

产教融合背景下“半导体照明技术实验”课程设计与实验教学探讨

杨波波 孙雨 王凤超 陈进 郭春风 石明明 李杨 邹军

上海应用技术大学, 上海 201418

[摘要]文中探讨了产教融合背景下光电信息类本科生专业实验课程改革建设,以“半导体照明技术实验”课程为例,研究了课程背景、课程设计与实验教学实施策略。课程紧密围绕半导体照明器件封装产业需求,结合企业实际案例与项目,注重实验与产业的融合,旨在培养应用型光电类本科生解决实际光电专业问题的能力和创新思维。以“知技互补、校企联动”为主线,实施“一项目三融合三层次”的实验课程建设机制,通过产教融合模式,课程教学内容与科研项目、产业实际问题高度融合,提升学生的实践能力和职业素养。研究结果表明该课程建设有效解决了教学内容与产业发展脱节的问题,为应用型本科专业实践课程产教融合改革提供了有益参考。

[关键词]产教融合; 课程建设; 半导体照明; 课程思政

DOI: 10.33142/fme.v6i9.17841

中图分类号: G642

文献标识码: A

Curriculum Design and Experimental Teaching Exploration of "Semiconductor Lighting Technology Experiment" under the Background of Industry Education Integration

YANG Bobo, SUN Yu, WANG Fengchao, CHEN Jin, GUO Chunfeng, SHI Mingming, LI Yang, ZOU Jun

Shanghai Institute of Technology, Shanghai, 201418, China

Abstract: This article explores the reform and construction of experimental courses for undergraduate students majoring in optoelectronic information under the background of industry education integration. Taking the "Semiconductor Lighting Technology Experiment" course as an example, the course background, course design, and experimental teaching implementation strategies are studied. The course closely focuses on the needs of the semiconductor lighting device packaging and testing industry, combined with practical cases and projects of enterprises, emphasizing the integration of experiments and industry, aiming to cultivate the ability and innovative thinking of applied optoelectronic undergraduate students to solve practical optoelectronic professional problems. Taking "complementary knowledge and technology, school enterprise linkage" as the main line, the experimental course construction mechanism of "one project, three integration, and three levels" is implemented. Through the integration of industry and education, the course teaching content is highly integrated with scientific research projects and practical industrial problems, enhancing students' practical abilities and professional qualities. The research results indicate that the construction of this course effectively solves the problem of the disconnect between teaching content and industrial development, providing useful reference for the reform of industry education integration in practical courses for applied undergraduate majors.

Keywords: integration of industry and education; curriculum development; semiconductor lighting; ideological and political education in curriculum

引言

2017 年由国务院办公厅印发的《关于深化产教融合的若干意见》中明确提出了深化产教融合的目标、任务和措施,鼓励高校与企业深度合作,共同培养高素质技术技能人才^[1]。2018 年教育部发布的《关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》,强调加强实践教学、提高学生创新能力和实践能力的重要性,并提出了加强校企合作、产学研结合的具体措施^[2]。当前半导体照明行业发展迅速,技术门槛越来越高,涉及的专业领域也越来越广,包括照明技术、通信技术、能源技术、智能控制技术等高技术领域。智能化、智慧化的发展对人才要求也越来越高。而我国半导体照明行业人才培养却相对滞后,尤其是高级技术人才更是匮乏^[3]。半导体照明技术实验是

面向新兴光电子产业的一门专业核心特色实验课程,是一门与企业生产实践紧密相关的课程,不仅涉及半导体照明器件封装基本理论,更侧重于半导体照明器件封装实验操作、工程实践和相应产品的工程应用及评价。

本课程目的是在系统学习了半导体照明技术基础理论的基础上,搭建实验平台,培养学生理论联系实际的动手能力和分析应用能力,使学生掌握半导体照明技术实践内容,包括半导体光刻,LED/LD 的封装,柔性 LED 灯丝封装以及近两年出现的新技术封装制程等,半导体照明器件的光电参数及性能测试方法,自主设计组装半导体照明灯具等。通过实验操作和报告撰写过程,使学生进一步体会半导体照明器件、系统的设计思路、方法和手段,提升工程应用素养,确保学生能够掌握本领域的相关知识

和技术,能够分析和解决与半导体照明相关的工程技术和应用问题,为今后从事的工作打下基础。本课程特点在于理论与实践并重,通过产教融合模式,培养具有一定创新能力、应用能力和实践能力的高技能人才。

1 “半导体照明技术实验”课程背景

中国半导体照明产业,以 LED 为核心技术,近年来经历了快速的发展与变革,在“十四五”期间,展现出强劲的增长势头和广阔的发展前景,市场规模持续扩大。技术方面,高亮效能、智能化和节能型 LED 照明产品日益普及。同时, MicroLED 等新型显示技术成为行业热点引领未来发展。市场需求方面,半导体照明器件在交通信号、公共建筑、智慧城市、植物补光等新兴应用领域需求不断增长^[4]。我校光电信息科学与工程专业顺应时代发展需求,在最新本科生培养方案中确立了智慧照明与显示、光学成像与检测、智能光电传感和半导体光电技术等专业特色培养方向^[5]。“半导体照明技术实验”作为光电信息科学与工程专业大三学生的专业课,是半导体照明技术教学的重要组成部分,是一门以实践为主的专业课,是光电信息科学、半导体器件开发与应用等领域的重要基础支撑课程之一。在传统教学中,受实验讲义与半导体照明案例更新速度的制约,半导体照明技术实验教学内容与实际工程案例中半导体照明器件制造全产业链存在脱节,学生难以接触真实半导体照明产品开发技术链中遇到的实际封装和测试问题,因此,亟需与企业联动优化教学内容。目前光电半导体行业的发展受到前所未有的挑战,相关企业也纷纷转型,企业对半导体技术人才的选用标准发生了转变。在此背景下,我校学生的培养模式更应与市场需求相匹配,以满足企业的现实用人需求为目标,逐步完善学生知识体系,培养学生的自主学习能力和创造性思维,提升设计能力和专业技能。因此,亟需邀请企业参与半导体照明技术实验项目的教学活动中。三年级的光电学生,对本专业有了初步的认知,正是处于对未来职业规划的建设阶段。由企业导师从实际工程实践角度引导学生逐步了解光电半导体制造、了解光电工程师、了解未来工作中主要解决的问题,可让学生在职业规划上更有目的性,学习相关知识与软件,帮助学生提升专业技能,以便适应技术变革对光电专业的影响。因此,亟需与企业共建半导体照明技术实验项目,培养学生的专业技术能力。

2 “半导体照明技术实验”课程设计

2.1 课程建设目标

本课程以新工科创新型人才培养目标为导向,以光电信息科学与工程专业建设为引领,坚持理论性与实践性相统一,通过引进、融合、创新课程内容,优化课程知识体系,搭建实践教学平台,以半导体照明技术为主线,引入科研成果和产业进展,实现课程实践教学与科研项目相融合,实践教学与产业发展高度融合,使学生具有半导体

照明封装和测试所必备的封装材料、封装工艺和封装设备基本知识和实操技能,并能够分析和解决与半导体照明相关的工程技术和应用问题,搭建校企合作产教融合平台,培养高水平创新性应用技术人才。

知识与技能目标:本课程建设以半导体照明器件封装产业为核心,通过校企合作、产教融合,是学生能够熟悉半导体照明器件组成和封装流程,掌握实验基本操作技术,掌握 LED 封装设备构造和操作流程,掌握几种常用 LED/LD 的典型封装形式;了解 LED/LD 器件和灯具相关光、色、电、热性能测试设备的工作原理和测试方法。具备使用专业仪器进行数据采集,具备分析所封装 LED/LD 光、色、电、热性能等测试实验数据的能力;能够运用所学理论知识综合评价所封装实验产品。

思政教育目标:通过产教融合建设,通过典型产业案例培养学生良好的思想水平和道德品质,激发学生对光电专业课程学习和科研的热情,学生能够运用科学的思维方式认识半导体照明器件封装、合理设计并完成简易半导体照明产品的制作;能够根据所学内容及实验基础,合作设计并完成简易半导体照明产品的制作,多人协作完成产品的检测及评估。具备一定的组织管理能力,能合理制订工作计划,并协调团队成员在多学科背景环境中完成工作任务,处理个人与团队的关系。培养学生创新精神和具有国际视野的卓越工程师理念。

2.2 课程资源的开发与整合

创新教学平台,依托各类线上资源平台(如慕课、雨课堂、超星等),丰富课程的线上学习资源库、案例库,同时开展课程网站建设。如半导体光刻技术,先进的光刻设备和技术无法在实验室完成,可以发展线上虚拟实验课堂,将优质仿真资源(如案例库、实验视频)上传至课程平台,支持自主学习与远程协作。二是基于“互联网+”思维,打造智慧交流互动学习平台,丰富第二课堂内涵;三是发展校企长期稳定合作关系与联动机制,加强联合实验室、协同创新平台、实习基地和工作室的“三位一体”实践创新平台建设。

深化教学载体,构建“学科链+专业链+产业链”的“三创”教育人才培养模式,丰富课堂内外教学与育人载体。引导学生参与相关科研项目,培养创新意识,锻炼应用创新能力;鼓励学生参加国内外各类创新创业赛事与科技技能竞赛,拓宽认知视野,锻炼知识综合运用能力;基于产教融合创新平台构建,引导学生参与生产实际相关产品的设计与研发,锻炼工程实践能力,培养社会责任感,提升职业道德素质^[6]。

2.3 课程建设内容与组织形式

在课程建设中,以“知技互补、校企联动”为主线,实施“一项目三融合三层次”的实验课程建设机制。即:基于半导体照明技术实验课程的一个实验项目,在教学中

引入企业专家优化教学团队,实现师资融合;校企联合开发项目化教学资源,实现资源融合;校内老师引导学生利用所学理论知识与实验条件进行实操,企业专家结合实际情况进行项目案例进行现场技术指导与点评,实现项目融合。实验课程内容包括实验认知、基础实验操作、开放性设计实验三个层次。

3 “半导体照明技术实验”课程实验教学实践

3.1 教学方法与教学模式

(1) 模块项目式教学,提升学生高阶能力和综合素质。

本课程内容涵盖半导体照明器件封装和测试全流程,涉及诸如半导体光刻、固晶技术、点胶技术、光色电特性测试分析、可靠性测试分析、柔性 LED 灯丝灯设计与性能测试等多个模块,在每一个模块设计项目,将学生分组进行沉浸式项目设计开发,让学生从被动式学习转为主动式学习,将所学习的理论知识、技能运用到实际工程应用实践当中。让学生在项目研发过程中自主建构知识体系,将教师“教”,学生“学”和实际“做”有机地结合起来。

如“半导体光刻实验”采用项目式教学法,以半导体照明器件封装载板设计项目为依托,由校内教师与企业导师指导学生完成光刻胶调配、掩模版设计,并利用光刻机,建构载板设计与光刻工艺实操的全过程。在进行半导体光刻实验的过程中,遵循半导体载板制作的基本流程:具体包含掩模版图案设计阶段、数据收集与整合阶段、优化设计阶段、光刻阶段、效果检测阶段、文件与报告阶段 6 个部分。

如“柔性 LED 灯丝灯设计与性能测试”模块采用项目式教学法,由校内教师与企业导师指导学生完成固晶、点胶和光色电特性等多个环节,不仅对前面三个实验模块进行了巩固学习,又能让学生明白各环节之间的联系和相互影响。整个实验过程遵循柔性 LED 灯丝制作的基本流程:具体包括固晶阶段(锡膏丝网印刷、固晶、真空回流)、点胶阶段、光色电性能检测阶段、文件与报告阶段 4 个部分。

(1) 科研成果反哺教学,提升学生的学习兴趣和创新能力。

将课程团队的科研成果融入教学过程,教学的学术性得以充分体现,使学生在直观的认识学习到学习半导体照明技术的意义和作用的同时,又对行业前沿需求和技术动态有了更深刻的了解,进而激发学习热情和创新意识。

在半导体光刻技术实验部分,结合课程团队 2024 年中国商业联合会科技进步奖特等奖研发的项目“基于光热协同的封测材料设计与产业化”研发中,与企业一起联合在光刻胶开发和 PCB 载板制作方面形成的技术成果,帮助学生了解光刻胶对光刻工艺效果的影响;固晶技术实验部分,结合课程团队在半导体器件互联焊点可靠性研究的研究成果,帮助学生认识不同类型半导体器件焊接对焊接材料选型、焊接工艺的技术要求;在柔性 LED 灯丝灯设

计与性能测试实验部分,结合课程团队近年在柔性 LED 灯泡的研究成果,帮助学生理解“开发全光谱健康照明 LED 灯丝灯→柔性灯条铝基条 PCB 板制作-光转换材料配方→点胶工艺→结构设计优化→可靠性检测与分析”背后的科学和技术问题,强化学生对“焊点空洞率”“荧光光谱”“显色指数”“高导光高导热”“倒装结构”等概念的理解,分析半导体照明器件制备和开发的逻辑,以及工程应用的评价标准,帮助学生理解理论并进行半导体照明器件研究方案的设计与实施。

(3) 丰富工程应用案例教学,结合企业专家授课和产业实际,提升学生工程实践能力和职业素养。

结合最新的案例进行教学,用半导体照明技术产业发展中的典型案例来引导学生学习先进的理论与模型。案例教学能使实践教学更加生动和丰富多彩,增强趣味性和对学生的吸引力,激发学生的创新意识,提高实践教学效果。邀请企业专家进课堂,引领行业前沿,培养学生解决真实复杂光电工程问题的能力;为了更好的实现教学目标,学院对接相关合作企业,建立实习基地,安排光电学生进入企业实习。学生参与到半导体照明器件制备、工程应用工作中,近距离的接触半导体照明行业,在实践中学习产业知识。

3.2 教学评价

贯彻“以学生为中心、以成果为导向”的核心理念,以强化学生融会贯通能力和提升学生解决实际复杂光电工程问题能力为目的课程质量评价主要体现于课程目标的达成,分为课程考核的直接评价与学生、校内外同行的间接评价两部分,综合直接和间接评价反馈获得课程目标达成情况,分析实施成效,持续改进;课程考核直接评价由课前预习(10%)、课中实操(40%)、课后实验报告(40%)三部分组成,根据每部分考核分数或等级计算相应课程目标的达成情况。课程结束后,按照课程大纲中各项课程目标与考核方式的比例关系,利用教学过程中的各项评价数据计算出各项课程目标的达成值,形成分析报告。根据量化各项课程目标的运行成效,根据发现的问题对下一轮教学设计和方法进行有效的动态持续改进。

通过上述教学方法的探索和实施,培养了学生的创新 and 实践能力,取得了显著的教学成果。学生通过课程学习,积极参加中国国际大学生创新创业大赛、中国大学生“挑战杯”创新创业大赛、全国大学生光电设计竞赛等各类学科竞赛,从 2017 年起每年均有作品获奖,包括“互联网+”大学生创新创业大赛国家铜奖、“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛国家二等奖、全国大学生光电设计竞赛一等奖等。校企合作建设产教融合课程,让学生对光电行业产生浓厚兴趣,同时也增加了学生对于专业的认同感,应届毕业生的专业对口率达到了 97%以上。通过模块化设计与教学内容动态更新机制,将传统实验实践内

容与行业需求结合,提升了学生从知识到能力的转化。学生参与企业真实项目,企业导师全程指导,以提升学生就业竞争力、满足学生的学习以及适应趋势的需求。

4 结束语

本文通过对“半导体照明技术实验”课程设计与实验教学实践的探索,取得了显著的教学效果。基于产教融合改革对光电专业人才培养的需求,通过校企联合指导,深度结合产业实际需求,实现了实验与产业的深度融合。课程设计以实际产业需求为导向,围绕半导体照明器件封测产业链的核心知识及实际应用展开,注重解决光电专业本科生在实践和解决实际问题上的短板,编制了基于产教融合的专业链和产业链相衔接的教学内容,引入企业实际案例,组建产教融合人才培养团队,逐步健全产教融合培养卓越一线工程师的教学方法,建立了教学案例库,将能力素质因素引入考核,构建多维考核体系,促进复合型应用技术人才的培养。

基金项目:上海应用技术大学 2025 年校级课程建设项目产教融合课程“半导体照明技术实验”(1021GK250003002017)、“光电器件及其工程应用”(1021GK250003002016);上海应用技术大学 2025 年研究生产教融合课程建设项目产教融合精品课程“光电子学与光电子器件”(1021GK250008063)、2023 年度上海高

校市级重点课程项目“嵌入式系统设计原理与应用”(10110M250021-A22)。

[参考文献]

- [1]林介本,吴荣琴,李银成,等.一流本科课程半导体照明技术建设及教学改革研究[J].大学教育,2024(19):11-15.
 - [2]杨波波,邹军,胡蓉蓉,等.应用型高校“光电子学与光电子技术”课程与思政融合教学探索[J].大学,2024(27):108-111.
 - [3]陈进,王凤超,林晓艳,等.课程思政与专业课程融合教学模式研究——以 LED 照明技术课程为例[J].教育教学论坛,2020(27):76-77.
 - [4]刘张强,张宏宇,张宪鑫.我国绿色照明产业发展现状及建议[J].节能与环保,2024(6):20-26.
 - [5]邹军,杨波波,胡蓉蓉.基于产教融合的“光电器件及其工程应用”课程设计与教学实践探讨[J].现代教育前沿,2025,6(7):28-31.
 - [6]杨波波,邹军,胡蓉蓉.产教融合背景下光电类研究生“光电子学与光电子器件”课程建设与教学实践探讨[J].现代教育前沿,2025,6(7):101-104.
- 作者简介:杨波波(1990.11—),男,汉族,籍贯湖南省岳阳市平江县,博士研究生,讲师,研究方向:光电半导体封测与光生物调控。