

产教融合视域下微电子制造创新人才培养模式探究

张 昱 黄光汉 刘建群 胡兆勇 邓耀华*

广东工业大学机电工程学院 广东 广州 510006

【摘要】：在全球半导体产业高速迭代的背景下，我国微电子领域面临核心技术受制与高端人才短缺的双重挑战。广东工业大学机电工程学院依托省部共建“精密电子制造技术与装备”国家重点实验室，创新构建“三维协同”培养体系，通过课程体系重构、教学方法革新与评价机制改革，形成“平台筑基—模块定制—实践赋能”的进阶式培养范式。该模式系统化解了课程滞后、实践薄弱、协同不足与师资短缺等关键瓶颈，实现了应用型与拔尖型人才的协同培养，为微电子人才培养提供了可复制、可推广的系统解决方案。

【关键词】：微电子制造；创新人才；产教融合；课程重构；校企协同；三维协同

DOI:10.12417/2705-1358.26.04.083

1 引言

微电子技术是人工智能、5G 通信、物联网等战略性新兴产业的核心基石。在全球半导体竞争格局深刻调整的背景下，我国虽已成为最大的集成电路消费市场，但核心芯片自给率低、产业链关键环节受制于人的问题依然严峻^[1]。造成这一局面的关键制约因素在于高端创新人才，特别是复合型工程师的严重短缺。

据《中国集成电路产业人才发展报告（2024）》预测，到2025年我国集成电路人才需求约120万人，而当前有效供给仅约85万人，缺口达35万人，且呈现结构性矛盾^[2]。作为产业重镇的广东省，2024年产业集群产值已突破2800亿元，但本地高端工艺与装备人才的供给率低于45%^[3]，制约了产业升级与自主创新。

当前，传统工程教育模式难以应对上述挑战。研究普遍指出，现有培养体系存在课程滞后、实践脱节、校企协同表面化及师资工程能力薄弱等系统性问题^[4]。因此，构建深度融合产业需求、能动态适应技术变革的创新人才培养模式，已成为支撑产业自主发展的迫切任务。本研究以广东工业大学机电工程学院的改革实践为例，旨在系统阐述以“三维协同”为核心的产教融合培养新路径，为破解微电子领域人才瓶颈提供实践参考。

2 当前微电子人才培养的主要困境及其根源分析

微电子产业技术密集、资本密集且知识更新极快，对人才培养提出了极高要求。然而，当前高校培养体系在多个关键维度上与产业前沿严重脱节，主要表现为以下四大突出困境。



图1 高校微电子人才培养困境

2.1 课程体系与产业快速迭代脱节

课程内容更新速度远落后于半导体技术约18-24个月的迭代周期。教材普遍滞后产业主流技术节点3-5年，对第三代半导体、先进封装、Chiplet及AI芯片架构等前沿领域的覆盖率不足40%^[5]。课程结构僵化，学科壁垒森严，缺乏跨学科整合，

作者简介：张昱，女（1987.06—），回，河南漯河人，博士，教授，研究方向：半导体封装。

黄光汉，男（1989.04—），汉，广东英德人，博士，特聘副教授，研究方向：机械加工技术，芯片热管理。

刘建群，男（1970.09—），汉，湖南邵东人，博士，教授，研究方向：数控技术、工业机器人。

胡兆勇，男（1976.7—），汉，安徽合肥人，博士，副教授，研究方向：虚拟现实技术。

邓耀华*，本文通讯作者，男（1978.09—），汉，广东惠州人，博士，教授，研究方向：智能制造，精密检测。

基金项目：广东工业大学本科教学工程项目（微电子制造创新人才培养实验班）；广东工业大学研究生教育创新计划项目（先进微电子封装技术）。

导致学生知识碎片化，系统思维能力不足。同时，案例教学占比平均仅15%，且多基于落后工艺节点；实验教学以验证性为主，缺乏探索性与创新性环节，严重制约学生解决复杂工程问题能力的培养。

2.2 实践教学资源严重匮乏

硬件资源投入差距巨大。高校微电子实验室设备平均总值仅约3000万元，与产业级产线数亿乃至十亿的投资相比杯水车薪，导致全国仅极少数高校具备完整流程实训平台。封装实验条件尤为薄弱，92%的高校实验室仍以传统设备为主，缺乏高精度倒装贴片机、晶圆级键合机等先进装备，学生难以接触2.5D/3D集成等主流技术^[6]。虚拟仿真技术应用不足且质量不高，仅28%的院校开发了相关系统，且大多未接入实时生产数据，仿真训练与实际严重脱节。

2.3 校企协同深度不足

校企合作大多停留在浅层，超过80%限于认知实习，仅不到10%的企业深入参与课程体系重构。知识产权壁垒构成深层障碍，近90%的合作项目因企业严格的IP保护政策，无法获取先进制程的技术资料，导致教学实训基于落后工艺，形成“技术断崖”。此外，人才培养方案调整周期长（2-3年），难以匹配企业快速变化的技术路线；共建实验室设备利用率平均仅32%，资源闲置严重。

2.4 师资队伍工程实践能力薄弱

教师队伍存在显著的工程经验断层。具备先进封装研发经验的“双师型”教师占比不足40%，掌握前沿技术的教师比例低于15%^[7]。即便教师参与企业项目，也因保密协议限制，高达83%无法将核心技术转化为教学资源。现行教师评价体系严重偏重科研论文与纵向项目，轻视教学与工程实践贡献，导致教师投入实践教学的动力不足。同时，企业导师激励不足，授课课时远低于要求，其产业经验未能有效融入培养体系。

3 创新人才培养模式的系统构建与实施路径

针对上述四大核心困境，广东工业大学机电工程学院以产教深度融合为根本理念，以“三维协同”（学科维、校企维、虚实维）为总体框架，系统构建了微电子制造创新人才培养模式。该模式旨在实现从知识输入到能力输出、从封闭培养到开放协同、从静态稳定到动态适应的根本性转变。

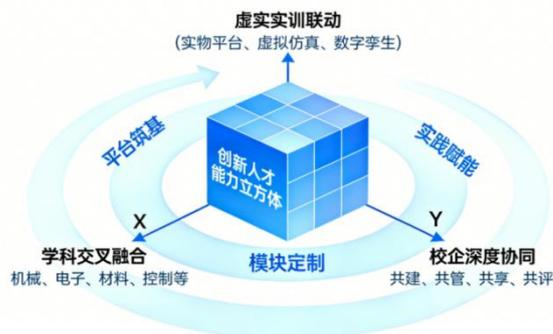


图2 “三维协同”微电子制造创新人才培养体系总体框架图

3.1 重构“需求牵引、动态更新”的模块化课程体系，破解知识滞后难题

为应对课程内容与产业技术快速迭代脱节的问题，本研究围绕微电子制造产业链的核心能力需求，打破传统学科壁垒，系统构建了“平台+模块”的课程体系。平台课程注重跨学科基础融合，整合机械工程、电子科学与技术、控制科学及材料科学等领域的核心理论，开设如《微电子制造导论》《半导体物理与器件》等课程，旨在夯实学生的数理基础与系统思维。模块课程则聚焦产业前沿，设立“先进封装工艺与装备”“微电子制造质量控制”等方向，每类模块均由校企联合教学团队共同设计，确保课程内容涵盖如Chiplet设计、第三代半导体工艺等最新技术规范与真实案例。此外，学院建立了一套课程动态更新机制，由校企双方代表组成的专业教学指导委员会定期开展课程评审与内容优化，每学期更新不低于20%的核心课程内容，并推动教材形态向“活页式”“工作手册式”转型，从而保障教学内容始终与产业发展同步。

3.2 打造“虚实互补、分级递进”的实践教学平台，弥补资源不足短板

针对高校实践教学设备落后、资源不足的现状，本研究构建了“校内基础实训平台—校企共享实践平台—虚拟仿真创新平台”三级联动的实践教学体系。校内平台依托精密电子制造技术与装备国家重点实验室的科研设备，建设本科教学实训中心，使学生掌握基本的封装工艺与设备操作。校企共享平台则通过与佰维存储、佛智芯等行业龙头企业共建产教融合基地，将企业先进中试线转化为“校外课堂”，支持学生开展为期半年至一年的沉浸式实习，接触高精度倒装键合机等产业级设备。为进一步突破高成本、高风险工艺的训练限制，校企联合开发了接入真实生产数据的虚拟仿真系统，构建涵盖极紫外光刻、三维集成等环节的数字孪生实验环境，支持学生在虚拟空间中完成工艺优化、故障诊断等综合性创新实验，从而形成“实岗训练+虚拟仿真”深度融合的实践能力的培养路径。

3.3 深化“利益共享、过程共管”的校企协同机制，打破合作浅层坚冰

为推动校企合作从形式化走向实质化，本研究围绕“利益共享、过程共管”理念，系统设计了多层次协同机制。在组织模式上，全面推行“3+1”“3.5+0.5”等分段培养模式，将企业实践作为必修环节纳入整体培养方案，并由校企共同制定实习大纲与考核标准。在项目载体上，鼓励教师与企业工程师组建联合攻关团队，共同承接重点研发项目，并将企业实际技术难题转化为学生毕业设计课题，实现“真题真做”。为破解知识产权壁垒，校企之间建立了灵活的知识产权共享机制，在保护企业核心IP的同时，推动共性技术资源向教学开放，并共建“微电子制造工艺教学案例库”。此外，全面实施“双导师制”，由企业导师全程参与学生的项目指导与职业能力评价，确保产业思维与工程素养深度融入培养全过程。

3.4 建设“双向流动、科教融通”的双师型师资队伍，补齐师资能力短板

为弥补师资队伍工程实践经验不足的短板，本研究着力构建“双向流动、科教融通”的双师型教师发展体系。在校企人才流动方面，实施“教师企业工作站”与“产业教授”制度，每年选派青年教师赴合作企业开展为期1-2年的工程实践，同时聘请企业高级技术专家担任产业教授、客座导师，承担课程教学与毕业设计指导。在评价机制方面，改革教师职称评聘与绩效考核体系，显著提高教学改革成果、工程实践贡献、校企合作成效等指标的权重，引导教师主动提升工程教育能力。此外，建立“科研反哺教学”的转化机制，要求教师将承担的重

大科研项目成果进行教学化改造，例如将超细节距互连、新型封装材料等前沿突破转化为课程专题或仿真实验案例，形成“科研—教学—产业”互促共进的良性循环。

4 实施成效与未来展望

自创新培养模式实施以来，学生工程实践与创新能力显著提升，校企合作持续深化，“双师型”教师比例与企业导师参与度大幅提高，产教融合教学资源库日益丰富。模式通过构建校企双赢机制与动态反馈体系，形成了可持续、可推广的培养生态。面对微电子与人工智能、量子信息等领域的深度融合趋势，本模式将进一步拓展国际化培养渠道，深化“微电子+”跨学科课程建设，以持续适应产业变革对高端创新人才的全方位要求。

5 结论

本文系统剖析了当前微电子制造人才培养面临的课程滞后、实践薄弱、协同不足、师资短缺四大核心困境，并以广东工业大学的改革实践为例，提出了以“三维协同”为框架、以产教深度融合为主线的创新人才培养系统解决方案。该方案通过重构模块化课程体系、打造虚实结合实践平台、深化校企协同育人机制、建设双向流动师资队伍等路径，有效弥合了教育与产业间的鸿沟。实践证明，这一模式能够显著提升人才的工程实践能力、创新能力和产业适应能力，为破解我国微电子产业高端人才瓶颈、支撑产业自主创新发展提供了切实可行的路径参考。持续深化产教融合，动态迭代培养模式，是应对技术快速变革、赢得未来竞争的关键所在。

参考文献:

- [1] 国务院发展研究中心.全球半导体产业链调整与我国应对策略研究[J].发展研究,2023(10):4-12.
- [2] 中国电子信息产业发展研究院,中国半导体行业协会.中国集成电路产业人才发展报告(2024)[R].北京,2024.
- [3] 广东省工业和信息化厅.广东省半导体及集成电路产业发展行动计划(2023-2025年)[Z].2023.
- [4] 田惠莉,耿莉,谢楠平,等.微电子专业“新工科”建设背景下教学改革思考[J].工业和信息化教育,2020(3):49-53.
- [5] 赵晓芳,李俊峰.微电子制造人才培养的校企协同机制探索[J].实验室研究与探索,2023,42(6):231-235.
- [6] 周明,吴伟.集成电路产业人才需求分析与培养对策[J].中国电子教育,2024(1):45-50.
- [7] 教育部高等教育司.关于深化新工科建设提升人才培养质量的指导意见[Z].2023.