

应用物理学专业“微电子与集成电路设计导论” 课程教学方法探索

祁园园

(河南工业大学理学院, 河南 郑州 450001)

摘要：“微电子与集成电路设计导论”是河南工业大学应用物理学专业的重要任选课程之一。在当今社会，随着信息技术的发展，关键集成电路（IC, Integrated Circui）芯片在国家信息安全和信息产业中的重要性日益凸显，该门课程在本科生培养体系中的重要性也日益突出。本文基于笔者近三年的课程教学经验，对课程的教学内容、方法和目标进行了探讨和总结。教学改进的探索可以为同类型课程的教学工作提供参考。

关键词：微电子；集成电路；教学方法；应用物理学

DOI: 10.12373/xdhjy.2022.03.4582

在科学的发展进程中，能源、材料和信息是人类物质文明与精神文明赖以发展的三大支柱。随着科学技术的发展，信息产业在人类社会进程中的地位越发重要，而作为信息产业高科技代表的微电子学及其产业的发展越发受到人们重视。经济发展规律显示，发达国家国民生产总值每增长 100 元需要 10 元左右电子工业产值和 1~2 元的集成电路产值支撑。因此可以说，当今社会微电子技术水平的高低已经成为衡量一个国家和地区综合实力的标准之一。但令人担忧的是，中国在芯片、元器件领域仍然较为弱势，集成电路的技术短板已成为制约我国经济发展的主要因素之一。可喜的是，我国政府及各技术主管部门已经充分认识到问题的严重性并相继出台了相关政策：集成电路的发展已经被国家写进“十四五”规划，是七大科技前沿领域之一，其发展已上升到国家战略层面；微电子设计已被信息产业部列为我国“十五”规划的重点发展方向；通信集成电路被科技部列为“十五”攻关主题之一等等。所有这些都预示着我国将全面掀起一场微电子技术革命。近两年来，在我国已涌现出大批微电子专业企业，科技公司和研究机构等，它们对微电子学人才的需求量巨大且极为迫切！

应用物理学专业是我校培养高新技术人才的基础专业，具有理工结合的特点，它与物理专业、电子信息工程、半导体和材料专业密切交叉，其理论知识涉及物理学、电子学和材料学等诸多理论和方法，研究领域包括物理学、微电子、半导体材料与器件等。在现有的培养模式下，大部分物理学专业课程偏重于理论研究，这不能满足企业对于应用复合型人才即到即用的需求，如何打造应用物理学专业人才培养的特色方向成为各地方高校的一个难题。

在河南工业大学“育人为本、质量立校、特色发展”的办学

理念指导下，理学院秉承“明德、求实、拓新、笃行”的校训，基于国家科学发展需求和科学研究前沿，积极探索应用物理学专业微电子方向的培养模式。在保障学生对物理学基础知识学习的前提下，增加微电子方向培养课程，努力平衡基础知识和应用实践之间的矛盾，以社会人才需求为导向，对培养方案和教学计划进行更为细致地修订。在理学院最新的《应用物理学专业人才培养方案（2021 版）》中，“微电子与集成电路设计导论”课程作为专业选修课被安排在第六学期，本课程旨在培养学生学习兴趣，拓宽学生知识面，增强多学科融合意识，并使得学生了解微电子学的定义、发展以及研究领域，对微电子电路设计这一知识范畴有一定入门的认知。通过该课程的学习，使学生能够对现代集成电路技术建立较为全面的概念，能够较为全面的了解和掌握微电子电路设计的基本理论与方法，对今后的学习和工作打下理论基础。

微电子学是电子学的一门分支学科，是研究集成电路设计、制造、测试、封装等全过程的一门学科，“微电子与集成电路设计导论”该门课程的学习需要多学科知识的前期积累，如何设计课程内容以及如何有效地将知识传递给学生是应用物理学专业学生上好这门课的关键问题。通过前期调研和与其他高校相关专业教师之间的沟通和学习，我院自 2019 年首次开设微电子电路设计课程，为了有效地提高授课效果，在教学实践过程中，根据社会需求和学生在教学过程中的反应，不断地更新、完善与本专业学生相匹配的教学方法，教学内容以及课程安排。

一、课程内容改革——“合理安排教学内容，强化设计，突出前沿”

改革原本固定的课程内容体系，即固定内容，固定教材的单一课程体系。本课程的教学目的不在于让学生掌握太难的专业内

容,而是让他们能够对微电子电路设计这个课程有一定入门的认知即可。本课程内容的选取要做到与本校应用物理学专业学生所学模拟电路、数字电路、固体物理、半导体物理以及半导体器件等课程的基础知识相衔接。本课程共包含六章内容,分为三条主线,首先以半导体物理、半导体器件物理为主线,围绕这条主线,介绍晶体结构、能带理论,各种基本器件(PN结,双极型晶体管,MOS管)的基本原理和基本知识,以及各种器件在不同场合的应用。其次,以集成电路工艺为主线,介绍基本的工艺步骤和基本原理,以及如何应用各种工艺技术来实现各种器件和电路。最后以集成电路为主线,介绍集成电路的分类,性能,影响因素,并介绍基本门电路的结构和工作原理。三条主线构成一个有机的整体,相辅相成,将理论知识和实践应用结合起来。通过上述三条主线的学习,学生能够了解微电子与集成电路领域的基本概念和发展,认识晶体结构、半导体物理方面的基本概念,掌握半导体器件物理中的基本概念和工作原理,了解基本的半导体集成电路制造工艺,了解基本的集成电路概念、分类和发展,并了解新技术和发展趋势,从而形成总体和全局概念,即物理 \rightarrow 器件 \rightarrow 工艺 \rightarrow IC \rightarrow 新型微电子技术。并在此基础之上,辐射前沿领域,以将新工艺、新器件等作为专题介绍给学生以拓宽视野,从而加强学生的学习基础,突出课程重点并拓宽学生的知识面。在具体的教学过程中,除讲授课本知识外,辅以国家级精品课程MOOC等优秀教学资源以及集成电路设计实例,并结合微电子行业的热点,重大发现和进展,激发学生的学习兴趣,通过这些知识的传授提高学生的科学素质和能力。

二、教学方法改革——“案例和信息化教学相结合的教学模式”

改革原有的按照教学大纲依次授课的课堂教学模式,实现案例穿插教学和信息化教学相结合的教学模式。

传统的教学模式形式过于单一,传授过程过于死板,不利于学生高效多元的吸取知识。现今社会信息技术高速发展,信息技术的发展成果也在逐步渗透到课堂教学中,使课堂教学信息化、多元化、高效化。基于信息技术的发展,革新教学方法势在必行,建立信息化的教学方法和模式也显得尤为必要。本课程在授课过程中利用课堂教学和网络技术的发展,建立基于信息化的开放教学模式,具体为多媒体课堂教学模式加关键知识点的线上课程的自学模式,提高学生的学习效率,提升学生对关键知识的理解能力。同时摒弃现有的课程教学与案例教学相分离的课程设置,将课程教学和案例教学整合为一门课程,在课堂教学过程中穿插案例教学,使理论与实践结合得更为紧密,加深学生对微电子电路设计的相关知识的理解,提高学生学习的效率。

三、考核模式改革——“多元化考核模式”

改革原有的唯一标准卷面考核模式,建立多元化考核模式,将理论考核与实践考核结合起来,课程考核主要包括理论考试成绩、实验设计报告、平时成绩等。

在现有的本科生培养过程中,课堂教学的考核模式较为单一,大部分还是以结课考试为主,平时表现为辅的考核模式,这样的考核模式对学生的科学素养考核较少。在该考核模式下经常会出现平时课堂不好好学习,期末考试突击过线,考完知识全忘的情况,不利于学生科学素养和自主学习能力的提高。本课程在授课过程中建立一套合理的多元化的考核和评价体系,对学生的自主学习和科学素养的培养取得合理的评价,对知识体系的掌握进行合理的考核。考核过程充分体现学生的主动学习的差异性。具体为课程基础知识考核(理论考试成绩)、课程能力考核(微电子电路设计报告)、课程相关考核(平时成绩、创新成果加分等)。这种灵活的多元考核评价方法能够全面客观地考核学生的学习情况,激发学生的学习热情,有利于提高学生实际集成电路设计能力,培养创新精神。

我们在教学实践过程中对应用物理学专业“微电子与集成电路设计导论”课程教学方法进行了理论探索,基于专业培养方向和信息化手段,通过摸索建立了一套完整的教学模式和方法,实践表明该教学模式和方法可以有效地提高学生的科学素养和自主学习能力,能高效地让学生吸取知识,在以后的教学过程中我们会继续进行探索、改革和完善。希望我们的教学改革和探索可以为同类型课程的教学工作提供有意义的参考。

参考文献:

- [1] 肖丙刚,王秀敏,赵吉祥.“微电子学导论”课程教学改革与实践[J].中国电力教育:下,2009(8):2.
- [2] 肖剑荣,李明,王志勇,等.应用物理学专业实验课程与培养模式改革与实践[J].高教学刊,2018(23):4.

基金项目:河南工业大学理学院教研项目,应用物理学专业《微电子电路设计》课程教学改革。