

半导体物理学教学改革探索与实践*

张强 郝润芳 菅傲群 桑胜波

(太原理工大学信息与计算机学院微纳系统研究中心 山西 太原 030024)

(收稿日期:2021-05-23)

摘要:半导体物理学是电子科学与技术专业的核心课程.本课程的目的和任务是通过课程的传授使学生获得半导体物理方面的基本理论、基本知识和方法.为了落实国家对于创新型和应用型人才的需要,针对目前实验教学中存在的问题,以学生为落脚点,从积极引导学生化“被动”为“主动”、探索在线学习新模式、开展形象化教学工作、鼓励学生开展项目、优化实验内容等方面提出教学改革方案,并给出具体措施.

关键词:半导体物理 教学改革 创新型和应用型

1 引言

半导体物理学是研究半导体器件内部电子过程的学科.通过该课程的学习,学生可以对半导体物理的基本内容有所掌握,并且可以了解在外界环境以及内部电子转移的影响下半导体性质的变化情况^[1].几十年来,该学科在信息、军事、自动化、应用物理、生物医学、人工智能、能源环境等学科方面都具有极其重要的研究价值,是未来半导体工艺面向集成化和微型化的基础研究^[2].半导体物理不仅在理论研究上取得了举世瞩目的成就,而且还极大地推进了现代产业如IC(集成电路)、微纳光学、柔性电子、MEMS等相关产业学科的进步,是目前研究新型材料和器件的理论支撑.通过该学科的研究,可以加强学生的理论创新和应用实践能力,为未来从事半导体行业的科研人才提供理论支持和实践保障.站在科技高速发展的历史新高度上,理论掌握并且实际应用半导体物理相关知识对于相关产业的进步具有显著意义.

2 半导体物理学面临的问题

半导体物理学具有深奥的理论内容和极具潜力的科研价值,是微型化器件设计制备的理论基础,但是在教学过程中,也存在着以下问题:

其一,课程内容抽象,教学方式单一,难以激起学生学习的热情.传统的半导体物理学课程主要内容介绍了半导体中的电子状态、半导体中的杂质和缺陷能级、半导体中载流子的统计分布、半导体导电性、非平衡载流子、p-n结、金属和半导体接触、半导体表面和MIS结构以及半导体异质结构等.在学习半导体物理学之前,需要对电磁场、量子物理、凝聚态物理等学科有所涉猎,并且教学过程中涉及的公式推导较多,因此需要学生具备较为扎实的数学功底去完成数学公式的推导,再加上物理含义较为抽象,难以形象化理解,因此庞大的知识体系给学生造成了巨大的困扰.同时教师主要采取单一的授课传统,学生在听课过程中,难以对课程内容融会贯通,迫使学生放弃学习的热情.

其二,学生侧重于半导体物理理论知识的学习,缺乏动手实践能力,不能将理论与实践相结合.对于半导体物理学这门学科而言,学生进行相关实验操作或日常实践的课时较少,难以提升学生的动手能力^[3].并且学生在实验过程中更多的是对数据和结果的机械记录,缺乏对内部理论的深入挖掘,没有达到应有的实践效果.而半导体物理其中最主要的内容在于半导体工艺的实践应用,特别是目前国家大力发展的芯片工艺上,半导体物理为其提供了强有力的理论支撑.

* 2020年山西省教育教学改革项目,项目编号:RC2000004562;2020年山西省研究生教学改革项目,项目编号:2020YJJG082

作者简介:张强(1988-),女,博士,副教授,主要从事微纳传感器方面的教学与研究工作.

通讯作者:桑胜波(1979-),男,博士,教授,主要从事微纳传感器方面的教学与研究工作.

面对这些情况,进行半导体物理学课程的教学体系改革已经刻不容缓,通过改革使其降低学习难度,完善教学体系,增加教学的趣味性和吸引力,推动教学从理论向实践的实质性跨越是现在亟需解决的问题^[4].

3 教学改革实施方案

3.1 积极引导学生化“被动”为“主动”

由于传统单一的教学模式,教师讲课,学生被动接受,再加上半导体物理学的内容较为抽象复杂,长此以往会严重降低教学质量,因此我们有必要结合当前的科技热点和科技发展的大趋势,积极引导学生的科研思路,培养学生的科研兴趣^[5].根据学科的发展方向,不断更新课程内容.在课下充分调动学生的学习热情,如布置课题让学生对半导体芯片目前发展情况进行调研,详细总结目前国家在相关产业所取得的进步以及遇到的瓶颈,结合目前所学理论知识阐述难以突破的技术难关,并将这些内容在课堂中以幻灯片等多媒体方式展现.通过实时热点科技的引入,让学生与时代紧密接轨,增加使命感和创造活力,促使学生更主动地参与到课程当中.

3.2 探索在线学习新模式

采用 MOOC、学堂在线等多种线上教学方式,实现线上教学与线下学习相结合的教学模式改革,对于转变传统课堂教学模式和探索创新性的教学方式具有十分关键的作用.首先,教师在课堂上布置作业,学生通过线上教学平台自主学习,初步了解理论内容并尝试解决问题.随后,学生将学习所产生的问题在线上进行留言,供教师评阅.最后在课堂上,学生对学习中所产生的问题和知识点进行阐述和提问.教师听取学生发言后,与他们相互讨论交流,从中发现学生对知识点的盲点,从而进行有针对性、补充性、延伸性的教学.另外,设置学生之间的答疑环节,每一位学生可以成立讨论小组,在相互点评和相互交流过程中,实现对理论知识进一步的理解掌握,从而提升自主学习、分析和解决问题的能力.

3.3 开展形象化教学工作

形象化教学是指在教学过程中,运用形象生动的手段,把抽象的理论内容形象化成立体生动的模型或视图,让学生对理论有更直观的理解和把握,从而推动教学的高质量讲授.因此,通过形象化教学,

可以加深理论化推导过程的印象,使学生更加专注所学知识,提高学生的学习兴趣和活力^[6].基于半导体物理而言,一方面,可以将课程中涉及到的载流子的变化情况制作成动图或视频,供学生观看;另一方面,让每位学生使用仿真软件模拟半导体的工艺仿真、器件仿真等技术,从中直观体会半导体器件的性质.

3.4 知识点结合科学前沿

为了进一步加深学生对枯燥知识点的理解,在备课工作中跟踪知识点相关最新前沿科学研究工作,在教学过程中,穿插讲解具有代表性的学术文献.一方面,通过文献中实际科研工作实例加深学生对相关知识点的理解;另一方面,通过理解前沿热点科研工作,引发学生对科学和实际问题的求知欲,有助于发散学生思维,锻炼学生思考和解决问题的能力;另外,向有兴趣的学生教授文献检索的方法,对课堂问题布置发散性问题,让学生们以小组为单位通过查找资料整理理论和实际解决问题的方法.通过该教学方法的探索,以课堂知识点为基础,有效地将理论与实际相结合,加深学生知识点的学习和理解,同时鼓励学生广开眼界,探寻学科中有待解决的科学技术问题,通过文献的学习,学习相关领域专家学者解决问题的过程,凝练适合自己的解决问题的新方法.

3.5 鼓励学生开展项目

半导体物理学是一门理论性课程,但学生由于缺乏相关的专业学习和研究经历,很难真正地将理论用于实践中去.实践是检验真理的最好方式,在现有人员和设备的基础条件下,应当让更多学生积极主动地参与到半导体物理实践应用的项目当中,感受半导体物理在项目中的实际应用,如半导体器件加工与测量.从项目所定制的目标,到初步探索与实验,最后到项目的结题,完整的流程既可以提升学生的科研素养,又能把所学的专业课程应用起来,加深对课程内容的理解.

3.6 优化创新型实验内容

目前实验主要涉及3个内容:四探针法测量电阻率、霍尔效应实验以及MOS结构的高频C-V特性测量.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.其中,常见的四探针法测量电阻率有测量圆晶片的电阻率,

基于此,应当拓展实验内容,增加测量方块电阻、圆柱电阻率等实验方案,夯实学生对四探针法测量理论的理解.对于MOS结构的高频C-V特性测量而言,通过实验现象观察不同电压条件下电容改变的情况.除此以外,也要适当拓展,改变实验条件,如在电压值一定的情况下探究不同频率对电容的影响.通过理论公式的推导与实验现象的拟合,可以激发学生的热情,使学生更加专注地投入到学习中.基于传统的实验方案,还应该继续拓展新的实验,引进新的仪器和设备,使用阻抗分析仪测量二极管的伏安特性,从中观察二极管的开关特性,使用紫外可见分光光度计测量半导体薄膜的吸收/透射光谱等^[7].通过对实验的优化和改进,更能促进学生对半导体物理理论内容的理解,为未来的科研探索提供好铺垫,并且较好地培养学生的动手能力和科学素养.

4 总结

快速发展的半导体技术提升了半导体制备工艺,这就启示我们不仅在理论课程的教学要多覆盖,能跟上时代步伐,也要积极改革教学方法,激发学生内在的潜能.以热点问题和学科发展方向引导学生

主动思考相关问题,探索线上教学以及形象化教学模式,通过介绍行业情况和机遇激发学生学习本门课程积极性,鼓励学生主动参与导师的相关科研项目,创新优化实验内容,加强对本专业课程体系的把控.通过这些教学改革措施,为培养创新型和应用型人才提供良好的基础.

参考文献

- 1 程飞,吴义恒,沈永才.浅谈大学生如何学好“半导体物理学”[J].科教文汇(下旬刊),2018(1):55~56
- 2 张德伟.《半导体物理学》教学改革探讨[J].科技资讯,2015(27):151~151
- 3 张芳,任大庆,张纳.浅谈《半导体物理与器件》课程的教学改革[J].教育教学论坛,2019(23):133~134
- 4 段理,谢子锋,于晓晨,等.《半导体物理学》课程教学改革与实践[J].教育现代化,2018,5(9):106~107
- 5 尹康,周前能,张丽,等.微电子专业半导体物理课程教学改革初探[J].教育现代化,2018,5(45):56~58
- 6 王华.让形象化教学成为课堂教学的主旋律[J].小学教学参考,2015(5):38~39
- 7 盛英卓,兰伟,张振兴,等.基于创新型人才培养的半导体物理实验教学改革[J].实验室科学,2020,23(2):111~114

Exploration and Practice on Teaching Reform of Semiconductor Physics

Zhang Qiang Hao Runfang Jian Aoqun Sang Shengbo

(Micro-Nano System Research Center, College of Information and Computer,

Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi 030024)

Abstract: "Semiconductor Physics" is the core course of electronic science and technology. The purpose and task of this course is to enable students to acquire basic theories, basic knowledge and methods in semiconductor physics through the teaching of the course. In order to implement the country's needs for innovative and application-oriented talents and respond to the current problems in experimental teaching, taking students as the foothold, teaching reform plans are acted from actively guiding students, turning "passive" into "active", exploring new online learning models, developing visualized teaching work, encouraging students to develop projects, optimizing experimental content, etc., and specific measures are given.

Key words: semiconductor physics; teaching reform; innovative and applied