

7-1 什么是正压电效应和逆压电效应？简述压电陶瓷的压电原理。

解：参见教材 P90、P93

7-4 用石英晶体加速度计及电荷放大器测量机器的振动，已知加速度计的灵敏度为 5pC/g ，电荷放大器的灵敏度为 50mV/pC ，当机器达到最大加速度值时相应的输出电压为 2V ，试求该机器的振动加速度（用重力加速度的相对值表示）。

解：系统灵敏度等于加速度计灵敏度和电荷放大器灵敏度乘积

$$S_n = 5\text{pC/g} \times 50\text{mV/pC} = 250\text{mV/g}$$

由输出电压幅值与被测加速度关系式 $S_n = V_0/a$ 得

$$a = V_0/S_n = \frac{2 \times 10^3 \text{mv}}{250\text{mv/g}} = 8g$$

7-5 石英晶体压电式传感器的面积为 1cm^2 厚度为 1mm ,固定在两金属板之间,用来测量通过晶体两面力的变化。材料弹性模量为 $9 \times 10^{10}\text{Pa}$, 电荷灵敏度为 2pC/N , 相对介电常数为 5.1 , 材料相对两面间的电阻为 $10^{14}\Omega$ 。压电传感器后接放大电路,放大电路的输入电容为 20pF ,输入电阻为 $100\text{M}\Omega$ (与极板并联)。若所加力 $F=0.01\sin(10^3t)\text{N}$, 求:

- (1) 两极板间的电压峰峰值;
- (2) 晶体厚度的最大变化 (应力=应变弹性模量, $\sigma = \varepsilon E$)。

解:

第七章 压电式传感器 习题参考答案

$$7-5(a) \text{由题意知 } S = 1 \text{ cm}^2 \quad d = 1 \text{ mm} \quad \varepsilon_r = 5.1 \quad \varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\therefore \text{传感器电容 } C_a = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 S}{d} = 4.5135 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\text{又} \because \text{所加外力幅值 } F_m = 0.01 \text{ N} \quad S_q = 2 \text{ pC/N}$$

$$\therefore \text{无负载时电荷量幅值 } q_m = S_q \cdot F_m = 0.02 \text{ pC}$$

$$\text{输出电压幅值 } V_m = q_m / C_a = 4.43 \text{ mV}$$

$$\text{输出电压峰峰值 } V_{p-p} = 2V_m = 8.86 \text{ mV}$$

当接入负载时，实际输出电压与理想输出电压之比的

$$\text{相对幅频特性为 } A(\omega) = \frac{\omega \tau}{\sqrt{1 + (\omega \tau)^2}}$$

$$\text{由题意 } \omega = 1 \times 10^3 \text{ rad/s} \quad R_i = 100 \Omega \quad R_a = 10^4 \Omega \quad C_i = 20 \text{ pF} \text{ 传感器电容 F}$$

$$R = \frac{R_a R_i}{R_a + R_i} = \frac{10^{14} \times 100 \times 10^6}{10^{14} + 100 \times 10^6} \approx 10^8 \Omega, \quad C = C_a + C_i = 24.5135 \text{ pF}$$

$$\therefore \tau = RC = 2.45135 \times 10^{-3}$$

$$\therefore A(\omega) \approx 0.926$$

\therefore 有负载时，两板间电压峰峰值为：

$$V'_{p-p} = A(\omega) \cdot V_{p-p} = 0.926 \times 8.86 \approx 8.20 \text{ mV}$$

7-5(b)当所受外力为最大压力时，厚度减小量最大；
当所受外力为最大拉力时厚度量增加量最大。

由题意 $d = 1\text{mm}$ $s = 1\text{cm}^2$ $E = 9 \times 10^{10} \text{Pa}$

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\sigma}{E} = \frac{\frac{F_m}{S}}{E}$$

$$\therefore \Delta d = \frac{F_m \cdot d}{E \cdot S} = 1.11 \times 10^{-12} \text{m}$$

若考虑受压和受拉，则厚度的最大变化为 $2\Delta d = 2.22 \times 10^{-12} \text{m}$