

# LabVIEW 在光速测定实验中的应用\*

冉俊霞 葛大勇

(河北大学物理科学与技术学院 河北 保定 071002)

张少朋

(河北大学体育教学部 河北 保定 071002)

(收稿日期:2019-11-21)

**摘要:**光速是非常重要的物理常量,在实验室内受距离限制,常用光拍频法进行光速测量.但是读取数据时主要凭借人眼观察李萨茹图形、或者波形是否移动了一个完整周期,在实际测量时造成了很大的误差,致使最终结果误差增大.利用 LabVIEW 中的波形处理函数,直接将近程光、远程光的波形进行计算处理,获得其位相差,进而计算光速.该方法不必考虑波形是否移动了一个完整周期,并极大减小了误差,提高了学生综合运用计算机处理数据的能力.

**关键词:**数据处理 LabVIEW 光速 波形

## 1 引言

光的传播速度是一个极其重要的物理量,因此光速的测定也是物理学中一个十分重要的课题.最初的测量光速都是采用天文学的方法的,比如1676年科学家利用木星卫星的木食现象来计算光速;在实验室中,由于受场地和空间的限制,测量光速的实验室方法主要有旋转齿轮法、旋转棱镜法、微波谐振腔法等<sup>[1]</sup>.随着激光的问世,目前实验室中一般采用的测量光速的方法是光拍频法<sup>[2,3]</sup>.但是实验误差主要产生在远光程的测量过程和利用示波器观察相位时人眼判断的过程<sup>[4,5]</sup>,一般认为示波器观察相位时人眼判断产生的误差一般在1%~3%.根据我们实验室学生的测量结果,示波器观察相位时人眼判断产生的误差一般在4%以上,甚至更高.本文针对这一问题,在数据读取和处理上进行了创新研究.

## 2 实验原理

本实验中采用的仪器为南京浪博科教仪器厂生

产的 LM2000C,如图1所示.

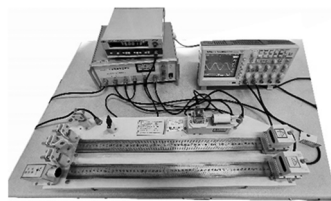


图1 LM2000C 光速测量仪

光拍频法测量光速的基本原理是利用施加在声光晶体上频率为  $F$  的超声波,形成一个超声位相光栅.激光束通过时发生衍射,从而产生频差较小的不同频率的光波,选取其中两种频率的光波,根据振动叠加原理,即两列频差较小,速度相同、同向传播的简谐波叠加即可形成拍.通过光探测器接收光的拍频波,收到的光电流乃是一个平均值,即

$$\bar{i} = gE_0^2 \left\{ 1 + \cos \left[ \Delta\omega \left( t - \frac{x}{c} \right) + (\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2) \right] \right\} \quad (1)$$

式中  $g$  为探测器的光电转换常数,  $\Delta\omega$  是与拍频  $\Delta f = 2F$  相应的圆频率,  $(\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2)$  为初位相.由式(1)可知,光拍信号的位相与空间位置  $x$  有关,利用此关

\* 河北省高等教育教学改革研究与实践项目,项目编号:2018GJJG015;河北大学实验室开放项目基金资助,项目编号:sy201852;河北大学第二批“精品实验项目”建设项目,项目编号:2017-BZ-JPSY02;河北大2017年度示范性虚拟仿真实验教学项目“真空镀膜虚拟仿真实验”.

系,可以测量空间某两点之间的光程差为  $\Delta L$ ,及两点的光拍信号的位相差  $\Delta\varphi$ ,根据式(2)即可测量出光速  $c$

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta\omega\Delta L}{c} = \frac{2\pi\Delta f\Delta L}{c} \quad (2)$$

当  $\Delta\varphi=2\pi$ 时, $\Delta L=\lambda$ ,即光程差恰为光拍波长,此时式(2)简化为

$$c = \Delta f\lambda \quad (3)$$

使用LM2000C进行测量时,可以通过观测李萨茹图形或光波波形的变化来判断,这就需要两光波位相差  $2\pi$ .实际测量中很难调节棱镜小车使示波器上两光波完全重合,这使最终测量结果出现较大的误差.

实际测量时,远程光和近程光的波形通常如图2所示,即其位相差小于  $2\pi$ ,此时二波形光程差小于  $\lambda$ ,光速可由式(4)计算.

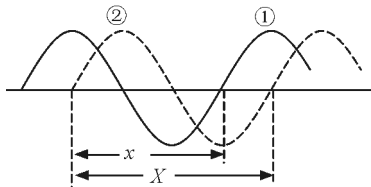


图2 二光拍信号波形的比较

$$c = \Delta\Delta f = \frac{X}{x}L(2F) \quad (4)$$

测出  $\frac{X}{x}$ ,  $L$  和  $F$  才可计算出光速  $c$  的值.此时通过肉眼读取数据就不容易了.

### 3 利用 LabVIEW 进行数据处理

LabVIEW 软件中提供了多种波形处理函数,可以利用这些函数编程进行自动处理数据<sup>[4]</sup>.如图3所示,是我们编制的处理光速测定数据的前面板界面,图4是后面板的程序.利用该程序,不管远程光和近程光的位相差是否是整周期都可以进行处理.实验时,改变棱镜小车位置时,只需要将两次的波形和小车移动的距离记录下来就可以.将数据输入前面板,将两光波的波形数据存放到相应目录,程序会自动读取数据并进行处理.如图3测量得到的光速为  $2.993\ 56 \times 10^8$  m/s,其相对误差为 0.15%,而学生通过肉眼观察位相差一次测量得到光速低时可达  $(2.61 \sim 2.94) \times 10^8$  m/s,高时可达  $(3.05 \sim 3.20) \times 10^8$  m/s,其相对误差一般在 5% 以上,甚至达到 10%.因此,利用 LabVIEW 编程处理数据,大大降低了误差.

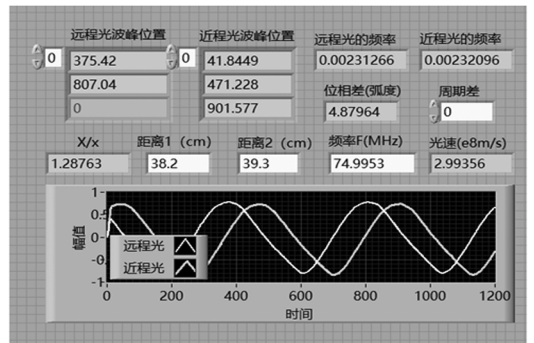


图3 数据处理前面板

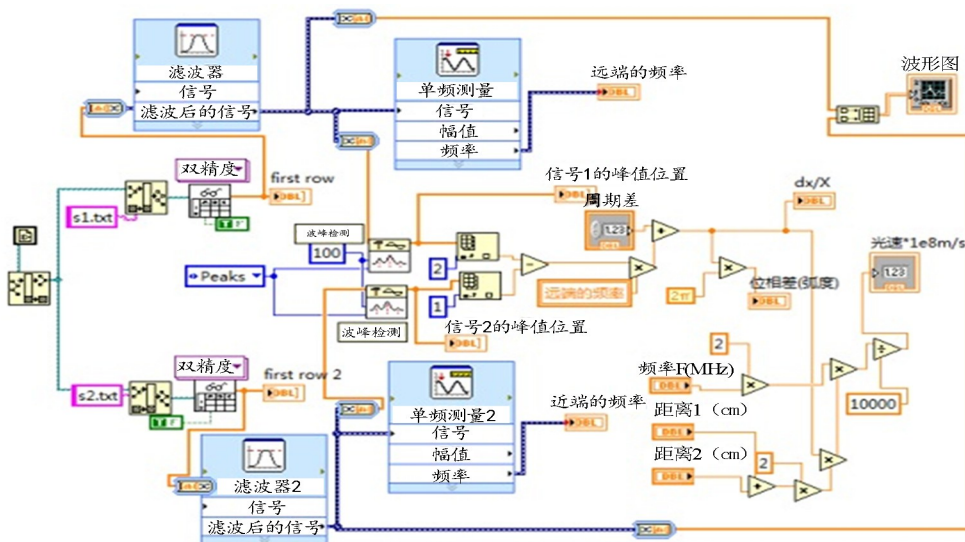


图4 后面板程序设计图

程序中主要用到了滤波器、波峰检测、单频测量函数.如图5、图6所示.

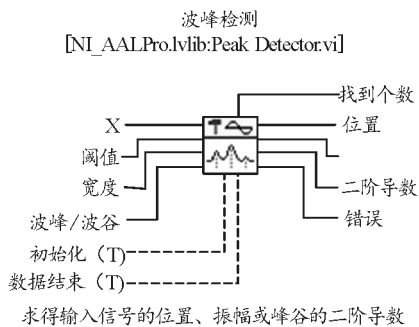


图5 波峰检测函数

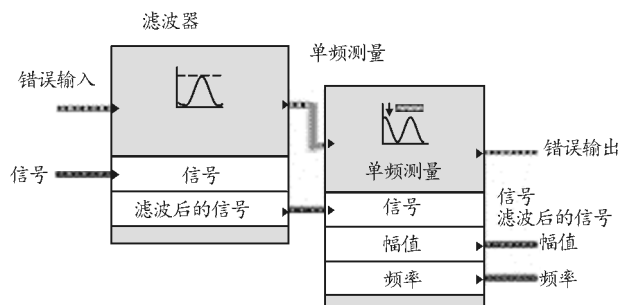


图6 滤波器函数和单频测量函数

滤波器可以将输入的波形数据进行平滑滤波处理,提高信噪比;波峰检测可以检测波形数据的波峰及位置,单频测量函数可以将波形数据的频率计算

出来,这样就可以根据波峰和频率直接计算出两波形的位相差.

#### 4 结束语

利用 LabVIEW 编制的光速测量数据处理程序,不仅减少了人为因素引起的误差,使测量结果的精度大大提高,还锻炼了学生计算机编程能力和利用计算机处理数据的科学素养.利用该方法还可以进一步改良光速测量仪,使其光程长度大大缩减,缩小仪器尺寸,使其更适宜在实验室中运行.

#### 参考文献

- 1 季家谔. 高等光学教程[M]. 北京: 科学出版社, 2007. 437 ~ 439
- 2 宁长春, 冯有亮, 文豪, 等. 光速测定的历史概述[J]. 大学物理, 2014, 33(10): 26 ~ 30
- 3 魏秀芳, 张正荣, 张国恒. 光拍频法测光速实验的改进[J]. 大学物理实验, 2015, 28(03): 32 ~ 34
- 4 陆秋夏, 林祖杰, 尹会听. 光拍法测量光速实验精度影响因素的研究[J]. 大学物理实验, 2016, 29(01): 11 ~ 14
- 5 刘源, 郭伟盛, 冯建斌, 等. 光拍法测光速的实验误差分析及方法改进[J]. 大学物理实验, 2017, 30(01): 124 ~ 127
- 6 陈树学. LabVIEW 宝典[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017

## Application on LabVIEW in Experiment of Measuring the Light Velocity

Ran Junxia Ge dayong

(College of Physics Science and Technology, Hebei University, Baoding, Hebei 071002)

Zhang shaopeng

(Department of physical education, Hebei University, Baoding, Hebei 071002)

**Abstract:** The speed of light is a most important physical constant. In the laboratory, the speed of light is usually measured by optical beat frequency method. However, when reading the data, it mainly relies on human eyes to observe whether the graph of Lisaru is completely consistent, or whether the waveform has moved for a complete period. It causes a large error in the actual measurement and increases the error of the final result. In this paper, the waveform processing function in LabVIEW is utilized to calculate and process the waveforms of near-distance light and remote light to obtain the phase difference and then calculate the speed of light. The method does not need to consider whether the waveform has moved for a complete period, which reduces the error and improves the students' ability to process data comprehensively by using computers.

**Key words:** data processing; LabVIEW; light speed; wave form