

# 浅谈面向材料科学与工程专业的《半导体材料与器件》课程教学改革

黄浩<sup>1</sup> 刘丽婷<sup>2</sup> 邹炳锁<sup>1</sup>

1 广西大学 资源环境与材料学院 2 广西大学 物理科学与工程技术学院

DOI:10.12238/jief.v7i6.15005

**[摘要]** 近年来,半导体行业已然成为全球主要国家竞相争夺的战略高地。为适应新时期国家战略性新兴产业的需要,培养服务于战略性新兴产业发展的研究型、应用型人才,我校在材料科学与工程专业的本科培养方案中增设了《半导体材料与器件》课程,旨在增强学生对半导体行业的了解,完善学生关于半导体材料与相关器件的基础理论和应用知识。本文针对在教学过程中发现的学生基础知识储备不足、学习积极性不高和技术迭代迅速等问题,以夯实学生基础,提升学习兴趣和紧跟技术发展为目标,探讨《半导体材料与器件》课程改革的策略。

**[关键词]** 半导体材料与器件; 材料学科; 产业需求; 改革策略

**中图分类号:** F121.3 **文献标识码:** A

## A Preliminary Discussion on the Teaching Reform of the Course "Semiconductor Materials and Devices" for Materials Science and Engineering Majors

Hao Huang<sup>1</sup> Liting Liu<sup>2</sup> Bingsuo Zou<sup>1</sup>

1 School of Resources, Environment and Materials, Guangxi University

2 School of Physics Science and Technology, Guangxi University

**[Abstract]** In recent years, the semiconductor industry has become a strategic high ground fiercely contested by major countries worldwide. To meet the demands of China's strategic emerging industries, Guangxi University has introduced the course "Semiconductor Materials and Devices" into the undergraduate curriculum of its Materials Science and Engineering program. This course aims to enhance students' understanding of the semiconductor industry and strengthen their foundational knowledge of semiconductor materials and related devices. However, challenges such as insufficient prior knowledge, low learning motivation, and rapid technological iteration have been observed in the teaching process. To address these issues, this paper proposes reform strategies focused on three objectives: reinforcing students' foundational knowledge, stimulating their interest in learning, and keeping pace with technological advancements. By integrating industry trends, optimizing teaching methods, and incorporating practical case studies, the reform seeks to cultivate research-oriented and applied talents who can contribute to the development of strategic emerging industries.

**[Key words]** Semiconductor materials and devices; Materials science; Industrial demands; Reform strategies

在中美贸易战背景下,美国通过出口管制、技术封锁等手段对我国半导体产业实施全方位压制,其中芯片制造领域成为重灾区。核心矛盾在于我国在半导体材料、制造工艺等关键环节仍存在技术短板,导致集成电路产业链面临“卡脖子”困境。据《2025中国集成电路产业人才发展报告》显示,我国集成电路人才缺口仍超23万,其中制造环节占比超60%,凸显出材料科学与工程领域人才培养的战略价值<sup>[1]</sup>。《半导体材料与器件》作为连

接材料科学与集成电路制造的核心课程,其教学质量直接影响着我国半导体产业的自主创新能力。广西大学作为国家“双一流”建设高校,始终秉持“勤恳朴诚,厚学致新”的校训精神,在半导体人才培养领域持续发力。《半导体材料与器件》作为从事半导体集成电路相关领域所必须修读的核心课程,是相关从业人员必备的理论和实验基础课程,在人才培养上有重要的意义;特别对于集成电路设计已经处于世界一流水平而受限于材

料、工艺等制造难题的我国而言,针对性培养具有半导体材料背景的从业人员尤为重要。因此,探讨当前教学中存在的问题,改革教学过程中的方式方法对促进人才的培养和集成电路产业的发展有重要的意义。通过深化课程改革,不仅能夯实学生“勤恳朴诚”的科研根基,更能激发“厚学致新”的创新潜能,为突破半导体产业“卡脖子”技术培养兼具理论深度与实践能力的复合型人才。

## 1 半导体材料与器件教学中存在的问题

### 1.1 学生基础知识储备不足,学习积极性不高

《半导体材料与器件》课程通常在大三学期开设,其内容涵盖载流子输运、晶体结构、缺陷态等复杂物理概念,需要学生具备《大学物理》、《固体物理》、《量子力学》以及《热力学及统计物理》等多门先修课程的基础知识<sup>[2]</sup>。然而,材料科学与工程专业学生并未系统学习物理类相关课程,通常将后续设计的物理学基础内容融入到《材料科学基础》课程中进行讲授,而该课程一直是本科教学中的难点,抽象性强、公式推导繁琐,导致学习兴趣不足。此外,各学校由于培养方案的差异,对于教材内容重点讲解的部分存在一定差异。因此,在针对材料科学与工程专业学生开展《半导体材料与器件》教学时,学生基础知识储备不足,导致知识点难以理解衔接,导致学生课程开始时即产生厌学心理,学习积极性较差。因此,对于学生基础薄弱的问题,进一步优化课程衔接机制,解决与先导课程的知识点衔接问题是非常必要的。

### 1.2 教材更新跟不上技术发展的速度

半导体工业自晶体管时代以来,始终遵循“摩尔定律”推动信息社会的演进,其间涌现出应变硅、高k金属栅、绝缘层上硅、鳍式晶体管(FinFET)等一系列工艺革新。以运算器件为例,场效应晶体管(FET)的特征尺寸不断缩小,从早期的微米级发展到如今的3 nm甚至更小,同时引入了三维晶体管结构(如GAA纳米片器件)以克服短沟道效应;在存储器领域,动态随机存取存储器(DRAM)和闪存(NAND)的架构也经历了从平面到堆叠的多次迭代。此外,平板显示行业中的薄膜晶体管(TFT)和高功率领域的高电子迁移率晶体管(HEMT)等新兴器件,均对材料、工艺和设计提出了更高要求<sup>[3]</sup>。然而,当前《半导体材料与器件》课程教材内容普遍滞后于产业实际,多数教材仍以基础PN结、双极型晶体管(BJT)等传统器件为核心案例,缺乏对FinFET、GAA纳米片、3D NAND等前沿技术的系统性介绍。此外,受限于课时分配,教师难以在有限时间内兼顾基础理论与产业动态,导致学生对技术发展脉络缺乏整体认知,从而使得学生掌握的理论知识与现实工业发展需求脱节<sup>[4]</sup>。

### 1.3 学生动手实践能力较弱

半导体制造行业作为典型的重资产领域,先进工艺工厂的投资规模已达百亿美元级别,高校难以直接提供全流程的实践机会。目前,《半导体材料与器件》课程的实践环节多依赖公式推导、理论模型和视频教学,学生缺乏对实际工艺流程的动手体验,导致理论知识难以转化为工业应用能力<sup>[5]</sup>。受限于设备成本

和安全规范,学生接触先进半导体制造设备(如化学气相沉积(CVD)、原子层沉积(ALD)等)的机会极为有限。尽管学校在材料基因组研究、高性能半导体器件开发等领域已取得显著成果,但这些科研资源尚未有效转化为教学实践平台,使得培养高水平的半导体工业工程师的目标难以达到。

### 1.4 部分教师缺乏对先进工艺的了解

半导体工业界普遍反映应届毕业生难以快速适应岗位要求,其核心原因在于部分教师对行业最新技术(如5nm制程、GAA晶体管、先进封装技术)的认知不足,导致教学内容与产业实际脱节。例如,许多教师仍将“x nm工艺”简单等同于晶体管的物理尺寸,而未意识到该术语已演变为各厂商的等效表述(如台积电5nm工艺与三星5nm工艺的实际特征尺寸存在差异)。此类知识偏差可能误导学生对技术发展趋势的理解,进而影响其学习兴趣和职业规划。在半导体制造领域,先进制程的演进已从单纯的物理尺寸缩小转向架构创新,如从FinFET到GAA晶体管的结构变革、3D封装技术的突破性应用,以及量子隧穿效应、自旋电子学等前沿方向的探索。然而,当前教学中仍以传统器件模型(如平面MOSFET)为核心案例,学生对产业中EUV光刻、原子层沉积(ALD)、先进互连技术等关键工艺缺乏系统认知。学生难以通过现有课程体系掌握晶圆级封装、异构集成等复杂工艺的工程逻辑,直接影响其解决实际问题的能力。

## 2 《半导体材料与器件》课程教学改革策略

### 2.1 先导理论架构完善缓解学生畏难情绪

针对《半导体材料与器件》课程知识结构框架的完善,可从以下两个方面系统推进:一是优化先导课程体系,二是重构课程内容逻辑链。在先导课程设置上,建议在《材料科学基础》课程中增设“晶体学与固体物理基础”模块,重点讲授晶体点群、空间群分类、晶格缺陷等核心概念,并通过虚拟仿真实验平台动态演示晶体生长过程,帮助学生建立三维空间认知能力。同时,将《大学物理》课程中的量子力学基础部分与《半导体物理》中的能带理论进行模块化整合,设计“能带结构与电子行为”专题课程,采用费米能级动态可视化工具,直观展示温度、掺杂浓度对载流子分布的影响规律。在课程内容设置上,建议在每章开篇设置“知识锚点”环节,通过案例教学法将晶体结构、能带理论与半导体器件特性进行关联。围绕先导课程中的重点难点进行解析,诱导学生回顾理解先导课程中的知识点,使学生在后续的学习中能够有一个良好的知识基础支撑其后续学习。

### 2.2 理论与实践结合助力知识掌握

针对当前半导体工艺人才的培养需求,以“厚学致新”的育人理念为指导,系统优化课程内容体系,构建理论与实践深度融合的教学框架。在半导体物理基础回顾环节,通过晶体结构、能级能带、费米能级等核心概念的强化教学,帮助学生建立微观尺度的物理认知体系。在技术发展史的教学设计中,通过梳理半导体技术从点接触晶体管到纳米级芯片的演进脉络,引导学生把握技术迭代的内在规律。该环节需突出关键突破节点的技术特征,使学生在宏观视角下理解半导体工业的技术演进方向,形成

对产业发展的系统性认知。在器件工作机理的教学中,以工业界主流器件(如PN结、双极晶体管、场效应晶体管及光电器件)为教学载体,重点解析器件内部载流子输运机制与性能优化路径。通过构建“结构-原理-特性”的三维认知框架,使学生能够从器件层面理解半导体技术的工程实现逻辑。在工艺制备流程的教学中,需以场效应晶体管的制备过程为典型案例,系统解析晶圆生长、薄膜沉积、光刻刻蚀、金属化等核心工艺的技术原理。通过工艺流程的逐级拆解,使学生掌握半导体制造中“设计-工艺-器件”协同优化的工程思维。在夯实基础理论的同时,通过虚拟仿真实验平台、国家级实验教学示范中心等资源支撑,动态引入先进制程技术的工艺特征,使学生在掌握传统工艺原理的基础上,能够前瞻性地理解半导体技术的未来发展趋势,从而培养出既具备扎实理论功底又富有创新精神的半导体工艺人才。

### 2.3 软硬配置协同升级突破培养瓶颈

在半导体工艺教学过程中,实践环节的设置与教师知识体系的更新构成了人才培养的关键支撑体系。教学单位应充分认识到工艺实践对知识应用能力培养的核心价值,针对半导体工业中基础工艺流程相对稳定的特性,建议采用分层教学策略:对于核心工艺环节,可引入精度较低的教学设备开展实践训练。以光刻工艺为例,先进制程所需的极紫外光刻机单台成本高达一亿美元,但针对教学需求,可选择满足基础教学要求的中低精度光刻设备,其采购成本显著降低且具备较高的教学可行性。这类设备能够完整呈现光刻工艺的光路系统、掩模对准、曝光显影等核心流程,使学生在物理操作中直观理解工艺参数对器件性能的影响机制。除光刻设备外,化学气相沉积(CVD)、原子层沉积(ALD)等关键工艺设备亦可参照此原则,筛选符合教学需求的设备配置方案,构建“理论推演-虚拟仿真-实体操作”的三维实践教学体系。

同时,针对半导体工业技术迭代速度远超传统行业的特点,教师的知识更新机制亟需系统性重构。学校应建立“双轨制”教师发展体系:一方面通过组织教师参与暑期教学研修计划,系统学习新型半导体材料(如GaN、SiC)、先进封装技术(如3D堆叠、Chiplet)等前沿领域知识,重点强化对工艺-材料-器件协同优化原理的理解;另一方面应构建“产学研”协同创新平台,通过校企联合实验室、产业导师驻校计划等方式,建立教师与工

业界的常态化交流机制。以“技术需求-教学转化”为导向,定期组织教师参与企业技术研讨会、工艺验证项目,使教师能够准确把握先进制程(如EUV光刻、FinFET器件)的技术演进方向及工业界对人才能力的新要求。通过“学术前沿跟踪”与“产业需求对接”的双向赋能,教师不仅能够更新教学内容的知识结构,更可将产业实践中的典型案例转化为教学案例,形成“技术认知-教学设计-实践反馈”的良性循环,提升教师队伍的工程实践素养与教学创新能力,为培养符合时代需求的半导体工业工程师奠定坚实基础。

### 3 结语

半导体工业作为信息时代的核心支柱产业,其战略地位在中美科技竞争中愈发凸显,已成为影响国家科技自主权的关键领域。《半导体材料与器件》课程作为半导体技术体系的核心基础,其教学质量直接关系到产业人才的培养水平。面对产业技术迭代加速的挑战,需要高校的同仁们一起努力,通过优化课程体系、强化校企协同、推动产教融合等举措,将前沿技术动态融入教学实践,着力提升学生解决复杂工程问题的能力;以实际行动践行“为党育人、为国育才”初心使命,为突破关键核心技术瓶颈、实现半导体产业自主可控培养具有创新精神和实践能力的卓越工程师。

### [参考文献]

- [1]黄辛旭,裴健如.“缺芯”好转、人才缺口仍大高薪难招工程师[N].每日经济新闻,2023-03-16(011).
- [2]汪瑛,王少熙,周德云.大类培养模式下“半导体物理与器件”的教学改革[J].电气电子教学学报,2021,43(03):6-8+66.
- [3]肖德元,陈国庆.半导体器件发展历程及其展望[J].固体电子学研究进展,2006,26(4):510-515.
- [4]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.
- [5]王伟娜.以光电器件人才培养为目标的“半导体材料”课程改革探讨[J].济宁学院学报,2024,45(06):102-108.

### 作者简介:

黄浩(1994—),男,汉族,广西柳州人,博士研究生,助理教授,研究方向:半导体材料与器件。