

PVDF 超声换能器的研制和测试

陈兆华 王耀俊 王子诚

(南京大学声学研究所)

本文报导了工作频率大于1兆赫的PVDF压电薄膜发射换能器和带有MOS电路的PVDF压电薄膜接收换能器的试制性能。对不同材料的前后衬, PVDF层数对发射接收灵敏度和频率响应的影响作了讨论。

一、前 言

随着超声应用的迅速扩大,对具有优良性能的超声换能器的研究显得十分必要。至今具有各种优点的超声换能器不断问世,其中以PVDF压电薄膜换能器以它优良性能赢得了国内外科学家的注目^[1]。早在1979年, R. G. Swartz等^[2]发表了有关半导体MOS集成电路和PVDF薄膜组成换能器阵列的文章,其中报导了MOS管前置放大电路、压电换能器的匹配和组合的进展。

从理论和实验都证实PVDF压电材料具有独特的性能,适合于制成超声换能器和换能器阵列^[3]。该换能器可应用于无损检测和生物组织的超声特性的测试^[4]。并有可能开拓新的应用领域。

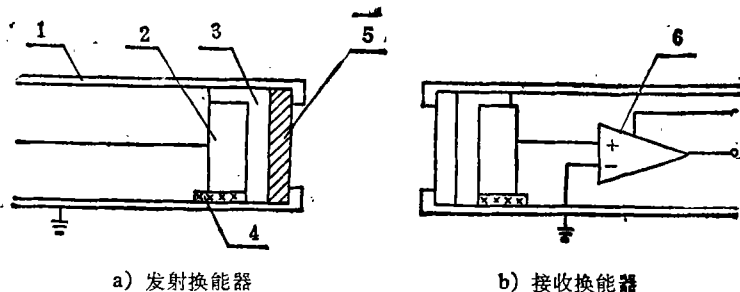
本文报导了工作频率大于1MHz的PVDF

压电薄膜发射换能器和带有MOS电路的PVDF压电薄膜接收换能器的试制性能。对不同材料的前后衬和PVDF膜的层数对发射、接收换能器的灵敏度和频率响应的影响作了研究。

二、PVDF 压电薄膜超声 发射、接收换能器结构

我们试制的PVDF发射、接收超声换能器探头结构,如图1所示,内径为0.8cm,长2.5cm的铜圆柱筒为换能器的外壳, PVDF压电膜的厚度为25 μ m,膜的两面镀有很薄的铝电极。PVDF膜的前后都具有背衬材料。

试制中分别用铜片或有机玻璃片作后衬。后衬铜片又可作换能器的一个电极。但当有机玻璃片作后衬时,必须用铜铂引出一个电极。前衬也是铜铂或塑料薄膜。当该换



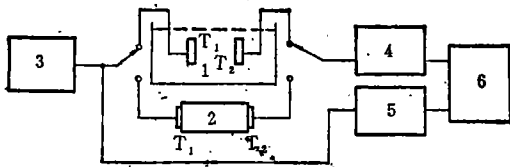
a) 发射换能器
b) 接收换能器
1.铜外壳; 2.后衬; 3.PVDF膜; 4.缘绝层; 5.前衬; 6.MOS放大器

图1 PVDF压电薄膜发射、接收超声换能器结构图

能器用液体作为负载媒质时,前衬还可以起到保护 PVDF 薄膜的铝电极的作用,前、后衬和 PVDF 之间要有很好的声耦合。

三、PVDF 超声换能器的测试装置

PVDF 超声换能器测试装置的方框图如图 2。测试仪器系日本帝通研究所生产的 UAC-77 型超声谱仪,其输出幅度、载波频率、脉冲宽度和重复周期等都连续可调。接收机中包含宽带和选频放大器,增益也连续可调。



1.水槽 2.熔石英 3.UAC-77 发生器 4.UAC-77 接收器 5.衰减器 6.1T15A 双踪示波器
T₁.发射换能器 T₂.接收换能器

图 2 PVDF 发射、接收超声换能器性能的测试方框图

为了测试 PVDF 发射和接收超声换能器的相对频率响应,我们测量在不同频率下分别来自 UAC-77 型接收器和衰减器的电信号,实验中发射换能器和接收换能器靠得很近,可略去样品中的超声衰减。当然,用这种对比测量法确定发射和接收换能器的频率响应时,还必须考虑接收器和 MOS 放大器的频率特性。

四、实验结果和讨论

图 3 表示了 PVDF 压电薄膜超声换能器在以熔石英为传声媒质时输出电压随频率的变化关系(输入电压保持不变)。虽然我们未计及放大器的增益和熔石英中声传播损耗,但输出电压随频率的变化可定性地说

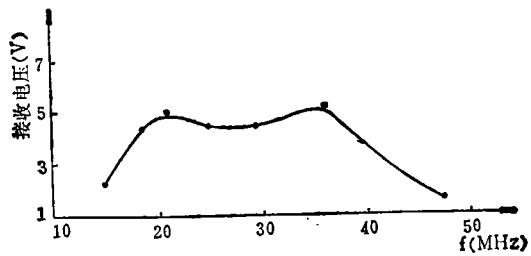
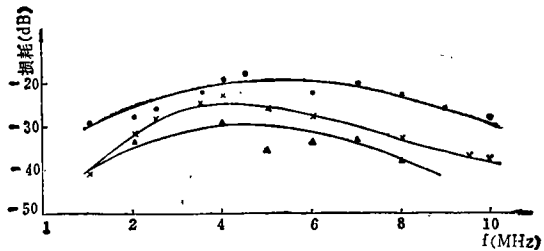


图 3 以熔石英为传声媒质、单层 PVDF 换能器的输出电压与频率的关系



(.)——负载媒质为水,铜片为后背衬材料,发射换能器由三层 PVDF 组成,接收换能器由二层 PVDF 组成。
(x)——负载媒质为水,有机玻璃为发射换能器后背衬,铜片为接收换能器后背衬。发射、接收换能器都由 PVDF 薄膜组成。
(▲)——负载媒质为水,铜片为后背衬材料,发射换能器由四层 PVDF 组成,接收换能器由三层 PVDF 组成。

图 4 PVDF 超声换能器的相对频率响应曲线

PVDF 压电薄膜超声换能器的宽带特性。从测量可知,单层 PVDF 作发射、接收换能器时效率较低,但工作频率较高。

试制 PVDF 超声换能器时,我们更多的是以水作为传声媒质。为了提高 PVDF 压电换能器的灵敏度,适当采用多层薄膜结构。我们还选用了不同的后衬材料。从反复实验中得知,不同的层数和不同后衬材料对换能器频率响应有很大影响。对于一定的接收换能器,我们改变发射换能器中 PVDF 膜的层数;对一定的发射换能器改变接收换能器的薄膜层数;对于分别用铜片和有机玻璃片作后衬的接收换能器以及铜片作后衬的发射换能器,我们作了一系列测量对比。换能器相对响应曲线示于图 4。

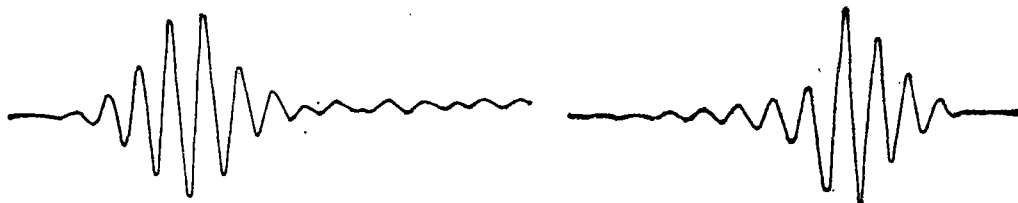


图5 向PVDF换能器的输入电信号(a)及由换能器的输出电信号(b)

由于PVDF超声换能器具有宽带特性,它们非常适合于超声测量中的脉冲重叠技术。我们知道,用脉冲重叠技术精确测量媒质中的声速时,希望通过媒质后的脉冲信号形状尽可能保持不变。PVDF超声换能器具备了这种性能。图5(a)为PVDF换能器的输入电信号波形,而图5(b)为PVDF换能器的输出电信号波形。两者几乎完全一致。换能器的这种性能在超声频谱测量技术中也是十分重要的。

五、结 语

用PVDF压电薄膜制成的发射、接收超声换能器具有宽频带、高灵敏度的特点。该换能器的频率响应与其后衬的声阻抗、PVDF膜的厚度和层数密切相关。例如,在我们试制的条件下,用铜片作后衬,由三层PVDF

(上接第43页)

时间增加和波前陡直。陡的波前可以认为是高频畸变成分的产生。由于吸收随频率增加,非线性波中能量衰减更快。

压强脉冲的时间延长对高能量的脉冲有着十分引人注目的影响。例如,雷鸣闪电在经过1公里的大气传播后,基本频率从1.5 KHz移到100Hz。

至此,已经讨论了影响声波在大气中传

膜组成发射换能器,由二层PVDF膜组成接收换能器共同使用时,频率响应和灵敏度最佳。

兵器部53所为本实验提供了性能良好的PVDF压电薄膜,我所冯若副教授对本工作给予关心和帮助,在此,向他们致以衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] Platte, M., *Acustica* 54(1983)23
- [2] Swartz, R. G., Plummer, J. D., *IEEE Trans. ED-26*(1979)192
- [3] Sessler G. M., J. *Acoust. soc. Am.* 70(1981) 1596
- [4] 陈兆华,王耀俊,全国生物声学会议报告集(1983.4,西安)。
- [5] Chabachi, N., Sannomiya, T., 1977 *IEEE Ultrasonics symposium proceedings*, 119.
- [6] 王耀俊,陈兆华,王志强,第二届应用声学学术会议论文集(1984.重庆), 212。
- [7] 冯若,陈兆华,朱正亚,戴焕平, *声学学报* 10 (1985)No.5.285。

播的各种因素。理论结果与相应的实验测量数据相比较,两者相当一致。

声在大气中的传播涉及到许多物理问题。在过去几年中,大部分物理问题已经得到很好的解决。不过,还有一些问题,其中包括非常低频段的声波的传播,在这个频段中波的辐射损失和重力影响是重要的,需要进一步的研究。

(王佐民整理未经报告人阅稿)