

基于LabVIEW的电滞回线测试系统的开发*

王永晔¹ 张颖¹ 程璇¹ 陈辉宏²

¹(厦门大学材料科学与工程系固体表面物理化学国家重点实验室 厦门 361005)

²(厦门大学化学系 厦门 361005)

摘要 测量铁电材料的电滞回线是确定铁电参数、检验材料性能好坏的一个重要手段,目前采用的主要测量手段是示波器法。但是,这种传统的方法无法在测量的过程中对误差进行修正、对数据进行处理和分析。为了克服这种不足,研究和开发了一种基于美国NI公司最新推出的LabVIEW 7.1 Express 虚拟仪器开发平台的电滞回线测试系统,通过介绍该系统的数据接口、数据处理、数据库链接以及多种语言联合作业的方法,提出了一种新的电滞回线测量方案,并获得了初步的实验结果。

关键词 LabVIEW 电滞回线 数据采集 虚拟仪器

中图分类号 TG113.25 文献标识码 A 国家标准学科分类代码 430.4540

Development of Hysteresis Measuring System Based on LabVIEW

Wang Yongye¹ Zhang Ying¹ Cheng Xuan¹ Chen Huihong²

¹(State Key Laboratory for Physical Chemistry of Solid Surfaces, Department of Materials Science and Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

²(Department of Chemistry, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract Measurement of hysteresis in ferroelectrics is very important in determination of their physical parameters and material performance. The main method which is currently available in hysteresis measurement is oscilloscope. However, this type of method cannot correct, process and analyse the data measured. In order to overcome these problems, a hysteresis measuring system was based on LabVIEW 7.1 Express virtual instrumentation. The data input, data processing, and data connection as well as the combined work in multiple languages of the system were introduced. The new design of measuring system was carried out and the preliminary experimental results were obtained.

Key words LabVIEW Hysteresis Data collection Virtual instrumentation

1 引言

铁电材料是一种广泛应用的信息功能材料,其客观的性能参数主要是通过电滞回线来确定的,即对材料施加交变电场时,产生的自发极化强度与外加电场之间的关系。传统的电滞回线的测试方法主要是利用的商业化仪器(如:铁电仪、示波器等)来实现的,但是仪器的功能的固定不变给使用者带来许多不便。

虚拟仪器概念最早是由美国国家仪器公司

(National Instruments Corp, NI)于1986年提出的,是指由计算机操纵的模块化仪器系统。在虚拟仪器系统中,利用I/O接口设备获取信号;用功能强大的计算机及其显示器替代由传统仪器硬件实现的数据分析处理与显示。利用虚拟仪器编程环境,用户可以根据需要自行设计软件来定义或扩展测量仪器的功能,虚拟仪器开创了仪器使用者可以成为仪器设计者的时代。文中简要介绍了电滞回线测试系统的数据接口、数据处理、数据库链接以及多种语言联合作业的方法,通过介绍该系统的数据接口、数据处理、数据库链接以及多种

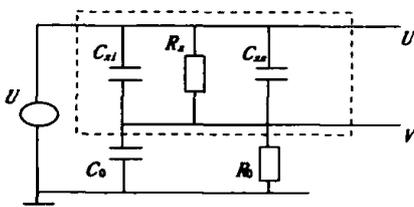
语言联合作业的方法,提出了一种新的电滞回线测量方案,并获得了初步的实验结果。

2 电滞回线测试系统的构成

电滞回线的测量系统是由软件和硬件两个部分组成,硬件部分是利用电阻补偿电路测量电信号并通过 A/D 将电信号转化为数字信号;软件部分是通过编写的程序将数字信号进行分析、处理和显示。

2.1 测试电路及其原理

Sawyer-Tower 电路^[1]是目前广为应用的电滞回线测试电路,这种电路将铁电材料假设成一个与自发极化反转有关的非线性等效电容。但在通常情况下铁电材料还具有漏电导和线性感应电容,如果要获得材料的本征电滞回线,必须在测量过程中对这两者进行适当的补偿。根据所使用的材料,这里选用电阻补偿法来测量电滞回线^[2]。电阻补偿法所用的等值电路如图1所示,其中虚框部分是铁电材料的等效电路, C_{xi} 为线性感应等效电容, R_x 为铁电材料的漏电导及损耗等效电阻, C_{xn} 为与自发极化反转相对应的非线性等效电容。为了有效消除 C_{xn} 和 R_x 对电滞回线的影响,该电路有两点要求:(1)标准电容器的容量 $C_0 \gg C_x$,这样外加电压几乎全加在示波器 X 轴上,而电容 C_0 两端的电压加在示波器 Y 轴上;(2) $C_0 R_0 = C_x R_x$,这时由于电导和电感极化损耗造成的相移消失。故采用电阻补偿法只要选用适当的 C_0 、 R_0 就可以得到满意的电滞回线。



虚框中为铁电材料的等效电路

图1 电阻补偿法的等值电路

2.2 数据接口设计

美国NI公司推出的LabVIEW是一种基于C语言的图形化优秀的开发平台,它是把繁琐、复杂、费时的代码编写输入,简化成使用菜单式图标提示的方法来选择功能,并用线把功能连接起来的简单图形编程方式^[3]。因此它提供了一种很好的编程环境,但是在国内应用的并不多。其中主要的原因就是与LabVIEW配套使用的ATE系列的数据采集卡价格昂贵,而一般的数据采集卡,LabVIEW提供的DAQ模块又不能使用,这就使得所编写的程序无法识别到数据采集卡。为了解决这个问题,国内学者针对不同的采集要求提出了各种方法,如应用LabVIEW提供的简单数据输入输出函数、利用LabVIEW的动态链接库机制等^[4-6]。

解决这个问题,国内学者针对不同的采集要求提出了各种方法,如应用LabVIEW提供的简单数据输入输出函数、利用LabVIEW的动态链接库机制等^[4-6]。

铁电材料电滞回线的测试,要求高的采集速度,并且各采集通道要求实现无相位差的同步采集,因此文中采用北京双诺技术有限公司提供的AC6115数据采集卡。这种数据采集卡的以下两个特点满足了电滞回线测量的需要:首先,它采用4k字节FIFO,因此支持高速连续采集;其次,它可以进行8路无相差同时采样。但是AC6115并非LabVIEW所兼容的数据采集卡,为了实现在该编程环境下应用这种数据采集卡,作者通过LabVIEW所提供的调用库函数(CLF)来调用一个动态链接库文件(DLL文件),实现软件对硬件接口的访问获取硬件上的数字信号,以下将介绍这种方法的实现步骤:

(1) 建立 CLF 节点。在 LabVIEW 应用程序的 Diagram 下需要调用动态链接库处添加 call library function node 节点;

(2) 配置 CLF 节点。双击 CLF 节点图标,在弹出的对话框中进行配置。其中在 'library name or path' 中选择 DLL 文件的路径;在 'function name' 中键入欲调用的函数名;根据 DLL 中函数的调用接口添加输入输出参数;

(3) 连接 CLF 节点。在 LabVIEW 应用程序的 diagram 下用 tool connect wire 将 CLF 节点的输入输出参数与其他节点相连。

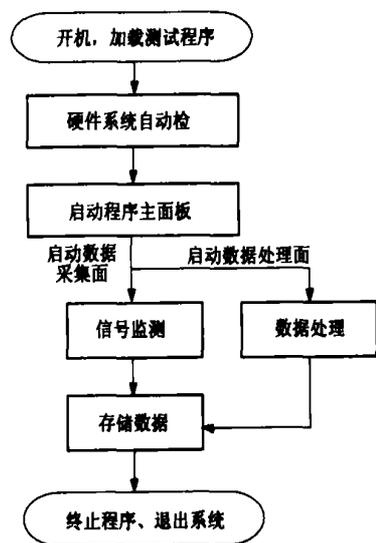


图2 电滞回线测试软件工作流程图

通过以上的步骤就可以实现采集卡数据接口与软件接口的连接。

2.3 软件设计

2.3.1 软件结构

电滞回线测试软件利用 NI 最新的 LabVIEW 7 Express 进行设计, 运行于 Windows 2000 系统上, 具有多进程并发运行和多页面显示特点, 工作流程如图 2 所示。其中信号监测线程负责采集由测试电路传送来的物理信号, 并进行各种数字、图形和曲线的显示; 数据管理线程是将采集到的数据进行处理、分析和打印等。

2.3.2 电滞回线测试仪面板设计

电滞回线测试仪界面利用 LabVIEW 的分页控件设计成信号监测和数据管理的双页面的显示方式, 各功能采用子 VI 技术编制成模块库以供调用。图 3 为数据采集主界面, 其可以分为采样参数的设置、信号的调理、信号的显示等功能区。

数据处理面板对采集到的数据进行进一步的分析, 并计算出电滞回线的各种参数: 饱和极化强度、剩余极化强度和矫顽强度等, 同时通过选择框分别对极化强度随外加场强的变化关系、极化强度随时间的变化关系等进行了分析。经过处理后的所有数据都可以 txt 形式存在硬盘的指定目录中, 用户可以进行备份或者用第三方软件进行再分析。

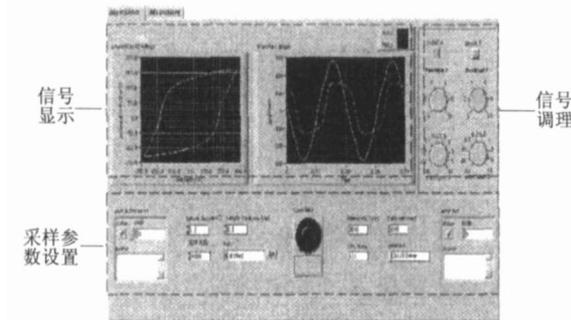


图 3 电滞回线测试系统主界面

3 实验

选用中科院声学所提供的 PLZT 铁电陶瓷材料 (其锆钛比为 53/47, 另外掺杂了 3% 原子的 La 和 Nb) 进行电滞回线的测量, 样品的电极面积为 1.2cm^2 , 厚度为 0.8mm 。试验时首先用美国 EG & G 公司的 Potentiostat/Galvanostat Model 263A (恒电流/恒电位仪) 对 PLZT 分别在 5mV 、 10mV 、 15mV 的测试电压、 $1\sim 100\text{kHz}$ 的测试频率下进行交流阻抗测试以确定其漏电阻、电损耗电阻与线性感应电容, 从而调节 C_0 和 R_0 的值; 然后利用自行研究的电滞回线测量仪对样

品进行测试, 确定样品的剩余极化强度 P_r 、饱和极化强度 P_s 、矫顽强度 E_c 等参数, 测试信号的频率为 50Hz 的正弦波, 最大电压为 1000V ; 同时利用美国 Radiant Technology 公司的 RT6000HVS 铁电仪对同种样品进行测试, 以校验所得到数据的准确性。

4 结果与讨论

表 1 为根据未极化样品在不同测试电压下得到的交流阻抗结果计算出的等效电容与电阻, 从表中的结果可以看出不同的测试电压对结果的影响很小, 说明测得的等效电容和等效电阻是材料所固有的特性, 不随条件的变化而变化。

表 1 样品的交流阻抗测试参数

PLZT (mV)	5	10	15
等效电容 (pF)	141	144	143
等效电阻 (MΩ)	128	119	134

由于漏电产生的是椭圆叠加效应而线感应电容产生的是线性叠加效应, 故当它们存在的时候所测得的电滞回线两端呈圆头状并且趋于平卧如图 4(a) 所示, 这样在进行测量时就很难得到本征电滞回线。根据电阻补偿原理, 选择适当的 C_0 和 R_0 使得 $C_0R_0 = C_xR_x$ 时, 就可以有效地消除漏电和线性感应电容对电滞回线的影响。因此, 根据交流阻抗所得到的结果, 选择适当的 C_0 和 R_0 对样品的漏电和线性感应电容进行适当的补偿以消除它们产生的叠加效应而获得本征电滞回线(如图 4(b) 所示)。在选择 C_0 时要注意的是所采用的标准电容 C_0 不宜太大, 因为由极化反转提供的电荷所反映出来的信号是比较微弱的, 太大的 C_0 会淹没由铁电材料的自发极化反转提供的微弱电荷所反映出来的信号。

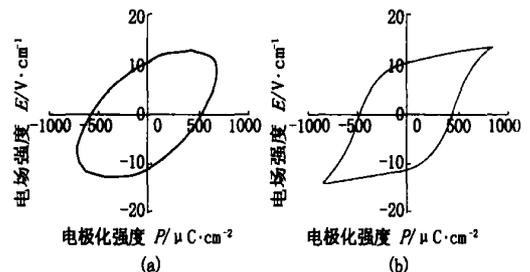


图 4 漏电和线感应电容对电滞回线的影响

非对称电极引起电滞回线的垂直漂移^[7], 铁电材料在界面不对称时, 电滞回线扫描一周后, 正向剩余极化和饱和极化明显大于负向剩余极化和饱和极化, 这

就出现了电滞回线的垂直漂移。产生这种现象的原因是在铁电电容的制作过程中,由于下电极总是要比上电极承受更重的热处理负担,使得界面态密度增加,铁电电容产生不对称界面势垒,而这种不对称势垒会导致电滞回线的垂直漂移。考虑到这种不对称势垒仅仅引起电滞回线的垂直移位,而不造成电滞回线的变形,因此可以通过以下公式来修正这种移位对电滞回线造成的影响:

$$P_{c(t)} = P_{o(t)} - \frac{P_{0(V_{max})} - P_{0(-V_{max})}}{2}$$

修正前后得电滞回线如图5所示。

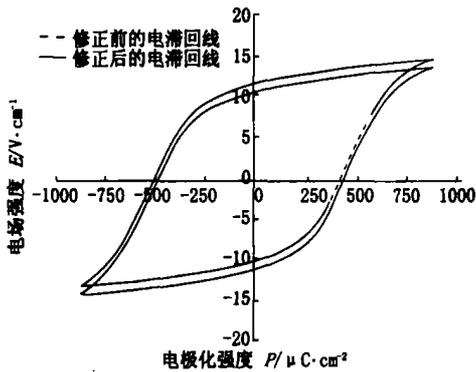


图5 计算机修正前后的电滞回线

通过以上这两种方法,可以比较有效地克服漏电导和线性感应电容对电滞回线造成的影响,从而得到较为准确的电滞回线。

5 结 论

研究和开发了一种基于美国NI公司最新推出的

LabVIEW 7.1 Express 虚拟仪器开发平台的电滞回线测试系统,应用LabVIEW编写数据采集程序,实现了电滞回线的计算机测试。与传统的示波器法比较起来,它摆脱了传统仪器在功能上固定不变的缺点,使用者可以根据自身的需要添加各种功能;同时利用计算机进行电滞回线的测试,可以实现对信息的实时分析、处理和保存,并计算出铁电材料的各种参数,这些都是传统仪器无法实现的。

参考文献

- [1] 曾亦可. 铁电薄膜电滞回线测量研究. 功能材料, 1998, 29(6): 600 - 603.
- [2] 钱蓉. 铁电陶瓷在机、电耦合作用下的行为及其破坏机理的研究: [博士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 1998.
- [3] 杨乐平. LabVIEW 高级程序设计. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [4] 陈敏, 汤晓安. LabVIEW 虚拟仪器数据接口设计与实现. 中国测试技术, 2004, 30(5): 52 - 54.
- [5] 王丹民. LabVIEW 下基于 DLL 的数据采集应用. 控制工程, 2005, 9(3): 68 - 70.
- [6] 罗锦, 孟晨, 苏振中, 等. 动态链接库技术在虚拟仪器系统构建中的应用. 计算机工程, 2003, 29(3): 176 - 177.
- [7] 郑立荣, 奥山雅则. 铁电薄膜漏电行为及其电滞回线变形. 中国科学(E 辑), 1996, 26(6): 511 - 518.

作者简介

王永晔 男 1979年5月出生 硕士研究生 主要研究方向为铁电材料性能分析及测试系统的建立
E-mail: Wpp0601@sina.com.cn

迁 址 公 告

中国仪器仪表学会《仪器仪表学报》杂志社于2006年4月1日迁入新址,现将新办公地址,电话等有关信息公告如下:

地 址: 北京市东城区北河沿大街79号2楼

邮 编: 100009

电 话: 010-84050563 64005190

E-mail: yqyb@vip.163.com

《仪器仪表学报》杂志社