

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102216738 A

(43) 申请公布日 2011. 10. 12

(21) 申请号 200980146788. 4

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(22) 申请日 2009. 10. 16

代理人 曲卫涛 朱海煜

(30) 优先权数据

12/272174 2008. 11. 17 US

(51) Int. Cl.

G01F 1/66(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 05. 17

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/060939 2009. 10. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02010/056465 EN 2010. 05. 20

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 L·隋 T·阮

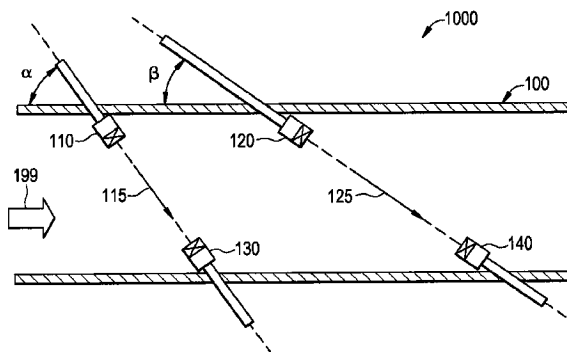
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 5 页

(54) 发明名称

超声流量计

(57) 摘要

在一个实施例中,提供一种用于测量流过导管(100)的介质的流速的超声流量计(1000),该超声流量计包括安装在导管上的两个超声发射器(110,120)和两个超声接收器(130,140)。基于第一超声信号从第一超声发射器(110)行进到第一超声接收器(130)的第一时间间隔和第二超声信号从第二超声发射器(120)行进到第二超声接收器(140)的第二时间间隔确定流速。在一些实施例中,第一和第二超声信号相对于流向沿向下游的方向行进。在其它实施例中,第一超声信号沿第一传输路径行进,在第一传输路径与流向之间形成第一角度 $\alpha$ ,而第二超声信号沿第二传输路径行进,在第二传输路径与流向之间形成不同的第二角度 $\beta$ 。



1. 一种用于测量沿流向流过导管的介质的流速的超声流量计,所述超声流量计包括:  
安装到所述导管的第一超声发射器和第二超声发射器;  
安装到所述导管并配置成接收由所述第一超声发射器发射的第一超声信号的第一超声接收器,其中所述第一超声信号沿第一传输路径长度向所述流向的下游或者基本上垂直于所述流向行进,并在所述第一传输路径与所述流向之间形成第一角度;  
安装到所述导管并配置成接收由所述第二超声发射器发射的第二超声信号的第二超声接收器,其中所述第二超声信号沿第二传输路径长度相对于所述流向向下游行进,并在所述第二传输路径与所述流向之间形成第二角度,并且其中所述第一角度和所述第二角度不相同;并且  
其中所述流速基于所述第一超声信号从所述第一超声发射器行进到所述第一超声接收器的第一时间间隔和所述第二超声信号从所述第二超声发射器行进到所述第二超声接收器的第二时间间隔来确定。
2. 如权利要求 1 所述的超声流量计,其中所述第一超声信号基本上垂直于所述流向行进。
3. 如权利要求 2 所述的超声流量计,还包括安装到所述导管的超声反射器,其中所述第一超声信号从所述第一超声发射器行进到所述超声反射器并反射回到所述第一超声接收器。
4. 如权利要求 3 所述的超声流量计,其中所述第一超声发射器和所述第一超声接收器由超声换能器来提供。
5. 如权利要求 1 所述的超声流量计,其中所述流速依照所述第一传输路径长度对所述第一时间间隔的第一比例与所述第二传输路径长度对所述第二时间间隔的第二比例之间的差来确定,所述差还除以所述第一角度的余弦与所述第二角度的余弦之间的差。
6. 如权利要求 1 所述的超声流量计,其中所述介质中的声速基于所述第一时间间隔和所述第二时间间隔来确定。
7. 如权利要求 6 所述的超声流量计,其中所述介质中的声速依照所述第一传输路径长度和所述第二角度的余弦的乘积对所述第一时间间隔的第一比例与所述第二传输路径长度和所述第一角度的余弦的乘积对所述第二时间间隔的第二比例之间的差来确定,所述差还除以所述第二角度的所述余弦与所述第一角度的所述余弦之间的差。
8. 如权利要求 1 所述的超声流量计,其中所述超声发射器和所述超声接收器中的至少一个安装在所述导管的内表面上。
9. 一种用于测量沿流向流过导管的介质的流速的方法,所述方法包括以下步骤:  
沿第一传输路径长度向所述流向的下游方向或基本上垂直于所述流向的方向将来自安装到所述导管的第一超声发射器的第一超声信号传送到安装到所述导管的第一超声接收器,并在所述第一传输路径与所述流向之间形成第一角度;  
沿第二传输路径长度向所述流向的下游方向将来自安装到所述导管的第二超声发射器的第二超声信号传送到安装到所述导管的第二超声接收器,并在所述第二传输路径与所述流向之间形成第二角度,其中所述第一角度和所述第二角度不相同;  
测量所述第一超声信号从所述第一超声发射器行进到所述第一超声接收器的第一时间间隔;

测量所述第二超声信号从所述第二超声发射器行进到所述第二超声接收器的第二时间间隔；以及

基于所述第一时间间隔和所述第二时间间隔确定所述流速。

10. 如权利要求 9 所述的方法，其中所述第一超声信号基本上垂直于所述流向行进。

11. 如权利要求 10 所述的方法，还包括以下步骤：将从所述第一超声发射器行进的所述第一超声信号反射回到所述第一超声接收器。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其中所述第一超声发射器和所述第一超声接收器由超声换能器来提供。

13. 如权利要求 9 所述的方法，其中确定所述流速的所述步骤包括：确定所述第一传输路径长度对所述第一时间间隔的第一比例与所述第二传输路径长度对所述第二时间间隔的第二比例之间的差，所述差还除以所述第一角度的余弦与所述第二角度的余弦之间的差。

14. 如权利要求 9 所述的方法，还包括以下步骤：基于所述第一时间间隔和所述第二时间间隔来确定所述介质中的声速。

15. 如权利要求 14 所述的方法，其中确定所述介质中的所述声速的所述步骤包括：确定所述第一传输路径长度和所述第二角度的余弦的乘积对所述第一时间间隔的第一比例与所述第二传输路径长度和所述第一角度的余弦的乘积对所述第二时间间隔的第二比例之间的差，所述差还除以所述第二角度的所述余弦与所述第一角度的所述余弦之间的差。

16. 一种用于测量沿流向流过导管的介质的流速的超声流量计，所述超声流量计包括：

安装到所述导管的第一超声发射器和第二超声发射器；

安装到所述导管并配置成接收由所述第一超声发射器发射的第一超声信号的第一超声接收器，其中所述第一超声信号沿第一传输路径长度行进，并在所述第一传输路径与所述流向之间形成第一角度；

安装到所述导管并配置成接收由所述第二超声发射器发射的第二超声信号的第二超声接收器，其中所述第二超声信号沿第二传输路径长度行进，并在所述第二传输路径与所述流向之间形成第二角度，并且其中所述第一角度和所述第二角度不相同；并且

其中所述流速基于所述第一超声信号从所述第一超声发射器行进到所述第一超声接收器的第一时间间隔和所述第二超声信号从所述第二超声发射器行进到所述第二超声接收器的第二时间间隔来确定。

17. 如权利要求 16 所述的超声流量计，其中所述第一超声信号基本上垂直于所述流向行进。

18. 如权利要求 17 所述的超声流量计，还包括安装到所述导管的超声反射器，其中所述第一超声信号从所述第一超声发射器行进到所述超声反射器并反射回到所述第一超声接收器。

19. 如权利要求 18 所述的超声流量计，其中所述第一超声发射器和所述第一超声接收器由超声换能器来提供。

20. 如权利要求 16 所述的超声流量计，其中所述第一超声信号向所述流向的下游或基本上垂直于所述流向行进，并且其中所述第二超声信号相对于所述流向向下游行进。

## 超声流量计

### 技术领域

[0001] 一般来说,本发明涉及流量计,更具体来说,涉及超声流量计,其设计成利用穿过流过导管的介质的超声信号的测量的行进时间来确定该介质的流速。

### 背景技术

[0002] 利用超声流量计来测量高速度流速、特别是气体流速可造成相当大的挑战,因为随着流速增加,信号质量会快速恶化。通常导致低信噪比(SNR)的高流速时的较差的信号质量可归因于多种因素,例如由高速度流动引发的束流漂移、在高流速时经历的大大增加的噪音级、以及超声信号的与紊流有关的衰减、散射和失真。尽管可通过运用已知的信号处理技术来将高速度时的噪声减至最小,并且可通过运用本领域中已知的方法来部分地补偿束流漂移,但是由紊流造成的衰减和失真在本领域中仍然成问题。因此,需要提供能够在高达和超过 120m/s 的流速时产生可靠结果的超声流量计。

### 发明内容

[0003] 在一个实施例中,提供一种用于测量沿流向流过导管的介质的流速的超声流量计,该超声流量计包括:安装到导管的第一超声发射器和第二超声发射器;安装到导管并配置成接收由第一超声发射器发射的第一超声信号的第一超声接收器;安装到导管并配置成接收由第二超声发射器发射的第二超声信号的第二超声接收器;并且其中基于第一超声信号从第一超声发射器行进到第一超声接收器的第一时间间隔和第二超声信号从第二超声发射器行进到第二超声接收器的第二时间间隔来确定流速。在一些实施例中,第一超声信号沿第一传输路径向流向的下游或者基本上垂直于流向行进,而第二超声信号沿第二传输路径相对于所述流向向下游行进。在其它实施例中,第一超声信号沿第一传输路径行进,并且在第一传输路径与流向之间形成第一角度,而第二超声信号沿第二传输路径行进,并且在第二传输路径与流向之间形成第二且不同的角度。

[0004] 在另一个实施例中,提供一种用于测量沿流向流过导管的介质的流速的方法,该方法包括以下步骤:沿第一传输路径向流向的下游方向或基本上垂直于流向的方向将来自安装到导管的第一超声发射器的第一超声信号传送到安装到导管的第一超声接收器,并在第一传输路径与流向之间形成第一角度;测量第一超声信号从第一超声发射器行进到第一超声接收器的第一时间间隔;沿第二传输路径向流向的下游方向将来自安装到导管的第二超声发射器的第二超声信号传送到安装到导管的第二超声接收器,并在第二传输路径与流向之间形成第二角度;测量第二超声信号从第二超声发射器行进到第二超声接收器的第二时间间隔;以及基于第一时间间隔和第二时间间隔确定流速。

### 附图说明

[0005] 图 1 示出在本发明的一个实施例中的超声流量计的示意图。

[0006] 图 2 是描绘在共同介质中行进等效上游和下游信号的接收信号电压的实例性

图。

[0007] 图 3 示出在本发明的一个实施例中由超声发射器发射的超声信号的观测速度的向量。

[0008] 图 4-7 示出在本发明的其它实施例中布置超声发射器和接收器的方法。

[0009] 附图不一定按比例绘制,而是一般将重点放在说明本发明的原理上。图中,各图中使用类似的数字来指示类似的部件。

### 具体实施方式

[0010] 在本发明的一个实施例中,提供一种用于确定以流速  $V$  流过导管 100 (例如,流过管道)的介质(例如,气体或液体)的流速的超声流量计 1000,如图 1 中最佳观察。流量计 1000 可包括两个超声发射器 110 和 120,在一个实施例中,超声发射器 110 和 120 可安装在导管 100 的内表面上。技术人员将明白这样一个事实,即,安装超声发射器的其它方法(例如,安装在导管 100 的外表面上)也在本发明的范围和精神内。

[0011] 流量计 1000 还可包括两个超声接收器 130 和 140,在一个实施例中,超声接收器 130 和 140 可安装在导管 100 的相对的内表面上,以使得第一超声接收器 130 可接收由第一超声发射器 110 发射的超声信号,而第二超声接收器 140 可接收由第二超声发射器 120 发射的超声信号。技术人员将明白这样一个事实,即,安装超声接收器的其它方法(例如,安装在导管 100 的外表面上)也在本发明的范围和精神内。

[0012] 在一个实施例中,可以采用使得至少一个超声接收器总是位于对应超声发射器的下游(即,沿着流向 199)的方式来布置超声发射器-接收器对,这是因为据观察,下游信号通常产生比上游信号更好的信噪比(SNR),尤其是在高流速时更是如此。这种现象在很大程度上可通过这样的事实来解释,即,下游信号总是在相对于介质的流动中行进较短的距离,并且因此带来较少的由于衍射、吸收、散射和失真引起的损失。图 2 提供描绘利用一对间隔约 6.2 英寸的面对面的 100kHz 换能器在 150ft/s 流速的空气中接收的实例性上游信号 210 和下游信号 220 的图 200。换能器由 4 周期方波驱动,方波的中心在 100kHz,幅度为 200V 峰-峰值。如图所示,所接收的下游信号 220 的幅度是所接收的上游信号 210 的幅度的大约 4 倍强,从而在给定恒定噪声级的情况下导致更好的 SNR。随着流速增大,上游信号 210 与下游信号 220 之间的 SNR 之差也随之增大。

[0013] 再次参考图 1,假设流速在导管 100 上基本上是均匀的,那么由超声发射器 110 发射的沿传输路径 115 行进到超声接收器 130 的超声信号的观测速度可表示为介质中的声速  $C$  和流速  $V$  的向量沿传输路径 115 的分量之和,如图 3 中最好地观察。因此,可利用下式计算超声信号的观测速度:

$$[0014] \quad V_o = C + V \cos \alpha \quad (1)$$

[0015] 其中,

[0016]  $V_o$  是由超声发射器 110 发射的沿传输路径 115 行进到超声接收器 130 的超声信号的观测速度,

[0017]  $C$  是流过导管 100 的介质中的声速,

[0018]  $V$  是流过导管 100 的介质的流速,并且

[0019]  $\alpha$  是由超声发射器 110 发射的超声信号的传输路径 115 与流向 199 之间的角度。

[0020] 因此,在由超声发射器 110 发射的超声信号到达超声接收器 130 之前该信号的行进时间可如下表示:

$$[0021] \quad t_1 = P_1 / (C + V \cos \alpha) \quad (2)$$

[0022] 其中,

[0023]  $t_1$  是在由超声发射器 110 发射的超声信号到达超声接收器 130 之前该信号的行进时间,并且

[0024]  $P_1$  是该超声信号从超声发射器 110 行进到超声接收器 130 的路径的长度。

[0025] 类似地,在由超声发射器 120 发射的超声信号到达超声接收器 140 之前该信号的行进时间可如下表示:

$$[0026] \quad t_2 = P_2 / (C + V \cos \beta) \quad (3)$$

[0027] 其中,

[0028]  $t_2$  是在由超声发射器 120 发射的超声信号到达超声接收器 140 之前该信号的行进时间,并且

[0029]  $P_2$  是该超声信号从超声发射器 120 行进到超声接收器 140 的路径的长度,并且

[0030]  $\beta$  是由超声发射器 120 发射的超声信号的传输路径 125 与流向 199 之间的角度。

[0031] 利用式 (3),可如下确定介质中的声速  $C$ :

$$[0032] \quad C = P_2 / t_2 - V \cos \beta \quad (4)$$

[0033] 利用式 (2),从式 (4) 减去  $C$ ,可如下确定介质的流速  $V$  (为清楚起见,省去算术变换):

$$[0034] \quad V = (P_1 / t_1 - P_2 / t_2) / (\cos \alpha - \cos \beta) \quad (5)$$

[0035] 利用式 (4),从式 (5) 减去  $V$ ,可如下确定流过导管 100 的介质中的声速  $C$  (为清楚起见,省去算术变换):

$$[0036] \quad C = (P_1 \cos \beta / t_1 - P_2 \cos \alpha / t_2) / (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (6)$$

[0037] 从式 (5) 和 (6) 得出,超声发射器 110 和 120 以及接收器 130 和 140 的定位很大程度上影响确定介质的流速和介质中的声速的精度。例如,角度  $\alpha$  和  $\beta$  之间的差越大可导致越精确的结果。但是,在特定应用中,超声发射器 110 和 120 以及接收器 130 和 140 的布置可能受导管 100 的几何尺寸的影响。

[0038] 在图 1 所示的实施例中,将超声接收器 130 和 140 设置在相应超声发射器 110 和 120 的下游 (即,沿着流向 199),以使得相应超声信号传输路径 115 和 125 与流向 199 之间的角度  $\alpha$  和  $\beta$  为锐角。因此,将只测量下游信号,从而改善结果的 SNR。

[0039] 在图 4 所示的另一个实施例中,将超声发射器 110 和超声接收器 130 安装到导管 100,以使得由超声发射器 110 发射的超声信号的传输路径 115 与流向 199 之间的角度  $\alpha$  基本上为  $90^\circ$ 。因此,由超声发射器 110 发射的超声信号沿基本上垂直于流向 199 的路径行进。

[0040] 在图 5 所示的另一个实施例中,超声发射器和超声接收器由安装到导管 100 的超声换能器 145 提供,超声换能器 145 既能够传送超声信号,也能够接收超声信号。在这个实施例中,安装到导管 100 的与超声换能器 145 相对的超声反射器 160 可用于将由换能器 145 发射的信号反射回到换能器 145。由超声换能器 145 发射的超声信号沿基本上垂直于流向 199 的传输路径 115 行进,经超声反射器 160 反射,并由超声换能器 145 接收回。通过消除

各个发射器和接收器,这个实施例还可减少流量计的总成本。

[0041] 在图 6 所示的另一个实施例中,超声接收器 130 安装到导管 100 紧邻超声发射器 110 的位置。由超声发射器 110 发射的超声信号沿基本上垂直于流向 199 的传输路径 115 行进,经超声反射器 160 反射,并由超声接收器 130 接收。通过利用安装在超声发射器 110 附近的超声接收器 130 而不是利用单个超声换能器,将串话和响铃效应减至最小,从而增加测量的精度。

[0042] 在图 7 所示的另一个实施例中,将由超声换能器 145 和超声发射器 120 发射的超声信号的两个路径之间的角度差最大化(即,  $\alpha = 90^\circ$ , 而  $\beta = 0^\circ$ ),从而增加结果的精度。

[0043] 在本发明的另一个方面,如果需要补偿由于介质的流动引起的束流漂移,那么可对本文描述的任何配置运用回复角。另外,也已观察到,回复角方法对下游接收信号幅度的改善程度大于上游信号。

[0044] 在本发明的又一个方面,超声发射器 110 和 120 以及超声接收器 130 和 140 或超声换能器 145 可布置成使得所发射的超声信号相对于介质的流动向上游指向。

[0045] 本书面描述利用实例来公开包括最佳模式的本发明,并且使得本领域技术人员能够制作和使用本发明。本发明的可授予专利的范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员可想到的其它实例。如果这些其它实例具有与权利要求的字面语言没什么不同的结构元素,或者如果这些其它实例包括与权利要求的字面语言无实质差异的等效结构元素,那么它们要在权利要求的范围内。

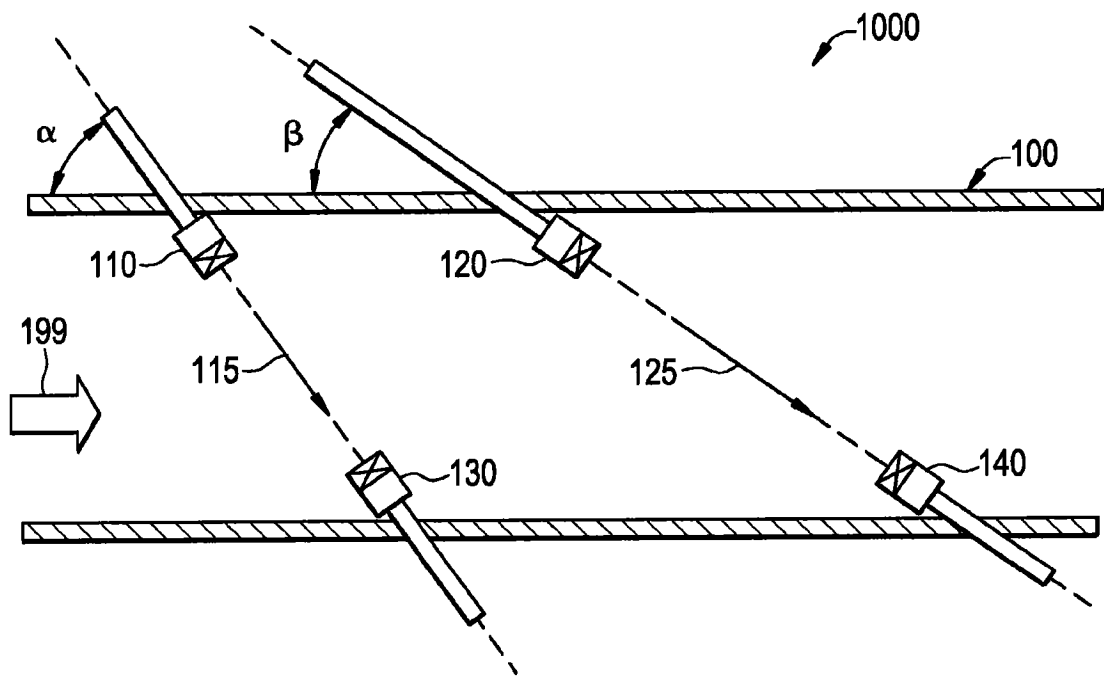


图 1



在 150 ft/s 时的下游和上游信号

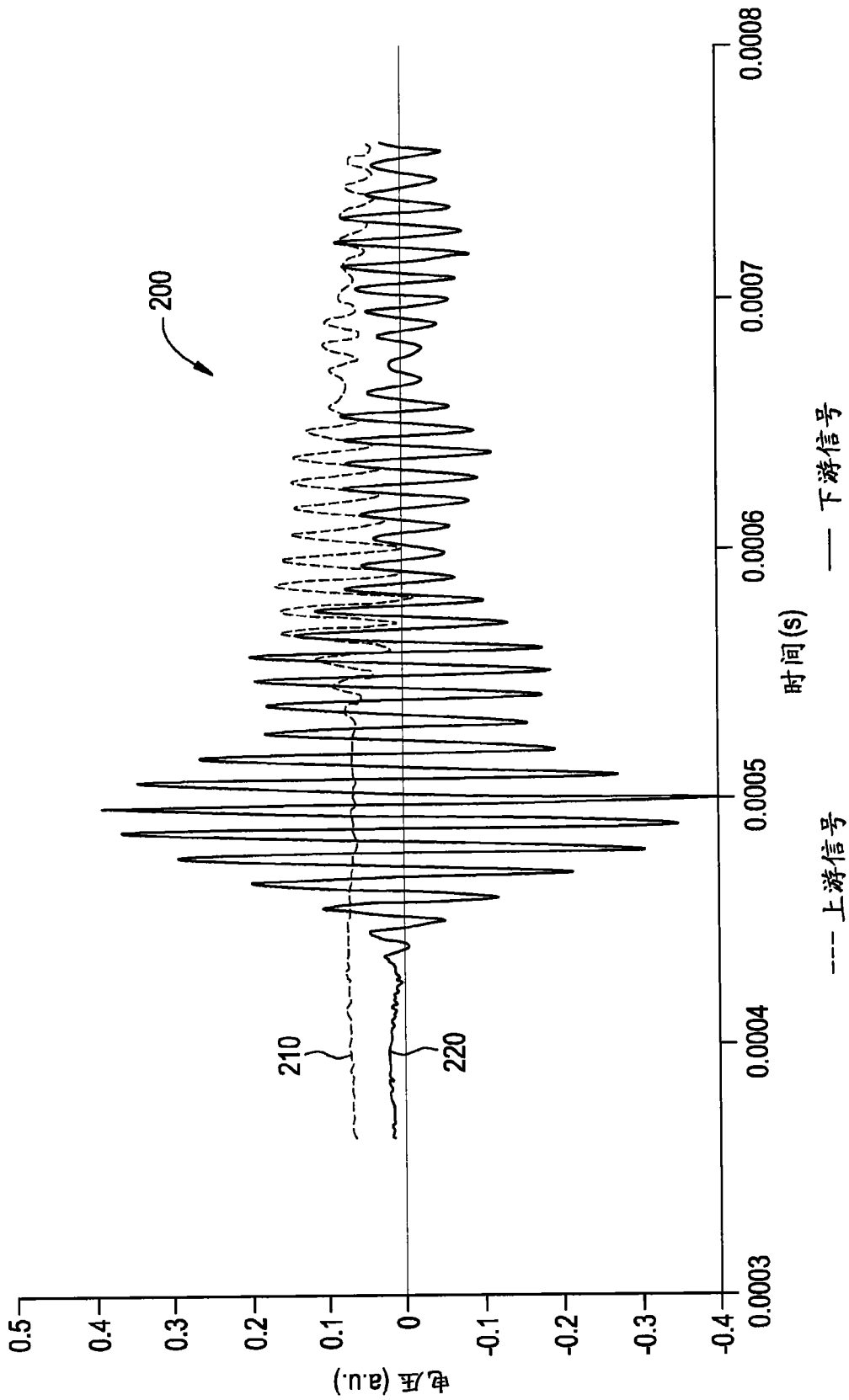


图 2

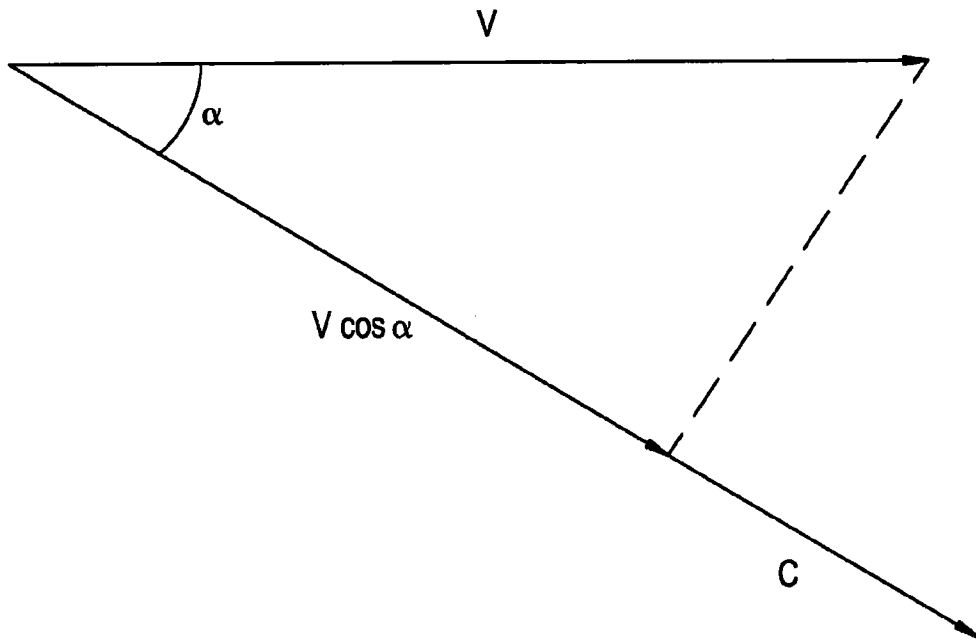


图 3

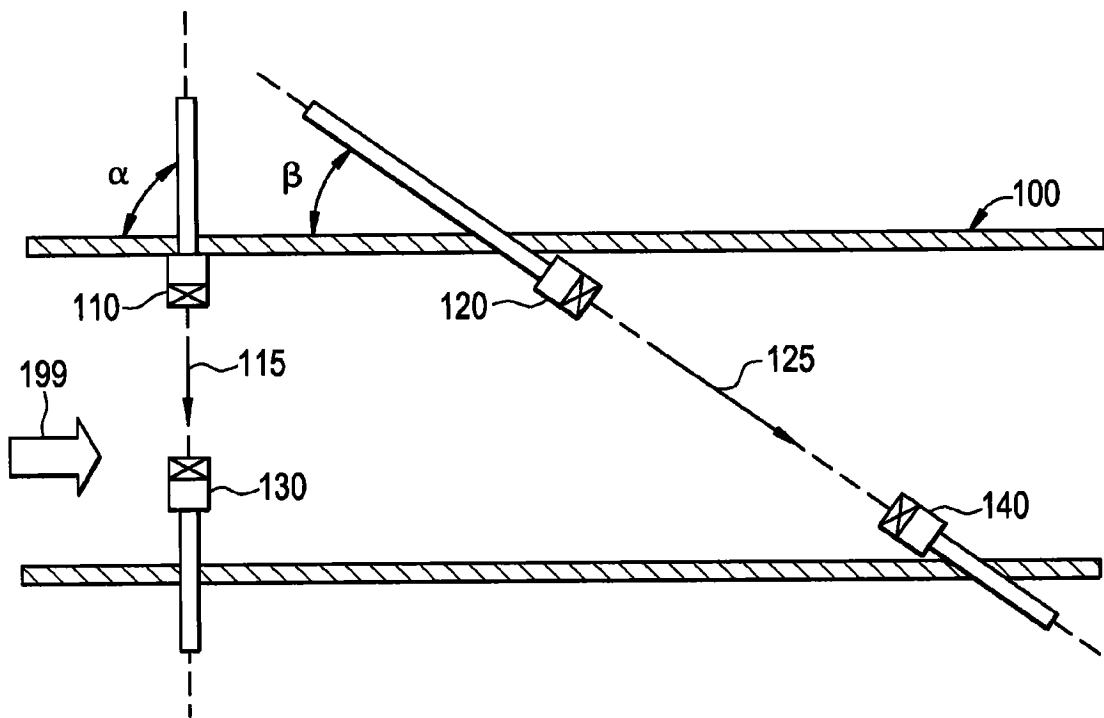


图 4

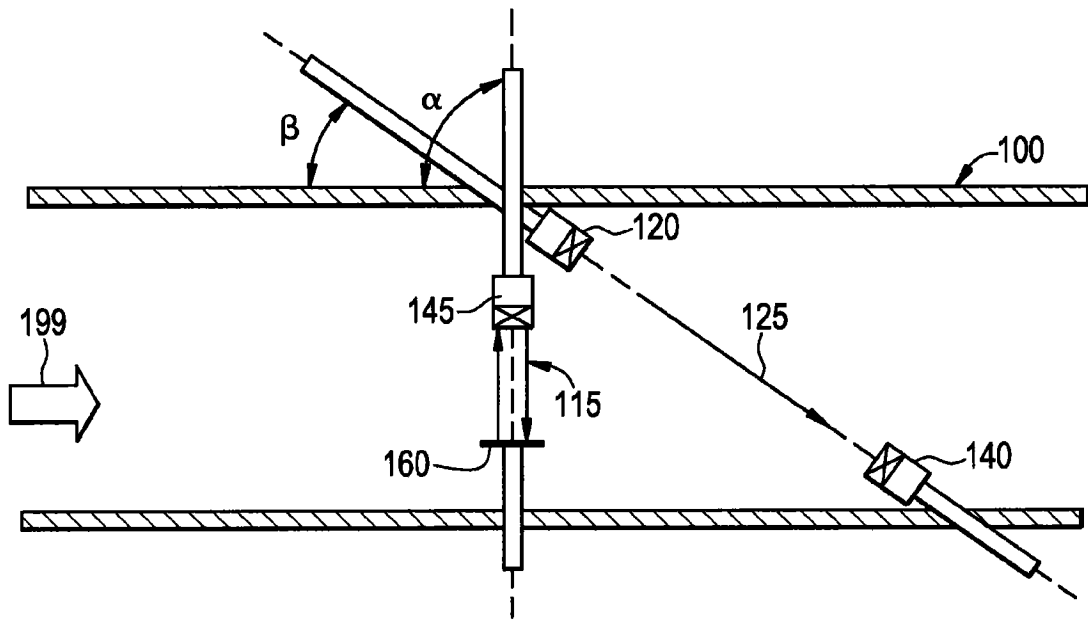


图 5

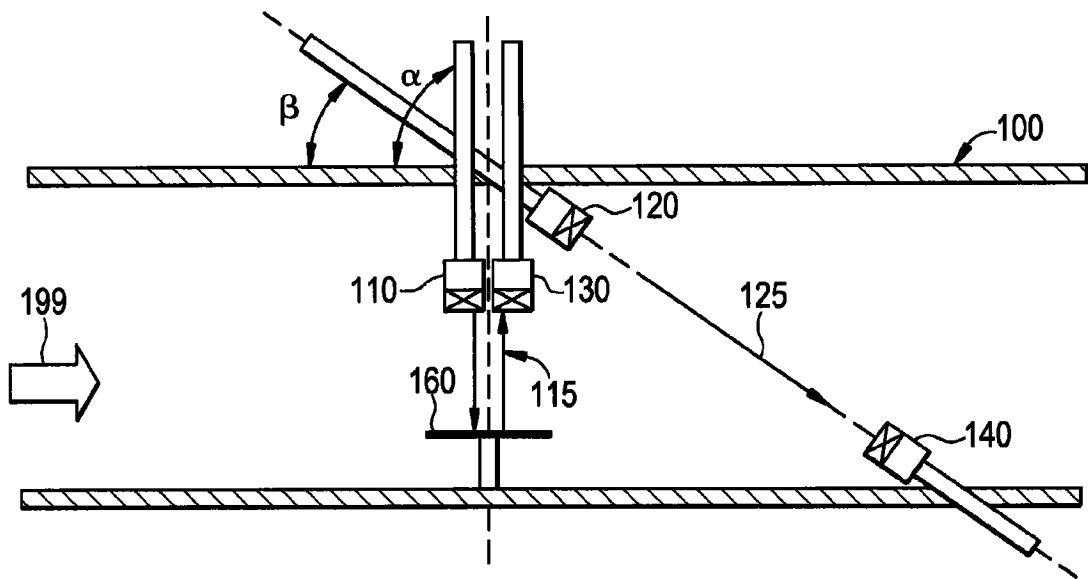


图 6

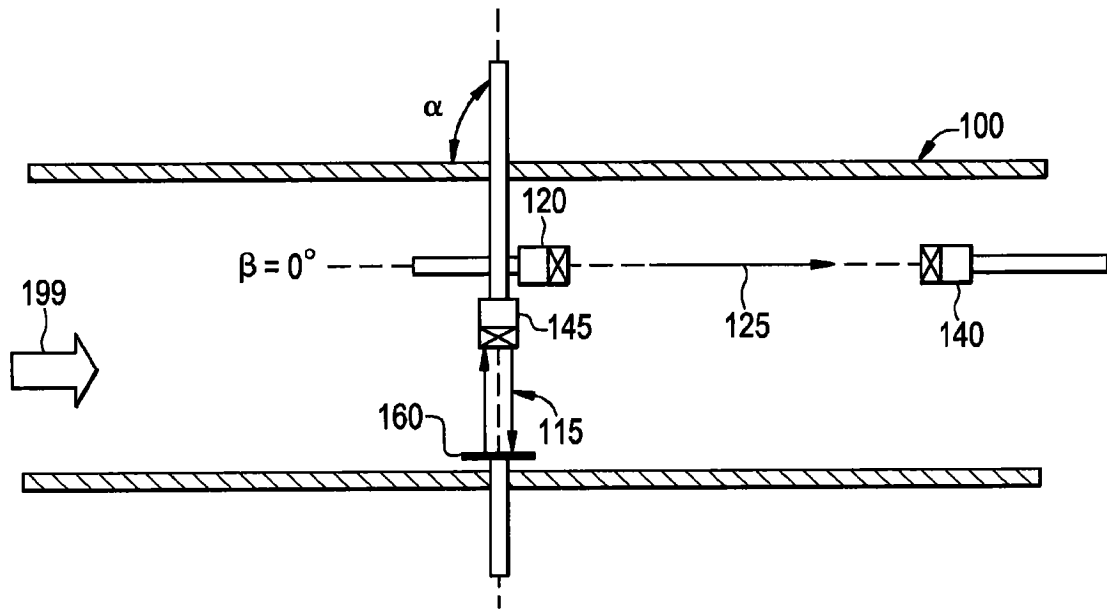


图 7