

## 实验九 压电实验

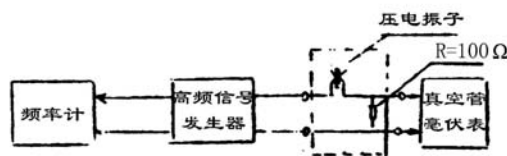
### 一、实验目的

具有压电效应的材料能将电能转换成机械能，也能将机械能转换成电能。有这种压电性能的陶瓷称为“压电陶瓷”，通过实践，要掌握谐振法测定压电振子的频率响应曲线及压电频率常数和其它参数的测试原理和方法。

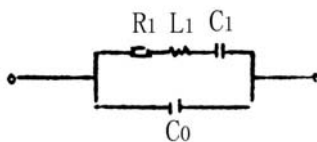
### 二、实验原理

在压电陶瓷振子上，从高频信号发生器送出 IV 的标准频率信号，此电压用真空管毫伏表监视。然后将此信号接到测量夹具上，通过改变信号源频率来测定  $100\Omega$  电阻上的输出电压，用真空管毫伏表读出被测电压，频率计读出相应的信号频率。最后，根据所测的数据作出  $V-f$  的频率响应曲线。

实际测试线路：



根据压电振子径向振动模式，简化的等效电路为：



$R_1$ ：谐振电阻

$L_1$ ：振子谐振时的电感值

$C_1$ ：振子谐振时的电容值

$C_0$ ：静态时的电容值

连续改变信号频率 当该信号频率与振子的正谐振频率 $f_r$ 相一致时，振子产生谐振，振子因压电效应的存在，表面交变的束缚电荷量也达到最大值，从而在电路中表现为电流最大(阻抗最小)输出电压也最大。测出该频率和电压，就可得压电振子的电压频率响应曲线。继续增加信号频率 $f$ 到振子的反谐振频率 $f_a$ 一致时，振子对外电路呈现出阻抗最大，电流最小，使输出电压也最小。如果不断增高频率，还会有规律地出现一系列的电压极值点，即一

系列的高次泛音。

振子的振动模式有许多种，本实验采用的是径向伸缩振动模式，薄园片振子的直径为  $d$ ，极化方向垂直园平面，电极设置在一对园平面上，在交变电场的作用下，振子产生径向伸缩振动，波的传播方向与振动方向一致，园片中心是纵驻波的波节，也是支撑点，这种模式基波频率响应特性较好，试样工艺简单，是常见的一种，它的频率范围一般在几百千赫。采用泛音响应时，可用至几兆赫频段。

这里我们只需要测出该园片振子基波的 $f_1$ 和 $f_a$ 及等效电阻，从而求出频率常数 $N$ ， $\Delta f$ ， $K_p$ 。

频率常数 $N$ 是振子在谐振时的频率 $f_0$ (取用 $f_0=f_1$ )和振子在振动方向上的线度 $L$ 的乘积即：

$$N=f_0L(\text{千赫米})$$

由于 $N$ 只与材质有关，而与外形尺寸无关，因此，在已知某一材料的 $N$ 值后，就可方便地求出 $f_0$ 来设计振子的尺寸。由于压电陶瓷性能的分散性，使材料的 $N$ 会有一定的波动，因此应取三个以上的试样进行测试和取其平均值。

### 三、实验仪器设备及流程

- ① 高频信号发生器
- ② 频率计
- ③ 真空管毫伏计
- ④ 标准电阻箱
- ⑤ 千分卡尺

### 四、实验操作步骤

- (1) 将仪器接通电源，预热 20 分钟，使各仪器处于正常工作状态。
- (2) 调节高频信号发生器，使输出的高频信号电压为 1V。该电压由真空管毫伏表监读，信号频率由频率计直读。
- (3) 把测试样片插入测量夹中，调节信号发生器的输出频率，并每隔 50~100KHz测一次固定电阻上的输出电压，记录结果。继续调节频率。直至电压值出现最大值。精确测出极值的频率 $f_{r0}$ 和电压 $V_{0r}$ ，然后取下试样把标准电阻箱接在试样的两端。调节电阻箱上的旋钮。使毫伏表上显示的数值与原来的 $V_{0r}$ 相同，记录下此时的电阻值，这就是试样在 $f_{xr0}$ 时的等效电阻。为了作出较好的频率响应曲线，须在 $f_{xr0}$ 附近多取几个 $f$ 和 $V$ 值；增大信号

频率，用同样的方法测出电压的最小值 $V_{a0}$ 和频率 $f_{a0}$ 。

(4)同上述步骤找出一二次泛音，二次泛音频率 $f_{r1}$ ,  $f_{a1}$ ,  $f_{r2}$ ,  $f_{a2}$ ……

根据所测数据列表如下：

|   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| f |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| V |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

其中

|          |          |          |          |          |          |          |          |  |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| 基波       |          |          |          | 一次泛音     |          |          |          |  |
| $f_{r0}$ | $V_{r0}$ | $f_{a0}$ | $V_{a0}$ | $f_{r1}$ | $V_{r1}$ | $f_{a1}$ | $V_{a1}$ |  |
|          |          |          |          |          |          |          |          |  |

根据以上数据作出试样的 $f\sim V$ 响应曲线。

## 五、数据处理

- ①用游标卡尺量出振子的直径 $d$
- ②求频率常数： $N=f_{r0}d$
- ③计算 $f_{r1}/f_{r0}$ 和 $f_{r2}/f_{r1}$ 得出结论
- ④计算带宽： $f=f_{a0}-f_{r0}$
- ⑤计算机电耦合系数

$$K_p = \sqrt{2.53\Delta f / f_{r0}}$$

## 六、分析讨论题

1. 什么是压电陶瓷？它具有哪些优异的性能？
2. 试说出压电性能的测定原理和方法。