

基于产出导向的微电子科学与工程专业实验教学体系研究

赵 年*, 汪 洋, 杨红姣

湘潭大学物理与光电工程学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2025年6月12日; 录用日期: 2025年7月11日; 发布日期: 2025年7月21日

摘 要

本文针对微电子科学与工程专业传统实验教学模式存在的不足, 将产出导向教育(OBE)理念融入微电子科学与工程专业实验教学体系。聚焦学生个人发展, 行业发展需求和国家重大战略需求, 紧密结合课程特色、学生特点、企业需求等, 从优化实验课程设置、创新实验教学方法、丰富实验教学资源、完善实验教学评价体系等方面提出一种全面、系统、科学的基于产出导向的微电子科学与工程专业实验教学体系。旨在提升学生的学习积极性, 提高实验教学成效, 增强学生实验实践能力和创新能力。

关键词

微电子科学与工程, 实验教学, 产出导向

Research on the Outcomes-Based Experimental Teaching System for Microelectronics Science and Engineering

Nian Zhao*, Yang Wang, Hongjiao Yang

School of Physics and Optoelectronics, Xiangtan University, Xiangtan Hunan

Received: Jun. 12th, 2025; accepted: Jul. 11th, 2025; published: Jul. 21st, 2025

Abstract

This paper addresses the shortcomings of traditional experimental teaching models in the Microelectronics Science and Engineering discipline, and introduces the Outcomes-Based Education (OBE) concept into the experimental teaching system. Focusing on student development, industry

*通讯作者。

文章引用: 赵年, 汪洋, 杨红姣. 基于产出导向的微电子科学与工程专业实验教学体系研究[J]. 教育进展, 2025, 15(7): 689-694. DOI: 10.12677/ae.2025.1571272

needs, and national strategic demands, the study integrates curriculum characteristics, student aptitudes, and enterprise requirements, proposing a comprehensive, systematic and scientific experimental teaching system, covering aspects including optimizing the experimental course setting, innovating experimental teaching methods, enriching experimental teaching resources, and improving the experimental teaching evaluation system. It aims to enhance students' learning initiative and experimental teaching effectiveness, and cultivate students' practical ability and innovative capability.

Keywords

Microelectronics Science and Engineering, Experimental Teaching, Outcomes-Based Education (OBE)

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2022 年以来, 美国和欧盟先后出台了《芯片法案》, 并推出了半导体出口管制规定, 我国受到以美国为首的西方国家的一系列技术封锁政策, 导致许多关键技术领域面临“卡脖子”问题。这不仅极大地制约了企业的技术创新能力, 还可能导致整体产业链的断裂。特别是以人工智能技术为代表的新技术、新产业、新业态、新模式不断涌现, 以微电子科学与工程专业为基础的微电子器件与集成电路的设计、制造、测试和应用等领域人才培养成为社会高度关注的话题[1][2]。

随着国家对微电子产业人才需求的增加, 全国各高校的招生规模快速扩大, 人才培养问题逐步突显。近年来, 湘潭大学微电子科学与工程专业持续跟踪毕业五年的毕业生培养目标达成情况和应届毕业生的毕业要求达成情况, 最近的一次的评价结果显示培养目标二“具有良好的科学思维、较强的工程实践能力, 具备发现、分析和解决微电子领域复杂工程问题的能力和创新精神”的达成率低于 95%; 毕业要求三“能够针对半导体器件、电路与系统等微电子领域的复杂工程问题, 设计解决方案, 设计满足特定需求的半导体器件、电路与系统, 并能够在设计环节中体现创新意识, 考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素的影响”的达成率低于 97%; 40%左右的用人单位对本专业的人才培养提出了建议, 主要为深化校企合作交流, 改进课程体系, 加强 EDA 工具使用, 促进学生实验实践能力提升。

近年来, 教育部等部门先后发布《关于加强集成电路人才培养的意见》等多个文件, 指出要加强产业需求导向的人才培养模式构建, 推动人才培养与产业发展深度融合。2024 年, 全国教育大会指出要着力构建“产教融合”的教育体系, 这些都与工程教育专业认证的核心思想 OBE (Outcomes-Based-Education 的缩写, 产出导向教育) 理念不谋而合。OBE 理念将传统的“教师主导”型教育模式转化为“以学生为中心”的教育模式。结合社会 and 行业需求, 设计人才培养目标, 根据培养目标确定毕业要求, 进而开展课程体系设置和教学活动。定期开展教学评价, 收集毕业生就业反馈和行业评价, 将这些信息用于调整教学计划和课程内容, 以更好地实现专业产出目标[3]-[6]。OBE 的渗透将重塑教学质量监测评价体系, 更注重学生学习成果与专业能力的达成。本文结合湘潭大学微电子科学与工程专业人才培养现状, 深入分析毕业生的培养目标达成和毕业要求达成数据, 并在广泛调研的基础上, 综合考虑微电子产业发展对人才的需求和当代大学生综合培养需求, 对微电子科学与工程专业创新型人才培养模式进行了构想, 提出了一种基于产出导向的微电子科学与工程专业实验教学体系, 旨在持续改进课程体系、教学内容、教

学方法、教学评价机制,提高人才培养质量。

2. 当前培养模式及存在的问题

2.1. 课程体系固化,对接新兴产业不及时

半个世纪以来,微电子技术大致遵循着“摩尔定律”快速发展,其工艺节点每隔约 2 年时间即更新一代。随着传统制程工艺逼近极限,电子芯片在进一步提升计算速度和降低功耗方面的技术突破,面临难以解决的瓶颈,新的方法和技术不断涌现,出现了教材内容和开设的实验项目对接新兴产业不及时的问题,导致教学过程缺乏有效的技术引领。

2.2. 教学资源受限,学生实践训练不足

一方面,由于微电子科学与工程专业所涉及的部分实验设备属于精密仪器、大型仪器,且更新换代较快,以至于实验室投入较高,普通高校难以搭建较为先进的、完整的微电子相关制造工艺平台,开展实践教学困难重重。另一方面,部分教师缺乏企业工程经验,验证性实验较多且难度较小,学生的实操能力和解决复杂工程问题的能力训练不足。学生对专业实验的理解存在一定的局限性,理论和实践脱节情况较为突出,极大地限制了本专业人才培养成效。

2.3. 评价方式单一,目标导向不够明确

原有的实验课程主要以“教师课堂讲解+学生实验室操作+实验报告分析”的验证性实验为主,学生以单纯的模拟和验证实验结果为主要目的,只能在一定程度上帮助学生巩固理论基础,不能有效开阔学生视野和较好地激发学生创新思维。实验课程评价依据主要为实验报告和出勤情况,评价维度不够丰富,不能客观全面地评价学生的课程目标达成情况。

3. 基于产出导向的实验教学改革举措

针对传统的微电子科学与工程专业实验教学存在的问题,以及行业发展需求和国家重大战略需求,本课题在深入调研和分析的基础上,紧密结合课程特色、学生特点、企业需求等,通过优化实验课程设置,创新实验教学方法,丰富实验教学资源,完善实验教学评价体系,探索构建一套全面、系统、科学的基于产出导向的微电子科学与工程专业实验教学体系。

3.1. 优化实验课程体系

在微电子科学与工程专业学科知识体系的基础上,对现有实验课程进行全面梳理,包括课程名称、开课时间、实验项目和课时的梳理。根据行业需求和学生未来发展,以及培养目标达成评价结果分析和毕业要求达成评价结果分析,确定实验课程的教学目标和内容。压减验证性实验项目学时,增加综合设计类实验课程,如集成电路版图设计、高频电子线路实验等。构建“多层次、递进性”的实验课程体系,见图 1,包括基础实验课程、专业核心实验课程、综合设计实验课程[7]。其中,基础实验课程主要侧重于微电子领域的基本实验技能和仪器操作,实验课程主要为大学物理实验、模拟电路实验、数字电路实验、电路分析实验、光电综合探测实验、信号与系统实验、半导体材料测试和表征实验等;专业核心实验课程主要强化学生对专业核心知识的理解和运用,实验课程主要为 IC 工艺实验、微电子器件模拟实验、模拟集成电路设计实验、集成电路版图设计实验、集成电路测试实验、高频电子线路实验,使学生掌握集成电路设计的基本原理和方法,熟练使用集成电路设计的 EDA 软件工具;综合设计实验课程旨在训练学生系统级设计能力和工程思维,实验课程主要为 VHDL 与复杂数字系统设计实验、超大规模集成电路设

计实验等，主要培养学生综合解决实际问题的能力和创新精神。

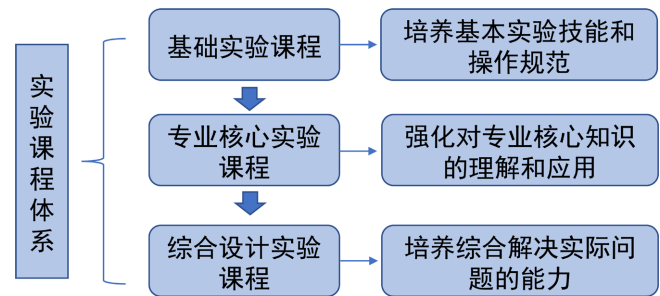


Figure 1. “Multi-level and progressive” experimental curriculum system
图 1. “多层次、递进性”的实验课程体系

3.2. 创新教学方法

微电子科学与工程专业实验教学应当始终坚持立德树人为根本目标，坚持以学生为中心，创新“目标—理论—实践”实验教学方法，如图 2 所示，着力解决当前实验教学方法较为单一和陈旧，学生在实验过程中缺乏思考等突出弊端。

(1) 结合微电子科学与工程专业与产业紧密连接、实践性强等特点，在实验前的理论讲授过程中突出学科前沿和行业前景，穿插大国博弈背景下相关产业的发展趋势与变革。引入行业内专家事迹：如“谁说中国芯片不行”的尹志尧放弃美国百万高薪和美国国籍，毅然带领团队回国钻研半导体刻蚀技术，使之与世界最前沿的技术比肩，让学生了解他们爱岗敬业、爱国奉献的故事，以此激发学习使命和改革创新精神，构建学习目标，增强学习的主动性[8]-[10]。

(2) 在激发学生学习兴趣的基础上，通过理论讲授、器件模拟、电路和系统设计、虚拟仿真，使学生对实验目的、实验原理、实验内容和方法有清晰的认识，能根据理论知识初步预测实验现象和结论，增加学生对知识的系统掌握和融会贯通，巩固深化学习成果，提升学生发现和解决问题的能力。

(3) 通过产学研合作、校企合作、科学研究、专业竞赛等途径，增强实验实践教学成效[11]-[13]。由高校教师和企业工程师组成实验实践队伍，指导学生参与微电子科学与工程相关实验实践环节，将企业案例融入实验实践教学，加深学生对基本原理、核心技术的理解和掌握。鼓励本科生进入科研团队开展创新性实验和课题研究，实现教学与科研资源共享。指导本科生参加学科相关竞赛如全国大学生集成电路创新创业大赛、全国大学生嵌入式芯片与系统设计竞赛、全国大学生电子设计竞赛等，全面提升学生实践能力，激发学生创新意识。

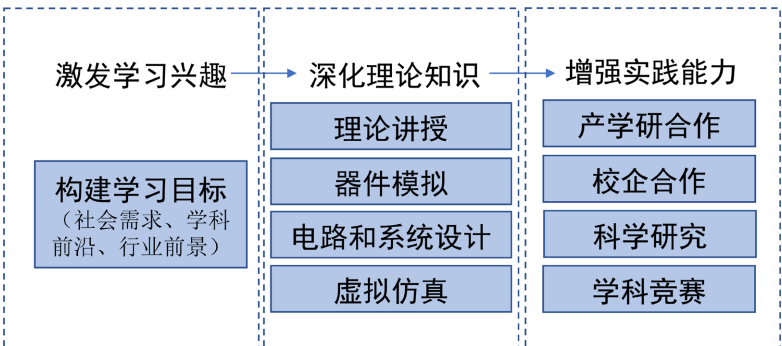


Figure 2. “Target-theory-practice” experimental teaching method
图 2. “目标 - 理论 - 实践”的实验教学方法

3.3. 拓展教学资源

丰富教学资源是创新微电子科学与工程专业实验教学体系的重要内容,教学资源包括线上资源和线下资源,校内资源和校外资源。图3为微电子科学与工程专业实验教学资源体系。

一方面,建设线上实验课程视频、系统化的实验教程和辅导资料等学习资源包,为学生的实验课程自主学习和复习提供便利。对于部分不易操作、不能大范围开展的实验,通过校企合作协同育人项目等模式建设VR虚拟仿真实验实训平台,提供沉浸式体验教学[14]。根据教学需求设计实验场景,仅通过电脑端操作就能为学生制作半导体器件和集成电路提供一个完整的实验条件。通过设立互动答题等环节,加深学生对理论知识的深化理解,其答题结果也能作为课程目标达成评价的依据。

另一方面,加强对学院、学校同质化实验资源的整合利用,加大集成电路测试系统、半导体参数测试系统、高低温探针台等设备平台的共享力度。同时,定期组织学生到微电子领域头部企业、校友企业开展实践教学,邀请企业技术骨干参与实验教学课程设计和授课,引入企业实际项目作为实验教学案例,让学生在实践中了解行业最新动态和需求,提高学生的实践能力。

3.4. 完善教学评价体系

建立多元化的实验教学评价指标体系,如图4所示,综合考虑学生在实验过程中的表现、实验报告质量、实践能力提升、创新成果等多方面因素,采用包括教师评价、学生自评和互评等多样化的评价方式,客观、公正、合理地评价学生实验技能和综合素质[15][16]。教师评价依据为学生的实验课考勤情况、

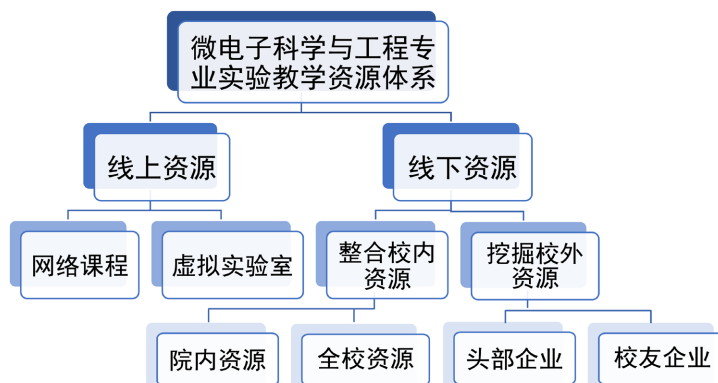


Figure 3. Experimental teaching resource system for microelectronics science and engineering major
图3. 微电子科学与工程专业实验教学资源体系

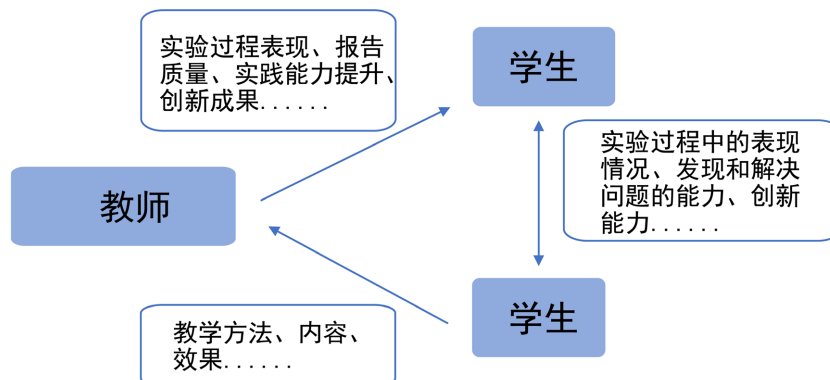


Figure 4. A diversified evaluation index system for experimental teaching
图4. 多元化的实验教学评价指标体系

实验理论掌握情况、实验过程操作规范性和分析解决问题能力、数据处理能力、实验报告质量和课程相关创新成果；学生互评是在实验分组背景下，组内成员之间基于实验过程分析解决问题能力、创新能力等的相互评价。此外，学生对教师的教学方法、教学内容、教学效果等的评价也是教学评价的重要组成部分，为教学过程的持续改进提供指导。

4. 结语

新工科背景下，微电子科学与工程专业实验教学应当结合学生需求和社会需求与时俱进，对单一、传统的实验教学方式进行了改革，在注重理论知识学习的基础上，进一步突出实践能力的训练。本文围绕优化实验教学课程、实验教学方法、实验教学资源和实验教学评价，探索构建一种基于产出导向的微电子科学与工程专业实验教学体系，旨在培养一批理论基础扎实，实验实践能力强，具有批判精神和创新意识的微电子与集成电路领域高素质创新型卓越工程技术人员。

基金项目

教育部产学合作协同育人项目“集成电路实践创新实验室建设”(项目编号: 231107567135149); 湘潭大学 2025 年教学改革研究项目“基于产出导向的微电子科学与工程专业实验教学体系探索与实践”。

参考文献

- [1] 卢贵主, 雷瑞庭. 基于产教融合的集成电路人才培养创新实践[J]. 高教学刊, 2022, 8(21): 41-44.
- [2] 朱彦旭, 宋潇萌, 李建伟, 等. 微电子专业人才培养改革思路探索[J]. 高教学刊, 2024, 10(4): 152-155, 160.
- [3] 丁佳锋, 张杭君. 产出导向教育理念下新工科课程的教学改革与实践思考[J]. 高教学刊, 2025, 11(13): 153-156.
- [4] 龚书娟, 张长青, 刘浩, 等. 工程教育认证背景下课程、毕业要求、培养目标达成度探索[J]. 高教学刊, 2024, 10(35): 94-97.
- [5] 饶岚, 魏翼飞, 何晓颖. 工程专业认证背景下的电子信息类实验教学改革——以综合课程设计为例[J]. 教育教学论坛, 2024, (23): 1-4.
- [6] 王琴, 李楠, 陈长林. 基于 OBE 理念的集成电路实践教学策略研究——以“微电子科学与工程专业设计”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2025(1): 1-4.
- [7] 刘瑶, 陆翔. 微电子实验教学平台和教学体系的构建与改革[J]. 科技风, 2023(25): 111-113.
- [8] 李严, 殷树娟, 李涵, 等. 微电子类课程思政教学探索[J]. 高教学刊, 2024, 10(30): 120-123.
- [9] 周丽星, 张亚民, 冯士维, 等. “半导体物理学”课程思政教育与教学建设探索[J]. 教育教学论坛, 2024(38): 121-124.
- [10] 金豫浙, 夏炜炜, 刘拥军. 总体国家安全观下新工科课程思政教育实践路径——以微电子科学与工程专业为例[J]. 高教学刊, 2023, 9(S1): 26-29.
- [11] 冯晓丽, 康海燕, 孙立锐. 产教融合协同育人机制下的集成电路实验教学改革与实践——以西安电子科技大学为例[J]. 大学, 2022(8): 133-136.
- [12] 王卫民, 吴永乐, 张一凡. 产教融合视域下芯片领域校企合作双元育人模式探索与研究[J]. 中国大学教学, 2021(6): 67-71.
- [13] 臧能义, 马生俊, 余松林. 校企合作基础上地方应用型本科大学生创新创业能力培养探析[J]. 就业与保障, 2020(21): 75-76.
- [14] 张习祥, 刘斌, 张守秋, 等. 数字技术支持下的六环五策四路径学科融合实验教学体系构建研究[J]. 中国教育技术装备, 2025(3): 145-150, 154.
- [15] 刘红梅, 王璐, 艾春鹏, 等. 新形势下微电子工艺实验教学改革研究[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2019(9): 55-56.
- [16] 赵晓燕, 房建东, 王艳荣, 等. 基于 CIPP 的模拟电子技术基础实验成效评价及优化[J]. 中国教育技术装备, 2024(13): 140-144.