测量极近距离的气介式超声波传感器

曹锡安
（上海工业自动化仪表研究所）

气介式超声波传感器，由于能够方便地测量距离常作为几十厘米到数米甚至数十米范围的测距器和阻障物检测器，在工业领域里以及其他一些领域里正越来越被广泛地应用着。近来随着自动聚焦照相机，机器人等的发展，对传感器提出了高性能化和信息处理简单化等要求。在这样的形势下，对于气介式超声波传感器提出了要可以测距仅 1 厘米程度的极近距离，而且要有 1 毫米以下的测量精度，或者作为简便的视觉传感器要具有形状认识功能等。

国外由于新材料的开发，出现了与以往的压电陶瓷弯曲振动传感器及电容型的气介式超声波传感器不同的超声波传感器，它能效率较高地发收 1 兆赫频率的超声波，可以测量极近的距离。

本文介绍有关原理，特性和几个应用例子。

一、原　　理

（1）构造

为了可以测量极近的距离，並且达到 1 毫米以下的测量精度，必须能产生极短的超声波脉冲。应用了如图 1(a)(b) 所用的厚度振动模式的压电陶瓷传感器，在其正面设置了两层声匹配层。中心频率由压电片的厚度决定，例如 2 毫米厚度可以发收 1 兆赫，1 毫米厚度可以发收 2 兆赫的超声波。

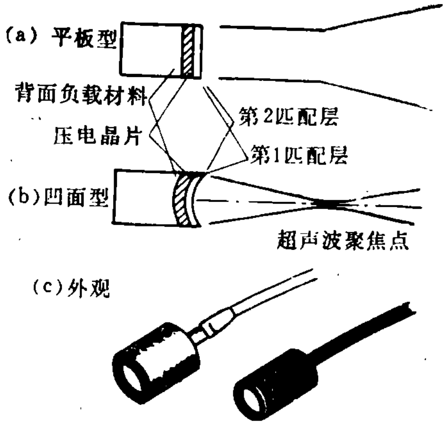

图 1　近程超声波传感器构造图

声匹配层是为了使传感器将电信号变换成超声波信号后，较好地向空中发射和接收从空中来的反射超声波信号而设计的。特别是第二声匹配层中用了新开发的声阻抗非常小的材料。例如，比重非常小的微少中空球和硅橡胶的混合体。各个声匹配层为 1/4 波长厚度。在构造上的其他特征是：由于凹面传感器的采用，使超声波束的集束成为可能。利用极细的超声波束，微小物体的检测就成为可能的了。

图 1（c）中显示了已试制成的超声波传感器的外观图。

（2）特性

这里将新开发的超声波传感器的特性与别的传感器做一比较。

图 2 是将这种超声波传感器兼做发收时，用其损耗特性 IL 的实测值表示该传感器灵敏度。曲线 1 是代表没有声匹配层的场合其 IL 约为 81 分贝。曲线 1 是将声阻抗为 9×10^5Ns/m^3（牛顿秒/米^3）的硅橡胶作为单层匹配层的情况，其 IL 可提高到约43dB，但这时传感器的频带宽度变狭了，脉冲激励

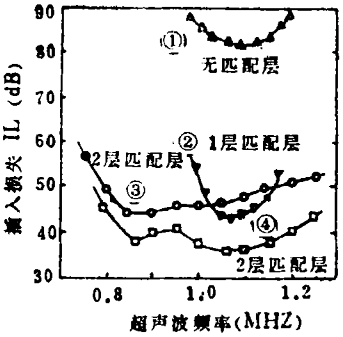

图 2　各种超声波传感器的插入损失测定结果

时的响应特性变坏，测距精度变差了。曲线3是将新开发的声匹配层(声阻抗＝3.1×10^{6}) Ns/m^{3}，声速＝450m/S) 用作第2匹配层，即双匹配层构造的情况，IL 约 44 分贝，与曲线 2 代表的情况接近，但这时传感器的频带宽度却扩大了约35％。曲线 4 是将声阻抗为 2.4×10^{6}Ns/m^{3} 的发泡性高分子薄膜用作第二匹配层的情况，其 IL 比曲线 3 又进一步提高了约10 分贝，但可以看到该曲线在中心频率附近有较大的波动，显然这将使脉冲响应特性稍许变差。

二、有关应用方面的讨论和应用举例

(1)可测距离的讨论

①最近距离的测量界限

在以同一个超声波传感器进行发射和接收时，可测距离就由发射激励波形的收尾部份和接收波脉冲电平的关系决定。超声波传感器的脉冲响应波形好，发射信号的收尾部份短，就可能测量较短的距离。在极近的距离时，接收波电平由超声波传感器以脉冲激励的 IL 所决定，比图 2 中所示值稍许差一些。图 2 中曲3线所示的超声波传感器的 IL 约50分贝，发射信号下降到原幅度的－50分贝的时间间隔约30微秒，为此超声波传感器可测的最近距离约为 5 毫米。如果用两个超声波传感器分别作发射和接收，那么这个距离还可以进一步缩短。

②远距离测量界限

超声波在空气中传播时，由于空气对超声波的吸收和超声波束的扩散而引起的衰减以及由于目标物的反射损失而引起接收电平减小。常用超声波传感器的动态幅度来规定最小接收灵敏度，远距离界限 Lmax 可用下式来表示。

$$2\text{Lmax}=\frac{\text{DR}-\text{IL}-\text{反射损失}-\text{扩散损失}}{\text{空气的超声波吸收率}}$$

(2)　测距离

气介式超声波传感器最基本的是用于测距器。图 3 表示了它的基本方框图。DGC是补偿空气中超声波衰减的放大器。利用从发射波至接收波所经过的时间来测距离，10厘米时测量精度约 ±0.2 毫米，测距范围为 0.5～20 厘米。如果应用的环境有明显的温度变化，会引起声速变化约 0.18％/℃，这一点不能疏忽，必须予以修正。

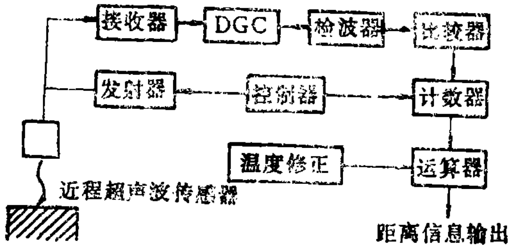

图 3　利用超声波传感器的测距器的基本构造图

(3)　有台阶的目标

图 4 (a) 是针对板的重叠部份，即被测物有台阶的情况，用凹面型超声波传感器十分合适。图 4(b) 表示横向扫描台阶时接收波信号电平的变化，图4(c)是表示波形。从图 4(b) 可以看出，台阶部份的位置能以0.5毫米以内的精度被检测出来。在图4(c)的 B 点得到的二个反射波形是分别从上台阶和下台阶来的信号，这两个面之间的距离分辨率相当于 1.5 毫米。利用扫描的方法，並假设有

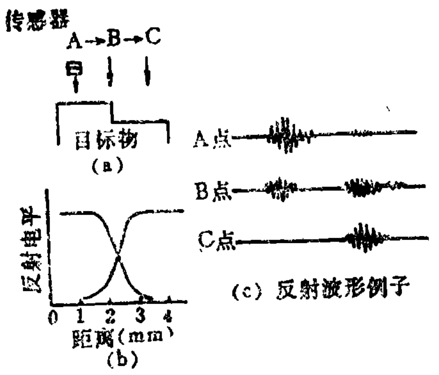

图 4　针对有台阶差的目标物的反射特性

这种时间差的两个信号的强度为一定值时，就可以检测重叠板的焊接线之类的物体。

（4）　针对布和纤维的应用例

在空气中1兆赫超声波的波长是 0.34 毫米，这样即使面对低频超声波传感器也难以检测的布和纤维，也能适用。

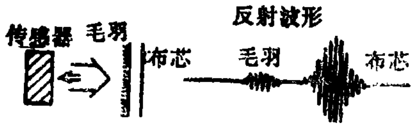

图 5　利用超声波反射法观察毛羽和布芯

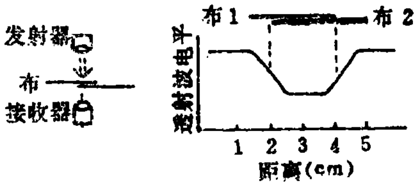

图 6　利用超声波透射法检测布重叠的位置

图 5 是从表面有毛羽的布上反射的波形毛羽和布芯可以分离开来观察。图 6 是利用透射波检测布的重叠位置的例子。这样，布一旦重叠，超声波透射就减少，由于减少率与重叠层数有关，故可以用来测定布的层数

以上介绍了几种新开发的近程超声波传感器应用例子，确信今后这种近程超声波传感器的性能会更加优异，应用范围将进一步扩大。

参考文献

星野勉等：至近距离的超音波传感器
“乜二卄技术” V01.5 NO.2 P91—94 (1985)

（上接第 54 页）

(f)所示，用右手弹4—37 到 4—48 键中某个选定的键如图 5(b) (c)所示，这样用图 5 所示乐谱中的各个音调在音乐发生器连续中产生。此外有选择地按 4—37 到 4—48 键，乐音在扬声器内产生前其音量就得到控制。

结束语：根据这种电路的结构可知划十二个键作为阅读键的位置是任意的，甚至可划出六个键为阅读键。另外可以把存在类似磁卡，磁带，RAM 组件。条形码存储器内的音符码转接到内存储器31，或者扩充内储器31的容量。也可以分别为伴奏和旋律各设置一个存储器用各自划定的阅读键按规定的节奏来读出，作些小改动是十分方便的。

马智龙　编译自美国专利 4361067

谢云波　校