

# 基于 LabVIEW 的霍尔效应仿真实验设计与实现

林曼虹<sup>1</sup>, 张 诚<sup>2</sup>, 刘朝辉<sup>2</sup>, 吴先球<sup>2</sup>

(1. 广东省量子调控工程与材料重点实验室, 广东 广州 510006;

2. 华南师范大学物理与电信工程学院, 广东 广州 510006)

**摘要:**霍尔效应仿真实验采用面向对象技术,以模块化、局部化、可重复性和拓展性为设计原则,实现了 LabVIEW 环境下实验仪器的数值建模和图像建模,以事件驱动方式实现实验场景和仪器界面及操作的仿真.结果表明该类仿真实验在仿真性、交互性、设计性、结果的处理和报告的提交上都达到了很好的仿真和实现,能实现良好的教学效果,有效缓解实验室压力.

**关键词:**仿真实验;物理实验教学;霍尔效应;LabVIEW

中图分类号:O 4-3

文献标识码:A

文章编号:1000-0712(2015)07-0026-04

霍尔效应是大学普通物理实验课程之一,目前高校开设的学生实验中普遍采用的“霍尔效应组合实验仪”或是螺线管磁场实验仪进行实验.该类实验仪器价格昂贵,高校购置普遍只有十来台,难以满足学生的需求.另外,由于实验室的教学安排,学生普遍只能有一次实验机会,这意味着学生必须在对实际仪器完全陌生的情况下,在 2 到 3 个小时内完成整个实验,测量数据多达 88 个,而且通常没有机会检查数据是否正确.

为了应对高校当前普遍存在的实验仪器不足,实验时间和次数过少的状况,本文以霍尔效应为例,尝试在 LabVIEW 环境下构建复杂仿真实验,制作虚拟霍尔效应仿真实验.在实际教学应用中,仿真实验以其时空的灵活性,充分发挥了计算机技术和网络技术的优势,打破时间、空间和仪器数量的限制,可服务于学生实验预习和复习需求,让学生能够在任何时间、任何地点进行实验,极大地提高了实验教学的灵活性.

## 1 概述

### 1.1 LabVIEW 概述

LabVIEW 是由 NI 公司推出的虚拟仪器开发平台软件,是一种业界领先的工业标准图形化编程工具,它将软件和各种不同的测量仪器硬件及计算机集成在一起,建立虚拟仪器系统,以形成用户自定义的解决方案.其强大的数据运算和处理功能将信号发生、数据采集、波形显示、数据处理和结果输出等多种功能集于一身,替代了实验室中电压表、电流

表、示波器和信号发生器等多种传统的仪器设备,使实验过程得到相当程度的简化,有利于提高测控技术实验教学的水平,也给传统的教学研究带来巨大的变化.

### 1.2 虚拟霍尔效应仿真实验概述

考虑到实验教学是以学生的实际动手操作仪器为主,本实验构建了霍尔效应测试仪和亥姆霍兹线圈实验架两大虚拟实验仪器.通过该实验,学生可以学习实验仪器的连接方式,学习用“对称测量法”消除副效应,测量并绘制  $V_H - I_S$ 、 $V_H - I_M$ 、 $V_H - x$  曲线并确定试样的导电类型.

为了达到提高实验教学的目的,除了实验的仪器,该实验平台还提供了实验指导模块,包含实验讲义、实验操作指导视频和拓展资料;实验报告处理模块,包含数据记录和存储、描点、绘图等辅助功能,极大地方便实验数据的处理.

## 2 仿真实验设计与实现

本文以高校常用的“霍尔效应组合实验仪”为仿真实验基础,在 LabVIEW 环境下,用数值模拟的方式建立仪器原理、实验设计和实验操作的各种数学关系,用图像模型表现操作的真实感,并利用事件驱动方式将它们编制出来,使得实验具有任意操作性和真实操作感.

考虑到实验仪器和元器件是一个个独立的实体,因此采用面向对象技术,以模块化、局部化、可重复性和拓展性为设计原则,在 LabVIEW 环境下,以

收稿日期:2014-10-22;修回日期:2014-12-08

基金项目:广州市科技和信息化局科普计划项目(2014KP000043)、教育部创新团队项目、the PCSIRT (Grant No. IRT1243)资助.

作者简介:林曼虹(1991—),女,广东汕头人,华南师范大学物理与电信工程学院 2013 级硕士研究生.

独立编程方式生成客户自主控件,以模块拼装方式构建了虚拟霍尔效应测试仪和虚拟亥姆霍兹线圈实验平台两大仿真仪器,实现实验仪器的独立性、可重复性和可拓展性。实验平台简图(部分)如图 1 所示。

其中,“霍尔效应测试仪”解决了样品工作电流  $I_S$ 、励磁电流  $I_M$ 、霍尔电压  $V_H$  的输入、输出问题,电流大小连续可调并可显示。右边的虚拟亥姆霍兹线圈实

验架包含亥姆霍兹线圈、二维移动架、霍尔元件和 3 组换向开关。其中 3 组换向开关解决了磁感应强度 ( $B$ ) 和样品工作电流 ( $I_S$ ) 的方向选择问题,二维移动架可使传感器从磁场中心水平向左移动 50 mm,垂直向下 30 mm。数据处理平台发挥 LabVIEW 强大的数据处理功能,学生可以在进行实验的同时记录实验数据、分析实验数据并绘制对应的图像。

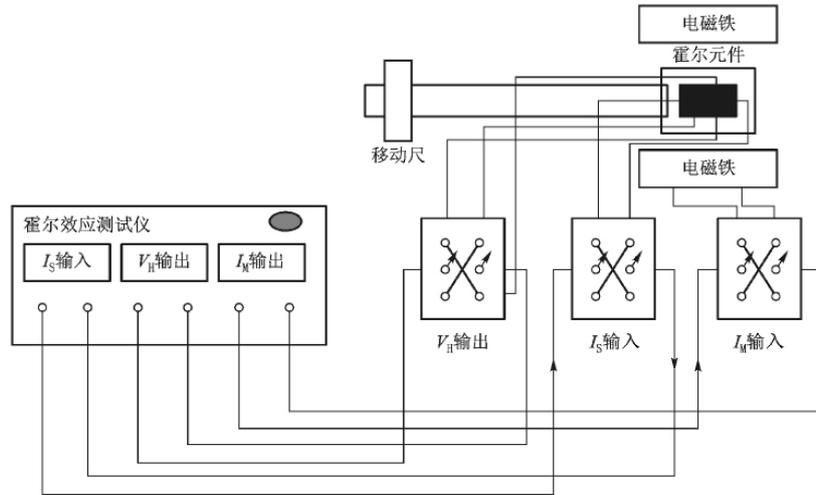


图 1 实验平台简图(部分)

本仿真实验主要采用数值仿真和图像仿真技术,虚拟出每个实验仪器的内部工作机制,面板的各个操作和响应,以及对电路中其他仪器的影响,从而搭建完善的仿真实验系统。每一个仪器由仪器内部的

工作原理联系,由仪器图像、各可操作部件、各显示部件、输入、输出组成。仪器之间则由各个不同的实验场景相互联系。下面就其实现进行讨论,图 2 为虚拟亥姆霍兹线圈实验面板。

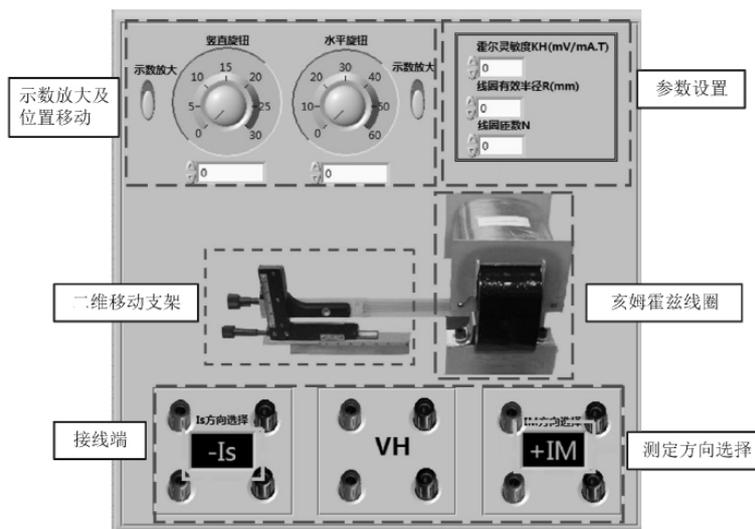


图 2 虚拟亥姆霍兹线圈实验面板

1) 图像仿真:为了提高本实验的仿真度,本实验中制作的控件力求与真实实验一致。首先利用高像素摄像机进行实物拍摄,之后通过 Photoshop 进行

修饰、处理并将处理过的图片导出为“PNG”格式的图片备用。

2) 控件自定义:LabVIEW 中的控件、VI、甚至

应用程序都有自己的属性和方法,通过利用 LabVIEW 的“自定义”功能,以“客户控件”的封装方式配合属性节点和方法节点的使用,从而保证按照设计者的意图制作出不同的实验控件,并存放于 LabVIEW 控件库中,以备重复调用。

3) 接线模拟:定义了各仪器的接线柱,通过事件结构编写各个接线柱的鼠标事件以响应学生的操作。在接线正误的判断上,考虑到本实验的接线柱有 18 个之多,采用传统的枚举法过于复杂,因此本实验定义了各仪器的接线柱集合,接线回路权值数组和正确回路的仪器集合。通过采用回路搜索算法,可以根据记录的接线情况,搜索回路情况并和正确的回路比较来判断接线的正误,从而降低判断的复杂性,减轻程序负担,保证接线的任意性和灵活性。

4) 交互性处理:通过学生的鼠标操作和移动,提供实时提示和帮助功能。例如为了让学生准确判断接线柱是否“接通”了,本仿真实验引进了属性节点“闪烁”来实现状态的显示。通过该程序设置,可

以实现当学生点击任一接线柱时,指示灯会闪烁,如果在两个接线柱都接通的情况下学生由于操作不当导致任一接线柱断路,两接线柱间的导线会消失,接通的接线柱会恢复闪烁,没闪烁的接线柱说明该接线柱没接通,从而很好的实现了对电路断路的判断,提高本仿真实验的交互性。

5) 数值仿真:作为虚拟仪器的内部工作机制,数值仿真主要是根据物理规律建立仪器的理论模型、经验模型和半经验模型,保证各个数值显示部件可根据各个旋钮状态的变化而改变。

6) 数据处理:考虑到实验要记录的数据相当多,为了能更加直观显示实验结果,帮助学生进行数据处理和分析,实验设计过程发挥了 LabVIEW 自身优越的数据处理和图线拟合功能。通过配备独立的实验数据处理模块,保证学生实验过程可随时记录、删除、更正、存储、调用实验数据,通过实验数据可进行描点、图线拟合和分析。数据处理平台如图 3 所示。

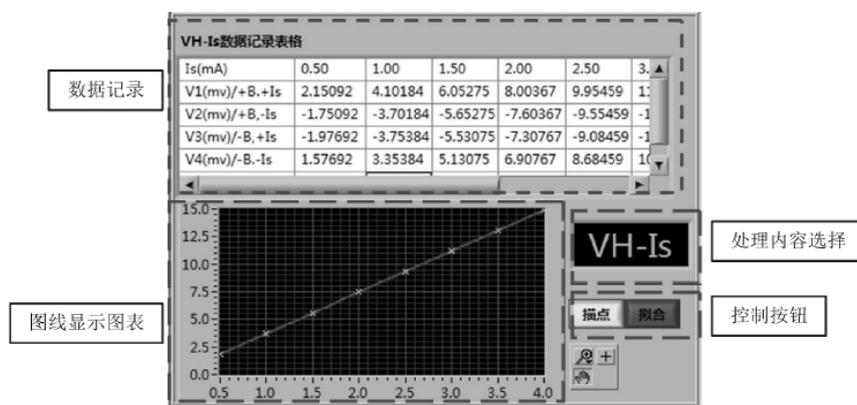


图3 数据处理平台

7) 实验报告生成/提交:按照实验要求学生完成实验后需要提交一份实验报告,利用 LabVIEW 的报表生成功能,将实验原理、实验数据、实验图像、实验结果分析及关键的实验操作步骤生成一份实验报告(根据需要可选择生成 word、Excel 或图片),以联网方式提交实验报告,教师下载学生的实验报告即可进行查阅和批改。(见图 4)。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 良好的仿真性

发挥 LabVIEW 本身在虚拟仪器设计上的优势的同时,结合传统仿真方式,以图像模拟各个实验仪器、可操作部件和显示部件并提供实时的动态

响应和帮助,在最大程度上给予使用者真实的实验感觉。

#### 3.2 良好的设计性

采用灵活自主的建模方式,用户可根据需要进行任意的连线,拖动实验仪器、设计实验参数,观察实验现象、记录实验数据并进行验证,从而实现良好的设计性,有利于学生实验过程自主性的发挥。

#### 3.3 良好的交互性和可操作性

主要使用面向对象方法、事件触发机制完成实验仿真,保证各个旋钮可任意单独操作,具有较高的交互性。提供可自主选择的实时帮助和错误提示,使学生在实验预习阶段对整体的实验原理和实验操作

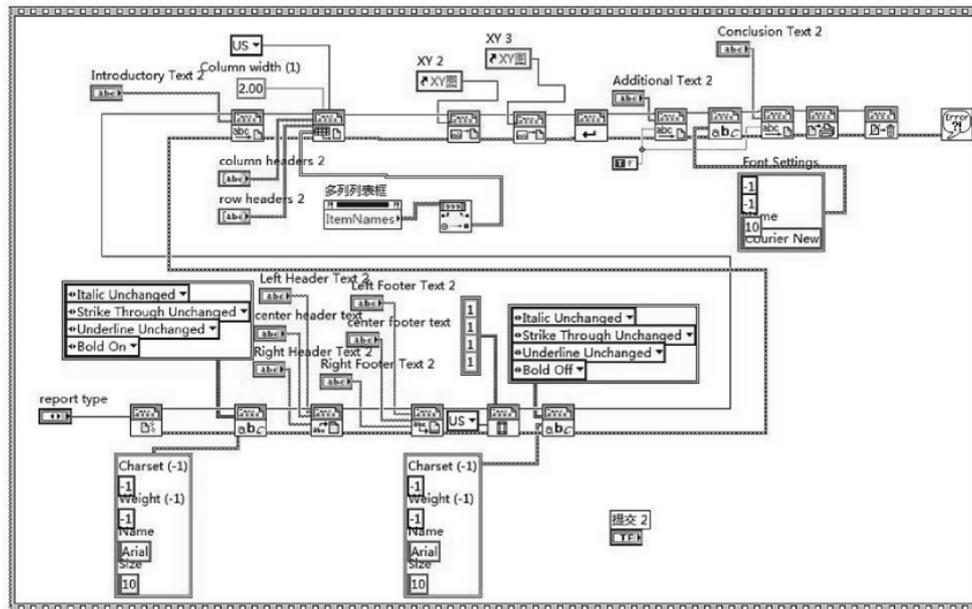


图 4 实验报告生成/提交程序(部分)

有一个良好的认识和体验. 实验文字材料、实验数据处理结果等均可随时查看, 实现良好的可操作性.

#### 4 总结

本文以霍尔效应为例, 采用面向对象技术, 以模块化、局部化、可重复性和可拓展性为设计原则, 研究了 LabVIEW 环境下仿真实验的具体开发方法, 在仿真性、交互性、设计性、数据结果的处理和实验报告的提交上都到达了很好的仿真和实现. 仿真结果证明该类仿真实验确实可以服务于学生的实验预习和复习, 从而达到提高学生的实验主动性和兴趣, 缓解实验室压力, 推广新实验方法的目的.

#### 参考文献:

- [1] Martin H Levin. Use of a soundcard in teaching audio frequency and analog modem communications [J]. ACM SIGCSE Bulletin, 1999, 31(3): 79-83.
- [2] 王晓蒲, 霍剑青, 杨旭, 等. 大学物理仿真实验和教学实践 [J]. 物理实验, 2001, 21(2): 28-29.
- [3] 刘刚, 王立香, 张连俊. LabVIEW 8.20 中文版编程及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [4] 张建, 杨雪, 马捷. 电磁感应物理仿真实验的制作与实现 [J]. 现代教育技术, 2006, 16(6): 69-72.
- [5] 孔丽晶, 骆万发. 基于 Labview 平台的电学实验仿真 [J]. 大学物理实验, 2008, 21(4): 75-80.
- [6] 杨洁. 霍尔效应测量半导体特性参数中副效应的消除方法 [J]. 潍坊学院学报, 2010, 10(6): 32-34.

## Design and implementation of Hall effect simulation experiment based on LabVIEW

LIN Man-hong<sup>1</sup>, ZHANG Chen<sup>2</sup>, LIU Zhao-hui<sup>2</sup>, WU Xian-qiu<sup>2</sup>

(1. Laboratory of Quantum Engineering and Quantum Materials, Guangzhou, Guangdong 510006, China; 2. School of Physics and Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006, China)

**Abstract:** Under the LabVIEW environment, with the design principles of modular, localization, repeatability and expand, the numerical modeling and image modeling of experimental apparatus can be carried out by using object-oriented technology. The experimental scenes and instruments in event-driven way interface and the simulation of the operation are realized. The results have shown that the simulation experiment can be arrived in good simulation and implementation in the simulation, interactivity, design, processing and report submitted on the results of all. It can achieve good teaching effect and alleviate the pressure of the laboratory.

**Key words:** simulation experiment; physics experiment teaching; Hall effect; LabVIEW