

生成式人工智能在半导体器件物理教学中的应用

赵仕龙 周月霞

佛山大学

DOI:10.12238/mef.v8i16.16702

[摘要] 生成式人工智能(AI)技术的快速发展,正在重塑高等教育的教学范式。半导体器件物理作为电子信息类专业的核心课程,涉及量子物理、固体电子学及器件结构分析等复杂知识点,学生普遍存在抽象理解难、实验模拟难、创新设计难等问题。本文探讨生成式人工智能在半导体器件物理教学中的应用路径与教学模式创新。通过对生成式AI在知识生成、教学资源构建、实验仿真和个性化学习中的作用进行分析,构建“AI助教+虚拟实验+智能评测”的教学体系,旨在提升学生的学习兴趣、理解深度与科研创新能力。研究表明,生成式AI可在提升教学效率、优化知识结构认知、促进学生主动学习方面发挥显著作用,为高校理工科课程改革提供可行的技术支撑与创新方向。

[关键词] 生成式人工智能; 半导体器件物理; 高校教学; 虚拟仿真; 智能教育

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A

Application of Generative Artificial Intelligence in Semiconductor Device Physics Teaching

Shilong Zhao Yuexia Zhou

Foshan University

[Abstract] With the rapid development of generative artificial intelligence (AI) technology, its applications in higher education have become increasingly prominent. Physics of semiconductor devices, a core course in electronic information disciplines, involves complex concepts such as quantum physics, solid-state electronics, and device structure analysis. Students often face difficulties in intuitive comprehension, experimental simulation, and innovative design. This paper explores generative AI's integration pathways and novel teaching modes for this course. By analyzing its roles in knowledge generation, teaching resource development, experimental simulation, and personalized learning. We propose an integrated teaching framework of “AI Teaching Assistant + Virtual Experiment + Intelligent Assessment”. The framework aims to enhance students' learning motivation, conceptual understanding, and research creativity. Results show that generative AI can significantly improve teaching efficiency, optimize cognitive structures, and promote active learning, providing technological support and innovative directions for reforming science and engineering educations in universities.

[Key words] Generative Artificial Intelligence; Semiconductor Device Physics; Higher Education Teaching; Virtual Simulation; Intelligent Education

引言

在新一轮科技革命与教育数字化转型的背景下,生成式人工智能(AI)正以前所未有的速度进入高校课堂。ChatGPT、Copilot、Claude、Grok等AI工具不仅改变了知识的获取方式,也对教学内容、教学方法和师生关系产生了深刻影响。教育部《高等教育数字化战略行动》指出,要充分发挥人工智能在教育中的创新引擎作用,推动教学模式从“以教为中心”向“以学为中心”转变。

半导体器件物理是电子信息、材料科学、微电子、集成电路设计等专业的重要基础课程。其内容涵盖晶体结构、能带理

论、载流子运输机制、PN结特性、晶体管工作原理等多维知识,理论性强、抽象程度高,物理模型难以直观理解。传统教学方式以教师讲授为主,学生的学习多为被动接受,往往在学习过程中缺乏感性认知和主动探索动力。

生成式人工智能以大语言模型、图像生成模型及多模态融合技术为核心,能够在文本生成、模型构建、实验模拟和交互反馈等方面提供支持。其特征在于“内容生成—智能理解—持续优化”的动态学习机制,使教学过程更加个性化、互动化和智能化。将生成式AI引入半导体器件物理教学,有助于构建“人机协同”的新型教学模式,推动课程从“知识传授型”向“智能生成型”转变。

1 生成式人工智能技术的核心机制及其在教育中的应用价值

1.1 生成式人工智能的核心机制

生成式AI通过深度神经网络对大量语料或数据进行学习,从而具备自主生成文本、图像、代码、公式甚至仿真模型的能力。其典型代表包括OpenAI的GPT系列、Stable Diffusion图像生成模型和Google的Gemini多模态系统。这些模型可基于指令生成可解释性较强的知识内容,并具备一定逻辑推理与创意表达能力。

1.2 在教育中的应用价值

在高等教育教学场景中,生成式人工智能具有显著的应用潜力与价值。其主要功能包括智能内容生成、个性化学习支持与教师教学辅助三个方面^[1]。超星学习通推出了AI工作台,包括AI助教、AI应用和AI智能体等应用模块,通过引入生成式AI,提升了该平台智能内容生成的能力。AI可自动生成教学案例、图像示意及实验步骤,丰富教学素材、降低教师备课负担;在个性化学习支持方面,AI可根据学生的知识水平与学习轨迹,动态生成专属学习路径与习题,实现因材施教;在教师教学辅助层面,生成式AI可参与教学方案设计、作业批改与反馈生成,提升教学效率与精准度。总体而言,这些功能显著增强了教学资源的动态性与互动性,为理工科课程(如半导体器件物理)的教学,提供了更加智能化、个性化与高效的教学新范式。

2 生成式人工智能在半导体器件物理教学中的应用路径

2.1 AI辅助知识可视化

半导体器件物理中的能带结构、载流子迁移与电流-电压特性等内容,学生常因抽象公式而难以直观理解。生成式AI可基于输入的数学模型自动生成能带分布图、载流子浓度分布曲线或晶体缺陷三维模型,实现知识的多模态可视化。例如,教师输入“硅PN结在反向偏置下的能带图”,AI可自动绘制示意图,并生成解释性文本。这一方式提升了学生的空间认知能力,帮助其建立从理论到图像的思维联结。

2.2 AI驱动的教学可视化和仿真支持

半导体器件实验需要高精度设备与复杂操作,传统实验受限于仪器数量、操作难度与成本。基于生成式AI的虚拟仿真系统可以构建“AI实验助手”,通过自然语言交互指导学生进行实验参数设定、曲线拟合与误差分析。例如,学生可输入“模拟MOSFET的转移特性曲线”,系统自动生成I-V曲线并解释阈值电压变化机理,从而实现虚拟与现实实验的融合。

2.3 教学内容生成与个性化辅导

生成式AI可根据课程进度与学生掌握情况,自动生成不同难度的练习题与解析,构建“因材施教”的个性化学习系统。对于难点内容如“载流子复合与产生机制”,AI可生成多层次的类比讲解与交互式问答,帮助学生实现从被动接受到主动探究的转变。

2.4 AI驱动的教学反馈与评测

生成式AI可对学生课堂表现、作业结果及实验报告进行语义分析,自动识别理解偏差并提供针对性反馈^[2]。结合自然语言处理技术,AI还能生成学习总结报告,量化学生在知识结构、实验思维及创新能力方面的成长轨迹,实现教学效果的动态评估。

3 生成式人工智能助力教学改革的实践模式

3.1 “AI助教+虚拟实验+智能评测”体系构建

通过将生成式人工智能与虚拟仿真平台及学习管理系统深度融合,可构建起覆盖教学全过程的智能化闭环体系。在这一体系中,AI助教通过嵌入对话式智能引擎,能够实时响应学生提问、提供学习指导与概念解析,促进学习互动与即时反馈;虚拟实验模块依托AI生成仿真模型,使学生能够在数字环境中自主完成实验设计、参数设定与结果分析,突破传统实验条件的限制;智能评测环节则利用AI算法对实验数据、报告内容及学习行为进行综合分析,自动生成针对性的改进建议和个性化学习路径。该体系的建立实现了教学资源的动态数字化、学习过程的个性化与管理手段的智能化,不仅提升了教学效率,也为半导体器件物理课程构建“以学生为中心”的智能教学模式提供了可行方案^[3]。

3.2 教学案例示例

在“PN结的形成与电势分布”教学单元中,教师设计了一个多轮交互式学习流程,引导学生使用ChatGPT作为辅助工具。首先,教师提供初始提示:“请生成一段解释PN结空间电荷区形成原理的通俗讲解,并生成对应的能带示意图。”AI生成的内容包括生动比喻(如电子和空穴的“移民交换”)以及可视化能带图,展示了费米能级对齐、势垒形成和内建电场分布。

随后,学生分组进行交互:第一轮,学生基于AI输出提出问题,如“空间电荷区宽度受哪些因素影响?”AI响应结合数学表达式,例如宽度 $w = \sqrt{\frac{2\epsilon_s(V_{bi} - V_a)}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)}$,并解释掺杂浓度 N_A 和

N_D 、内置电势 V_{bi} 的影响。第二轮,学生模拟不同掺杂水平的场景,AI生成自定义能带图和电势曲线,帮助学生可视化变化。第三轮,学生通过AI验证假设,如“如果N区掺杂增加,势垒高度如何变化?”并讨论结果。

实践结果显示,在一个包含56名本科生的班级中,使用AI的学生在课堂测验中对势垒形成机理的正确理解率从传统教学的62.5%提升至85.7%,提升了约20%。此外,课堂讨论活跃度也有一定幅度的提高。

4 实施过程中面临的挑战与对策

在生成式AI融入半导体器件物理教学的过程中,仍面临多方面的现实挑战,需要从数据安全、教师角色、内容可靠性及教育伦理等角度进行系统应对。首先,数据与模型安全问题是关键。教学数据中包含学生学习轨迹、实验记录及科研资料,若管理不当可能导致隐私泄露或科研成果外泄。高校应建立严格的数据分类与访问权限制度,采用加密传输与分级存储机制,确保

数据在采集、使用与共享过程中的安全可控。其次,教师角色转变是AI教学顺利实施的前提。教师需从单纯的知识传授者转变为学习引导者与AI系统管理者,重点培养自身的人工智能素养与数据思维能力,通过持续培训与教学实践,提升对AI工具的理解与应用水平。第三,生成内容的可靠性亟需保障。由于生成式AI可能出现“幻觉”或逻辑偏差,教师和科研人员必须对AI生成的物理模型、仿真图像及计算结果进行人工复核,建立验证机制,防止错误信息影响教学质量。最后,教育伦理与评估体系的建设同样重要。高校应制定AI辅助教学的标准化评估体系,明确AI使用范围与责任界限,确保教学过程公开、公平且符合教育伦理要求。通过上述对策的落实,可在充分发挥AI技术优势的同时,有效规避潜在风险,推动生成式人工智能在半导体器件物理教学中的稳健发展与规范应用。

5 结语

生成式AI的引入为半导体器件物理教学注入了新的活力与创新动力。其在知识可视化、实验仿真、个性化学习与智能评测等方面的应用,有效突破了传统教学在抽象性与实验条件受限等方面的瓶颈,促进了学生的深度理解与科研能力的培养。未来,高校应进一步探索“AI+物理教学”的融合机制,完善智能化教学平台功能,构建多维度评价体系,推动教学模式由“AI辅助”向“AI赋能”转型^[4]。生成式人工智能不仅是一种技术工具,更是促进理工科教育范式变革的重要引擎,其在半导体器件物理乃至更广泛的工程教育领域,必将展现持久而深远的教

育价值。

[基金项目]

广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目“程序设计与算法课程群教研室”(粤教高函[2023]4号)、“四新”驱动下地方高校电子专业双创人才培养模式探索与实践研究”(粤教高函[2024]30号);广东省研究生教育创新计划项目“软件工程领域专业型硕士研究生创新能力培养模式探索”(粤教研函[2023]3号)。

[参考文献]

[1]周瑜,张其亮,王丽敏.生成式人工智能在PBL实践教学中的应用[J].实验室研究与探索,2025,44(08):166-172.

[2]陈水平,曾荣芳,陈菊花.生成式人工智能在学科教学中的创新应用与实施策略[J].西部素质教育,2025,11(14):153-157.

[3]孙向南.生成式人工智能在高职教学中的应用研究[J].辽宁师专学报(社会科学版),2025,27(03):73-75.

[4]马海霞,顾晓蓉,杨玉娥,等.生成式人工智能在大学物理可视化教学中的探索与应用[J].物理与工程,2025,35(3):161-165.

作者简介:

赵仕龙(1988--),男,汉族,湖北襄阳人,毕业于清华大学,数据科学和信息技术专业,博士研究生,现就职于佛山大学,讲师职称,研究方向:低维电子器件。

周月霞(1978--),女,汉族,湖北省监利市人,硕士研究生,讲师,佛山大学,研究方向:信息采集与处理,图像处理。