

教育研讨

2025年3月第7卷第3期

新工科背景下“思—学—践—悟”教学模式在“微电子器件基础”课程中的探索与实践

孙小香 李昶 钱坤

湖南理工学院物理与电子科学学院，岳阳

摘要 | 针对“微电子器件基础”课程理论抽象、实践薄弱、前沿脱节等教学痛点，在新工科建设要求指导下，构建“思—学—践—悟”四维协同教学模式。通过问题导向的启发性教学激活思维认知，虚实结合的模块化学习重构知识体系，项目驱动的创新实践深化工程能力，价值引领的反思提升培育家国情怀。教学实践表明，该模式能有效提升学生的课堂参与度、知识掌握度和实践创新能力，为破解微电子领域“卡脖子”技术难题提供了创新人才培养范式。

关键词 | 新工科；微电子器件；教学模式

Copyright © 2025 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

教育部发布的《关于开展新工科研究与实践的通知》拉开了高校新工科建设的序幕，吹响了构建新型高水平人才培养体系的号角^[1]。新工科是基于国家创新驱动发展战略新需求和适应未来新经济发展需要而产生的一种工科新形态。国家为推进新工科建设，先后在上海、天津等地形成了新工科建设的“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”。诸多高校积极开展新工科建设，围绕人才培养结构、模式和内容开展高等教育改革探索与研究，强力支持创新驱动发展战略、《中国制造2025》等，推动我国由工程教育大国向工程教育强国转

变^[2]。在新工科建设背景下，教育部明确提出要培养具有交叉融合知识结构、创新实践能力和国际竞争力的新型工科人才^[3]。新工科建设符合科技发展的趋势和社会需求，能够培养更加适应新时代要求的工程技术人才，促进产学研结合和创新创业，提升人才竞争力，为社会经济发展提供坚实的支撑和人才保障。

微电子科学与工程专业是电子信息科学技术的先导和核心，主要研究半导体器件物理、功能电子材料、固体电子器件、超大规模集成电路、微机械电子系统以及计算机辅助设计制造，其研究领域几乎涵盖了集成电路产业所有的重要环节。因此，当下微电子科学与工程专业的建设关乎集成电路产业未来的发展，具备微电子科

基金项目：湖南省普通高等学校教学改革研究项目（项目编号：HNJG-20230848）。

作者简介：孙小香，湖南理工学院物理与电子科学学院，博士，讲师，研究方向：有机太阳能电池；李昶，湖南理工学院物理与电子科学学院，博士，副教授，研究方向：半导体纳米材料；钱坤，湖南理工学院物理与电子科学学院，博士，副教授，研究方向：集成电路与系统。

文章引用：孙小香，李昶，钱坤. 新工科背景下“思—学—践—悟”教学模式在“微电子器件基础”课程中的探索与实践[J]. 教育研讨, 2025, 7(3): 347-351.

<https://doi.org/10.35534/es.0703069>

学与工程专业本科生培养能力的高校应积极响应国家号召，对工程科技创新和产业创新发挥主体作用，对催生新技术和孕育新产业发挥引领作用，对区域经济发展和

产业转型升级发挥支撑作用，为国家集成电路产业培养实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高质量复合型人才^[4]。

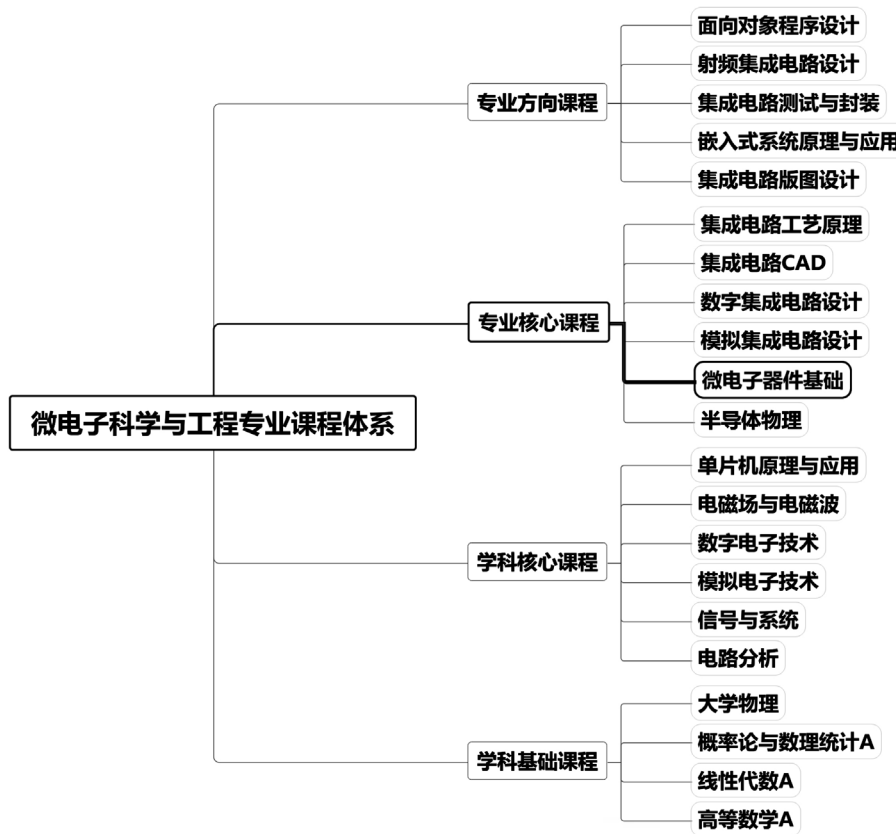


图1 微电子科学与工程专业课程体系

Figure 1 Microelectronics science and engineering curriculum system

如图1所示，“微电子器件基础”是微电子科学与工程专业的核心课程，在“半导体物理”“模拟集成电路设计”“集成电路CAD”等核心专业课程体系中发挥着承上启下的关键作用。该课程具有以下鲜明特征：首先，学科概念体系庞杂，涵盖半导体物理、器件结构及机理等核心术语；其次，微观物理机制较为抽象，特别是载流子输运过程中要求构建动态分析思维；最后，数学工具运用密集，要求掌握偏微分方程求解技巧，尤为考验逻辑推演能力。以上课程特点导致学生在学习过程中遇到较大阻碍，影响学习的主观能动性。此外，传统课堂在教学过程中，往往将重点集中在对理论知识的灌输和讲解上，较少关注学生实践技能的培养。这种偏向于理论的教育方式，往往导致学生在课堂上被动接受知识，缺乏主动探索和实际应用的机会，使得学生陷入理论推导的泥潭中，反而忽略了更为本质的东西。更值得关注的是，在科技竞争加剧的背景下，课程内容与先进

工艺流程、最新器件结构存在脱节，学生反映对产业前沿认知不足。这种培养模式难以适应“卡脖子”技术攻关对微电子人才的需求^[5]。

2 “思—学—践—悟”教学模式构建

针对以上课程特点和教学痛点，本研究采取理论与实践、线上与线下、课内与课外相结合的教学策略，以学生为中心、教师为引领构建“思—学—践—悟”的教学模式（如图2所示），将繁杂的专业概念逻辑化、抽象的物理过程具象化、复杂的公式推导物理化、冗长的公式结论简单化、枯燥的理论知识实践化，从而保障学生的课程参与度，提升学习能力和综合素质。同时，以工程案例库、实验实践库和思政素材库为基础，从科技前沿、社会热点、工程应用、科学故事切入，培养学生的工匠精神和家国情怀，激发学生科技报国的使命担当。



图2 “思—学—践—悟”教学模式示意图

Figure 2 Visualization of the “Think-Learn-Practice-Enlightenment” teaching framework

2.1 “思”——问题导向的启发性教学

启发式教学作为一种高效的教学方式，在知识学习中具有显著优势。以问题链驱动的探究式学习能有效激活学生的参与度，例如在PN结形成机制的教学设计中，以“LED发光器件的核心结构原理是什么”为引导问题，将抽象理论与生活情境对接，激发学生探究意识。课堂教学环节设计阶梯式问题链：（1）N和P型接触后载流子发生何种运动；（2）界面附近的电荷属性发生

何种变化；（3）电场对载流子的运动产生何种影响；（4）漂移运动和扩散运动谁更有优势。这些问题将半导体掺杂特性、载流子浓度梯度等核心概念有机地串联起来，建立新知和旧知的内在关联，学生在循序渐进的思考中攻克难点障碍，实现知识的渐进式迁移。基于以上思路，课程建立工程案例库（如图3所示），将理论知识与应用案例建立一一对应的关系，开展高效的启发式教学。



图3 工程案例库示意图

Figure 3 Schematic diagram of the engineering case repository

2.2 “学”——动态可视化的学习策略

针对微观物理机制抽象不易理解的难点，课程采取可视化教学策略：基于三维动态可视化模型，将载流子的微观运输过程直观展示在学生面前。在PN结空间电荷区形成机制的学习中，构建“电子和空穴动态运输”模

型，将浓度梯度驱动的扩散运动和内建电场驱动的漂移运动可视化呈现，帮助学生理解内建电场的调控机制，即促进少数载流子的漂移，抑制多数载流子的扩散，最终实现扩散和漂移的动态平衡。同时，教学过程中揭示物理规律的内在辩证性，即扩散运动诱发电场驱动的漂

移运动，而漂移运动的增强又反向制约扩散运动，二者形成相互依存、动态制约的辩证统一关系。在双极晶体管电流放大原理的学习中，构建“晶体管内部载流子输运”模型，将发射极、基极和集电极的载流子收集情况可视化呈现，帮助学生理解电流等比例放大的微观机理。同时，教学过程中以“小电流”撬动“大电流”的现象引导学生理解“四两拨千斤”的深层次内涵，即“千斤力在后”的艰辛和努力才能实现“拨千斤”的从容。通过此类具象化教学手段，降低微观物理机制的学习门槛，同时将辩证唯物主义思维、人生观、价值观以及世界观等自然融入知识体系构建过程，达成专业素养与课程思政的有机融合。

2.3 “践”——仿真与实验结合的创新实践

课程需突破单向理论讲授的局限，构建“理论学习—仿真模拟—实验验证”的三阶能力培养体系。在PN结知识单元教学中，教学实施路径分为三个阶段：（1）理论层面采取可视化教学策略掌握平衡PN结的形成过程以及能带排布机理；（2）仿真层面借助软件构建PN结掺杂浓度—电势分布模型，定量分析掺杂浓度对势垒高度和宽度的影响；（3）实验层面通过电容—电压测试系统验证掺杂浓度与接触电势的关系。类似的，在MOS场效应晶体管知识单元教学中，理论层面带领学生学习MOS管的基本结构、工作原理和性能特点；仿真层面借助软件实现MOS管的工艺制备和性能仿真，建立工艺参数和器件性能的直接关联；实验层面利用晶体管图示仪对各型号MOS管的输入输出特性、击穿特性以及高频特性进行最终验证。这种闭环训练模式促进了理论与实践的深度融合，将晦涩的理论知识转化为可量化分析的工程参数，有效激活了学生的主观能动性，显著提高了对理论知识的理解和掌握程度。

2.4 “悟”——价值引领的反思提升

课程在教学环节中实施显隐结合的思政策略。显性思政融入方面：结合各章节背景和特点，将自带思政属性的教学元素（如科技前沿、社会热点、工程应用和科学故事）合理地融入教学环节，在增强课程深度和广度的同时，将“自发光”的显性思政主题贯穿全过程。隐性思政融入方面：充分挖掘专业知识本身蕴含的思政元素，将专业知识揭示的自然规律与辩证思维、三观塑造有机地统一起来，让学生有所思、有所学、有所悟，达到润物无声的育人成效。以PN结知识单元为例，以LED照明技术为切入点讲授PN结原理，最后回归工程应用，

提出“蓝光LED突破为何摘得诺奖”的思辨命题。通过介绍科研团队三十年攻克氮化镓材料缺陷的科研历程，揭示“冷门领域坚守”与“关键技术突破”的关联，达成显性思政目的。在剖析载流子扩散—漂移动态平衡机制时，阐释“矛盾对立统一”的哲学本质，引导学生感悟学习过程中挑战与机遇的辩证关系，达成隐性思政目的。通过“双线”思政路线，使学生自然感悟“小器件承载大使命”的深刻内涵，实现专业知识传授与核心价值观培育的同频共振。

3 总结

本研究基于新工科建设要求，创新构建“思—学—践—悟”四维协同教学模式，在“微电子器件基础”课程中实现了三个突破：其一，通过动态可视化技术将抽象的载流子运动具象呈现，利用仿真软件构建PN结形成过程的可视化模型，有效突破传统教学的认知瓶颈；其二，建立“理论学习—仿真模拟—实验验证”三阶实践体系，实现理论与实践的深度融合；其三，挖掘课程蕴含的哲学思维（如扩散与漂移的对立统一）和思政元素（如蓝光LED研发的科研精神），构建显隐结合的思政育人体系。教学实践表明，该模式能有效提升学生的课堂参与度、知识掌握度和实践创新能力。

参考文献

- [1] 汪永明, 高文斌, 叶晔, 等. 面向新工科的机械类专业跨界融合改革与实践[J]. 高教学刊, 2025, 11(8): 93-96.
- [2] 由骁迪, 李军, 陈小平, 等. “产教研赛”紧耦合的电子信息类新工科人才培养模式探索[J]. 高教学刊, 2025, 11(8): 172-175.
- [3] 黄永江, 李昊, 刘晓民. 新工科背景下地方院校一流专业人才培养模式构建与实践[J]. 高教学刊, 2025, 11(7): 31-34.
- [4] 李安明, 张红卫, 王俊利, 等. “新工科”背景下地方应用型高校“半导体物理”课程教学改革研究[J]. 工业和信息化教育, 2024(11): 11-15.
- [5] 刘建丽, 李先军. 基于非对称竞争的“卡脖子”产品技术突围与国产替代——以集成电路产业为例[J]. 中国人民大学学报, 2023, 37(3): 42-55.

Exploration and Practice of the “Think-Learn-Practice-Enlightenment” Teaching Model in the Course “Fundamentals of Microelectronic Devices” under the Context of New Engineering Education

Sun Xiaoxiang Li Chang Qian Kun

School of Physics and Electronic Science, Hunan University of Science and Technology, Yueyang

Abstract: Aiming at the teaching pain points such as theoretical abstraction, weak practice and cutting-edge disconnection of the “Fundamentals of Microelectronic Devices” course, under the guidance of the requirements for the construction of new engineering disciplines, we have constructed a four-dimensional collaborative teaching mode of “Think-Learn-Practice-Enlightenment”. Through the problem-oriented inspirational teaching to activate thinking and cognition, the combination of virtual and real modular learning to reconstruct the knowledge system, the project-driven innovative practice to deepen the engineering ability, and the value-led reflection to enhance the cultivation of national sentiment. Teaching practice shows that this model can effectively enhance students’ classroom participation, knowledge mastery and practical innovation ability, and provide an innovative talent training paradigm for cracking the critical bottleneck problems in the field of microelectronics.

Key words: New engineering; Microelectronic device; Teaching model