地方本科院校集成电路制造工艺教学的范式变革——以安徽省应用型人才培养为例

杭升，杨朝辉，方旭州，王奕，赵发，吴道华，代广珍，林信南 *
安徽工程大学，安徽 芜湖 241000
DOI: 10.61369/SDME.2026100040

摘　　要： 随着集成电路产业上升为国家战略，处于长三角一体化核心圈的安徽省正形成以“芯屏器合”为特色的产业格局，对具备实操能力的制造与封装人才需求激增。然而，地方普通本科院校在集成电路专业人才培养中普遍面临学生职业规划盲目趋向“高门槛”设计端、对制造与封装端存在认知偏见、以及实验教学依赖 PPT 与视频等“脱实向虚”的困境。本文提出一种从“实验室实操”驱动的实验教学改革路径。通过重构产业认知体系、引入集成电路核心工艺实操，结合校企协同育人模式，将抽象的微纳加工原理转化为具体的工艺操作。实践证明，该模式不仅增强了学生对集成电路制造工艺的理解深度，更有效转变了学生的职业择业观，为地方高校培养符合产业需求的“应用型、工程型”人才提供了可借鉴的实施路径。

关 键 词： 集成电路工艺，微纳制造与封装，产教融合，观念重塑

Paradigm Transformation in Integrated Circuit Manufacturing Process Teaching at Local Undergraduate Institutions—A Case Study of Applied Talent Cultivation in Anhui Province

Hang Sheng, Yang Chaohui, Fang Xuzhou, Wang Yi, Zhao Fa, Wu Daohua, Dai Guangzhen, Lin Xinnan*
Anhui Polytechnic University, Wuhu, Anhui 241000

Abstract: With the integrated circuit industry being elevated to a national strategy, Anhui Province, located at the core of the Yangtze River Delta integration zone, is forming an industrial landscape characterized by "chip, screen, equipment, and integration." The demand for manufacturing and packaging professionals with practical skills has surged. However, local comprehensive undergraduate universities generally face challenges in integrated circuit talent cultivation, including students' blind career orientation toward the high-threshold design sector, cognitive biases toward manufacturing and packaging, and experimental teaching that relies on PPTs and videos—"detaching from reality and drifting toward abstraction." This paper proposes a laboratory-practice-driven experimental teaching reform approach. By reconstructing the industrial cognition system, introducing core integrated circuit process hands-on training, and combining university-enterprise collaborative education models, it transforms abstract micro-nano processing principles into concrete operational techniques. Practical results demonstrate that this model not only deepens students' understanding of integrated circuit manufacturing processes but also effectively shifts their career perspectives, providing a replicable implementation pathway for local universities to cultivate "application-oriented and engineering-oriented" talents aligned with industry needs.

Keywords: integrated circuit technology, micro-nano manufacturing and packaging, industry-education integration, concept reformation

引言

在全球半导体产业竞争进入深水区的当下，集成电路（IC）已成为大国博弈的核心制高点[1]。国家“十四五”规划及“十五五”预研战略明确指出，必须补齐集成电路产业链短板，实现从设计、制造、封装测试到关键设备、材料的全产业链自主可控[2]。长期以来，我国半导体人才储备呈现出明显的“结构性失衡”，设计端人才聚集，而核心工艺开发、产线管理及封装技术等制造端人才极度匮乏。

项目信息：安徽省质量工程项目（2024jyxm0263），安徽工程大学校级科研项目（2025jyxm06），安徽省学科共建重点实验室202205p12030001。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

这种“头重脚轻”的人才结构，直接制约了我国晶圆代工与先进制程的突破[3]。因此，在高等教育层面，将教学重点从单纯的逻辑设计向“工程实现”与“制造工艺”倾斜，不仅是学科建设的需要，更是响应国家战略、保障产业链安全的紧迫任务[4]。

安徽省作为长三角一体化发展的战略高地，近年来通过精准布局，已形成了以合肥为中心，芜湖、滁州、蚌埠等多点支撑的集成电路产业集群。合肥“IC 之都”的崛起，吸引了如长鑫存储、晶合集成等行业巨头；芜湖则在功率半导体、车载芯片及微机电系统领域展现出强劲势能[5]。安徽省提出的“芯屏器合”产业蓝图，对具备实操能力的工艺工程师、良率工程师及封装测试技术人员提出了巨大的缺口需求。作为扎根地方的普通本科院校，其办学定位必须与区域产业结构高度耦合。目前，地方产业急需的是“上手快、懂设备、明工艺”的应用型工程人才，而非仅停留在纸面设计理论的毕业生[6]。

传统的地方本科院校集成电路人才培养模式，长期深陷“PPT 实验”与“视频观摩”的桎梏。这种教学方式导致学生对微纳加工的物理尺度缺乏直观空间感，对光刻、刻蚀、沉积等核心工艺环节的参数失控及其连锁反应缺乏敬畏之心[7]。对于普通本科工科学生而言，在高端电路设计领域与研究型大学竞争并不占优势，但通过强化实验室实操教学，培养具备坚实“工程素养”与“解决复杂工程问题能力”的工艺人才，则是地方院校实现错位竞争、提升就业竞争力的关键。将教学重心由“虚拟软件仿真”重塑为“实验室硬件实操”，是从理论灌输向工程实践的范式转型，是解决人才供需“最后一公里”矛盾的关键路径[8-9]。

一、集成电路实验教学困局与职业认知偏差剖析

在当前集成电路人才培养体系中，地方本科院校普遍面临着教育供给端与产业需求端的深度失焦。这种失焦不仅体现在技术技能的匮乏，更根植于学生职业价值取向的偏差。具体可分为以下几个方面：

（一）教学范式的“脱实向虚”：工程实践感的缺失

目前，普通本科院校在集成电路工艺类课程的教学中，陷入了严重的“软硬件失衡”困境。这主要体现在以下几个方面：

教学手段的“纸面化”：长期以来，受制于洁净室建设成本与设备维护压力，工艺课程高度依赖 PPT 图解与视频演示。这种“望梅止渴”式的教学，使得光刻中的图形化原理、刻蚀中的“等离子体特性”以及薄膜沉积中的“台阶覆盖率”等核心工程概念，沦为学生脑海中抽象的物理名词。缺乏真实设备操作的触摸感，导致学生无法建立起对微纳加工精度的直观敬畏[10]。

课程时序的“迟滞性”：制造与封装类课程通常被安排在大三下学期甚至大四学期。此时，学生的职业认知已受前期大量电路设计类、算法类课程定型，错过了在专业基础形成期建立“制造为基”意识的最佳窗口，导致制造工艺被误认为是“补充性”而非“核心性”学科。

（二）职业认知的“二元对立”：重设计与轻制造的结构性偏差

为了进一步量化地方本科院校学生在集成电路领域的择业心理，本研究针对本校集成电路专业大二～大四学生开展了专项问卷调查，调研结果如图1所示。调研结果显示，教育供给与产业现实之间存在着深刻的“认知断层”。

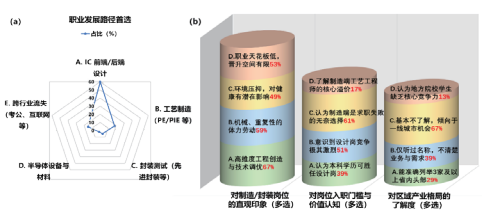

图1 面向地方本科高校集成电路专业学生的专项问卷调查结果

调查数据显示，高达69% 的学生将职业首选设定为 IC 前端或后端设计岗位。与之形成鲜明对比的是，作为安徽省产业急需的工艺制造（PE/PIE）与封装测试岗位，其首选比例分别仅为10%和4%。这种“重设计、轻制造”的现象反映出学生在职业规划上盲目追求“高薪、白领化”的岗位标签，严重脱离了地方本科院校“应用型、工程型”人才培养的定位目标。此外，在对制造岗位的直观印象调查中，呈现出一种复杂的认知冲突：虽然67% 的学生承认集成电路制造工艺涉及复杂的工程创造，但仍有59% 的学生将其等同于身着无尘服的“机械重复劳动”，53% 的学生担心该领域的职业天花板较低。值得注意的是，高达49% 的学生对洁净室生产环境存在排斥心理。这种对“一线”环境的恐惧，直接导致了学生在专业基础形成期对制造端产生了天然的“心理屏蔽”。

二、集成电路制造“全实操”实验教学体系的构建路径

针对前述教学困局与职业认知偏差，本研究提出以“物理空间具象化、工艺流程实操化、职业引导精准化”为核心的教学改革路径，旨在通过硬核实操打破“脱实向虚”的僵局。

（一）职业认知重构：建立以“工程创造力”为核心的价值体系

改变学生“重设计、轻制造”的现状，首要任务是重构其对制造工艺的技术荣誉感。在教学中应深度解构工艺工程师（PE）与工艺整合工程师（PIE）的技术护城河，强调在纳米级尺度下通过参数反馈控制、缺陷监测与良率管理实现芯片“从无到有”的过程，将制造定义为“物理世界的极限创新”而非单纯的机械劳动。同时，将制造工艺的认知教育从大三下学期提前至大一阶段，通过组织学生进入洁净室进行基础设备体验，利用微机电系统（MEMS）结构的直观视觉冲击，如微齿轮、微悬臂梁在显微镜下的动态演示，激发学生对微纳加工的原始好奇心，在专业基础形成期便植入“制造为基”的工程意识。

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

（二）实验室硬装建设：构建对标产线的“仿真工厂”环境

通过致力于建设具有产业属性的“微缩洁净室”，为学生提供真实的工程物理环境，按照千级或万级洁净度要求进行超净间营造，要求学生进入实验室必须经过更衣、风淋等标准程序，从行为规范上建立起对半导体工艺精密性与严谨性的专业认知。在设备选型上，应优先配置具备教学友好性且可操作性强的国产化核心工艺单元，包括配备手动紫外光刻机与匀胶显影的配套单元，引入反应离子刻蚀系统以展示等离子体对物质微观雕琢能力的刻蚀单元，以及配置物理气相设备以展示薄膜生长原子级逻辑的沉积单元，从而构建起完整的工艺全流程实操平台。

三、结论

通过对集成电路制造工艺实验教学从“PPT 虚化教学”向“实验室硬核实操”的范式转型，本研究系统性地回应了地方本科院校在人才培养中面临的结构性矛盾。实践证明，将教学重心下沉至生产一线逻辑，通过构建准产业级的洁净室环境与模块化工艺实操方案，能够显著增强学生对微纳加工原理的直观理解，有效破解了长期以来困扰教学的“知行分野”难题。更为关键的是，这种具象化的教学模式成功重塑了学生的职业价值观，使他们意识到制造与封装环节同样蕴含着极高的工程创造力与技术门槛，从而引导学生从盲目挤占设计岗转向理性布局制造端，实现了毕业生择业意向与安徽省“芯屏器合”产业需求的精准对接。

参考文献

[1] 尹西明，张贝贝，陈泰伦，等. 我国集成电路现代化产业体系构建的战略与路径思考 [J]. 中国科学院院刊，2024，39(7)：1191-1204. DOI：10.16418/j.issn.1000-3045.20230720002.

[2] 刘新 . 高职《集成电路制造工艺》课程 " 教学做 " 一体化的探索与实践 [J]. 商，2013(20)：1.DOI：CNKI：SUN：SHNG.0.2013-20-316.

[3] 管开轩，余江，周建中，等. 高水平科技自立自强下我国集成电路人才培养 " 痛点 " 与对策 [J]. 中国科学院院刊，2023，38(2)：324-332. DOI：10.16418/j.issn.1000-3045.20220619002.

[4] 集成电路产业探索 " 订单式 " 人才培养 [J]. 考试与招生，2021(1)：17.

[5] 安徽省推进制造大省和制造强省建设领导小组 . 安徽省推进制造大省和制造强省建设领导小组文件 [Z/OL]. 2022-04-12[2026-05-07]. https://image1.askci.com/images/2022/04/12/8bc060db-ff30-4d05-b2d0-ad332518ebe6.pdf.

[6] 张海磊，孙萍，刘锡锋 . 浅谈高职院校 " 集成电路制造工艺 " 课程教学改革 [J]. 网友世界，2014(11)：1.DOI：CNKI：SUN：WUSJ.0.2014-11-198.

[7] 李强 . 集成电路芯片制造技术与工艺分析 [J]. 数字技术与应用，2023，41(12)：46-48. DOI：10.19695/j.cnki.cn12-1369.2023.12.14.

[8] 杨月，兰精灵，冯宇 . 启发式教学与思政融合在课程教改中的探索——以 " 集成电路制造工艺与装备 " 课程为例 [J]. 现代职业教育，2023(2)：161-164.

[9] 周嘉，蒋玉龙，任俊彦，等 . 复旦大学微电子学专业特色的挖掘与拓展 [J]. 中国大学教学，2012(4)：35-36，60.

[10] 赵旭鹏，贾传宇，艾远飞，等 . 产教融合背景下集成电路制造工艺实践课程体系构建 [C]// 河南省民办教育协会 . 2025 年高等教育发展论坛思政分论坛论文集（下册）. 东莞理工学院国际微电子学院，2025：190-192. DOI：10.26914/c.cnkihy.2025.026433.

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.