

基于 Matlab 的傅里叶变换光学仿真

谢家兴 王 建 代秋芳 林栋梁

(华南农业大学工程学院, 广东 广州 510642)

摘要 随着科学技术的发展,光学实验的计算机仿真不仅在科学与工程计算方面发挥着重要作用,而且在光学教学方面也引起了广大教育工作者的广泛关注。Matlab 软件编程实现一般是用衍射积分方法和傅里叶变换方法实现夫琅禾费衍射和非涅耳衍射的计算机模拟。使用傅里叶变换的方法把实际光学实验现象和 Matlab 编程结合起来,通过大量的对比仿真实验验证了光学衍射的规律,在光学教学起到了一定的积极作用。

关键词 傅里叶光学; 衍射; 傅里叶变换; Matlab; 光学实验仿真

中图分类号 O436 **文献标识码** A **doi:** 10.3788/AOS200929s1.0130

Fourier Transform Optical Simulations Based on Matlab

Xie Jiaying Wang Jian Dai Qiufang Lin Dongliang

(College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong, 510642, China)

Abstract With the development of technology, optical-experiment simulations, as a novel alternative method different from theory and experiment to explore new things, are attracting more and more attention from both scientists and teachers. There are two methods for Matlab program of the Fresnel and Fraunhofer diffraction patterns, one is diffraction integration, and the other is Fourier transform. In this paper, Fourier transformation well combined optical experiment phenomena and Matlab program. And with a lot of comparison of simulation experiments optical diffractive law was verified, which will contribute positive effect to optics teaching.

Key words Fourier optics; diffraction; Fourier transform; Matlab; optical-experiment simulations

1 引 言

在计算机仿真日益盛行的今天,计算机作为一种重要的科学工具,主要应用在两个方面:工程设计领域和教学教育领域。在工程各种设计领域,人们通过对研究对象建立模型,用计算机程序实现系统运行和得出运算结果,从而寻找出最优的方案,然后再用物理实现,体现了理论指实践的原理;在科学教育领域,计算机仿真技术又起到了虚拟实验室的作用,其主要意义如下:

(1)计算机可以显示出系统运动时的整个过程和在这个过程中所产生的各种现象和状态,通过改变系统的参数而改变状态,方便观察,大大地提高了生产效率。

(2)不受外界环境和实际实验条件的影响,减少实际操作对机器的损坏,大大地节约了资本。

(3)通过形象的光学模拟,加深学生对抽象难懂

的光学现象的理解,并可提高学生的兴趣及动手能力。

2 本文的主要工作

与 Basic、C 和 Fortran 语言相比,用 Matlab 软件做光学试验的模拟,只需要用数学方式表达和描述,省去了大量繁琐的编程过程。本文采用了 Matlab 语言实现光学实验仿真,通过 Matlab 软件编程,用衍射积分和傅里叶变换方法实现夫琅禾费衍射计算机模拟,在大量实验的基础上建立基于 Matlab 的光学实验仿真系统:用傅里叶变换方法对夫琅禾费衍射的模拟。

3 光的傅里叶变换实验仿真的计算机实现

在傅里叶变换光学中夫琅禾费衍射场的强度分

布就等于屏函数的功率谱,因此可以直接将光屏进行傅里叶变换,再处理得到衍射图样。具体操作过程是:物体图像的生成可以直接由矩阵运算生成,也可利用 Windows 下的画图工具,生成一幅二值图像(属性为黑白),并将建立的图像存入 Matlab 的工作目录(work)下。然后调用命令函数 `imread()` 输入图像,输入图像是一个二维矩阵,利用 Matlab 函数库中的二维离散傅里叶变换函数 `fft2()` 对二维矩阵进行傅里叶变换,得到图像的频谱,该频谱是一个复数矩阵,具体程序如下:

```

a=imread('图片')
grid on
figure(1)
imshow(a,[])
afft=fft2(a)
aabs=abs(afft(:,:,1))
aabss=fftshift(aabs)
figure(2)
imshow(aabss,[])
colormap(gray)
colorbar
figure(3)
plot(aabss)
colormap(gray);
figure(4)
meshc(aabss)
maxv1=max(max(aabss)).

```

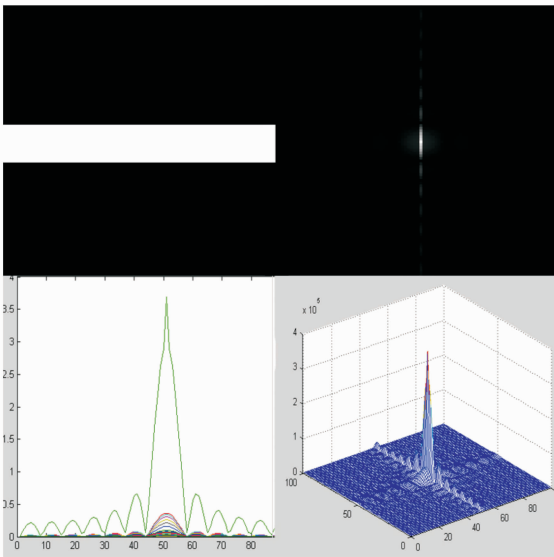


图 1 单缝(大)夫琅禾费衍射

Fig. 1 The Fraunhofer diffraction patterns of a big slot

将图片依次读入程序,运行程序得:图 1 和图 2 为不同宽度的单狭缝的夫琅禾费衍射仿真图样。狭缝对照明光束左右两侧施加限制,发生衍射,出现一系列亮暗相间的结构,其中中央亮斑强度最大,两侧递减。狭缝宽度逐渐变小,中央亮斑沿水平方向扩展,两侧亮斑向外疏。

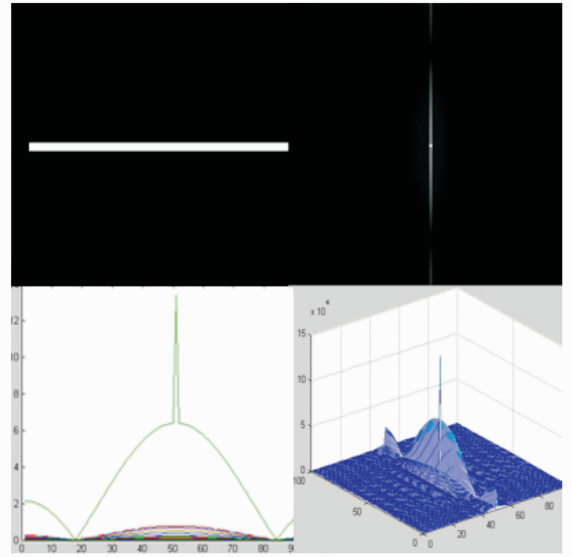


图 2 单缝(小)夫琅禾费衍射

Fig. 2 The Fraunhofer diffraction patterns of a small slot

如果转动实验中的狭缝,则衍射图样也随之转动,而其延伸的方向总是保持与缝的延伸方向正交(见图 3)。

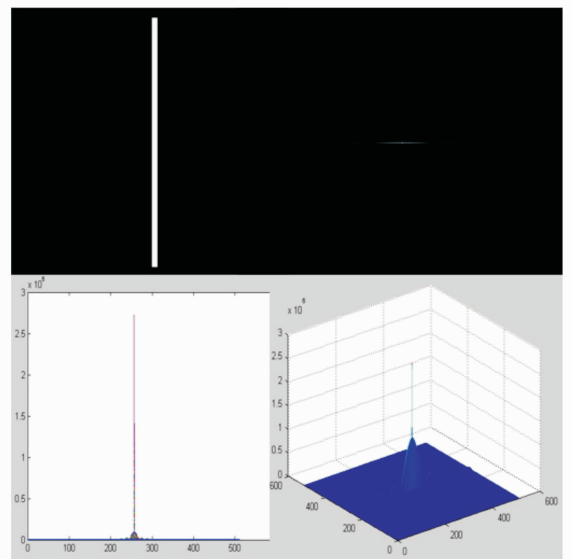


图 3 转动的狭缝夫琅禾费衍射

Fig. 3 The Fraunhofer diffraction patterns of a rotational slot

如果把缝的长度缩小,使之成为矩形孔,从相互

正交的两个方向上来限制光束,则衍射图样也沿相互正交的两个方向延伸(见图 4)。

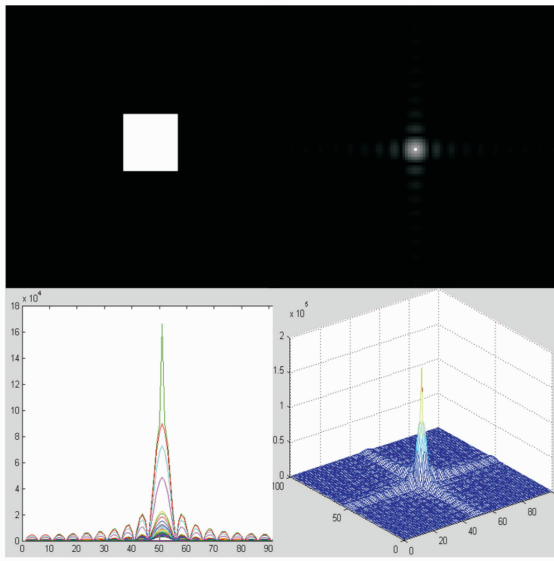


图 4 方孔夫琅禾费衍射

Fig. 4 The Fraunhofer diffraction patterns of a square aperture

如果采用三角孔,衍射图样将沿六个方向扩展(见图 5)。

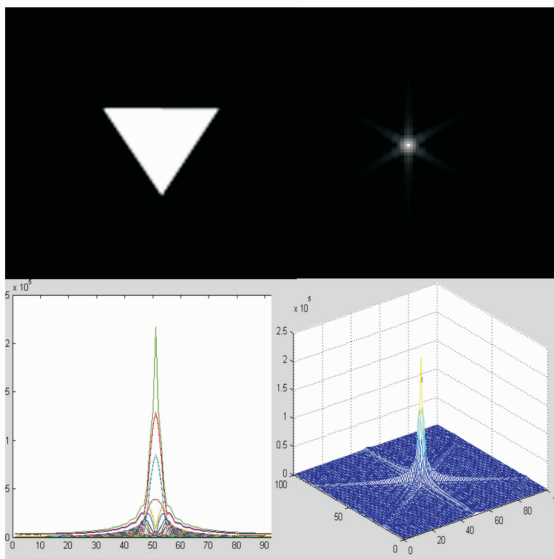


图 5 三角孔夫琅禾费衍射

Fig. 5 The Fraunhofer diffraction patterns of a triangle aperture

若孔径边数继续增多,采用五边形,衍射图样将沿十个方向扩展(见图 6)。可以得到,随着多边形边数的增加,衍射图样向外扩展的方向也增加。因此,圆形相当于多边形边数趋于无穷,因而圆孔的夫琅禾费衍射图样过渡为一系列同心圆环(见图 7)。

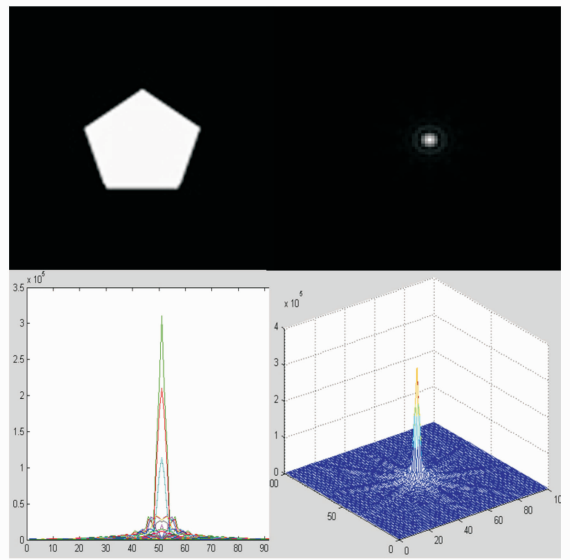


图 6 五角孔夫琅禾费衍射

Fig. 6 The Fraunhofer diffraction patterns of a pentagonal aperture

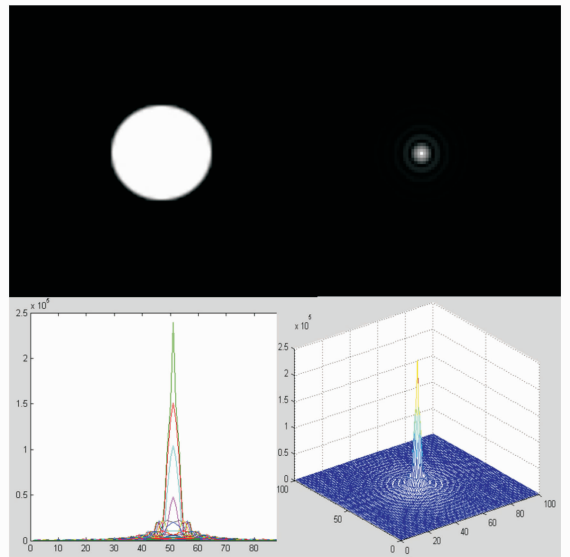


图 7 圆孔夫琅禾费衍射

Fig. 7 The Fraunhofer diffraction patterns of a circular aperture

将以上各仿真实验归纳起来,可以看出夫琅禾费衍射现象具有如下鲜明的特点:第一,光束在衍射屏上什么方位受到限制,则接收屏幕上的衍射图样就沿该方向扩展;第二,通光孔线度越小,对光束的限制越厉害,则衍射图样越加扩展,即衍射效应越强。

通过以上讨论可以看出,利用 Matlab 强大的影像处理功能模拟傅里叶光学实验是成功的,而且图像也比较逼真。借助傅里叶光学理论,可以通过分析光学信息处理过程而建立数学模型,经过该方法不仅为信号与系统、光电测试技术、数字图像处理等

课程的教学提供了良好便捷的辅助手段,同时在科研当中为相关光学器件的设计也提供了另一条途径。因此,傅里叶光学中引入计算机模拟是可行,必要的,从而具有良好的应用前景。

4 结 论

计算机的运算能力正在飞速发展,无论在工程设计领域还是在科学教研领域,计算机仿真正受到越来越多科学工作者的青睐。我国实行了科教兴国战略,随着科学技术的发展,教育事业也将蓬勃发展,科学与教育事业是相辅相成的。光学仿真技术作为计算机模拟的一个重要分支,有着强大的生命力,不但在科研项目上有巨大的贡献,在对学生的教学上也起到了很大的推进作用。

参 考 文 献

- 1 Qi Weijue. Optical Experiment Simulations with Matlab[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2004. 29~36
曲伟娟. 基于 Matlab 的光学实验仿真[D]. 西安:西北工业大学, 2004. 29~36
- 2 Wang Jiawen. Matlab 6.5 Graph and Picture Processing[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2004. 100~131
王家文. Matlab 6.5 图形图像处理[M]. 北京:国防工业出版社, 2004. 100~131
- 3 Su Jinming, Wang Yongde. Matlab 7.0 Practical Guide[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004. 94~105
苏金明,王永得. Matlab 7.0 实用指南[M]. 北京:电子工业出版社, 2004. 94~105
- 4 宋 清,熊万杰. 光学现象的计算机模拟[J]. 中山大学学报, 2005, 25(3):24~30
- 5 Yu Daoyin, Tan Hengying. Engineering Optics[M]. Beijing: China Machine Press, 2006. 160~205
郁道银,谈恒英. 工程光学[M]. 北京:机械工业出版社, 2006. 160~205