

南京大学物理学院
近代物理实验

近代物理实验

铁电薄膜铁电特性的表征实验

实验报告

姓名	杨峻
学号	111120174
院系 班级	物理学院 2011 级 5 班
报告日期	2014 年 5 月 21 日

§1 引言

铁电体是这样一类晶体: 在一定温度范围内存在自发极化, 自发极化具有两个或多个可能的取向, 其取向可能随电场而转向。铁电体并不含“铁”, 只是它与铁磁体具有磁滞回线相类似, 具有电滞回线, 因而称为铁电体。在某一温度以上, 它为顺电相, 无铁电性, 其介电常数服从居里-外斯 (Curie-Weiss) 定律。铁电相与顺电相之间的转变通常称为铁电相变, 该温度称为居里温度或居里点 T_c 。铁电体即使在没有外界电场作用下, 内部也会出现极化, 这种极化称为自发极化。自发极化的出现是与这一类材料的晶体结构有关的。

晶体的对称性可以划分为 32 种点群。在无中心对称的 21 种晶体类型中除 432 点群外其余 20 种都有压电效应, 而这 20 种压电晶体中又有 10 种具热释电现象。热释电晶体是具有自发极化的晶体, 但因表面电荷的抵偿作用, 其极化电矩不能显示出来, 只有当温度改变, 电矩 (即极化强度) 发生变化, 才能显示固有的极化, 这可以通过测量一闭合回路中流动的电荷来观测。热释电就是指改变温度才能显示电极化的现象, 铁电体又是热释电晶体中的一小类, 其特点就是自发极化强度可因电场作用而反向, 因而极化强度和电场 E 之间形成电滞回线是铁电体的一个主要特性。

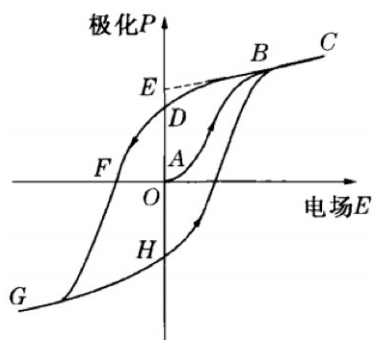
自发极化可用矢量来描述, 自发极化出现在晶体中造成一个特殊的方向。晶体中, 每个晶胞中原子的构型使正负电荷重心沿这个特殊方向发生位移, 使电荷正负中心不重合, 形成电偶极矩。整个晶体在该方向上呈现极性, 一端为正, 一端为负。在其正负端分别有一层正和负的束缚电荷。束缚电荷产生的电场在晶体内部与极化反向 (称为退极化场), 使静电能升高, 在受机械约束时, 伴随着自发极化的应变还将使应变能增加, 所以均匀极化的状态是不稳定的, 晶体将分成若干小区域, 每个小区域称为电畴或畴, 畴的间界叫畴壁。畴的出现使晶体的静电能和应变能降低, 但畴壁的存在引入了畴壁能。总自由能取极小值的条件决定了电畴的稳定性。

§2 实验目的

1. 了解什么是铁电体, 什么是电滞回线及其测量原理和方法。
2. 了解非挥发铁电随机读取存储器的工作原理及性能表征。

§3 实验原理

铁电体是这样一类材料: 在一定温度范围内存在自发极化, 且自发极化具有两个或多个可能的取向, 在电场作用下其取向可改变。铁电体并不含“铁”, 只是它与具有磁滞回线的铁磁体相类似, 具有电滞回线, 因而称为铁电体。铁电体的极化随外电场的变化而变化, 但电场较强时, 极化与电场之间呈非线性关系。在电场作用下新畴成核长大, 畴壁移动, 导致极化转向, 在电场很弱时, 极化线性地依赖于电场 (如下图中的 OA 段), 此时可逆的畴壁移动成为不可逆的, 极化随电场的增加比线性段快。当电场达到相应于 B 点值时, 总极化仍然有所增大 (BC 段) 并趋于饱和。如果趋于饱和后电场减小, 极化将沿 CBD 段曲线减小, 以致当电场达到零时, 晶体仍保留在宏观极化状态, 线段 OD 表示的极化称为剩余极化 P_r 。将线段 CB 外推到与极化轴相交于 E, 则线段 OE 为饱和自发极化 P_s 。如果电场反向, 极化将随之降低并改变方向, 直到电场等于某一值时, 极化又将趋于饱和。这一过程如曲线 DFG 所示, OF 所代表的电场是使极化等于零的电场, 称为矫顽场 E_c 。电场在正负饱和值之间循环一周时, 极化与电场的关系如曲线 CBDFGHC 所示, 此曲线称为电滞回线。



§4 实验内容

通过铁电薄膜的电滞回线测量得到薄膜的剩余极化 P_r 、饱和极化 P_S 、矫顽场 E_c 。

§5 实验数据及处理

此次试验中, 改变加到样品上的最大电压, 一共测得七组数据。从实验数据作出的图中可以直接读出剩余极化 P_r , 对处于极化 P 为 0 附近的数据作拟合可以得到材料的矫顽场 E_c , 对极化 P 最大的点附近取几个点作线性拟合求出与纵轴的交点可以得到饱和极化 P_S 的大小。

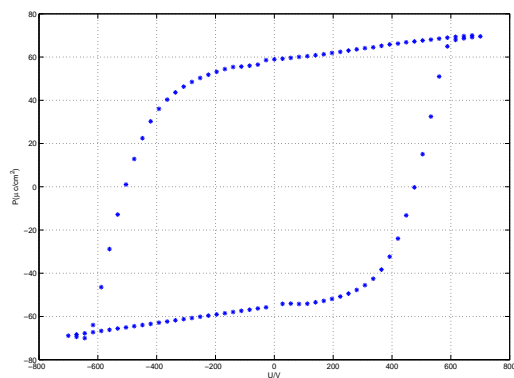


Figure 1: 700V

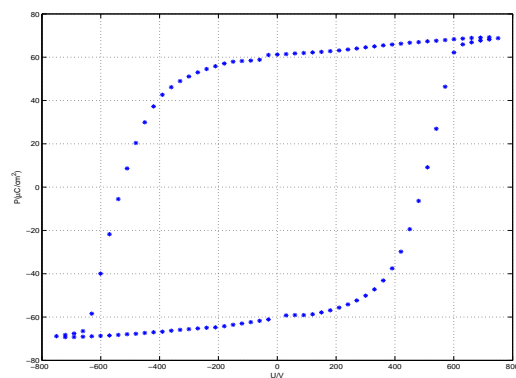


Figure 2: 750V

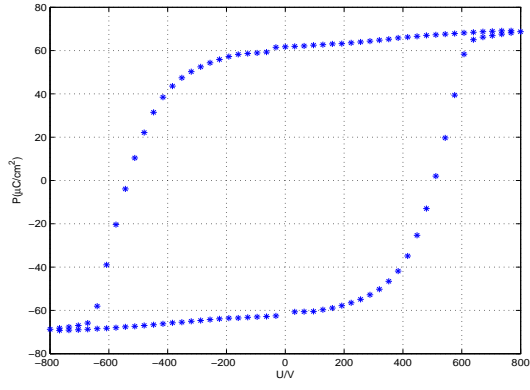


Figure 3: 800V

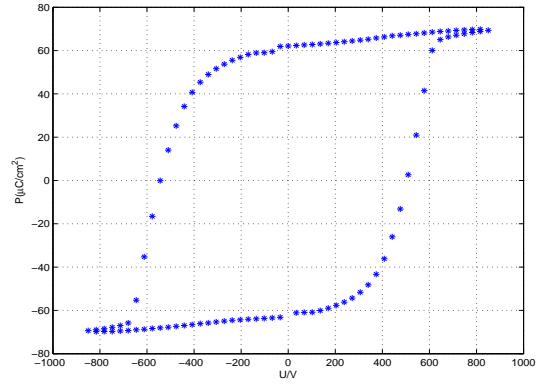


Figure 4: 850V

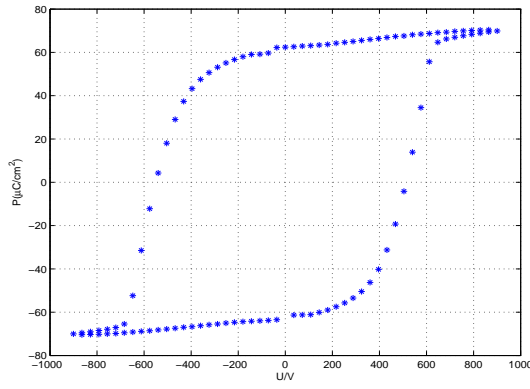


Figure 5: 900V

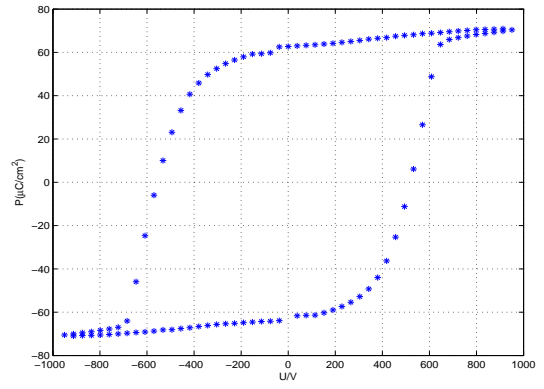


Figure 6: 950V

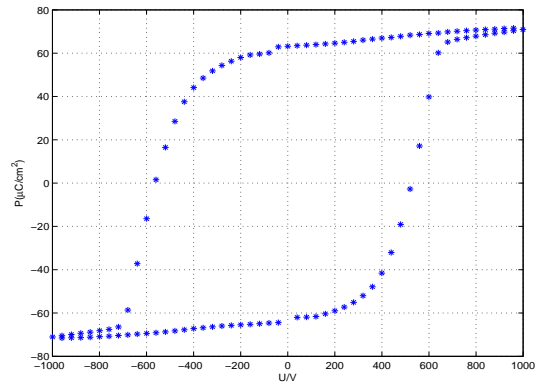


Figure 7: 1000V

电压最大值 (U/V)	700	750	800	850	900	950	1000
剩余极化 (P_r+)	58.29	61.24	61.76	62.08	62.41	62.73	63.19
剩余极化 (P_r-)	-54.98	-69.17	-61.60	-62.14	-62.41	-62.77	-63.22
矫顽场 ($E_c + /V$)	478.1	488.8	502.8	502.8	506.8	514.0	518.3
矫顽场 ($E_c - /V$)	-504.2	-526.7	-534.1	-538.4	-543.8	-552.8	-556.3
饱和极化 (P_s+)	69.55	68.77	69.16	69.36	69.88	70.40	71.57
饱和极化 (P_s-)	-68.90	-68.84	-69.23	-69.36	-70.01	-70.53	-71.05

分别作出电压和各个参量之间的关系。以下作图均是电压与相应参量的绝对值的关系。

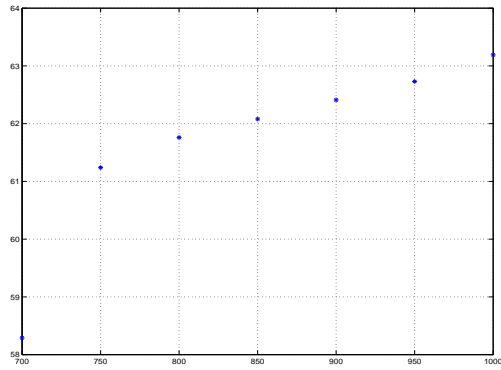


Figure 8: U-Pr+

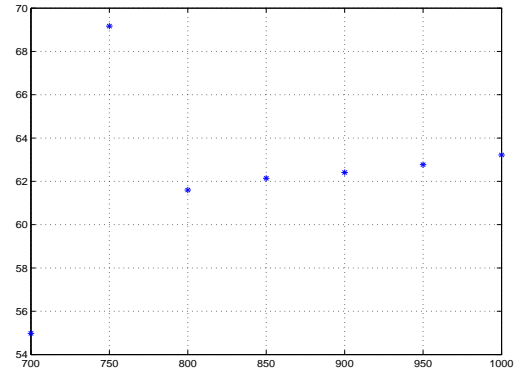


Figure 9: U-Pr-

从图中可以看出前两个点的较大的偏离线性关系，去掉后进行拟合得到下图。

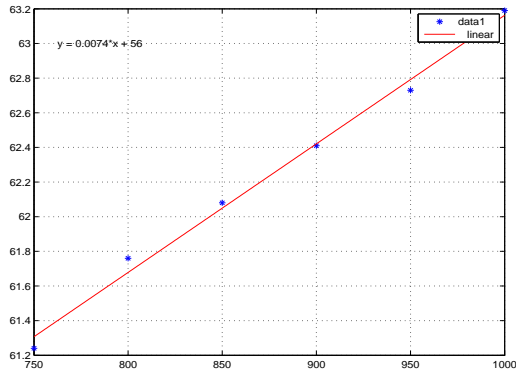


Figure 10: U-Pr+

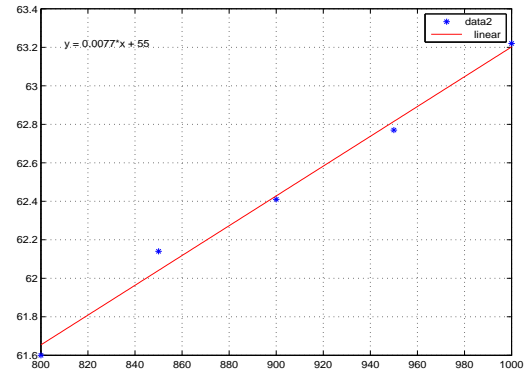


Figure 11: U-Pr-

相对应的拟合函数为 $P_{r+} = 0.0074U + 56$ 和 $P_{r-} = 0.0077U + 55$ 。事实上线性函数前面的系数很小，剩余极化强度的变化并不是很大，可以认为剩余极化强度是一个固定的值。

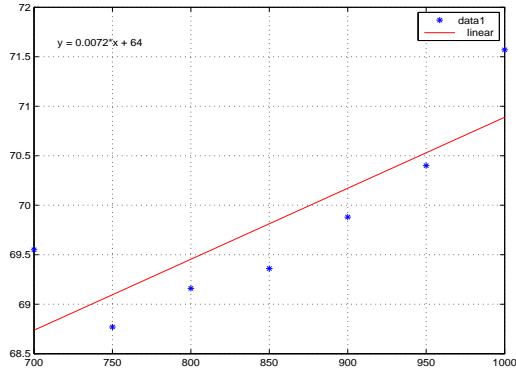


Figure 12: U-Pc+

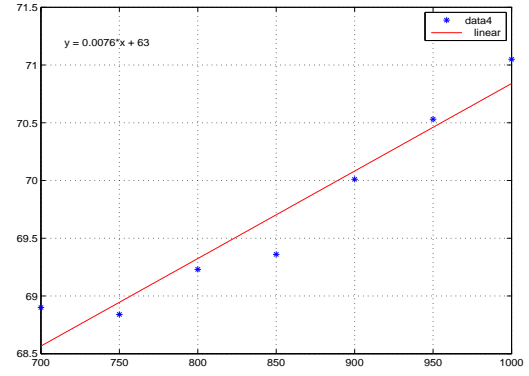


Figure 13: U-Pc-

上图是电压和饱和极化强度的关系，拟合的函数关系分别为 $P_{c+} = 0.0072U + 64$ 和 $P_{c-} = 0.0076U + 63$ 。饱和极化强度随电压的变化并不是很大，可以认为是一个固定的值。

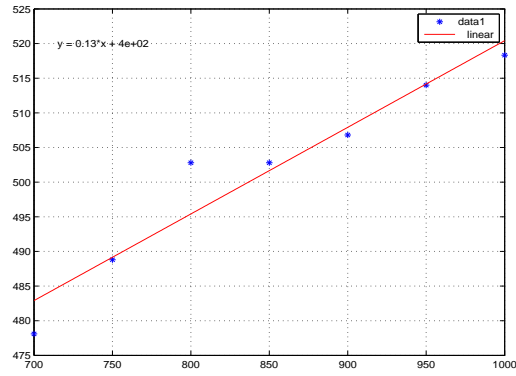


Figure 14: U-E+

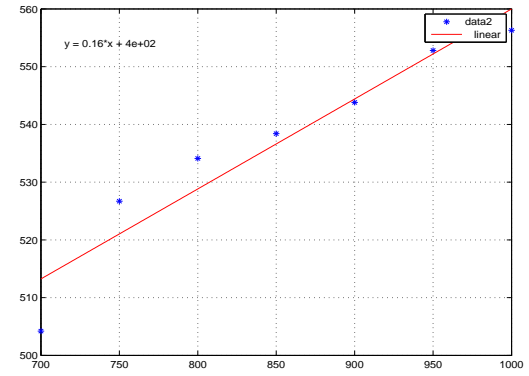


Figure 15: U-E-

相比于剩余极化强度和饱和极化强度，矫顽场的变化较大。拟合的函数关系为 $E_{c+} = 0.13U + 400$ 和 $E_{c-} = 0.16U + 400$

§6 数据分析

1. 从上述的图像中可以得出剩余极化强度和饱和极化强度随电压的升高而缓慢升高，并且成线性关系。
2. 矫顽场随电压的升高呈现较明显的线性关系，其强度随着电压的升高而升高。