

基于创新型人才培养的半导体物理实验教学改革

盛英卓^{1,2}, 兰 伟², 张振兴², 苏 庆², 谢二庆²

(兰州大学 1. 物理国家级实验教学示范中心; 2. 物理科学与技术学院, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 实验教学在培养创新型人才中起着不可忽略的作用。为培养创新性拔尖人才, 半导体物理实验教研组成立之后, 围绕“双一流”建设的任务和目标, 抓住机遇不断深化实验教学改革, 通过强化师资队伍建设和完善实验室建设和管理, 加强实验基础设施投入, 重新编排实验内容优化实验层次, 调整教学和考核方式, 提高学生的积极性和主动性, 增强学生的动手能力和解决实际问题的能力等方面, 取得了良好的效果。

关键词: 半导体物理实验; 实验教学; 教学改革

中图分类号: G420 文献标识码: A doi:10.3969/j.issn.1672-4305.2020.02.026

Reform of semiconductor physics experiment teaching based on innovative talent training

SHENG Ying-zhuo^{1,2}, LAN Wei², ZHANG Zhen-xing², SU Qing², XIE Er-qing²

(1. National Demonstration Center for Experimental Physics Education; 2. School of Physical Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Experimental teaching plays an indispensable role in cultivating innovative talents. In order to cultivate innovative and top-notch talents, a semiconductor physics experiment teaching and researching group was constructed. Focusing on the tasks and goals of the “Double First-rate” construction, the group seized the opportunity to continuously deepen the reform of experimental teaching, strengthened the construction of the teaching staff, improved laboratory construction and management, and strengthened the investment in experimental infrastructure. By rearranging experimental contents, optimizing experimental levels and adjusting the way of teaching and examination, the group aimed to improve the initiative and enthusiasm of students, enhance students’ practical ability and the ability to solve practical problems. Good results have achieved within all these measures.

Key words: semiconductor physics experiment; experimental teaching; teaching reform

“双一流”建设是一项为提高我国高等教育综合实力与国际竞争力的重大战略决策^[1-3]。教育部在 2016 年工作要点中明确要求加快世界一流大学和一流学科建设, “双一流”建设的一项重要任务就是培养拔尖创新人才^[4-6]。实验教学作为课堂教学的延伸旨在加深学生对理论知识的理解, 培养学生

的动手能力和拓展学生的创造思维。因此实验教学在培养创新型人才中起着不可忽略的作用^[7-9]。

“半导体物理实验”是物理科学与技术学院(下面简称: 我院)物理专业电子材料与器件工程方向必修的一门专业实验课, 是“半导体物理”、“半导体器件”等专业理论课的基础内容延伸, 并拓展学生进一步了解该领域的科学前沿知识^[10-12]。近年来, 围绕“双一流”建设的任务和目标, 半导体物理实验教研组抓住机遇, 不断完善实验室建设和管理, 深化实验教学改革, 以提升学生的实践与创新能力, 适应新时期人才培养的需要^[13-14]。

改革后的“半导体物理实验”课程的教学目标不仅有助于提高学生理解和掌握专业核心知识, 而

收稿日期: 2018-10-07 修改日期: 2018-12-19

作者简介: 盛英卓, 博士, 实验师, 主要从事半导体物理实验教学及实验室管理工作。E-mail: shengyzh@lzu.edu.cn

基金项目: 兰州大学本科实践教学建设项目(项目编号: 82100115); 兰州大学教学研究项目(项目编号: 201629)。

且能够综合运用所学知识创造性地解决实际问题,有效提高学生的科学思维能力、实践能力和创新能力,这一目标的实现需要很多因素的共同努力。

1 组建实验教研团队,促进创新性人才培养

成立了半导体物理实验教研组,教研组教师均具有博士学位,并从事科学研究和相关理论课教学,教研组的成立对提高该门课程的软实力有着重要的作用,组里的教师都是青年业务骨干,了解学科前沿,实践动手能力强,具备帮助学生解决在进行研究创新性实验时所遇到的各种问题的能力。另配备1名专职实验技术教师对半导体物理实验专业实验室进行管理,主要负责实验设备的保养、维护,水电的日常管理以及实验前期准备等工作,确保专业实验室的一切正常运转,为教学服务^[15-16]。

2 购置仪器设备,加强实验基础设施投入

半导体物理实验在改革之前并没有自己的实验室,所用仪器设备均分散在科研实验室中,缺少统一管理,造成部分设备损坏;并且由于仪器设备陈旧,其精度等指标无法满足设计各种提高性和创新性实验的要求,因此无法开展新型创新性实验,这使得学生的创新能力培养受到了限制。

半导体物理实验教研组成立之后,在学校本科实践教学建设项目的支持下,购置了一批新的实验

仪器设备,建立了一间半导体物理实验的专业实验室,该实验室主要承担半导体物理实验的教学任务,同时为本专业的毕业生毕业论文设计及全院本科生的创新创业实验设计提供基本条件。

新配置的仪器设备均在购置前由教研组教师通过查阅同行高校半导体物理实验的教学资料,以及结合我院的自身特点,反复论证下才决定购买。仪器设备的更新显著改善了半导体物理实验的教学硬件条件,使得半导体物理实验的实验内容可以触及到学科前沿领域,并有条件让学生自行调研设计实验去解决本领域的科学问题。

3 重组实验内容,优化创新型实验设计

新的仪器设备的购置,为教研组教师重新设计实验题目、优化实验内容提供了可行性和有力支持。教研组教师按照重视基础、突出综合、强调创新、提升能力的理念,重新编排实验内容,修订实验讲义:整合原有实验,删除一些陈旧实验项目;设计新的实验,将教研组教师们科研中的实验重新设计,适当简化成为本科教学实验,最终形成基础性、提高性、设计创新性三个层次的实验体系,使得半导体物理实验课能更好地配合“半导体物理”和“半导体器件”这两门理论课程的讲授,更靠近本学科科学前沿,加深学生对半导体物理相关知识的理解和掌握,逐步培养学生的科学实验素质和创新能力。

表 1 基础性实验题目

序号	实验题目	主要考察内容	考核要求
1	激光测定硅单晶的晶向	激光测量单晶 Si 的晶面取向	必修
2	四探针法测量电阻率	掌握电阻率的测量方法	必修
3	椭圆法测定半导体薄膜的光学常数	椭圆偏振法测量薄膜参数	必修
4	荧光分光光度计测量半导体的光致发光	测量光致发光的激发光谱	必修
5	紫外可见分光光度计	半导体薄膜的吸收/透射光谱	必修
6	半导体材料的塞贝克系数测定	测量半导体材料热电系数	必修
7	表面势垒二极管的伏安特性	测量表面势垒二极管的伏安特性	必修
8	MOS 结构的高频 C-V 特性测量	测量 MOS 结构的高频 C-V 特性曲线	必修

基础性实验共八个(见表 1 所示),每个实验 4 个学时,全部为必修,实验内容主要为对半导体物理性能(结构、电学、光学)的测定,通过实验使学生熟悉常用的半导体物理性能测试仪器的原理、结构和操作方法等,训练学生的观察、分析和研究半导体物

理实验现象的能力。提高性实验共八个,每个实验 4~6 个学时,设计创新性实验共六个,每个实验 6~8 个学时,学生在做完基础性实验后,将根据个人兴趣和毕业设计的要求在这两类实验中各选做部分实验,最后累计完成 72 个学时实验方可修够该门课程

的学分。这两类实验(见表2所示)绝大多数为新开设实验,使用教研组新购置的仪器设备或原有用于科研的大型仪器设备,学生在实验中需要运用所

学的多学科知识,结合教师的科研项目进行创新研究,自行设计实验方案,并以科技论文的格式完成实验报告,提高分析和解决问题的能力。

表2 提高性和设计创新性实验题目

序号	实验类别	实验题目	考核要求
1	提高性	等离子体化学气相沉积法制备半导体薄膜	选修
2		射频溅射技术沉积半导体氧化物薄膜	选修
3		热丝化学气相沉积法制备碳基薄膜	选修
4		静电纺丝制备半导体纳米材料	选修
5		变温霍尔效应测量半导体的电学特性	选修
6		半导体纳米材料力学特性的测量	选修
7		场效应晶体管的性能测定	选修
8		太阳能电池参数的测定	选修
1	设计 创新性	锂离子电池	选修
2		超级电容器	选修
3		纳米氧化物半导体材料的光催化性能	选修
4		半导体气敏传感器	选修
5		半导体光刻技术	选修
6		光化学型自供能宽带隙半导体紫外光探测器	选修

4 规范实验过程,增强安全意识

从培养学生的创新能力出发,“半导体物理实验”课程重新设置的很多实验内容使用的是大型仪器或精密仪器设备,对实验者的操作要求非常高,不当操作不仅会对仪器设备造成损害,学生的自身安全也会受到威胁。例如我们的“半导体光刻技术”实验,在光刻间里操作,学生做实验时要换实验服,戴专门的帽子和鞋套。“纳米氧化物半导体材料的光催化性能”实验,使用紫外灯源进行光照降解,学生全程要佩戴目镜防止眼睛受到伤害。但学生由于在四年级之前并没做过类似这样的实验,在实验中不仅不爱惜实验仪器设备,对自身的安全防范意识也非常淡薄。

为保护仪器设备,也从学生自身安全考虑,“半导体物理实验”课在每学期实验开始之前,为学生加开了一次实验绪论课,在课堂上除了介绍本门实验课的基本情况外,另一个主要的内容就是对学生进行实验安全教育,通过播放安全小视频,具体案例讲解等,规范实验过程,增强学生在实验中注意实验安全,爱惜实验设备的意识。

5 改变授课方式,提高学生学习的主动性

“半导体物理实验”一共有72个学时,教研组成立之前,只有一位教师承担全部学时的实验教学,师资力量有限的条件下只能让学生集中大组做实验,这对提高学生的动手能力、培养学生的创新能力是极为不利的,尤其半导体物理实验很多使用的都是大型仪器设备,不可能像普通物理实验一样做到实验学生每人一台设备。例如“射频溅射技术沉积半导体氧化物薄膜”使用的射频溅射台只有一台,之前每次十几个学生同时实验,根本没有办法做到让每个学生都能亲自动手操作设备,学生自然对实验失去兴趣。

教研组成立后,采用了增加单个实验的实验次数,减少每次参加实验的学生人数的办法来解决这个问题,将每次实验人数控制到3人以内,这样虽然教师的工作量增加了,但是学生的实验效果得到了很大的提升,仍以“射频溅射技术沉积半导体氧化物薄膜”的实验为例,现在这个实验可以保证每个学生在实验中都能自己动手操作溅射台进行起辉操作,学生在实验中的积极性明显提高了。

小课堂上课,教师和学生之间的互动明显增多,教师可以在实验讲授时和学生进行深度的交流和讨论,这样能够充分调动学生的主观能动性,在激发学生学习兴趣的同时,培养学生自主学习、自发解决问题的能力,从而建立以学生为中心、学生自我训练为主的教学模式。

6 改变考核方式,注重创新能力培养

半导体物理实验课的考核方式原来是由每次实验后的“实验报告”平均成绩决定,但是仅凭一份实验报告并不能真实反映学生对实验内容的掌握情况以及在实验中的动手操作能力。教研组成立之后将考核方式改为:

总成绩=每次“实验”的平均成绩

每次“实验”成绩=预习(口试)30% + 操作(团队)30% + 报告 40%

由于采用小课堂上课,每次实验人数是 3 人以内,因此教师可以在实验开始前通过提问和学生主动讲解给出学生的预习成绩;操作成绩是一个团队成绩,主要考察在实验过程中三位同学相互之间的团结合作程度以及每一位学生个人的动手能力;教研组鼓励学生在撰写实验报告时采用科技论文的格式,从而锻炼本科生的写作能力。改革后的考核方式,通过三部分综合给出实验成绩能更全面、更客观地反映学生的真实水平,尤其是预习口试环节,一试便知深浅,因此也要求学生在实验上课前必须下足功夫认真准备,提高了学生对实验课的重视程度。

7 结语

半导体物理实验教研组已经成立四年有余,半导体物理实验专业实验室也已经顺利完成了三次教学任务,每次教学任务结束后,教研组都会召开例会研究,听取教师和学生的意见建议,不断深化改革,通过调整教学内容和教学方式,提高学生的积极性

和主动性,增强学生的动手能力和解决实际问题的能力,培养创新型人才。

参考文献(References):

[1] 周光礼. “双一流”建设中的学术突破——论大学学科, 专业, 课程一体化建设[J]. 教育研究, 2016, 37(5): 72-76.

[2] 王洪才. “双一流”建设的重心在学科[J]. 重庆高教研究, 2016, 4(1): 7-11.

[3] 张海峰. “双一流”背景下的一流实验室建设研究[J]. 实验技术与管理, 2017(12): 6-10.

[4] 钟秉林, 方芳. 一流本科教育是“双一流”建设的重要内涵[J]. 中国大学教学, 2016(4): 4-8.

[5] 贾振元. 建设“双一流”实验室支撑至关重要[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(11): 1-3.

[6] 洪大用. 在“双一流”建设中大力加强本科人才培养[J]. 中国大学教学, 2016(4): 9-16.

[7] 罗雁云, 林龙锋. 专业实验教学改革与学科建设相结合[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(11): 179-181.

[8] 张学军, 王锁萍. 全面改革实验教学培养学生创新能力[J]. 实验室研究与探索, 2005, 24(1): 4-6.

[9] 荣昶, 赵向阳, 蔡惠萍. 实验教学与创新能力培养探析[J]. 实验室研究与探索, 2004, 23(1): 12-14.

[10] 盛英卓, 苏庆, 张振兴, 等. 半导体物理实验的教学改革与实践[J]. 高校实验室工作研究, 2017(3): 31-33.

[11] 滕晓云, 杨景发, 王淑芳, 等. 基于实践能力培养的新能源材料与器件专业实验[J]. 实验室科学, 2017, 20(3): 78-80.

[12] 宋永臣, 杨明军, 刘卫国, 等. 本科生专业实验教学研究探讨[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(2): 161-165.

[13] 张建良, 卢慧芬, 赵建勇, 等. 基于学科交叉融合的创新性实验平台建设[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(1): 173-176.

[14] 张兴元, 严薇, 黄佳木, 等. 发挥专业实验室的支撑作用 培养材料本科创新人才[J]. 实验技术与管理, 2013, 30(6): 178-180.

[15] 盛英卓, 马明. 双一流建设背景下实验技术人员的自我管理 与提升[J]. 实验室科学, 2017, 20(5): 206-208.

[16] 张春平, 胡慧. 教学型实验室建设与管理[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(4): 232-234.

(上接第 111 页)

[2] 孙旭峰, 陶阳. 土木工程专业结构力学课程实验教学实践探讨[J]. 高等建筑教育, 2013, 22(5): 133-136.

[3] 孙威, 刘永军, 倪伟宁. 高校开设结构力学实验课的探索与实践[J]. 长春教育学院学报, 2013, 29(21): 79-80.

[4] 陈再现, 王焕定. 实验结构力学教学改革初探[J]. 力学与实践, 2015, 37(5): 647-649.

[5] 王焕定, 陈再现. 开设实验结构力学的设想[J]. 力学与实践, 2017, 39(2): 196-198.

[6] 韩衍群. 土木工程专业《结构力学》教学改革探讨[J]. 长沙铁道学院学报(社会科学版), 2014, 15(4): 147-148.

[7] 阳令明, 张俭民. 地方院校结构力学课程教学改革探索[J]. 高

等建筑教育, 2016, 25(1): 88-91.

[8] 张学元, 吕春, 张道明, 等. 结构力学教学中结构设计的情境创设[J]. 力学与实践, 2017, 39(4): 392-395.

[9] 杨凤, 刘军, 高金贺, 等. 计算机技术在力学教学方法改革中的应用[J]. 东华理工大学学报(社会科学版), 2017, 36(2): 182-184.

[10] 刘巧瑜, 蔡晓君, 韩斌, 等. 开放式工程结构力学实验平台的构建[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(4): 234-236.

[11] 刘爱书, 李英, 赵君英. 学校心理学教程(高等学校部分)[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2004.

[12] 林同炎, S·D·斯多夫斯伯利. 结构概念和体系[M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.