

二极管伏安特性实验的教学优化设计* Teaching Optimization Design of Volt-ampere Characteristic of Diode Experiment

李正良, 魏晋忠, 李一凡, 甘启宙

LI Zheng-liang, WEI Jin-zhong, LI Yi-fan, GAN Qi-zhou

(广西师范学院物理与电子信息科学系, 广西南宁 530023)

(Department of Physics and Electronic Information Science, Guangxi Teachers Education University, Nanning, Guangxi, 530023, China)

摘要:根据教学实践的经验和近年来新课程改革的基本理念提出二极管伏安特性实验的教学目标和设计原则,用补偿法、机械表伏安法和数字表伏安法对实际二极管的伏安特性曲线进行实验测试,总结出各实验方法的优缺点,然后从实验方法、仪表配备、二极管元件选择和实验内容设置等方面对二极管伏安特性实验进行教学优化设计。

关键词:二极管 伏安特性 测量方法 教学优化

中图分类号:TP312 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2008)04-0376-04

Abstract: The teaching objectives and design principles of volt-ampere characteristic of diode experiment were put forward, according to the experience of teaching practice and the basic idea of the new curriculum reform in recent years. The experimental tests of voltage-current characteristic of actual diode were done by the compensation method, the mechanical watch voltammetry method and the digital meter voltammetry method. The advantage and disadvantage of each experimental method were summarized. The teaching optimization designs to volt-ampere characteristic of diode experiment are achieved by experimental methods, the equipment of instruments, the choice of diode elements and the establishment of experimental contents, etc.

Key words: diode, volt-ampere characteristic, measuring method, teaching optimization

二极管伏安特性实验是普通高校理工专业常设的物理实验。由于二极管元件的多样性和伏安特性的复杂性,其教学实验在多数学校开展得并不顺利,效果不好,其中的一些问题长期困扰了许多教师的教学,影响了课程整体的教学质量^[1,2]。

针对这一问题,我们研究发现问题主要出在以下3点:一是测量方法选择不当,如文献[3]选用了补偿法,其测量过程复杂又费时,学生往往在2~3h内无法做完;二是仪表选择和搭配不合理,造成测量结果与实际偏差较大,如文献[4];三是未能选好二

极管元件,造成实验数据结构不合理,从而引起学生出现理解困惑,影响了实验进程。在此,我们用补偿法、机械表伏安法和数字表伏安法对实际二极管的特性曲线进行实验测试,总结出各实验方法的优缺点,选择适合的测量法对该实验进行了教学优化设计,以求与同行们切磋商讨。

1 二极管伏安特性实验的教学目标和设计原则

1.1 教学目标

通过研究并结合多年教学的经验,我们认为,针对不同教学对象,本实验的教学目标可以不尽相同,比如电路设计的要求可以不同,误差要求可以不同,以及研究的深浅要求也可以不同,但是以下3点基本目标却应该是相同的:(1)通过实验证实二极管的

收稿日期:2008-10-12

作者简介:李正良(1963-),男,副教授,主要从事热能及太阳能利用、物理实验教学研究。

*新世纪高等教育教改工程广西师范学院(No.0522)和广西师范学院实验教学和实验技术项目(No.073405)资助。

单向导电特点,并进一步了解单向导电的相对性。事实上所谓“反向截止”其实并非真的完全没有电流,只是数值很小罢了。(2)通过实验曲线,重点了解二极管正向导电的非线性特点,即 I 随 U 的变化在各电压段呈现何种不同规律,了解存在门限电压和导通电压的特点。(3)通过实验曲线,学会确定二极管一些主要参数的方法,如正向特性的门限电压和导通电压、反向特性的击穿电压和饱和电流等。

1.2 实验教学的设计原则

实验教学注重的是教学效果,在有时间限制的情况下尽可能实现教学目标,追求的是“简、易、准”三字。简是要求实验原理简单、方法简单、内容和测量过程不复杂。易是要求实验器材容易配备,一般实验室容易实现。准是要求实验结果要有足够的准确度,能满足教学目标的需要。在二极管伏安特性实验中,主要是要求得到较准确的特性曲线。

2 二极管伏安特性实验的教学优化设计

2.1 二极管伏安特性曲线实测分析

测量二极管特性曲线常用的方法有补偿法和伏安法。在实际实验中,我们根据仪表类型配备的不同,又进一步分为机械表测量法和数字表测量法。由于补偿法从理论上说不存在原理误差,因此我们在补偿法中不区分仪表类型(为操作方便,实验时选用了数字表),机械表伏安法和数字表伏安法再分为内接法和外接法两种;待测二极管选用 2AP9 锗管和 2CW×硅管各 1 只。

2.1.1 补偿法

测量电路如图 1 所示^[3]。当 G 表为 0 时,电流表和电压表的读数均严格等于二极管 D 的电流和电压,因此从理论上说,用补偿法测出的二极管特性曲线应该最接近真实曲线,如果说有一些微小的误差,那主要是来源于 G 表的灵敏度和 A 表、V 表的准确度不够。在实验中只要合理选用这几个仪表,完全可以控制误差在很小的范围,从而将补偿法测得的特性曲线近似看作是标准曲线。图 2 和图 3 中的实线即是用补偿法测得的特性曲线,由于实验条件限制,对 2CW×管各种方法都只测量了正向特性。

2.1.2 机械表伏安法

测量电路如图 4 所示^[4]。其中 mA 表和 V 表都采用机械表,而且开关 K_1 接到 a 和 b 时,分别对应内接法和外接法。实验测得的特性曲线如图 2 和图 3 所示。图 2 和图 3 显示,这种方法测得的曲线相对于标准曲线而言偏差较大,其中外接时在曲线的起

始阶段偏差大,内接则在后阶段偏差大。

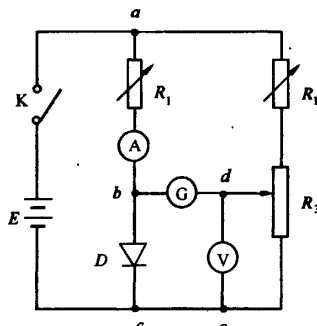


图 1 补偿法测量电路^[3]

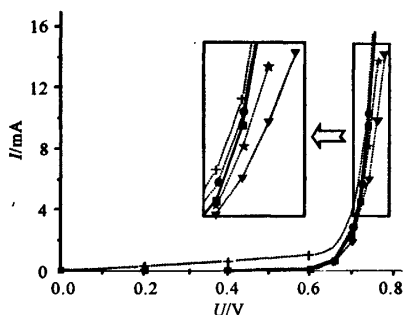
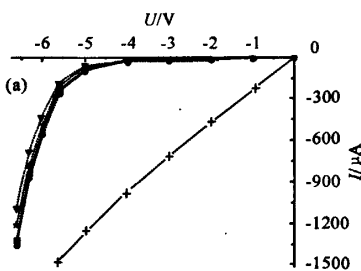
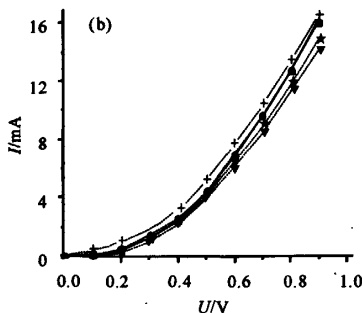


图 2 5种方法测量 2CW 伏安特性正向曲线

—: 补偿法, - - -: 数字内接法, ···: 数字外接法, ▲····: 机械内接法, ☆····: 机械外接法。



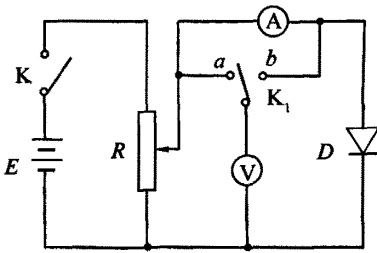
(a) 反向特性



(b) 正向特性

图 3 5种方法测量 2AP9 伏安特性曲线

—: 补偿法, - - -: 数字内接法, ···: 数字外接法, ▲····: 机械内接法, ☆····: 机械外接法。

图4 伏安法测量电路^[4]

2.1.3 数字表伏安法

在图4的测量电路中, mA表和V表都换成数字表即为数字表伏安测量法。由图2和图3的实验曲线可见, 用内接法测量时在后阶段也还出现较大偏差, 但是用外接法测量则整体误差都很小, 十分接近标准曲线。

2.2 测量方法和仪表的选择

在我们实际测量的3种方法中, 机械表伏安法尽管测量简单快捷, 但特性曲线的偏差较大, 其中内接法在曲线后阶段不准确, 外接法则在前阶段有偏差。如采用中途变换接法, 不仅操作麻烦, 而且也会因电路参数改变而使特性曲线出现突变。另外, 测量反向特性时, 过去一直采用的内接法在电压接近击穿电压时也开始出现大的偏差。因此, 从准确度来说这一测量方法不符合要求。

对于补偿法, 测量结果堪称标准, 但它使用的仪表较多, 电路复杂, 平衡调节尤其困难, 因此学生往往在规定的时间内完成不了实验。另外, 在测量二极管反向特性时, 由于初始阶段电阻太大, 必须准备很大的电阻箱作为 R_1 与之平衡, 然而实验室往往没有这么大的电阻箱, 即使可用几个电阻箱串联的办法解决那也很麻烦。所以, 这种测量方法也不适合教学优化目标。

数字表伏安法, 使用仪表少且测量简单快捷, 但是内接法在曲线后阶段仍存在偏差, 只有外接法非常接近标准曲线。因此, 在本实验中, 我们最终推荐的最佳测量方案是“数字表伏安外接法”。这种方法原理简单, 器材容易配备, 测量结果准确, 较好地满足了“简、易、准”的三字原则。需要指出的是, 机械电流表的内阻与数字电流表相差不大, 所以在没有数字电流表的情况下也可以用机械表替代, 但是电压表必须是数字的。

2.3 二极管元件的选择

在多数情况下, 2~3个教学课时是无法让学生完成两种二极管的实验测量和分析的, 因此往往需

要选择一种最适合的二极管作为测量元件。图5是我们对几种常见二极管特性曲线的测量结果。从图5上看, 硅管(特别是开关管和稳压管)的特性曲线变化普遍过于极端化, 要不是前面一大段曲线都为0, 要不就是后一段曲线变化飞快, 瞬间从0飞升至最大(额定电流)。这对学生测量极为不利, 一方面是数据取点不好设计, 另一方面是由于测量前面的一段曲线时电流表几乎不动, 容易引起学生疑惑, 影响实验进程; 再一方面是由于后一阶段电流变化太快, 对测量精度的要求将提高, 有可能还需要更换量程, 这就容易导致曲线不连续。但是锗管的曲线则不同, 其过程变化相对平缓, 死区宽度也不大, 所以测量过程的设计和进程相对容易和顺利, 尤其是2AP9二极管, 最适合用于实验教学。

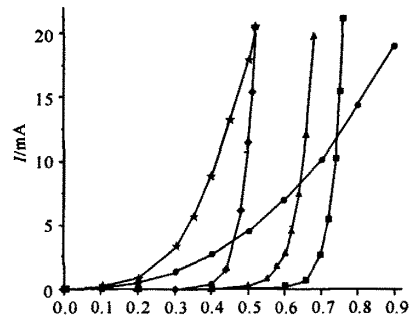


图5 5种二极管正向特性对比

—■—: 2CWX, —▲—: IN5X, —●—: RG2Y, —○—: 2AP9, —+—: 2AKX。

2.4 实验内容的设置

实验内容设置的依据是根据开课学生专业不同、基础不同和课时量不同来决定。我们认为可以分成四类实验, 按由易到难的顺序分别设置。

(1)《大学物理》公共课实验。指定所需要的仪表和实验方法, 仅要求测量类似于2AP9二极管的正向和反向特性曲线, 绘出图线, 并分析二极管导电的规律和简单讨论实验的系统误差, 设置课时为2~3学时。

(2)物理专业基础性实验。在(1)设置的基础上, 对图线进行线性拟合, 并确定二极管的主要参数, 设置课时为3学时。

(3)物理专业综合性实验。在(2)设置的基础上, 测量不同类型二极管的正向和反向特性曲线, 目的是让学生全面了解和掌握各种二极管导电的规律, 设置课时为4~5学时。

(4)物理专业开放性实验。不指定仪表和测量方

法,提供各类二极管元件,让学生自主选定实验方案和所需仪表,通过多次试验和研究,总结出实验规律,系统分析实验误差并评价自己的研究成果,设置课时应在6学时以上。此类实验属于拓展型实验,接近于实验科研,这样设置将有利于培养学生电磁学实验技能和科学研究素质。

3 结束语

本文根据作者多年教学实践的经验,结合近年来新课程改革的基本理念,提出了二极管特性实验的教学目标和设计原则,在此基础上用补偿法、机械表伏安法和数字表伏安法对实际二极管的特性曲线进行了实验测试和研究。实验表明,以无理论误差的补偿法作为标准参照,机械表伏安法无论用内接还是外接法都有较大的误差,数字表伏安内接法在电压偏置较高时也存在明显的偏差,只有数字表伏安外接法非常接近标准曲线;锗型管尤其是2AP系

列二极管的特性曲线具有较理想的非线性特征,比较适合作为学生实验的测试元件。在实验内容的优化设计方面,我们主要是根据学生对象和教学性质不同进行分类设置的,经初步的教学实践证明,这种设置方法是合理的、可行的。

参考文献:

- [1] 袁长坤,武步宇,王家政. 物理量测量[M]. 北京:科学出版社,2004:164-168.
- [2] 邵建新. 二极管伏安特性曲线测试电路的改进[J]. 物理实验,2002,22(3):42-43.
- [3] 杨述武,杨介信,陈国英. 普通物理实验:电磁学部分[M]. 北京:高等教育出版社,2000:56-58.
- [4] 华中工学院,天津大学,上海交通大学,等. 物理实验基础部分:工科用[M]. 北京:高等教育出版社,2007:84-87.

(责任编辑:邓大玉)

(上接第375页)

的学生基本都能独立完成,而方案一的学生,大部分学生都需要教师的指导,并且花较大的精力指导才能完成。这方面的编程与操作是学生开发系统时遇到的难点之一,它涉及到多个系统的操作,需要学生的综合运用。方案二的学生由于经过培训,有教师的详细讲解以及有相应的案例作参考,这一难点得到了较为有效的解决。因此,我们认为,方案二将是提高学生软件系统开发能力比较有效的实验方法。

方案二的方法只是作为提高学生软件系统开发能力的起步阶段,但是通过对学生的训练,学生能够掌握系统开发的各个环节和基本要求,学会编写开发过程中所必须的各种文档,掌握系统开发所必须的开发工具、技术和技能。经过该方法培训的学生初步具备开发软件系统的基本能力,再进一步通过参与实际的项目开发,软件系统开发能力将会得到进

一步的提高。

方案二是本次试验总结出来的有效实验方案,可以在学生中逐步推广,全面提高学生的计算机软件系统开发能力。

参考文献:

- [1] 李文敬,廖伟志,陆建波. 计算机本科应用性人才培养的研究与实践[J]. 广西师范学院学报,2007,28(S2):156-160.
- [2] 黄国勋,席鸿建,曾冬梅. 地方综合大学人才培养模式整体改革研究[M]. 南宁:广西民族出版社,2001:12.
- [3] 李晓明,陈平,张铭,等. 关于计算机人才需求的调研报告[J]. 计算机教育,2004(8):11-18.

(责任编辑:邓大玉)