

热释电传感器及其应用

金承谦

(上海测试技术研究所)

工业上用的各种非接触测温传感器,测定的温度为 1000°C ,测定的波长为 $1\ \mu\text{m}$ 左右,因此可用可见光探测器.但是,近年来人们需要将测温范围扩大到家用电器中,即需要对 $-30^{\circ}\text{C} \sim +300^{\circ}\text{C}$ 的较低的温度进行测量,所要探测的波长为 $2\sim 15\ \mu\text{m}$ 的红外光.能在这种波长区及温度范围工作的探测器,从灵敏度、价格方面考虑,以热释电探测器为最合适.

一、原理和特性

众所周知,热释电晶体具有自发极化 P_s .然而,在正常状态下表面上观察不到表面电荷的变化,也不会产生输出信号[图 1(a)].

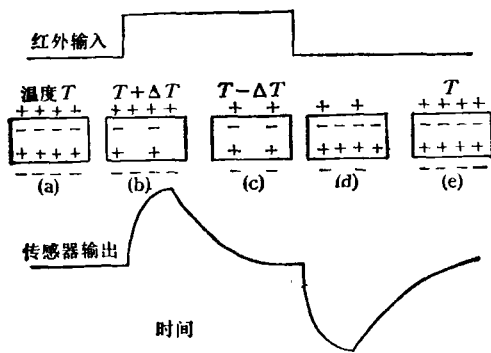


图 1 热释电传感器的检测原理

当晶体受到红外线照射时,晶体的温度发生变化,由 $T\text{K}$ 变为 $(T + \Delta T)\text{K}$ [图 1(b)],晶格发生畸变,晶体内的自发极化发生变化(ΔP_s),这种反应非常迅速.由于自发极化的变化极其迅速,以至表面电荷的变化不能与之对应.因此在晶体表面,自发极化的变化部分(ΔP_s)不平衡,在短时间内可以观测到电荷,这就是输出信号[图 1(b)],但很快又达到新的平衡[图

物理

1(c)].

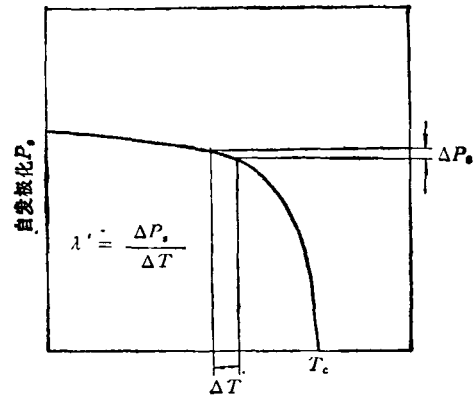


图 2 热释电元件自发极化的温度特性

图 2 为自发极化(P_s)的温度特性.在居里温度 T_c 附近,自发极化急骤下降,灵敏度对温度的依赖性很大.红外线照射到热释电晶体上产生的电压,存在以下关系:

$$V \propto \frac{\lambda'}{\epsilon C'}$$

式中 λ' 为热释电系数(表征热电转换效率), ϵ 为元件的比介电常数, C' 为与热容有关的比热.一定体积的热释电晶体,比热愈小,介电常数愈小,输出电压愈高.

表 1 列出了一些主要的热释电材料的特性参数, $\lambda'/\epsilon C'$ 大的热释电材料性能优良.但是,这个参数也不是决定热释电元件性能的唯一依据,它还与元件的工艺装配方法、体积比热大小有关.

图 3 为热释电传感器的结构.在金属管座的中央,固定金属导电基座,再于导电基座的中央用特种导电胶固定热释电晶片.晶片厚度为 $50\ \mu\text{m}$,晶片表面镀上电极.由于晶片为高阻抗,所以用场效应晶体管(FET)进行阻抗变

表 1

热释电材料	居里温度 $T_c(^{\circ}\text{C})$	比介电常数 ϵ	热释电系数 $\lambda'[\text{C} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$	体积比热 $C'[\text{g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{K}]$	$\lambda'/8C'$ [C · cm · J]
TGS (有机系)	49	35	4.0×10^{-8}	2.5	4.6×10^{-10}
LiTaO ₃ (单晶)	618	43—54	$1.8-2.3 \times 10^{-8}$	3.2	$1.3-1.35 \times 10^{-10}$
PZT (陶瓷)	200—270	380—1800	$1.8-2.0 \times 10^{-8}$	3.0	$0.2-0.4 \times 10^{-10}$
改性 PZT (陶瓷)	220	380	17.9×10^{-8}	3.1	1.5×10^{-10}
LiNbO ₃ (单晶)	1200	30	$0.4-0.5 \times 10^{-8}$	2.8	$0.4-0.6 \times 10^{-10}$
PbTiO ₃ (陶瓷)	470	200	6.0×10^{-8}	3.2	0.94×10^{-10}
SBN (单晶)	115	380	6.5×10^{-8}	2.1	0.8×10^{-10}
PVDF (有机高分子)	120	11	$0.24-0.4 \times 10^{-8}$	0.33	$0.9-1.5 \times 10^{-10}$

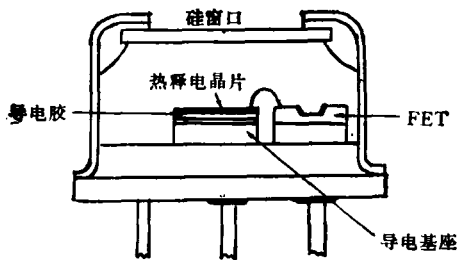


图 3 热释电传感器的结构

换。为了减少噪声的影响，FET 装在金属壳内。金属壳上固定着硅或者锗窗口。

热释电传感器有很多特性，现举一例列于表 2。

表 2

电压灵敏度 R_V (10Hz)	250—400 VW^{-1}
NEP (500, 10, 1)	$20-4 \times 10^{-10} \text{WHz}^{-1/2}$
探测能力 D^* (500, 10, 1)	$1-3 \times 10^8 \text{cmHz}^{1/2} \text{W}^{-1}$
热时间常数	~50 ms
元件尺寸	2×2 mm
元件热容	~50 pF

(1)电压灵敏度 (R_V): 传感器输出电压的有效值与红外辐射能量的有效值之比, 即单位红外入射的输出。电压灵敏度与入射红外线斩波频率($\omega = 2\pi f$)有关, 斩波频率在 10Hz 以上时, 电压灵敏度 R_V 与 ω 成反比, 即

$$R_V = C\omega^{-1},$$

其中 C 为常数, ω 为角频率数 ($\omega = 2\pi f$), f 为斩波频率。

(2)噪声当量输入 NEP: 与传感器的噪声输出 V_n 相等的信号输出 V_s 相当的红外入射辐射通量 P_{cm}

$$\text{NEP} = V_n/R_V(\text{WHz}^{-1/2}).$$

小于 NEP 的入射不能测定, NEP 值愈小的传感器性能愈好。

(3)探测能力 D^* : 噪声电压 V_n 和电压灵敏度 R_V 之比的倒数称为探测度 D , 它表征传感器的信噪比(SN 比)。探测器的受光面积为 A , 频率带宽为 Δf , 当探测器的噪声与 $(A \cdot \Delta f)^{1/2}$ 成比例时, 为了比较不同探测器的极限灵敏度, 用相对探测度 D^* 来衡量, 称为探测能力, 其定义为

$$D^* = (A\Delta f)^{1/2} \frac{1}{\text{NEP}} (\text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{W}).$$

D^* 值大的传感器, 性能优良。

(4)响应速度: 热释电传感器在接收脉冲辐射时, 产生输出电压的响应速度, 其值由热时间常数 $\tau = \frac{C}{G}$ (C 为热容, G 为热导) 和电路时间常数决定, 一般是指输出信号达到峰值的 63% 时所经过的时间。

当检测对象为移动物体横向穿越传感器的视野时, 即产生输出, 无需斩波。当探测静止物体时, 入射光必须斩波成断续光。

二、应用

热释电传感器可用于非接触式测温, 例如用曲率半径 4cm 左右的凹面镜会聚红外线到热释电传感器上, 将输出用运算放大器放大 60 dB 左右, 即可探测 15m 以内移动的人体。用来探测人体最多的是门自动开关、侵入者报警

(下转第 148 页)