

# 基于MATLAB的杨氏双缝干涉实验仿真

赵爽,周哲海,潘晗,张亚男,李文月

(北京信息科技大学 仪器科学与光电工程学院 北京 100192)

**摘要** 利用MATLAB强大的矩阵运算功能和图形绘制功能,在波动光学相关理论的基础上,通过编程实现了杨氏双缝干涉现象的仿真,仿真图像与实验结果非常吻合。实验仿真可以灵活地调节参数,能动态地反映干涉条纹随参数的改变而发生变化的过程,使得物理规律形象直观,有助于学生更加深刻地理解物理光学现象和规律。实验仿真还大大扩展了杨氏双缝干涉问题的研究途径与方法,对于波动光学的辅助理论教学具有重要的意义。

**关键词** :Matlab 杨氏双缝干涉 数值模拟 仿真

**中图分类号** :G642.0

**文献标志码** :A

**文章编号** :1674-9324(2019)33-0266-03

## 一、引言

物理光学研究的主要现象为光的干涉、光的衍射和光的偏振。其中杨氏双缝干涉理论在光的干涉教学中占有很重要的地位。由于物理光学从光的微观上来理解光的本质,因此比较抽象<sup>[1]</sup>。如果不借助于实验现象,学生很难理解其原理。这一直以来都是教学过程中的重点和难点。但是由于实验条件的限制,学生很难在课堂上通过实验来观察光的干涉现象,因此也就无法获得直观的认识。

随着计算机技术的飞速发展,计算机辅助教学(CAI)越来越受到人们的青睐,这为解决上述难题提供了途径。Math Works公司开发的Matlab(Matrix Laboratory)软件是当今国际上公认的在数值计算和可视化图形、图像处理领域最为优秀的工程软件之一,广泛地应用于数学分析、系统仿真、信息光学、数字图像处理等领域<sup>[2]</sup>。Matlab强大的绘图和动画功能可以生动形象且准确地反映出连续变化的物理光学现象。因此,将Matlab与光学教学有机地结合起来<sup>[3-6]</sup>,有助于加深学生对基本概念和现象的理解以及认识,激发学生的学习热情,同时也能够使教学内容更加丰富,从而提高教学质量。

本文中,我们采用了计算机仿真技术对杨氏双缝实验进行仿真,课上学生可以形象直观地感受光的干涉现象。可以让学生加深对所学光学内容的认知,把那些过于抽象的光学概念及解析公式简洁明了地呈现在学生面前。

## 二、杨氏干涉实验原理

杨氏干涉实验根据干涉屏上光路要通过的形状不同分为双缝干涉和双孔干涉。本文以杨氏双缝干涉为例,阐述其干涉原理<sup>[7]</sup>。如图1所示,用平行光照射,光到达第一个狭缝,产生点光源S。根据惠更斯-菲涅尔原理,光源S相当于次波源,继续发射球面波,再经过双缝S<sub>1</sub>和S<sub>2</sub>,获得相干光源。S<sub>1</sub>和S<sub>2</sub>发出的光经过两个不同的传播路径,最后到达观察屏。由于在观察屏不同的位置,两束光的光程差不同,因此出现明暗相间的干涉条纹。设两条缝S<sub>1</sub>和S<sub>2</sub>之间的距离为d,狭缝到观察屏之间的距离为D。由于双缝S<sub>1</sub>和S<sub>2</sub>相对于中心点来说相互对称并且大小相等,所以可以认为光在通过S<sub>1</sub>和S<sub>2</sub>后所发出的两列光波在接收屏P点处的光强度也相等,即I<sub>1</sub>=I<sub>2</sub>,则P点处的干涉条纹分布为:

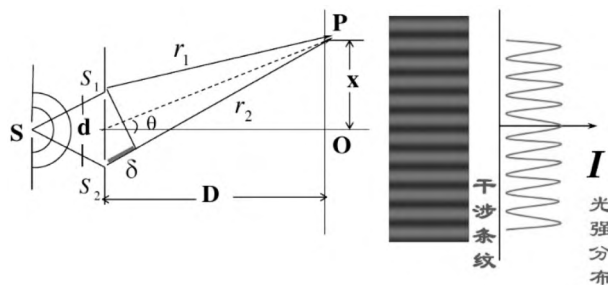


图1 杨氏双缝实验原理图

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta = 4I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2} \quad (1)$$

$$\text{而 } \delta = k(r_2 - r_1) = k\Delta = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda}, \quad (2)$$

收稿日期 2018-11-06

基金项目 校教学改革立项项目,信息化教学手段在《物理光学》教学中的应用探索(2018JGYB07),北京市教育委员会科技计划项目,基于半导体激光阵列耦合的大功率板条激光器研究(KM201811232007)

作者简介 赵爽(1974-),女(汉族),山东泰安人,副教授,博士,研究方向:大功率激光器件及平板显示器件。

其中 $\Delta$ 为光程差  $\delta$ 为相位差。

$$\text{代入(1)式得 } I=4I_0\cos^2\left[\frac{\pi(r_2-r_1)}{\lambda}\right] \quad (3)$$

这表明在接收屏上P点的光强由P点上的光程差决定。

$$\text{P点合振动的光强得 } I=4I_0\cos^2\frac{\delta}{2} \quad (4)$$

当 $\delta=2m\pi(m=0, \pm1, \pm2, \dots)$  时 P点的光强  $I=4I_0$  P点为明条纹。

当 $\delta=(2m+1)\pi(m=0, \pm1, \pm2, \dots)$  时 P点的光强  $I=0$  P点为暗条纹。

当在P点上的光程差介于两者之间时 P点光强值在0和 $I_0$ 之间。

相邻的两个亮条纹或暗条纹的间距为条纹间距：

$$\Delta x=\frac{D\lambda}{d} \quad (5)$$

### 三、杨氏干涉实验仿真

由杨氏干涉实验原理图、双缝干涉光路图,利用MATLAB中的矩阵运算、线性采样,其中3个变量在GUI界面中设为可调节的滚动条,分别为双缝间距 $d$ 、

双缝到接收屏距离 $D$ 和出射波波长 $L(\lambda)$ 。设计实验仿真程序如下：

```
d=handles.d*1e-3;
D=handles.D;
L=handles.L*1e-9;
ymax=20*L*D/d;      %设定y方向的范围
xs=ymax;              %设定x方向的范围
ny=1001;
ys=linspace(-ymax,ymax,ny);
for i=1:ny
    L1=sqrt((ys(i)-d/2).^2+D^2);
    L2=sqrt((ys(i)+d/2).^2+D^2);
    Phi=2*pi*(L2-L1)/L;
    b(i,:)=cos(Phi/2).^2;
    %建立一个二维数组,用来装该点的光强的值
    每一个i对应一个光强,每行元素的元素数值相同
End %结束循环
运行仿真程序,结果显示如下图2、图3、图4所示。
```

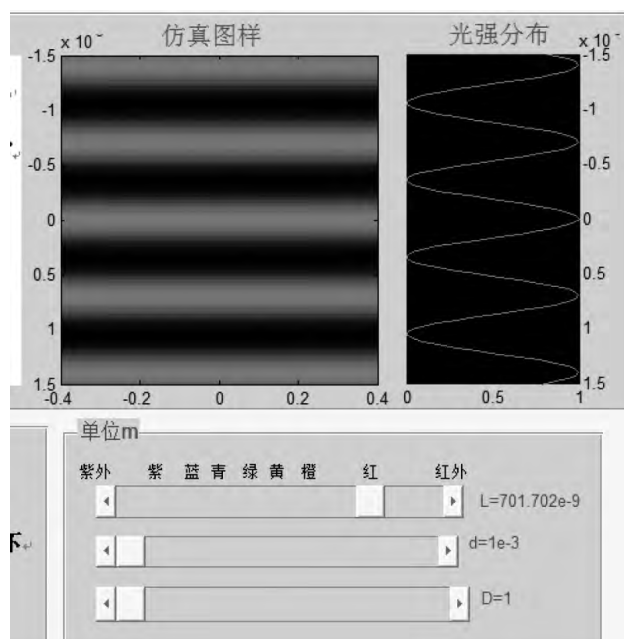


图2 红光干涉仿真图样和光强分布曲线

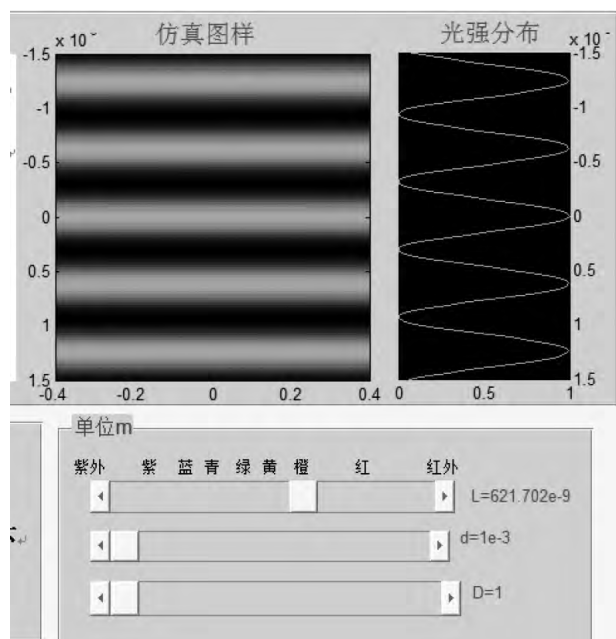


图3 橙光干涉仿真图样和光强分布曲线

由图2图3可以看出,干涉图受波长的影响,波长越长,相邻两干涉条纹间距越大,这与理论计算相符。由(5)式 $\Delta x=\frac{D\lambda}{d}$ 可以看出,理论计算相干条纹的间距随波长的增大而增大,理论计算结果与实验仿真完全一致。图4(见下页)是改变参数 $d$ 和 $D$ 后,得到的干涉图样。减小 $d$ 、增大 $D$ ,干涉条纹间距加大。由(5)式同样可以从理论上得出这一结论,进而验证了理论计算结果与实验仿真完全一致。

### 四、结语

本文对杨氏双缝干涉实验原理进行了理论解释；

然后利用MATLAB软件,对该实验进行了仿真,结果能准确地再现实验现象,最后对干涉图样线宽的影响因素进行了研究。仿真分析的结果与理论分析完全一致,说明仿真结果的可靠性。

### 参考文献：

- [1]马峰全,梅策香,双缝干涉实验探讨光波的相干性[J],咸阳师范学院学报,2018,33(4):44-45.
- [2]李南南,吴清,曹辉林,MATLAB7简明教程[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [3]赵彻,徐熙平.图像处理技术在微小尺寸自动测量中的应用[J].电子测试,2014(7):110-111.

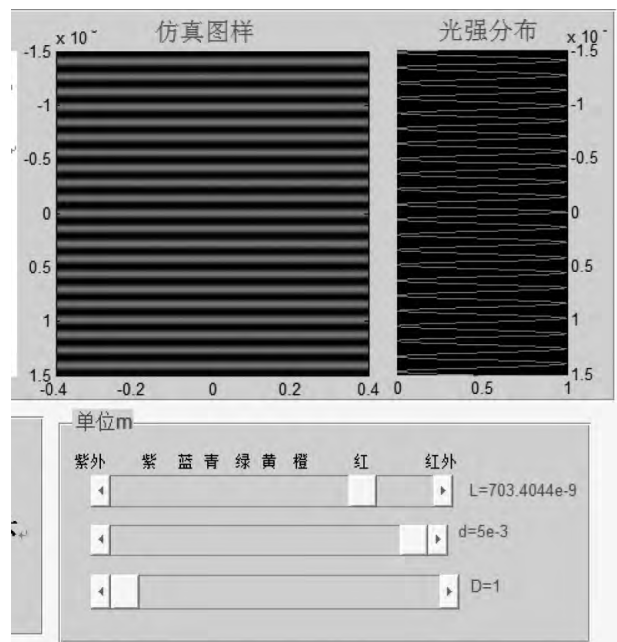


图4 不同d和D下的干涉仿真图样和光强分布曲线

[4]祁磊,任明武.基于纸币透射图像的新旧检测[J].现代电子技术,2015,38(6):101 - 104.

[5]李勇,胡瑞钦.微小孔尺寸形状的脱模与图像测量[J].纳米技术与精密工程,2013,11(4):341 - 347.

[6]刘凌云,罗敏,方凯,等.基于图像拼接的尺寸精密检测算法研究[J].制造技术与机床,2012,17(11):106 - 110.

[7]谢敬辉,赵达尊,阎吉祥.物理光学教程[M].北京:北京理工大学出版社,2005.

# Simulation of Young's Double-slit Interference Based on MATLAB ZHAO Shuang,ZHOU Zhe-hai,PAN Han,ZHANG Ya-nan, LI Wen-yue

(School of Instrument Science and Opto-electronic Engineering,Beijing Information Science & Technology University,Beijing 100192,China)

Abstract: Based on wave optical theory,Young's double slit interference phenomena simulation are realized by MATLAB with powerful matrix computing capabilities and drawing function.The simulation images are in good agreement with the experimental results.The experimental simulation can adjust flexibly the parameters and reflect dynamically the process of the interference fringes changing with the parameters,which makes the image of the physical laws intuitionistic and helps the students to understand the phenomena and laws of physical optics more deeply.The experimental simulation also greatly expands the research approach and method of Young's double slit interference, which is of great significance to the auxiliary theory teaching of wave optics.

Key words: Matlab;Young's double - slit interference;numerical simulation;simulation