文章编号:1001-5078(2008)09-0925-04

·光电技术与系统·

基于远红外激光源的太赫兹透射成像系统软件设计

李 琦,迟 欣,单纪鑫,王 骐
(哈尔滨工业大学光电子技术研究所 可调谐激光技术国家级重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要:太赫兹辐射成像在危险品检测、医疗和食品检验等领域有广泛的应用前景,基于远红外激光源的太赫兹二维透射成像方法具有很大的实用价值。在此成像系统中控制软件设计和实现是太赫兹成像系统的关键环节。本文采用Visual C++自行设计和编制了成像系统控制软件,此软件控制整个系统的运行,包括平移台的移动、数据采集卡的数据采集、峰峰值检测、生成图像、图像的显示以及图像的存储,另外附带太赫兹激光器参数查询功能。成像实验结果表明,此软件满足系统要求,运行良好,获得了较清晰的太赫兹图像。

关键词:太赫兹辐射成像;软件设计;自动控制;远红外激光源
中图分类号:TN929.1;TN492 **文献标识码**:A

Controlling Software Design for THz Imaging System Based on Far-infrared Laser Source

LI Qi,CHI Xin,SHAN Ji-xin,WANG Qi
(National Key Laboratory of Tunable Laser Technology,Institute of Optic-electronic,
Harbin Institute of Technology,Harbin 150001,China)

Abstract:Terahertz imaging will be applied for many directions,such as dangerous objects detection,medicine and food detection. The THz two-dimensional transmission imaging based on far-infrared laser source likely meet actual demands. The controlling software design and implementation in this imaging system is a key of THz imaging. In the paper,the software is designed and programmed by Visual C++. The software controls the total system,involving shifting-board motion,data acquisition card collection,peak-peak detection,image formation,image display and storage. It can also inquire about THz laser's parameters. The imaging experimental results show that the software well runs the imaging system and obtains clearer THz images.

Key words:THz imaging;software design;autocontrol;far-infrared laser source

1 引 言

太赫兹辐射是频率在(0.1~10)THz区间内的远红外电磁辐射。由于它容易穿过大多数非金属、非极性物质,所以太赫兹可以穿透一些障碍物进行成像,例如背包、衣服、塑料或纸制包装品等,可以用于安全检测。而且,太赫兹辐射的光子能量低,频率为1THz的电磁波的光子能量只有约4meV,远远小于X射线的能量,因此不会对生物组织产生有害的电离,适合于生物组织活体检查。另外,太赫兹辐射具有惧水性,水分子对太赫兹波段的电磁波有十分强烈的吸收,很少含量的水份就能吸收几乎全部的太赫兹辐射。因此,太赫兹辐射成像在危险品检测、医疗和食品检验等领域有广泛的应用前景[1-6]。

太赫兹二维透射成像研究已有十多年的历史,国内外相关文章很多,倍受瞩目[7-8]。按太赫兹辐射波划分,可有连续和脉冲两种太赫兹成像方式;按

基金项目:哈尔滨工业大学优秀团队支持计划资助。
作者简介:李 琦(1963-),女,教授,博士导师,博士,主要从事激光主动成像和太赫兹成像技术研究。E-mail:hit_liqi@yahoo.com.cn
收稿日期:2008-03-13

成像探测器划分，可有单元和多元探测成像两类。由于绝大多数脉冲成像装置较复杂，体积较大，尽管可同时获得样品的相位和振幅信息，但离实用距离较大。多元探测成像刚刚起步，是太赫兹成像的发展方向，但受到探测器制作工艺和材料的限制，成像还不够好，短时间内也不可能推广应用。目前，较易推广应用的太赫兹辐射源是小型商用连续 CO_2 激光泵浦太赫兹激光器，它是一种远红外激光源，结构紧凑、输出较稳定、功率较高，已经由美国航天航空局(NASA)放置在卫星上工作 5 年。

在我国利用商用连续 CO_2 激光泵浦太赫兹激光器的研究单位有南京大学和深圳大学[9-10]。南京大学所用英国激光器与美国相干公司的激光器相比功率较高，但稳定性较低；另外，目前南大所用探测器为功率计，响应速度慢，他们正在研究超导检测器。深圳大学采用的是美国相干公司的 SIFIR－50 激光器，探测器采用的是 Pyrocam Ⅲ 焦平面热像仪，它是快响应的固态热释电相机，主要用于太赫兹光束质量分析，通过板卡与计算机连接，可以直接得到光束的轮廓，将它用于逐点扫描成像成本较大。

本研究小组自 2006 年开始此方向研究，现已建立了利用商用连续 CO_2 激光泵浦太赫兹激光器(美国相干公司生产的 SIFIR－50 FPL 远红外激光系统)和商用室温单元探测器构成的太赫兹透射二维扫描成像系统，选用的主要元器件(包括数据采集卡和二维平移台)均为易购置的商品，易于推广。在此成像系统中控制软件设计和实现是成像系统的关键环节。此软件自动控制整个系统的运行，主要包括平移台的移动、数据采集卡的数据采集、峰峰值检测、生成图像、图像的显示以及图像的存储等功能。

本文主要介绍用 Visual C＋＋自行编制的用于所建立的太赫兹成像系统的控制软件的设计和实现。

2 软件设计

太赫兹成像系统构成如图 1 所示。太赫兹激光器输出的光束经过透镜聚焦后打到样品上，再经过斩波器，进入探测器(美国生产的 P4－42 型热释电探测器)。实验中购买的研华公司的 PCI－1710 数据采集卡具备了高增益的 A/D 转换功能，可以直接插在计算机的 PCI 插槽上，供编程使用。二维扫描是通过购置的北京光学仪器厂生产的两个 MTS304 电控平移台实现的。步进电机控制器可以通过 RS－232接口与计算机相连，通过编程来控制平移台移动的位置，并且记录各个点探测到的峰峰值信号，最终在计算机上组合成透射图像。

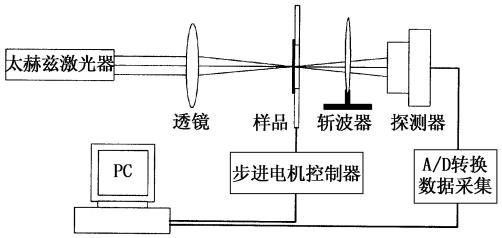

图 1 太赫兹透射成像系统实验装置图

采用 Visual C＋＋编制太赫兹成像系统控制软件。软件主要部分是平移台的控制程序与数据采集卡采集程序的循环，为了避免主窗口程序在程序运行过程中不受控制，在软件中运用了消息机制，通过多线程来实现多方面的控制。

平移台以 S 形路线进行运行，用户通过界面输入运行的步长、延时和扫描的行列数，程序的运行是如下循环：根据目前的位置判断将要运行的轴向和方向→串口写入运行信息→运行一个步长→等待延时时间→得到新的位置，如果当前位置超出了扫描行列数后程序停止。由于在本系统中需要手动调节平移台的位置，在窗口界面中各个参数为了便于操作，它们的类型均选择为 CString，但是写串口程序不接受 CString 类型的变量，只能接受字符数组，所以要将数据类型进行转变，主要通 CW2A 把 CString 变量进行强制转换，然后赋给一个字符串，这样就可以实现串口的发送程序。

数据采集卡利用中断传输方式实现数据采集，其具体步骤如下：

(1)利用 DRV_DeviceOpen 函数打开数据采集卡，如果没有打开则返回错误代码并显示。

(2)分配缓冲区，数据采集卡内部附带了一定容量的缓冲区，中断传输方式需要分配采集卡内使用的缓存和计算机中用于存放数据的缓冲区。如果分配缓冲区失败返回错误代码并显示。

(3)调用 DRV_FAIIntStart 函数启动中断传输方式，附加参数中包括了数据采集卡的触发方式、采样频率、通道和单次采样点数、采集卡上的缓冲区地址等。

(4)调用 DRV_FAICheck 函数判断采样状态，进行数据采集，如果采集到了输入的采样点数，则

跳出。

(5)调用 DRV_FAIStop 停止数据采集。

(6)调用 DRV_FAITransfer 进行数据传输,将数据从采集卡的 FIFO 中传输到用户可以使用的缓冲区中,如果传输失败返回错误代码并显示。

(7)用户对数据进行处理并存储,然后跳回第(4)步进行下一次采集。

(8)调用 DRV_DeviceClose 关闭采集卡。

由于采集卡的采样频率为 10kHz,且斩波器频率为 10Hz,所以为了检测透过光的峰峰值,所选的采样数目 1000,以保证这些点中至少包含一个周期。峰峰值检测方法是在每次数据传输结束后求出这组数据中的最大值和最小值,并计算最大值和最小值差,即峰峰值。

软件的简要流程图如图 2 所示。

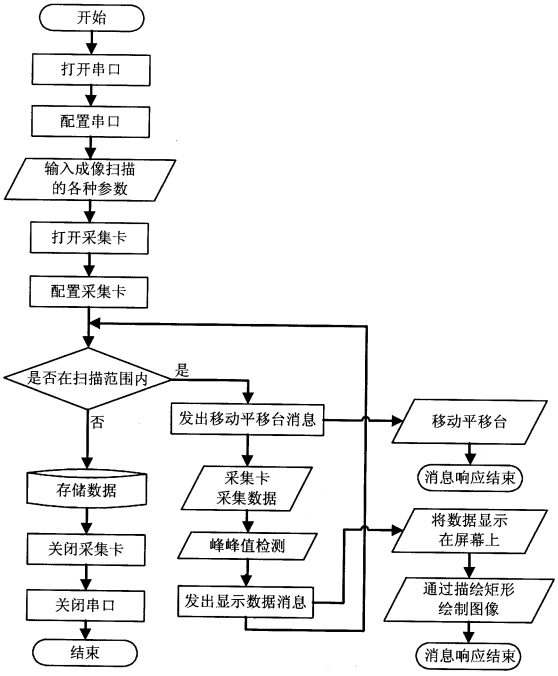

图 2 太赫兹成像系统控制软件简要流程图

首先打开平移台控制器串口,并输入扫描参数;然后,打开采集卡并配置;通过循环发送控制设备的命令,将采集到的数据进行预处理,获得峰峰值,并根据设定的阈值将数据转换成 0 ~ 255 灰度范围,利用消息响应机制发送数据显示消息,按照扫描的行数和列数计算出矩形显示的大小,从而形成图像。最后显示数据和图像。在程序循环结束后将所有峰峰值数据存储到文件中,以便后期进行处理。为了防止采集程序的循环和窗口程序的冲突,创建了第二线程进行循环采集数据。

软件中还包括一个激光器参数查询功能,由于相干公司的 FIR - 50 激光器需要调节的参数都需要查表得到,所以将他们集成到软件中,以方便激光器的调节。可查询的参数主要包括激光器波长、频率、泵浦谱线、工作气体气压,CO_2 激光器的腔长调节数据。

3 太赫兹系统控制软件操作界面及成像显示

在太赫兹透射成像系统中,太赫兹透射成像系统软件控制着整个系统的运行,其中软件的操作界面如图 3 所示。

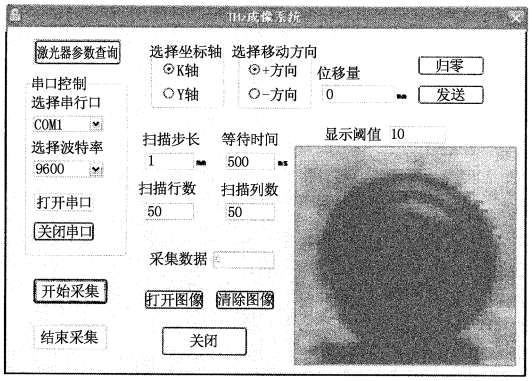

图 3 太赫兹系统控制软件界面

其中最左面的顶部为激光器参数查询系统界面。其下是串口控制界面,通过选定的串口与波特率来打开、配置串口,并且在程序结束时关闭串口。上方的部分是平移台的独立控制界面,通过选定的坐标轴和移动方向,以及位移量将平移台移动到指定的位置。下方是数据采集界面,包括输入的行列数、时间、步长等来控制平移台的参数,同时将采集到的数据显示到左下方的数据框中,其灰度范围为 0 ~ 255。图 3 中的图像即为置于聚四氟乙烯盒中的聚乙烯 4 层圆台样品的原始太赫兹透射图像,从圆台实物边缘起厚度分别是 10mm,15mm,20mm 和 25mm,从图像中可看出不同层次。

为了以后查看图像方便,在界面中加入了图像的打开程序,由于随着激光功率的不同,所产生的数据的峰峰值不同,为了便于查看,在上方加入了一个阈值,通过它可以改变整个图像显示的灰度,使对比度增加,从而使细节更加明显。

4 结 论

本成像系统控制软件已成功用于本研究组建立的基于远红外激光源的太赫兹二维透射成像系统中。此成像系统硬件主要由美国相干公司生产的 SIFIR - 50 FPL 远红外激光系统、美国生产的 P4 - 42 型热释电探测器、研华公司的 PCI - 1710 数据采集卡和北京光学仪器厂生产的 MTS304 电控平移台

和计算机组成。此软件能够自动控制平移台移动、数据采集卡采集数据，自动完成峰峰值检测、生成图像、图像的显示以及图像的存储，已获得了较清晰的太赫兹图像。软件运行较稳定，操作界面友好，能够满足透射扫描成像系统控制要求，为进一步提高成像质量提供了技术支撑。

此软件也可推广应用于基于远红外激光源的太赫兹二维反射成像系统中。

参考文献：

[1] U Schade, K Holldack, P Kuske, et al. THz near-field imaging employing synchrotron radiation[J]. Applied physics letters, 2004, 84(8): 1422 - 1424.

[2] B Pradarutti, S Riehemann, G Notni, et al. Terahertz imaging for styrofoam inspection[C]//SPIE, 2007, 6772: 67720P1 - 5.

[3] David Zimdars, Jeffrey White, G Stuk, et al. Time domain terahertz detection of concealed threats in luggage and personnel[C]//SPIE, 2006, 6212: 62120O1 - 5.

[4] Hua Zhong, Nick Karpowicz, Jason Partridge, et al. Terahertz wave imaging for landmine detection[C]//SPIE, 2004, 5411: 33 - 44.

[5] V S Cherkassky, B A Knyazev, V V Kubarev, et al. Imaging techniques for a high-power THz free electron laser [J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2005, 543: 102 - 109.

[6] J F Federici, Brian Schulkin, Feng Huang, et al. THz imaging and sensing for security applications-Explosive, Weapons, and Drugs [J]. Semiconductor Science and Technology, 2005, 20: 266 - 280.

[7] Zhang Zhen-wei, Cui Wei-li, Zhang Yang, et al. Terahertz time-domain spectroscopy imaging[J]. J. InfraredMillim. Waves, 2006, 25(3): 217 - 220. (in Chinese)

[8] P C M Planken, H J Bakker. Towards time-resolved THz imaging[J]. Appl. Phys. A, 2004, 78: 465 - 469.

[9] Zhang Caihong, Wang Yuanyuan, Qai Bo, et al. Continuous-wave THz imaging system based on far-infrared laser source[J]. Superconductivity, 2007, 35(3): 245 - 247. (in Chinese)

[10] Zhang Min, Ruan Shuangchen, Yang, et al. The software design of THz imaging system[J]. Microcomputer Information, 2007, 23(11 - 1): 25 - 27. (in Chinese)