

集成电路学科化学工艺课程创新创业体系研究——以《现代化学基础》为例

喻研 臧剑锋^(通讯作者)

华中科技大学集成电路学院, 中国·湖北 武汉 430074

摘要: 在新工科建设与新时代高等教育发展的背景下, 产教融合、创新创业教育与集成电路领域专业的融合, 已成为卓越工程人才培养的关键。本研究以华中科技大学集成电路学院《现代化学基础》课程为基础, 系统构建了“课程-平台-师资-评价”四位一体的创新创业育人体系, 形成了以产业需求为导向、以创新能力培养为核心、以实践平台为支撑的教学新模式。研究表明, 该模式显著提升了学生的创新实践能力、产业认知水平和家国情怀, 有效促进了科研成果向教学资源的转化, 为同类高校集成电路专业课程改革提供了可借鉴的理论框架与实践范式。本文系统阐述了改革的理论基础、实施路径、创新机制与成效评估, 并对进一步改革的方向进行了展望。

关键词: 产教融合; 集成电路; 半导体工艺; 创新创业教育; 教学改革

Research on the Innovation and Entrepreneurship System in Chemical Process Courses for the Integrated Circuit Discipline——Taking "Fundamentals of Modern Chemistry" as an Example

Yu Yan, Zang Jianfeng^(Corresponding author)

School of Integrated Circuit, Huazhong University of Science and Technology, China Hubei Wuhan 430074

Abstract: Against the backdrop of new engineering education construction and the development of higher education in the new era, the integration of industry and education, innovation and entrepreneurship education, and specialized fields in integrated circuits has become pivotal for cultivating outstanding engineering talents. Based on the "Fundamentals of Modern Chemistry" course at the Integrated Circuit Institute of Huazhong University of Science and Technology, this study systematically constructs a comprehensive innovation and entrepreneurship education system encompassing "courses, platforms, faculty, and evaluation." It establishes a new teaching model guided by industrial needs, centered on fostering innovation capabilities, and supported by practical platforms. Research findings demonstrate that this model significantly enhances students' innovative and practical abilities, industry awareness, and patriotic sentiments, effectively promotes the transformation of scientific research achievements into teaching resources, and provides a theoretical framework and practical paradigm for curriculum reform in integrated circuit majors at similar institutions. This paper systematically elaborates on the theoretical foundations, implementation pathways, innovation mechanisms, and efficacy evaluation of the reform, while also offering prospects for further advancements.

Keywords: Industry-education integration; Integrated circuits; Semiconductor processes; Innovation and entrepreneurship education; Teaching reform

0 引言

集成电路作为现代信息产业的基础与核心, 已成为全球科技竞争的战略制高点。随着摩尔定律趋近物理极限和后摩尔时代技术路径的多元化发展, 集成电路产业正经历从“技术追赶”到“创新引领”的历史性转变。我国已将集成电路列为国家战略性新兴产业, 并在“十四五”规划中明确提出要强化国家战略科技力量, 加强关键核心技术攻关。这一宏观背景下, 集成电路人才培养面临从“规模

扩张”向“质量提升”、从“技术应用”向“原始创新”的双重转型压力。当前, 集成电路产业对人才的需求呈现三个显著特点: 一是需要具备多学科交叉融合的知识结构, 特别是材料、化学、物理、电子等领域的深度整合; 二是需要具备解决复杂工程问题的创新能力, 能够应对工艺研发中的“卡脖子”技术难题; 三是需要具备产业视野与创业精神, 能够把握技术发展趋势并推动科技成果转化。传统以知识传授为主的专业课程教学体系已难以满足这些新

型人才需求,亟需进行系统性改革。

2017年以来,教育部积极推进新工科建设,旨在主动应对新一轮科技革命与产业变革,培养造就多样化、创新型卓越工程人才。新工科建设强调学科交叉、产业协同、创新引领,要求工程教育回归工程实践本质,强化学生的创新能力和工程素养。2020年,教育部、工业和信息化部联合发布《现代产业学院建设指南》,明确提出要深化产教融合,推动高校与行业企业共建共管产业学院,创新人才培养模式。产教融合作为连接教育系统与产业系统的战略桥梁,其核心要义在于打破校企壁垒,实现教育资源与产业资源的高效整合。在集成电路领域,产教融合不仅体现为设备共享、实训基地共建等表层合作,更应深入到课程体系重构、教学内容更新、师资队伍共建、评价机制改革等人才培养全过程。如何将产教融合的理念有效落地于具体课程教学,成为当前集成电路专业教学改革的关键课题。

《现代化学基础》是集成电路专业核心课程体系中的重要组成部分,主要讲授集成电路制造过程中涉及的化学原理、材料特性与工艺基础。课程内容涵盖晶体生长、薄膜沉积、光刻胶化学、刻蚀工艺、清洗技术等关键制造环节,是连接半导体物理、器件原理与工艺实践的知识桥梁。然而,传统教学中该课程存在三个突出问题:一是教学内容偏重经典化学原理,与先进工艺技术发展脱节;二是教学方法以理论讲授为主,缺乏与工程实践的有效连接;三是考核方式单一,难以评价学生的创新思维与解决实际问题能力。基于此,本研究以《现代化学基础》课程为改革突破口,依托国家集成电路产教融合创新平台,探索专业课程与创新创业教育深度融合的实施路径,旨在构建适应新时代要求的集成电路化学工艺课程教学新范式。

1 理论基础与研究框架

产教融合理论在工程教育中的应用演进,其理论核心是“教育供给侧”与“产业需求侧”的精准对接与动态适配。在高等教育阶段,产教融合不仅关注技能训练,更强调创新能力的协同培养认为大学应主动融入区域创新体系,通过知识转移和技术孵化促进产业发展。在工程教育领域,CDIO(构思-设计-实现-运行)工程教育模式、PBL(问题导向学习)教学模式等均体现了产教融合的思想精髓。这些模式共同强调:工程教育应基于真实产业情境,以复杂工程问题为驱动,培养学生系统性思维与创新实践能力。本研究借鉴上述理论,构建了“产业需求导入-课程内容重构-实践平台支撑-创新能力产出”的闭环育人模型。

创新创业教育不是独立于专业教育之外的附加模块,而应深度融合于专业教育的全过程。二者的融合具有三次逻辑关系:在知识层面,专业基础知识是创新的源泉,

创新实践又深化对专业知识的理解;在能力层面,专业能力是创业的基础,创业过程又锻炼综合能力;在价值层面,专业精神与创业精神都包含探索真理、创造价值、服务社会的共同内核。对于集成电路这类高技术密集型领域,创新创业教育尤其需要与专业教育深度耦合。一方面,集成电路技术创新具有高门槛、长周期、重积累的特点,需要扎实的专业基础;另一方面,集成电路创业具有高投入、高风险、高回报的特征,需要敏锐的产业洞察与资源整合能力。因此,将创新创业教育融入专业课程,不是简单增加创业案例分析,而是要在专业知识传授中渗透创新思维方法,在工程问题解决中培养创业精神。

2 教学改革的实施路径

重构教学内容:融入产业前沿与创新案例。传统的《现代化学基础》课程内容侧重化学原理与工艺基础,缺乏与产业技术进展和创新实践的结合。本项目以国家集成电路产教融合创新平台为依托,将国家重大科技项目、核心工艺突破、典型企业案例、优秀校友创业经历等融入教学内容。例如,在讲解“薄膜沉积技术”时,引入华中科技大学在柔性电子领域的创新成果;在“光刻工艺”章节,结合当前国产光刻机研发进展,引导学生理解技术瓶颈与创新方向。此外,课程设置“创新创业案例模块”,每学期邀请2-3位企业工程师、科研人员或创业校友进课堂,分享技术攻关与创业经历,增强课程的时代感与感染力。

创新教学方法:打造“线上线下+虚实结合”教学体系。为突破传统课堂限制,项目构建了“课堂讲授+线上资源+虚拟仿真+实践研讨”四位一体的教学体系。(1)课堂讲授:采用问题导向教学(PBL),围绕工艺难题展开讨论,激发学生探究意识。(2)线上资源平台:建设课程网站,设立“创新工坊”“虚拟工艺实验室”“创业故事汇”等板块,提供视频案例、工艺仿真软件、创新项目库等资源。(3)虚拟仿真教学:利用国家产教融合平台的虚拟实验资源,开展工艺模拟与优化实验,降低实操成本,提升学习体验。(4)实践研讨环节:组织学生围绕集成电路工艺中的真实问题开展小组研讨,形成创新解决方案,并进行课堂展示与互评。

拓展实践平台:推动“课程-实验室-企业”三级联动。项目充分利用国家集成电路产教融合创新平台、学院科研实验室及合作企业资源,构建三级实践育人体系。(1)课程实验环节:设计具有创新性的综合性实验,如“新型介电材料制备与性能测试”,鼓励学生自主设计实验方案。(2)科研项目参与:实施“早进课题、早进实验室、早进团队”机制,支持学生在教师指导下参与国家级、省部级科研项目。(3)企业实践基地:与长江存储、华为海思等企业合作,设立课程实践基地,组织学生参观、实习、参与技术研讨。

提升师资力量：构建“教学—科研—产业”协同师资队伍。教师是推动课程改革的关键。项目通过以下方式提升教师的创新创业教学能力。（1）定期教学研讨：组织课程组教师开展创新创业教学专题研讨，分享教学案例与方法。（2）企业交流与培训：鼓励教师到集成电路企业交流和参加产业培训，增强产业认知与教学素材积累。（3）跨学科教学团队建设：邀请企业工程师、科研院所专家参与课程设计与教学，形成多元化的教学团队。

3 教学改革的实践成效

学生学习动力与创新能力显著提升。通过课程改革，学生对《现代化学基础》课程的兴趣明显增强。课程问卷调查显示，超过85%的学生认为“课程内容与实际产业结合紧密”，78%的学生表示“通过课程增强了创新创业意识”。学生在课程项目中提出的多项创新方案被科研团队采纳，部分成果已形成专利或论文。

科研成果反哺教学机制初步形成。学院近年来在柔性电子、半导体材料等领域取得的一系列科研成果，已成功转化为课程教学案例。例如，将“超薄柔性传感器”研究成果融入“材料表征技术”章节，帮助学生理解从原理到应用的完整创新链条。

学生竞赛与创新成果丰硕。课程改革实施以来，学生参与创新创业竞赛的积极性与成绩显著提高。近年来，学生团队在“全国大学生集成电路创新创业大赛”“iCANX创新大赛”等赛事中屡获佳绩，多名本科生在课程基础上开展深入研究，发表高水平学术论文，体现了课程改革对学生创新能力的有效激发。

课程教学资源体系日益完善。项目已初步建成包含课件库、案例库、视频库、虚拟实验库在内的数字化教学资源平台，累计收录产业案例30余个、创新项目20余项、企业专家讲座视频10余场，为后续教学改革提供了有力支撑。

4 教学改革的创新与特色

本项目突破传统课程教学的局限，将创新创业教育深度融入专业课程，实现“课程承载创新、创新融于课程”的教学理念转变，使学生在在学习专业知识的同时，形成创新思维与创业意识。通过依托国家产教融合平台，整合产业资源、科研项目、教学体系与创新实践，形成协同育人机制，实现了教育资源的高效整合与优化配置。利用虚拟仿真、线上平台、企业实景等多种教学手段，拓展教学时空，增强学习的沉浸感与实效性，适应新时代学生的学习习惯与需求。改革传统笔试为主的考核方式，引入项目报告、创新方案设计、团队展示、实践操作等多维评价方式，突出对学生创新能力、实践能力与团队协作能力的综合考察。

本研究形成的改革模式具有较强的推广价值：一是在理念层面，提出的“四融四合”改革思路适用于大多数工程专业课程改革；二是在方法层面，开发的“虚实结合”教学平台、“项目驱动”教学模式等具有较强的可操作性；三是在机制层面，探索的“双向三通”校企合作机制为高校深化产教融合提供了可借鉴的路径。未来，可将改革模式向集成电路专业其他核心课程（如《半导体物理》《微电子工艺》等）推广，形成课程群协同改革效应。同时，可向材料、化工、物理等相关专业的工艺类课程推广，促进跨学科的工程教育改革。最终，通过持续的改革实践和理论探索，为中国特色的工程教育创新发展贡献智慧和方案。

5 结语

本研究以华中科技大学《现代化学基础》课程为实践载体，系统探索了基于产教融合创新平台的集成电路化学工艺课程教学改革。通过为期两年的改革实践，构建了“课程内容重构—教学方法创新—实践平台拓展—评价体系改革”四位一体的教学新体系，形成了“产教深度融合、创专有机融合、虚实巧妙融合、思政自然融合”的改革特色。实证研究表明，改革显著提升了学生的学习动力、创新能力和产业认知，促进了科研成果向教学资源的有效转化，加强了校企协同育人机制建设，为同类高校集成电路及相关专业的课程改革提供了可借鉴的理论框架和实践范式。面对新一轮科技革命和产业变革的历史机遇，集成电路人才培养需要持续深化产教融合，推进创新创业教育与专业教育的深度耦合。未来，应进一步拓展改革的广度与深度，构建更加开放、协同、智能的工程教育新生态，为培养担当民族复兴大任的集成电路卓越创新人才作出更大贡献。

参考文献：

[1] 乐瀚洋. 关于增进集成电路产业与人才互促发展的可行性建议[J/OL]. 中文科技期刊数据库(文摘版)社会科学, 2024(6)[2024-06-01].

[2] 王涛. 集成电路技术的应用现状和发展趋势[J/OL]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(4)[2023-04-01].

[3] 华中科技大学研发微型传感器, 可注入体内并降解[J]. 传感器世界, 2024, 30(06): 47-48.

基金项目：本论文工作由华中科技大学教学研究项目(编号：2023068)支持与资助。

作者简介：喻研(1984.02-)，男，汉族，湖北武汉人，博士研究生，副教授，研究方向：从事半导体技术的研究。

通讯作者：臧剑锋。