

面向应用型高校的 AI+ 半导体物理课程教学研究

宋康

芜湖学院, 安徽 芜湖 241008

DOI: 10.61369/SDME.2026060032

摘 要 : 为适配集成电路产业人才需求, 破解传统半导体物理课程困境, 本文针对应用型高校特点开展 “AI+ 半导体物理” 课程教学研究。研究引入 AI 技术, 构建 “三维融合” 教学内容体系, 实施个性化教学与动态评测, 形成 “诊断 – 干预 – 闭环” 教学机制。结合应用型高校的培养目标, 优化教学文件, 依托学科竞赛检验成效, 有效提升课程教学质量与学生综合素养。研究成果可为应用型高校半导体物理课程教学改革提供参考, 助力培养高素质半导体技术人才。

关 键 词 : AI+ 半导体物理; 应用型高校; 教学改革; 个性化教学; 半导体人才培养

Research on AI+Semiconductor Physics Course Teaching for Applied Universities

Song Kang

Wuhu University, Wuhu, Anhui 241008

Abstract : To adapt to the talent demand of the integrated circuit industry and solve the predicament of traditional semiconductor physics courses, this paper carries out the teaching research of "AI + Semiconductor Physics" course according to the characteristics of application-oriented universities. The research introduces AI technology, constructs a "three-dimensional integration" teaching content system, implements personalized teaching and dynamic evaluation, and forms a "diagnosis-intervention-closed loop" teaching mechanism. Combined with the training objectives of application-oriented universities, the teaching documents are optimized, and the teaching effect is tested by relying on discipline competitions, which effectively improves the teaching quality of the course and the comprehensive quality of students. The research results can provide a reference for the teaching reform of semiconductor physics courses in application-oriented universities and help cultivate high-quality semiconductor technology talents.

Keywords : AI + Semiconductor Physics; application-oriented universities; teaching reform; personalized teaching; semiconductor talent training

引言

随着中国集成电路产业市场规模扩大, 行业对专业人才需求显著增加, 尤其在芯片设计、验证、制造和测试等关键环节。中国半导体协会预测, 到2024年全国集成电路全行业人才需求将达79.8万, 其中人才缺口为23万人, 该缺口将成为短期内制约中国集成电路产业发展的关键瓶颈^[1]。行业对人才能力需求多维化, 需要技术复合型、具工程闭环能力、跨学科适配的应用型人才, 如掌握 EDA 工具等多技术, 具备设计到测试全流程实践能力, 融合汽车电子等领域的机械、通信等知识^[2]。近年来, “新工科” 专业建设推进, 中国集成电路人才培育从 “规模扩张” 转向 “能力重构”, 需以 “新工科” 撬动课程体系、产教协同、评价机制改革, 实现 “人才供给侧” 与 “产业需求侧” 全要素匹配^[3]。本文结合产业需求, 从课程定位剖析、传统教学困境、课程建设内容及成果等方面, 介绍 “AI+ 半导体物理” 课程建设, 为半导体物理课程教学改革提供参考, 培养符合国家需求的半导体技术人才。

一、课程定位剖析

半导体物理是微电子科学与工程、集成电路设计与集成系统等专业的专业必修课, 在集成电路应用型人才培养中具理论锚点、实践枢纽、创新引擎三重核心价值。它是连接基础科学与芯片工程的核心纽带, 课程系统阐释晶体结构、能带理论、载流子

输运等基础理论, 为理解器件行为提供物理模型^[4]。同时, 它是贯穿工艺技术与产业需求的桥梁, 芯片制造核心工艺以其为理论基础, EDA 工具器件模型基于其方程构建, 学生掌握物理参数与电路性能映射关系才能优化芯片设计。此外, 它是驱动新材料与新架构突破的引擎, 宽禁带半导体材料应用广泛, 其特性源于物理本质, 课程相关理论是开发高压 IGBT 模块的核心知识^[5]。

基金项目: 芜湖学院教学质量工程项目 (WHKJS-202507)。

二、半导体物理传统教学的困境

（一）教学内容时效性与实用性不足

半导体物理领域发展迅速，科研成果和行业应用不断更新。然而，传统教学内容往往更新滞后，难以将最新的半导体技术进展及时融入课程，导致学生所学知识与实际行业发展脱节^[6]。例如，安徽师范大学皖江学院《半导体物理》课程大纲中仍以硅基半导体为核心，而产业已广泛应用 GaN 在快充、5G 基站等领域。学生学到的载流子输运模型仅适用于传统硅材料，无法解释宽禁带半导体的高击穿电场特性，这导致学生进入企业后需重新学习新材料知识，培养周期延长^[7]。传统课程重点讲解 PN 结、双极晶体管等基础器件，但当前产业更关注 FinFET、GAA 晶体管等先进结构。

（二）教学方法单一，个性化教学缺乏

传统教学多以教师讲授为主，教学方法相对单一，难以充分调动学生的学习积极性和主动性。同时，由于学生个体差异较大，在学习能力、兴趣点等方面存在不同，传统教学无法针对每个学生的特点进行个性化教学，导致部分学生学习效果不佳，解决复杂工程问题的能力得不到有效提升^[8]。例如，在能带理论教学中，教师统一采用薛定谔方程推导能级分裂。部分数学基础弱的学生因公式推导卡壳，逐渐失去兴趣；而学有余力的学生则抱怨“推导重复，更想探讨能带工程在量子阱器件中的应用”。这种无视学生认知差异的“一刀切”讲授使得传统教学节奏僵化，无法兼顾不同基础的学生。

（三）教学评测手段有限

传统教学评测主要依靠期末考试等阶段性评价方式，评测手段单一，难以全面、动态地评估学生的学习过程和知识掌握情况。例如，期末考试仅要求学生计算掺杂半导体的载流子浓度或绘制 PN 结能带图，题型固定为公式套用类题目。学生通过死记硬背即可得分，但无法体现对物理机制的理解深度。

（四）实践与理论结合不紧密

在半导体物理传统教学中实验实训环节相对薄弱，实践项目有限，且多以实物操作为主，受时间和空间限制较大。同时，教学中缺乏对行业实际案例的引入和分析，导致学生难以将理论知识应用到实际工程问题中，实践能力培养不足^[9]。虚拟仿真技术的应用可有效解决传统实验“看不见、做不了、做不起、等不及”的突出问题，这已成为半导体物理实践教学改革的重要方向^[10]。例如，教材仅讲解硅材料中硼 / 磷杂质的经典掺杂原理，未涉及第三代半导体（如 GaN、SiC）的掺杂挑战（如高激活能杂质选择）。学生虽掌握公式推导，却不知“为何企业研发 GaN 功率器件时需采用脉冲激光掺杂技术”。

三、课程建设内容

（一）AI 助力重塑课程内容体系

首先，要整合优化核心知识，基于半导体物理的最新科研成果与行业应用趋势，对原有课程内容进行筛选与更新。根据芜湖学院培养高素质应用型人才的总目标，对原课程体系中的部分理

论计算内容做了轻量化处理。例如，在晶体结构与能带部分，简化了关于电子波函数的薛定谔方程的求解，保留求解的结论和薛定谔方程的意义。在载流子的统计分布部分，简化了非简并和简并半导体的载流子浓度的完整积分求解，保留非简并半导体利用玻尔兹曼近似计算载流子浓度的结论。

为确保理论知识的时效性与实用性，我们将二维材料、柔性电子、量子计算等前沿领域知识有机融入到半导体物理的核心教学内容中。在融入前沿内容时，坚持不搞理论堆砌，不增加复杂推导，用“对比 + 类比 + 应用场景”的方式，把前沿知识锚定在已有的知识点上，做到课上能讲，学生能懂，和就业、竞赛、考研接轨。例如，在晶体结构和能带理论部分，可通过与已学的硅材料对比，自然接入二维材料前沿内容。传统硅是传统硅是三维共价键强连接，很难剥离成单原子层，而石墨烯、MoS₂等是层内强共价键、层间弱范德华力，可以撕成单原子层，这就是二维半导体。再通过比较二维材料与硅的能带特点，延伸到二维材料在柔性晶体管、光电探测器中应用。这种有机融入的模式既让学生理解了传统半导体与前沿材料、先进器件的内在联系，也没有增加学生的学习负担，很好地适应了集成电路、微纳器件、柔性电子等产业发展对应用型人才的知识需求。

其次，要强化实践与案例分析，增加实验实训环节，设计基于虚拟仿真和实物操作的实验项目。例如，利用虚拟仿真平台开展能带与载流子统计模拟实验，让学生在亲手调节温度、掺杂浓度等参数中得到掺杂决定导电类型，温度决定电离程度的结论。基于半导体器件测试平台开展二极管伏安特性测量，让学生从对比硅二极管、LED、肖特基二极管的特性差异中，掌握判断器件好坏、击穿电压、漏电流大小的方法。

（二）AI 辅助个性化教学

利用 AI 助力教师高效智能备课。依据教学大纲和教师需求开发 AI 助教，自动推荐教学资源、设计教学活动，减轻备课负担。如梳理“载流子输运”章节时，AI 助教自动提炼核心知识点与重难点，结合应用型本科培养目标生成备课提纲，筛选适配例题，避免手动筛选习题；融入前沿知识时，自动搜集二维材料与传统硅材料载流子输运特性对比资料，提炼核心差异，整理成可插入课件的文字和示意图，节省教师查阅文献、整理素材的时间。

利用 AI 为三类学生规划个性化学习路径。第一类是基础薄弱型学生，痛点是怕公式、记不住概念，可利用 AI 针对性降维讲解、重复答疑，如用“生活类比 + 图示描述”讲解能带等概念，生成简单题巩固知识。第二类是中等应用型学生，痛点是懂概念但不会做题和联系器件，可利用 AI 做题型训练和工程化解释，如让 AI 讲解解题思路引导自主解题，将知识点映射到具体器件，加深工程化认识。第三类是拔尖拓展型学生，渴望前沿知识，可利用 AI 做前沿导读，如让 AI 整理 MOS₂晶体管和传统硅 MOS 管区别与应用的综述供学生拓展学习。

利用 AI 打造全环节智慧教学。课前，布置 AI 个性化预习，如老师给出 3 个核心问题，让学生用 AI 生成预习笔记。课中，借助 AI 助教实时解答学生简单疑问，如费米能级为何代表电子填充水平，让老师专注讲解重难点及应用拓展知识。课后，利用 AI 分

层布置作业，基础层以判断题、简单选择题为主；进阶层以公式应用题为主，如器件 IV 曲线、载流子浓度计算等；拓展层以器件分析、前沿小阅读为主，题目更开放，培养学生思维拓展能力。学生可让 AI 根据正确率自动调整难度，实现个性化作业。

科学利用 AI 辅助评价，对学生进行过程性个性化评分。在批改作业的过程中，可以让 AI 自动批改选择、判断、填空等客观题，而对主观题做“要点评分”。例如，让 AI 按物理概念、公式应用和工程意义三个要点评分，并给出改进建议。授课教师只看 AI 汇总的薄弱知识点，集中补讲共性问题。这样既让每位学生的作业问题得到及时解决，又让老师将难点问题精准把握，是学习效率 and 教学效率的双向奔赴。

（三）AI 保障动态学情分析

为了实现科学高效的个性化教学，就必须要有动态的学情分析，而 AI 技术的大数据分析功能恰恰能为此提供保障。利用 AI 完成数据采集、判断画像、分层干预、效果闭环，重点抓学生概念混淆、公式不会用、实验与理论脱节等关键问题。

在数据采集环节，AI 分析的学情数据可以来源于课前预习、课后作业、课堂问答、虚拟仿真及实验记录。当然，需要老师提前用 AI 自动让题目标签化，把每道题用 AI 打上知识点标签，如载流子浓度、费米能级位置、势垒电容等。建好标签库后，学生每错一题，AI 就知道弱在哪个知识点。

在判断画像环节，AI 可以根据自动批改的作业和知识点错误情况的统计数据，对每个学生输出统一格式的简短画像。例如，某学生优势知识点为载流子浓度计算，薄弱知识点为 MOS C-V 特性物理意义，能力类型为中等应用型，推荐任务为结合具体器件练习公式应用。

在分层干预环节，AI 把学生学习过程中的零散信息自动汇总、标签化、给出诊断，并输出班级整体的学情报告，授课教师可根据报告中的高频易错点、三类分层学生人数等信息，动态调整授课方式，例如一些内容要重讲、放慢节奏，或是要增加例题等。

在效果闭环环节，可以通过一节课实现 AI 学情分析的最小闭环，也可以放宽到一个模块、一个章节。以一节课为例，授课教师可以在课程结束前 5 分钟对本堂课的内容进行小测，题型以选择题、填空题、简答题为主，让学生完成后手机拍照或上传文本给 AI 评分，AI 会输出学生个人的薄弱点和整个班级的易错点，老师在下节课开头 3 分钟做针对性补讲，课后 AI 再推送个性化补练题给学生。

四、课程建设成果

（一）线上课程平台的成功应用

在建设期内，课程基于学习通平台开设了 2 个教学周期，实现了课程的远程访问与自主学习。学生可以通过学习通平台随时随地获取课程资源，包括优质课件、线上习题及解析、权威文献资料等，提高了学习的便利性和灵活性。同时，课程社区的建立鼓励学生之间的交流和互动，社区内设有问答板块、讨论区等功能，方便学生随时提问、分享学习心得和解决问题，营造了良好的学习氛围。

（二）学科竞赛斩获佳绩

经过教学实践检验，该 AI+ 半导体物理教学模式取得了显著的教学成效，学生对半导体物理核心知识点的理解度、公式应用能力及实验操作水平均得到大幅提升，创新实践素养也得到有效培育。在全国大学生集成电路创新创业大赛职业技能赛项中，多名学生凭借扎实的专业功底、较强的实践操作能力和创新意识脱颖而出，成功斩获全国一等奖、二等奖等优异成绩，充分彰显了该教学模式在应用型人才培养中的突出作用，实现了“以教促学、以赛促练”的育人目标。

（三）教学文件的优化与完善

对半导体物理的若干教学文件进行了优化与完善，包括课程大纲、教案、习题集等。新的教学文件更加注重教学内容的时效性和实用性，融入了 AI 技术的教学理念和方法，明确了各章节的教学目标、教学内容与教学方法，为课程的教学实施提供了更加科学、规范的指导。

五、总结

面向应用型高校的“AI+ 半导体物理”课程教学研究，通过引入 AI 技术，有效解决了传统教学模式面临的困境，提升了教学内容的时效性和实用性，实现了个性化教学，优化了教学评测手段，强化了实践与理论相结合。课程建设取得了一系列成果，包括线上课程平台的成功应用、学科竞赛斩获佳绩、教学文件的优化完善等。未来，应继续深化 AI 技术在半导体物理课程教学中的应用，不断探索创新教学模式和方法，为培养更多高素质的半导体技术人才做出更大贡献。

参考文献

- [1] 邓子立. 我国集成电路产业人才发展现状、问题及建议 [J]. 中国人事科学, 2021, (07): 66-73.
- [2] 管开轩, 余江, 周建中. 高水平科技自立自强下我国集成电路人才培养“痛点”与对策 [J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(2): 324-332.
- [3] 张杰, 范瑜. 《半导体器件与集成电路设计基础》课程实践教学改革——场效应管中 Si 纳米线湿法腐蚀 [J]. 广州化工, 2025, 53(01): 208-211.
- [4] 刘恩科, 朱秉升, 罗晋生. 半导体物理学 (第 8 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2022.
- [5] 许俊芬. 新能源汽车电驱动系统精益质量管控体系构建研究 [J]. 汽车测试报告, 2025, (08): 16-18.
- [6] 华杰, 汪津, 冯博. 新工科背景下半导体物理课程教学改革 [J]. 高师理科学刊, 2024, 44(07): 103-106.
- [7] 罗伟. 人工智能赋能的集成电路现场工程师模块化课程构建与产教融合保障机制研究 [J]. 中国集成电路, 2025, 34(12): 32-37.
- [8] 王治国, 张胜国, 宋见喜, 李传鹏. 基于半导体物理的硅材料技术课程教学改革探索 [J]. 大学物理实验, 2023, 36(04): 112-114.
- [9] 冉晨鑫, 周一鹏, 吴志彬. “双碳”导向的半导体物理学课程的 SMART 教学改革 [J]. 中国多媒体与网络教学学报 (上旬刊), 2025, (06): 37-40.
- [10] 彭万里. OBE 理念在半导体物理与器件课程教学中的探索与应用 [J]. 科技视界, 2025, 15(32): 125-128.