(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103547893 B
(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201280023932.7

(22)申请日 2012.04.27

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103547893 A

(43)申请公布日 2014.01.29

(30)优先权数据
102011076000.8 2011.05.17 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2013.11.18

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2012/057796 2012.04.27

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2012/156196 DE 2012.11.22

(73)专利权人 恩德斯+豪斯流量技术股份有限公司
地址 瑞士,赖纳赫

(72)发明人 阿希姆·维斯特
安德里亚斯·贝格尔

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 张焕生 谢丽娜

(51)Int.Cl.
G01F 1/66(2006.01)

(56)对比文件
US 6098466 A,2000.08.08,
CN 1478194 A,2004.02.25, (续)

审查员 刘子钰

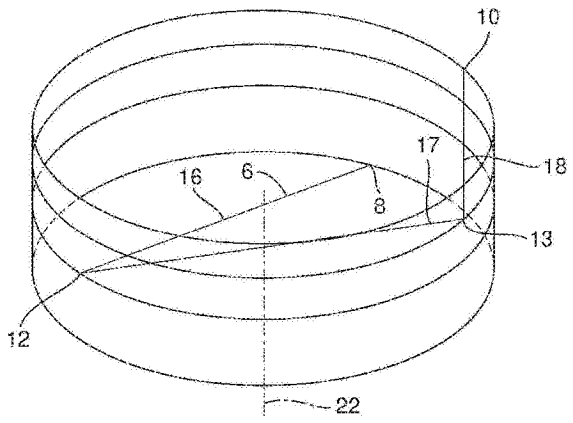
权利要求书4页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

超声波流量计

(57)摘要

本发明涉及一种超声波流量计,包括:测量管,所述测量管具有直的测量管轴线;发射器,用于发射第一信号路径上的声学信号;接收器,用于接收所述第一信号路径上的声学信号;和至少第一反射面,所述第一反射面反射所述第一信号路径上的声学信号至少一次,其中入射在所述第一反射面上的声学信号沿第一直子段传播,所述第一直子段具有离所述测量管轴线的第一间距,其中所述发射器、所述接收器和所述第一反射面关于彼此被定向并且布置在所述测量管中或所述测量管上,使得从所述第一发射器至所述第一接收器的所述第一信号路径上的声学信号由所述至少第一反射面来反射,以使由所述第一反射面反射的声学信号沿第二直子段在所述第一信号路径上传播经过所述测量管,其中所述第二直子段具有离所述测量管轴线的第二间距,所述第一间距与所述第二间距不同,并且其中第一信号路径的具有离所述测量管轴线的第一间距的所有子段的投影在所述测量管轴线上的所有长度之和具有预定第一值,并且其中第一信号路径的具有离所述测量管轴线的第二距离的所有子段的投影在所述测量管轴线上的所有长度之和具有预定第二值,所述第一值与所述第二值不同,并且所述第一值和第二值不等于0,并且其中所述第一反射面的表面法线相对于所述测量管轴线的角度不等于90°。



CN 103547893 B

[转续页]

[接上页]

(56)对比文件

DE 19808642 C1,1999.08.26,

DE 29719677 U1,1998.12.10,

EP 0715155 A1,1996.06.05,

EP 1255094 A2,2002.11.06,

1.一种超声波流量测量装置,包括:

圆形测量管,所述测量管具有直的测量管轴线;

发射器,用于发射第一信号路径上的声学信号;

接收器,用于接收所述第一信号路径上的声学信号;和

至少第一反射面,所述第一反射面布置在所述测量管中,在所述第一信号路径上所述声学信号在所述第一反射面上反射至少一次,其中入射在所述第一反射面上的声学信号沿第一直子段传播,所述第一直子段具有离所述测量管轴线的第一间距,

所述测量装置的特征在于,

所述发射器和所述接收器布置在所述测量管中或所述测量管上,并且所述发射器、所述接收器和所述第一反射面相对于彼此被定向,使得从所述发射器至所述接收器的所述第一信号路径上的声学信号在所述至少第一反射面上被反射,以使所述第一反射面上反射的声学信号沿第二直子段在所述第一信号路径上传播经过所述测量管,其中所述第二直子段具有离所述测量管轴线的第二间距,其中所述第一间距不同于所述第二间距,并且

其中,投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线的第一间距的所述第一信号路径的所有子段的投影的所有长度之和具有预定的第一值,投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线的第二间距的所述第一信号路径的所有子段的投影的所有长度之和具有预定的第二值,所述第一值不同于所述第二值,并且所述第一值和所述第二值不等于0,以及

其中,所述第一反射面的表面法线相对于所述测量管轴线具有不等于90°的角度,

其中,所述第一间距、第二间距、第一值和第二值利用Gauss-Jacobi或OWICS方法来计算。

2.根据权利要求1所述的超声波流量测量装置,

其特征在于,

所述声学信号在从所述发射器至所述接收器的所述第一信号路径上围绕所述测量管轴线螺旋式传播。

3.根据权利要求1或2所述的超声波流量测量装置,

其特征在于,

所述第一间距和所述第二间距不等于0。

4.根据权利要求1所述的超声波流量测量装置,

其特征在于,

所述第一间距小于所述第二间距,并且投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线的第一间距的第一信号路径的所有子段的长度的所有的值之和大于投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线的第二间距的第一信号路径的所有子段的长度的所有的值之和。

5.根据权利要求1所述的超声波流量测量装置,

其特征在于,

所述第一信号路径的具有离所述测量管轴线相同间距的所有子段投影在所述测量管轴线上的所有长度值的求和,根据该间距,利用计算公式来实现。

6.根据权利要求1所述的超声波流量测量装置,

其特征在于，

相对于指向所述第一反射面的所述测量管的半径，所述第一直子段的角度不同于所述第二直子段的角度。

7.根据权利要求1所述的超声波流量测量装置，

其特征在于，

所述超声波流量测量装置包括至少一个另外的第二反射面，其中所述发射器、所述接收器和所述第一反射面以及所述至少一个另外的第二反射面被相对彼此定位，并且所述至少一个另外的第二反射面布置在所述测量管中或所述测量管上，使得来自所述发射器的所述第一信号路径上的声学信号在所述第一反射面和所述至少一个另外的第二反射面上被反射至所述接收器，以使所述声学信号沿至少一个另外的第三直子段在所述第一信号路径上传播经过所述测量管，其中所述第三直子段具有离所述测量管轴线的第三间距，所述第三间距不同于所述第一和第二间距，并且其中投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线的第三间距的所述第一信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定的第三值，所述第三值不同于所述第一值并且不同于所述第二值，并且所述第三值不等于0。

8.根据权利要求1所述的超声波流量测量装置，

其特征在于，

所述超声波流量测量装置包括：

至少一个另外的第二发射器，用于发射第二信号路径上的声学信号；

至少一个另外的第二接收器，用于接收所述第二信号路径上的声学信号；和

至少一个另外的第三反射面，

其中，所述第二发射器、所述第二接收器和所述至少一个另外的第三反射面被相对彼此定位并且布置在所述测量管中或所述测量管上，使得来自所述第二发射器的所述第二信号路径上的声学信号在所述至少一个另外的第三反射面上被反射至所述第二接收器，以使所述声学信号沿至少第四直子段和至少第五直子段在所述第二信号路径上传播经过所述测量管，其中所述第四直子段具有离所述测量管轴线的第四间距，所述第五直子段具有离所述测量管轴线的第五间距，所述第四间距不同于所述第五间距，并且其中投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线的第四间距的所述第二信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定的第四值，投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线的第五间距的所述第二信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定的第五值，所述第四值不同于所述第五值，并且所述第四值和所述第五值不等于0。

9.根据权利要求8所述的超声波流量测量装置，

其特征在于，

所述超声波流量测量装置包括至少一个另外的第四反射面，其中所述第二发射器、所述第二接收器和所述第三反射面以及所述至少一个另外的第四反射面被相对彼此定位并且布置在所述测量管中或所述测量管上，使得来自所述第二发射器的所述第二信号路径上的声学信号在所述第三反射面和所述至少一个另外的第四反射面上被反射至所述第二接收器，以使所述声学信号沿至少一个另外的第六直子段在所述第二信号路径上传播经过所述测量管，其中所述第六直子段具有离所述测量管轴线的第六间距，并且所述第六间距不同于所述第四和第五间距，并且其中投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线的

第六间距的所述第二信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定的第六值，所述第六值不同于所述第四值并且不同于所述第五值，并且所述第六值不等于0。

10.根据权利要求8所述的超声波流量测量装置，

其特征在于，

所述第一信号路径和所述第二信号路径在所述测量管中彼此作为镜像延伸。

11.根据权利要求8所述的超声波流量测量装置，

其特征在于，

所述超声波流量测量装置包括两个或更多个凹面镜，在所述凹面镜上布置所述的第一反射面、第二反射面、第三反射面和/或第四反射面。

12.一种根据行程时间差原理利用声学信号测量流经圆形测量管的介质的流量的方法，所述测量管具有直的测量管轴线，

其中，来自第一发射器的第一信号路径上的第一声学信号在至少布置在所述测量管中的第一反射面上被反射通过所述测量管至第一接收器，使得所述声学信号沿至少第一直子段和至少第二直子段在所述第一信号路径上传播经过所述测量管，其中所述第一直子段具有离所述测量管轴线的第一间距，所述第二直子段具有离所述测量管轴线的第二间距，所述第一间距不同于所述第二间距，并且其中投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线的第一间距的所述第一信号路径的所有子段的投影的所有长度之和具有预定的第一值，投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线的第二间距的所述第一信号路径的所有子段的投影的所有长度之和具有预定的第二值，所述第一值不同于所述第二值，并且所述第一值和所述第二值不等于0，

其中，所述第一间距、第二间距、第一值和第二值利用Gauss-Jacobi或OWICS方法来计算。

13.根据权利要求12所述的方法，

其特征在于，

所述第一信号路径的子段的对在所述测量管中彼此作为镜像相对地定位。

14.根据权利要求12所述的方法，

其特征在于，

来自第二发射器的第二信号路径上的到至少一个另外的第三反射面的第二声学信号被反射经过所述测量管至第二接收器，使得声学信号沿至少第四直子段和至少第五直子段在所述第二信号路径上传播经过所述测量管，其中所述第四直子段具有离所述测量管轴线的第四间距，所述第五直子段具有离所述测量管轴线的第五间距，所述第四间距不同于所述第五间距，并且其中投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线所述第四间距的所述第二信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定的第四值，投影在所述测量管轴线上且具有离所述测量管轴线所述第五间距的所述第二信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定的第五值，所述第四值不同于所述第五值，并且所述第四值和所述第五值不等于0。

15.根据权利要求14所述的方法，

其特征在于，

所述第一信号路径和第二信号路径彼此作为镜像相对地定位在所述测量管中，并且在

流量计算中被相同地赋予权重。

16.根据权利要求14所述的方法，

其特征在于，

对于所述第一信号路径和第二信号路径，能够通过绕所述测量管轴线旋转其中之一而使两者重合。

超声波流量计

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于流量测量的超声波流量测量装置，并且包括：测量管，其具有直的测量管轴线；发射器，用于发射第一信号路径上的声学信号；接收器，用于接收第一信号路径上的声学信号；和第一反射面，第一信号路径上的声学信号在该第一反射面上反射，其中入射在第一反射面上的声学信号沿第一直线传播，该第一直线具有与测量管轴线的第一间距。

背景技术

[0002] 在过程和自动控制技术中广泛应用超声波流量测量装置。它们使得易于确定管道内的体积流量和/或质量流量。

[0003] 已知的超声波流量测量装置通常根据行程时间差原理工作。在行程时间差原理中，根据波在流动液体中行进的方向评估超声波，尤其是超声波脉冲，即所谓的突发脉冲的不同行程时间。为了该目的，以与流以及与流相对的特定角度向管轴线发送超声波脉冲。通过行程时间差能够确定流速，并且在已知管段的直径的情况下，能够确定体积流量。

[0004] 通过所谓的超声波换能器的帮助产生或接收超声波。为了该目的，将超声波换能器稳固地放置在相关管段的管壁中。也存在夹合式超声波流量测量系统。在该情况下，在外部将超声波换能器压在测量管的管壁上。夹合式超声波流量测量系统的极大优点在于，它们不接触测量介质，能够被放置在已经存在的管道上。

[0005] 超声波换能器通常由机电换能器元件，例如压电元件和耦合层组成。在机电换能器元件中，产生超声波作为声学信号，并且通过耦合层将其引导至管壁，并且在夹合式系统的情况下，从管壁处将超声波引导到液体中，并且在线上系统的情况下，通过耦合层将超声波引导到测量介质中。在该情况下，有时将耦合层称为膜。

[0006] 在压电元件和耦合层之间，能够布置另一耦合层，即所谓的适配或匹配层。在一些情况下，适配或匹配层执行下列功能，即发射超声波信号，并且同时降低不同声学阻抗导致的两种材料之间的界面处的反射。

[0007] 在夹合式系统的情况下，同样地在线上系统的情况下，都将超声波换能器布置在测量管上的共享平面中，处于测量管的相对侧上或者测量管的相同一侧上，在相对侧的情况下，被投射到管横截面上的声学信号沿割线经过测量管一次，在同侧的情况下，声学信号在测量管的相对侧上反射，由此声学信号沿投射在贯穿测量管的横截面上的割线，横穿测量管两次。US4,103,551和US4,610,167示出在其测量管中设置的反射面上具有反射的超声波流量测量装置。也已知多路径系统，其具有多个超声波换能器对，在每种情况下，该超声波换能器对都形成信号路径，声学信号沿着信号路径经过测量管。在该情况下，相应信号路径和关联的超声波换能器位于平行于测量管轴线的相互平行平面中。US4,024,760和US7,706,986以示例的方式示出了这种多路径系统。多路径系统的优点在于，它们能够在多个位置处，测量被测介质在测量管内的流动剖面，并且由此提供高度精确的流量测量值。这可以基于沿不同信号路径的个别行进时间的权重不同的事实等等加以实现。然而，多路径系统

情况下的缺点在于它们的制造成本，因为需要使用若干超声波换能器，并且在给定情况下，需要复杂的评估电子器件。

[0008] 存在确定信号路径权重的不同方法。T.Tresch、T.Staubli和P.Gruber的于2006年7月30日－8月1日在美国俄勒冈州波特兰市的the handout for6th International Conference on Innovation in Hydraulic Efficiency Measurements中的论文“Comparison of integration methods for multipath accoustic discharge measurements”比较了用于计算对流量的沿不同信号路径行程时间权重的确定方法。

[0009] WO1995012110A1公开了一种具有下列测量管的超声波流量测量装置，该测量管具有平面管壁和直测量管轴线，以及测量管中的至少一个反射面，其中至该反射面的法线在下列直角坐标系中具有不等于0的3个分量，该直角坐标系的一个轴线对应于测量管轴线。该文献教导了明显大于点状信号的预定宽度的超声波信号具有贯穿该宽度的高斯形状灵敏度。该信号用于流量测量。在该情况下，信号的宽度近似对应于矩形测量管的宽度。如果这种信号将平行于侧壁地经过测量管，具有最高灵敏度的区域就将通过测量管的中心区域延伸，因而也记录具有较高值的较高流速。在流速非常小的情况下，这将导致测量误差。因此，该文献也教导了通过借助于定向反射引导超声波信号经过测量管的所有区域，非常均匀地辐射测量管。为了例示，由个别束状部分代表宽超声波信号。该个别束状部分的路径长度等长，所以束状部分不因为干涉而抵消。

发明内容

[0010] 本发明的目的是提供一种超声波流量测量装置，其高度精确地确定流量，并且制造的也成本有效。

[0011] 通过独立权利要求1和11的特征实现该目的。通过相应从属权利要求的特征提供本发明的进一步发展和实施例。除非另外说明，否则所有的实施例都能够彼此组合。

[0012] 为了流量测量，本发明的超声波流量测量装置包括：测量管，其具有直测量管轴线；至少第一发射器，用于在第一信号路径上发射声学信号；至少第一接收器，用于接收第一信号路径上的声学信号；和至少第一反射面，其中发射器、接收器和第一反射面关于彼此被定向并布置在测量管中或测量管上，使得从第一发射器至第一接收器的第一信号路径上的声学信号在该至少第一反射面上被反射，以使该声学信号沿至少第一直子段和至少一个另外的第二直子段在第一信号路径上经过测量管，其中第一直子段具有与测量管轴线的第一间距，并且第二直子段具有与测量管轴线的第二间距，其中第一间距与第二间距不同，并且其中投影在测量管轴线上并且具有与测量管轴线的第一间距的第一信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定第一值，投影在测量管轴线上并且具有与测量管轴线的第二间距的第一信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定第二值，第一值与第二值不同，并且第一和第二值不等于0。特别地，入射在第一反射面上的声学信号沿第一直子段传播，并且在第一反射面上反射的声学信号沿第二直子段传播。在测量管中相应地布置第一反射面。在该情况下，第一反射面的表面法线不与测量管轴线垂直相交。如果将第一反射面的表面法线和测量管轴线视为向量，它们的标量积不等于0。如果两条直线在空间中相交，它们相交的最小角为相交角，这里，该角度不等于90°。

[0013] 用作发射器以及接收器的通常是超声波换能器，尤其是机电换能器，例如压电元

件，其适合于发送以及接收声学信号，尤其是超声波脉冲或者一个或多个超声波。如果超声波换能器被用作发射器和接收器，声学信号就能够沿第一信号路径向后和向前传递，因而在两个方向中传播。因而，发射器和接收器可互换。

[0014] 在本发明的实施例中，发射器适合于接收第一信号路径上的声学信号，并且接收器适合于发送第一信号路径上的声学信号。发射器和接收器是超声波换能器，尤其是具有机电换能器元件，例如压电换能器元件的超声波换能器。

[0015] 被称作信号路径也称为声学路径的是声学信号的路径，因而例如为发射器和接收器之间的超声波或超声波脉冲的路径，其中发射器发射声学信号，接收器接收声学信号。在本发明的实施例中，诸如通常在线上系统(inline system)的情况下的声学信号被垂直于膜地辐射。然后，将接收器这样安置在测量管中或测量管上，使得信号继而垂直地撞击其膜。

[0016] 特别地，用作声学信号的是声波或一组声波。用作反射面的是界面，例如被测介质和测量管之间形成的界面，或者布置在测量管中或测量管上的反射体。在本发明的实施例中，反射面是这样的反射体表面，其被分开地布置在测量管中，并且在超声波流量测量装置运行期间，接触被测介质。

[0017] 在本发明的实施例中，垂直于用作发射器的第一超声波换能器的膜发射声学信号，并且垂直于用作接收器的第二超声波换能器的膜接收声学信号，其中相对于反射面定向两个超声波换能器，使得在反射面上将声学信号反射至第二超声波换能器。

[0018] 例如，通过沿第一信号路径上的第一直线入射的声学信号，和沿第一路径上的第二直线反射的声学信号之间的角平分线，发生反射面的定向。该角平分线是反射面的法线。在本发明的实施例中，反射面的法线不与测量管轴线垂直相交。

[0019] 这里按数学中常用的方式定义两条直线之间的间距。如果两条直线在空间中彼此偏斜，就计算一条直线到与其平行的辅助平面之间的间距，另一条直线位于该辅助平面中。

[0020] 不重合的两条直线相对彼此始终具有间距。通过测量垂直于这两条直线的、这两条直线之间的法线的长度来测量该间距。即使对于彼此偏斜的直线，也存在法线。因此，能够构造一平面，一条直线位于该平面中，并且该平面平行于另一条直线。因而，能够构造第一平面，第一直线位于其中，并且该第一平面平行于测量管轴线。类似地，存在平行于测量管轴线的第二平面，第二直线位于该第二平面中。根据本发明，第一信号路径上的声学信号在第一反射面上反射，其中在第一反射面上入射的声学信号沿平行于测量管轴线的第一平面内的第一直子段传播，该第一平面具有离测量管轴线的第一间距，并且其中在第一反射面上反射的声学信号沿平行于测量管轴线的第二平面内的第二直子段传播，该第二平面具有离测量管轴线的第二间距。第一平面与底面半径为第一间距的第一直圆柱体相切，沿作为该圆柱体侧面一部分的平行于测量管轴线的直线，恰好，第二平面与底面半径为第二间距的第二直圆柱体相切。这两个平面在平行于测量管轴线延伸的交叉线上交叉。在该情况下，交叉线尤其处于第一反射面的区域中。在该方式所基于的模型中，声学信号沿直子段传播。因此，第一直子段和第二直子段的交叉线将与第一信号路径上的光学信号在反射面上的反射点相交。当然，这是一种模型。实践中，第一信号路径不止一点那么宽，因此反射点是反射面区域中的一定面积。

[0021] 在本发明的第一实施例中，测量管具有椭圆形、尤其是圆形横截面，其中也将测量

管轴线称为主中心轴线或纵向轴线。介质在测量管中的主流动方向与测量管轴线一致。

[0022] 在本发明的另外实施例中，第一间距以及第二间距都不等于0。在另外实施例中，测量管的尺寸是或是发射器和/或接收器的超声波换能器的尺寸的数倍。因而，在圆形测量管和盘状发射器和/或接收器的情况下，测量管的直径至少比发射器和/或接收器的盘片直径大2倍，尤其是5倍，尤其是至少10倍。例如，如果测量管具有成角度的、尤其是矩形、尤其是正方形横截面，和/或作为发射器和/或接收器的超声波换能器具有一些不同的形状，诸如也成矩形，则测量管内腔横截面的表面积就至少比超声波换能器的表面积大4倍，甚至25倍，或者甚至至少大100倍。

[0023] 在本发明的超声波流量测量装置的实施例中，使用行程时间差方法测量流量。对应于其适合的方法具体实施本发明的超声波流量测量装置。

[0024] 在本发明的另外的进一步发展中，第一间距小于第二间距，并且投影在测量管轴线上且具有离测量管轴线的第一间距的第一信号路径的所有子段的所有长度的值之和大于投影在测量管轴线上且具有离测量管轴线第二间距的第一信号路径的所有子段的所有长度的值之和。第一信号路径上的信号具有测量管轴线方向的或者相反方向的方向分量。

[0025] 在本发明的另外、进一步发展中，对投影在测量管轴线上且具有离测量管轴线相同间距的第一信号路径的所有子段的所有长度值的求和，利用根据该间距的共享、预定特别是是固定的计算公式来实现。例如，通过与下列权重系数成比例，实现对投影在测量管轴线上并且具有离测量管轴线相同间距的第一信号路径的所有子段的所有长度值的求和，该权重系数用于对沿下列测量路径的声学信号的行程时间确定权重，该测量路径具有离模拟多路径、超声波流量测量装置的测量管轴线相同间距，该测量装置具有多条测量路径，该多条测量路径与第一信号路径的不同子段离测量管轴线的距离相同。如果多路径、超声波流量测量装置的测量路径具有关于测量管轴线的相同角度，则例如，就根据离测量管轴线的相应间距，根据Gauss-Jacobi或OWICS方法计算权重系数，Gauss-Jacobi或OWICS方法例如为1999年的A.Voser的:"Analyse und Fehleroptimierung der mehrpfadigen akustischen Durchflussmessung in Wasserkraftanlagen(ANALYSIS AND ERROR OPTIMIZING OF MULTIPATH,ACOUSTIC,FLOW MEASUREMENT IN HYDROPOWER PLANTS)",ETH Zurich Dissertation No.13102,论文中描述的方法。类似地，子段具有预定长度，这样定它们的尺寸，即与模拟多路径、超声波流量测量装置的权重系数成比例地，实现被投影在测量管轴线上且具有离测量管轴线相同间距的第一信号路径的所有子段的所有长度值的求和。

[0026] 例如，通过同一申请人与本专利申请同时提交的，标题为“ULTRASONIC,FLOW MEASURING DEVICE”的另外专利申请中描述的方法，制造本发明的超声波流量测量装置，在此通过引用将另外专利申请并入。因而，可通过使用本发明的制造过程获得本发明的超声波流量测量装置。

[0027] 在本发明的另外、进一步发展中，第一子段和第二子段在测量管中彼此偏斜。

[0028] 在本发明的另外的进一步发展中，该超声波流量测量装置包括至少一个另外的第二反射面，其中发射器、接收器和第一反射面以及该至少一个另外的第二反射面被相对彼此定位并且布置在测量管中或测量管上，使得来自第一发射器的第一信号路径上的声学信号在第一反射面和至少一个另外的第二反射面上被反射至第一接收器，以使声学信号沿经

过测量管的至少一个另外的第三直子段在第一信号路径上行进，其中第三直子段具有离测量管轴线的第三间距，其中第三间距与第一和第二间距不同，并且其中投影在测量管轴线上且具有离测量管轴线第三间距的第一信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定的第三值，第三值不同于第一值并且不同于第二值，并且第三值不等于0。

[0029] 在本发明的另外的进一步发展中，该超声波流量测量装置包括：至少一个另外的第二发射器，用于发射第二信号路径上的声学信号；和至少一个另外的第二接收器，用于接收第二信号路径上的声学信号；和至少一个另外的第三反射面，其中第二发射器、第二接收器和该至少一个另外的第三反射面被相对彼此定位并且布置在测量管中或测量管上，使得来自第二发射器的第二信号路径上的声学信号在该至少一个另外的第三反射面上被反射至第二接收器，以使第二信号路径上的声学信号沿至少第四直子段和至少第五直子段行进经过测量管，其中第四直子段具有离测量管轴线的第四间距，和第五直子段具有离测量管轴线的第五间距，其中第四间距与第五间距不同，并且其中投影在测量管轴线上且具有离测量管轴线第四间距的第二信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定的第四值，并且其中投影在测量管轴线上且具有离测量管轴线第五间距的第二信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定的第五值，其中第四值与第五值不同，并且其中第四和第五值不等于0。

[0030] 在本发明的另外的进一步发展中，该超声波流量测量装置包括至少一个另外的第四反射面，其中第二发射器、第二接收器和第三反射面以及该至少一个另外的第四反射面被相对彼此定位并且布置在测量管中或测量管上，使得从第二发射器向第三反射面和向至少一个另外的第四反射面发射的第二信号路径上的声学信号被反射至第二接收器，使得声学信号沿至少一个另外的第六直子段的第二路径上行进经过测量管，其中第六直子段具有离测量管轴线的第六间距，并且第六间距与第四和第五间距不同，并且其中投影在测量管轴线上且具有离测量管轴线第六间距的第二信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定的第六值，其与第四值以及第五值不同，并且其中第六值不等于0。

[0031] 在本发明的另外的进一步发展中，第一信号路径和第二信号路径在测量管中彼此作为镜像延伸。

[0032] 在进一步发展的超声波流量测量装置中，第一发射器、第一接收器和第一反射面被相对彼此定向并且布置在测量管中或测量管上，使得从第一发射器向第一接收器发射的第一信号路径上的声学信号螺旋式围绕测量管轴线而传播。同样地，第二发射器和接收器以及第二反射面能够被相对彼此定向和布置在测量管中或测量管上，使得与第一信号路径类似地，第二信号路径螺旋式围绕测量管轴线。

[0033] 在根据行程时间差方法，通过具有本质直测量管轴线的测量管测量介质流量的本发明方法的情况下，将至少一个声学信号从至少第一发射器，在第一信号路径上发射到至少第一接收器，其中在至少第一反射面上，反射从发射器至接收器的第一信号路径上的声学信号通过测量管到达第一接收器，使得第一信号路径上的声学信号沿至少第一和至少第二直子段传播经过测量管，其中第一直子段具有离测量管轴线的第一间距，并且其中第二直子段具有离测量管轴线的第二间距，其中第一间距不同于第二间距，并且其中在测量管轴线上投影的并且具有离测量管轴线的第一间距的第一信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定第一值，并且其中在测量管轴线上投影的并且具有离测量管轴线第二间距的

第一信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定第二值，其中第一值不同于第二值，并且其中第一和第二值不等于0。

[0034] 在这种情况下，第一信号路径的子段对，尤其是具有离测量管轴线相同距离，并且具有投影在测量管轴线上相同长度的子段对能够彼此作为镜像相对地定位在测量管中。本实施例的优点在于，为了获得类似的测量能力，第二信号路径不是必需的。

[0035] 然而，自然也能够在至少一个另外的第三反射面上反射来自第二发射器的在第二信号路径上的第二声学信号通过测量管到达第二接收器，使得声学信号沿至少第四和至少第五直子段，经过测量管在第二信号路径上传播，其中第四直子段具有离测量管轴线的第四间距，并且其中第五直子段具有离测量管轴线的第五间距，其中第四间距与第五间距不同，并且其中投影在测量管轴线上的并且具有离测量管轴线第四间距的第二信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定第四值，并且其中投影在测量管轴线上的并且具有离测量管轴线第五间距的第二信号路径的所有子段的所有长度之和具有预定第五值，其中第四值与第五值不同，并且其中第四和第五值不等于0。

[0036] 在该情况下，第一和第二信号路径能够彼此作为镜像相对地定位在测量管中，其中然后使两条信号路径在流量计算中的权重相同。

[0037] 可替换地，两条信号路径在测量管中延伸，使得能够通过绕测量管轴线旋转一条信号路径而使第一和第二信号路径重合。它们关于测量管轴线彼此移位预定角度。

[0038] 在增加流速的情况下，能够发生超声波流量测量装置的超声波信号分散，这导致信号强度减弱。能够通过一个或多个凹面镜有利地修正该效应。

附图说明

[0039] 本发明允许多种形式的实施例。现在将基于附图更详细地解释其一些形式。在附图中为相同的元件提供相同的参考标记。附图如下：

[0040] 图1示出现有技术的多路径、超声波流量测量装置，

[0041] 图2示出本发明的超声波流量测量装置的透视图，

[0042] 图3示出本发明的超声波流量测量装置的纵截面图，

[0043] 图4示出本发明的超声波流量测量装置的横截面图，

[0044] 图5示出本发明的超声波流量测量装置的另外实施例的横截面图，

[0045] 图6示出本发明的超声波流量测量装置的另外实施例的透视图，

[0046] 图7示出本发明的超声波流量测量装置的另外实施例的纵截面以及横截面的透视图。

具体实施方式

[0047] 图1a示出现有技术的多路径超声波流量测量装置的测量管1的横截面图。图1b示出同一多路径超声波流量测量装置的透视图。两幅图都来自DE102007004936B4。在该情况下，该多路径超声波流量测量装置包括测量管1和10个超声波换能器3，它们与5个超声波反射体4一起形成5个V形信号路径5。在每种情况下，两个超声波换能器3都形成超声波换能器对2。5个V形信号路径5中的每个都由两个直子段形成，第一直子段从其超声波换能器对2的第一超声波换能器3至关联的超声波反射体4，并且第二直子段从关联的超声波反射体4至

其超声波换能器对2的第二超声波换能器3。这些超声波换能器对2中的每个都与关联的超声波反射体4位于一平面内，该平面具有离测量管轴线的预定间距。同样地，各V形信号路径5的两个直子段位于这些这样的5个平面内，5个V形信号路径5在这5个平面延伸，并且5个平面在测量管内彼此平行地延伸。

[0048] 图2提供一种本发明的超声波流量测量装置的极其简化的操作模型。所示的是测量管1和第一信号路径6。为了清楚明了，已经省略了超声波换能器(发射器和/或接收器)和反射面的指示。相反，作为简化，仅示出第一信号路径6和测量管1在换能器和反射体有效位置处的交叉。因而，第一发射器8沿第一直子段16在第一反射面12的方向发射第一信号路径6上的声学信号。在第一反射面12上，沿第二直子段17朝向第二反射面13反射第一信号路径6上的声学信号，最终在第一信号路径6的第三直子段18上朝着第一接收器10反射声学信号。在该情况下，第一发射器8位于垂直于测量管轴线22的第一平面内。第一反射面12位于垂直于测量管轴线22的第二平面内。第二反射面13位于垂直于测量管轴线22的第三平面内，并且第一接收器10位于垂直于测量管轴线22的第四平面内。为了简化，概略绘出这些平面。然而，示出的是它们与测量管1的交叉的圆，在这些交叉的圆上，分别布置第一发射器8、第一接收器10、第一反射面12和第二反射面13，在该模型中，这里分别是第一信号路径6与测量管1的交叉。4个平行平面彼此之间具有预定距离。因而，第一子段16具有投影在测量管轴线22上的第一长度，其值不等于0，同样，第二和第三子段17和18分别具有投影在测量管轴线22上的第二和第三长度，其对应于平面的间距。

[0049] 在图3中示出投影在测量管轴线22上的子段的长度，这是通过测量管1的纵截面图。第一信号路径上的声学信号在第一发射器8和第一接收器10之间经历两次反射，即第一次在第一反射面12上，第二次在第二反射面13上。因而，能够将第一信号路径分为三个直子段16、17和18。这些直子段中的每个都具有投影在测量管轴线22上的长度。在实施例的该示例中，这些长度的值始终不等于0。第一直子段16具有第一长度23，第二子段17具有第二长度24，并且第三直子段18具有第三长度25，都是在测量管轴线22上投影的长度。

[0050] 根据本发明，这些长度23、24和25的值取决于各直子段16、17和18与测量管轴线22的相应间距。这里，第一长度23的第一值大于第二长度24的第二值，后者继而大于第三长度25的第三值。

[0051] 图4示出每个子段16、17和18与测量管轴线22的间距26、27和28。第一信号路径在第一发射器8和第一反射面12之间的第一直子段16具有离测量管轴线的第一间距26。第一信号路径在第一反射面12和第二反射面13之间的第二直子段17具有离测量管轴线的第二间距27。第一信号路径在第二反射面13和第一接收器10之间的第三直子段18具有离测量管轴线的第三间距28。按常规，通过各直子段与测量管轴线22相交的法线测量距离26、27、28。

[0052] 在实施例的该示例中，所有这些距离26、27和28都具有不等于0的值。然而，一种选择可以是一个或多个直子段与测量管轴线相交叉。这里，距离26、27和28的值大小不同。这里，第一距离26的第一值小于第二间距27的第二值，后者继而小于第三距离28的第三值。诸如参考图3解释的，间距值产生子段投影在测量管轴线22上的长度的不同大小值。

[0053] 在实施例的先前示例中，第一信号路径的所有子段都具有投影在测量管轴线上的非0的长度。然而，也能够这样制造本发明的超声波流量测量装置，其具有投影在测量管轴线22上的长度值等于0的第一信号路径的一个或多个子段。图7示出这样的本发明的超声波

流量测量装置之一的透视图、纵截面图和横截面图。

[0054] 然而，首先将基于图5更详细地描述本发明的测量方法。图5示出测量管1的横截面图。两条直线与绕测量管轴线22的半径d1和d2的圆周相交，测量管轴线指向该图的平面中。此外，这些直线在点8、10和12处与测量管1相交叉，这里，点8、10和12也代表第一发射器8、第一接收器10和第一反射面12。这些点限定了与直线重合的第一直子段16和第二直子段17。因而，第一直子段16具有离测量管轴线的间距值d1，并且第二直子段17具有离测量管轴线的间距值d2，其中在实施例的该示例中，d1大于d2。直子段16和17的每个都位于平行于测量管轴线的平面内。两个平面都同样延伸到该图的平面中，并且因此仅由两条线示出。

[0055] 与诸如图1中所示的多路径超声波流量测量装置相比，现在将描述类似之处和差别。图1的多路径超声波流量测量装置的个别信号路径(也称为测量路径)位于彼此平行并且平行于测量管轴线的平面内，并且在每种情况下，都与测量管轴线相距特定距离。第一信号路径的子段也位于平行于测量管轴线的平面内，然而，这些平面在第一反射面的区域中相交。因而，能够仅以单一信号路径绘出通过测量管的两条割线。

[0056] 利用行程时间差方法，测量流经测量管的流体的流速。流体的流动剖面依赖于流速和流体的粘性等等。为了在多路径超声波流量测量装置的情况下记录流量，利用多条测量路径测量和考虑多个测量管位置处的若干流速，以尽可能精确地记录流动剖面。现在，本发明允许近似地并且同样地记录流动剖面，但是所需要的作为发射器和/或接收器的超声波换能器数目需要更少。

[0057] 第一发射器8把声学信号在第一信号路径上发射至第一接收器10，其中从第一发射器至第一接收器的第一信号路径上的声学信号在第一反射面12上被反射经过测量管，使得声学信号沿第一直子段16和第二直子段17在第一信号路径上传播经过测量管，其中第一直子段16具有离测量管轴线22的第一间距d1，并且其中第二直子段17具有离测量管轴线22的第二间距d2。

[0058] 图6示出具有两条信号路径、因而具有两组发射器和接收器的本发明的超声波流量测量装置。除了第一发射器8和第一接收器10之外，现在还存在被布置在测量管1的孔体内的第二发射器9和第二接收器11。第一信号路径的信号从第一发射器8到达第一反射面12，在第一反射面12处，信号被反射至第二反射面13，并且继而在第二反射面13信号被反射至第一接收器10。类似地，声学信号沿第二信号路径，从第二发射器9通过第三反射面14和第四反射面15运动至第二接收器11。在第一发射器8和第一反射面12之间布置第一信号路径的第一直子段16。在第一反射面12和第二反射面13之间，声学信号沿第一信号路径的第二直子段17运动。最后，第二反射面13和第一接收器9界定第一信号路径的第三直子段18。在第二信号路径的情况下存在相同行为：第二信号路径的第一直子段19位于第二发射器9和第三反射面14之间；第二信号路径的第二直子段20位于第三反射面14和第四反射面15之间；第二信号路径的第三直子段21位于第四反射面15和第二接收器11之间。作为超声波换能器，所有的发射器和接收器8-11都可发射器和接收器来操作。所有的反射面12-15都被布置在测量管1中。在每种情况下，它们都具有表面法线(未示出)，该表面法线不垂直于测量管轴线22。第一信号路径和第二信号路径绕测量管轴线螺旋式延伸，并且在测量管轴线中彼此作为镜像。测量管轴线22位于镜平面中。因此，关于第一信号路径的所有陈述都同样地对第二信号路径有效。

[0059] 在非旋转对称流动剖面的情况下和/或尤其是在绕测量管轴线螺旋式延伸的流动情况下，这种布置提供了优点。如果流动具有带切向延伸至测量管壁的、并且垂直于测量管轴线的方向分量的流动剖面，则绕测量管轴线延伸的单一螺旋信号路径就将以这些方向分量来延伸或者与其相反地延伸，这可导致测量误差。利用与螺旋式绕测量管轴线的第一信号路径相反延伸的、并且进入具有相同权重的流动计算的第二信号路径来消除该误差。下一幅图提供该解决方案的替换方式。

[0060] 第一信号路径的第一直子段与测量管轴线的第一间距26不等于0，并且不等于第一信号路径的第二直子段与测量管轴线的第二间距27，该第二间距同样也不等于0，并且不等于第一信号路径的第三直子段离测量管轴线的第三间距28，该第三间距28同样不等于0，并且不等于第一信号路径的第一直子段与测量管轴线的第一间距26。

[0061] 由于不存在第一信号路径的与测量管轴线相同间距的多条直子段，所以对直子段投影在测量管轴线上的第一信号路径的长度值求和是不恰当的。这里，投影在测量管轴线上的第一信号路径的第一直子段的长度的第一值不等于0，并且不等于投影在测量管轴线上的第一信号路径的第二直子段的长度的第二值，并且第一信号路径的第二直子段的长度的第二值不等于0，并且不等于投影在测量管轴线上的第一信号路径的第三直子段的长度的第三值，并且第一信号路径的第三直子段的长度的第三值不等于0，并且不等于投影在测量管轴线上的第一信号路径的第一直子段的第一长度的第一值。为了清晰明了，未示出这些长度。它们具有预定值，根据直子段的相应间距，通过预定计算公式确定这些预定值。这里，它们对应于可比较的多路径超声波流量测量装置的归一化权重系数。通过下列方法步骤获得这些值：

[0062] 首先发生第一信号路径的与测量管轴线的距离彼此不同的直子段的大于一的数量的选择。这与多路径测量装置的开发类似地发生。具有离测量管不同距离的第一信号路径的测量路径或子段越多，第一信号路径的测量路径或子段横越的流动剖面就越好，并且能够越精确地确定流量。因为根据行程时间差原理测量流速并且推断测量管横截面中的流量，尤其是体积流量，并且能够在更多条测量路径上平均该流量。在本发明的超声波流量测量装置的情况下，与多路径测量装置的情况不同，必需考虑来自反射的信号损失，并且在给定情况下必需考虑由管波的干扰，这是通过测量管发射的、例如从发射器至接收器的主体声波。在第一信号路径的子段太多的情况下，存在至接收器的信号路径上的声学信号的信号能量太小的危险。因而，这提出在可用信号能量和精确性之间优化的问题。

[0063] 然后，确定直子段与测量管轴线之间的距离。例如，这通过经适当方法，诸如Gauss-Jacobi方法计算而发生，或者通过简单地从表格，诸如上文Tresch、Staubli和Gruber的论文中所示的表格读取而发生。

[0064] 在第三方法步骤中，根据具有离测量管轴线的相同间距的直子段的数目和离测量管轴线的相应间距，确定直子段的长度值，这里是通过根据预定计算公式，这里例如通过Gauss-Jacobi方法，对于流量测量的多路径超声波流量测量装置的测量路径，根据测量路径离测量管轴线的距离，确定用于测量路径的权重系数，测量路径离测量管轴线的距离等同于直子段的这种距离。在示出的实施例中，逻辑上不需要将权重系数除以具有离测量管轴线相同间距的测量路径的数目。例如在此，如果通过Gauss-Jacobi方法计算或从表格读取权重系数，则能够以预定归一化系数$k_i=\sqrt{1-(d_i/D)^2}$对其进行归一化，其中d_i代表子段相应

为测量路径离测量管轴线的距离，并且D代表测量管的直径。仅当还未通过本发明所需的方式确定权重系数时，需要归一化。本发明解决了对具有几何上离测量管轴线不同间距的测量路径或子段确定权重从而确定流量的问题。除了确定权重之外，还要考虑的是测量路径的投影长度值和它们离测量管轴线的距离。Gauss-Jacobi方法基于下列假设，即所有的测量路径都在测量管中以关于测量管轴线所位于的一平面的相同角度延伸，并且该平面垂直于各测量路径所位于的平面延伸。此外，测量管具有圆形横截面。因此，各测量路径离测量管轴线的距离导致它们在测量管轴线上的投影长度。相应地必须精确地利用测量管轴线上的这些投影长度对权重系数进行归一化。由于在给定情况下，两条测量路径具有离测量管轴线的相同间距，并且因而在流量确定中，利用相同权重系数考虑两次，仍必须将流量测量装置的相应子段的投影长度的所获得值除以2。因而在归一化中自然要考虑测量路径的数目。

[0065] 然后，通过相应所提供数目的直子段中的结果除以离所述测量管轴线的所述相同距离，确定具有离测量管轴线相同距离的直子段的长度的值。在此也能够省略该步骤。

[0066] 现在，如果确定了子段的数目、它们离测量管轴线的距离和它们在测量管轴线上的投影长度，则在测量管中应用反射面，使得从第一发射器至第一接收器的路径上的声学信号在反射面上反射，以使具有这样距离和所计算的投影在测量管轴线上的长度值的对应直子段增多。

[0067] 如果信号路径的许多子段都具有离测量管轴线的相同距离，则自然就必须匹配它们投影在测量管轴线上的长度的值。在给定情况下，它们之和必须与归一化权重系数成比例。

[0068] 第一间距选择得小于第二间距，后者继而小于第三间距。这里，该实施例中的值如下，第一信号路径的第一子段的投影长度的第一值大于投影在测量管轴线上的第一信号路径的第二子段的长度的第二值，后者继而大于投影在测量管轴线上的第一信号路径的第三子段的长度的第三值。在每种情况下，第一、第二和第三子段都在测量管中彼此偏斜地延伸。自然也能够在测量管中提供其他反射面，第一和/或第二声学信号路径的声学信号和/或多个声学信号在该反射面上反射。不是绝对要求这些反射面具有不垂直于测量管轴线的表面法线。同样地，声学信号能够在测量管中延伸的、分段垂直于测量管轴线的信号路径上传播，在该情况下，这种子段在测量管轴线上的投影长度值为0。然而，沿该子段的信号路径无助于通过行程时间差方法测量流量，而是例如在确定声速时使用。为了补偿扭曲效应，在此也能够提供两个相对延伸的子段。对于该时间点，示出表现离测量管的间距不等于0的子段；然而，这不是本发明的特征。同样地，也不绝对需要通过Gauss-Jacobi或OWICS方法计算所述权重系数。如果已知用于映射测量管中的流动条件的其它计算权重系数的方法，则这些方法也同样适用于本发明。在一些情况下，必须考虑的是测量路径的投影长度的值，以及它们离测量管轴线的距离。

[0069] 图7示出本发明的另一实施例。通过第一发射器8，将沿第一信号路径6的声学信号辐射到测量管中，该声学信号具有垂直于测量管轴线的方向向量。在也具有垂直于测量管轴线的方向向量的声学信号撞击第一接收器之前，声学信号沿至第一接收器10的路径，在5个反射面上反射，在每种情况下反射一次。发射器8和接收器10可布置在测量管1的外部，例如在其外壁上。因而，这涉及一种夹合式型超声波流量测量装置。根据沿第一信号路径的信

号引导类型，将明白其他优点。因而，例如当辐射垂直地进入时，就不存在通常的夹合式系统情况下的入射角度的温度和/或介质依赖性的已知问题。

[0070] 如已经结合实施例的其他示例解释的，首先由发射器向接收器发送声学信号，然后该声学信号从接收器到达发射器，以获得行程时间差，并且最终以已知方式确定通过测量管的流量。

[0071] 参考标记列表

[0072] 1 测量管

[0073] 2 超声波换能器对

[0074] 3 超声波换能器

[0075] 4 超声波反射体

[0076] 5 V形信号路径

[0077] 6 第一信号路径

[0078] 7 第二信号路径

[0079] 8 第一发射器

[0080] 9 第二发射器

[0081] 10 第一接收器

[0082] 11 第二接收器

[0083] 12 第一反射面

[0084] 13 第二反射面

[0085] 14 第三反射面

[0086] 15 第四反射面

[0087] 16 第一信号路径的第一直子段

[0088] 17 第一信号路径的第二直子段

[0089] 18 第一信号路径的第三直子段

[0090] 19 第二信号路径的第一直子段

[0091] 20 第二信号路径的第二直子段

[0092] 21 第二信号路径的第三直子段

[0093] 22 测量管轴线

[0094] 23 第一信号路径的第一直子段投影在测量管轴线上的长度

[0095] 24 第一信号路径的第二直子段投影在测量管轴线上的长度

[0096] 25 第一信号路径的第三直子段投影在测量管轴线上的长度

[0097] 26 第一信号路径的第一直子段与测量管轴线的间距

[0098] 27 第一信号路径的第三直子段与测量管轴线的间距

[0099] 28 第一信号路径的第二直子段与测量管轴线的间距

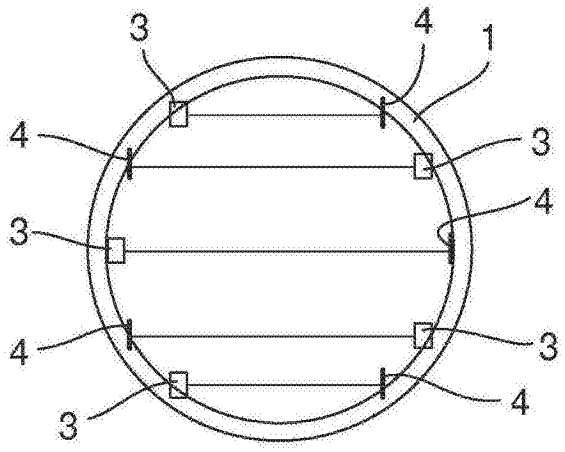


图1a

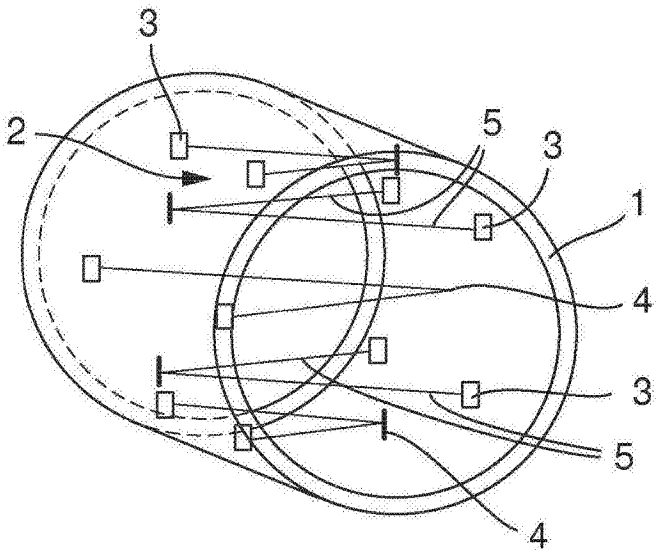


图1b

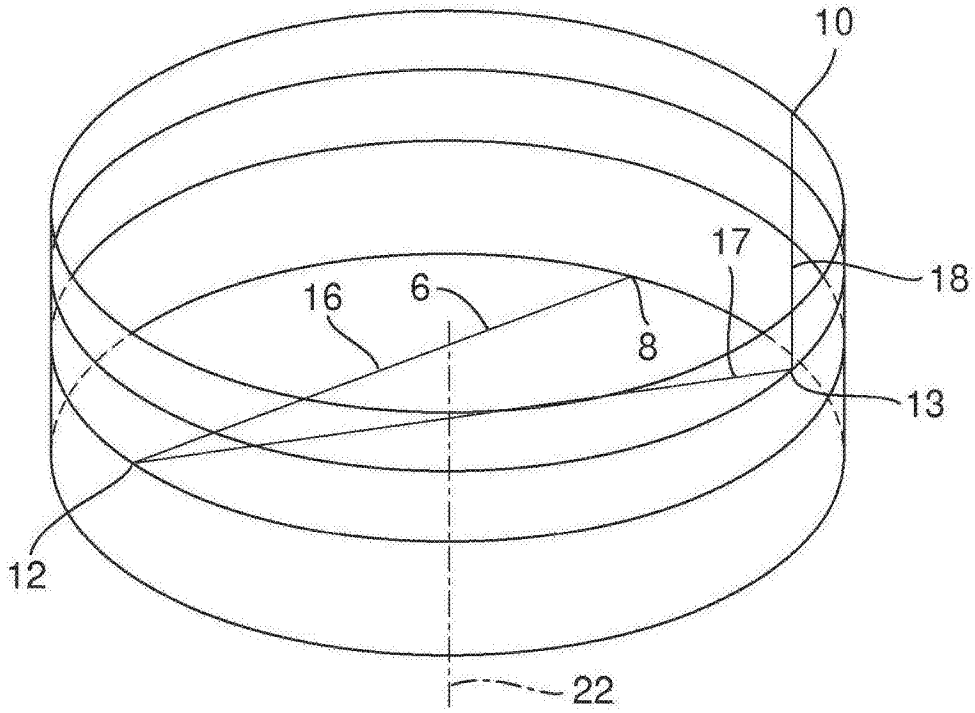


图2

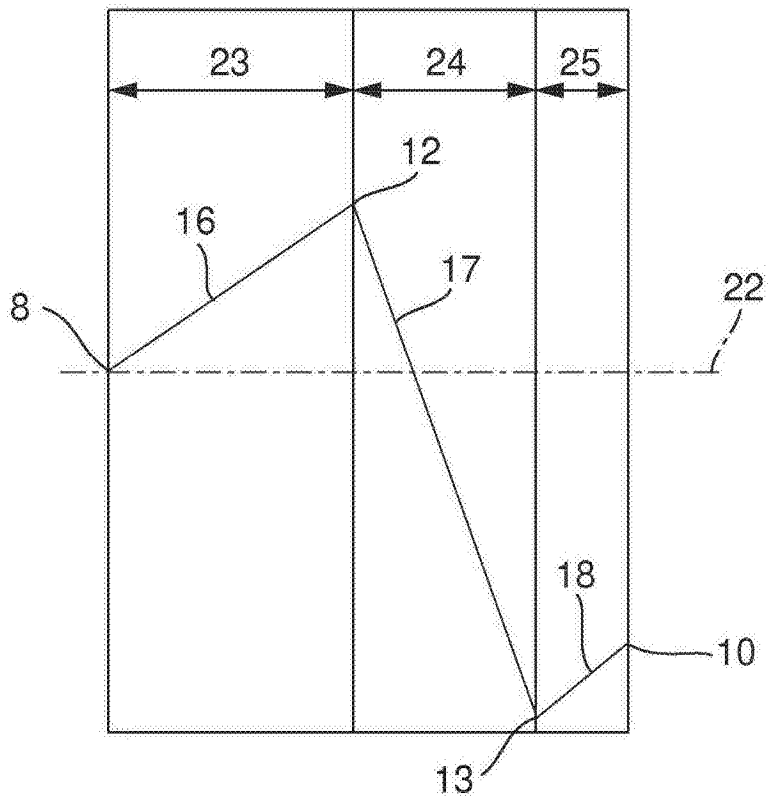


图3

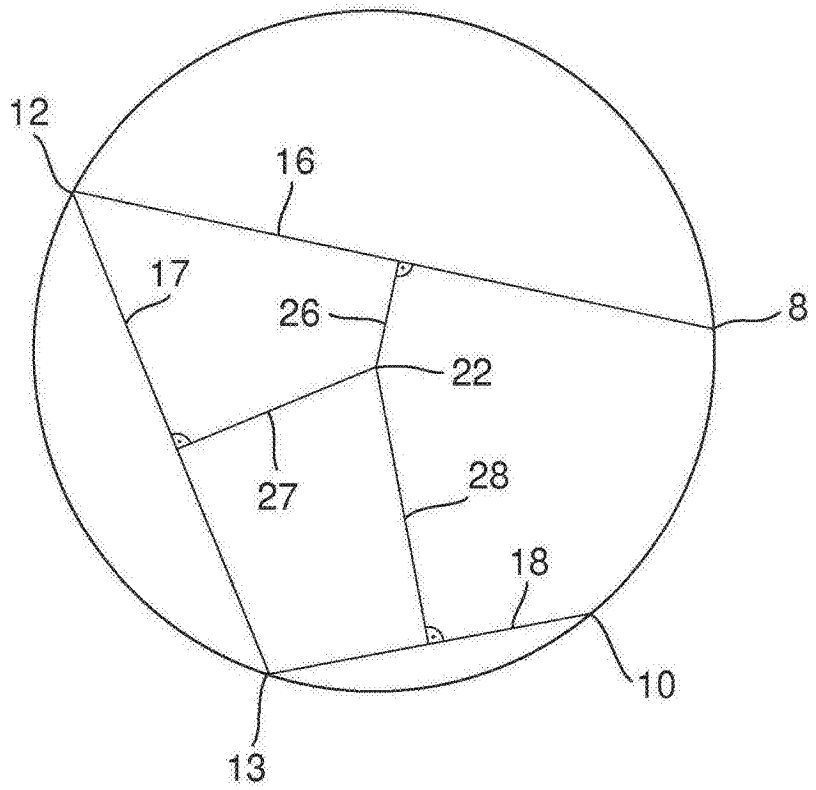


图4

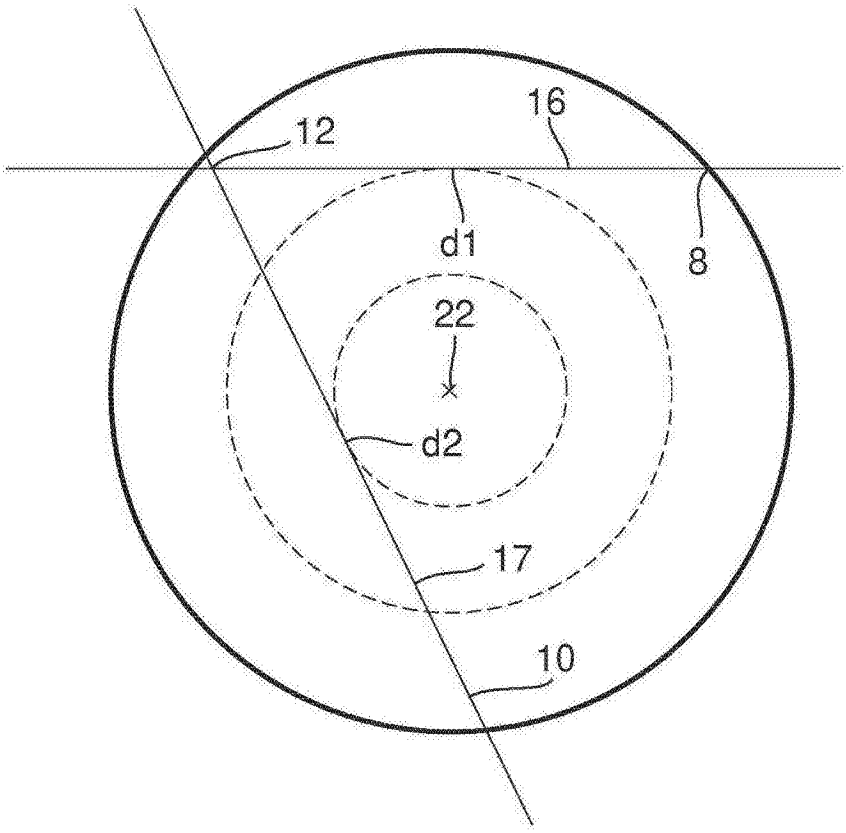


图5

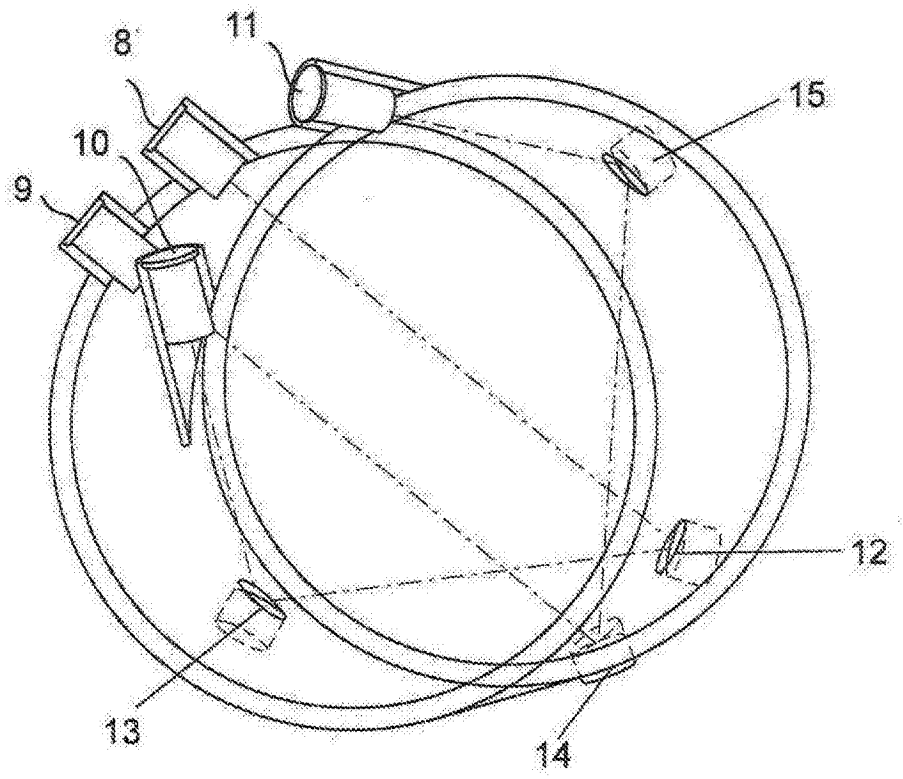


图6

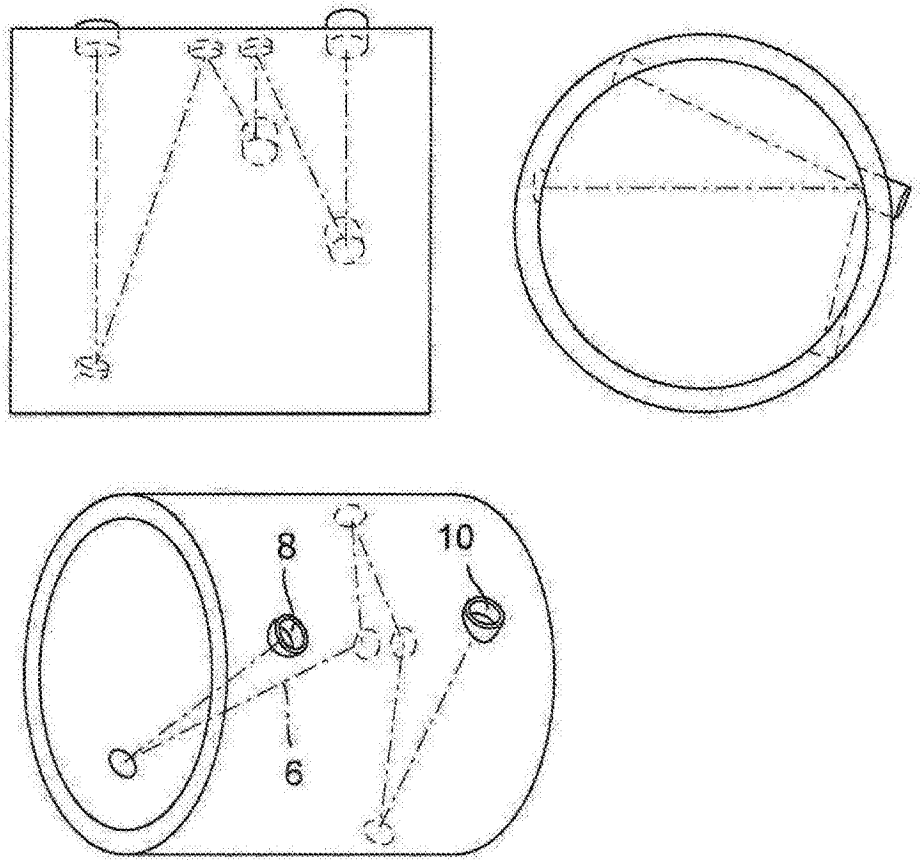


图7