

# 《半导体物理学》混合式教学模式探索

程学瑞, 张焕君, 李海宁, 梁永福

郑州轻工业大学电子信息学院, 河南 郑州

收稿日期: 2024年5月13日; 录用日期: 2024年6月13日; 发布日期: 2024年6月20日

## 摘要

针对传统教学中学时有限、缺乏实践环节、考核方式单一等问题, 借助爱课程、超星等线上平台, 将信息技术与教育教学的深度融合, 探索在《半导体物理学》教学过程中开启课堂教学为主、线上教学为辅的混合式教学模式, 并就其实施过程、考核方式和改革成效等方面进行初步改革和实践。

## 关键词

混合式教学, 半导体物理学, 线上课程

# The Practice of Blended Teaching Mode in Semiconductor Physics

Xuerui Cheng, Huanjun Zhang, Haining Li, Yongfu Liang

School of Electronic Information, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou Henan

Received: May 13<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jun. 13<sup>th</sup>, 2024; published: Jun. 20<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

There are several problems in traditional teaching for "Semiconductor Physics", such as limited class times, lack of practice and single examine method. In view of the problems and with the help of online platforms such as love course and superstar, blended teaching mode is explored in this course based on the deep integration of information technology and education teaching. Traditional class teaching is still the main component in this blended teaching mode, while online teaching content is auxiliary. In the present work, we mainly discuss the practice of the blended teaching mode in "Semiconductor Physics", including its implementation process, examine methods and reform results.

## Keywords

### Blended Teaching Mode, Semiconductor Physics, Online Teaching

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

半导体物理学主要研究半导体中电子运动规律以及相关器件中电子运动过程,从微观的角度解释半导体的宏观性能,是物理类相关专业本科生的一门专业基础课程。该课程集基础性、理论性以及专业性于一体,为物理类本科毕业生从事微电子、集成电路设计、光电子、电子材料及其相关学科的科学研究和工作奠定扎实的理论与实践基础。近期,教育部要求进一步加强信息技术与教育教学的深度融合,推进线上线下混合式教学模式改革,对本科课程建设提出了“两性一度”的要求,即提升课程的高阶性,突出课程的创新性,增加课程的挑战度。基于此,我们分析了当前教学中存在的问题,开展线上资源建设,探索混合式教学模式改革。

## 2. 半导体物理学教学现状

目前半导体物理学的教学模式仍然主要以线下为主,其教学内容和教学模式还存在较多问题,还有待于进一步的改革和探索。① 内容太多而学时有限。半导体物理学讲授 8 章内容,但只有 50 个学时。在有限的学时内,很多知识点很难进行细致讲解或过度展开。而且该课程包含大量公式及推导、理论性过强,有限的课时很难满足学生要求,因此很多同学普遍认为难学,学生产生畏惧,缺乏兴趣,无法充分调动学生学习积极性[1]。② 理论与实践脱节。半导体物理学作为一门专业基础课,具有很强的应用性,要求学生具备开放的研究能力和创新能力,能够理论联系实际。由于线下实践教学内容不仅需要占用学时,而且需要较多的教学设备,因此大多数学校都没有开设相关的实践教学内容节,不利于培养学生的动手能力和创新能力[2]。③ 考核方式单一。线下教学的考核方式主要依托期末考试一次衡量成绩的好坏,考核模式过于单一,忽视了对平时学习过程的考核[3]。因此,目前单一的线下教学模式和考核方式不能实时的掌握学生的学习和理解情况,造成学生与老师之间的脱节,影响整个教学效果。

## 3. 线上线下混合式教学模式

传统教学主要以面授教学为主,以教师为中心,教师可以与学生面对面交流互动,能够及时了解学生学习情况,并给与指导和调整。目前,学生更为熟悉这种传统教学模式,但是该教学模式缺乏多样性,学生的主动性和参与度较低,学生被动接受,缺乏独立思考和创造性思维。信息技术和网络技术的发展为教育的革新提供重要推动力,课堂已不再是学生获取知识的唯一途径,知识的获取渠道多元化。尤其是近年来爱课程、超星等线上平台日趋完善,推动了线上教学模式的发展,打破了传统的课堂教学单一模式。将传统课堂和线上教学平台相结合,充分利用网络优势和现代化教学技术,开启课堂教学为主线线上教学为辅的混合式教学模式[4]。线上线下混合式教学有着坚实的理论依据,包括行为主义学习理论、建构主义理论和人本主义理论。混合式教学建立在这三种理论之上,并对三种理论进行融合。其教育理论的核心是强调内在学习,通过内在学习挖掘学生潜能、培养想象力和激发创造性,主张以学生为中心,将学生视为教学主体,而教师是学习的辅助者。线上线下混合式教学模式将通过线上教学和传统教学的

有机结合,更加关注学生个体差异,倡导因材施教,重视个体需求。学生可以通过线上自主学习,不囿于课堂局限,自主规划自己的学习内容和学习安排。

与传统线下一授课模式相比,混合式教学模式在以下几方面优势突出。① 资源丰富:充分利用网络优势,收集大量教学素材,辅以多媒体技术建设视频、动画和试题库等网络教学资源。丰富的线上资源解决了传统的纸质教材的不足,教学内容更具开放性和包容性。② 学习方式多样化:学生通过下载“超星学习通”等学习软件,自主选择、自主学习。学习不仅仅局限于教室里,通过计算机或手机客户端,学生可以随时随地学习。③ 更具选择权:利用线上资源,学生可以自主选择具体的学习章节和学习内容,根据自己的学习进度进行选择。④ 强调学习过程管理。线上内容覆盖预习、随堂线上测试、课后的线上讨论及线上作业,涉及学习的每个环节。老师能够监测每位学生的各个环节的参与度以及成绩的好坏,与以往期末考试单一考核相比,混合式教学更注重学生学习过程的管理。

## 4. 混合式教学实施过程

秉持“以学生为中心,产出为导向,持续改进”的新教学理念,基于超星平台建设《半导体物理学》在线课程,采用线上线下的混合式教学模式实施教学,包括线上学习、线下授课和课后拓展3个环节。其具体内容为:

### 4.1. 课前线上预习

依托爱课程和超星平台,建设《半导体物理学》在线课程,包含丰富的教学资源。依据教学大纲、教学日历,学生能够提前了解课程所讲解的大致内容以及应当掌握的知识范围。上传教学课件48个、录制视频48个,不仅包含半导体物理内容,还包含大量的思政教育内容,覆盖每个章节。老师精心设置课前预习任务,对学生预习时间、视频观看时间、预习测验等提出了任务要求。学生以任务为驱动,通过课件和视频完成线上学习,并提交线上测试。

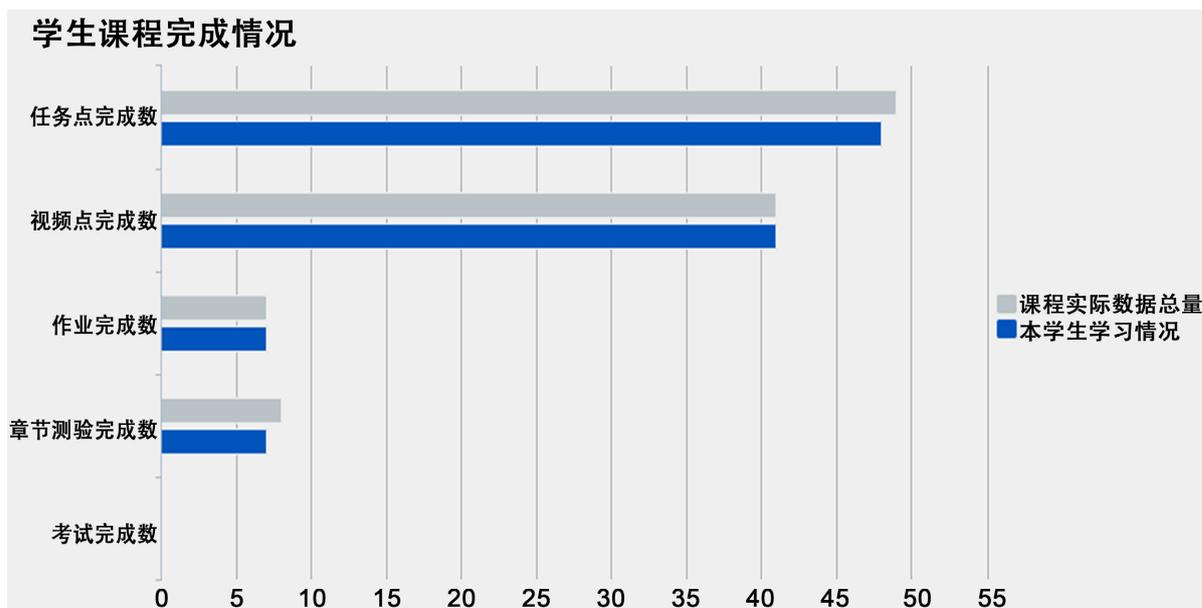


Figure 1. Online dynamic monitoring data

图 1. 线上动态监测数据

学生的预习情况和预习进度,老师能够实施掌握。如图 1 所示,老师通过后台大数据分析,不仅能

够实时监控全班整体学习情况，而且能够获得每一个同学的学习情况，包括任务点完成多少、视频观看时常、预习作业完成情况、预习得分等每个环节。通过大数据分析，能够及时发现学生预习过程中的弱点和难点，找到学生预习过程中的共性问题，以便线下授课时重点讲述和答疑。动态监测数据的另一个重要作用是能够及时发现“问题”学生，及时给予提醒和纠正，这是传统教学模式难以做到的。另外，还有线上讨论和线上答疑环节，学生在预习过程中，哪一个知识点不甚了解或不太清楚，可以随时进行线上提问，老师及时给予答复，突破了传统课堂教学中时空的限制，师生随时随地可以进行交流，同时拉近了师生间关系，加深了师生感情。

## 4.2. 线下课堂活动

根据课程内容和学校线上预习效果，教师总体设计线下课堂教学内容，规划重点。采用图片化、视频化和专业软件模拟等信息技术，建设成百余件结构模型、过程仿真、原理模拟，使微观教学内容宏观化和可视化，使教学内容“活起来”。实施“翻转课堂”重构教学过程，根据教学内容，老师提出问题，学生分组讨论或者线下调研，最后课堂展示或者 PPT 汇报。例如，半导体禁带宽度是一个重要的物理量，掌握禁带宽度的测量方法显得尤为重要。于是，我们提出了如何测量禁带宽度，有哪几种测量方法的问题。学生分小组课下调研，制作 PPT，课堂教学中学生分组 PK，组与组自己互评。通过学生参与、教师指导的方式展开教学，提高学生学习兴趣、提升接受知识和解决实际问题的能力。

借助“学习通”完成线下教学内容，包括点名签到、随堂练习、选人、抢答、问卷调查等内容。学生通过二维码签到，相比传统的点名签到，效率大大提高，而且杜绝了替他人答到的情况。采用抢答、选人等方式代替上课点名提问，不仅完成了教学内容而且活跃了课堂气氛，学生参与热情大大提升。“学习通”的另一个重要作用就是开设随堂练习，针对每节课的教学内容，老师提前设定好题目，课上发布随堂练习。如图 2 所示，通过 APP 投屏，能够清楚地显示每个题目的正确率，对知识掌握情况和教学效果有一个非常直观的认识。借助超星平台和“学习通”APP 同样能够清晰地显示每位同学参与互动情况，实时掌握每个同学的课堂参与度。借助“学习通”和“智慧教室”开展翻转课堂教学，对学习过程进行了重构，在互动过程中完成知识的传递和内化。



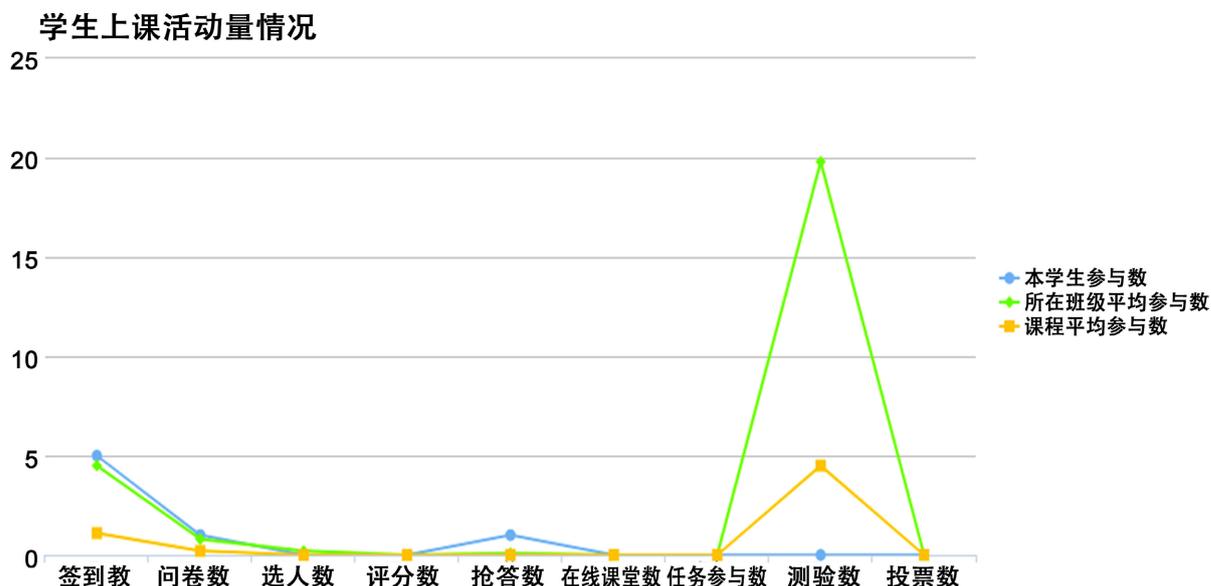


Figure 2. In-class testing and class activity monitoring

图 2. 随堂测试与上课活动监测

### 4.3. 课后线上拓展

教师总体设计课后线上内容，不同的线上教学模块作为课堂的延伸。线上设置模块化内容，包含通用知识模块、实验实践模块、理论模块和工艺技术模块，供学生自主选择，完成课程的巩固深化，提升综合能力。

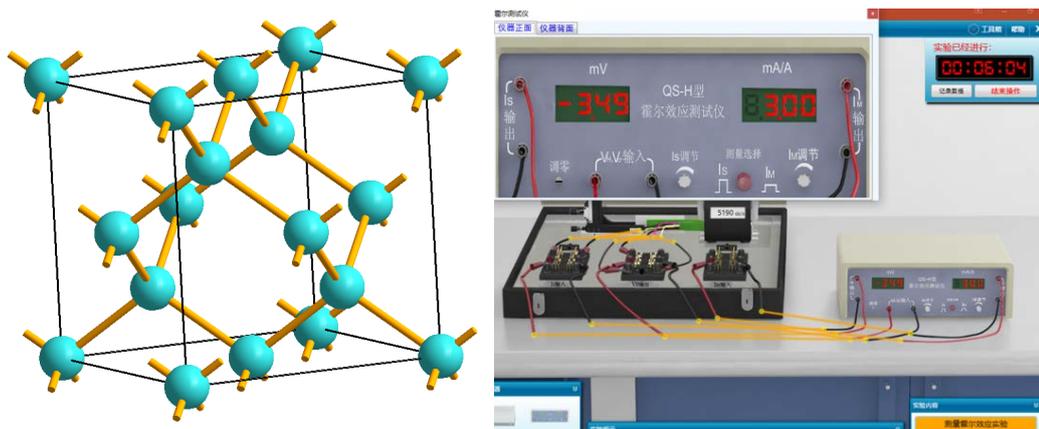


Figure 3. Online modeling and experimental simulation

图 3. 线上建模和实验仿真

如图 3 所示，学生可以选择线上建模和线上仿真实验。半导体晶体结构是半导体内容的基础，但是该内容过于抽象。比如金刚石结构，其特点是是由两个面向立方沿提角线平移  $1/4$  套构而成。理解此概念时，如果学生不具备很好的空间想象力，则很难在脑海中建立起此模型。但是借助 Diamond 或 MS 晶体结构建模软件，建立金刚石结构的空问模型，如图所示。可以对建立起的模型进行任意角度旋转、移动，甚至可以呈现出动画效果，生成动画视频文件，作为动态影像辅助教学。借助此类建模软件，学生就能自主建设闪锌矿、纤锌矿等各种不同结构模型，能够直观形象地展现出键长、键角、配位等结果信息，

加深学生对相关知识的理解和认识,从而有效提高课堂的教学水平和质量。

虚拟仿真技术能够有效弥补实践教学的缺失。借助计算机软件,模拟出一个十分接近实际教学的实验场景。虚拟仿真实验脱离了时空限制、学生能够随时在电脑上操作。基于此,我们增设了线上实践教学模块,开设有四探针测量电阻、半导体带隙测量、霍尔效应等实验项目,并录制有实验原理和操作步骤的讲解视频,供学生线上模拟操作。如图 3 所示为我校霍尔效应仿真实验,测试仪表、双刀开关和电磁铁等每一件实验设备非常逼真,几乎实物一模一样。调零、连线、调节电压电流等操作过程和线下实验一样,学生模拟实验过程中有一种亲临现场、切身实际的真实感。借助虚拟仿真技术开设实验环节,理论联系实际,不仅加强了学生对知识的理解,提升了学生学习效率,而且有效培养学生实践能力和创新能力,着实提升学生动手能力和解决实际工程问题的能力。

## 5. 课程考核方式

伴随教学模式的改变,成绩评定呈现一个涵盖线上和线下的多元化考核体系,线上学习占 30%,PPT 汇报占 10%,期末考试占 60%。线上成绩覆盖章节测验、章节学习、视频学习、讨论等线上教学各个环节。随着线上课程资源的完善,期末考试占比计划逐渐减小,更加强调线上自主学习、随堂测试、线上讨论等学习过程性考核(图 4)。

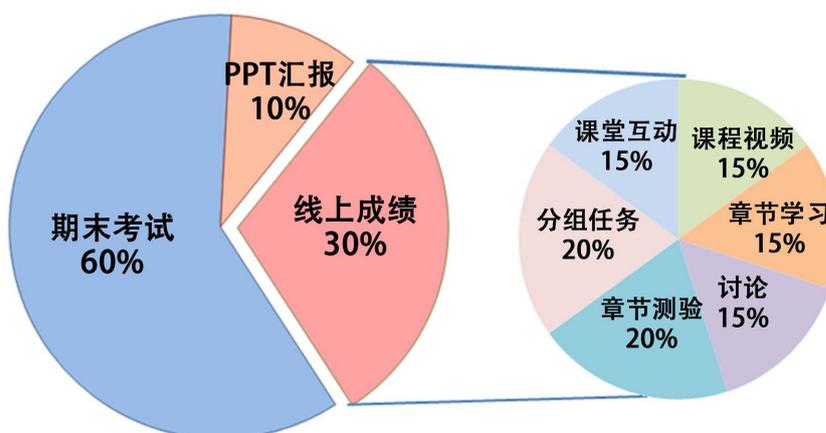


Figure 4. Grades distribution  
图 4. 成绩考核分配

此外,定期开展调查问卷和反馈,结合同行互评和督导评议,完成课程的评学和评教,形成闭环,完成整个教学过程,为“教”、“学”体系的优化设计提供指导意见。

## 6. 教学效果及规划

经过 3 年的建设,线上资源包括教学资料、题库、实验实践、工艺技术、考研辅导和思政教育等多个模块,拥有百余件教学模型、动画视频、300 道题库,精选几十套考研试题、10 余个实验项目。通过开展混合式教学模式,学生学习兴趣倍增,学生参与线上课程的活动次数突破两万次,线上平均积分达 85 分,最终的期末考试平均分和及格率都明显提高。学生实践创新能力明显提升,获得 2020 年全国光电设计竞赛中部赛区获创意组三等奖,2020 年全国大学生物理实验竞赛一等奖 1 项、三等奖 3 项。

由此可知,与传统教学先比,线上线下混合模式以学生为主体,注重学生创新思维和能力的培养。但是该模式对学生的自主性和自律性要求较高,并且对网络和技术设备具有较大依赖性,同时要求教师具备一定的技术操作能力。因此,为了获得更好教学效果,需要加强对学生的监督和能力,同时加强对

教师的技术操作培训。

基于此,下一步将加强教师课程团队建设:继续加强在线开放课程教学团队的建设,邀请省内外教学名师对课程团队进行教学理念及教学技能培训,鼓励教师参加教学会议,定期组织开展专题教学和课程思政研讨,提高教师的政治素质和业务水平。进一步完善课程体系:增加前期课程和后续课程相关内容的建设,增添前期课程《固体物理》和后续课程《半导体器件与工艺》等课程的内容建设,为学生自主学习提供在线资源。进一步完善考核机制和评价反馈机制:进一步细化过程评价内容和方法,开展毕业生跟踪调查,评估课程目标的实现情况,根据反馈优化调整教学内容和教学方法。

## 7. 总结

借助信息技术和网络技术,开展《半导体物理学》课程的混合式教学,建立课前线上预习、课堂活动和课后线上拓展三个教学环节,实现了学习渠道的多元化。成绩评定呈现一个涵盖线上和线下的多元化考核体系,更加强调学习过程性考核。完善课程评价体系,为“教”、“学”体系的优化设计提供指导意见。混合式教学模式在前期实践中取得了一定的成效。

## 基金项目

河南省高等教育教学改革研究与实践项目(研究生教育类)“需求导向-课题牵引-多维协同”的材料工程专业研究生培养模式构建与探索;郑州轻工业大学教学改革与研究项目“《半导体器件物理》混合式教学模式探索与实践”。

## 参考文献

- [1] 迟静,吴杰. 基于微课的“雨课堂”+“翻转课堂”混合式教学研究[J]. 大学教育, 2021(4): 62-64.
- [2] 李卫宏,周惠燕,王芙蓉. 化工原理问题导向式线上教学的探索与实践[J]. 化学教育, 2021(2): 24-29.
- [3] 王芸婷. 精品在线开放课程建设及课程教学改革实践研究[J]. 科教文汇, 2020(520): 59-60.
- [4] 黄亦美,廖章鼎. 高校实验教学中引入在线开放课程的研究[J]. 科学咨询, 2020(32): 86-87.