及一外表面(10a)以与媒质(13)相接触，其特征在于，在超声发生器和外表面(10a)之间或在外表面上，具有声速不同的区域，这些区域形成一相位衍射栅(14)。
2. 权利要求 1 所述的超声转换器，其特征在于，超声发生器位于一转换器壳体(5)内，并与壳体壁(10b)进行声接触，此壳体壁(10b)带有该外表面(10a)。
3. 如权利要求 1 或 2 所述的超声转换器，其特征在于，所述具有声速不同的区域，设计成交替的突出部(11)和槽(12)，它们制入或接入外表面(10a)的材料之中。
4. 如权利要求 1, 2, 3 或 4 所述的超声转换器，其特征在于，这些区域是用不同材料制成的。
5. 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的超声转换器，其特征在于，该超声发生器采用压电元件(1)的形式，它与壳体壁(10b)相接触，特别是在一平面上。
6. 如权利要求 5 所述的超声转换器，其特征在于，该压电元件(1)位于两分开的电极(2, 3)之间。
7. 如权利要求 1 至 6 中任一项所述的超声转换器，其特征在于，相位衍射栅(14)具有平行的、曲面的槽(12)。
8. 如权利要求 1 至 7 任一项所述的超声转换器，其特征在于，相位衍射栅(14)具有平行的、直的槽(12)。
9. 如权利要求 1 至 8 任一项所述的超声转换器，其特征在于，相位衍射栅(14)是对称的。
10. 如权利要求 1 至 9 任一项所述的超声转换器，其特征在于，所述相位衍射栅(14)是非对称的。
11. 如与权利要求 3 相联系的权利要求 1 至 10 中任一项所述的超声转换器，其特征在于，槽(12)中充有与突出部(11)中不同的材料。
12. 如权利要求 1 至 11 任一项所述的超声转换器的使用，其特征在于，在一流流量计(8a)中通过用横向超声波检验一测量管(8)而测量媒质(13)的流

量。

13. 权利要求 12 的使用，其特征在于，超声转换器(24, 25)的衍射栅(14)具有一共同的衍射平面(20)，此平面平行于测量管(8)的测量管轴线(16)，并且，衍射栅(14)中一个的衍射矢量(26)与另一衍射栅(14)的衍射矢量(26)相反。

14. 一种权利要求 12 的使用，其特征在于，衍射栅(14)具有平行的衍射平面(20)，该平行的衍射平面(20)与测量管(8)的测量管轴线(16)具有一方位角，并且一个衍射栅(14)的衍射矢量(26)的一个与测量管轴线(16)平行的分量与平行于测量管轴线的另一个衍射栅(14)的衍射矢量(26)的一个分量是相反的。

15. 一种超声流量计(8a)，它具有其上至少有一个超声转换器(1a)的测量管(8)，用于将超声波衍射入媒质(13)之中，其中，超声转换器具有一超声发生器，此生产发生器有一与媒质建立接触的外表面，其特征在于，超声发生器具有不同声速的区域，它们形成一衍射栅(14)，用于使超声波在一预定的方向进行有目的的衍射。

超声转换器及超声流量计

技术领域

本发明涉及一种超声转换器，且本发明还涉及一种超声流量计。

这类超声转换器用于分别将超声波衍射束到媒质之中，并接收从媒质内来的超声波束。它们尤其是被使用于在流量计中记录媒质的流量。流量计测定在管道系统中接收的流动媒质的数量，由此测定媒质所传送的能量，特别是热能。流量计使管子系统的操作人员可以为接收的客户开出帐单请客户付款，数量根据流量表读数计算。

背景技术

DE-PS 899 574，DE-AS 29 34031 及 US-PS 3 555 311 中揭示了超声转换器的基本结构。一块两维平的压电材料放在两个电极区域之间，由一位于两电极区域之间的交流场引发出共模厚度方向的振荡从而使超声波垂直于电极区域以密集的波束的形式发射出去。当超声波以垂直线方式落在电极区域上时，它们能使压电材料产生厚度方向的振荡，并且能产生与电极区域中的声波频率相同的电信号。电极区域置于其上的此压电材料，置于一转换器的壳体之中。壳体与媒质是绝缘的，以使压电材料以垂直线方式从转换器壳体的发射表面发射出超声波。

WO 86/02723 描述了一种在流动媒质中成对安排的超声转换器。超声转换器能激发出平行于流体流动方向的超声波，也能接收相对方向的转换器所发出的超声波。在上游发射的脉冲在媒质中的传送时间和在下游方向发射的脉冲在媒质中的传送时间不同，因为声波在媒质中经过，此传送时间可以用于计算流量或流率。超声波转换器的表面结构影响声波的发射，特别是影响声波的成束的程度。超声转换器的这种简单的安排的缺点是对流动的阻力很大。

DE-OS 40 10 148 A1 描述了一种用于气体及液体的流量计，它对流体流动的阻力要小得多。超声转换器位于管子直径之外测量管管壁之内的凹进部分之中。这种安排要求超声束横向于测量管子的轴线，它只有多次在测量管壁上

被反射后才能遇上接收的转换器。超声波波束以 V 字或 W 字形在测量管中经过。这可以获得一个非均匀的流量的较好的平均值。但是，要衍射波束以直线形式通过窗口，需要精确对齐超声波转换器，这使得流量计的成本提高。

DE 30 20 282 A1 中揭示了一种间隔插入式转换器，它成功地克服了上述缺点。所述间隔插入式转换器是一种两维的陶瓷压电材料件，其特点是，在陶瓷材料件的一侧上设置具有间隔插入式结构的两个电极，电极由交流电压充电。这种间隔插入式结构的电极彼此安排成像两个互相不接触反向梳子的齿那样彼此偏移设置。面向媒质的另一侧上整个地覆盖上整片电极。当两个具有 180° 相位差的相同频率 f 的交流电压加在两电极及整片电极之间时，其上覆盖着间隔插入式结构的压电材料的区域产生厚度方向的振荡，超声波通过另一侧上的整片电极以垂直于整片电极的角度发送出超声波。该衍射角取决于频率 f ，交流电压的相位差以及插入式结构的周期性。这种插入式转换器使流量计的成本提高得很多。

另外，GB2011219 揭示了一种超声探头，它用于以影像技术作为协助检查身体的医疗技术领域。使超声探头和身体表面之间的接触点起绉纹以压制探头/身体接触面处不希望的反射。

发明的概述

本发明的目的是提供一种廉价的转换器及其流量计。其中，相对于超声转换器的外表面应该可以产生超声波的横向衍射，而且超声转换器的使用应该能够按要求使用。

为了能生产真正廉价的超声波流量计，超声转换器的问题的解决是一个前提性的基本的条件。

为此，一相位衍射栅设置在超声转换器处，此相位衍射栅可以允许超声波作横向衍射。通过相应地设计区域的尺寸或选择恰当的材料，可以确保超声波以一预定的衍射角衍射。

该区域形成为交替的突出部和槽。突出部由一高度 h 和一距离 d 并由槽所隔开。由超声发生器发送入媒质的超声波被该相位衍射栅所衍射。该衍射栅近似地垂直于发射表面以一预定的衍射角度 $\pm \alpha$ 衍射。壳体壁的材料，尤其是突出部和槽的材料以及栅的常数(距离 d 及高度 h 等)决定了相位衍射栅(14)的衍射角度 $\pm \alpha$ ，这在与媒质直接接触的情况下是很重要的。

下列各节结合附图进一步阐述本发明的设计、其他的优点及其细节

附图的简单介绍

图 1 是一超声转换器的截面视图。

图 2 是一对称相位衍射栅的截面视图。

图 3 是一超声转换器的顶视图。

图 4 是一非对称相位衍射栅的截面视图。

图 5 是多级相位衍射栅的截面视图。

图 6 是聚焦相位衍射栅的顶视图。

图 7 是超声转换器中的相位衍射栅的另一种设置的视图。

图 8 是流量计的截面视图。

较佳实施例的详细描述

图 1 示出了一位于测量管内的超声转换器 1a。在超声转换器内有作为其特征的一超声发生器的压电元件。

在图 1 中，1 是压电元件，2 和 3 是电极，4 是供给电极 2 和 3 的电的供给线，5 是转换器壳体，6 是转换器壳体的内部空间，7 是转换器壳体 5 的凸缘，8 是流量计 8a 的测量管子的截面视图，9 是测量管 8 的一个开口，10 是所谓的超声可透过的窗口。在窗口 10 的一侧(面向媒质 13 的一侧)，突出部 11 及槽 12 形成一声衍射栅 14。媒质的声速是 C_M 。

在这一情况下，转换器壳体 5 的形状就像一只盒子，它由一圆的或多角形表面作为底部与媒质隔开。此圆的或多角形底部表面是超声波可透过的窗口 10。其外表面 10a 与媒质 13 相接触。窗口 10 由转换器壳体 5 的壳体壁 10b 形成。衍射栅 14 位于窗口 10 的两个表面之一处(前面或后面)。在图 1 中，该衍射栅位于窗口 10 的一侧，此侧是面向媒质 13 的。

转换器壳体 5 置于测量管 8 的开口 9 内，窗口 10 及衍射栅 14 先进入。这样衍射栅 14 就直接和媒质 13 有声波相接触。凸缘 7 将转换器壳体 5 定位在开口 9 内，紧紧地(密闭地)与测量管 8 的凸缘相连，这样，与测量管轴线 16 平行地流动的媒质 13，当它在流动方向 15 流动时，就不能从测量管 8 逸出。

压电元件 1(它在这里作为超声发生器的一个较好的例子)，是一个两维的材料片，可以是圆形或多边形的。它由电极化陶瓷或电极化塑料制成，例如

PVF(聚氟乙烯)或 PVDF(聚偏 1, 1-二氟乙烯)。压电材料件的相对平行表面上覆盖着电极 2 及 3, 例如把金、铝或其他导电材料通过真空金属化覆盖在压电材料件的两个平行表面上。压电元件 1, 与第一电极 2 一起紧贴在面向离开媒质 13 的一面的一侧上。这就确保了超声波可以毫无问题地从压电元件 1 通过窗口 10 及衍射栅 14 而进入媒质 13。

在具有超声速度 C 的材料中, 超声波可以以 $\lambda = c/f$ 的波长传播。超声波以垂直于压电元件 1 的表面的方向成直线发射, 这个面面向窗口 10 并且被第一电极 2 覆盖着。内部空间 6 充满着空气或绝缘材料。因此, 基本上没有超声波被第二电极 3 所发射。

电源线 4 把电极 2 及 3 连接到一位于转换器壳体 9 外的评定装置(图中未示出)。此评定装置基本上是根据已有技术设计的。在传送阶段, 此定值装置把一频率为 f 的交流电压通过电源线 4 加到电极 2 和 3 上以使压电元件 1 在频率为 f 的交流场中发生厚度方向的振荡。

在紧接着发射阶段后的接收阶段中, 从通过窗口 10 进入压电元件 1 的媒质 13 来的超声波在电势上产生了变化(与电极 2 和电极 3 之间频率为 f 的超声波不同)。

电势的变化通过电源线 4 以电信号的形式达到定值装置。用于产生超声波的频率一般在 50KHz 到 10MHz 左右。当流动的媒质是水时, 较佳的频率 f 在约 1MHz (0.9MHz~1.1MHz)。

面向媒质 13 的窗口 10 的那一侧具有突出部 11, 其高度等于 H 。突出部 11 以距离 d 均匀地间隔开。在一种设计中, 位于突出部 11 之间的呈锯齿形的槽 12 内充满着媒质 13, 在另一种设计中, 它们充满了固体物质。在衍射栅 14 的一种设计中, 突出部 11 和槽 12 的纵断面呈矩形或不规则四边形, 其中脉冲占空系数是突出部 11 的横截面表面与槽 12 的横截面表面的因数之比为 1: 1。

在槽 12 内的声速 C_M 和/或 C_2 , 与突出部 11 中的声速 C_1 不同。对超声波, 突出部 11 与槽 12 形成位于窗口 10 前面的相位衍射栅 14, 下文就称之为衍射栅 14, 其栅形常数是如声速 C_1 , C_M 和/或 C_2 , 断面形状, 高度 h , 距离 d 。充有固体物质的槽 12 的衍射栅 14 的结构面向媒质 13 的是一平的接触面, 因此突出部 11 不影响媒质 13 的流动。

图 2 示出了位于窗口 10 和一保护层 17 之间的衍射栅 14。衍射栅 14 的接触表面 18, 19(它们面对窗口 10 及保护层 17)最好是平行的。窗口 10 和保护

层 17 的厚度是一致的。接触面 18, 19 是纯理论上的结构用以在图 2 中把衍射栅 14 与窗口 10 和保护层 17 分开。

为了获得突出部 11 及窗口 10 的最佳声接触, 槽 12 最好直接接入窗口 10 的材料之中。在一种衍射栅的设计中, 衍射栅 14 在面向媒质 13 的一侧(图 1)涂上了一保护层 17, 保护层覆盖了突出部 11 及槽 12。

最好保护层材料与填充槽 12 的材料是相同的。由于平的保护层 17 的声速不影响衍射性能, 因此, 保护层 17 也可以用不同的材料制成, 例如以调节超声转换器对媒质 13 的声阻抗, 例如调节对气体媒质的阻抗。

在一种设计中, 保护层 17 的厚度(在突出部 11 上面测得的厚度)低于在保护层材料内超声波的波长 λ 的 $1/4$ 以避免超声波在进入媒质 13 时产生另外的超声波的衍射。在图 2 的右侧, 槽 12 内充满了材料以使面向媒质 13 的充填材料的露出表面与突出部 11 的露出表面互相齐平。

在突出部 11 的区域中, 材料的声速是 C_1 , 而在槽 12 的区域中, 媒质 13 的声速 C_M 或填充槽 12 的材料的声速 C_2 都是可用的, 它取决于衍射栅 14 的设计。通过窗口 10 的超声波的波前是均匀的, 在行经衍射栅 14 时, 经受到由在由高度 h 决定的截面处声速 C_1 及 C_M 和/或 C_2 预定的不同的相位衍射。当超声波从衍射栅 14 出来时, 它们就不再具有均匀的波前了。

相位差 ϕ 是根据在突出部 11 中的超声波的相位衍射相对槽 12 中的超声波的相位衍射之间的差而计算的。它取决于超声频率 f 、突出部 11 的高度 h 及声速 C_1 及 C_M 和/或 C_2 。当超声波从衍射栅 14 出来时, 在突出部 11 的区域和槽 12 的区域之间的超声波的相位差 ϕ 是:

$$\phi = 2\pi hf \cdot (1/C_1 - 1/C_M) \quad \text{或} \quad [1]$$

$$\phi = 2\pi hf \cdot (1/C_1 - 1/C_2) \quad [2]$$

因为突出部 11 的区域及槽 12 的区域是交替的, 并且是均匀地隔开一空间频率 d^{-1} , 所以衍射就发生了。

在图 3 中, 窗口 10 及转换器壳体 5 具有正方形的轮廓。衍射栅 14(图 2)位于窗口 10 和媒质 13(图 1)之间。媒质 13 充满着槽 12 并具有横向于槽 12 的流动方向。图 3 中示出了用点画出的衍射平面 20, 它以直角穿过突出部 11 及槽 12 并包含一垂直于窗口 10 的平面的垂线 21。

如果相位差 $\phi = (2n+1) \cdot \pi$, 其中 $n=0, 1, 2$ 等等, 沿着垂线 21 定向的超声波成直线形(直线省略)。依赖于距离 d 及频率 f , 超声波强度将增加,

也就是说超声波将在总相位差 $\vartheta = 2n\pi$ 的方向衍射，这些密度增加的超声波的方向与垂线 21 成一衍射角 $\pm \alpha$ 。此衍射角是由下式决定的：

$$\sin(\alpha) = m \cdot \lambda / d \quad [3]$$

其中， m 是一奇数，例如 $m = \pm 1, 3, 5$ 等等。当考虑相位差 ϑ 时，对第一级 ($m = \pm 1$) 的衍射栅 14，式 [3] 成为：

$$\sin(\alpha) = 2h/d \cdot C_M | 1/C_1 - 1/C_M | = 2h/d \cdot | C_M/1/C_1 - 1 | \quad [4]$$

对于充满媒质 13 的槽 12 和/或如果充满槽 12 的材料的声速是 C_2 ，

$$\sin(\alpha) = \pm | \vartheta / \pi \cdot \lambda / d | = 2h/d \cdot C_M | C_1 - 1/C_2 | \quad [5]$$

衍射角 α 与超声波的频率 f 无关。但是此角 α 与媒质 13 内的声速 C_M 有关。表 I 中列出了纵向振动的部分材料的声速 C 。声速，特别是气体或液体媒质 13 的声速，随着温度而变化。对于水来说，在温度为 $10^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ 范围内，声速从 10°C 时的 1450m/s 上升到 67°C 时的 1550m/s ，达到最大，温度再高时，声速下降。

此后，衍射角将被定义为衍射角 $\pm \alpha$ 。

例 1：

衍射栅 14 如图 3 所示。此衍射栅具有铝制的突出部 11，声速为 $C_1 = 6300\text{m/s}$ ，平行且直的槽 12 充满媒质 13 (水，在 20°C 时， $C_M = 1480\text{m/s}$)，栅具有 45° 的衍射角。根据式 [4]， 45° 衍射角的高度 h /距离 d 之比为 0.462。当频率 f 为 1MHz 时，超声波在 20°C 水中的波长 $\lambda = 1.48\text{mm}$ 。根据式 [1]，相位衍射 $\vartheta = \pi$ 时，高度 $h = 0.97\text{mm}$ ，距离 $d = 2.10\text{mm}$ 。当水温从 20°C 改变到 67°C 时，衍射角从 45° 改变到 47.6° 。当相位衍射 $\vartheta = (2n+1) \cdot \pi$ 时， h/d 之比及高度 h 也将增加系数 $(2n+1)$ 。

例 2：

衍射栅示于图 2。突出部 11 由非合金钢制成 ($C_1 = 5940\text{m/s}$)，槽 12 中充满 Plexiglas (有机玻璃) ($C_2 = 2730\text{m/s}$)。衍射角分别是 45° 和 63.4° 。超声频率 $f = 1\text{MHz}$ ，媒质 13 是 20°C 的水。表 2 中的规定的值 (相位衍射 $\vartheta = \pi$)，按式 [2] 和 [5] 算出。

图 4 示出了一个非对称衍射栅 14，它位于窗口 10 的前面。突出部 11 和槽 12 具有楔状的轮廓。图 4 示出了楔状轮廓的两个形状。与例 1 及例 2 中的两个对称的衍射栅 14 不同，以衍射角 $\pm \alpha$ 辐射的超声波不是在箭头 22, 23 方向从垂线 21 以相等强 (密度) 衍射开的，相反，衍射的超声波在两个衍射方向之一

的方向上衍射。在图 4 中, 被衍射的超声波的强度的量度是通过两箭头 22, 23 的长度差来表示的。

衍射栅 14 的这一设计的优点是把衍射超声的能量集中在较长箭头 23 方向上通过测量段的路径上。由于插置了衍射栅 14, 当接收来自较长箭头 23 方向上的超声波时, 其灵敏度大于接收从箭头 22 的方向上来的超声波的灵敏度。在这里, 超声转换器具有非对称接收的特点。

图 5 示出了非对称衍射栅 14 的另一种设计。在突出部 11 的一侧, 在窗口 10 上有一个高度为 h 的单级。在另一侧, 高度 h 降低, 但降低不是连续的而是分几个梯状级。

在图 5 中, 具有距离 d 的每一衍射周期包含 6 级 a 到 f。超声波的相位衍射角 ϑ 在槽 12 附近区域从 $\vartheta=0$ (单级 a) 逐渐改变一直到最大值 (在级 f), 其中, 例如 $\vartheta=\pi$, 在每一级, 此对应于留在每一级上的填满槽的第二材料的各自适用的高度。其衍射特征基本上与图 4 的衍射栅 14 的特征相同。

除了以上的衍射栅 14 的突出部 11 的作为例子的轮廓形状以外, 突出部 11 还可以用其他的轮廓形状, 即其他的对称或非对称功能来限制突出部 11 或槽 12 的表面。

除了直的平行突出部 11 及槽 12 外, 如图 6 所示, 也可以用有弯曲面的突出部 11 和槽 12, 在这种情况下, 超声波被突出部 11 和/或槽 12 的曲面所聚焦。在超声波从一个超声转换器到下一个超声转换器必须经过一段很长的距离的情况下, 这种设计是有利的。

超声转换器的另一种设计示于图 7。衍射栅 14 位于窗口 10 的侧部, 这一侧部是离开媒质的侧部, 栅在转换器壳体 5 的内部空间压电元件 1 及窗口 10 之间。突出部 11 之间的槽 12 充满着固体物质(材料), 材料的声速为 C_2 。设计的概念与例 2 的相同。在压电元件 1 和/或电极 2 之间的接触面 18(图 2), 19(图 2)处、衍射栅 14 的一个表面在一边上、衍射栅 14 的另一个表面以及窗口 10 的内部在另一边上, 获得了良好的接触。

图 8a 及图 8b 示出了在测量管 8 中两个超声转换器 24, 25 的设置情况。它们的不同之处在于流量计 8a 用横向超声波检验的设计有所不同。在图 2 中, 两个超声转换器面向媒质 13 的衍射栅 14 的设计是相同的。图 3 中的两个衍射栅 14 的衍射矢量 26(图 3)位于同一个衍射平面 20 上(图 3)。衍射栅 14 中的一个的衍射矢量 26 与另一个衍射栅 14 的衍射矢量 26 是相反的。

测量管 8 用超声波检验是在横向于测量管轴线 16 的方向进行的, 其中超声波以一个角度 α 衍射到垂线 21, 并从第一超声转换器 24 的测量管的轴线 16 以一横向线的形式到达第二超声转换器 25。

而在图 8a 中, 由第一超声转换器 24 送到第二超声波转换器 25 的超声波不从测量管 8 的壁上被反射, 因为它是与它们相对设置的。在图 8b 中, 超声波的通道 27, 28 在测量管 8 (图 8a) 内部被反射一次 (点线 27) 和/或三次 (虚线)。

如果, 如此例子所示, 超声转换器 24, 25 以相同的距离 D 安置在测量管 8 上, 不管它们是否被反射一次或三次, 那么超声转换器 24, 25 被相应地调节, 从而使超声波可以所需的衍射角 α 和/或 β 被衍射。

然而, 如果两衍射栅 14 的衍射平面 20 (图 3) 是平行的, 且与测量管轴线 16 (图 8a) 成一方向角, 则超声波在它们的路径 27 上, 即通过测量管的路径 27 中再从测量管 8 的壁表面 29, 30 被反射而形成螺旋形多角形路径。与测量管轴线 16 平行的衍射栅之一的衍射矢量 26 (图 3) 的一个分量与平行于测量管轴线 16 的另一个衍射栅 14 的衍射矢量 26 的一个分量相对设置, 以使接收超声波的超声转换器得以高度灵敏, 尤其是使用非对称衍射栅 14 的时候。

图 8b 通过用点线表示的通道 27 示出了这种情况。第一超声转换器 24 的超声波以角度 β 从壁 29 反射到垂线 21 (图 3)。这可以在截面视图中看出。当从测量管 8 的底面被反射后, 超声波从那里撞在壁 30 上, 它在剖视图中是看不见的。并且它使超声波向第二超声转换器 25 反射。以这种方式引导超声波具有一个优点, 那就是流量可以更精确地测得。因为在测量管 8 中的媒质 13 (图 8a) 中流动轮廓可以更全面地被测量。

表 2 示出了衍射常数 d , h 以及在 20°C 水中的有关的空间频率 d^{-1} (对衍射角 $\alpha = 45.00^{\circ}$ 及 $\beta = 63.4^{\circ} [\arctg(1)$ 和/或 $\arctg(2)$ 的] 以及在测量管 8 中的三次 (路径 28) 和/或一次 (路径 27) 反射的有关空间频率 d^{-1} 。其中, 较大衍射角的衍射栅 14 具有较大的空间频率 d^{-1} 。通常, 测量管 8 (sic) 只设计一个预定数量的反射。衍射角取决于在测量管 8 中的反射次数以及两超声转换器之间的距离 D 。衍射角在 40° 到 60° 之间是比较好的。

当使用其它媒质 13 时, 但衍射栅 14 的栅常数 d 、 h 必须是可调整的以与媒质 13 相匹配, 为此, 表 2 示出了对 45 度衍射角下媒质 13 为甘油的衍射栅 14 的参数。

表 1: 纵向声速

数据源自 Lehfelddt, Ultraschall, Vogel-Verlag 1973, Table pg.172,
ISBN 3-8023-0060-2

材料	声速
铝	6300m/s
铅	2160m/s
铜	4700m/s
黄铜 MS 63	4400m/s
钢非合金至 0.5% C	5940m/s
铬钢 12% Cr, 2% C	6140m/s
有机玻璃	2730m/s
甘油 (20°C)	1923m/s
水 (20°C)	1480m/s

表 2:

材料	水	水	甘油
衍射角度 (20°C)	$\alpha = 45.0^\circ$	$\beta = 63.4^\circ$	$\alpha = 45.0^\circ$
高度 h/距离 d 之比	1.21	1.53	0.93
高度 h	2.53mm	2.53mm	2.53mm
距离 d	2.1mm	1.66mm	2.72mm
空间频率 d^{-1}	0.48/mm	0.6/mm	0.37/mm
衍射角度 (67°C)	47.6°	69.30°	...

在图中没有详细示出的另一种形式可以是这样的: 槽 12, 例如本来是如图 2 及图 5 那样充满材料的, 现在充以声吸收材料, 例如橡胶, PVC, PVDF 或一种声阻抗材料, 它与媒质的声阻抗有很大的不同, 和突出部和/或槽材料也不相同(例如突出部用黄铜制成, 槽中充的是空气)。这就形成了一个衍射栅, 其中加到所有栅点的都是相同的相, 但是没有从衍射栅内部发出的声波。

除了声束以垂直线发射以外, 还形成了一个声束, 它是以角 $\alpha = 0$ 发射的, 不论其衍射常数是如何。在光栅中, 这称之为零级(或零阶)衍射最大, 而横

向束叫做第一级衍射最大。取决于衍射常数，也可能产生较大级的衍射最大值。这对应于上述相位衍射 $\theta \neq \pi$ 的情况。

这种现象一般不希望用于超声流量计，因为零级束会造成能量损失，还会产生干涉反射。但是，在某些情况下，当使用于 Clamp-ON-US 流量计(夹上美国流量计)时，(即一种不是永久性地设置于管子内而是夹在任何一根管子上的)，就有可能在测量管子直径时由此得到，因为超声直径一般只测量流量而且是根据管子直径计算流动体积的。而管子直径通常是已知的。上述式[3]也可以用于这一情况，从而 m 可以是任何整数($m=0, 1, 2, 3 \pm$)。

当然，各种设计的种种细节都可以以有利的方法结合起来使用，从而如果需要的话，可以得到彼此相协作的效果。特别是衍射栅的形式和结构可以得到很大的改进。图3所示的突出部及槽例如可以设计成圆形的、波浪形的或间断的。甚至类似山脉的柱形结构也可以形成以使超声的衍射达到最佳化。

使用气体时，也可以设想把衍射栅直接设置在超声发生器上，具体地说是设置在压电元件上。为此，电极2可以例如具有上述的那种表面结构。

本发明后面的基本思想是为了用横向超声波检验一测量通道，不再需要把超声头/超声转换器进行横向设置，相反，当转换器以直线位置安装时，转换器沿着一预定的角度使超声波沿着横向发送。这样可以实现廉价的流量计。尤其是用于气体介质时，还可以设想例如只是把超声波发生器及衍射栅直接设置在媒质内部。从而不再需要在测量管的壁上进行复杂的安装工序。如果需要，也可以使用压电元件以外的其他元部件作为超声波发生器。

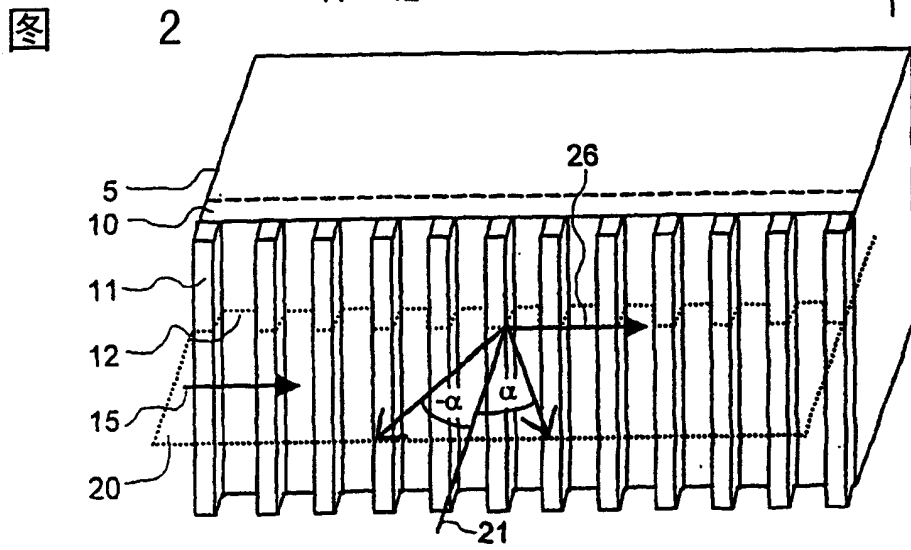
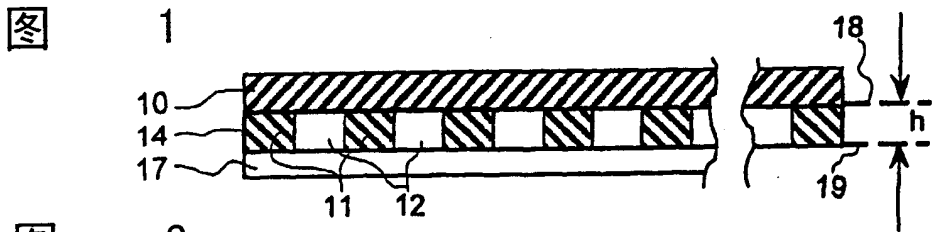
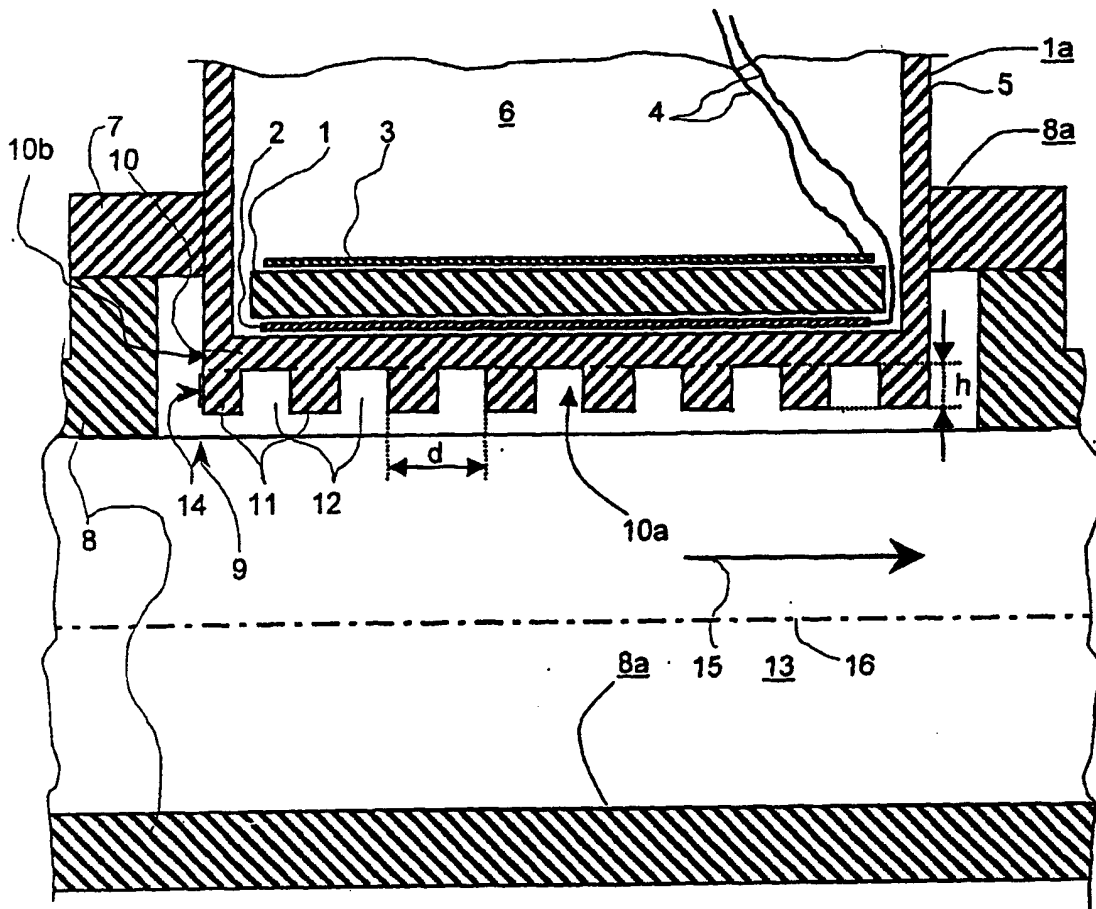


图 3

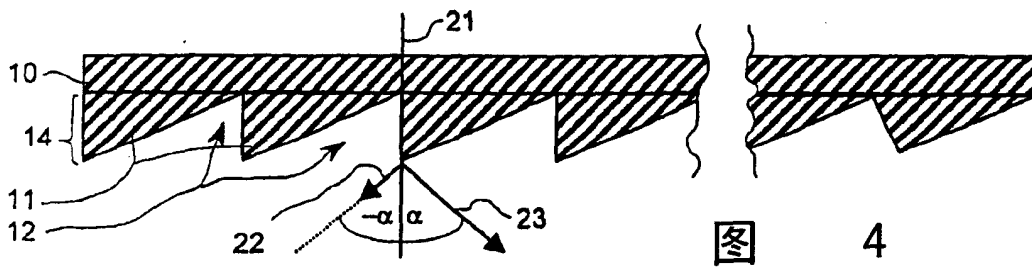


图 4

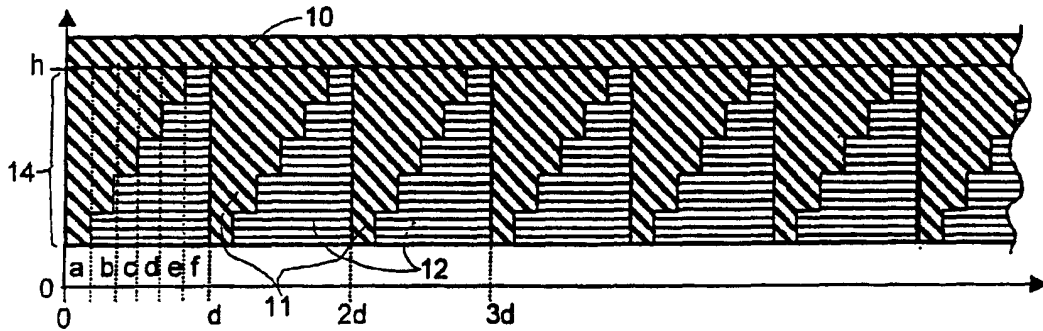


图 5

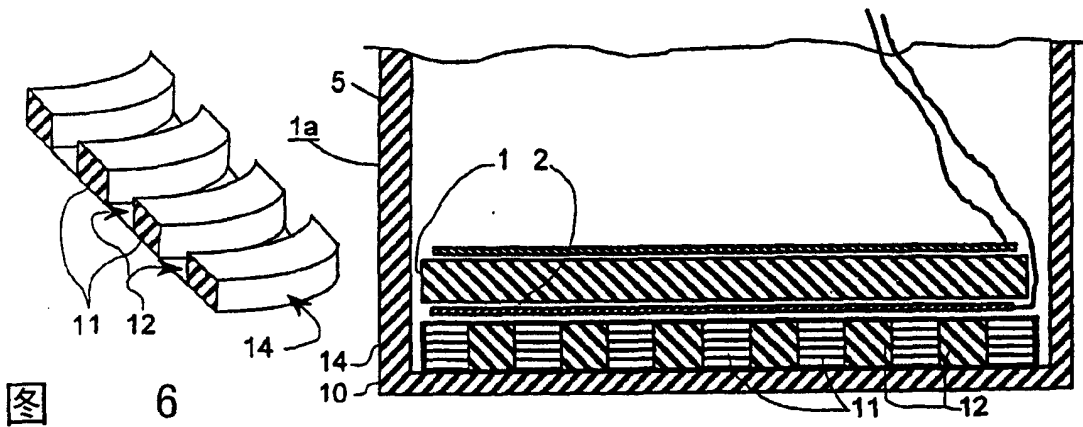


图 6

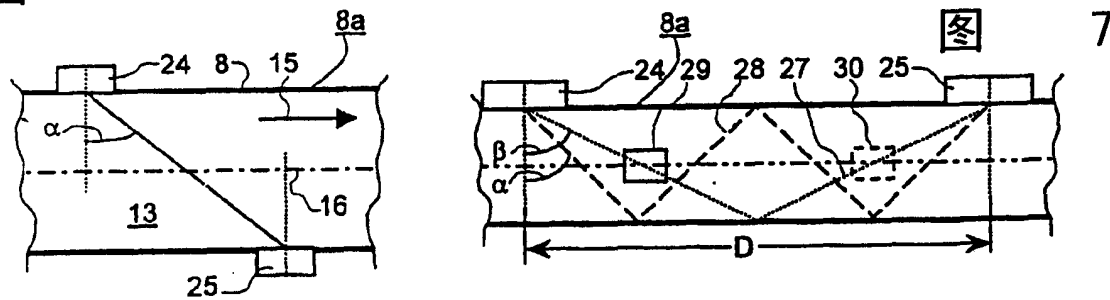


图 7

图 8a

图 8b