

·光电系统·

基于Labview的激光Z扫描实验系统设计

毕祥丽¹, 赵万利¹, 张晓光^{1,2}

(1. 光电信息控制和安全技术重点实验室, 河北 三河 065201; 2. 北京科技大学材料科学与工程学院, 北京 100081)

摘要:激光Z扫描技术是研究非线性光学材料性质的一种有利方法。介绍了激光Z扫描技术原理和激光Z扫描实验系统组成。针对激光Z扫描实验数据量大、稳定性要求高的特点,使用Labview语言开发了激光Z扫描实验系统。该系统可对激光Z扫描实验进行自动化控制,并对实验数据进行保存和处理。实验表明,该系统能大大提高测试效率和稳定性。

关键词:非线性光学材料;激光Z扫描;Labview;虚拟仪器

中图分类号:TN249

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2011)01-0008-04

Design of Laser Beam Z-Scan System Based on Labview

BI Xiang-li¹, ZHAO Wan-li¹, ZHANG Xiao-guang^{1,2}

(1. Science and Technology on Electro-Optical Information Security Control Laboratory, Sanhe 065201, China; 2. Institute of Material Science and Technology, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: Laser Z-scan technology is a favorable method to study the properties of nonlinear optical materials. The principles of laser Z-scan technology and the compositions of Z-scan experiment system are introduced. According to the features with plenty of data and high stability, the laser beam Z-scan system based on Labview is developed. The laser beam Z-scan experiment can be automatically controlled by the system, and the experimental data can be stored and processed. The results show that the system can greatly increase the test efficiency and stability.

Key words: nonlinear optical materials; laser Z-scan technology; Labview; virtual instrument

非线性光学表现出不同于线性光学的一些特有效应,具有对波长和光强敏感,高透过率和高透明度等优点。在研究材料的非线性特性时,激光Z扫描方法是一种非常有利的技术手段,可得到样品的多个非线性参数,对于分析材料的性质具有重要的作用。

Z-扫描技术^[1]是 Sheik-Bahae 等在 1989 年提出的用于测量非线性光学材料性质的一种方法。由于该方法具有灵敏度高,实验装置简便,是目前光学非线性参数测量的较好方法。

1 激光Z扫描技术原理

在一定强度激光作用下非线性光学介质的折

射率与入射光强有关,此时介质内部的折射率已不再是一个常量。介质的折射率与光强的关系表示式为

$$n = n_0 + \gamma I_0 \quad (1)$$

式中, n_0 为线性折射率; I_0 为激光束光强; γ 为非线性折射系数。当激光束入射到具有非线性光学特性的材料上时,光强的分布不均将导致不同截面位置的折射率不同^[2]。激光光束的发散角很小,进入介质之前可以看作平面波,根据折射率与光速的关系: $v = c/n$ (其中 c 为光在真空中传播速度; n 为介质的折射率; v 为光在介质中传播速度),不同折射率位置的光束的传播速度不同,由此会造成同一截面

收稿日期:2010-12-17

基金项目:企业创新基金

作者简介:毕祥丽(1977-),女,吉林人,工程硕士,工程师,研究方向为光电技术。

位置光束的相对超前或滞后。如高斯型光束的光强分布为中心强、边缘弱。对于具有正非线性光学特性($\gamma > 0$)的材料而言,中心位置的折射率比边缘大,光束中心区域的传播速度较之于边缘区域小,即相对于边缘的传播滞后。这样光束相对于线性传播时经过凸透镜后提前聚焦,即所谓的自聚焦现象(如图1所示)。反之对于具有负非线性特性($\gamma < 0$)的材料,光束相对于线性传播经凸透镜推后于焦点位置聚焦,即所谓的自散焦现象^[3]。

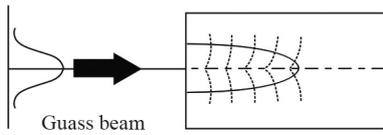


图1 激光束的自聚焦现象

光束的非线性光学特性实质是源于光束的振幅调制和空间相位调制。振幅调制与线性吸收和非线性吸收相关,空间相位调制与非线性折射率相关。因此非线性吸收系数 β 的测量本质是测量振幅变化,非线性折射系数 γ 的测量实质是测量空间相位的变化。由于在Z扫描技术中远场的光电探测器只能捕捉光束的能量或功率信号,而能量或功率信号又与振幅联系,相位调制通过间接测量得到。当调制光束传输一段距离后,相位信息就反映在能量或功率信号的变化上。Z扫描技术正是利用了这一点,把相位信息转化为振幅信息,测量激光束的能量或功率信号来获得振幅信息。

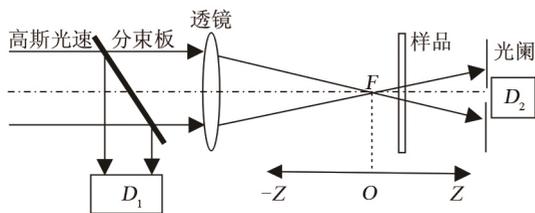


图2 Z扫描原理图

Z扫描原理图^[4]如图2所示。在实验测量中,高斯型光束被分光镜分为2束,一束作为激光在测量过程中的能量波动参考,另一束经过聚焦透镜聚焦后透射通过薄样品。它在这里扮演双重角色,即激励和探测。将薄样品沿光束传播的Z方向移动时,透射光束在远场光阑小孔处将会发生大小和相位的变化。这些变化是因材料的非线性效应导致,在光束的束腰半径附近,由于激光的光强很强,这些

变化更加明显。图3为闭孔条件下的Z扫描透过率曲线图^[5]。通过确定透过率和相位畸变与样品位置的函数关系,便可以得到非线性折射系数 γ 的大小和非线性吸收系数 β 的大小。

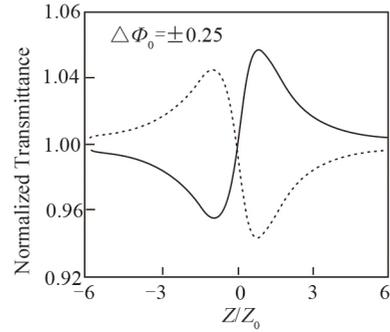


图3 闭孔Z扫描透过率曲线图(虚线为 $\gamma < 0$,实线为 $\gamma > 0$)

2 激光Z扫描实验系统组成

整个激光Z扫描实验系统主要分为5个部分:光源系统、透镜耦合系统、轨道伺服系统、光电探测系统、基于Labview的全自动Z扫描控制系统,实验系统结构如图4所示。

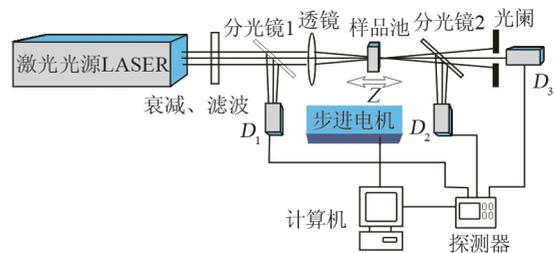


图4 Z扫描实验系统结构图

3 基于Labview的激光Z扫描控制系统

3.1 激光Z扫描实验系统的实现方法

采用激光Z扫描实验系统获取非线性光学材料的参数,需要测量的数据量大,系统的全自动控制 and 实验数据的自动采集与处理就显得相当重要,而基于Labview的虚拟仪器控制技术可以很好地完成这项任务。Labview是美国国家仪器公司(NI)推出的图形化编程语言(graphical language)^[6],它以个人计算机为硬件平台,以先进的计算机总线技术和虚拟仪器编程技术为核心,形成了以软件为核心的图形化虚拟仪器集成开发环境,体现了标准化、网络化、软件化的仪器技术发展方向,被广泛用于测

量和控制领域。基于Labview语言开发的全自动激光Z扫描实验系统,实现了由计算机自动控制能量计数据接收和平移台的控制,并且运行快捷可靠。

3.2 激光Z扫描实验系统工作过程

激光Z扫描实验系统装置如图5所示。光源采用1 064 nm YAG脉冲激光器,振荡级输出能量为几百个微焦。为了减小能量抖动给测量结果带来的误差,用一个半透半反的分束器把激光分为2束,一束为探测光,另一束为参考光。实验中使用的凸透镜焦距为150 mm,样品在一个平移平台上在透镜焦点附近移动。平移部分采用了北京光学仪器厂生产的SC100步进电机控制器和电移台。电机控制器后有RS232接口,可以用微机进行控制。探测器

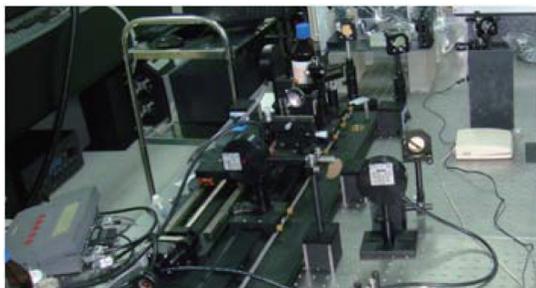


图5 激光Z扫描实验系统装置图

使用OPHR公司的双通道能量计接收,再通过输出接口输入到计算机中实时接收数据。能量计数据接收和平移台的控制都通过编写的Labview程序来控制,它可以设置能量抖动范围、位移方向和距离、位移步长和开始测量时的能量定标次数等信息。

在每一个位置,接收在设定抖动范围内的多个脉冲的能量(次数可在程序中设置),并取平均值作为该位置的数据,这样可以进一步减小能量抖动带来的影响,然后微机会自动控制步进电机把样品送到下一个位置,测量得到的数据最后存为文本文件。

3.3 利用LabView实现对实验系统的自动控制

3.3.1 对步进电机的控制

通过Labview提供的各种函数设计开发的程序,能够实现计算机与步进电机之间通讯功能,完成对步进电机的自动控制,主要程序流程图如图6所示。

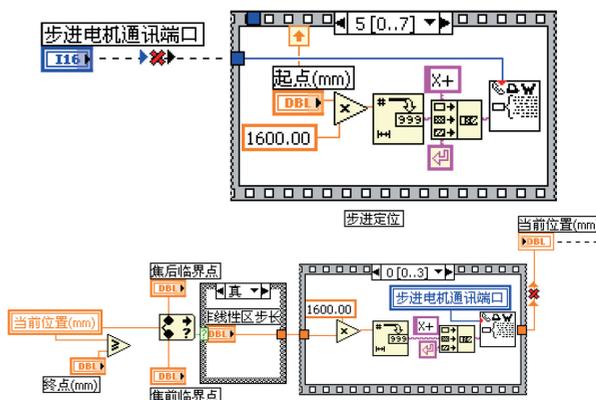


图6 计算机与步进电机之间通讯流程图

3.3.2 对激光能量计的控制

基于Labview开发的程序可实现计算机与能量计之间的通讯功能,完成对能量计的自动控制,主要程序流程图如图7所示。

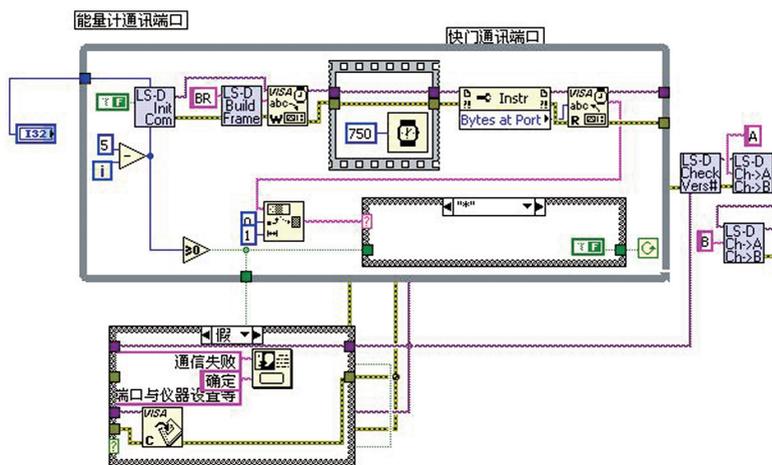


图7 计算机与能量计之间通讯流程图

3.3.3 实验数据的自动保存与再现

激光Z扫描实验中,样品的非线性特性表现在2个探头所接收的激光能量随样品在Z轴上所处位置变化的关系,所以数据采集部分在实验系统中非常重要。

程序中采用Labview测量文件格式保存数据,其文件的后缀是“.lvm”,这种格式的文件除了可以保存实验数据外,还可以自动生成包含数据产生时间等信息的文件头,便于以后的实验分析。“lvm”文件可以用Excel直接打开,也可以将后缀名直接改为“.dat”由其他数学软件打开。数据存储部分程序框图如图8所示。

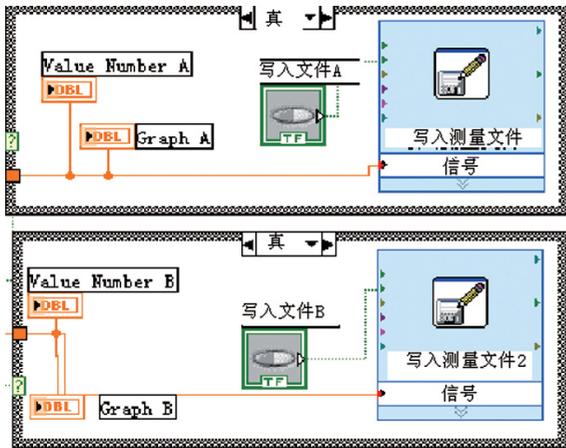


图8 数据存储程序框图

保存下来的测量数据文件中只包含数字信息,并不包含波形,为了实现波形的再现可以使用Read Labview Measurement File Express 函数将其传入Waveform Chart 函数中即可准确地再现实验波形,这使得实验数据的后期处理更加方便。

4 实验结果与分析

Labview 具有强大的数学分析功能,有微积分、概率统计、曲线拟合、矩阵、多项式等模板。曲线拟合用于考查对象之间隐藏的函数关系,常用的方法包括:线性拟合、指数拟合、多项式拟合、最小二乘法拟合等,拟合后的数据削弱了噪声的影响,更加清晰地反映数据对象的函数关系。对于Z扫描

曲线可以选择最小乘法拟合。通过公式节点,可以输入希望的拟合曲线的形式。

为了检验Labview的激光Z扫描全自动实验系统的性能,选择已经被很多学者证实的材料CS₂进行实验分析,测得闭孔Z扫描曲线如图9所示。

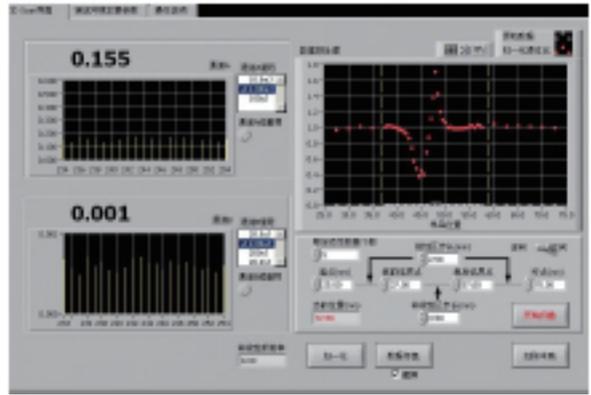


图9 CS₂样品的闭孔Z扫描曲线

从图9可以看出,归一化透过率的峰的高度和谷的深度几乎一样,这是因为CS₂的吸收很弱,可以忽略;曲线形状先谷后峰,这是因为CS₂的非线性折射率是正值;实验所得曲线比较光滑,曲线形状与前人所得的曲线接近,说明实验系统装置性能好,而且能大大提高测试效率。

参考文献

- [1] Sheik-Bahae,Said A A,Wei T H,et al. Sensitive Measurement of optical nonlinearities using a single beam[J]. IEEE J Quantu Electronics,1990,260:760-769.
- [2] 祺胜文,张泽波. Z-扫描技术及其在非线形测量中的应用[J]. 德州学院学报,2003(8):27-28.
- [3] 钱士雄,王恭明. 非线性光学—原理与进展[M]. 上海:复旦大学出版社,2001:106.
- [4] 詹勇军,王锋,白黎,等. Z扫描技术及其在材料学中的应用[J]. 材料导报,2007(8):100.
- [5] Sheik-Bahae,Said A A, E W Van Stryland. High sensitivity single beam n₂ Measurements[J]. Opt Lett, 1989,14:955.
- [6] 邓焱,王晶. Labview 7.1 测试技术与仪器应用[M]. 北京:机械工业出版社,2004:1-2.