

新工科视域下多元混合式教学在“微电子工艺”课程中的应用探索

胡金勇, 汪洋, 杨红姣, 刘桂东

湘潭大学物理与光电工程学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2023年11月25日; 录用日期: 2023年12月21日; 发布日期: 2023年12月28日

摘要

针对微电子工艺课程常规传统教学难以契合新工科教育理念, 我们以学生为中心, 以行业需求为导向, 从“丰富课程体系”、“创新教学方法”、“革新考核方式”等多元混合教学方面去探索教学改革的思路。通过重构课程体系和教学内容, 有机结合理论课堂线下讲授、网络课堂线上互动、工艺仿真和工艺实践等多元混合教学模式, 旨在改变传统单向知识传授为主的教学模式, 着力推动建立自主性系统思维学习方法, 致力于培养能够主动适应新工科建设背景下的高素质新型工程科技人才。

关键词

新工科, 微电子工艺, 多元混合式教学, 教学模式探索

The Application Exploration on Multiple Blended Teaching in the Course of “Microelectronics Technology” from the Perspective of New Engineering

Jinyong Hu, Yang Wang, Hongjiao Yang, Guidong Liu

School of Physics and Optoelectronics, Xiangtan University, Xiangtan Hunan

Received: Nov. 25th, 2023; accepted: Dec. 21st, 2023; published: Dec. 28th, 2023

Abstract

Considering that the difficulty of conforming to the new engineering education emerged in the conventional teaching of microelectronics technology course, we take students as the center and

industry needs as the guidance, and explore the ideas of teaching reform from the multiple blended teaching via merging together “enriching the curriculum system”, “innovative teaching methods”, and “innovative assessment approaches”. By restructuring the curriculum system and teaching content, organically combining multiple teaching modes such as theoretical classroom teaching, online classroom interaction, process simulation and process practice, the aim is to change the traditional teaching mode based on one-way knowledge impartation and promote the establishment of independent systematic learning methods. It is committed to training high-quality scientific and technological talents who can actively adapt to the background of new engineering.

Keywords

New Engineering, Microelectronics Technology, Multiple Blended Teaching, Teaching Modes Exploration

Copyright © 2023 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

当前，新一轮科技革命和产业变革正在加速前进，综合国力的竞争愈演愈烈，微电子集成电路以其重要的战略地位逐步成为国际竞争的主战场。近年来，我国微电子技术及产业规模快速发展，取得了举世瞩目的进步，但是同美日欧等发达国家相比差距仍很明显。尤其近五年来，“中兴危机”、“华为事件”以及“中美贸易战”充分暴露了我国的集成电路产业正面临着严峻的“卡脖子”问题。为有效缓解我国集成电路产业面临的“卡脖子”问题，亟须培养大量科学理论知识扎实、工程实践能力强、综合素质高的全面发展微电子专门人才。开展“新工科”背景下的微电子相关专业课的建设是一种有效提升集成电路核心人才培养质量的方法。所谓“新工科”[1]，是基于国家战略发展新需求、国际竞争新形势、立德树人新要求而提出的我国工程教育改革方向，主要内涵是指以新经济和新产业为背景，以立德树人为引领，以应对变化和塑造未来为建设理念，以继承创新、交叉融合、协调共享为途径，培养适应未来发展的创新型、多元化、高素质的卓越工程人才[2]。

湘潭大学微电子科学与工程专业面向集成电路行业培养微电子类应用型人才，对接集成电路产业链，打造了由“半导体器件物理”、“微电子工艺原理”、“半导体物理”、“集成电路设计”等课程构成的课程群。“微电子工艺原理”作为其中的核心专业基础课程之一，主要讲述以硅基集成电路芯片为研究对象的集成电路工艺制备流程、工艺原理及设备。通过对本课程学习，目的是使学生掌握用于制造半导体器件与芯片的基本技术，了解相关工艺设备的基础知识，使学生对半导体器件和半导体集成电路制造工艺及原理有一个较为完整和系统的概念，并具备一定工艺分析设计以及解决工艺问题的能力，为后续集成电路与系统设计知识学习以及从事与器件工艺技术相关工作奠定必要的理论基础。随着微电子技术日新月异的发展，未来微电子领域更为需要的是具有开拓创新精神、能够解决工程应用问题、具备国际竞争力的高素质复合型新工科人才[3]。由于“微电子工艺”课程涉及知识面广、综合性强、理论与实践结合紧密，仅以知识传授为核心的传统课堂讲授模式，会造成学生实践能力差、创新意识和能力不足等问题，也就是说，现有的传统教学模式显然已不能匹配新工科背景下复合型工程科技人才的培养要求。因此，基于近期大力倡导的新工科背景，以“微电子工艺”课程多元混合教学模式为出发点，秉承“以学生为中心”的教育理念，探讨如何将多元混合模式的教学方法有机融入“微电子工艺”课堂，以期探

寻出新工科专业建设的可靠途径。本课程的教学模式探索具有普适性，可为在电子专业课程体系中进行面向新工科的应用型人才培养提供有益参考，对于培养出综合素质高尚、专业能力突出的国家急需的微电子人才具有重要的指导意义。

2. 多元混合模式在课程教学中的应用举措

针对微电子工艺课程常规传统教学中存在的问题，我们以学生为中心，以行业和企业需求为导向，以新工科建设的教育改革理念为指导，从“丰富课程体系”、“创新教学方法”、“革新考核方式”等多元混合教学方面去探索教学改革与实践，旨在改变传统单向知识传授为主的教学模式，重构课程体系与教学内容，着力推动建立自主性系统思维学习方法，有机结合理论课堂线下讲授、网络课堂线上互动、工艺仿真设计和工艺实践等多元混合教学模式，提升任课教师的教学效率，充分发挥学生的主观能动性和创新性，致力于培养能够主动适应新工科建设背景下的高素质新型工程科技人才。具体实施措施如下：

1) 以集成电路工程应用发展需求为导向，更新了教学目标和教学内容。本课程主要讲述微电子集成电路制造的制备工艺方法，介绍各项工艺的物理基础和基本原理，主要包括氧化、扩散、离子注入、物理气相沉积、化学气相沉积、外延、光刻与刻蚀等。面对微电子工艺技术的不断发展，为适应新工科教学和工程教育专业认证的要求[4]，我们依据最新版微电子科学与工程本科专业的培养方案，相应调整了课程的教学目标，使其支撑相关毕业要求的指标点，建立了教学目标与毕业要求指标点的一一对应矩阵关系，如表 1 所示。另一方面，更新了教学内容丰富了教程体系，对原有教学内容进行重新梳理，将课程体系整体优化，将不断更新工艺制备技术引入课堂，打破教材原本的章节顺序，创建系统化模块化的课程体系框架，并依据各种工艺实现的目的，将课程内容归类为 4 大模块，分别为硅材料制备技术、杂质掺杂技术、薄膜制备技术、光刻与刻蚀技术，如图 1 所示。同时，在教学过程中注重挖掘教学内容之间的相互关联，比如氧化与扩散可以通过类似的设备工作原理结合起来、扩散的机制与 SiO₂ 中杂质存在的形式联系起来、扩散与离子注入可以通过注入后的杂质再分布关联起来等。

Table 1. The corresponding relation matrix between curriculum objectives and graduation requirements
表 1. 课程目标与毕业要求的对应关系矩阵

课程目标	毕业要求 指标点 1.4	毕业要求 指标点 2.1	毕业要求 指标点 2.2	毕业要求指标 点 3.1	毕业要求指标点 8.3
目标 1	H				
目标 2		H			
目标 3				M	
目标 4					H
目标 5					L

注：符号 H、M、L 分别表示课程目标对本专业毕业要求的支撑强度，H——强，M——中，L——弱。

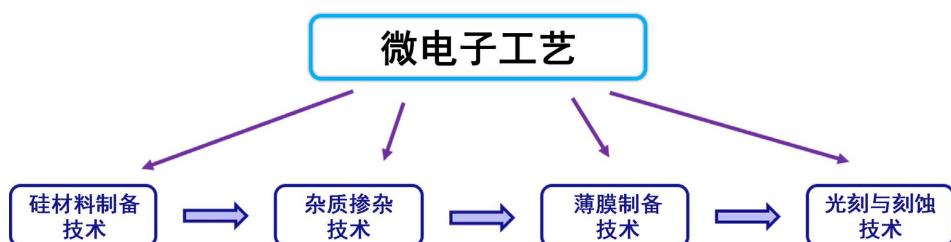


Figure 1. The content module of microelectronic technology course

图 1. 微电子工艺课程内容模块

2) 以立德树人为根本, 创新了教学方法。微电子工艺课程的教学内容, 兼具理论性强和以实践为基础的双重特点, 基本原理概念较多, 内容比较乏味无趣而不容易理解, 传统单向知识传授为主的教学模式难以满足新工科人才培养的需求。因此, 我们提出了多元混合式教学方法, 也就是有机结合理论课堂讲授、网络课堂互动(互联网教学)、工艺仿真设计和工艺实践等多元教学模式(如图 2 所示), 以期提升教师的教学效率和激发学生的学习兴趣。理论教学方面, 将课程教学内容模块化, 优化各模块相应的教学方法。网络课堂互动方面, 增设半导体新型材料和器件研究的读书报告、微电子工艺的新技术专题讲座等环节, 可促进学生对产业发展的动态了解, 加强对学术论文撰写和口头表达能力的训练。工艺仿真设计与实践方面, 主要依托北京艾西智酷科技有限公司的仪器设备平台(7 nm 微纳电子器件教学套件-DE101 和 14 nm 集成电路工艺教学套件-PE101)以及湘潭大学工程训练中心的微电子工艺实训室, 开展微电子工艺仿真设计与实训, 通过设计仿真工艺制备流程, 熟悉微电子器件的制作的流程, 在整个课程的学习过程中, 通过理论与实践的有机结合, 培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力, 加深对微电子工艺原理的理解和工艺方法的掌握。

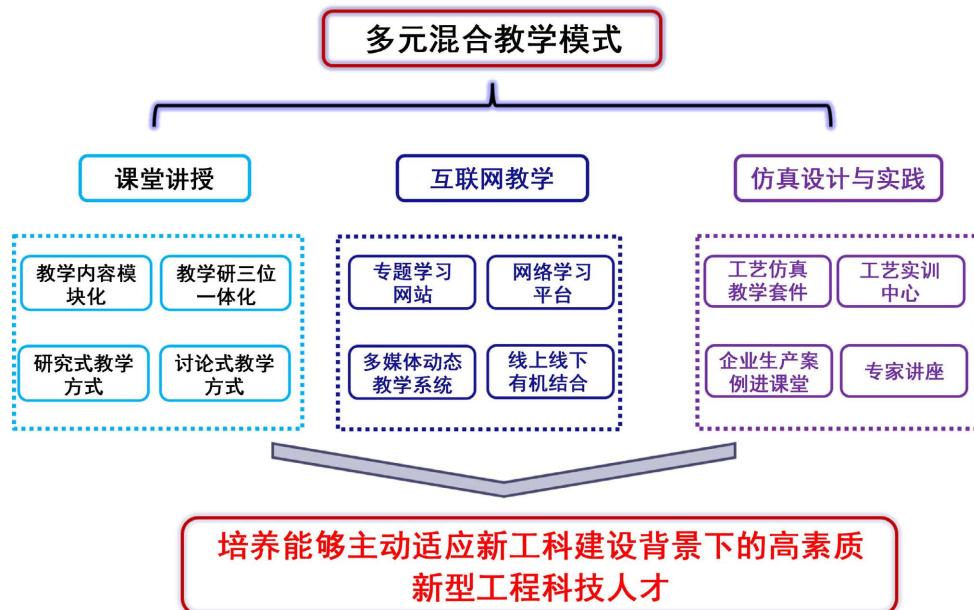


Figure 2. The plane graph about the multiple blended teaching modes of microelectronic technology course
图 2. 微电子工艺课程多元混合教学模式平面图

3) 以新工科复合型人才培养为指引, 重新整合考核方式。传统理论课程的考核方式缺乏过程性评价, 很难准确反映学生的实际学习效果[5]。为了更合理科学地考核学生, 我们提出建立多元化综合的考评体系(见表 2), 该考评体系可以不同于以往以期末考试成绩占主导的期评成绩的评定方法, 课堂讲授的考核内容包括课堂提问、测验、专题演讲, 课外网络教学和工艺仿真实践课堂的考核内容包含虚拟实验、读书报告、新技术专题等, 并根据各部分的具体考核内容分别建立评价依据和成绩等级。此外, 考评体系还将学生参加科研兴趣小组或者创新创业竞赛取得的成绩, 按相应比例纳入课程考核成绩中, 鼓励学生将理论知识运用于实践, 锻炼其自主学习能力和跨学科综合能力。相比于传统期评成绩评价体系, 广维度综合的多元化评价体系对过程学习评价的内容更具体, 更注重学习的平时积累与构建过程, 能有效缓解学生重理论轻实践、考前死记硬背临时抱佛脚应付考试的通病共性问题, 实现公正、有效地综合评价学生多方面的学习成果。

Table 2. Diversified comprehensive assessment and evaluation system
表 2. 多元化综合考核评价体系

教学类别	学习内容	评价指标	评价等级	成绩占比
课堂讲授	专题报告	表达能力 PPT 技巧	A、B、C、D 等级制	10%
	课堂提问	回答准确度		5%
	期末测试	卷面成绩	百分制	50%
课外学习	课后作业	认真程度正确率	百分制	10%
	网络学习	学习时间 学习效果	A、B、C、D 等级制	5%
	文献总结报告	报告质量		5%
仿真与实践	虚拟实验仿真	实验报告		5%
	实际工艺调研	调研报告	A、B、C、D 等级制	5%
	科研或竞赛	具体成果		5%

3. 总结与展望

本课程的改革思路以学生为中心,以行业和企业需求为导向,以新工科建设的教育改革理念为指引,针对“微电子工艺”课程传统教学中存在的问题,从“丰富课程体系”“创新教学方法”“革新考核方式”等多维角度去探索教学改革与实践,旨在改变传统单向知识传授为主的教学模式,重新构建课程体系与教学内容,有机结合理论课堂线下讲授、网络课堂线上互动、工艺仿真设计和工艺实践等多元教学模式,激发学生的学习兴趣,增强教师的教学效率,致力于培养能够主动适应新工科建设背景下的高素质新型工程科技人才。本课程的教学模式改革经验以及成效可推广至其它相关专业课程,有助于促进符合新工科专业建设要求的课程体系的建立,有利于推动湘潭大学微电子科学与工程专业的双一流本科专业的建设,提高专业的影响力和竞争力,助力培养能够主动适应新技术、新产业、新经济发展的复合型高素质工程科技人才。

基金项目

湖南省普通高等学校教学改革研究项目:“新工科背景下多元混合式教学在《微电子工艺》课程中的应用探索”(HNJG-2022-0581)。

参考文献

- [1] 新工科建设指南(“北京指南”) [J]. 高等工程教育研究, 2017(4): 20-21.
- [2] 周开发, 曾玉珍. 新工科的核心能力与教学模式探索[J]. 重庆高教研究, 2017(5): 22-25.
- [3] 马胜, 沈立, 王勇军, 唐玉华, 汤振森, 王志英. 新工科背景下集成电路设计人才培养的实践教学体系建设探索[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(1): 206-210.
- [4] 中国工程教育专业认证协会. 工程认证标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
<https://www.ceeaa.org.cn/gcjzyrzxh/rzcjxbz/gcjyrbz/index.html>
- [5] 董玉冰, 李明晶. 新工科背景下混合式创新教学在数字电子课程中的应用探索[J]. 长春大学学报, 2017, 27(10): 117-120.