

# 探索半导体物理与器件创新教学模式培养 高素质专业人才

方彦俊

浙江大学材料科学与工程学院, 硅及先进半导体材料全国重点实验室, 浙江 杭州

收稿日期: 2024年1月15日; 录用日期: 2024年2月16日; 发布日期: 2024年2月23日

## 摘要

半导体物理与器件作为材料专业基础课程, 知识繁琐、内容深奥、教学模式形式单一。为了能更好深入教授这门课程, 本文通过教学改革融入思政教育、seminar教学、workshop实训与多元动态课程评价等多方位探索, 对这门课程进行持续改进优化, 以培养半导体行业高素质创新复合型人才。

## 关键词

半导体物理与器件, 思政教育, Seminar教学, Workshop实训, 多元动态课程评价

# Exploring Innovative Pedagogical Methods in Semiconductor Physics and Device Courses to Cultivate Top-Tier Professionals

Yanjun Fang

State Key Laboratory of Silicon and Advanced Semiconductor Materials, School of Materials Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang

Received: Jan. 15<sup>th</sup>, 2024; accepted: Feb. 16<sup>th</sup>, 2024; published: Feb. 23<sup>rd</sup>, 2024

## Abstract

Semiconductor physics and devices, as the basic course of material specialty, has complicated knowledge, profound content and unitary teaching mode. In order to better teach this course and cultivate high-quality innovative compound talents, this paper makes continuous improvement and optimization of this course by integrating teaching reform with ideological and political edu-

cation, seminar teaching, workshop practical training, as well as diversified and dynamic assessment.

## Keywords

Semiconductor Physics and Devices, Ideological and Political Education, Seminar Teaching, Workshop Practical Training, Diversified and Dynamic Assessment

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

《半导体物理与器件》作为材料专业核心课程之一，是连接半导体理论和微电子、光电子产业应用之间的桥梁，也是我国现在所面临的“卡脖子”技术难题中的重要内容。近十几年以来，国家一直着力打破国外技术垄断，推进半导体产业的飞速发展。

2022年10月16日，习近平总书记在中国共产党第二十次全国代表大会的报告中强调，必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，在加强基础研究的同时，突出科技创新与尖端人才的培养，重视产学研深度融合，强化目标导向，提高科技成果转化和产业化水平；造就出大批德才兼备的高素质人才，是国家和民族长远发展大计，功以才成，业由才广[1]。因此，要具备突破半导体领域“卡脖子”关键技术的能力，从根源上来说，需要从教育体制改革和产业科技创新着手，进而推动半导体领域的大变革，实现行业“蛙跳式”发展。

本文以半导体材料领域重点课程《半导体物理与器件》为例，讨论在课程教学内容、教学方法和考核机制等方面的优化改革。以国家科技发展目标为指引，以浙江大学材料学院与硅及先进半导体材料全国重点实验室为依托，融入素质提升，启发创新思维，锻炼实践能力，结合 seminar 教学与 workshop 实训新型教学模式进行深化改革，为国家培养高素质创新型人才，推动我国半导体产业的进一步发展。

## 2. 课堂教学现状及存在的主要问题

### 2.1. 教学忽视学生素质培养

目前《半导体物理与器件》本科教学的目的仅是让学生学习到扎实的半导体物理基础理论以及器件的主要工作原理，着重于专业知识的教学，缺乏对半导体材料发展史的介绍，尤其是关于我国半导体材料领域的发展历程及现状，以及对于领域内科学问题的独立分析及思考能力的培养，从而不利于培养学生的主人翁责任感和为国为民服务意识，以及塑造其正确的科学价值观与辩证思维。

### 2.2. 教学内容与授课模式陈旧

《半导体物理与器件》课程分为三部分，第一部分主要内容是半导体物理理论，包含固体物理、量子力学、平衡及非平衡载流子输运和复合相关的一些概念公式等基础知识；第二部分讲述半导体器件基础理论，阐述 PN 结、金属半导体接触和半导体异质结等半导体器件原理；第三部分介绍专用半导体器件，主要包括场效应晶体管、双极晶体管、太阳能电池、发光二极管、光电探测器等。课程作为材料领域

的基础教程，涉及内容专业性强且知识重点繁多。这些内容过于抽象、晦涩，学生短时间难于消化。

同时，课程采用传统授课模式，教师传授学生理论知识依靠多媒体 PPT 单项持续输出，学生被动接收大量复杂的专业知识，仅凭笔记记忆课堂重点，缺乏独立思考能力。没有构建系统性、完整性与操作性于一体教学模式，无法多渠道提升学生学习能力。

### 2.3. 考核形式单一

《半导体物理与器件》课程在日新月异的今天，作为一门需要与时俱进的学科，传统的考核内容已经无法满足对学生综合素质与能力的考查，习题缺少前沿性，没有和实际产业工程联系起来，繁琐的死记硬背容易使学生失去兴趣，打击学习积极性，忽视了对学生科学素养、思维拓展与实践技能的培养。

以上这些方面都造成了目前《半导体物理与器件》课程授课效果未能达成理想教学状态。针对上述各类教学问题，高校教师作为引路人，必须结合现阶段的社会需求，紧跟时代发展的步伐，改革课程内容和教学模式。全面提高学生的科学素养，实现全方位育人，助力国家科技进步，勇担时代使命[2] [3]。

## 3. 课堂教学改革措施

《半导体器件与物理》课程安排的学时较少，教学内容广泛。在掌握专业理论知识的基础上围绕教学目标与内容、教学模式与实践操作和评价考核等方面进行革新。

### 3.1. 结合思政教育培养高素质人才

#### 3.1.1. 教学目标以思政教育为前提塑造科学价值观

教学目标是培养专业高素质人才的方向标。学习专业知识的前提是需要学生拥有强烈的社会责任担当、热忱的爱国奉献情怀、坚定的远大理想信念，牢固树立为民服务意识，立志成为社会主义现代化建设者和接班人。基于以上要求，教学首要目的是融入思政教育，把社会主义核心价值观与教学课程紧密结合，立德树人，五育并举。培养具有高度社会责任感和服务意识、富有创新精神和实践探索能力、善于独立思考与自主学习的高素质人才，才是教学的重中之重。

#### 3.1.2. 课程内容融入思政

教学内容是培养人才的关键中心，在传播教学知识时重点强调思想引领，实现知识传授、能力培养和价值塑造“三全育人”的教育理念。

首先，课程内容切入半导体物理和器件的发展历程与科学家典故，例如在教学 PN 结和晶体管的原理时，加入半导体材料与器件的近代发展史，读史明智，以史为鉴。在不断地了解科学家们追求真理、勇于实践、开拓创新的科学事迹，让学生感同深受，激发共鸣，传承榜样精神。

其次，运用唯物辩证法剖析科学问题，例如讲授 PN 结的瞬态开关特性时，决定其载流子存储时间的内因是载流子的复合寿命，外因是电路中正向及反向偏压下串联电阻的比值，而起决定作用的还是载流子的复合寿命。这一例子可以结合辩证法进行分析，即内部矛盾(即内因)是事物自身运动的源泉和动力，是事物发展的根本原因；外部矛盾(即外因)是事物发展、变化的第二位的原因；内因是变化的根据，外因是变化的条件，外因通过内因而起作用。课程目标是掌握半导体物理理论和器件结构原理的专业知识，灵活运用科学方法论分析和解决问题，从而培养科学探索精神与自主创新意识[4]。

再次，将半导体技术前沿和半导体相关产业的最新动态、科研最新成果，以及芯片禁令、科技制裁等受制于国外的“卡脖子”现状带入实际课程，深入介绍中国半导体领域前沿科技成果。唤起学生的主人翁责任意识，坚守科技报国初心，弘扬爱国主义精神，实现突破自我、勇攀科学高峰的前进目标。

### 3.2. 结合 Seminar 教学培养创新人才

#### 3.2.1. Seminar 融入课程教学，提升自主学习能力

Seminar 教学是让学生自主学习的一种高阶授课形式，通过引入 seminar 研讨课程，既加深了对课程内容的理解，又提高学生的表达能力和团队合作精神，成功搭建师生之间良好的学习交流互动平台。其具体的操作流程如图 1 所示。

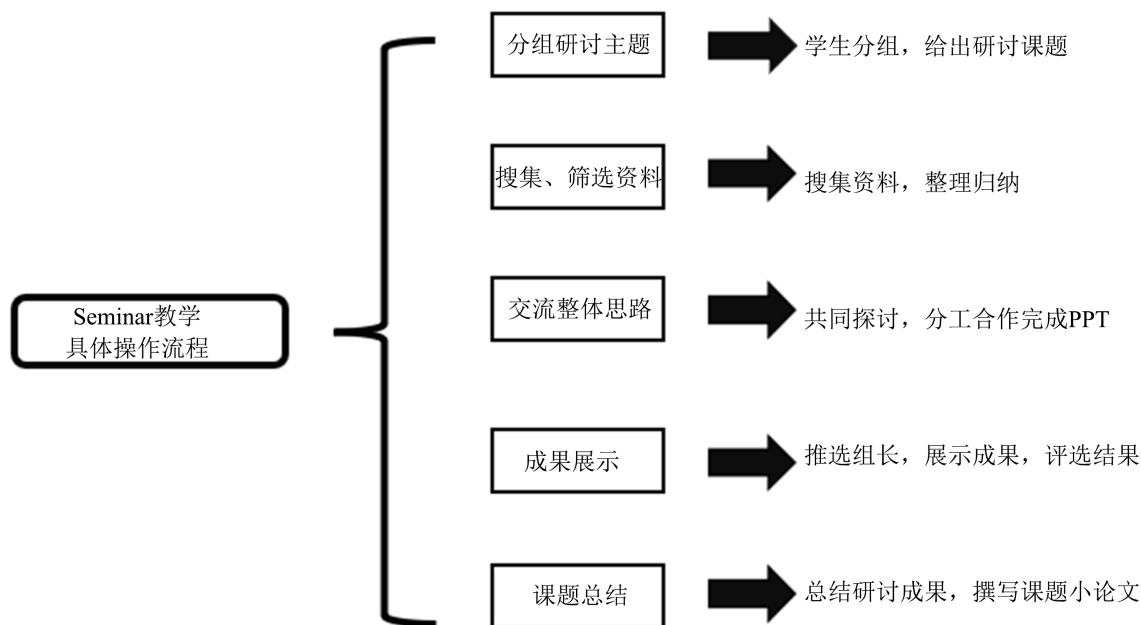


Figure 1. Specific operation flow chart of seminar teaching method  
图 1. Seminar 教学法的具体操作流程图

#### 3.2.2. Seminar 教学法的具体操作流程

分组确定研讨主题。在授课前 2 周，教师将学生分为 6 组，每 4~6 人为一组。结合半导体物理与器件发展现状与教学重点，给出几个 seminar 课题供学生选择，例如我国半导体材料领域的主要卡脖子问题分析、MOS 晶体管的发展历史及现状、新型太阳能电池的前沿研究进展等。

搜集、筛选资料。利用课余时间通过线上线下各大数据库进行搜集检索，寻找课题相关资料，主动获取知识，经过阅读思考和分类组合，取其精华整合成为自己全新的观点。

相互交流形成课题整体思路。组内成员根据自己收集后归纳的资料，共同探讨、思维交流与观点碰撞之后，总结概括成为统一性观点，分工合作完成 seminar 课题 PPT 制作。

学生成果展示。每组推选 1 位研讨组长，在课堂上上台展示最终成果，时间为 15 分钟左右。教师根据展示内容及台上表现指导需要改进之处，完善整个课题研究。

课题总结。结合课堂学习的专业知识，总结此次研讨成果与学习经验，撰写课题总结小论文[5]。

#### 3.2.3. Seminar 教学授课的实际作用

通过 seminar 教学整个闭环流程，首先能够让学生学会自主学习，用自己的方式探索未知的专业领域，有利于了解专业领域精髓与魅力；其次，PPT 的制作和课题研究成果的汇报，为其今后在专业领域做好学术报告打下基础；最后，在参与研讨过程中，小组内成员通力合作，在解决课题问题的同时产生启发性思维，突破自设的藩篱，提高团队协作能力。

总而言之, seminar 教学的新型授课模式, 会让已经习惯于传统照本宣科教学模式的学生感到眼前一亮, 打破禁锢思维, 高效学习, 重新定义“学”的概念[6]。激发学生探索科学知识的兴趣, 提升自主学习思考与动手操作能力, 全方位提高学生的专业化水平。教育部《关于一流本科课程建设的实施意见》中提到, 亟需培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维, 学会深度分析与大胆质疑, 拥有勇于创新的精神和能力, 在教学方法上需要兼具先进性与互动性, 积极引导学生进行探究式与个性化学习。授人以鱼不如授人以渔, 学生才是教学真正的主体, 课程必须结合实际需求, 在本科生阶段培养出浓厚的专业情感与科研技能。就像 seminar 教学模式, 目的是让学生发展自主学习能力, 学会互助协同合作, 拥有全盘大局意识。帮助学生筑牢专业领域的根基, 立足实践, 稳步前进, 在专业化的道路上走得更远[7]。

### 3.3. 借力优势资源开展 Workshop 实训, 挖掘优秀人才

#### 3.3.1. Workshop 实训, 配套实验资源

材料学院和硅及先进半导体材料全国重点实验室面向学生开放一些先进实验仪器设备, 将书本的基础知识、经典器件与具体实验相关联, 学生通过观看或操作基础实验, 加深对课本理论知识的深入理解, 增强课堂参与感。例如使用霍尔效应测量硅片的导电类型及载流子浓度和迁移率, 通过电流源表测量 PN 结二极管的单向导电特性等, 既让学生有了切身实际的体验感, 又可以感受到实训操作的魅力, 锻炼动手实践能力。Workshop 实训利用基础实验将复杂半导体物理知识简单具象化, 拓宽学生的科学思维, 激发学生对科学研究产生浓厚的兴趣, 对半导体物理与器件这门课程的理解和领悟得到进一步提升[8]。

学院与实验室组织筹办学生科研小组, 对于科学研究有想法、有兴趣、有能力的学生做课外参观拓展。围绕硅及先进半导体材料全国重点实验室的专业特色, 让学生参加更为高阶的研究生科研项目的学习。同时建议学校举办一些大学生创新类科技竞赛, 以鼓励带动的方式激励学生积极进行实践性的科学探索, 为有志青年拓宽科研道路[9]。

#### 3.3.2. 产教融合, 铺垫职业发展

当今社会高素质人才是创新发展的重要基石, 完美融合产业与 workshop 实训教学, 高质量完成自主创新, 才能最大程度发挥人才力量, 为国家和社会创造巨大的价值。浙江大学硅及先进半导体材料全国重点实验室作为国家级的半导体材料研究平台, 围绕国民经济发展迫切需要的半导体材料开展研究工作, 多年来一直坚持“产、学、研”紧密结合, 孵化了多家国内半导体硅材料的龙头企业和上市公司, 取得了显著的经济效益。实验室以国际前沿的基础科学问题、国家重大需求的关键技术攻关等为导向, 提高基础研究水平, 同时实现卓越的产业化成果, 培养了一批高水平科研学术人才。

此外, 高科技企业在产教融合的人才培养方面, 也做出了突出贡献。以华为为例, 在过去的两年间, 约有 2.6 万优秀的应届毕业生加入了华为, 他们在关键的业务领域充分发挥作用, 推动了技术理论、架构和软件的创新。基于产业发展的真实需求, 华为向全国高校师生开放科研课题, 超过 3000 名学生参与。所以, 依托高校与企业的 workshop 实训既可以提升了大学生解决产业真实问题的能力, 又可使教学育人更贴近产业化与实用性, 为企业输送大量的关键人才[10]。

因此在产教融合过程中, 对人才的培养融入 workshop 实训教学方法, 学生通过在公司产线参观及实践, 将《半导体物理与器件》所学专业理论知识与实际的生产工作相结合。例如利用重点实验室孵化有联系紧密的硅材料相关企业这一优势, 组织学生参观硅晶圆生产线, 可让学生对于硅材料从硅粉经历熔融、拉晶、切磨抛等流程到硅片的流程有直观的认识和体验。高校通过完善实践教学体系, 提升教学质量, 让学生在实训后更加明确自己未来职业发展方向, 树立正确的就业观与择业观。企业也可从前端开始投入, 节约职业生涯期间培育时间。



《半导体器件与物理》是一门产业化前端的基础课程，需要不断创新产教融合人才培养模式和教学机制，持续培养出新时代“有理想、有本领、有担当”的高层次实用型的人才[11]。

### 3.4. 课程考核方式改革，调动学习积极性

改革考核评估方式趋于多元化，注重学生的实践能力和综合素质考核。除了基础测试外，通过作业、实践报告、课题研究等多种方式对学生进行评估考核，全面展现学生的综合素质和专业能力。具体的考核内容主要包括以下五个方面：

**基础习题布置。**每周下发与授课基础理论知识有关的习题作业，巩固所学专业知识。学生根据老师要求，完成相应习题。老师根据作业完成质量评分，记录在这门课的总评分之中。习题作业一般占期末总成绩的 20%。

**课题研讨展示。**根据课题研讨分组，由组长用 PPT 上台展示，汇报时间一般在 15 分钟左右，老师根据课题研讨过程中组内表现，和最后展示成果打分。研讨作业一般占期末总成绩的 10%。

**小论文提交。**学生根据课题研讨内容完成一篇小论文，论文应包含题目、摘要、引言、正文、结论、参考文献等内容，按照规定的格式排列成文上交。课题小论文一般占期末总成绩的 10%。

**期末考试测试。**根据课程专业内容及科研前沿进展出期末考题，从基础理论知识到后面的拓展问题，考查大家整个学期对专业知识的掌握情况。期末测试一般占期末总成绩的 60%。

**Workshop 实训加分。**学生参加学校、实验室或者企业的科研实训活动。老师根据实训实际表现，给与成绩的额外加分。

以上五点，考查学生对专业知识的理解，以及运用知识分析和解决问题的能力。通过科学、多角度多元化的评估，了解学生对《半导体物理与器件》课程知识的具体掌握情况和实操能力，发现学生在各方面的自身优势，引导其今后择业与研究方向。

## 4. 结语

《半导体物理与器件》课程的教学改革工作是一项长期、复杂和艰难的系统性工程，想要改变传统的教学内容体系和教学模式，必须进行大胆改革和努力尝试。在教学过程中，教师不仅要完成专业知识的传授，还要充分发挥学生学习的主观能动性，以培养学生的身心素质和思想品德为前提，实践动手能力和创新精神为重点，适应社会和时代的发展，注重综合素质教育、实训教学、加入开放的课堂研讨环境、多元化评估方式等方面，坚持以人为本，推进“四个回归”，加快建设高水平本科教育，全面提高现代化人才培养能力，造就堪当民族复兴大任的时代新人。

随着未来 5G、物联网、汽车电子市场需求的发展，半导体成为了影响国民经济的重要战略性产业，也是全球最重要的核心命脉产业之一。在半导体产业中，拥有扎实的专业知识与实践能力，用科研创新破解“卡脖子”的技术难题，打破世界技术垄断格局，提升国家“元实力”、“硬实力”和“锐实力”，培养行业的中坚力量，是国之所需，吾志所向。

## 基金项目

浙江省自然科学基金项目(No. LR22F040003)。

## 参考文献

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[R]. 2022-10-16.
- [2] 阳军亮, 刘标, 何培, 彭勇宜, 孙佳, 张霖, 代国章. 新工科背景下“半导体器件与工艺”线下一流课程建设探索

- 以中南大学为例[J]. 西部素质教育, 2022, 12(6): 158-161.
- [3] 刘云, 刘继安, 王雪静, 赵珂. 我国创新人才培养的短板在哪里[J]. 中国经济评论, 2023(1): 38-42.
- [4] 苏萍, 陶传义, 周密. 半导体物理与器件课程思政教育的探索与实践[J]. 物理通报, 2022, 10(2): 66-69.
- [5] 李妍, 戴经纬, 张阳. Seminar 联合 SPOC 教学法在神经外科本科临床教学中的应用效果[J]. 教学探讨, 2023, 41(4): 88-90.
- [6] 李建容, 李岩, 乔光, 曾晓芳. 学术 Seminar 在研究生培养中的作用[J]. 创新创业理论与实践, 2023(3): 171-173.
- [7] 教育部关于一流本科课程建设的实施意见[EB/OL].  
[http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031\\_406269.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031_406269.html), 2019-10-30.
- [8] 郑雁公, 简家文. 半导体物理与器件课程的课堂教学模式改革探索[J]. 高教学刊, 2021, 7(22): 103-108.
- [9] 杨尊先, 王嘉祥, 郭太良, 李福山, 林志贤. 基于理论和实践教学协同效应的半导体物理教学研究[J]. 大学教育, 2022(7): 121-123.
- [10] 十年建设“创新高地”: 中国高校对接国家战略需求[EB/OL].  
[http://www.moe.gov.cn/fbh/live/2022/54453/mtbd/202205/t20220523\\_629628.html](http://www.moe.gov.cn/fbh/live/2022/54453/mtbd/202205/t20220523_629628.html), 2022-05-23.
- [11] 刘林生, 王园, 蒋品群. 基于产教融合的新工科人才培养共同体构建——以“半导体物理与器件”课程为例[J]. 科教论坛, 2022(2): 29-31.