

现了这种类型的电视接收机。

必须指出，所有直流电致发光的光发射谱带都比较窄，因此很难做成发出白光的屏，只能做成发出最接近白光的黄色光屏。由三基色组成的矩阵彩色电视屏，比较复杂，目前尚处于考虑阶段，在近期内实现还有一定的困难。

人们设想了未来高性能平板电视的指标如表 3 所示^[6]。用电致发光屏能否实现这些假定指标，目前还没有较明确的答案，需要今后进一步进行探讨。

参 考 文 献

- [1] 由山政三, *エレクトロニクス*, 14-6(1969), 822-827.
- [2] Masami Yoshiyama, *Electronics*, 42-6(1969), 114.
- [3] Munt Irwin, N. J. Elizabeth, *OFFICIAL GAZETTE*, Vol. 893, No. 3, December 21, 1971, 3,629,653.
- [4] 大石巖, *電子通信学会誌*, 55-3(1972), 309-315.
- [5] 小口文一, *電子通信学会誌*, 53-8(1970), 1054-1062.
- [6] *Electronics*, 14-25(1971), 143.

铁电体介电常数和热电系数的测量

邵式平 梁宏林

(昆明物理研究所)

自从 1920 年观察到罗息盐 ($\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 的电滞回线以来^[1], 已经发现数以百计的铁电材料。最近几年还不断观察到许多材料具有铁电性质, 并在不少的领域得到应用。例如, 用作热电红外探测器、电光调制晶体、全息存贮和光纤通讯材料等。当作为红外探测器材料时, 需要测量铁电晶体的介电、热电和热学性能, 因用于不同频段的探测器的材料优值因子都与这些量有关, 所以精确测量铁电体的介电、热电性能也是深入研究热电红外探测器的必要手段之一。

电压即为 $V_x = Q/C_0$ 。在示波器的显示屏上可以看到 Q/C_0 与 V_x 的关系曲线。当待测电容器的电极面积 A 已知时, 可以得到

$$P = \frac{V_x C_0}{A} \quad (1)$$

样品的厚度 l 是可以精确测量的, 而 $V_x = El$, 所以电滞回线实际上是 $P-E$ 的关系曲线。如图 2 所示, 其中 P_r 为剩余极化强度, P_0 为饱和极化强度, E_c 为矫顽场强。把水溶液中用降温法生长的 TGS 单晶, 沿 b 面解理, 作成厚度约为 0.3 mm 的晶片。在垂直于极化轴 (b 轴) 的两面蒸镀金电极。这种 TGS 平行板电容器

一、电滞回线显示

1. 照相记录

图 1 表示测量电滞回线的电滞电桥原理图^[2,3]。 C_x 表示待测的铁电晶体做成的平行板电容器, C_0 为已知的参考电容。在电桥两端加上交流电压, C_x 上的电压 V 等于示波器电极 1 和 2 之间的电压 V_x 。示波器的电极之间的电容很小, 所以 C_x 和 C_0 上储存的电荷可以认为是相同的。设电荷量为 Q , 电极 3 和 4 之间的

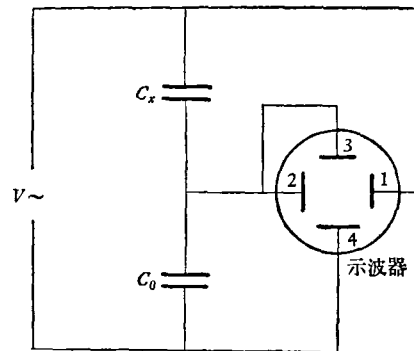


图 1 观察铁电体电滞回线的电滞电桥原理图

的电滞回线的照片如图 3 所示。不同的回线分别对应于不同的扫描频率。在我们测试的频率

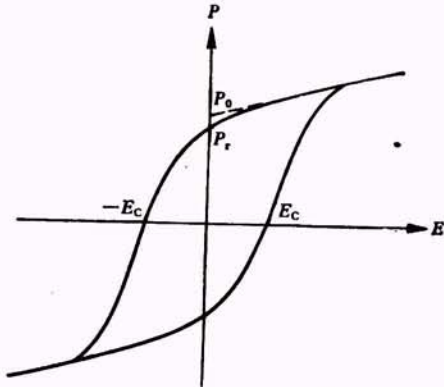


图 2 铁电体的电滞回线
 P_0 为饱和极化强度; P_r 为剩余极化强度; E_c 为矫顽场强

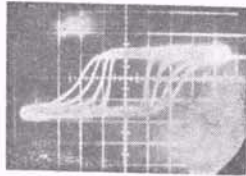


图 3 TGS 电滞回线随三角波扫描周期的变化
(从外到里依次为 2ms, 20ms, 0.2s 和 2s)

范围内,扫描频率越高, E_c 越大, 而 P_r 变化较小。照相记录适用于较高频率的测试。图 4 表示原生 LiTaO_3 和极化后晶体的电滞回线照片, 因为 LiTaO_3 的矫顽场强较大, 我们使用了升压变压器, 再把较高的扫描电压加在电滞电桥两端才能显示电滞回线。

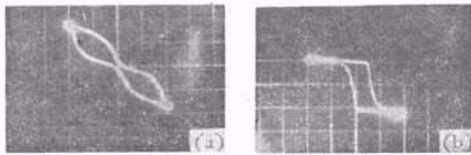


图 4

(a) 为原生 LiTaO_3 晶体的电滞回线;
(b) 为极化后 LiTaO_3 晶体的电滞回线
(x 轴每格 465 V, y 轴每格 5 V;
 $A = 0.01\text{cm}^2$, $l = 50\mu\text{m}$, $C_0 = 0.1\mu\text{F}$)

2. 函数记录仪描述

当用超低频电压扫描时 ($f = 0.001-0.1$ Hz), 可以用函数记录仪描述。根据文献 [4] 制作的测试电路, 如图 5 所示。图 5 中的放大器

用 FET 差分放大与运算放大器 8FC2 组成, 这种放大器实际上起阻抗变换作用, 要求输入阻抗大; 还要求 $C_0 \gg C_x$, 以保证 V_x 正比于 C_x 上的电压。用 XFD-8 型超低频讯号发生器输出的正弦波或三角波电压扫描, 在函数记录仪上描出的电滞回线如图 6 所示。样品是掺杂 13% (溶液中的克分子比) 丙氨酸的 TGS (简称为 ATGS)。图中不同回线对应于不同的样品温度。当温度接近 ATGS 的居里温度时 ($T_c \approx 50^\circ\text{C}$), 回线消失。高于居里温度时, 晶体转变成顺电体。

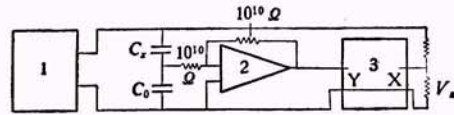


图 5 电滞回线函数记录仪描述

1 为 XFD-8 型超低频讯号发生器;
2 为 FET 差分放大与 8FC2 组成的直流放大器;
3 为 LZ3-104 型函数记录仪;
 C_x 为待测样品电容; C_0 为参考电容

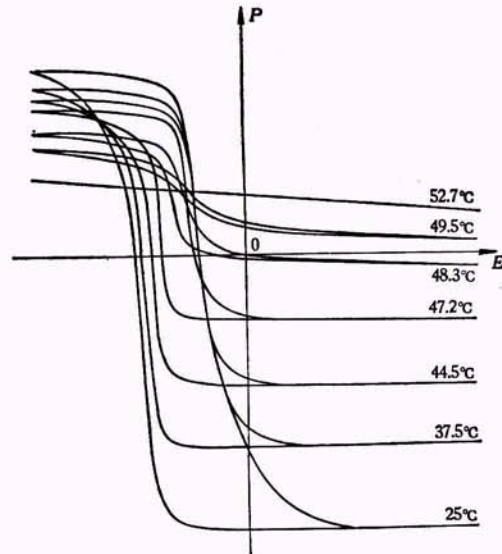


图 6 不同温度下 ATGS 由函数记录仪描述的电滞回线
(图中表明了样品温度)

二、介电常数测量

在室温下, 可以用通用的精密电桥测量晶体的电容和电导来计算介电常数和损耗因子, 如用 CO-2 型精密电桥。我们希望测量介电常

数与温度和频率的变化关系，并且能在函数记录仪上自动描述。我们参考了文献[5]的测量原理并根据现有条件作了一些修改，具体线路如图7所示。图7中第二级运算放大器的输出

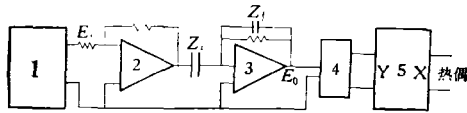


图7 铁电体的介电常数与温度或频率关系测量原理图
1为XFD-8型超低频讯号发生器；
2,3为FET差分放大与8FC2组成的放大器；
4为交直流变换器；
5为LZ3-104型函数记录仪；
 Z_i 为待测样品的阻抗

电压 $E_0 = (Z_f/Z_i) E_i$ ， E_i 为第一级放大器的输入电压。当 Z_i 随温度变化时， E_0 正比于样品的电容值 C_x ，经交直流变换器，函数记录仪上就能描出介电常数与温度的相对变化值。这时要求样品的电导在测量温度范围内的变化远小于电容的变化。用这种方法测得的介电常数与温度关系如图8所示。图8中同时用电荷积分法描出了同一样品的极化强度与温度的关系曲线。用这一方法可以测量铁电晶体的相变温度。

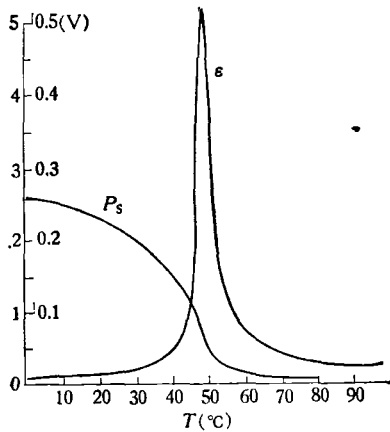


图8 ATGS的介电常数与温度关系
(图中同时描出了自发极化强度与温度关系，介电常数和极化强度都是相对值)

三、热电系数测量

当铁电体经受温度变化时，它的自发极化强度 P_s 也会随之改变，把做成平行板电容器形

状的样品与外电路连接时，就会有微小的电流流过。热电电流由下式决定：

$$I = A \frac{dP_s}{dt} = A \frac{dP_s}{dT} \frac{dT}{dt} = A\lambda \frac{dT}{dt}, \quad (2)$$

其中 A 为样品的电极面积， T 为温度， $\lambda = \frac{dP_s}{dT}$ 称为热电系数。

测量热电系数的方法很多^[6]，我们选用电荷积分法^[5]。由图9可知，用运算放大器保持样品上的偏压很小，所以有时称 A 点为“虚地”。测

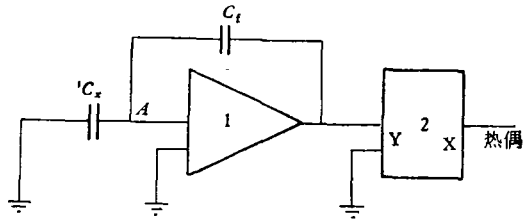


图9 测量热电系数的电荷积分法原理图

- 1为静电计或运算放大器；
- 2为LZ3-104型函数记录仪；
- C_f 为反馈电容；
- C_x 为待测样品电容

量热电电荷时，经过校正的电容器 C_f 连接在反馈回路上，晶体在加热过程中产生的热电电荷

$$\Delta Q = \int_0^t I dt,$$

同时传输到反馈电容上。放大器的输出电压为

$$\Delta V = \frac{\Delta Q}{C_f}. \quad (3)$$

把(2)式代入 $\Delta Q = \int_0^t I dt$ ，再代入(3)式可得

$$\Delta V = \frac{A\lambda\Delta T}{C_f}, \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{C_f\Delta V}{A\Delta T}. \quad (5)$$

由(5)式可以求得热电系数 λ 。

把聚苯乙烯电容 ($1\mu\text{F}$) 接入静电计的反馈回路中改装成积分放大器，测得的极化强度随温度的变化曲线如图10、图11所示。图10为 $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($x = 0.33$) 的变化曲线。图11为 LiTaO_3 的变化曲线。

另一种线路是用两只栅流小于 10^{-11} A 的 FET 组成一级差分放大器，再与运算放大器 8FC2 或 5G23C 做成积分放大器，测得的结果

表1 几种铁电材料的测量结果

材料名称	介电常数 ϵ	热电系数 $\lambda(10^{-8}C/cm^2 \cdot K)$	损耗因子 $\tan\delta$	居里温度 $T_C(^{\circ}C)$	自发极化强度 $P_s(10^{-6}C/cm^2)$
TGS	40	2.8	2×10^{-3}	49	2.9
ATGS	24	2.8	2×10^{-3}	50	2.8
SBN	1600	11	—	70	29
LiTaO ₃	45	1.5—1.9	4×10^{-4}	605	50

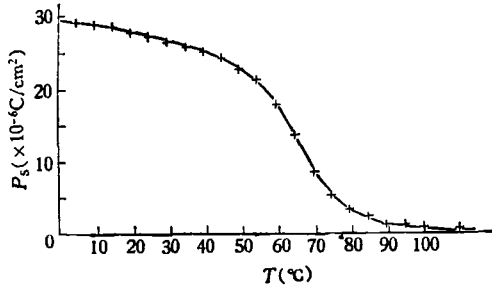


图10 电荷积分法测得的 $Sr_{0.13}Ba_{0.67}NbO_3$ 的极化强度与温度关系 ($P_s = 29 \times 10^{-6}C/cm^2, \lambda = 11 \times 10^{-8}C/cm^2 \cdot K$)

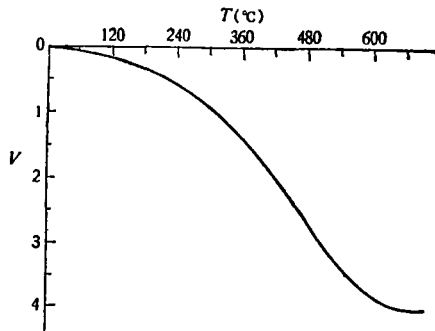


图11 LiTaO₃ 的极化强度与温度关系的记录曲线 $C_f = 1\mu F, A = 0.94cm^2$, 铅-铂铌热偶, 室温 $T_0 = 21^{\circ}C$

如图12所示。图12中也画出了用电滞回线法测得的饱和极化强度与温度的关系。热电系数变化曲线是由电荷积分法用(5)式求得的。

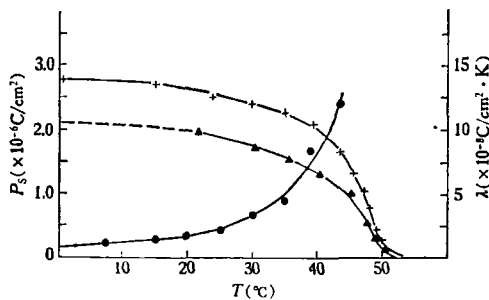


图12 溶剂变更法生长的 ATGS 的极化强度与温度关系^[7]
+ 为电荷积分法测得的曲线;
▲ 为电滞回线法测得的曲线;
● 为根据电荷积分法求得的热电系数与温度关系

四、测量结果

对 TGS, ATGS, $Sr_xBa_{1-x}NbO_3 (x = 0.33)$ 和 LiTaO₃ 的测量数据列于表1。室温时介电常数是在 1kHz 频率测得的。热电系数是室温下的数据。

五、讨论

对几种铁电材料测量结果表明,(对照文献[8]报道的数据)我们的测试设备可提供必要的介电、热电参数以及进行基础研究。根据铁电体的热力学理论^[9],介电、热电参数也是晶体的电场和应力的函数,所以测量中必须考虑各种因素引起的影响。同时,材料的介电、热电参数一般与样品的制备工艺有关,例如与电极材料、样品厚度、材料组分、极化条件和掺杂情况有关。我们在表1中列出的数据都是一些典型值。对几种材料在不同条件下的测量结果与分析将另文报道。

参 考 文 献

- [1] J. Valasek, *Phys. Rev.*, **15**(1920), 537.
- [2] C. B. Sawyer and C. H. Tower, *Phys. Rev.*, **35**(1930), 269.
- [3] H. Diamant et al., *Rev. Sci. Instrum.*, **28**(1957), 30.
- [4] J. M. Sarreau et al., *J. Phys. E. Sci. Instrum.*, **11**(1978), 1113.
- [5] A. M. Glass, *J. Appl. Phys.*, **40**(1969), 4699.
- [6] M. E. Lines and A. M. Glass, *Principles and Applications of Ferroelectrics and Related Materials*, Clarendon, Oxford, (1977). 141—146.
- [7] 邓朝德、邵式平、梁宏林, *物理学报*, **29-3**(1980), 339.
- [8] H. P. Beerman, *Infrared Phys.*, **15**(1975), 225.
- [9] Toshio Mitsui et al., *An Introduction to the Physics of Ferroelectrics*, Gordon and Breach Science Publishers, (1976), 29—47.