

文章编号:1007-2934(2013)06-0067-03

基于 LabVIEW 的光学现象模拟

王奎龙

(杭州师范大学, 浙江 杭州 310036)

摘要: 以牛顿环干涉和夫琅禾费矩孔衍射实验为例介绍了在 LabVIEW 环境下实现光学现象模拟的具体方法和过程。表明基于 LabVIEW 软件可以方便的实现牛顿环干涉和矩孔衍射等光学现象的计算机模拟。

关键词: 虚拟仪器; 干涉和衍射; LabVIEW; 模拟实验

中图分类号: R 312; TP 391.9

文献标志码: A

1 光学现象模拟的基本原理

1.1 牛顿环的光强分布

牛顿环是一种等厚干涉现象。牛顿环干涉的原理图如图 1 所示, 由一块平面玻璃和一块平凸透镜组成。 R 为透镜曲率半径, e 为透镜顶点与平面玻璃间的距离, 某一级干涉条纹的半径为 r , d 为该处与球面顶点的垂直距离, n 为介质的折射率。按照相关干涉理论, 两列相干光在某点 P 处叠加时, 其合成光强分布为:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\varphi \quad (1)$$

其中 I_1 和 I_2 为两列光到达 P 点时的光强, $\Delta\varphi$ 为两列光波的相位差。当波长为 λ 的单色光垂直入射时, 介质层上下表面的反射光的光程差为:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \left[2n(d+e) + \frac{\lambda}{2} \right] \quad (2)$$

上式中 $\lambda/2$ 为半波损失。由图 1 中几何关系, 可得

$$d \approx \frac{r^2}{2R} \quad (3)$$

设 $I_1 = I_2 = I_0$, 则把式(2), (3) 代入式(1), 可得透镜上某点处的光强表达式

$$I = 4I_0 \sin^2 \left(\frac{\pi r^2}{R\lambda} + \frac{2\pi e}{\lambda} \right) \quad (4)$$

在直角坐标中, 取 $r^2 = x^2 + y^2$ 。

1.2 夫琅禾费矩孔衍射的光强分布

如图 2 为夫琅禾费矩孔衍射实验原理图。设

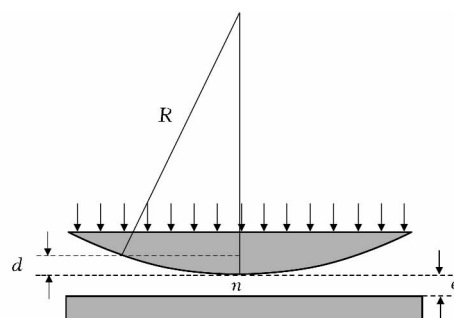


图 1 牛顿环干涉实验原理图

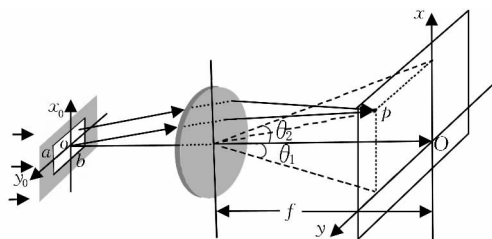


图 2 夫琅禾费矩孔衍射实验原理图

波长为 λ 的单色光源垂直入射到边长为 a 和 b 的矩孔上, 在矩孔后放置一个焦距为 f 的会聚透镜, 透镜的像侧焦平面上放置一观察屏, 在观察屏上将会观察到夫琅禾费矩孔衍射的图样。根据矢量图解或复数积分等相关光学理论^[1,2], 可以通过计算得到观察屏上某点 P 处夫琅禾费矩孔衍射光强分布公式

$$I(x, y) = \frac{a^2 b^2}{\lambda^2 f^2} A^2 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \quad (5)$$

其中 $\alpha = \frac{\pi a x}{\lambda f}$, $\beta = \frac{\pi b y}{\lambda f}$ 。

收稿日期: 2013-09-11

基金项目: 浙江省自然科学基金项目资助 (LY12A04012); 杭州师范大学物理实验示范教学中心建设项目资助 (PD11009008002015)

2 光学现象的 LabVIEW 模拟实现

2.1 LabVIEW 环境下的模拟方法

LabVIEW 程序称为虚拟仪器(VI),一个 VI 有三个主要部分组成,即程序框图、前面板和图标/连接器。前面板是 VI 的交互式用户界面,即用户与程序代码联系的窗口,而程序框图就是 VI 的源代码,即由一些图标、连线 and 符号组成,不需要传统的程序代码^[3,4,5]。

光学现象的 LabVIEW 模拟的具体方法是把波长、焦距等一些需调整的参量用输入控件放置在前面板,与程序进行交互操作,而用两个循环产生一系列 (x, y) 值数组,把参数与 (x, y) 数组数据输入光强公式节点即可产生输出面上的光强分布的二维数组。再通过一维、二维或三维图形显示控件,可以显示输出面的光强分布情况。其中光强公式的实现,对于简单的公式可以方便的用计算器节点和公式节点实现,而更复杂的公式可以用丰富的软件自带函数控件实现。如图 3 所示为编辑好的矩孔衍射光强公式节点,在公式节点中采用类似 C 语言的编写方式,可以根据需要自由的设置输入和输出引脚,运行时只要在输入端输入相应参数,在输出端就会输出某点 (x, y) 处的光强大小。

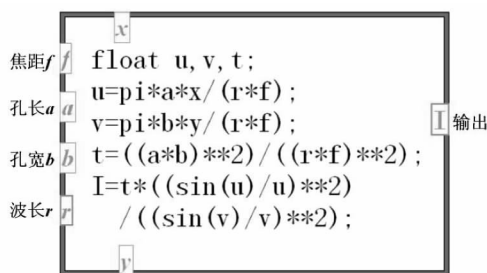


图 3 矩孔衍射光强公式节点

2.2 牛顿环干涉具体实现、结果呈现

图 4 所示为牛顿环模拟实验的 LabVIEW 程序框图,图中采用的为 LabVIEW2011 版软件编程。在本例中,采用计算器节点方法编写牛顿环透镜表面光强公式,设置透镜曲率半径 R ,入射光波长 λ ,以及透镜顶点与平面玻璃之间的空隙 e 作为输入变量。其中 (x, y) 值数组分别是用两个公式节点控件根据图形描绘的点数产生,如要产生 $400 \cdot 400$ 的点阵数据,牛顿环观察范围为 $k \cdot k$,则用公式节点 $x = -k + (2k/399) \cdot i$ 和 $y = -k + (2k/399) \cdot j$,利用两个循环变量 i 和 j 可产生二维点阵图形数据,只要改变 k 值,即可以改变牛顿环的观察范围。输出采用波形图、强度图、三维曲面图三种控件分别显示牛顿环图像在某一 y (其中 y

用一个控件实现可调)处 x 方向的光强分布曲线,二维光强强度分布等高图,以及三维曲面分布图。通过输出控件属性可以方便的调节各种显示特性,如色调等。整个程序放入一个 while 循环框中,通过循环的方式保持持续的演示。

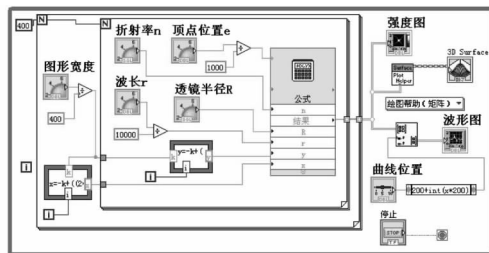


图 4 牛顿环模拟实验程序框图

图 5 为牛顿环模拟实验的前面板图。共设置了六个输入控件,用来分别调节输入参数,其中输入控件有多种形式,可以根据个人喜好和调节的方便选择。在本实验中,为了观察干涉图样的连续动态变化,采用了连续可调的控件。当连续调节某一输入参数时,或以动态的看到牛顿环的变化。相比于实际的实验,可以更方便的观察各种参数下牛顿环图样的变化情况。如图 6 为透镜顶点与平面玻璃间距离 e 取两种不同值时的牛顿环图样,从显示图样中可以直观地看出,透镜顶点处可能是亮条纹,也可能是暗条纹。

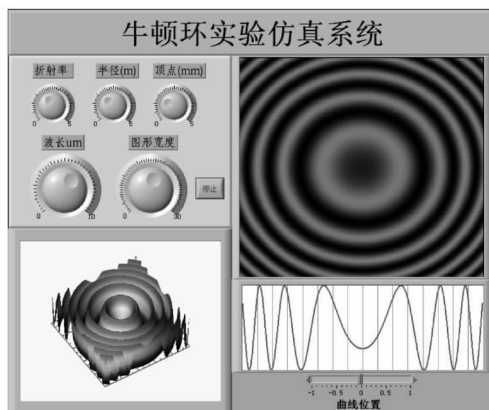


图 5 牛顿环模拟实验前面板图

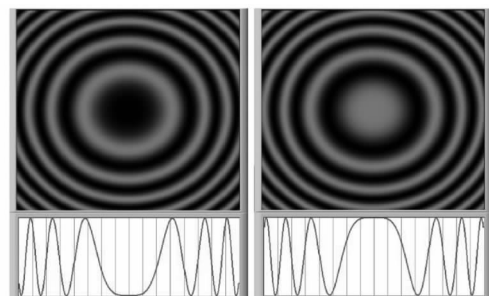


图 6 e 取不同值时牛顿环图样

2.3 矩孔衍射具体实现、结果呈现

类似于牛顿环实验,只要改变光强分布公式和设置不同的输入控件,即可方便的实现矩孔衍

射的模拟,如图 7 和图 8 为矩孔衍射实验模拟系统的程序框图和前面板图。在此程序中,输入控件采用滑杆式的控件,并设置当前值的显示控件,可以方便的设置任意的输入参数。其中强度图采用了颜色梯度的方法,可以增强可视性。输出同样设置了一维曲线、二维光强等高图、三维强度曲面图控件,可以从不同的角度观察衍射光强的分布情况。当改变矩孔的长和宽时,可以模拟正方形孔和长方形孔的衍射图样。当长或宽趋向于零时,矩孔衍射即变为单缝衍射,如图 9 显示的为长方形孔衍射和单缝衍射的图样。在实验模拟演示中,连续调节输入参数,即可观察到动态的衍射图样的变化,非常直观。

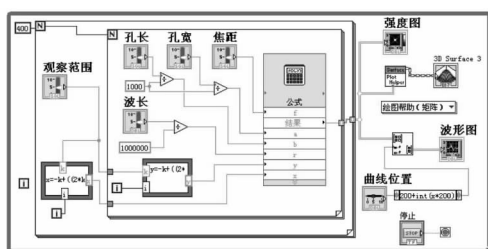


图 7 矩孔衍射实验程序框图

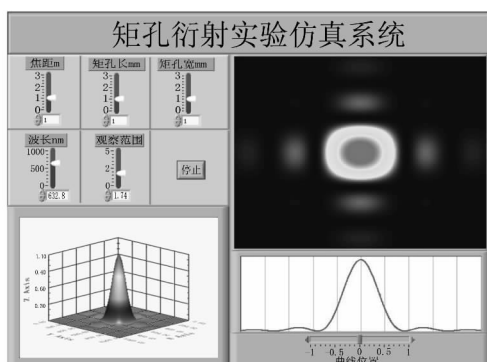


图 8 矩孔衍射实验前面板图

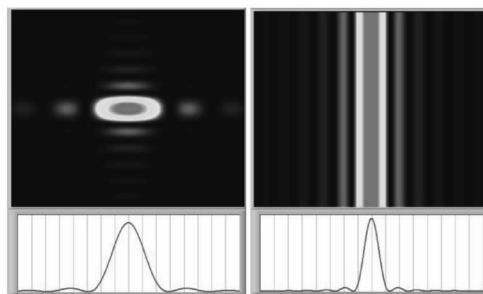


图 9 矩孔衍射图样

3 结 论

本文以牛顿环干涉和夫琅禾费矩孔衍射模拟实验为例,详细介绍了用 LabVIEW 软件实现光学现象模拟的方法,并简单显示了模拟的结果。

参考文献:

- [1] 赵凯华. 新概念物理教程(光学[M]. 北京:高等教育出版社,2004:179-183.
- [2] 羊国光,宋菲君. 高等物理光学[M]. 2 版. 合肥:中国科技大学出版社,2008:90-91.
- [3] 陈锡辉,张银鸿. LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通 [M]. 北京:清华大学出版社,2007:109-118.
- [4] 林静,林振宇,郑福仁. LabVIEW 虚拟仪器程序设计从入门到精通[M]. 北京:人民邮电出版社,2010:2-6.
- [5] 李斌,谭鹏等. LabVIEW 在物理设计性实验中应用的探讨[J]. 2012,25(3):86-88.

The Simulation of Optical Phenomena Based on LabVIEW

WANG Kui-long

(Hangzhou Normal University, Zhejiang Hangzhou 310036)

Abstract: It introduced the specific method and process of optical phenomena simulation under the LabVIEW environment based on the Newton ring interference and Fraunhofer rectangular aperture diffraction experiment. The results show that the optical phenomena such as Newton ring interference and Fraunhofer rectangular aperture diffraction can be realized conveniently based on LabVIEW software.

Key words: virtual instrument; interference and diffraction; LabVIEW; demonstration experiments