

基于虚拟仪器技术的超声波测试系统及应用实例

刘志辉 刘争平 吴海燕

(西南交通大学 成都 610031)

摘要 相对于价钱昂贵,仪器面板不灵活的传统超声波测试仪器,利用虚拟仪器技术搭建的超声波测试系统具有很大优势,其仪器面板可由用户自定义,并能实现高分辨率、高采样率和多次叠加的数据采集。文章详细介绍利用虚拟仪器技术来搭建超声波测试系统的原理、软硬件系统。

关键词 虚拟仪器 LabVIEW 超声波测试系统

引言

目前,超声波测试在科研和生产实践中得到越来越广泛的应用。在高校的土工、建材、物探等实验室中,常用超声波来测量材料或模型的弹性波传播速度。在生产实践中,超声波常用于检测混凝土的强度和结构构件的缺陷。超声波测试在汽车雷达和智能机器人设计中已成为常规测试方法。但早期超声波测试仪器都有共同的缺点,即价钱昂贵、精度不高、仪器面板不灵活。本文介绍利用美国国家仪器公司(简称NI)先进的虚拟仪器技术,组建高效灵活的超声波测试系统。测试的实例表明:该系统不仅仪器面板可由用户自定义,而且能实现高分辨率,高采样率和多次叠加的数据采集。基于虚拟仪器技术的超声波测试仪器比传统仪器具有巨大优势,因为传统仪器的采样窗长(时窗)和采样率等参数受专用仪器内置计算芯片限制,适应面较窄;采用虚拟仪器,则可充分利用通用计算机的高性能,如计算处理速度、超大的内存等。

1 超声波测试系统的基本原理

超声波测试系统的原理是:由发射换能器向被测介质发射超声波,声波在介质中传播后被接收换能器接收。通过测量超声波在介质中传播特性或振动特性,便可计算介质的弹性模量或其它相关参数。

超声波测试系统分发射和接收两部分。发射机的基本原理(见图1)。

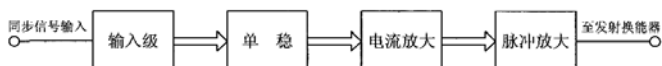


图1 发射机电路原理图

其中同步信号来自接收装置。单稳的作用是形成占空比可调的矩形脉冲。矩形脉冲经电流放大后加载到脉冲变压器的初级,在脉冲变压器的输出端得到高的脉冲电压,即可驱动发射换能器发射超声波。常用的发射换能器是压电陶瓷,其谐振频率决定发射的超声波频率。

传统的超声波测试系统的接收部分结构复杂,元器件多。接收电路部分通常包括微弱信号放大电路、信号滤波电路。考虑到有时检测到的回波信号幅值较大,还应在前端加入衰减电路;当接收信号电路的后级是数字系统时,还应在末端加入信号比较电路。传统超声波测试系统的接收部分和发射部分是独立的,接收部分通过同步信号控制发射部分。同步的作用是实现发射机发射超声波之时,接收机开始采集和记录。

以上所述可以看出,超声波测试系统的关键部分在于接收部分。如果采用虚拟仪器来制作接收部分,则极大地简化超声波测试系统的搭建。其基本思想是:1)通过LabVIEW软件编程控制虚拟仪器数据采集卡的数字I/O输出TTL电平,其可作为发射机的同步信号输入,控制发射机的发射;2)虚拟仪器数据采集卡和相应的接线盒配以功能强大的图形化编程语言——LabVIEW,可以实现高带宽、高分辨率、多通道和多次叠加的数据采集。由于采用标准化模块,可以由接线盒快速构建衰减电路;采集硬件可实现数据的采集;其出色的软件集成,既可虚拟出真实仪器的面板,又可对信号进行实时频谱分析、滤波处理、阶次分析等。

2 硬件系统

基于虚拟仪器技术超声波测试系统由发射换能

器、发射机、接收传感器、前置放大器、接线盒、68 针屏蔽线缆、装有 PCI-6251 数据采集卡的计算机组成(见图 2)。由于采用先进的虚拟仪器技术,本系统一个突出的特点是高分辨率、高采样率和良好的扩展性。NI 公司的 M 系列数据采集卡 PCI-6251 的采样精度为 16 位,最大采样率达 1M /s,其 68 针接线盒可提供 16 路模拟输入通道、8 路模拟输出通道、4 个数字 I/O。另外,该接线盒提供衰减电路模块。

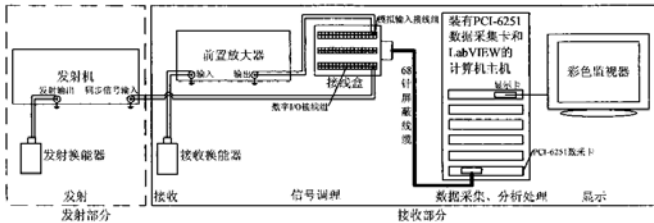


图 2 硬件系统结构图

3 软件系统

软件系统设计采用 NI 公司强大的图形化开发环境 LabVIEW 编程。该软件不仅提供丰富的功能模块以供调用,还可以把 C 程序和 Matlab 程序作为子 VI 嵌入运行。如果用户对声音和振动有较高的要求,还可以使用 NI 公司的“Sound and Vibration”工具包,其包含丰富的分析函数,如频谱分析、滤波、时频信号合并等。

针对超声波测试系统,其编程的基本思路(见图 3)。可以看出,系统采用多线程并行运行技术,整个系统分三个大的线程:文件操作、数字 TTL 电平输出、模拟信号的采集。各线程通过相应的接口传递数据,达到相对独立而又相互配合完成仪器的触发、数据的采集、文件的读写等功能。根据该思路编写的具体的程序前面板(见图 4),图 4 中左边为参数设置,触发电平输出包括输出通道及其高、低时间,采样参数设置包括采样输入通道、采样率、采样点数及触发边缘等;右边为波形显示,相当于传统仪器的示波器。

事实上,LabVIEW 编程相当灵活,编程者可以利用多种“软件滤波”的方法来消除一些随机的干扰信号。例如,利用多次叠加的技术,可以很大程度上消除随机干扰信号。所以在仪器前面板中可预设叠加次数,一般 1024 次就能取得较好效果。比较图 4 中的单次波形和叠加 1024 次后波形,可以看出叠加技术能滤除很大一部分高频干扰,波的初至也更清晰易读。

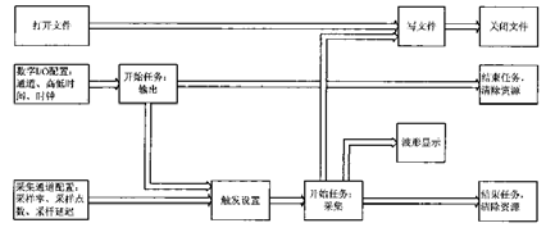


图 3 软件系统流程图

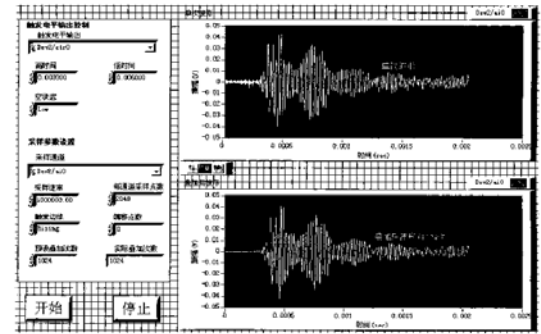


图 4 超声波测试系统数据采集程序前面板

4 应用实例

为检验基于虚拟仪器技术的超声波测试系统,采用砂岩模型进行试验。模型长、宽、高分别为 60cm、20cm、10cm,采用透射法和初至波时距曲线法分别测量超声波在模型中的传播速度。透射法采用距离除以声波在模型中的传播时间得到波速,该波速为声波在砂岩中传播的真速度。当然,超声波在模型中的传播时间应扣除 t_0 (即振动由压电陶瓷晶片传至换能器底座的时间)。通过实际测量, $t_0 = 5.3 \mu s$, 声波沿模型的宽度方向传播时间 $91.3^{-2} \times t_0 = 80.7 \mu s$, 计算波速为: $v_{\text{透}} = 20\text{cm} / 80.7 \mu s = 2478\text{m} / \text{s}$ 。初至波时距曲线法则通过固定发射换能器,沿测线以一定步距移动接收换能器,绘制初至波时距曲线,其应为一条过原点直线,该直线斜率的倒数即为声波沿测线传播的视速度。通过最小二乘法拟合得到初至波时距曲线斜率 $k = 4.0 \times 10^{-4} \text{s} / \text{m}$, 计算波速为 $v_{\text{初}} = 1 / k = 2500\text{m} / \text{s}$ 。

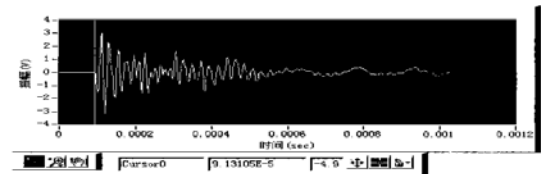


图 5 透射法的波形曲线

5 结束语

基于虚拟仪器技术的超声波收发系统具有操作灵活,精度高,稳定性好等特点,既满足对超声波信

采集和分析的要求,又有效降低系统开发、护及后期的升级成本。在高校科研经费紧张的情况下,有很高的推广应用的价值。对于野外实际采集,只需将前置放大器和台式机等部件换为该公司的小型信号调理产品和可用于笔记本上的虚拟仪器数据采集硬件,即可搭建一套非常轻型的超声波收发系统。

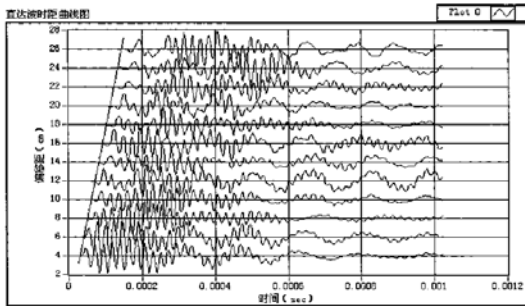


图6 直达波法的时距曲线

A ultrasonic detection system based on virtual instruments

Liu Zhihui Liu Zhengping Wu Haiyan

(Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031)

Abstract Compared with conventional detection system with expensive and non-flexible apparatus panel, a ultrasonic detection system based on virtual instruments is built with great advantages. It not only has user-defined apparatus panel, but also can carry out data acquisition of high resolution, high sampling rate and multiple coverage. This paper introduces the principle, soft system, and hard system of ultrasonic detection system based on virtual instruments in detail.

Key words Virtual instrument LabVIEW Ultrasonic detection system

(下接第17页)

在对测试片处理或测试过程中所引入含有Na、Al、K微粒污染会引起测试结果异常,根据SIMS测试剖析图形,可容易地将含有这些金属成分的室内微粒污染与样品本身表面金属沾污区别开来,表面金属沾污强度对数会随着溅射时间线性降低,而微粒引起污染在做深度剖析时不符合上述规律。

本法测得的各金属元素的面密度,与各金属的化学和电学特性无关。本测试法适用于所有掺杂种类和掺杂浓度的砷化镓抛光晶片,特别适用位于晶片表面约5nm深度内的表面金属沾污测试。

3 结论

采用二次离子质谱方法,检测砷化镓抛光晶片

致谢:在设计及搭建该平台中,得到美国麻省理工学院的朱正亚研究员及西南交通大学地球探测与信息技术教研室的郑永翔老师的热情指导、关心和帮助,在此深表谢意。

参考文献

- 1 袁易全. 近代超声原理及应用, 南京: 南京大学出版社, 1996
- 2 杨乐平, 李海涛, 杨磊. LabVIEW 程序设计与应用(第2版), 北京: 电子工业出版社, 2005
- 3 Gary W Johnson, Richard Jennings 著, 武嘉澍、陆劲昆译, LabVIEW 图形编程, 北京: 北京大学出版社, 2002
- 4 冯兵主编. 工程及水文物探教程, 陕西: 陕西人民教育出版社, 2003

表面Na、Al、K等金属元素面密度,是一种量化砷化镓抛光晶片表面沾污有效方法,具有较高的灵敏度。该方法有助于在晶片生产中,实现对Na、Al、K沾污的控制,可用于抛光片清洗工艺的监控、产品研发、材料验收等目的。

参考文献

- 1 李效白. 砷化镓微波功率场效应晶体管及其集成电路, 北京: 科学出版社, 1998
- 2 陆家和, 陈长彦. 表面分析技术, 北京: 电子工业出版社, 1987
- 3 秦超, 查良镇, 桂东等. 硅中硼的SIMS定量分析, 真空科学与技术, 增刊, 1998, 181~187

Measuring surface contaminant on polished GaAs wafer by secondary ion mass spectrometry

Ma Nongnong He Youqin Li Yuchen Ren Diansheng
(Electronic Material Research Institute, Tianjin 300192)

Abstract The failure problems in GaAs process are often related to surface contaminant on polished GaAs wafer. Secondary ion mass spectrometry is an excellent technique for measuring surface contaminant. A test method is provided for measuring surface sodium, aluminum, and potassium on polished GaAs wafer by secondary ion mass spectrometry in this paper.

Key words SIMS GaAs wafer Surface contaminant