

赖关系,能反映物质动力学的特性,因而当 SDS 溶液发生相变时其结构发生了明显的变化,它反映在非线形参量上出现了明显的拐点(相变点),相变点的温度与观察值一致。可见,非线性参量能反映物质结构的变化,还可能包含着材料特性的更多新信息。

参考文献

- 1 朱哲民,龚秀芬,鲁志劼,刘晓宙. 声学学报,1991;16(3):170~174
- 2 Nobuyuki Ichida, Takuso Sato. J. Acoustics, 1983;39(8):521~530
- 3 Z. M. Zhu, M. S. Roos, W. N. Cobb and K.

Jensen. J. Acoust. Soc. Am., 1983;74(5):1518~1521

- 4 鲁志劼,龚秀芬,朱哲民. 应用声学,1991;10(3):5~9
- 5 X. F. Gong, Z. M. Zhu, T. Shi and J. H. Huang. J. Acoust. Soc. Am., 1989;86:1
- 6 X. F. Gong, X. Z. Liu, D. Zhang et al. Chinese J. of Acoustics, 1993;12:265
- 7 J. Zhang, M. S. Kuhlenschmidt and F. Dunn. J. Acoust. Soc. Am., 1991;89(1):80~91
- 8 K. Yoshizumi, T. Sato and N. Ichida. J. Acoust. Soc. Am., 1987;82(1):302~305

压电换能器的声非线性*

倪以发 吴文虬 章德

(南京大学声学研究所 近代声学国家重点实验室 南京·210093)

1 引言

近几十年来,在许多领域中非线性效应的理论和应用得到了广泛的重视,如超声成像、声参量阵、无损检测等。这就要求在测量时,需排除系统本身产生的非线性、包括信号源的和声换能器的非线性。因此定量研究压电换能器的非线性,在声学非线性测量领域有重要的实际意义。D. Guyomar 曾经对 PZT Langevin 型换能器的非线性性质进行了测量^[1]。

我们对常用的换能器材料 LiNbO_3 晶体进行了研究。通过测量输入回路中的电流,对其进行谐波分析,以观察换能器本身所产生的非线性大小,即二次谐波信号与基波的振幅比。实验中 LiNbO_3 晶体的边界条件有 2 种,一是自由振动状态,即自由振子;二是压电换能器工作状态,即边缘固定,并带有辐射负载。同时与 Langevin 型换能器进行实验比较。

2 实验系统

我们的实验框图如图 1 所示。因为当换能器本身振动产生非线性时,将引起电流中的非线性谐波的产生。因此我们通过测量回路中的电流,对其进行谐波分析,就可以反映出换能器本身振动的非线性大小。框图中纯阻负载是用来测量低通滤波后出来的谐波,作为参考。

实验选用的样品是 z 方向切割的 LiNbO_3 单晶薄片,尺寸为 $8\text{mm} \times 10\text{mm} \times 0.911\text{mm}$,在上下两个

端面蒸镀一层铝膜作为电极,激发厚度振动模式,中心频率约为 4.02MHz 。图 2 和图 3 分别是带有水负

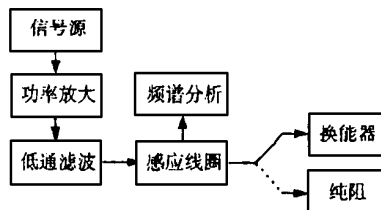


图 1 压电换能器的非线性测量系统框图

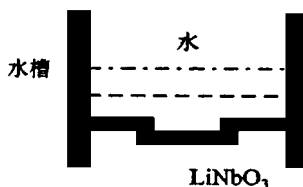


图 2 LiNbO_3 单晶片带水负载测试结构

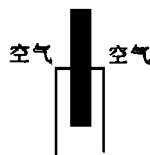


图 3 LiNbO_3 单晶片自由振子

载的 LiNbO_3 单晶片和自由振子 LiNbO_3 单晶片测试结构示意图。用于实验比较的 Langevin 型换能器

* 国家自然科学基金“八五”重点项目资助

是 PZT 材料组成的压电陶瓷,中心频率约 36.9kHz。

3 实验数据和分析

利用上述实验系统,我们分别对 LiNbO_3 晶体和

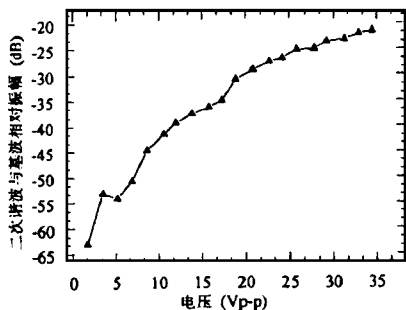


图 4 在不同输入信号电压下电流的二次谐波与基波之比(Langevin 型换能器)

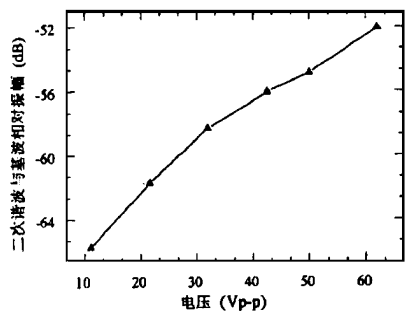


图 5 在不同输入信号电压下电流的二次谐波与基波之比(LiNbO_3 单晶自由振子)

Langevin 型换能器进行了测量,结果如图 4、图 5 所示。由图可见,Langevin 型换能器和 LiNbO_3 晶体的二次谐波都随输入电压而增加,Langevin 型换能器在输入信号电压峰-峰值 $V_{p-p} = 30\text{V}$ 左右时,二次谐波与基波之比为 -20dB 左右,与[1]中所给出的结果相似;而 LiNbO_3 晶体处于自由振动状态下,在输入信号 $V_{p-p} = 62\text{V}$ 时,二次谐波与基波之比小于 -52dB 。说明 LiNbO_3 晶体处于自由振动状态下本身的振动非线性比 Langevin 型换能器小得多,由图 4 和图 5 对比可知,在同样的较大输入电压下,可小一个数量级以上。且当输入电压改变时,Langevin 型换能器的共振频率发生偏移现象。 LiNbO_3 晶体这一效应并不明显。当 LiNbO_3 晶体处于换能器工作状态下,在输入电功率为 20W 左右时,二次谐波与基波之比小于 -65dB ,这说明在一般的测量中,由 LiNbO_3 晶体材料制作的换能器本身振动非线性可以忽略。另外,我们对 LiNbO_3 在自由振子状态下的非线性进行了理论计算,结果和实验相符。

在本工作的材料制备、测试设备及分析过程中得到了姜文华、林靖波、王顺娣等同志的帮助,在此表示感谢。

参考文献

- 1 D. Guyonar, N. Aurelle, C. Richard, P. Gonnard and L. Eyraud. Proc. of Ultrasonics Symposium, 1994; 925 ~ 928

多孔介质-弹性固体复合管中轴对称导波^①

杜光升 王耀俊 袁忆丰 乔文孝^②

(南京大学声学研究所 近代声学国家重点实验室 南京·210093)

1 引言

在管道运输工程中,随着使用时间的增长,管道内部经常结垢,其厚度不断变大,最后有可能导致管道阻塞,而结垢层通常为具有不同孔隙度的一类多孔介质。因此了解管内结垢层的厚度及孔隙度等参数在管道运输工程中倍受人们的关注。声导波检测技术具有快捷、方便和无损等特点,有可能用于管道结垢层的检测中。所以,人们必须知道柱状多孔复合结构中声导波的传播特性。本文的研究目的在于求

得这类复合结构中轴对称导波的相速度与多孔介质层的厚度和孔隙度等参数之间的关系。

2 理论

2.1 多孔介质的等效弹性模量

设结垢层这类多孔介质由固体骨架和填满孔隙的流体组成,骨架固体的体变模量、切变模量和密度分别为 K_m 、 μ_m 和 ρ_m ,孔隙内流体的体变模量和密度分别为 K_f 、 ρ_f , β 为孔隙度。按复合媒质简化模型^[1,2],多孔介质的等效体变模量 K_e 、等效切变模量

① 国家自然科学基金资助课题

② 通讯地址:石油大学(华东)资源系(山东,257062)