

材料物理专业实习教学模式的创新与实践

王戈明, 刘 繁, 匡双阳, 赵洪阳, 邵晨冬*

武汉工程大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年5月12日; 录用日期: 2025年6月20日; 发布日期: 2025年6月30日

摘 要

在“新工科”建设与产教融合深度推进的背景下, 武汉工程大学材料物理专业针对传统实习教学中理论与产业脱节、学生创新能力培养不足等问题, 依托《新型产业实践计划》课程, 构建了“校企协同、研教融合、多维创新”的实习教学创新模式。本文结合课程建设经验, 从教学模式创新、实习体系构建、教学实施成效及未来展望等方面, 探讨如何通过整合产业资源、创新教学方法、强化科研实践, 培养适应战略性新兴产业需求的高素质应用创新型人才, 为同类高校材料类专业的实习教学改革提供参考。

关键词

材料物理专业, 实习教学, 模式创新, 实习经验

Innovation and Practice of Practical Teaching Mode in Materials Physics Major

Geming Wang, Fan Liu, Shuangyang Kuang, Hongyang Zhao, Chendong Shao*

School of Materials Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan Hubei

Received: May 12th, 2025; accepted: Jun. 20th, 2025; published: Jun. 30th, 2025

Abstract

Against the backdrop of the construction of the “New Engineering” and the deep promotion of industry education integration, the Materials Physics major at Wuhan Institute of Technology has developed a practical teaching innovative mode based on the “New Industry Practice Plan” course, which addresses issues such as the disconnect between theory and industry and insufficient cultivation of students’ innovative abilities in traditional practical teaching. The mode includes “school enterprise

*通讯作者。

文章引用: 王戈明, 刘繁, 匡双阳, 赵洪阳, 邵晨冬. 材料物理专业实习教学模式的创新与实践[J]. 创新教育研究, 2025, 13(6): 599-605. DOI: 10.12677/ces.2025.136481

collaboration, research education integration, and multidimensional innovation". This article combines the experience of course construction and explores how to cultivate high-quality applied innovative talents who can adapt to the needs of strategic emerging industries through integrating industrial resources, innovating teaching methods, and strengthening scientific research practice, from the aspects of teaching mode innovation, practical system construction, teaching implementation effectiveness, and future prospects. It provides a reference for the practical teaching reform of materials majors in similar universities.

Keywords

Materials Physics Major, Practical Teaching, Mode Innovation, Practical Experience

Copyright © 2025 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

材料物理专业作为典型的工科专业，其人才培养需紧密对接新材料产业的技术需求，注重理论知识向工程实践的转化能力培养。传统实习教学中，高校面临实习基地不稳定、教学内容滞后、学生参与度不足等问题，难以满足“宽口径、厚基础、高素质、重创新”的人才培养目标[1]-[3]。

国内外实习教学改革聚焦产教融合与实践创新。国内高校如江西理工大学提出“全过程协同实习模式”，通过校企联合设计认识实习、生产实习、毕业实习全流程内容，提升实践系统性[4]；辽宁科技大学构建“协同实践”模式，强调材料成型全流程自主实践[5]；中国矿业大学推行“1+X”菜单专题式模式，以企业典型问题分解驱动学生主动探究[6]；武汉工程大学化工专业探索“线上+线下”模式，利用虚拟仿真技术突破现场实习限制[7]。国外经验方面，周楠等提出的国外矿井在线数字实习模式[8]，通过直播讲解、虚拟仿真等手段克服地域与安全限制，为本专业“三维立体化线上资源库”建设提供借鉴。

武汉工程大学材料科学与工程学院材料物理专业以《新型产业实践计划》课程建设为突破口，围绕材料物理专业特点，深度整合产业资源，构建了“产学研用”四位一体的实习教学体系，在教学模式创新、实习内容优化、学生能力培养等方面积累了宝贵经验。本文结合该课程的建设成果，探讨材料物理实习教学的创新路径与实施策略。

2. 材料物理专业实习教学的现状与挑战

2.1. 传统实习教学的局限性

传统材料物理实习教学多以校内实验和短期企业参观为主，存在问题：其一，校内实验侧重验证性项目，与产业前沿技术脱节，学生缺乏对复杂工程问题的解决能力训练；其二，企业实习常流于形式，学生难以参与核心生产环节，对产业实际需求认知不足；其三，实习教学评价体系单一，侧重理论知识考核，忽视创新能力与实操素养的综合评价[9][10]。

2.2. 产业升级对人才培养的新需求

随着新能源、微电子、半导体等战略性新兴产业的快速发展，材料物理专业人才需具备以下能力：一是掌握薄膜制备、等离子体技术、材料表征等核心技术；二是具备跨学科知识整合能力与工程实践经验；三是拥有创新思维与解决产业实际问题的能力。传统的实习教学模式难以满足上述需求，亟需通过

教学改革构建新型实习教学体系[11]。

本专业通过“项目驱动式”教学，将实践深度从“认知层”提升至“创新层”，与江西理工大学“全过程协同设计实习内容”[4]共同体现“新工科”对实践系统性与创新性的双重要求。

3. 新型产业实习教学模式创新构建

3.1. 构建“双主体”实习教学体系

3.1.1. 共建实习基地，深化产教融合

武汉工程大学材料物理专业依托行业资源，与中国科学院某工程技术中心、某节能玻璃上市公司、某半导体芯片公司等 12 家企事业单位共建实习基地，形成“高校理论教学 - 企业实习训练 - 产业技术转化”的闭环培养模式。以中科院某工程技术中心为例，该基地拥有常压微波等离子体、微电子成套设备技术、原子层沉积薄膜生长设备等先进装置，支撑“材料制备 - 设备调试 - 性能表征”全流程实习教学。学生分组参与三大核心模块实习：

A 组(设备研发岗)：查阅热原子层沉积(Thermal Atomic Layer Deposition, TALD)和等离子体增强原子层沉积(Plasma Atomic Layer Deposition, PALD)设备的前沿文献，掌握气相前驱体脉冲交替吸附反应原理，完成设备核心部件(如反应腔、气体流量控制系统)的组装与精度校准(如图 1 所示)。

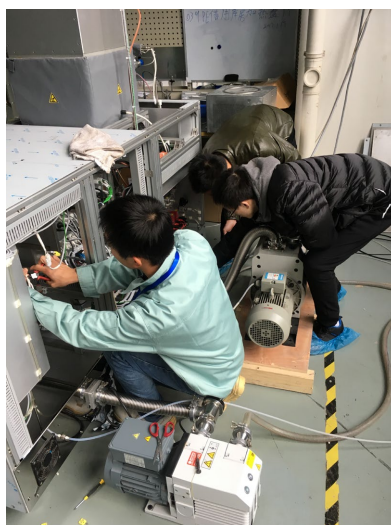


Figure 1. Student assembly practice

图 1. 学生组装实操训练

B 组(工艺研发岗)：使用远程等离子体 ALD 系统，针对柔性衬底(如聚酰亚胺薄膜)开展工艺优化，通过正交试验法研究前驱体源(如 TiCl_4 、 H_2O)、沉积温度(80°C ~ 200°C)、射频功率($50\sim 150\text{ W}$)对薄膜均匀性的影响，形成《低温柔性衬底 ALD 薄膜沉积工艺手册》。

C 组(质量检测岗)：运用 X 射线衍射、扫描电子显微镜等微结构表征技术，分析薄膜结晶度、厚度及表面粗糙度，建立“工艺参数 - 薄膜性能”关联数据库，为企业量产提供技术参数参考。

校企双方共同制定《实习基地管理办法》，明确权责分工：企业提供设备、技术骨干及真实生产场景，高校负责教学方案设计、学生管理及理论支撑。近三年，该基地累计接纳实习学生 100 余人次。

3.1.2. 引入产业项目，强化实战训练

将企业技术难题转化为教学项目，推行“项目驱动式”实习教学。例如，对接某公司“低辐射节能玻

璃镀膜技术升级”需求，设置以下教学环节：

1) 需求分析与方案设计：学生调研建筑玻璃节能标准(如 GB/T 2680-2022)，分析现有镀膜工艺(磁控溅射法)在低辐射率(≤ 0.15)与高透光率($\geq 70\%$)之间的矛盾，提出“多层膜系结构优化 + 等离子体后处理”技术路线。

2) 模拟仿真与参数优化：利用薄膜设计软件模拟 $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{Ag}$ 多层膜的光学性能，确定最佳膜厚(50~100 nm)与溅射功率(80~120 W)，并在企业提供的商用设备上验证。

近三年，累计引入企业横向课题 3 项，覆盖薄膜制备、设备维护、材料检测等领域，学生完成工艺改进报告 60 余份，申请专利 2 项，真正实现“在实践中学习，在学习中创新”。

3.2. 打造“线上 + 线下 + 课下”三维教学空间

3.2.1. 线上资源建设：突破时空限制

针对实践教学受时空限制的问题，开发“三维立体化”线上资源库，包含三大模块：

1) 理论奠基模块：学习《真空技术基础》《薄膜制备原理》等慕课，配套动画演示(如磁控溅射等离子体电离过程动画)、设备 3D 模型(如 ALD 反应器结构拆解图)。

2) 虚拟仿真模块：学习使用“真空镀膜设备虚拟调试系统”，学生可在线模拟设备漏气排查(如氦质谱检漏仪操作)、工艺参数设置(如沉积速率与温度关联模拟)，系统内置 20 种故障场景(如真空泵失效、气体流量异常)，考核学生应急处理能力。

3) 企业课堂模块：通过腾讯会议开展“工程师直播课”，邀请企业研发人员讲解“建筑玻璃镀膜生产线智能化改造”，展示在线膜厚监测系统(精度 $\pm 1\%$)、缺陷自动检测算法，同步设置“云参观”环节，学生可远程操控摄像头查看生产现场。

3.2.2. 线下实践：聚焦科研与工程能力培养

校内实践依托“等离子体化学与新材料湖北省重点实验室”，设置“基础技能训练 - 科研项目实战 - 工程化验证”三级平台：

1) 基础平台：开放 50 余套设备(如 JGP450 磁控溅射仪、微波等离子化学气相沉积金刚石生长设备)，开展“设备拆装与调试”实训，要求学生独立完成真空度校准($\leq 10^{-4}$ Pa)、电极间距调节(精度 ± 0.1 mm)等操作，通过率纳入学分考核。

2) 科研平台：结合导师科研方向，设立“二维材料制备”、“柔性电子器件”等 10 个创新小组，学生参与国家自然科学基金项目在外的纵向课题，掌握化学气相沉积等制备技术和原子力显微镜等表征方法，本科生近三年发表 SCI 论文 3 篇。

3) 工程平台：与武汉某半导体公司合作建立“半导体薄膜工艺验证中心”，学生参与“200 mm 硅片氧化膜均匀性优化”项目，运用响应面法(RSM)分析温度(900°C ~ 1100°C)、气体流量(50~200 sccm)对膜厚均匀性(目标 $\pm 2\%$)的影响，形成工程化解决方案。

校外实习采用“轮岗制 + 项目答辩制”，学生在企业技术部、生产部、质检部轮岗，每岗实习 2 周，完成《岗位技术报告》，最终通过校企联合答辩方可结业。

3.2.3. 课下延伸：导师制与创新项目驱动

实施“全周期导师制”，学生从大四开学即选定导师，参与“科研选题 - 实验实施 - 成果转化”全过程：

1) 科研启蒙：导师定期开展组会(每周 1 次)，分享产业前沿(如钙钛矿电池薄膜制备技术)，指导学生撰写文献综述，近三年累计完成综述报告 200 余篇。

2) 项目实战：依托“大学生创新创业训练计划”，学生在导师指导下参与大学生创新创业大赛 3 项，分别为“微波等离子化学气相沉积技术制备 Mo_2C 及其性质研究”、“晶圆级单层 MoS_2 薄膜的制备及其性能表征”和“利用熔融盐法制备二维单层 WS_2 薄膜”。

3) 就业衔接：校友(如某知名半导体公司资深工程师)定期回校开展“产业导师讲堂”，分享“半导体薄膜技术发展趋势”，并为学生提供职业规划建议。近三年，经校友推荐进入高新技术企业的毕业生占比达 20%，形成“实习 - 实践 - 科研 - 就业”良性循环。

3.3. 构建“基础 - 提高 - 创新”梯度实践实习模块

1) 夯实产业认知与基本技能

设置“企业认知实习”、“设备原理与操作”等基础课程，通过参观企业生产线、参与设备组装与检漏等实训，掌握真空镀膜设备的基本结构与操作规范。例如，在设备组装车间实习中，学生需独立完成真空腔体连接、电路调试及漏率检测，考核通过后方可进入工艺研发环节。

2) 强化工艺优化与问题解决能力

聚焦“薄膜沉积工艺优化”、“材料性能表征”等核心能力，设置“化学气相沉积薄膜生长参数优化”、“磁控溅射功率对薄膜均匀性的影响”等实验项目。学生分组设计实验方案，采集数据并进行方差分析，形成工艺优化报告。近三年，学生累计完成实验报告 400 余份，发现设备故障与工艺缺陷 20 余例，提出改进措施 10 多项。

3) 培养科研思维与产业前瞻性

结合导师科研方向与产业前沿，开设“二维材料制备与应用”、“柔性电子器件开发”等创新课程，鼓励学生参与学术沙龙与产业论坛。例如，邀请业内资深工程师开设“半导体制造中的薄膜技术”专题讲座，组织学生调研、撰写半导体产业发展报告，拓宽技术视野与创新思维。

4. 教学实施与成效

4.1. 教学组织与评价体系

课程总学时 192，采用“12 周集中实习实践 + 持续导师指导”模式，前 4 周线上理论与企业认知，中间 10 周线下实操与项目实践，最后 2 周总结与成果汇报。学生分为 3 组轮岗，每组负责设备研发、工艺优化、质量检测等不同岗位，确保全流程参与。

建立“过程性评价 + 成果性评价”体系，过程性评价包括考勤(10%)、企业导师评分(30%)、小组协作(20%)，成果性评价包括实习报告(20%)、项目成果(20%)。引入企业工程师、校内教师、学生自评三方评分，确保评价客观性。近三年学生评教结果显示，实习教学满意度达 95%，企业对学生实习能力评价优良率达 92%。

4.2. 实践教学成效

通过实践，学生理论联系实际能力显著增强，近三年毕业论文中结合产业课题的比例达 60%，较改革前提升 20%。学生动手能力与创新能力突出，获省级奖励 3 项，申请发明专利 3 项。

毕业生就业率连续三年超 90%，与实习基地累计签约毕业生 10 余人。部分毕业生已成长为各大公司技术骨干。企业反馈显示，学生在设备操作、工艺优化等方面上手快，解决实际问题能力强，符合产业人才需求。与国内某高校专业全过程协同实习模式成效对比，本专业通过“双主体”体系构建，在产业适配性与创新能力培养上呈现相似显著提升趋势，但更聚焦材料领域前沿技术的实践应用。

课程建设成果辐射省内外高校，《新型功能材料实验教程》(化学工业出版社, 2022)被 5 所高校选用，

线上教学资源被国家高等教育智慧教育平台收录,相关教学改革经验在“全国材料类专业实践教学研讨会”作主题报告3次,提升了专业影响力。

5. 挑战与对策

5.1. 面临的挑战

- 1) 产业技术迭代与教学内容更新:新材料产业技术发展迅速,如钙钛矿电池、量子点薄膜等新技术不断涌现,需持续更新实习教学内容,加强与前沿企业的合作深度。
- 2) 双师型教师队伍建设:部分教师缺乏产业实习经验,需建立教师定期赴企业挂职机制,提升“双师”比例与指导能力。
- 3) 实习实践教学资源的长效保障:校外实习基地稳定性依赖企业合作意愿,需建立“利益共享、风险共担”的长效合作机制,探索校企联合实验室、产业学院等共建模式。

5.2. 改进措施

- 1) 动态更新教学内容:每年召开校企合作研讨会,根据产业需求调整实习项目,引入“固态电解质薄膜制备”、“纳米晶太阳能电池工艺”等前沿课题,确保教学内容与产业同步。
- 2) 强化双师队伍建设:制定《教师企业实习实践管理办法》,要求专业教师每五年累计不少于6个月企业实习实践经历,邀请企业工程师参与课程建设与教材编写,组建“高校教师+企业导师+行业专家”的教学团队。
- 3) 深化校企合作机制:与企业共建“薄膜技术联合实验室”,联合申报省部级科研项目,通过技术攻关提升企业参与积极性,保障实践基地的长期稳定运行。

6. 结论

武汉工程大学材料物理专业通过《新型产业实践计划》的创新实践,构建了“校企协同、研教融合、多维创新”的实习实践教学模式,有效解决了传统实习实践中理论与产业脱节、学生创新能力不足等问题。未来,需进一步对接产业前沿,深化产教融合,完善“教、学、做、创”一体化培养体系,为新材料产业输送更多“懂理论、精实践、善创新”的高素质人才。该教学模式可为同类高校材料类专业实践教学改革提供有益借鉴,推动高等工程教育与产业需求的深度对接与协同发展。

基金项目

本文受教育部第二期供需对接就业育人项目(就业实习基地项目)资助(项目号:20230102996)。

参考文献

- [1] 邱亚宇. 新工科背景下新能源汽车技术教学模式创新研究——评《新能源汽车技术》[J]. 铸造, 2020, 69(9): 5-6.
- [2] 李天庆, 朱强, 刘海霞, 等. “政产学研用”视角下材料成型及控制工程专业人才培养[J]. 高教学刊, 2024, 10(35): 38-41.
- [3] 轩海成, 王利芬, 孟令欣, 等. 材料工程专业“产学研用”协同创新研究生培养模式探索[J]. 中国现代教育装备, 2023(15): 153-156.
- [4] 方敏, 张红婴, 蒋达华, 等. “新工科”背景下地方高校建环专业全过程协同实习模式[J]. 中国冶金教育, 2020, 25(3): 49-54.
- [5] 边迪, 彭兴东. 材料成型专业生产实习教学模式探索与实践[J]. 教育教学论坛, 2017(31): 117-118.
- [6] 严红, 张源, 徐营. 大学生校外实习教学模式研究与探索[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(7): 26-30.
- [7] 杨峻, 向丽, 宣爱国, 等. 高校化工专业生产实习的教学模式探索[J]. 当代化工研究, 2022(13): 144-146.

-
- [8] 周楠, 孙强, 郑西贵, 等. 国外在线实习教学模式创新与矿井课程资源建设[J]. 高教学刊, 2022, 8(25): 22-25.
 - [9] 李翠勤, 李杰, 李锋, 等. 一流本科专业建设背景下合成材料助剂课程教学改革与实践[J]. 创新创业理论与实践, 2023, 6(15): 57-60.
 - [10] 朱艳超, 郑克玉, 黄绍龙, 等. 无机非金属材料专业应用型人才培养模式探讨[J]. 教育教学论坛, 2018(40): 186-187.
 - [11] 霍丽, 赵春梅, 白俊敬. “产教融合”提升高分子材料与工程专业教育质量探索[J]. 广州化工, 2022, 50(3): 173-175.