

中国计量大学

2021 年硕士研究生招生考试试题

考试科目代码：803

考试科目名称：传感器技术 1

所有答案必须写在报考点提供的答题纸上，做在试卷或草稿纸上无效。

一、填空（每空 1 分，共 $1 \times 30 = 30$ 分）

- 《GB/T 7665-2005 传感器通用术语》对传感器的定义为：能感受_____并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由_____和转换元件组成。利用材料的物理特性及效应感受信号的传感器，称为_____，例如压电传感器。压电传感器是利用压电材料制成的，除压电晶体、压电陶瓷外，还有一种有机高分子压电材料，为_____，其密度约为 PZT 压电陶瓷的 1/4。
- 目前国际上用宏观物理现象建立电阻、电容及电感单位的途径有_____和_____，前者比后者更具优点。
- 某力传感器的动态特性表征为 $2dy/dt + 0.2y = 0.8x$ ，其中 y 为输出电压（mV）， x 为输入的力值（N），则该力传感器的时间常数为_____，静态灵敏度为_____。
- 尽管_____应变片很难控制其电阻与温度和时间的变化关系，但它能有效克服横向效应。利用阻值均为 120Ω 的应变片测量应变，电桥电源电压为 5V，如果电桥灵敏度为 $2.5V$ ，当被测应变引起了 1Ω 的电阻变化量时，四个应变片的阻值各为_____。当需要进行温度补偿时，应使粘贴补偿应变片的补偿块材料和粘贴工作应变片的被测试件材料_____，且应使补偿应变片和工作应变片处于_____中。
- 变极距型电容传感器存在原理上的非线性，可以通过_____改善非线性；也可以采用_____电路，从原理上克服非线性。
- 光电池的工作原理是基于_____，光电池的光生电流和光生电压与光照度的关系曲线是光电池的_____特性。当作为测量元件时，应将光电池当作_____源来使用。常用的硅光电池和硒光电池中，_____的光谱响应波长范围更大。

7. CCD 全称为_____，基本单元是_____。当 CCD 作为图像传感器时，该基本单元通常称为_____。为保证 CCD 上信号的准确转移，需要提供脉冲控制电压，以四相脉冲为例，各脉冲间的相位差为_____。
8. 表征光纤集光能力的重要参数是_____，当纤芯和包层的折射率分别为 1.2 和 1.1 时，该参数值为_____（保留 2 位小数）。利用光纤弯曲形变实现的光纤位移传感器，应为_____调制型光纤传感器，一般由纤芯直径约为 (2-12) μm 的_____光纤构成。
9. 声波的波型主要有横波、纵波和_____。频率为 20kHz~1GHz 的声波称为_____。声音在空气中传播时，温度越高，声速_____。声功率和_____都是表示声音强弱的物理量。

二、单项选择题（每小题 2 分，共 2×10=20 分）

1. 某一位移传感器，最小可以测量 50mm，最大可以测量 500mm，则该传感器的测量范围和量程分别为（ ）。
- A. 50mm-500mm, 500mm B. 50mm-500mm, 450mm
C. 500mm, 500mm D. 500mm, 450mm
2. 线性电位器式传感器存在阶梯特性，已知电位器线圈匝数为 100，加在电位器两端之间的电压为 10V，则阶梯误差应为多少？（ ）
- A. $\pm 5\%$ B. $\pm 0.5\%$
C. $\pm 0.1\%$ D. $\pm 1\%$
3. 下列哪种传感器**最不适用于**静态测量？（ ）
- A. 电位器式传感器 B. 电容式传感器
C. 霍尔式传感器 D. 压电式传感器
4. 下列哪种传感器的测量电路直接输出数字信号？（ ）
- A. 光电编码器 B. 感应同步器
C. 容栅式传感器 D. 光栅式传感器
5. 关于调频电路，下列哪项是**错误**的？（ ）
- A. 适用于自感式、电涡流式传感器 B. 适用于电容式传感器
C. 输入输出特性曲线呈非线性 D. 连接电缆分布电容影响可忽视

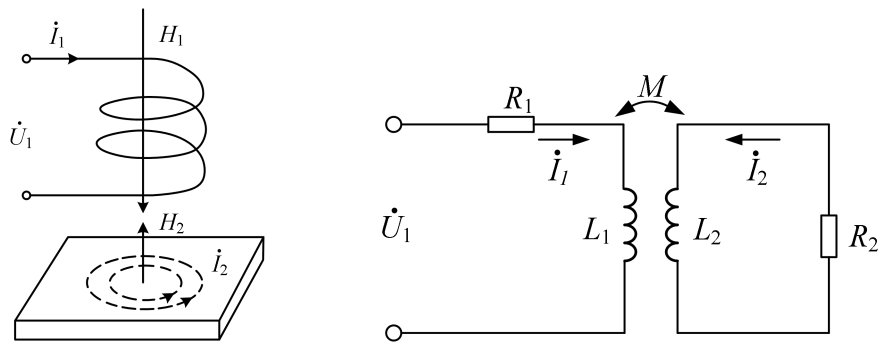


图1

5. 简述热电偶的四个热电定律（如采用公式表达，公式符号需说明）。（4分）列举至少两种标准化热电偶。（2分）

四、综合题（共6小题，共70分）

1. （15分）室温 20°C 环境下，一标称电阻值为 $100\ \Omega$ （ 20°C 时）的合金应变片，其灵敏系数 $k=2$ ，弹性模量 $E=100\ \text{GN/m}^2$ ，粘接在钢制工件上。

（1）当所受应力为 $40\ \text{MN/m}^2$ 、直流电桥供电电压为 $5\ \text{V}$ 时，输出电压 U_0 是多少？（电桥电路中其它电阻标称值均为 $100\ \Omega$ 。）（3分）

（2）当应变片不受应力时，由电桥电路的输出电压计算得知该应变片的电阻变化量为 $72\ \text{m}\Omega$ ，试计算此时应变片的温度值。（钢和合金的线膨胀系数分别为 12×10^{-6} 、 10×10^{-6} ，应变片电阻温度系数为 $20 \times 10^{-6}\ \Omega/\Omega \cdot ^{\circ}\text{C}$ ，其余电阻仍处于室温中。）（3分）

（3）该温度如采用一灵敏度为 $0.05\ \text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 的热电偶进行测量，电压表所处温度为 12°C ，则电压表输出的电动势 E_0 为多少？（3分）

（4）如要补偿温度引起的应变片阻值的变化，通常采用哪几种温度补偿方法？（3分）

（5）如将应变片粘贴在弹性元件上构成应变式力传感器，有哪些具体的弹性元件结构？

（3分）

2. (15分) 图2为基于PSD和半导体激光器的距离测量实例。

(1) 结合图2阐明其工作原理。(4分)

(2) 如图2所示, I_A 和 I_B 进入计算机后进行数据处理, 输出待测距离 Δz , 请给出 Δz 与 I_A 、 I_B 之间的关系式, 并进行说明。(4分)

(3) 说明PSD测量的特点。(4分)

(4) 如该系统不采用PSD做位置探测器件, 还可以采用哪些光电探测器件? 列举至少三种。(3分)

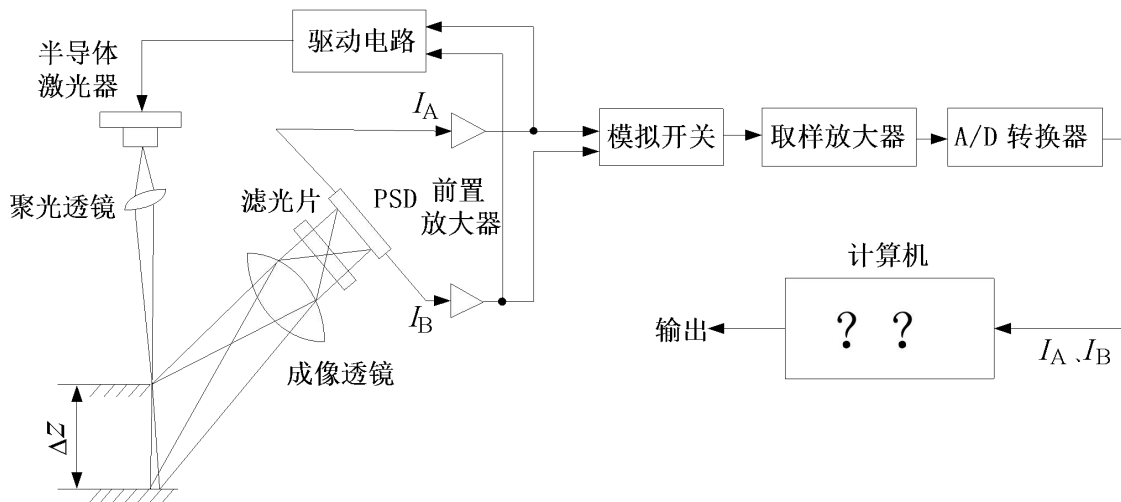


图2

3. (10分) 某石英压电晶片的截面积 $S=6\text{cm}^2$, 厚度 $h=1\text{cm}$, 相对介电常数 $\epsilon_r=4$ (真空介电常数 $\epsilon_0=8.85\times 10^{-12}\text{F/m}$)。

(1) 若该石英压电晶片受到 $F=10\text{N}$ 的垂直作用力, 且受力方向上的压电系数 $d=2.5\times 10^{-12}\text{C/N}$, 则最大输出电压为多少? 最小输出电压为多少? (4分)

(2) 若该石英压电晶片受到 $f = F_m \sin \omega t$ 的正弦作用力, 且通过电压放大器进行测量。请结合压电元件等效电路(图3)推导压电元件输出电压 U_i 的幅值 $U_{im}(\omega)$, 以及当 $\omega \rightarrow \infty$ 时的电压幅值 $U_{im}(\infty)$ 。(4分)

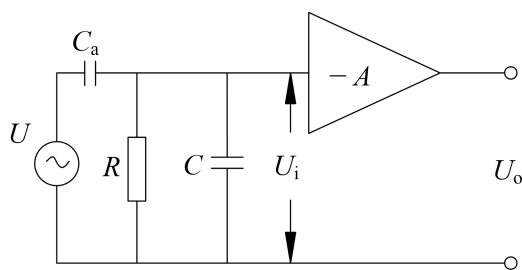


图 3

(3) 若要求该压电晶片能测量最低信号频率 $f=10\text{ Hz}$ ，且此时灵敏度下降不超过 $(1-\sqrt{0.9})\approx 5\%$ ，已知 $C_a=20\text{ pF}$ 、 $C=30\text{ pF}$ ，则等效电阻 R 该怎么取值？(2分)

4. (10分) 对某一力传感器进行标定，输入的标准力值 F 为 0N、20N、40N、60N、80N、100N，输出的电压 U 如表 1 所示。请根据表 1 中数据进行以下计算。

- (1) 在两端点直线拟合情况下该传感器的线性度。(保留 2 位小数)(4分)
- (2) 在两端点直线拟合情况下该传感器的迟滞。(保留 3 位有效数字)(4分)
- (3) 在两端点直线拟合情况下该传感器的灵敏度。(2分)

表 1

标准力值 F		0N	20N	40N	60N	80N	100N
输出电压值 U	正行程 (mV)	0	52.4	92.1	132.3	172.6	210
	反行程 (mV)	0	36.1	75.2	118.2	160.1	210

5. (10分) 设计一种差动结构的电容式转角测量装置。

- (1) 画出基本结构，说明工作原理，给出转角测量公式，给出传感器灵敏度公式。(4分)
- (2) 给出测量电路，并对电路主要特点进行说明。(4分)
- (3) 分析转角的误差来源。(2分)

6. (10分) 设计一种基于光纤传感技术的力传感器。

- (1) 画出该力传感器完整的组成结构图(最后输出信号为电压)。(4分)
- (2) 说明其基本工作原理。(4分)
- (3) 分析误差来源。(2分)

【完】