

新工科背景下应用型本科院校《半导体物理与器件》教学改革的研究

王彬^{[1]*} 王宇薇^[2] 孙小飞^[3]

- (1. 渤海大学化学与材料工程学院, 辽宁 锦州 121013;
2. 锦州师范高等专科学校环境科学学院, 辽宁 锦州 121000;
3. 渤海大学食品科学与工程学院, 辽宁 锦州 121013)

摘要 《半导体物理与器件》是新能源材料与器件专业重要的专业必修课, 为了适应地方高校向应用型高校转型, 同时满足新工科背景下培养创新型、应用型人才的要求, 本文针对《半导体物理与器件》的教学现状, 提出通过更新教学内容、开发新型教学方法和强化课下教学, 对《半导体物理与器件》进行具有先进性、创新性和系统性的教学改革, 可加强学生对课程内容的理解和掌握, 激发学生的创新意识, 提高学生的创新能力, 有助于创新型、应用型专业人才的培养。

关键词 新工科 应用型本科院校 教学改革

中图分类号: G642

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)09-0106-03

近年来, 我国高等教育迅猛发展, 高等院校招生人数不断增加, 普及本科教育的时代即将来临。但是, 在高等教育发展的同时, 也存在着用人单位招人困难和大学生择业困难的问题, 这与高等教育的快速发展相互矛盾, 其根源在于过快发展的高等教育与国家的经济、产业结构不匹配。目前我们国家的经济产业正处在向电子化、信息化转型的关键阶段, 高等教育的发展应该结合经济产业的转型需求, 实现两者共同进步与转型以推动我国经济社会的全面发展。国务院在2014年2月召开了常务会议, 会议明确提出了“引导一批地方本科院校向应用技术型高校转型”, 加快发展职业教育以促进社会主义现代化建设的新的教育战略部署, 这代表着国家决定鼓励一部分地方本科院校转型为应用技术型高校。2014年6月, 全国178所高等学校的代表共同参加了产教融合发展战略国际论坛, 并且拟定了《驻马店共识》。178所高校的代表在《驻马店共识》中指出, 愿意作为先行者和探索者落实国务院做出的“部分地方本科高校转型为应用技术型高校”的战略部署, 共同探讨部分地方本科院校产教融合发展的转型建设之路。为了积极配合国务院高校转型的战略部署, 国家及地方相关部门相继出台了一系

列有利于地方本科院校转型的政策, 以鼓励地方本科院校的转型。地方本科院校的成功转型具有重要意义, 不仅能够优化我国高等教育的教育结构, 有利于培养以地方经济发展为导向的高层次应用型人才, 也更好地促进了我国社会主义现代化建设。同时, 为了迎接新一轮产业技术革命的到来, 更好地促进我国经济产业的顺利转型, 教育部在2017年2月发布了《高等教育司关于开展“新工科”研究与实践的通知》, 对高校培养工科专业的高层次应用型人才提出了全新的要求, 随后在新工科研讨会上形成的“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”, 标志着我国新工科应用型人才的培养开启了全新的模式^[1-2]。

《半导体物理与器件》是新能源材料与器件专业重要的必修课, 该课程讲授的半导体的专业知识实用性极强, 是半导体行业进行材料设计、分析材料性能重要的理论基础。因此, 对这门课程的掌握程度是新能源材料与器件专业学生是否满足半导体行业需求的一个标准。

随着部分地方院校的转型和新工科教育战略的部署, 各个高校不断进行相应的教学改革, 传统老套的教学方法和陈旧的实验设备已经不能满足新形势下《半

★基金项目: 2021年12月, 教育部产学合作协同育人项目, 新工科背景下“知识体系完整, 层次分明”的实验教学体系的构建(项目编号: 202102318008); 2021年12月, 教育部产学合作协同育人项目, 基于OBE理念的《有机化学》及其实验教学方法改革与教学评测(项目编号: 202102459014)。

导体物理与器件》的教学要求。为了培养满足经济产业转型所需的理论基础扎实、创新思维活跃、创新能力强的应用型新工科人才,本文提出了《半导体物理与器件》教学改革的研究方案。

1 更新教学内容

《半导体物理与器件》的培养目标重在专业应用,由于半导体行业无论是新材料的研发,还是半导体器件的创新,发展都非常迅速,而传统的课程内容过于陈旧,大部分已经与现代工程实际脱轨,无法满足现代化半导体行业的技术需求。例如,以往在介绍半导体材料的晶体结构时,只注重了硅和氧化锌等几十年前的材料,而没有涉及现代半导体工业实际应用中的大多数复合型半导体材料,教学内容与现代工业应用严重脱节。因此,我们在《半导体物理与器件》教学内容的改革中,加入了一些现代半导体工业中应用较为广泛的新材料(如石墨烯^[3],一些具备半导体性质的金属氧化物/碳化物等)的结构和性能介绍;在介绍晶体结构对称性理论时,从原来简单地介绍平移对称性和点群对称性,扩展到“n重旋转轴”“镜像反射面”“反演中心”以及“n重旋转反射轴”的详细讲解,补充这些新内容,能够促进并加深学生对半导体晶体结构对称性的理解,提高学生的学习兴趣和,为后面研究生阶段相关课程的学习打下坚实的基础。同时,我们也对《半导体物理与器件》在专业实际应用中涉及较少的教学内容进行了删除,例如,删除了与《固体物理》重复的“倒格子与周期性函数的傅里叶展开”等内容,既能够合理分配课程内容教学学时,又能够减少学生的学习负担。

2 开发新型教学方法

传统的《半导体物理与器件》教学方法是教师为中心,教师讲什么,学生学什么的“填鸭式”教学模式。而《半导体物理与器件》课程内容中的概念、原理和公式又特别繁多,这样就导致学生只是一味地被动接受,并不能对课程内容进行良好的消化和吸收,严重限制了学生的学习兴趣和,阻碍了学生创新意识的发展。在新工科教育战略的背景下,我们对《半导体物理与器件》的教学方法进行了改革和创新。

2.1 对比教学法

《半导体物理与器件》教学内容的特点就是概念多、原理难、公式复杂,但是,这些概念、原理和公式之间关联性较强,往往是由一个原理(公式)结合另一个原理(公式),便能够推导出下一个原理(公式),

因此,可以引导学生通过对相似的概念、原理和公式进行对比分析,然后将相关知识点有效串联起来,形成一个完整的知识体系,这样不但能够帮助学生更好地理解 and 掌握复杂、抽象的概念、原理和公式,还能够使学生充分了解《半导体物理与器件》的课程内容体系,举一反三、学以致用。例如,在“半导体中载流子的统计分布”教学内容中,理解了费米分布函数和费米能级的概念和意义以后,只要掌握了导带电子密度的意义和密度公式的推导过程,通过概念对比,便能够按照同样的逻辑思维推导出价带空穴密度的公式;在“非平衡载流子”教学内容中,理解了非平衡载流子的产生和复合机理之后,利用连续性方程可以解决非本征半导体中非平衡载流子的扩散和漂移问题,通过将本征半导体和近本征半导体的概念进行联系对比,理解二者的区别,便可以利用连续性方程解决近本征半导体中非平衡载流子的扩散和漂移问题。通过对比教学的方法有助于学生正确理解和分析相似的概念、原理和公式,提高学习效率。

2.2 讨论教学法

传统的《半导体物理与器件》课堂教学模式是教师一个人在台上唱“独角戏”,学生在下面听,教师与台下的学生互动性不强。由于《半导体物理与器件》的教学内容与实际应用紧密相关,为了激发学生学习的主动性,增强学生分析问题,解决问题的能力,我们在《半导体物理与器件》的课堂教学中增加了大量的课堂讨论环节。

在课堂讨论环节中,我们常结合半导体工程应用中的实例,提出一系列与《半导体物理与器件》课程内容相关的问题与学生进行讨论、分析。同时,我们也鼓励学生根据切身的科学经历,提出与课堂内容相关的问题进行讨论。例如,在介绍新型半导体材料的发展现状时,可以以石墨烯材料为讨论内容,问题之一可以是“在什么条件下,石墨烯的能带结构发生变化,使其在半导体和半金属之间转换?”还可以要求学生根据已学到的晶体结构的相关知识进行解释。在这种“提出问题——分析讨论问题”的教学过程中,学生结合自己掌握的知识和经验与同学和教师展开讨论,在讨论中进一步巩固和理解相关的知识点,还能够填补自己的知识盲区,增加学习的深度,提高知识的全面性。学生在讨论教学法的过程中,从被动听课转换到积极主动思考,激发了学生学习的兴趣,增加了师生间的互动,也能够使教师更好地了解学生掌握知识点的程度,从而优化教学内容的深度和教学进度。

讨论教学法紧密结合专业应用中的实际问题,有助于培养了解行业发展前沿动态的优秀的应用型人才。

2.3 案例教学法

《半导体物理与器件》由于其含有大量的抽象概念、复杂公式,使其成为一门比较枯燥的专业课程。在传统的授课方式下,课堂气氛比较沉闷,缺乏激情,难以调动学生学习的积极性,更不能强化学生的专业创新意识。为了激发学生学习的积极性,调动课堂气氛,教师在讲解相关知识点时,可以给学生举一些相关的专业案例,拓展学生的知识面,提高学生的认知层次^[4]。例如,在讲解绝缘体、金属、和半导体之间区别的时候,教师可以引入超导体的概念,并且介绍某些材料在一定条件下能够转变成超导体,例如,二维碳化钼材料可以根据温度和磁场的变化实现不同程度的超导现象等。通过在《半导体物理与器件》课堂教学中引入案例教学法,有效激发了学生的学习兴趣,增强了他们的创新意识。

3 丰富教学手段

传统的《半导体物理与器件》课堂教学工具主要为“黑板+粉笔”,这种板书教学手段已经不符合现代化教学的要求。很多教学内容仅仅通过板书的形式是不能够完全体现在学生面前的,学生仅通过板书很难理解一些抽象的概念。例如,氧化锌的纤锌矿结构和闪锌矿结构,共价晶体的金刚石结构,这些抽象的概念结构教师如果只是靠板书来进行描绘,学生不仅不能够对它们进行区分,还容易使学生由于学不懂产生厌学情绪。因此,我们在《半导体物理与器件》的课堂教学中引入了电化教学等教学手段,实现了现代化和多元化的课堂教学手段。通过电化教学能够使学生更直观地观察到3D立体的晶体结构模型,帮助学生理解并强化晶体结构的概念和区别。我们在《半导体物理与器件》的课堂教学中还引入了虚拟仿真技术教学手段,利用这种先进的教学手段,我们能够将半导体实际工艺流程利用计算机进行模拟仿真,使学生在课堂上就能够体验和了解半导体工艺生产线的实际生产制备过程,更好地实现了理论与专业实践相结合。通过丰富教学手段,增强了《半导体物理与器件》课堂教学的直观性,增强了学生学习的兴趣和专注力,有利于培养实践型应用人才。

4 强化课下教学

在《半导体物理与器件》的教学中引入课下实践教学,通过结合课上的理论知识点进行相应的实践拓

展训练,学生根据学习兴趣选择实践教学项目,可以在指导教师的陪同下,走进科研实验室,接触半导体工艺流程。例如,学生可以在工艺实验室学习高效晶硅电池的设计,通过减反射膜和表面制绒的设计,能够了解在晶硅电池的生产中,如何降低光的损耗以提高晶硅电池的功率。在《半导体物理与器件》的教学中引入课下实践教学,能够加深学生对理论知识的理解,拓展学生的知识面,提高教学效果,同时也锻炼了他们的专业实践技能。

5 精细化课程考核体系

为了加强对《半导体物理与器件》教学质量的管理,我们精细化了其课程考核体系。结合新能源材料与器件专业的培养目标与毕业要求之间的关系,我们对《半导体物理与器件》这门课程设置了四个课程目标:(1)掌握课程中的基本理论和专业知识,并结合数学、自然科学以及工程技术知识,将其用于解决半导体领域中的复杂工程问题;(2)掌握半导体器件开发全流程及其工艺设计的基本方法,能够针对半导体领域的复杂工程问题,通过合理设计工艺流程、正确选材以及开发加工技术;(3)能够基于半导体器件的相关原理、工程技术及实验分析方法,对工程问题中的相关现象、特性进行分析;(4)能够针对半导体器件领域的复杂工程问题,优化实验方案,科学采集实验数据,对研究结果进行分析、解释,并通过信息综合得到合理有效的结论。

6 结语

本文研究了《半导体物理与器件》的教学改革。通过教学改革,有助于教师合理安排教学内容和教学进度,提高教学质量;通过教学改革,更好地激发了学生学习的兴趣,增强了学生的专注力和创新意识,提高了学生的创新能力;在高校转型和新工科教育战略的背景下,有利于培养满足现代化半导体行业技术需求的优质应用型人才。

参考文献:

- [1] 教育部高等教育司.“新工科”建设复旦共识[J].高等工程教育研究,2017,15(01):10-11.
- [2] 教育部高等教育司.“新工科”建设行动路线(“天大行动”)[J].高等工程教育研究,2017,15(02):24-25.
- [3] 王彬,王宇薇,王雪娇,等.石墨烯基础及氢气刻蚀[M].北京:冶金工业出版社,2019.
- [4] 李媛.应用型本科院校《材料力学》教学改革的研究[J].考试周刊,2015(a3):6.