

基于 OBE 理念的《半导体物理与器件》课程改革与实践研究

夏丰金¹ 马 帅^{1*} 冯建光² 周伟峰¹ 刘保成¹

1.青岛科技大学数理学院 山东 青岛 266061

2.青岛科技大学材料科学与工程学院 山东 青岛 266042

【摘 要】：《半导体物理与器件》是一门与前沿技术衔接紧密的专业基础课，我们针对其传统教学中存在的重理论轻实践、知识传授与能力培养脱节等矛盾展开了系统的课程改革实践。本文阐述了以成果导向教育（Outcome-Based Education, OBE）为理念的教学改革。本改革遵循“反向设计、学生中心、持续改进”三大核心原则，以教学大纲规定的四大课程目标为根本出发点和目标，对课程内容进行了模块化重构。同时设计了与大纲考核环节精准对接的多元化评价体系，以此驱动教学过程的持续改进。实践结果表明，该改革措施有效激发了学生的学习内在驱动力，为同类型基础课程如何将先进的 OBE 理念与教学目标深度融合，提供了操作性强的可借鉴范式。

【关键词】：OBE 理念；反向设计；教学改革；课程思政

DOI:10.12417/2705-1358.26.01.078

1 引言

《半导体物理与器件》是应用物理学、微电子科学、材料物理等专业必修的专业基础课程。本课程理论框架严谨，核心概念较为抽象，同时，其知识演进与半导体集成电路、光电器件、芯片等产业的飞速发展一脉相承^[1]。传统的课堂教学模式普遍遵循教师讲授的方式，侧重于物理模型的建立、公式的推导^[2]。这种模式虽能保证知识传递的系统性，但学生难以将抽象的半导体物理概念与具体的电子器件工作特性建立起有效的连接，其实践能力与创新思维的培养受到严重制约^[3]。

成果导向教育（OBE）以学生最终学习成果为核心导向，目前已成为国际工程教育认证体系的基本理念^[4]。OBE 理念强调教学设计与实施的全部活动都紧紧围绕学生的学习成果来组织。它首先明确毕业要求，继而确定课程目标，最后设计教学内容与评估方式，并在此基础上构建一个以持续改进为特征的闭环教学模式^[5]。将 OBE 理念系统融入《半导体物理与器件》的课程教学中，对于破解传统教学困境，培养学生系统分析能力、实验仿真能力以及解决复杂工程问题的综合素养^[6-7]，从而满足新工科背景下对复合型创新人才的迫切需求，具有至关重要的意义。

2 OBE 理念下课程改革的总体框架设计

本课程的改革实践严格遵循 OBE 教育的四项基本原则

——成果导向、学生中心、反向设计、持续改进，构建了以课程目标为逻辑起点的、螺旋上升的闭环实施框架。

2.1 反向设计阶段：以终为始的系统规划

此阶段是整个 OBE 实践的基石。我们首先解读教学大纲中确立的四个课程目标（M1：知识目标；M2：能力目标；M3：价值目标；M4：综合素质目标），将其视为学生毕业时必须达成的能力“蓝图”。并以此为基准，反向设计能够有效检验这些目标达成情况的考核方式与评分标准。这就确保了教学过程中的每一环节都具有明确的目的性，杜绝了教学的盲目性。

2.2 实施与评估阶段：多元互动的教学

此阶段是 OBE 理念的落地环节。在教学过程中，我们执行在反向设计阶段所规划的一系列模块化教学与混合式学习活动。与此同时，开展贯穿教学全过程的过程性评价（如作业、课堂互动、实验报告）和课程结束时的终结性评价（期末考试）。这一阶段的核心任务在于课程教学并通过多元化的考核方式，全面、客观地收集学生学习成果材料，为后续的分析与改进提供数据基础。

2.3 分析与改进阶段：数据驱动的教学优化

此阶段是 OBE 闭环优化的体现，也是课程得以持续发展的动力源。课程结束后，基于收集到的考核数据，采用定量与定性相结合的方法，系统计算每个课程目标（M1-M4）的达成

作者简介：夏丰金（1985.06—），男，汉族，山东临沂人，博士研究生，副教授，研究方向：新型半导体薄膜材料的光电器件研究；
通讯作者：马帅（1984.10—），女，汉族，山东青岛人，博士研究生，副教授，研究方向：新型光伏材料和器件的制备及性能研究。
基金项目：2024 年度青岛科技大学校级教学改革研究立项项目：2024MS011。

度。通过将实际达成度与预设的期望值进行比较,并结合学生问卷、师生座谈等定性反馈,进行深入的教学反思,诊断教学中存在的短板,制定出具体可操作的改进措施,并将其正式纳入下一轮课程的教学设计与实施中,从而形成一个“评价-分析-反馈-改进”的良性循环,推动课程教学质量不断攀升。

3 课程改革的具体实施路径

3.1 课程目标的明确化

课程目标是 OBE 实践的指南针,本方案遵循教学大纲中所设定的四项课程目标,M1-知识目标、M2-能力目标、M3-价值目标、M4-综合素质目标,这四大目标构成了一个从基础知识到综合素养的完整能力培养链条,为后续的教学设计与评估活动提供了清晰的指引。

3.2 教学内容与策略的重构

为克服传统教材章节排列与能力培养目标之间的脱节,我们以教学大纲所列教学内容为基础,进行了以能力培养为导向的教学内容模块化重构。

(1) 模块一: 半导体物理基础 (支撑 M1, M4)

涵盖内容: 半导体中的电子状态、杂质和缺陷能级、载流子的统计分布、载流子的输运现象、非平衡载流子。

教学深化举例: 摒弃单纯的公式推导,采用动画等可视化工具与类比方法,精讲状态密度、费米能级、载流子散射等核心概念的物理图像。通过设置不同温度下的载流子浓度计算任务,引导学生亲手绘制费米能级随条件变化的曲线,从而深化对半导体电学性质内在调控规律的理解。

(2) 模块二: 半导体接触与界面物理 (支撑 M1,M2)

涵盖内容: 金属-半导体接触、半导体表面与金属-绝缘体-半导体 (MIS) 结构。

教学深化举例: 采用讲述教学法,动态演绎从真空能级对齐到能带弯曲形成的全过程。将 MIS 结构的电容-电压特性曲线作为教学重点,详细剖析其从积累、耗尽到反型各个阶段的物理机制,强调其作为理解场效应晶体管工作原理的关键地位。

(3) 模块三: 核心器件原理与分析 (支撑 M2,M4)

涵盖内容: PN 结、双极晶体管 (BJT)、金属-氧化物-半导体场效应晶体管、半导体光电器件 (如太阳能电池、LED)。

教学深化举例: 开展对比式教学,系统梳理不同器件在工作原理、输出特性、应用场景上的差异。设置前沿专题研讨,引导学生将所学的短沟道效应、DIBL 效应等物理原理,与产业界正在攻关的 FinFET、GaN HEMT、氧化镓等第三代半导体

技术前沿深度融合。

(4) 模块四: 建模仿真与实践应用 (支撑 M3,M4,并综合运用 M1,M2)

涵盖内容: 半导体材料与器件建模仿真实验。

教学深化举例: 学生以小组形式,遵循结构设计--参数设置--仿真运行--结果分析--优化迭代的完整流程,依次完成 PN 结 I-V 特性、BJT 输出特性、MOSFET 转移特性及光伏器件 I-V 特性的建模仿真任务。此过程不仅验证了课堂理论,更引导学生尝试通过调整掺杂浓度、几何尺寸等参数来优化器件性能,实现从被动接受到主动探究的“学做一体”。

3.3 考核评价体系的设计

为全面、公正地评估课程目标 (M1-M4) 的达成情况,本改革方案的设计与教学大纲规定的考核方式保持高度一致,并清晰界定各考核环节对课程目标的支撑关系,具体设计如表 1 所示。

表 1 课程考核评价体系与课程目标支撑关系

考核环节	权重 (%)	具体形式与评价标准	支撑目标
平时作业	20	通过学习通平台发布简答、计算与分析题,依据答题准确性、逻辑性与提交时效进行评分。	M1,M2
课堂表现	10	通过平台记录学生在课堂提问、随堂测验、小组讨论等环节的参与度与贡献度。	M1,M2,M3,M4
建模仿真操作及实验报告	20	以小组为单位,完成 Matlab 仿真任务,提交包含仿真设置、结果图表、数据分析与结论反思的完整报告。	M1, M2(核心),M3,M4
期末考试	50	闭卷考试,涵盖基本概念、物理原理、器件特性分析及简单的综合应用题	M1,M2,M4

3.4 目标达成度分析与持续改进——形成闭环反馈机制

课程教学周期的结束,意味着 OBE 最关键环节——达成度分析与持续改进的开始。

3.4.1 课程目标达成度计算

(1) 定量分析: 收集各考核环节的原始分数数据。首先,确定每个课程目标的达成度期望值 (本课程设定为 0.70)。然后,针对每个课程目标,计算其在不同考核环节中的贡献值。以 M2 (能力目标) 为例,其核心支撑环节“建模仿真操作及实验报告”的权重为 20%。假设该环节全班平均分为 85 分,

则 M2 在此环节的达成度贡献值为 $(85/100) \times 0.20 = 0.17$ 。将此目标在所有支撑环节（如课堂表现也可能部分支撑 M2）的贡献值累加，即得到 M2 的总体定量达成度。将此数值与期望值 0.70 比较，即可量化其达成情况。

（2）定性分析：通过课程结束时发放的学生满意度问卷、专题师生座谈会、以及对学生实验报告中的反思总结进行文本分析，收集学生关于各课程目标达成情况的自我评价、学习体验与改进建议。

3.4.2 教学反思与持续改进

基于定量与定性的综合分析结果，教师团队撰写详尽的《课程目标达成度分析报告》。报告不仅呈现数据，更致力于诊断问题的根源。针对诊断出的问题，制定具体、可操作的改进措施。将这些改进措施正式写入下一轮课程的教学方案、课件与实验指导书中，从而完成“评价-反馈-改进”的闭环，确保课程教学质量的逐年上升。

4 课程思政与科技前沿的有机融合与实践

为全面落实立德树人的根本任务，并积极回应国家在半导体这一战略性新兴产业对高素质人才的迫切需求，本方案在专业教学框架内，系统化地融入了课程思政元素与科技前沿内容。首先采用案例教学与隐形渗透法，采用课前推送背景资料--课中分析案例中的技术挑战与家国情怀--课后反撰写学习心得的混合式教学模式，将优秀案例自然嵌入知识讲解和项目任务中，实现润物细无声的育人效果。其次，产教融合与实景课堂，邀请来自海信、歌尔微电子等企业的资深工程师开设讲座，分享其应对“卡脖子”技术难题的真实经历与感悟。在讲解芯片制

造工艺时，播放芯片产线的实景纪录片，将遥远的半导体工厂变为生动的思政教育与前沿技术课堂。

5 改革实施成效

通过本改革方案的全面与深入实施，在多个层面取得显著成效。对学生而言：学习目标变得清晰，学习过程变为在明确目标指引下的主动探究、团队协作与项目实践。其解决复杂工程问题所需的建模分析能力、创新思维与职业素养得到系统性锤炼与提升。对教师而言：基于达成度分析的学情诊断使教学反思更加精准，教学策略的调整更加科学，从而有效推动教师教学水平的持续提高。对课程本身而言：最终将打造成为一门与大纲深度融合、目标清晰、内容前沿、方法科学、评价合理且具备自我进化能力的“金课”。其成功的建设经验、完整的实施方案以及持续的改进机制，对专业内的其他核心课程乃至校内外同类课程，都将产生积极的示范效应。

6 结语

本文阐述了基于 OBE 理念的《半导体物理与器件》课程教学改革实践方案。该方案不仅深刻体现了 OBE 理念以学生为中心、以成果为导向、持续改进的核心思想。通过精细化的设计，实现了 OBE 理念与课程既定教学目标、模块化教学内容、多元化考核体系以及制度化教学管理的有机融合，确保了改革方案的可操作性及与现有教学体系的兼容性。初步的教学实践表明，该模式能有效激发学生的学习内驱力与主体意识。本课程的探索与实践，为基础课程如何将先进教育理念与具体的教学目标和要求紧密结合，提供了一条目标明确、路径清晰的实践方法。

参考文献：

- [1] 闫丽娟等.“半导体物理与器件”课程教学改革与探索[J].教育现代化,2019,6(31):80-81.
- [2] 吕淑媛,刘崇琪,李晓莉,等.以学生为中心,提升课程质量的教学改革初探——以《半导体物理与器件》课程为例[J].高教学刊,2020,(21):143-146.
- [3] 王振华,孙伟,杨志韬.半导体物理课程思政教学案例实践路径研究[J].高教学刊,2025,11(17):193-196.
- [4] 聂志红,楼宇丽,和丽芳,等.基于新工科人才培养理念的大学物理教学改革与实践[J].大学教育,2025,(18):45-49.
- [5] 祝宇红,陈斌,王蕾.基于 OBE 理念以渗透项目学习为策略的课程改革研究——以基础物理学 II 为例[J].高教学刊,2025,11(26):141-144.
- [6] 杨洁.面向产业发展的半导体物理教学改革探索[J].大学,2024,(35):155-158.
- [7] 李严,殷树娟,李涵,等.半导体物理课程的 OBE 混合式教学实践[J].集成电路应用,2024,41(05):76-77.