

微电子基础实验教学项目开发

董亮

中国海洋大学

DOI:10.12238/mef.v7i11.9576

[摘要] 在当今科技日新月异的时代,微电子基础实验教学作为培养未来电子工程师与创新者的基石,其重要性不言而喻。本项目聚焦于微电子基础实验教学的深度开发,旨在通过设计一系列创新性强、实践性高的实验项目巩固学生的理论知识基础,更激发其在集成电路设计、半导体工艺及微纳电子技术等前沿领域的探索欲与创造力。

[关键词] 微电子; 基础实验; 教学项目; 开发策略

中图分类号: TN4 **文献标识码:** A

Development of Microelectronics Basic Experimental Teaching Project

Liang Dong

Ocean University of China

[Abstract] In today's era of rapid technological advancement, the importance of microelectronics basic experimental teaching as the cornerstone for cultivating future electronic engineers and innovators is self-evident. This project focuses on the in-depth development of microelectronics basic experimental teaching, aiming to consolidate students' theoretical knowledge foundation and stimulate their exploration and creativity in cutting-edge fields such as integrated circuit design, semiconductor technology, and micro nano electronic technology through the design of a series of innovative and practical experimental projects.

[Key words] Microelectronics; Basic experiments; Teaching projects; Development Strategy

引言

微电子基础实验教学项目的开发是对传统教学模式的创新探索,更是培养未来科技人才的关键环节。面对日益复杂的电路设计与制造工艺,如何构建一套既能巩固理论知识,又能激发创新思维,同时注重实践操作能力的实验教学体系,成为我们亟待解决的问题。

1 项目设计思路与目标

在微电子基础实验教学项目的开发策略中,项目设计思路与目标占据着核心地位。项目的开发需遵循“理论与实践深度融合,基础与创新并重”的核心理念,旨在构建一套既巩固学生理论基础,又激发其创新思维与实践能力的实验教学体系。

具体而言,项目设计紧密围绕微电子技术的最新发展趋势与行业需求,通过精心策划的实验内容,确保学生能够系统地掌握从微电子器件基本原理到复杂电路设计、制造工艺及测试技术的全过程,同时重视其解决实际问题的能力与团队协作精神的培养^[1]。为实现这一目标,项目采用分层次教学,将实验内容划分为基础、进阶与创新三个层次,每个层次均设置明确的学习目标与评估标准,以确保学生逐步进阶、稳步提升。同时,注重引入前沿技术工具与教学手段,如翻转课堂、虚拟实验室等,以

降低实验成本、提高教学效率,为学生提供更多自主探索与实践的机会。通过这一系列策略的实施,能够为学生搭建起一座通往微电子技术前沿的桥梁,助力他们成长为具有创新精神与实践能力的未来科技领袖。

2 实验教学内容与体系构建

在微电子基础实验教学项目的开发策略中,构建一个分层次、系统且完整的实验教学体系是至关重要的。这一体系应涵盖基础、进阶与创新三个层次,确保学生在微电子学领域获得全面而深入的学习体验。

2.1 基础层次

在大三的第一学期,依托“半导体物理”与“微电子器件与工艺”等核心理论课程精心设计半导体物理与器件实验课程。这一阶段的教学重点在于引导学生深入理解半导体材料的物理特性,掌握微电子器件的主要性能评价参数及其电学特性的表征与测试技术。通过一系列精心策划的实验项目,如半导体材料导电性能的测试、PN结特性分析、MOS场效应晶体管参数测量等,学生能够直观感受到半导体材料的奇妙世界,还能亲手操作先进的测试设备,掌握器件参数的测试方法,为后续更高层次的学习奠定坚实的基础。同时,结合“集成电路原理”与“Verilog

HDL与FPGA设计”等理论教学适时引入基于FPGA和Verilog HDL的验证设计实验^[2]。学生在这一过程中学会如何将理论知识转化为实际的电路设计, 体验从代码编写到硬件实现的完整流程, 从而激发他们对集成电路设计的浓厚兴趣。

2.2 进阶层次

进入大三第二学期, 随着学生对Verilog HDL设计语言的熟练掌握, 可以适时推出更为深入的集成电路实验实训课程。该课程为期两周, 旨在通过高强度的实践训练全面提升学生的实践能力。学生需利用各类EDA工具, 从数字集成电路与模拟集成电路的前端系统功能设计出发, 逐步深入到后端版图设计、参数提取以及设计规则检查等各个环节。这一过程中, 学生需亲手完成从电路设计到版图实现的全过程, 深刻体会到集成电路设计的复杂性与挑战性^[3]。此外, 项目还需开设微电子制造工艺实践教学的基础实验, 涵盖清洗、光刻、刻蚀、氧化扩散、镀膜、物理与电学性能检测等关键工序。通过亲手操作这些复杂的工艺步骤, 让学生在实践发现问题、解决问题, 从而培养出严谨的科学态度和扎实的实践技能。

2.3 创新层次

在学生熟练掌握微电子工艺单项实验后需进一步推出综合性创新专业实验, 紧密围绕半导体器件与集成电路(IC)设计的核心议题, 旨在将先前学习的各单项工艺知识以及测试表征技术有机融合, 构建成为一个全面而系统的实验框架。通过这一框架, 学生将有机会深入探索从设计构想到工艺实现再到器件特性检测的全过程, 从而在实践中加深对各单项实验知识的理解和应用。同时, 教师需鼓励学生利用微电子超净工艺线这一先进平台自主设计并研制各类特定半导体器件, 如二极管、双极晶体管以及CMOS管等, 同时挑战简单IC的综合研制工艺实验, 亲身体会从器件结构设计、工艺流程规划到最终性能测试的每一个环节, 从而实现对所学知识的全面整合与升华, 培养出强烈的创新意识和综合应用能力。

3 实验教学方法与手段创新

实验教学方法与手段的创新是至关重要的一环, 这一创新不仅关乎教学质量与效率的提升, 更在于培养学生的自主学习、批判性思维及实践能力。通过引入翻转课堂这一教学模式, 能够有效打破传统课堂的界限, 实现教学资源的优化配置与利用。具体而言, 翻转课堂的核心在于“先学后教”, 即教师预先录制微课视频并通过网络平台推送给学生, 让学生在课前自主完成视频观看与初步思考^[4]。在课堂上, 教师针对学生的掌握情况进行精准补充讲解, 确保每位学生都能跟上学习节奏。课后阶段学生撰写实验报告的基础上, 教师进一步深化知识理解, 拓展学习边界。

以干涉显微镜测量二氧化硅薄膜厚度实验为例, 在课前准备阶段需设计两个核心部分: 微课学习与课前测验。教师录制高质量的微课视频, 内容涵盖实验背景介绍、干涉显微镜基本原理、薄膜厚度测量的理论依据以及实验步骤概览。视频中, 教师需详细阐述二氧化硅薄膜在微电子器件中的应用价值, 在微

中插入楔形台阶形状的二氧化硅薄膜工艺制备流程视频。通过生动案例展示理论知识如何在实际操作中发挥作用, 旨在加深学生对专业领域的理解和兴趣。课前测验紧随微课之后, 通过在线平台推送给学生。测验题目紧密围绕微课内容设计, 包括选择题、填空题和简答题等多种形式检验学生对实验原理、仪器操作基础知识的掌握情况。进入课堂实践环节, 教师首先利用课前测验的结果进行点评, 针对普遍存在的知识盲区和易错点进行重点讲解。对于部分学生的疑惑或错误理解, 教师鼓励大家展开讨论, 通过生生互动的方式共同解决问题。在仪器操作前, 教师需借助网络平台向学生推送一系列精心设计的思考题(1) 台阶处的干涉条纹为什么会发生弯曲?(2) 如何消除空转误差?(3) 为什么读坐标时要使用绿光?(4) 为什么十个弯曲度各不相等?这些问题旨在引导学生深入思考实验过程中的关键现象和难点问题, 促使他们在实验操作中带着问题去探索、去验证^[5]。课后阶段, 学生需提交思考题答案及实验报告, 教师则根据答题情况和实验报告反馈, 再次组织学生进行讨论和集中讲解, 确保每位学生都能彻底掌握实验原理和仪器操作。对于学有余力的学生, 教师可以引导他们参与更高层次的科研项目或竞赛活动, 如独立设计创新实验、参与导师的科研团队等。

4 实验设备与环境建设

面对高昂的实验设备成本、严苛的实验环境要求以及潜在的操作风险, 传统实验教学模式往往难以全面覆盖学生群体, 限制了学生实践与创新能力的深度发展。为此, “集成电路设计与制造虚拟仿真实验教学中心”的应运而生, 成为破解这一难题的关键钥匙。其中的虚拟仿真实验平台在微电子基础实验教学中展现了其独特的优势。以集成器件的虚拟实验为例, 通过输入预设的器件结构与参数, 学生能够即时观察到器件的电学特性、寄生参数等关键数据, 这一过程加深了学生对器件工作原理的理解, 促进他们对设计参数优化的敏感度。相较于传统的理论教学, 这种“所见即所得”的学习方式, 让学生能够在实践中学习, 在学习中实践, 形成了一种良性循环。在集成电路工艺仿真方面, 虚拟平台更是发挥了不可替代的作用。学生可以在无需进入实际生产线的情况下, 通过模拟工艺过程深入了解集成电路芯片的内部结构特征与工艺参数的变化规律。这种“先模拟后实践”的教学模式降低了实验成本, 提高教学安全性。在虚拟环境中, 学生可以反复试验, 不断调整工艺参数, 直至达到理想效果, 培养他们的创新思维与问题解决能力。

5 考核评价体系建立

在微电子基础实验教学的项目开发中, 构建一套以实验课程目标为核心导向的过程性考核评价体系是提升教学质量、优化学习成效的关键举措。体系建立过程需对微电子基础实验课程的目标进行深入剖析, 明确其不仅限于理论知识的验证与技能的训练, 更在于培养学生的问题解决能力、创新思维以及跨学科整合能力。以“半导体物理实验”为例, 表1所示的课程目标每一项都指向了学生能力发展的不同维度, 如理解半导体物理基本原理(目标1)、掌握实验设计与操作技能(目标2)、培养数

据分析与处理能力(目标3)、增强团队协作与沟通能力(隐含于目标4的实验报告中团队讨论部分),以及激发创新思维与探索精神(目标5)^[6]。这些目标共同构成了实验考核评价体系构建的基石,引导着评价体系向更加全面、科学、公平的方向迈进。

表1 半导体物理实验课程目标

课程目标	具体内容
课程目标 1	通过实验进一步加深学生对半导体理论知识和概念,特别是物理现象的理解,掌握半导体物理学的思想方法和研究方法以及实验技术。
课程目标 2	通过实验过程中对各种仪器的操作以及电路的调试,培养学生的动手实践能力,提升学生理论知识与实践相结合的能力。
课程目标 3	实验中对各项物理参数的测量和计算,加强学生在实验基础上的理论计算和归纳总结何撰写报告的能力,并借此过程培养其严谨的科学态度。
课程目标 4	通过实验了解半导体材料的性质与表征等方面的实验方法和研究方法以及最前沿的测试方法与技术。
课程目标 5	培养同学之间的相互配合、团结合作的精神。

为了有效实现上述课程目标,教师可以创新性地提出“课前+课中+课后”三位一体的过程性考核体系,形成总实验成绩=课前30%+课中40%+课后30%的过程性实验考核体系。在课前阶段强调实验预习的重要性,通过设计预习任务单、在线测试等方式,检验学生对实验目的、原理及内容的理解程度。课中阶段,学生需就其实验方案进行阐述,接受教师与同学的提问与挑战,促进学生对实验原理的深入理解与灵活运用。同时,通过教师现场观察学生的实验操作,评估其技能掌握程度、问题解决能力及创新能力,确保课程目标2、3、5的有效达成。课后阶段要求学生撰写详尽的实验报告,并增设思考题与课后巩固任务,以全面评估学生的知识整合、数据分析与综合应用能力。此外,通过思考题

与课后巩固任务,引导学生深入探索实验背后的科学问题,激发其创新思维与探索精神,从而达成课程目标3、4的深层次要求。值得注意的是,过程性考核体系的建立并非一蹴而就,而是一个持续优化与完善的过程。教师需要定期收集学生、教师及教学管理人员的反馈意见,分析考核数据,发现存在的问题与不足并及时调整评价内容与标准。

6 结束语

综上所述,微电子基础实验教学项目的开发与实施,是顺应时代发展趋势、响应人才培养需求的重要举措。通过本项目的实施,我们成功构建了一套融合实验教学内容与体系构建、实验教学方法与手段创新、实验设备与环境建设以及考核评价体系建立的教学项目,丰富了微电子基础实验教学的内涵,更为学生提供了更加广阔的学习空间与成长平台。

[参考文献]

- [1]谢宁波,高健超.微电子基础实验课实践教学改革创新研究[J].科技视界,2018,(9):53-54.
- [2]刘建林.基于工程项目、社会需求的机电一体化实验教学研究[J].科教导刊,2017,(11):112-113.
- [3]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.
- [4]娄永乐,冯晓丽,康海燕.基于翻转课堂的微电子实验教学模式改革与实践[J].高教学刊,2021,7(22):135-139.
- [5]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.
- [6]李杨,田甜,李莹,等.应用技术型微电子器件工艺实验教学改革思路探讨[J].科技资讯,2019,17(25):160,162.

作者简介:

董亮(1979—),男,汉族,山东烟台人,硕士,实验师,研究方向: FPGA。