

## 传感器考试试题及答案完整版

传感器考试试题及答案 Document serialnumber 【NL89WT-NY98YT-NC8CB-NNUUT-NUT108】

传感器原理及其应用习题

第1章传感器的一般特性

一、选择、填空题

1、衡量传感器静态特性的重要指标是\_灵敏度\_\_\_\_、\_线性度\_\_\_\_、\_迟滞\_\_\_\_、\_重复性\_\_\_\_等。

2、通常传感器由\_\_\_\_敏感元件\_\_\_\_、\_\_\_\_转换元件\_\_\_\_、\_\_\_\_转换电路\_\_\_\_三部分组成，是能把外界\_非电量\_转换成\_\_\_\_电量\_\_\_\_的器件和装置。

3、传感器的\_\_\_\_标定\_\_\_\_是通过实验建立传感器起输入量与输出量之间的关系，并确定不同使用条件下的误差关系。

4、测量过程中存在着测量误差，按性质可被分为粗大、系统和随机误差三类，其中随机误差可以通过对多次测量结果求平均的方法来减小它对测量结果的影响。

越

5、一阶传感器的时间常数  $\tau$ 越\_\_\_\_\_其响应速度越慢;二阶传感器的固有频率  $\omega$ \_\_\_\_\_其工作频带越宽。

6、按所依据的基准直线的不同，传感器的线性度可分为、、、。

7、非线性电位器包括和两种。

8、通常意义上的传感器包含了敏感元件和（ C ）两个组成部分。

A. 放大电路

B. 数据采集电路

C. 转换元件

D. 滤波元件

9、若将计算机比喻成人的大脑，那么传感器则可以比喻为（ B ）。

A. 眼睛 B. 感觉器官 C. 手 D. 皮肤

10、属于传感器静态特性指标的是 ( D )

A. 固有频率

B. 临界频率

C. 阻尼比

D. 重复性

11、衡量传感器静态特性的指标不包括 ( C )。

A. 线性度

B. 灵敏度

C. 频域响应

D. 重复性

12、下列对传感器动态特性的描述正确的是 ( )

A 一阶传感器的时间常数  $\tau$  越大, 其响应速度越快

越小, 其工作频带越宽

B 二阶传感器的固有频率  $\omega$

C 一阶传感器的时间常数  $\tau$  越小, 其响应速度越快。

越小, 其响应速度越快。

D 二阶传感器的固有频率  $\omega$

二、计算分析题

1、什么是传感器由几部分组成试画出传感器组成方块图。

2、传感器的静态性能指标有哪一些, 试解释各性能指标的含义。

作业 3、传感器的动态性能指标有哪一些, 试解释各性能指标的含

义

第 2 章电阻应变式传感器

一、填空题

1、金属丝在外力作用下发生机械形变时它的电阻值将发生变化, 这种现象称\_\_应变\_\_效应; 半导体或固体受到作用力后\_电阻率\_\_\_\_要发生变化, 这种现象称\_\_压阻\_\_效应。直线的电阻丝绕成敏感栅后长度相同但应变不同, 圆弧部分使灵敏度下降了, 这种现象称为\_\_横向\_\_效应。

2、产生应变片温度误差的主要因素有\_\_电阻温度系数的影响、\_\_试验材料和电阻丝材料的线性膨胀系数的影响\_\_。

3、应变片温度补偿的措施有\_\_\_\_\_电桥补偿法\_\_、\_\_应变片的自补偿法、\_\_、。

4. 在电桥测量中，由于电桥接法不同，输出电压的灵敏度也不同，\_\_全桥\_\_接法可以得到最大灵敏度输出。

5. 半导体应变片工作原理是基于压阻效应，它的灵敏系数比金属应变片的灵敏系数大十倍

6. 电阻应变片的配用测量电路采用差动电桥时，不仅可以消除线性误差同时还能起到温度补偿的作用。

7、若应变计基长  $L=40\text{mm}$ ，应变波速  $v=5000\text{m/s}$ ，则上升时间  $t_k =$  ,可测频率  $f=$  。

8、压阻式传感器测量电桥的电源可采用\_\_\_\_\_也可采用\_\_\_\_\_供电。 9、应变式传感器主要用于测量\_\_\_\_\_等物理量；光

电式传感器主要用于测量\_\_\_\_\_等物理量；压电式传感器主要用于测量\_\_\_\_\_

等物理量。

10、应变式传感器是基于\_\_\_\_\_效应工作的。对金属应变片，其电阻的变化主要是由于

S

l

$R \rho =$ 中的\_\_\_\_\_变化引起的。湿敏传感器是指能将\_\_\_\_\_转换为与其成一定比例关

系的电量输出的装置 选择：

1、全桥差动电路的电压灵敏度是单臂工作时的（ C ）。

A. 不变

B. 2倍

C. 4倍

D. 6倍

2.利用相邻双臂桥检测的应变式传感器，为使其灵敏度高、非线性

性误差小 (C) A. 两个桥臂都应当用大电阻值工作应变片 B. 两个桥臂都应当用两个工作应变片串联

C. 两个桥臂应当分别用应变变量变化相反的工作应变片

D. 两个桥臂应当分别用应变变量变化相同的工作应变片 3、产生应变片温度误差的主要原因有 (AB) A、电阻丝有温度系数 B、试件与电阻丝的线膨胀系数相同 C、电阻丝承受应力方向不同

4.利用电桥进行温度补偿,补偿片的选择是 (A) A. 与应变片相邻,且同质的工作片 B. 与应变片相邻,且异质的工作片 C. 与应变片相对,且同质的工作片 D. 与应变片相对,且异质的工作片

5.通常用应变式传感器测量 (C)

A. 温度 B. 密度 C. 加速度 D. 电阻 6.影响金属导电材料应变灵敏系数 K 的主要因素是 (B)。

A. 导电材料电阻率的变化

B. 导电材料几何尺寸的变化

C. 导电材料物理性质的变化

D. 导电材料化学性质的变化 7.电阻应变片的线路温度补偿方法有 (AB)。

A. 差动电桥补偿法

B. 补偿块粘贴补偿应变片电桥补偿法

C. 补偿线圈补偿法

D. 恒流源温度补偿电路

8、金属丝应变片在测量构件的应变时,电阻的相对变化主要由 ( ) 来决定的。

A. 贴片位置的温度变化

B. 电阻丝几何尺寸的变化

C. 电阻丝材料的电阻率变化

D. 外接导线的变化 二、计算分析题

1 说明电阻应变测试技术具有的独特优点。

(1) 这类传感器结构简单,使用方便,性能稳定、可靠;(2) 易于实现测试过程自动化和多点同步测量、远距测量和遥测;(3) 灵敏度高,

测量速度快，适合静态、动态测量；(4)可以测量各种物理量。

2、一台采用等强度梁的电子秤，在梁的上下两面各贴有两片灵敏系数均为  $k = 2$  的金属箔式应变片做成称重传感器。已知梁的  $L = 100\text{mm}$ ， $b = 11\text{mm}$ ， $h = 3\text{mm}$ ，梁的弹性模量  $E = \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 。将应变片接入直流四臂电路，供桥电压  $U_{sr} = 12\text{V}$ 。试求：(1)称重传感器的灵敏度(V/kg)；

(2)当传感器的输出为  $68\text{mv}$  时，问物体的荷重为多少[提示：等强度梁的应变计算式为

$$\varepsilon = 6FL/bh^2E]$$

3 一个量程为  $10\text{kN}$  的应变式测力传感器，其弹性元件为薄壁圆筒轴向受力，外径  $20\text{mm}$ ，内径

$18\text{mm}$ 。在其表面粘贴八个应变片，4个沿轴向粘贴，4个沿周向粘贴，应变片的电阻值均为  $120 \text{ 欧}$ ，灵敏度为  $2$ ，泊松系数  $0.3$ ，材料弹性模量  $E =$ 。要求；

(1)给出弹性元件贴片位置及全桥电路；

(2)计算传感器在满量程时，各应变片电阻变化；

(3)当桥路的供电电压为  $10\text{V}$  时，计算传感器的输出电压

解：(1)全桥电路如下图所示

(2)圆筒截面积

应变片 1、2、3、4 感受纵向应变；

应变片 5、6、7、8 感受纵向应变；

满量程时：

(3)

4、以阻值  $R = 120 \Omega$ ，灵敏系数  $K =$  的电阻应变片与阻值  $120 \Omega$  的固定电阻组成电桥，供桥电压为

$3\text{V}$ ，并假定负载电阻为无穷大，当应变片的应变为  $2 \mu \varepsilon$  和  $2000 \mu \varepsilon$  时，分别求出单臂、双臂差动电桥的输出电压，并比较两种情况下的灵敏度。

解：依题意

单臂：

差动:

灵敏度:

可见, 差动工作时, 传感器及其测量的灵敏度加倍。

5、一台采用等强度梁的电子称, 在梁的上下两面各贴有两片电阻应变片, 做成称重传感器, 如

图 2-12 (见教材, 附下) 所示。已知  $l=10\text{mm}$ ,  $b=11\text{mm}$ ,  $h=3\text{mm}$ ,  $E=\times 10^4\text{N/mm}^2$ ,  $K=2$ , 接入直流四臂差动电桥, 供桥电压  $6\text{V}$ , 求其电压灵敏度 ( $K_u=U$

$=U$

$/F$ )。当称重  $0.5\text{kg}$  时, 电桥的输出电压  $U$

为多大

图 2-12 悬臂梁式力传感器解: 等强度梁受力  $F$  时的应变为

当上下各贴两片应变片, 并接入四臂差动电桥中时, 其输出电压:

则其电压灵敏度为

$=\times 10^{-3} (\text{V/N}) = (\text{mV/N})$

当称重  $F=0.5\text{kg}=\times$  时, 输出电压为

$U$

$0 = K$

$u$

$F=\times = (\text{mV})$

### 第 3 章电感式传感器

#### 一、选择、填空题

1. 变间隙式自感传感器的\_\_测量范围\_\_和\_\_灵敏度及线性度\_\_是相互矛盾的, 因此在实际测量中广泛采用\_\_差动\_\_结构的变隙电感传感器。

2. 电感式传感器是利用被测量改变磁路的\_\_磁阻\_\_, 导致\_\_线圈电感量\_\_变化的。磁电式传感器是利用\_\_电磁感应现象\_\_产生感应电势的。而霍尔式传感器是利用\_\_半导体\_\_在磁场中的霍尔效应而输出电势的。

3. 电感式传感器种类很多。虽然结构形式多种多样, 可分为\_\_

变气隙式\_\_、\_\_变面积式\_\_、\_\_螺线管式\_\_三种结构。

4.电涡流传感器根据激励电流频率的高低，可以分为\_\_高频反射式\_\_、\_\_低频透射式\_\_两种。

5、把被测非电量的变化转换成线圈互感变化的互感式传感器是根据变压器的基本原理制成的，其次级绕组都用反向串联形式连接，所以又叫差动变压器式传感器。

6、变隙式差动变压器传感器的主要问题是灵敏度与测量范围的矛盾。这点限制了它的使用，仅适用于微小位移的测量。

7、变气隙式自感传感器，当衔铁移动靠近铁芯时，铁芯上的线圈电感量增加（①增加，②减少）。

8、电感式传感器是以电和磁为媒介，利用电磁感应原理将被测非电量如压力、位移、流量等非电量转换成线圈\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_的变化，再由测量电路转换为电压或电流的变化量输出的装置。 9、

## 二、计算分析题

1、说明电感式传感器有哪些特点。

2、分析比较变磁阻式自感传感器、差动变压器式互感传感器的工作原理和灵敏度。

3、试分析差动变压器相敏检测电路的工作原理。

4、分析电感传感器出现非线性的原因，并说明如何改善

5、某差动螺管式电感传感器的结构参数为单个线圈匝数  $W=800$  匝， $l=10\text{mm}$ ， $l_c=6\text{mm}$ ， $r=5\text{mm}$ ， $r_c=1\text{mm}$ ，设实际应用中铁芯的相对磁导率  $\mu_r=3000$ ，试求：

(1)在平衡状态下单个线圈的电感量  $L_0$  及其电感灵敏度足  $K_L =$

(2)若将其接入变压器电桥，电源频率为  $1000\text{Hz}$ ，电压  $E=$ ，设电感线圈有效电阻可忽略，求该传感器灵敏度  $K$ 。

(3)若要控制理论线性度在  $1\%$  以内，最大量程为多少

图 3-15 差动螺管式电感传感器

解：（1）根据螺管式电感传感器电感量计算公式，得 差动工作灵敏度：

(2)当  $f=1000\text{Hz}$  时，单线圈的感抗为

$X_L = \omega L_0 = 2\pi f L_0 = 2\pi \times 1000 \times = 2890(\Omega)$  显然  $X_L > R_0$  线圈电阻  $R_0$ ，则输出电压为 测量电路的电压灵敏度为

而线圈差动时的电感灵敏度为  $K_L = \text{mm}$ ，则该螺管式电感传感器及其测量电路的总灵敏度为  $= \text{mm}$

6、有一只差动电感位移传感器，已知电源电压  $U_{sr} = 4V$ ， $f = 400\text{Hz}$ ，传感器线圈铜电阻与电感量分别为  $R = 40\Omega$ ， $L = 30\text{mH}$ ，用两只匹配电阻设计成四臂等阻抗电桥，如习题图 3-16 所示，试求：

(1) 匹配电阻  $R_3$  和  $R_4$  的值；

(2) 当  $\Delta Z = 10$  时，分别接成单臂和差动电桥后的输出电压值； (3) 用相量图表明输出电压  $U_{sc}$  与

与输入电压  $U_{sr}$  之间的相位差。

解：(1) 线圈感抗

$X_L = \omega L = 2\pi f L = 2400 \times 30 \times 10^{-3} = 226.2(\Omega)$  线圈的阻抗

故其电桥的匹配电阻(见习题图 3-16)

$R_3 = R_4 = Z = 226.2(\Omega)$

(2) 当  $\Delta Z = 10$  时，电桥的输出电压分别为

单臂工作：(1)

$U_{sc} = \frac{U_{sr} \Delta Z}{2Z} = \frac{4 \times 10}{2 \times 226.2} = 0.0884(\text{V})$  双臂差动工作：

(2)  $U_{sc} = \frac{U_{sr} \Delta Z}{Z} = \frac{4 \times 10}{226.2} = 0.1768(\text{V})$

$242 = 2 \times 121 = 2 \times 11^2$

(3)

$\tan \phi = \frac{X_L}{R} = \frac{226.2}{40} = 5.655$

$\phi = \arctan 5.655 = 80^\circ$

$L = \frac{R}{\omega} = \frac{40}{2\pi \times 400} = 0.0159(\text{mH})$

7、如图 3-17 (见教材，附下) 所示气隙型电感传感器，衔铁截面积  $S = 4 \times 4\text{mm}^2$ ，气隙总长度  $\delta = 0.8\text{mm}$ ，衔铁最大位移  $\Delta \delta = \pm 0.08\text{mm}$ ，激励线圈匝数  $W = 2500$  匝，导线直径  $d = 0.06\text{mm}$ ，电阻率  $\rho = \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ ，当激励电源频率  $f = 4000\text{Hz}$  时，忽略漏磁及铁损，求：

(1) 线圈电感值；



(2)电感的最大变化量； (3)线圈的直流电阻值； (4)线圈的品质因数；

(5)当线圈存在 200pF 分布电容与之并联后其等效电感值。

解： (1) 线圈电感值 图 3-17 气隙型电感式传感器（变隙式）

(2) 衔铁位移  $\Delta \delta = +0.08\text{mm}$  时，其电感值  $= \times 10^{-1}(\text{H}) = 131\text{mH}$  衔铁位移  $\Delta \delta = -0.08\text{mm}$  时，其电感值  $= \times 10^{-1}(\text{H}) = 196(\text{mH})$

故位移  $\Delta \delta = \pm 0.08\text{mm}$  时，电感的最大变化量为

$$\Delta L = L_{-} - L_{+} = 196 - 131 = 65(\text{mH})$$

(3)线圈的直流电阻

设 mm

$$206.0441 \text{ Cp} \quad ??? \quad ??$$

+?= 为每匝线圈的平均长度，则

=

(4)线圈的品质因数

(5)当存在分布电容 200PF 时，其等效电感值

8、试用差动变压器式传感器设计液罐内液体液位测量系统，作出系统结构图，并分析工作原理。

#### 第 4 章 电容式传感器

##### 一、填空题

1、电容式传感器是利用电容器的原理，将非电量转化为电容量，进而实现非电量到电量的敏感器件，在应用中电容式传感器可分为 、 、 三种基本类型。

2、将机械位移转变为电容量变化时，电容式位移传感器的基本结构可分为 型， 型和 型三大类。选择：

1、极距变化型电容传感器的灵敏度与（ B ）。 A、极距成正比 B、极距成反比 C、极距的平方成正比 D、极距的平方成反比 二、计算分析题

1、简述电容式传感器的工作原理。

2、简述电容式传感器的优点。

3、试计算习题 4—2 图所示各电容传感元件的总电容表达式。

习题图 4-2

解：由习题图 4-2 可见

(1) 三个电容串联

$$C_1 = \frac{\epsilon S}{d_1}, C_2 = \frac{\epsilon S}{d_2}, C_3 = \frac{\epsilon S}{d_3}$$

$$C = \frac{\epsilon S}{d_1 + d_2 + d_3}$$

则  $S = \frac{C(d_1 + d_2 + d_3)}{\epsilon}$

$$C = \frac{\epsilon S}{d_1 + d_2 + d_3} = \frac{\epsilon C(d_1 + d_2 + d_3)}{\epsilon(d_1 + d_2 + d_3)}$$

$$C = \frac{\epsilon C(d_1 + d_2 + d_3)}{\epsilon(d_1 + d_2 + d_3)}$$

串

故

(2) 两个电容器并联 (3) 柱形电容器

4、在压力比指示系统中采用差动式变间隙电容传感器和电桥测量电路，如习题图 4-3 所示。已知： $\delta_0 = 0.25\text{mm}$ ； $D = 38.2\text{mm}$ ； $R = \Omega$ ； $U_{sr} = 60\text{V}$  (交流)，频率  $f = 400\text{Hz}$ 。试求：(1) 该电容传感器的电压灵敏度  $K_u$  ( $\text{V}/\mu\text{m}$ )；

(2) 当电容传感器的动极板位移  $\Delta\delta = 10\mu\text{m}$  时，输出电压  $U_{sc}$  值。

习题图 4-3

解：由传感器结构及其测量电路可知 (1) 初始电容

由于  $C = \frac{\epsilon S}{d}$

$$C_0 = \frac{\epsilon \pi D^2}{4d_0} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times \pi \times (38.2 \times 10^{-3})^2}{4 \times 0.25 \times 10^{-3}} = 0.001064\text{F}$$

从而得

$$K_u = \frac{U_{sc}}{\Delta\delta} = \frac{U_{sc}}{10 \times 10^{-6}} = 200 \times U_{sc}$$

$$U_{sc} = \frac{K_u \Delta\delta}{200}$$

$$U_{sc} = \frac{K_u \Delta\delta}{200}$$

5、有一台变间隙非接触式电容测微仪，其传感器的极板半径  $r = 4\text{mm}$ ，假设与被测工件的初始间隙  $d_0 = 0.3\text{mm}$ 。试求：

(1) 如果传感器与工件的间隙变化量  $\Delta d = \pm 10\mu\text{m}$ ，电容变化量为多少

(2) 如果测量电路的灵敏度是  $K_u = 100\text{mV}/\text{pF}$ ，则在  $\Delta d = \pm 1\mu\text{m}$  时的输出电压为多少 解：由题意可求

(1) 初始电容: 由

$C_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d_0}$

则当  $\Delta d = \pm 10 \mu\text{m}$  时 如果考虑  $d_1 = 0.3\text{mm} + 10 \mu\text{m}$  与  $d_2 = 0.3\text{mm} - 10 \mu\text{m}$  之间的电容变化量  $\Delta C'$ , 则应为  $\Delta C' = 2|\Delta C| = 2 \times \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d^2} \Delta d$  (2) 当  $\Delta d = \pm 1 \mu\text{m}$  时由  $K_u = 100\text{mV/pF} = U_0 / \Delta C$ , 则

$$U_0 = K_u \Delta C = 100\text{mV/pF} \times (\pm 2 \times \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d^2} \Delta d)$$

6、有一变间隙式差动电容传感器, 其结构如习题图 4-5 所示。选用变压器交流电桥作测量电路。差动电容器参数:  $r = 12\text{mm}$ ;  $d_1 = d_2 = d_0 = 0.6\text{mm}$ ; 空气介质, 即  $\epsilon = \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\text{F/m}$ 。测量电路参数:  $u_{sr} = u_s \sin \omega t$  (V)。

试求当动极板上输入位移(向上位移)  $\Delta x = 0.05\text{mm}$  时, 电桥输出端电压  $U_{sc}$

习题图 4-5

解: 由习题图 4-5 可求 初始电容

$$C_1 = C_2 = C_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d_0} \quad \text{变压器输出电压}$$

其中  $Z_1, Z_2$  分别为差动电容传感器  $C_1, C_2$  的阻抗. 在  $\Delta X \ll d_0$  时  $Z_1 = \frac{1}{j\omega C_1}, Z_2 = \frac{1}{j\omega C_2}$

$U_{sc} = \frac{U_{sr}}{2} \sin \omega t$

$$U_{sc} = \frac{U_{sr}}{2} \sin \omega t \approx \frac{U_{sr}}{2} \sin \omega t \approx \frac{36}{2} \sin 25036005000 t \text{ (V)}$$

7、如习题图 4-6 所示的一种变面积式差动电容传感器, 选用二极管双网络测量电路。差动电

容器参数为:  $a = 40\text{mm}$ ,  $b = 20\text{mm}$ ,  $d_1 = d_2 = d_0 = 1\text{mm}$ ; 起始时动极板处于中间位置,  $C_1 = C_2 = C_0$ , 介质为空气,  $\epsilon = \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\text{F/m}$ 。测量电路参数:  $D_1, D_2$  为理想二极管; 及  $R_1 = R_2 = R = 10\text{K}\Omega$ ;  $R_f = 1\text{M}\Omega$ , 激励电压  $U_i = 36\text{V}$ , 变化频率  $f = 1\text{MHz}$ 。试求当动极板向右位移  $\Delta x = 10\text{mm}$  时, 电桥输出端电压  $U_{sc}$

习题图 4-6

解: 由习题图 4-6 可求

传感器初始电容

$$= \times 10^{12} \text{ ( F )} =$$

当动极板向右移  $\Delta x = 10\text{mm}$  时，单个电容变化量为  
或， pF

$$F \text{ d } x$$

$$b \text{ C } 77.1) (1077.110110\text{*****}.8123$$

$$33120$$

$$0=?==$$

=

----- $\epsilon$  则  $C_1 = C_0 + \Delta C$ ,  $C_2 = C_0 C$  , 由双 T 二极管网络知其  
输出电压  $U_{SC} = 2 k U_i f \Delta C$

8、一只电容位移传感器如习题 4-7 图所示，由四块置于空气中的平行平板组成。板 A、C 和 D 是固定极板；板 B 是活动极板，其厚度为  $t$ ，它与固定极板的间距为  $d$ 。B、C 和 D 极板的长度均为  $a$ ，A 板的长度为  $2a$ ，各板宽度为  $b$ 。忽略板 C 和 D 的间隙及各板的边缘效应，试推导活动极板刀从中间位置移动  $x = \pm a/2$  时电容  $C_{AC}$  和  $C_{AD}$  的表达式 ( $x=0$  时为对称位置)。

习题图 4-7

解：参见习题图 4-7 知

$C_{AC}$  是  $C_{AB}$  与  $C_{BC}$  串联， $C_A$

D 是  $C_{AB}$  与  $C_{BD}$  串联。

当动极板向左位移  $a/2$  时，完全与 C 极板相对，此时  $C_{AB} = C_{BC}$   
 $= \epsilon_0 ab/d$ ，则

$$C_{AC} = C_{AB} / 2 = C_{BC} / 2 = \epsilon_0 ab / 2d ; \quad C_A$$

$$D = \epsilon_0 ab / (2d+t)。$$

当动极板向右移  $a/2$  时，与上相仿，有

$$C_{AC} = \epsilon_0 ab / (2d+t); \quad C_A$$

$$D = \epsilon_0 ab / 2d$$

9、已知平板电容传感器极板间介质为空气，极板面积  $S = a \times a = (2 \times 2) \text{cm}^2$ ，间隙  $d_0 = 0.1\text{mm}$ 。求：传感器的初始电容值；若由于装配关系，使传感器极板一侧间隙  $d_0$ ，而另一侧间隙为  $d$

$0+b$  ( $b=0.01\text{mm}$ ) , 此时传感器的电容值。解: 初始电容  
 $=\times 10^{-12}(\text{F})$  = 当装配不平衡时可取其平均间隙  $=+2=(\text{mm})$  则其  
电容为

$$=\times 10^{-12}(\text{F})=$$

## 第 5 章 压电式传感器

### 一、选择、填空题

- 1、压电元件的基本原理是 。目前常用的压电材料有 , 等。
- 2、为消除压电传感器电缆分布电容变化对输出灵敏度的影响, 可采用 ( ) A 电压放大器; B 电荷放大器; C 前置放大器; D 电流放大器
- 3、对压电效应的描述正确的是 ( )  
A 当晶体沿一定方向伸长或压缩时在其表面会产生电荷  
B 当陶瓷沿一定方向伸长或压缩时在其表面会产生电荷  
C 当某些晶体或陶瓷在外电场的作用下发生形变, 这种现象叫压电效应  
D 晶体的压电效应是一种机电耦合效应, 是由力学量 (应力、应变) 与电学量 (电场强度、电位移矢量) 之间相互耦合产生的。

### 二、计算分析题

- 1、为什么压电式传感器不能用于静态测量, 只能用于动态测量中而且是频率越高越好
- 2、什么是压电效应试比较石英晶体和压电陶瓷的压电效应
- 3、设计压电式传感器检测电路的基本考虑点是什么, 为什么
- 4、有一压电晶体, 其面积为  $20\text{mm}^2$ , 厚度为  $10\text{mm}$  , 当受到压力  $P=10\text{MPa}$  作用时, 求产生的电荷量及输出电压:

(1)零度 X 切的纵向石英晶体; (2)利用纵向效应的  $\text{BaTiO}_3$  。解:  
由题意知, 压电晶体受力为

$$F=PS=10\times 10^6\times 20\times 10^{-6}=200(\text{N})$$

(1)  $0^\circ$  X 切割石英晶体,  $\epsilon_r =$ ,  $d_{11}=\times 10^{12}\text{C/N}$  等效电容  
 $=\times 10^{14}(\text{F})$  受力  $F$  产生电荷

$$Q = d_{11} F = 462 \times 10^{-12} \times 200 = 462 \times 10^{-2} \text{ (C)} = 462 \text{ pC}$$

输出电压

(2) 利用纵向效应的 BaTiO<sub>3</sub>,  $\epsilon_r = 1900$ ,  $d_{33} = 191 \times 10^{-12} \text{ C/N}$  等效电容

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d} = 1900 \times 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{200}{0.001} = 3.38 \times 10^{-8} \text{ (F)} = 33.8 \text{ nF}$$

$$Q = d_{33} F = 191 \times 10^{-12} \times 200 = 38200 \times 10^{-12} \text{ (C)} = 38.2 \text{ pC}$$

输出电压

5、某压电晶体的电容为 1000 pF,  $k_q = 2.5 \text{ C/cm}$ , 电缆电容  $C_c = 3000 \text{ pF}$ , 示波器的输入阻抗为  $1 \text{ M}\Omega$  和并联电容为 50 pF, 求:

- (1) 压电晶体的电压灵敏度足  $K_u$ ;
- (2) 测量系统的高频响应;
- (3) 如系统允许的测量幅值误差为 5%, 可测最低频率是多少
- (4) 如频率为 10 Hz, 允许误差为 5%, 用并联连接方式, 电容值多大

解: (1)  $K_u = \frac{Q}{F} = \frac{d_{33} F}{F} = d_{33} = 191 \times 10^{-12} \text{ C/N}$

$V/\text{pF}\cdot\text{cm}$

(2) 高频 ( $\omega \rightarrow \infty$ ) 时, 其响应

(3) 系统的谐振频率

由  $\omega_n = \frac{1}{\sqrt{m \cdot C}}$

am

$U_{im} = U_{U} K \omega \omega \omega \omega \omega + =$

$=$ , 得

( )

%

51/1/2

$\omega \leq \omega_n$

$\omega \omega \omega \omega \gamma$  (取等号计算)

解出  $(\omega / \omega_n)^2$

$$\Rightarrow \omega / \omega_n = \omega = \omega_n = 247 \text{ (rad/s)} \quad f = \omega / 2\pi = 2\pi \text{ (Hz)}$$

(4) 由上面知, 当  $\leq 5\%$  时,  $\omega / \omega_n =$

当使用频率  $f = 10\text{Hz}$  时，即  $\omega = 2\pi f = 2\pi \times 10 = 20\pi$  (rad/s) 时  $\omega_n$   
 $= \omega / 20\pi = 1$  (rad/s)

又由  $\omega_n = 1/RC$ ，则

$$C = 1 / (\omega_n R) = 1 / (1 \times 10^6) = 10^{-6} \text{ (F)} = 104 \text{ pF}$$

6、分析压电加速度传感器的频率响应特性。若测量电路为电压前置放大器  $C_{\text{总}} = 1000 \text{ pF}$ ， $R_{\text{总}}$

$= 500 \text{ M}\Omega$ ；传感器固有频率  $f_0 = 30 \text{ kHz}$ ，阻尼比  $\zeta = 0.1$ ，求幅值误差在 2% 以内的使用频率范围。解：压电式加速度的上限截止频率由传感器本身的频率特性决定，根据题意

( ) [ ]

( ) %

21/4/11

22

22 =  $\frac{1}{1 - (\omega/\omega_n)^2 + 2\zeta(\omega/\omega_n)}$  (取等号计算)

则 ( ) [ ] ( ) 02.1/1/4/12

2

2

2 =  $\frac{1}{1 - (\omega/\omega_n)^2 + 2\zeta(\omega/\omega_n)}$

$\omega/\omega_n$

$1 + (\omega/\omega_n)^4 - 2(\omega/\omega_n)^2$

$+ 4 \times (\omega/\omega_n)^2 = (\omega/\omega_n)^4 - (\omega/\omega_n)^2 + 0 = 0$  解出  $(\omega/\omega_n)^2 =$  或

$(\omega/\omega_n)^2 =$  (舍去) 所以  $\omega/\omega_n =$  或 (舍去)  $= \omega_n$

则  $f_H = 0.205 f_0 = 0.205 \times 30 = 6.15 \text{ (kHz)}$

压电式加速度传感器下限截止频率取决于前置放大器特性，对电压放大器，其幅频特性

由题意得

( )

%

2112

$\leq$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/255201313010012003>