

电容传声器相位特性的测定

钱梦霖 方启文

(同济大学声学研究所)

一、引言

一个声信号都能同时提供振幅和相位这两个信息。在许多场合发现,相位检测往往比幅度检测更有效。例如,利用光声信号的相位信息来进行材料表面的无损检测、光声成象^[1]、测定材料的相变^[2]、测定材料的热导率^[3]等,比利用光声信号的幅值来检测更灵敏些。然而在这些测定中,往往忽略了传声器本身相位特性的影响。例如,利用光声效应测定薄膜材料的热导率时,是利用测定光声信号的相位 φ 与光调制频率 f 之间的 $\varphi \sim f$ 的直线斜率来得到的。显然,传声器本身的相位响应将直接影响材料的热导率的测量。所以必须探求一种测定传声器相位响应方法,以便正确地得出被测系统的相位特性,为此,本文建议采用静电激发器测定电容传声器的相位特性,再用自由场比较法来测定一般驻极体传声器等的相位特性,以满足光声检测和一般声学检测的需要。

二、电容传声器的相位特性

电容传声器的相位特性的检测系统如图1所示。一单频的电信号由拍频振荡器 BK 1027 输到传声器校准装置 BK 4119 和极化电压一起加到静电激发器 UA 0033,同时还输到频率计 E 312 作频率测定和输到相位计 BK 2971 作为参考信号。被测电容传声器 (BK 4133 或 BK 4134) 的信号经阴极输出器 BK 2619 输至测量放大器 BK 2610,再到相位计 BK 2971

的 B 端以测定它与电信号之间的相位差 $\varphi = \angle B - \angle A$ 。

从上述的测量过程可知,所得到的相位差 φ 中除了电容传声器本身的相移 φ_c 外,还包含有激发电路的相移 φ_e 和放大器电路的相移 φ_a , 所以,为了得到真正电容传声器的相位特性 φ_c , 必须对测得的相位 φ 作 φ_e 和 φ_a 的修正。

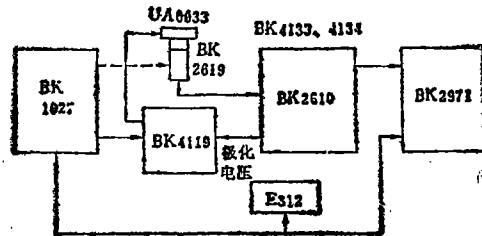


图1 电容传声器相位特性测量系统

1. 静电激发器电路的相位特性 φ_e

由于静电激发器与电容传声器膜片组成了一个电容 C_2 , 因此,当电信号施加到静电激发器上时,加在电容 C_2 上的电压 V_2 与原电信号 V_1 之间将有一个相移。

由拍频振荡器 1027 的输出阻抗 R_1 , 传声器校准装置 4119 中的隔直电容 C_1 , 施加极化电压的电阻 R_2 和电容 C_2 组成的电路如图 2 所示,若振荡器输出电压 $V_1 = e^{j\omega t}$, 则加在电容

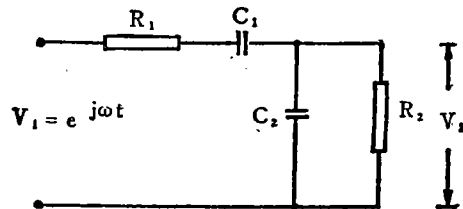


图2 静电激发器电路

C_2 上的电压 V_2 为:

$$V_2 = \frac{\left(\frac{1}{R_2} + j\omega C_2\right)^{-1} e^{j\omega t}}{\left(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}\right) + \left(\frac{1}{R_2} + j\omega C_2\right)^{-1}} e^{j\omega t}$$

$$= \frac{e^{j\omega t}}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{1}{j\omega C_1 R_2} + j\omega C_2 R_1 + \frac{C_2}{C_1}}$$

在测量过程中, BK1027的输出阻抗 $R_1=60\Omega$, BK4119中的隔直电容 $C_1=5000PF$, $R_2=10M\Omega$ 。而静电激发器与电容传声器膜片组成的电容 C_2 , 则用万用电桥进行了估测, 对于BK4133和BK4134两电容传声器的测量结果都是 $C_2=2.2PF$ 。

由于 $R_2 \gg R_1$, $C_2 \ll C_1$, 所以, V_2 可简化为:

$$V_2 = \frac{e^{j\omega t}}{Hj\left(\omega R_1 C_2 - \frac{1}{\omega R_2 C_1}\right)}$$

则相位 φ_e 为:

$$\varphi_e = \text{tg}^{-1}\left(\frac{1}{\omega R_2 C_1} - \omega R_1 C_2\right) \quad (1)$$

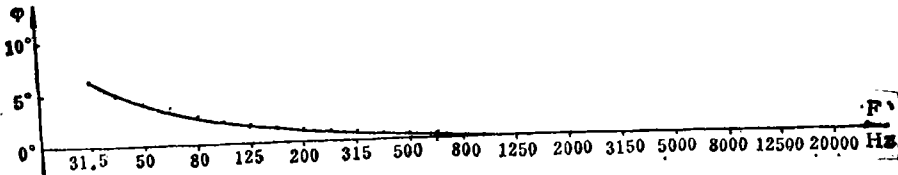


图3 静电激发器电路的相位特性

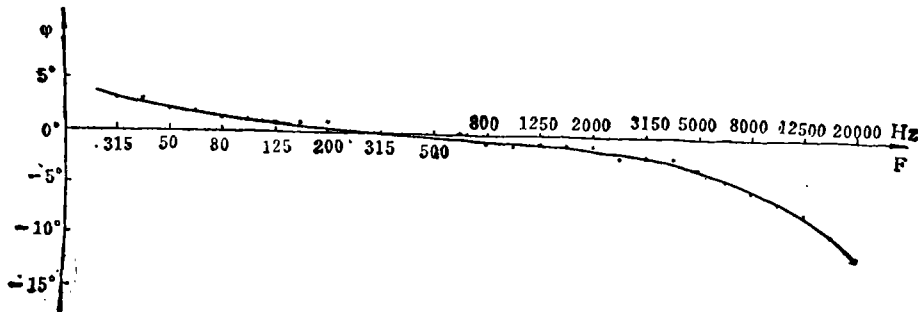


图4 接收放大电路的相位特性

根据式(1), 我们就可直接计算得到静电激发器电路的相移 φ_e , 其结果如图3所示。

2. 接收放大电路的相位特性

由阴极输出器和测量放大器所组成的接收放大器的相位特性由实测确定。把拍频振荡器1027的电信号直接输入阴极输出器2619, 就可以测出该接收系统的相位特性 φ_e , 其测定结果如图4所示, 测量是在放大器的线性档进行, 频率上限为200KHz。

3. 电容传声器的相位特性

由测得的相位 φ , 经过静电激发器电路的相位 φ_e 和接收放大电路的相位 φ_e 修正后, 就可得电容传声器BK4133和BK4134的相位特性。结果如图5所示。实验得到的BK4134的相位特性与文献[4]所给出的结果完全一致(文献4只给出BK4134的相位特性, 未给出BK4133的)。

三、驻极体传声器相位特性的测量

对于一般的测试传声器, 采用自由场比

31.5—5000Hz 的频率范围内,采用自由场比较法测定传声器相位特性的方法是可行的,各频率点的相位偏差不大于 $\pm 2.5^\circ$ 。在更高频率上,考虑到安装、声中心及衍射效应,将对测量产生更大的误差。

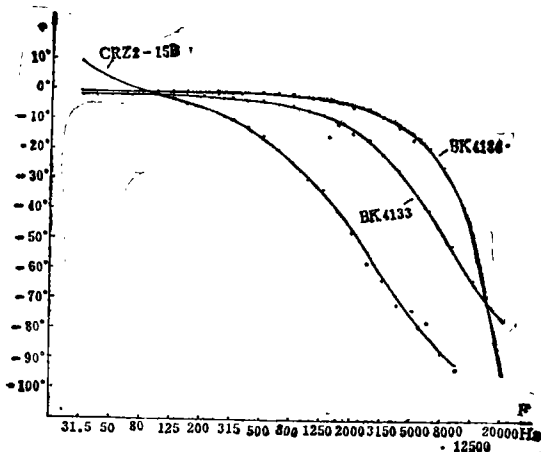


图5 电容传声器 BK4133(NO. 640140)、BK4134(NO. 880973)和驻极体传声器 CRZ2-15B 的相位特性

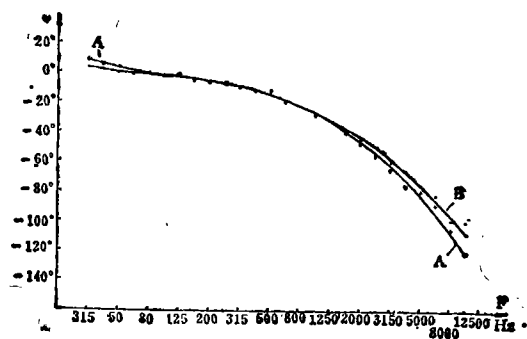


图7 CRZ2-15B驻极体传声器的相位特性
曲线(A)是以BK4133为标准传声器得到的相位响应
曲线(B)是以BK4134为标准传声器得到的相位响应

较法来测定它的相位特性。测试系统如图6所示。把待测相位特性的传声器和已知相位特性的传声器并列地放在扬声器的轴线上,距扬声器约40cm左右。由于已知相位特性的电容传声器的输出是输到测量放大器的前置放大输入端,而待测的驻极体传声器的输出可输到同一放大器的直接输入端。因此,在每一频率上分别测出标准传声器与电信号之间相位差 φ'_c ,和待测传声器与电信号之间的相位差 φ'_e 后,我们就可得出待测传声器与标准传声器之间的相位差,即修正量 $\Delta\varphi$;

$$\Delta\varphi = \varphi'_e - \varphi'_c$$

根据作为标准的电容传声器的相位特性曲线 φ_c ,就可求出待测传声器的相位特性 φ_e ;

$$\varphi_e = \varphi_c + \Delta\varphi$$

对于一个CRZ2-15B驻极体传声器,分别用已测定了相位特性的BK4133和BK4134为标准传声器进行了自由场比较法的相位测定。其结果如图7所示。实验结果表明,在

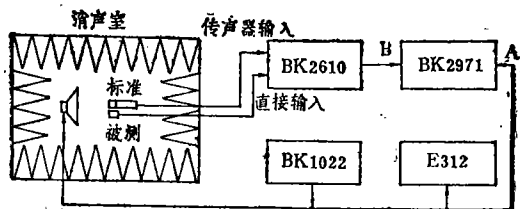


图6 自由场比较法测定驻极体传声器相位特性的测试系统

四、结论

随着光声检测、脉冲声检测技术的发展,测定传声器的相位响应已日趋重要。用静电激发器对电容传声器相位特性的检测,不仅结果可靠,而且在不需要进行激发电路和接收电路相移修正的场合时,还可由相位计2917模拟输出到记录仪2307进行自动测量,对于一般测试用的各种传声器,采用自由场比较法来测定它们的相位特性也是一种行之有效的办法。实验结果表明该方法在31.5—5000Hz范围内是可行的,这足以满足传声器的光声检测系统的需要。

本工作得到中国科学院科学基金的资助。

参 考 文 献

- [1] A. Rosencwaig "Depth-Profiling of Dopant Regions in Silicon with Thermal Wave Microscopy". J. of Photoacoustics Vol. 1. 75-85 (1982).
- [2] 黎光"铁电体和有关材料光声效应及其应用的研究"中国科学院上海硅酸盐所研究生论文, 1985.1.
- [3] P. Charpentier, F. Lepoutre and L. Bertrand, "Photoacoustic measurements of thermal diffusivity description of the "drum effect" J. Appl. Phys. Vol. 53. No. 1. 608-614 (1982)
- [4] 4133, 4134, 4147 Instructions and Applications p. 24. 1971. BRUEL & KJER.