

一种简易的激光横模观测系统

陈 钢

(浙江工业大学 理学院应用物理系,浙江 杭州 310023)

摘要:为了方便地观测激光的横模特性,利用Matlab的摄像头编程技术,实时获取激光的光斑图像。再利用图像处理数据方法,将激光强度转化为可以方便显示的灰度值,从而可以实现激光模式的二维或三维实时在线显示。该方法结构简单,成本低,可以方便地开展激光模式的实时观测,为激光模式观测提供一个可以借鉴的方法。

关键词:激光模式; Matlab; 在线观测; 图像处理
中图分类号:G642.0 **文献标志码:**A

文章编号:1674-9324(2016)51-0267-02

一、引言

在激光类的课程教学过程中,谐振腔理论是一个非常重要的作用。该部分内容比较抽象,而且数学知识较多,其中激光横模特性更加抽象。为了解横模特性,理论上主要是从菲涅耳-基尔霍夫积分衍射方程出发,求得其近似解析解,或者利用数值迭代的计算方法。实验上可以有热成像,线性扫描,激光模式分析仪来进行直观地观测。教学上激光实验的开展主要还是围绕激光谐振腔来实验,激光模式的观察与控制就显得非常重要。因此,需要能够实时地显示激光模式的变化,当谐振腔参数变化时,模式是如何地变化等,使学生能更好地了解模式与腔的关系。本文正是在这样一个背景下,围绕如何控制各个模式的出现与观测,以及分析其形成与消亡的原因,自行制作了一套简易的模式观测实时显示系统。

二、实验装置

实验中用到的摄像头为普通的USB接口的摄像头,编程用Matlab 2007以上的版本,利用Matlab对摄像头进行编程不需要写太多代码,帮助中给出的例子程序就够用了。下面给出编程的主要代码,方便参考。

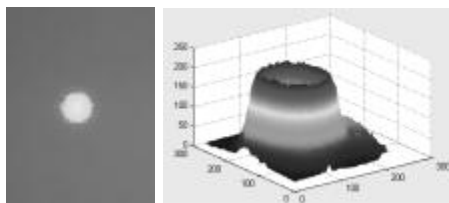
获取摄像头vid=videoinput('winvideo');获取图像大小vidRes=get(vid,'VideoResolution');imWidth=vidRes(1);

imHeight=vidRes(2);nBands=get(vid,'NumberOfBands');设定图像大小hImage=image(zeros(imHeight,imWidth,nBands));set(gca,'unit','pixels','position',[35 145 imWidth imHeight]);此处的35和145是屏幕上相对位置。预览图像preview(vid,hImage);捕获图像frame=getsnapshot(vid)。

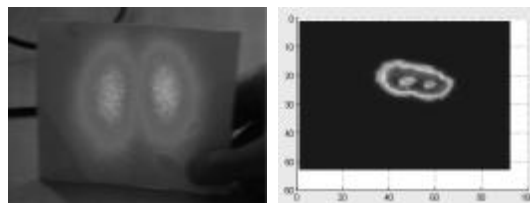
图像数据存在三维数组frame里面,其结构是[x,y,Value],value代表了各个点的RGB值,利用z=(30*R+59*G+11B)/100,可以转换成相应灰度值。这样就生成一组[x,y,z]的数据,x,y表示光斑位置,z代表灰度值,也就是光强,这样就可以绘制出一幅光斑模式的二维或三维图,对于基模等都能做到很方便地观测与分辨。

实验中用的激光器为开腔He-Ne激光器,最大输出功率小于5mw。为了避免摄像头产生饱和,以至于观测到一片白色,无法对其强度做出分辨。我们尝试让摄像头获取激光器全反镜透出的光斑,先照射到一张黑纸上,然后TEM₀₀、低阶模TEM₀₁、TEM₁₀用摄像头获取照射面的图像。这样不但避免了散射对光的均匀化,也不会产生饱和作用,实验证明:这种方法简便易行,对观测结果没有影响,而且可以做到实时动态显示。

三、实验结果



(a)拍照 (b)实时观测
图1 实验观测到的基模激光模式



(a)扩束拍照 (b)实时观测
图2 实验观测到的TEM₀₁激光模式

收稿日期:2016-08-02

基金项目:浙江工业大学校级精品在线开放课程建设项目(JPZX1514)

作者简介:陈钢(1975-),男,陕西西安人,博士研究生,副教授,研究方向:电磁场理论,激光物理。

激光器稳定运转后,首先调节谐振腔,使激光器输出基模,对于小功率激光器,一般都能够满足。基模图像如图1(a)所示,这是光斑直接照在白墙上拍照所得。图1(b)是用实时观测系统在电脑端显示的图像,这里给出的是一个三维的相对光强分布。相对二维分布,三维光强分布能够体现出高斯光束高斯分布的特点。图像中心由于光强饱和,显示出一个平顶,所以对观测系统,后续的图像数据处理还可以不断优化。

高阶模式的获得可以将输出镜的调整螺丝轻微扭动,当获得一个稳定的模式输出时停止。这并不是

说在基模时谐振腔就调整地非常好,恰恰相反,能够实现高阶模,尤其是圆柱对称的高阶模,谐振腔的对称性才最好。图2是实验中观察到的 TEM_{01} 模式,图2(a)是通过扩束镜后照射在白纸上拍照形成的,图2(b)是实时观测到的图像。虽然扩束镜给出的结果看上去更清晰一些,但扩束镜是个短焦透镜,在使用中的调整还是有些不方便。包括入射光的位置选择,扩束后拍照位置的选择等,都需要一定的技巧和经验。而实时观测系统只要摄像头固定好了,基本不用再调整,需要做的就是电脑端记录下比较理想的图像。

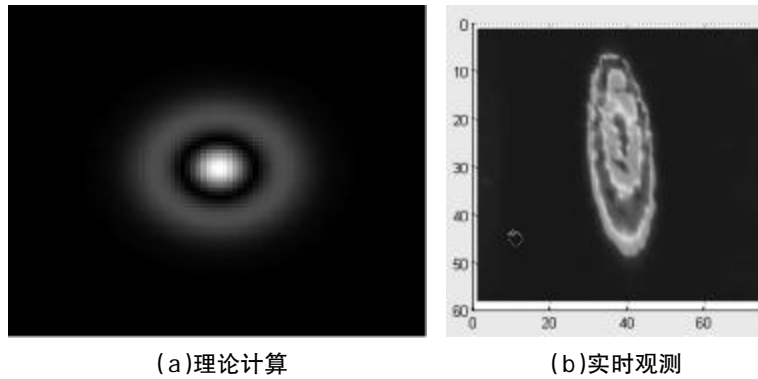


图3 实验观测到的 TEM_{10} 激光模式

图3是一个非常难以获得的模式,该模式在教科书中比较常见,大多数图像都是给出的理论模拟图像,如3(a)所示。该模式的获得需要谐振腔的圆柱对称性得以满足,而这个条件在气体放电中往往很难满足,实验中也是在多次调整过程中偶然获得,而且重复性也很难保证。

实验过程中还获得了许多模式,这里就不一一展示。对于开展激光实验,可以对照教科书上的模式一一尝试,如果能够获得当然最好,可以理论结合实验来加深认识。如果实验中不能够获得某个模式,比如需要圆柱对称很好的模式,也可以结合实验条件加以解释。当然实验中往往会得到许多课本中所没有的一些模式,这些模式往往是好几个模式的叠加,可以利用现有的几个模式通过叠加而获得。这也能更好地认识谐振腔的理论,理论上给出的都是单一的模式分布,而实验中大部分情况是多个模式的叠加。

四、小结

利用Matlab的图像处理功能,介绍了摄像头的获取,图像的获取、存储及后期处理方法。利用该方法实现了激光光斑图像的实时获取,从而可以实现激光模

式的二维或三维实时在线显示。对激光实验中获得的模式结合理论进行了一定分析,对实验上不能获得的模式以及教材中不存在的模式进行了讨论。通过实验研究和理论对比,能够对了解激光谐振腔理论提供一定的帮助。

参考文献:

- [1]周炳琨,高以智,陈倜,等.激光原理[M].5版.北京:国防工业出版社,2005:26-27.
- [2]陈钢,徐海磊.圆形镜平面腔数值迭代计算[J].实验室研究与探索,2011,30(9):42-45.
- [3]陈钢.激光原理谐振腔衍射理论教学探索[J].中国科教创新导刊,2011.09(25):72-73.
- [4]王玉芝,付恩生,王兵,等. CO_2 激光模式和能量分布的测量[J].激光杂志,1991,12(5):237-239.
- [5]徐庆鸿,陈彦斌,孟庆友,等.激光横向模式的针扫描测量法[J].光学机械,1992,128(5):27-31.
- [6]王文鹏,许周速,徐军,陈钢.封离式He- N_2 - CO_2 激光器横模特性的测量与分析[J].物理学报,2009,(8):5423-5428.
- [7]卢炳嵩.激光器模式分析实验教学探讨[J].阜阳师范学院学报,1996,29(3):89-91.

A Simple Observing System for Laser Transverse Mode

CHEN Gang

(Department of Applied Physics, College of Science, Zhejiang University of Technology, Hangzhou, Zhejiang 310023, China)

Abstract: In order to observe the transverse mode conveniently, a real time technology is designed to obtain the laser mode using the camera acquirement method in Matlab. Then the 2D or 3D graph of laser mode was displayed real-time on the computer by calculating the gray value of graph data. This method has the advantages of simple structure and low cost. It is benefit to the experiment of observing the laser mode real-time.

Key words: laser mode; Matlab; on-line observation; image processing